

Why Stock Markets Crash

**Critical Events In Complex
Financial Systems**

DIDIER SORNETTE

PRINCETON UNIVERSITY PRESS
Princeton and Oxford

Библиотека Принстонского Университета

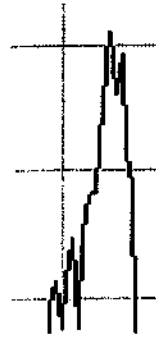
Дидье Сорнетте

Как предсказывать крахи финансовых рынков

Критические события в комплексных финансовых
системах



Москва
2003



Оглавление

Оглавление	5
Предисловие научного редактора	9
Введение	11
Глава №1 Финансовые крахи: что, как, почему и когда	19
Что такое финансовые крахи и почему мы должны о них беспокоиться	19
Крах октября 1987	20
Исторические крахи	22
Тюльпаномания	24
Пузырь южных морей	24
Великий крах октября 1929	27
Критические события в сложных системах	30
Возможно ли предсказание? Рабочая гипотеза	34
Глава №2 Фундамент финансовых рынков	39
Базовые сведения	40
Траектории цены	40
Траектории приращений цены	42
Распределения и корреляция приращений	46
Гипотеза эффективного рынка и теория случайных блужданий	51
Случайные блуждания	51
Притча о том, как цены учитывают информацию, разрушая тем самым, потенциальные "бесплатные обеды"	55
Предсказуемы ли цены?	57
Компромиссная доходность	60
Глава №3 Финансовые крахи – это "выбросы"	61
Что такое "аномальные" приращения	61
Просадки	63
Определение просадок	63
Просадки и выявление выбросов	66
Ожидаемое распределение "нормальных" просадок	67
Распределение просадок рыночных индексов	70
Промышленный индекс Доу-Джонса	70
Индекс NASDAQ-композит	72
Дальнейшие тесты	75
Присутствие выбросов – общее явление	79
Индексы основных рынков акций, валюты и золото	80
Крупнейшие компании США	82
Синтез	84

Замеченные опечатки

	напечатано	Следует читать
стр.5	Предвказуемы	Предсказуемы
стр.10	руководител	руководитель
стр.57	Предвказуемы	Предсказуемы
стр.127	Большие	Большое
стр.358	Рис.161. 10.6	Рис.161.
стр.368	Рис.164 Рис.10.9	Рис.164.

Нарушение симметрии в дни крахов и взлетов	85
Техника безопасности на рынках акций	88
Глава №4 Положительные обратные связи	91
Обратные связи и самоорганизация в экономике	93
Хеджирование производными бумагами, страхование портфелей и рациональная паника	96
"Стадное" поведение и эффект "толпы"	101
Поведенческая экономика	101
Стадность	104
Эмпирические свидетельства стадности финансовых аналитиков	106
Силы подражания	109
Отсутствие информации способствует подражанию	109
Инфекция подражания и урновые модели	113
Имитация в эволюционной психологии	115
Слухи	117
Въживание самой подходящей идеи	120
Дух азарта	121
"Анти-имитация" и самоорганизация	122
Почему иногда выгодно быть в меньшинстве	122
Проблема бара Эль-Фарола	123
Миноритарные игры	125
Имитация и противоположное поведение	126
Кооперативное поведение, следующее из имитации	129
Изинговская модель кооперативного поведения	130
Комплексные эволюционные адаптивные системы ограниченно рациональных агентов	137
Глава №5 Моделирование финансовых "пузырей" и рыночных крахов	141
Что такое модель	141
Стратегия создания моделей в финансах	142
Основные принципы	142
Принцип отсутствия арбитражных возможностей	143
Существование рациональных агентов	144
"Рациональные пузыри" и мода Голдстоуна, нарушающие "симметрию четности"	146
"Симметрия четности" цен	146
Спекуляция как спонтанное нарушение симметрии	150
Основные составляющие двух моделей	154
Модель, управляемая риском	155
Краткое описание основных свойств модели	155
Коэффициент риска краха управляет рыночной ценой	158
Подражание и стадность управляют коэффициентом риска краха	160
Модель, управляемая ценой	167
Подражание и стадность управляют рыночной ценой	167
Приращения цен управляют коэффициентом риска краха	168
Модели, управляемые риском, против моделей, управляемых ценой	174
Глава №6 Иерархия, комплексные фрактальные размерности и логопериодичность	175
Критические явления имитации в иерархических сетях	176
Иерархическая структура, лежащая в основе социальных сетей	176
Критическое поведение в иерархических сетях	180
Иерархическая модель финансовых пузырей	183
Происхождение логарифмической периодичности в иерархических системах	188
Дискретная масштабная инвариантность	188
Фрактальные размерности	190
Организация на разных масштабах: ренормгруппа	194
Комплексные фрактальные размерности и логопериодичность	199
Важность и полезность дискретной масштабной инвариантности	209
Сценарии, ведущие к дискретной масштабной инвариантности и логопериодичности	211

Закон первых цифр Ньюкомба-Бенфорда и арифметическая система	211
Закон логопериодичности эволюции жизни?	213
Нелинейное следование тренду против нелинейной динамики фундаментального анализа	217
Следование за трендом: положительная нелинейная обратная связь и конечно-временная сингулярность	218
Возврат к фундаментальной стоимости: отрицательная нелинейная обратная связь	219
Некоторые характеристики ценовой динамики нелинейной динамической модели	223
Глава №7 Аутопсия основных крахов: универсальная экспонента и логопериодичность	227
Кризис октября 1987	227
Рыночные признаки, предшествующие краху	229
Рыночные образы послешокового движения	234
Кризис октября 1929 года	237
Три Гонконгских краха 1987, 1994 и 1997 годов	240
Гонконгские крахи	240
Крах в октябре 1997 года и его резонанс на рынках США	245
Валютные крахи	251
Крах в августе 1998 года	255
Непараметрический тест логопериодичности	258
Медленный обвал в 1962 году, положивший конец буму "электроники"	262
Обвал индекса NASDAQ в апреле 2000 года	264
"Антипузыри"	270
Медвежий тренд по индексу Nikkei, начавшийся 1 января 1990 года	271
Обесценивание золота, начавшееся в середине 1980	273
Синтез: "производное" поведение фондовых рынков	273
Глава №8 Пузыри, кризисы и крахи на развивающихся рынках	277
Спекулятивные пузыри на развивающихся рынках	277
Методология	280
Латиноамериканские рынки	282
Азиатские рынки	292
Российский фондовый рынок	299
Корреляции рынков: экономическое влияние и синхронизация коллапса пузыря	303
Предпосылки для смягчения кризисов	308
Глава №9 Предсказание пузырей, крахов и антипузырей	313
Природа предсказаний	313
Как разрабатывать и интерпретировать статистические тесты логопериодичности	318
Предпосылки для предсказания	321
Какова предсказательная возможность уравнения (15)	321
За какое время до краха можно обнаружить логопериодические структуры	322
Иерархия схем предсказания	326
Простой экспоненциальный закон	326
Линейная логопериодическая формула	327
Нелинейная логопериодическая формула	327
Трансформация Шенка иерархии характеристического времени	328
Прямые предсказания	329
Успешное предсказание возникновения антипузыря для индекса Nikkei в 1999	330
Успешное предсказание краха индекса Nasdaq в апреле 2000 года	333
Рынок США, ложная тревога в декабре 1997	333
Фондовый рынок США, ложная тревога в октябре 1999	337
Статус прямых предсказаний в настоящее время	337
Конечная вероятность того, что пузырь не закончится крахом	337
Оценка статистической значимости прямых предсказаний	338
Практическое воздействие на различные торговые стратегии	343
Глава №10 2050: конец эры роста?	345

Рынки акций, экономика и население	345
Пессимистическая точка зрения "естественных" ученых	347
Оптимистическая точка зрения "социальных" ученых	348
Анализ более быстрого, чем экспоненциальный, роста населения, ВВП и финансовых индексов	350
Улучшение анализа	358
Сингулярности комплексного степенного закона	358
Предсказание для наступающего десятилетия	360
Связанные работы и свидетельства	366
Сценарии для "сингулярности"	371
Коллапс	371
Переход к устойчивости	376
Возобновление ускоряющегося роста при переходе фундаментальных барьеров	379
Увеличение склонности к эмуляции рыночного подхода	381
Ссылки и библиография	383

Предисловие научного редактора

Крах финансового рынка... Гражданину нашей страны, в полной мере испытавшему на себе последствия этого явления, одно только словосочетание – крах финансового рынка – рисует в воображении картины поистине апокалиптические. В России крах финансового рынка всегда сопровождался (и, то ли являлся причиной, то ли сам был им вызван) сильнейшим кризисом экономическим. На так называемом “Западе” кризисы на финансовом рынке отнюдь не всегда сопутствуют или сопутствуемы заметными экономическими кризисами. Но и там мысли о возможном кризисе финансового рынка чрезмерного энтузиазма не вызывают. Как бы и где бы то ни было, но при любых обстоятельствах и везде люди озабочены проблемой: как предсказать крах финансового рынка. Строго говоря, слово “крах” следует трактовать в расширительном смысле, а именно, просто как заметное падение значений того или иного индекса, либо даже котировок акций крупной компании. Таким образом понимаемый “крах” охватывает, конечно, и мощные крахи, типа того, который был вызван нашим дефолтом.

Проблемам исследования причин крахов финансового рынка и методам их предсказания посвящены сотни работ, выполненных как финансовыми аналитиками, так и математиками. Эти работы носят в значительной степени прикладной характер, но среди них можно встретить и проведенные в чисто академической манере. Сама тема провоцирует подчас на эффектные заявления и выводы, не всегда имеющие под собой сколько-либо убедительные основания. Именно последнего рода работы особенно упорно навязывают себя читателю, использующему в качестве источника информации Интернет. Неспециалисту извлечь крупинцы истины из груды информационного мусора очень и очень непросто. Не вызывающие же сомнений в части своей авторитетности солидные издания бывают труднодоступны. Это как раз та ситуация, которая порождает необходимость появления солидного труда монографического типа.

Такой труд появился и предоставляется теперь вниманию русскоязычного читателя. Это – книга профессора калифорнийского университета Дидье Сорнетте “Как предсказывать крахи финансовых рынков”. Несколько слов об авторе. Дидье Сорнетте является специалистом по поведению сложных природных систем. Он, в частности, с успехом применял соответствующие теории для предсказания землетрясений. Экскурс в мир фондовой биржи навел Дидье Сорнетте на мысль о том, что финансовые и природные катаклизмы не столь сильно отличаются друг от друга, как могло бы показаться. Кажущаяся (или, возможно, действительная) недетерминированность ряда природных или финансовых процессов, предшествующих крахам, похоже, скрывает в себе если не причину, то, во всяком случае, предвестников самих крахов. Анализ временной динамики цен акций и значений биржевых индексов с целью обнаружить в “хаосе” признаки грядущих потрясений – вот задача, которую ставил перед собой автор настоящей книги.

Основные результаты исследований, как своих собственных, так и других ученых, он и изложил в своей книге.

Книга рассчитана на самый широкий круг читателей. Для того чтобы ее понять, нужно знать лишь простейшие факты функционирования фондового рынка и самые первые основы теории вероятности и математической статистики. Вместе с тем невозможно отнести эту книгу к серии "для чайников". Математический аппарат в книге играет второстепенную роль. Большая часть ее посвящена идеологической и методологической проработке проблемы краха (кризиса) финансовых рынков.

Книга логически разбита на три части, связанные друг с другом. Первая посвящена анализу финансовых рынков, находящихся в преддверии краха. Конечной целью этой части является выявление признаков грядущего кризиса, исходя из данных по предкризисной эволюции цен акций и значений биржевых индексов. Вторая часть посвящена моделированию крахов, среди которых выделяются так называемые финансовые "пузыри". Здесь проводится компьютерная симуляция выявленных признаков краха и выясняется, действительно ли эти признаки сопровождаются крахом искусственного компьютерного финансового рынка. Только после этого следует заключительная часть, посвященная опыту автора в деле предсказания крахов реальных финансовых рынков.

В целом книга являет собой образец высокопрофессионального и фундаментального подхода. Однако не следует забывать, что проблема предсказания финансовых крахов едва ли может быть решена в ближайшее время. По этой причине в книге Дидье Сорнетте можно найти множество правильно поставленных вопросов, но не слишком много ответов на них. И это нельзя считать недостатком. К недостаткам можно отнести довольно-таки узкий, по нашему мнению, взгляд на эволюцию финансовых рынков. Прежде всего, автор почти не уделяет внимания связи фондовых рынков с экономическим состоянием страны или какого-либо сектора экономики. Как следствие модели фондовых рынков никак не увязываются с макроэкономическими моделями. К сожалению, местами автор не свободен от некоторой претенциозности. Сюда следует отнести слишком популярный экскурс в область физической теории поля. Автор демонстрирует не слишком глубокое знакомство с таким понятием как мода Голдстоуна (глава №5). И уж совсем непонятным кажется применение термина "стенка Блоха" к объекту, который стенкой Блоха, вероятно, не является (в этом месте автор демонстрирует свое знакомство с теорией магнетизма).

Однако недостатки перечислять легко, трудно написать хорошую книгу. А книга "Как предсказывать крахи финансовых рынков" достойна, несомненно, самого пристального внимания.

Валерий Федотов, кфмн,
руководитель группы математического моделирования
компании "Франклин&Грант. Финансы и аналитика"

Введение



Подобно множеству других людей, я нахожу финансовый рынок весьма привлекательным. Потенциал прибыли на рынке и его игровой характер, ставший ещё более притягательным в связи с появлением Интернета, резонируют с азартным игроком внутри нас. Сила его наказания и непредсказуемое поведение иногда заставляет инвесторов смотреть на него с ужасом, особенно во времена крахов. Панические истории и случаи самоубийств, сопровождающие такого рода события, давно стали частью рыночного фольклора. Богатство моделей, демонстрируемых финансовыми рынками, может заронить у инвесторов надежду "перенграть рынок", используя или извлекая кусочки информации из-за изгороди, окружающей его.

Однако, финансовый рынок это не "казино" для игривых и азартных участников. В первую очередь, он является двигателем эффективного и конкурентного, свободного капиталистического рынка.

Табл. 1 показывает, что полная капитализация мирового рынка выросла с \$3.38 триллионов (тысяча миллиардов) в 1983 до \$26.5 триллиона в 1998 и до \$38.7 триллиона в 1999. Чтобы оценить эти числа, сравним, что в 1999 весь бюджет США был равен \$1.7 триллиона, в то время как их бюджет в 1983 был \$800 миллиардов. Бюджет США 2002 года планировался равным \$1.9 триллионам. Рыночная капитализация и объемы торговли утроились в течение 1990-ых. Объем выпущенных ценных бумаг увеличился в 6 раз. Приватизация играла ключевую роль в росте рынка акций [51]. И инвестиции на фондовом рынке – явно самая большая игра в мире.

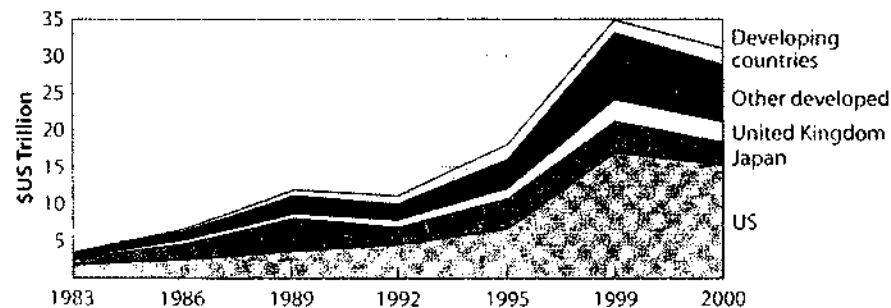


Рис. 1. Совокупная капитализация мирового рынка с 1983 до 2000. Сверху вниз, развивающиеся страны показаны верхней полосой, другие развитые страны (исключая Соединенные Штаты, Японию, и Великобританию), Великобритания, Япония и Соединенные Штаты нижняя полоса. Один триллион равен по определению к одной тысяче миллиардов или одному миллиону миллионов. Источник [51].

Рыночный крах, происходящий одновременно на большинстве рынков акций

по всему миру, как было продемонстрировано в октябре 1987, составляет практически "мгновенное испарение" триллионов долларов.

В октябре 2001, после почти двух мрачных лет для акций, общая капитализация мирового рынка снизилась до 25.1 триллиона долларов. Крушение рынка акций на 30 % все еще соответствует абсолютной потере приблизительно 7.5 триллиона долларов. Таким образом, рыночные крахи могут "проглатывать" годы сбережений и пенсий в один момент. Могут ли они заставить нас страдать еще больше, являясь предшественниками или переключаемым фактором главного спада, как в 1929-33 году после большого краха октября 1929? Или они могут вести к общему краху финансовой и банковской системы, чего, кажется, мир избежал несколько раз в не столь отдаленном прошлом?

Табл. 1 Рост мировых объемов торговли рынка акций (1983-1998) (млрд. долларов США)

Страны	1983	1989	1995	1998	1999
Развитые страны	1203	6297	9170	20917	35188
Соединенные Штаты	797	2016	5109	13148	19993
Япония	231	2801	1232	949	1892
Великобритания	43	320	510	1167	3399
Развивающиеся страны	25	1171	1047	1957	2321
Весь мир	1228	7468	10216	22874	37509

Обратите внимание на пузырь Японии, который достиг своего пика в конце 1990: около этого времени, объем торговли на Японских рынках акций превзошел таковой на Американском рынке! Пузырь начал сдуваться в начале 1990-х и потерял больше чем 60% своей стоимости. Также примечателен тот факт, что рыночный объем торговли Соединенных Штатов теперь составляет больше половины мирового объема торговли. В то время как в 1989 он составлял меньше трети. Источник [51].

Крахи финансовых рынков притягательны также и потому, что они относятся к классу явлений, известных, как "экстремальные или чрезвычайные события". Чрезвычайные события характерны для многих природных и социальных систем, часто называемых в науке "комплексными" или сложными системами.

Эта книга – научный рассказ о том, как можно понять и объяснить финансовые крахи, привлекая самые последние и наиболее искушенные концепции в современной науке, то есть теории сложных систем и критических явлений. Она написана, во-первых, для любознательных и интеллектуальных непрофессионалов так же, как и для заинтересованных инвесторов, которые хотели бы лучше контролировать свои инвестиции. Книга стимулирует ученых и исследователей, которые интересуются или работают над теорией сложных систем. Это амбициозная задача. Моя цель состоит в том, чтобы охватить территорию, которая ведет от описания того, как вокруг нас возникает такая замечательная организация или структура, к "святому Граалю" предсказания краха. Эта задача устрашает, хотя я и попытался избегать технического, по возможности, языка математики.

В определенном смысле, крахи финансовых рынков обеспечивают материал даже для исследования замечательного мира самоорганизующихся систем.

Рыночные крушения драматически иллюстрируют непосредственное проявление экстремальных событий в самоорганизующихся системах. Крахи финансовых рынков – это действительно замечательные "полигоны" для важных идей, необходимых, чтобы жить и справляться с нашим рискованным миром. Здесь, слово "мир" имеет несколько значений – это может быть физический мир, естественный мир, биологический и даже внутренние интеллектуальные и психологические миры. Неуверенность и изменчивость – вот ключевые слова, описывающие постоянно меняющуюся окружающую среду вокруг нас. Застой и равновесие – это иллюзии, в то время как динамика и неравновесие – это правило. Поиски баланса и постоянства всегда будут заканчиваться неудачей. Мысль здесь идет еще дальше и говорит о существенной важности распознавания организующей/дезорганизирующей роли в этом экстремальных событий, таких как быстротекущие финансовые крахи. В дополнение к очевидным социальным воздействиям, излагаемая в настоящей книге концепция говорит, что внезапные переходы от неподвижного состояния до кризиса или катастрофического события обеспечивают наиболее четкие "отпечатки пальцев" системной динамики. Мы живем на планете и в обществе, характеризующимися скорее неустойчивой динамикой, чем состоянием покоя (или "равновесия" на жаргоне ученых) и, таким образом, есть огромная и растущая потребность дать почувствовать людям важность и последствия таких разрывов во всем многообразии их проявлений. Финансовые крахи обеспечивают исключительно хороший пример для представления этих концепций способом, который выходит за пределы узко дисциплинированного сообщества ученых.

В другом контексте, рыночные крахи представляют собой прекрасные примеры событий, которые мы все были бы рады предсказать. Стрела времени непреклонно движет нас к неопределенному будущему. Предсказание будущего захватывает воображение всех нас и, возможно, является самой значимой и трудной задачей. Пророки ужасали или вдохновляли массы в истории своим видением будущего. Наука, в основном, избежала этого вопроса, сосредоточившись на другом виде предсказания, предсказания новых явлений, (а не событий будущего): например, предсказание Эйнштейном существования отклонения света полем тяготения солнца. Я же в данной работе, не уклоняясь от этой сложнейшей задачи, хочу показать, как научный подход к предсказанию обеспечивает замечательные результаты. Книга состоит из 10 глав, первые шесть глав из которых обеспечивают подготовку для понимания того, почему и как происходят большие финансовые крахи.

В главе 1 рассматриваются фундаментальные вопросы: Что такое крахи? Как они происходят? Почему они происходят? Когда они происходят? Глава 1 содержит мои ответы, которые я предлагаю на эти вопросы, и, в качестве примеров, некоторые известные, или, лучше сказать, бесславные, исторические крахи.

Глава 2 представляет ключевые базовые описания и свойства рынков акций и способы изменения цены во времени. Это создает научный "пейзаж", в котором действуют главные "персонажи" моей истории – большие крахи.

Глава 3 обсуждает, во-первых, ограничения стандартного анализа, объясняющего особенности крахов. Затем, в ней представлены результаты изучения распределения частот рядов последовательных потерь, и показано, что большие финансовые крахи являются "выбросами", или, говоря другими словами,

выпадающими из ряда событиями: они формируют собственный класс, который проявляется в их статистических характеристиках. Это довольно академичное рассуждение может быть оправдано результатом: если большие финансовые крахи являются "выбросами", то они резко отличаются от остальной совокупности, формирующей динамический ряд и, поэтому, требуют специального объяснения, определенной модели и собственной теории. Кроме того, свойства, характеризующие их, возможно, могут быть использованы для их предсказания.

Глава 4 выявляет главные механизмы, ведущие к положительной обратной связи, то есть "самоусилению" и возбуждению, лежащих в основе таких процессов, как подражательное поведение и стадность, вдруг охватывающих инвесторов. Положительные обратные связи обеспечивают "топливо" для развития спекулятивных пузырей, подготавливая неустойчивость, приводящую к краху.

Глава 5 представляет две версии рациональной модели спекулятивных пузырей и крахов. Первая версия устанавливает что, опасность краха ведёт рыночную цену. Опасность краха может иногда резко возрасти из-за коллективного поведения "шумовых трейдеров", то есть тех, кто действует, имея реально незначительную информацию, даже если они думают, что они "знают" все. Вторая версия инвертирует логику и устанавливает что, цены ведут опасность краха. Цены могут иногда взмывать, опять же, из-за спекулятивного или подражательного поведения инвесторов. Согласно рациональной модели ожидания, этот результат автоматически влечет за собой соответствующее увеличение вероятности краха. Наиболее важная мысль – это открытие устойчивых и универсальных свойств динамики, ведущей к краху и сигнализирующих о его приближении. Эффективность этих моделей была продемонстрирована, по существу, как для всех крахов на развитых, так и на развивающихся рынках акций, а также для валютных рынков и для акций отдельной компании.

Глава 6 делает "шаг назад" от динамических рядов, представляя общую концепцию фракталов, понятие самоподобия, и фракталов с комплексными размерностями и дискретным самоподобием. В ней показывается, как эти замечательные геометрические и математические объекты позволяют кодировать информацию, содержащуюся в динамических рядах, предшествующих большим крахам.

Последние четыре главы иллюстрируют применение обнаруженной закономерности на больших временных интервалах и демонстрируют, как, используя этот подход, можно повышать точность предсказания, до уровня, позволяющего предсказывать крахи.

Глава 7 анализирует крупнейшие крахи, которые произошли на главных фондовых рынках мира. Она описывает эмпирические свидетельства универсальной природы критической логопериодичности, как свойства динамического ряда, предшествующего краху.

Глава 8 обобщает этот анализ на развивающиеся рынки, включая шесть Латинскоамериканских рыночных индексов (Аргентина, Бразилия, Чили, Мексика, Перу, и Венесуэла) и шесть Азиатских рыночных индексов (Гонконг, Индонезия, Корея, Малайзия, Филиппины, и Таиланд). Она также обсуждает существование неустойчивой и сильной корреляции между рынками после значительных

международных событий.

Глава 9 объясняет, как предсказывать крахи, а также другие крупные рыночные события и подробно исследует подходы к прогнозированию и свойственные им ограничения, в особенности, в терминах горизонта видимости и ожидаемой точности. Подробно представлены несколько социологических исследований, с тщательным подсчетом успехов и неудач. Глава 9 также представляет концепцию "антипузыря", избрав в качестве примера Японский крах с начала 1990-х и до настоящего времени. Предсказание было сделано и опубликовано в январе 1999 и до сих пор его результаты совпадают с реальной динамикой с замечательной точностью, правильно предсказав несколько изменений трендов, что является заведомо трудной задачей при использовании стандартных методов экономического прогноза.

Наконец, глава 10 демонстрирует наш главный прорыв, продлевая предложенный анализ на масштаб времени, охватывающий столетия и тысячелетия. Она анализирует всю американскую финансовую историю, а также мировую экономику и динамику населения за последние два тысячелетия, чтобы продемонстрировать существование сильной положительной обратной связи. Это приводит к конечной по времени сингулярности около 2050, сигнализируя фундаментальное изменение режима мировой экономики и народонаселения в районе этой даты (суперкрах?). Вероятно, мы начинаем наблюдать предвестники этого изменения режима. Я предлагаю три основных сценария: коллапс, переход к устойчивости и сверхлюди.

Текст дополнен техническими вставками, которые иногда используют немного математики, и их можно пропускать при первом или быстром чтении. Они являются приложениями, которые усиливают аргументацию или являются полезной дополнительной информацией. Текст сопровождается множеством рисунков, в соответствии с поговоркой, что лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать.

История, рассказанная в этой книге, имеет необычное происхождение. Её корни восходят к прошлому, начинаясь в шестидесятых, с ученых-пионеров, типа Бена Видома (профессора Корнелльского университета), Лео Каданоффа (сейчас профессор в Университете Чикаго), Майкла Фишера (сейчас профессор в Университете штата Мэриленд), Кеннета Вилсона (сейчас профессор в Государственном университете штата Огайо и Нобелевского лауреата 1982 года по физике), и многих других, кто исследовал и развивал теорию критических явлений в естествознании. Я обязан Пьер-Жилью де Генну (Колледж Франции и Нобелевский лауреат 1991 года по физике) и Бернарду Суила (директору по исследованиям во французском CNRS – Национальном Центре Научных Исследований) за многие вдохновляющие годы совместной работы (1985-86) в Париже, когда я был их коллегой после докторантуры и где я начал учиться "полировать" искусство размышления о критических явлениях и применять эту область науки к наиболее сложным явлениям. Я также имел замечательную возможность расширения моего видения научных применений, реализованную сотрудничеством с Мишелем Лагье из Thomson-Sintra Inc (теперь Thomson-Marconi-Sonars, Inc), которое началось в 1983 во время моей службы в армии и продолжается до сих пор. Его неизменная дружба и добрая поддержка за последние два десятилетия много значили для меня.

В 1991, работая над захватывающей задачей предсказания отказа резервуаров давления, сделанных из композитных кевларовых и углеродных соединений, составляющих существенные элементы европейских ракет Ариан 4 и 5, а также используемых в спутниках, я понял, что разрыв сложных материальных структур можно понимать как кооперативное явление, ведущее к определенному обнаружимому критическому поведению (см. главы 4 и 5, применяющие эти концепции к финансовым крахам). Энергетические законы, композитные, сложные образцы материалов и логопериодические модели, которые я обсуждаю в этой книге, в частности, в главе 6, были обнаружены именно в этом контексте и совпадение прогнозов с реальными событиями было очень высоким. Алгоритм предсказания был запатентован и теперь успешно используется в Европе для этих резервуаров давления, отправляемых в космос, в качестве стандартной процедуры проверки качества. Я обязан Жан-Чарлесу Анифрани (работающему в настоящий момент в Eurocopter, Inc) и Кристиану Ле Флок'х из компании Aerospatiale-Matra (работающему в настоящий момент EADS) в Бордо, Франция (главный подрядчик для европейской ракеты Ариан) за вдохновляющее сотрудничество и за обеспечение этой фантастической возможности.

Несколькими годами позже, Андерс Йохансен, Джеан-Филипп Боучауд и я поняли, что финансовые крахи могут рассматриваться как аналогичные "разрывы" рынка. Андерс Йохансен и я стали систематически исследовать применение этих идей и методов в таком контексте. Что из этого получилось – описано в этой книге. В этом приключении, Йохансен (работающий в настоящий момент в Институте Нильса Бора в Копенгагене), играл очень значимую роль, поскольку он, во-первых, сопровождал меня, как мой студент в Ницце, Франция, в течение двух лет и затем, как мой аспирант, в течение двух лет в Университете Калифорнии, Лос-Анджелес. Существенная часть этого труда принадлежит ему, поскольку он осуществил большую часть анализа данных нашей объединенной работы. Я очень доволен тем, что разделил эти захватывающие времена с ним, когда, казалось, что мы одни против всех, пытаясь доказать и продемонстрировать это открытие людям. Теперь ситуация изменилась, поскольку предмет стал привлекать к себе все возрастающее число ученых и даже большее количество профессионалов и практиков. Ведется очень оживленное обсуждение предсказуемости различных экономических явлений, в частности, даже ранее многих раздражающим вопросом о предсказуемости крахов (больше в главах 9 и 10). Я надеюсь, что эта книга поможет в этом отношении.

Я также ценю плодотворные и вдохновляющие обсуждения и сотрудничество с Йоргеном Андерсеном, работающему в настоящий момент в Университете Нанта, Париж и Университете Ниццы, Франция, который теперь работает со мной над расширением моделей пузырей и крахов, описанных в главе 5. Я должен также упомянуть Оливье Ледойта, из Школы менеджмента в UCLA. Первая модель рациональных пузырей и крахов, описанная в главе 5 многим обязана нашим обсуждениям и совместной работе. Другие ближайшие сотрудники, Саймон Глузман, Кайо Айди и Вэй Зин Жу в UCLA, участвуют в моих исследованиях по моделированию финансовых рынков и крахов. Я должен также упомянуть Дитриха Стауфера из Кельнского Университета, Германия, который

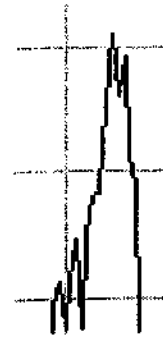
играл ключевую роль в качестве редактора нескольких международных академических журналов и помогал нам публиковаться с нашим "бунтарскими" статьями. Остроумный, краткий до крайности, прямолинейный, с сильным чувством юмора, Стауфер был очень полезен. Он также был независимым свидетелем предсказания по Японскому фондовому рынку, описанному в главе 9.

Я также благодарен Юкванг Хуанг из Университета Южной Калифорнии, Перу Йоги и Матту Ли из UCLA, Лауренту Ноттал из обсерватории Парижа, Гуи Оуиллон из Университета Ниццы и Хьюберту Сале и Чарли Саммису из Университета Южной Калифорнии за помощь и обсуждения теории и практики логопериодичности. Я благодарен Владилену Писаренко из Международного института теории предсказания землетрясений и математической геофизики в Москве, который дал мне много советов и понимание науки и искусства статистических испытаний. Я благодарен Биллу Меггинсону из Университета Штата Оклахома за помощь в получении доступа к данным о капитализации мирового рынка. Карс Хомс из Центра Нелинейной Динамики в Экономике и Финансах в Университете Амстердама и Нейл Джонсон из Оксфордского Университета, Великобритания, рецензировали предварительную версию книги. Я тепло благодарю их за добрый и конструктивный совет. Я благодарю Йорген Андерсен и Пауля О'Брайена за критическое прочтение рукописи. Я встретил Джозефа Висновского, исполнительного редактора издательства Университета Принстона, на конференции Американского геофизического союза в Сан-Франциско в декабре 2000. С самого начала, его энтузиазм и поддержка были существенной помощью в кристаллизации основных идей этого проекта. Вэй Синг Жу помог в подготовке фрактальной спиральной картины на обложке, а Бет Галлагер выполнила очень тщательную и ценную работу по исправлению рукописи.

Я с благодарностью ценю приз 2000 года от программы Фонда Джеймса МакДоннелла озаглавленной "Изучение комплексных систем". В заключение, я благодарен за поддержку французского Национального Центра Научного Исследования (CNRS) с 1981, который обеспечил полную свободу моих исследований во Франции и за границей. С 1996, Институт Геофизики и Планетарной Физики и Отдел Земных и Космических Наук в UCLA обеспечивают новые научные возможности, сотрудничество и поддержку.

Я надеюсь, что, по крайней мере, часть радости, волнения, и удивления, которыми я наслаждался в течение этого исследования, будет разделена со мною читателями.

Дидье Сорнетте
Лос-Анджелес и Ницца
Декабрь 2001



Глава №1

Финансовые крахи: что, как, почему и когда

Что такое финансовые крахи и почему мы должны о них беспокоиться

Крахи финансовых рынков – это важные события, которые чрезвычайно интересны как для академической науки, так и для практиков. Согласно взглядам академического мира, рынки эффективны и только появление драматической информации может вызвать крушение, но в действительности, даже наиболее тщательные исследования (постфактум), обычно, не дают заключения относительно того, что это за информация. Для трейдеров и инвесторов опасения краха – постоянный источник напряжения и реальная реализация этого события всегда разрушает жизни некоторых из них.

Большинство подходов к объяснению крахов ищут возможные механизмы или эффекты, которые работают в очень коротких масштабах времени (часы, дни или недели, самое большее). Эта книга предлагает радикально отличную точку зрения: основополагающая причина краха определяется предшествующими месяцами и годами, и проявляется в прогрессивно увеличивающемся росте рыночной кооперативности или эффективных взаимодействий между инвесторами, часто приводящей к ускоряющемуся росту рыночной цены ("пузырь"). Согласно этой "критической" точке зрения, описание динамики падения цен и конкретных причин, вызвавших его – не самая важная проблема: крушение происходит потому, что рынок вступил в неустойчивую стадию и любое маленькое возмущение или процесс, возможно, вызвали нарушение стабильности и крах. Вообразите линейку, вертикально стоящую на кончике вашего пальца: эта очень нестабильная позиция, в конечном счете, закончится неизбежным падением либо в результате маленького движения вашей руки (или отсутствия такового адекватного движения), либо из-за малейшего дуновения воздуха. Крах определяется нестабильностью позиции; конкретная причина краха вторична. В то же время, рост чувствительности и увеличение неустойчивости рынка вблизи такой критической точки могут объяснить такое разнообразие попыток раскрыть локальные причины крушения. По существу, что-нибудь все равно сработает, как только система "созрела". Эта книга исследует концепцию, по которой крах, обусловлен эндогенными причинами и имеет внутреннее происхождение, и что экзогенные или внешние потрясения служат лишь "спусковым крючком". Как следствие, крахи имеют гораздо более тонкое происхождение, чем часто думают, поскольку они постепенно "вынашиваются" рынком в целом, как самоорганизующимся процессом. В этом

смысле, истинная причина краха может быть названа системной нестабильностью.

Системная нестабильность является большой головной болью правительств, центральных банков и регулирующих органов [103]. Вопрос, который часто возникал в 1990-ых, заключался в следующем; переросла ли новая, глобальная экономика, управляемая информацией, набор правил, установленных в 1950-ых, и в действительности ли она нуждается в новом наборе правил для "Новой Экономики". Те, кто ставит этот вопрос, в основном, указывают на системные нестабильности с 1997 (или даже раньше, начиная с кризиса мексиканского песо в 1994) как свидетельство того, что старый послевоенный набор правил устарел. Как следствие из этого утверждения делается вывод, что использование старого набора правил, как утверждается, будет порождать не меньшую нестабильность на последующих этапах глобализации. Если глобальная экономика иногда является столь хрупкой, как это демонстрируется новейшей историей, то каково наименьшее воздействие, которое в состоянии "бросить гаечный ключ" в "двигатель" мировой финансовой машины? Один из ведущих моральных авторитетов в области финансовых рисков - Базельский Комитет по Банковскому Наблюдению, советовал [32], что "в решении системных проблем необходимо будет учитывать, с одной стороны, риски доверия финансовой системе и проблемы "инфицирования" устойчивых финансовых институтов, а, с другой стороны, потребность минимизировать искажения рыночных сигналов и рыночной дисциплины".

Моделирование динамики доверия и динамики инфирования, а также принятие решений, основанное на несовершенной информации – вот ядро этой книги, которое позволит нам исследовать ряд важных вопросов. Каковы механизмы, лежащие в основе крахов? Можем ли мы предсказывать крахи? Могли бы мы контролировать их? Или, по крайней мере, могли бы мы иметь некоторое влияние на них? Указывают ли крахи на существование фундаментальной неустойчивости в мировой финансовой структуре? Что можно изменить, чтобы модифицировать или подавить эти нестабильности?

Краш октября 1987

С открытия рынка 14 октября 1987 и до закрытия рынка 19 октября, главные рыночные индексы США упали более чем на 30%. Кроме того, все главные мировые рынки также существенно понизились в этом месяце, что само по себе является исключительным фактом, который контрастирует с обычными скромными межстрановыми корреляциями доходов и тем фактом, что рынки акций по всему миру являются удивительно разнообразными по своей организации [30].

В местных валютных единицах, минимальное снижение было в Австрии (-11.4%), а максимум был в Гонконге (-45.8%). Из 23 основных индустриальных стран (Австралия, Австрия, Бельгия, Канада, Дания, Франция, Германия, Гонконг, Ирландия, Италия, Япония, Малайзия, Мексика, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Сингапур, Южная Африка, Испания, Швеция, Швейцария, Великобритания, Соединенные Штаты), 19 имели снижение большее, чем на 20%. Вопреки обычным убеждениям, Соединенные Штаты не были первыми, где

произошло резкое снижение. Неапонские Азиатские рынки начали серьезно падать 19 октября 1987 (по их времени), и это падение отразилось, во-первых, на ряде европейских рынков, затем в Северной Америке и, наконец, в Японии. Однако, большинство тех же самых рынков испытало существенные, но менее серьезные снижения, в конце предыдущей недели. За исключением Соединенных Штатов и Канады, другие рынки, продолжали снижаться до конца октября, и некоторые из этих падений были такой же величины, как и большой крах 19 октября.

Были проведены большие исследования, посвященные "распутыванию" причин происхождения краха. Причем спектр исследуемых причин простирался от изучения свойств трейдинга в тот период и до структуры рынков. Однако, не было выявлено никакой ясной причины. Примечательно, что сильное рыночное снижение в течение октября 1987 следовало за беспрецедентным для многих стран ростом рынка в течение первых девяти месяцев того года. На американском рынке, например, цены акций прибавили 31.4% в течение тех девяти месяцев. Некоторые комментаторы предположили, что реальной причиной октябрьского снижения были вздутые цены в течение более раннего периода, которые и породили обсуждаемый спекулятивный пузырь.

Вот основные объяснения, к которым пришли исследователи.

1. Компьютерный трейдинг. В компьютерной торговле, также известной, как программный трейдинг, компьютеры были запрограммированы так, чтобы автоматически генерировать большие ордера, когда обнаруживалось преобладание некоторых рыночных трендов, в частности, приказы на продажу после появления потерь. Однако, следует обратить внимание на то, что в течение американского краха 1987 года, другие рынки акций, в том числе и те, которые не использовали программный трейдинг, также упали, причем, некоторые – даже серьезнее, чем американский рынок.

2. Производные бумаги. Индексные фьючерсы и производные ценные бумаги были призваны объяснить увеличение изменчивости, риска и неустойчивости американских рынков акций. Тем не менее, ни одной из этих причин не существовало в моменты предыдущих значительных рыночных потрясений в 1914, 1929 и 1962 годах.

3. Низкая ликвидность. Во время краха, большой поток ордеров на продажу не мог быть "переварен" торговыми механизмами существующих финансовых рынков. Множество обыкновенных акций не могло быть продано на Нью-йоркской фондовой бирже (NYSE) до середины дня 19-го октября, поскольку специалисты не могли найти достаточное количество покупателей на то количество акций, которое продавцы жаждали продать. Такая недостаточная ликвидность могла оказывать значительный эффект на величину падения цены, поскольку инвесторы переоценивали объем спроса. Однако, негативные сведения о ликвидности рынка акций не могут объяснить тот факт, почему так много людей решили продавать акции в одно и то же время.

4. Торговый и бюджетный дефицит. Третий квартал 1987 года показал самый большой дефицит торгового баланса США с 1960 года, что вместе с дефицитом бюджета страны привело инвесторов к мысли о том, что эти дефициты вызовут падение американских акций в сравнении с иностранными бумагами.

Однако, если большой дефицит американского бюджета был причиной краха, то почему также упали и иностранные рынки? Ведь, если неожиданные изменения в торговом дефиците являются плохой новостью для одной страны, то это хорошая новость для ее торгового партнера.

5. **Завышенная оценка.** Многие аналитики согласны в том, что цены акций в сентябре 1987 были сильно завышены. Однако, хотя коэффициенты P/E и цена/дивиденды находились на своих исторически максимальных уровнях, те же значения этих коэффициентов можно было наблюдать в период 1960-72, когда не происходило никаких крахов. Похоже, завышенная оценка не каждый раз вызывает кризисы.

Другие потенциальные причины краха затрагивают саму аукционную систему, наличие или отсутствие лимитов на движение цены, регулирующие маржинальные требования, внеурочный трейдинг или торговлю во внеурочное время (продолженный аукцион или автоматические котировки), наличие или отсутствие брокеров на полу (floor brokers), которые проводят сделки, но которым не разрешается инвестировать собственные средства, расширение торговли на денежном рынке против форвардного рынка, идентификацию трейдеров (например, институтов, типа, банков или инвестиционных фирм), значимость транзакционных налогов и множество других факторов.

Более тщательный и систематический анализ многомерных корреляций и множественных регрессий этого множества факторов не показывает ясной причины, вызывающей крах [30]. Наиболее четкое утверждение, хотя в чем-то и самоповторяющееся, заключается в том, что наиболее статистически значимая переменная в октябрьском крушении может быть приписана нормальной реакции рынка акций каждой страны на движение мирового рынка. Таким образом, был сконструирован индекс мирового рынка [30], путем равного взвешивания местных индексов упомянутых ранее 23 основных индустриальных стран и нормировании его на уровне 100 в день 30 сентября. Он упал до 73,6 к 30 октября. Важным результатом было обнаружение статистических соотношений между ним и месячным доходом каждой страны в период с 1981 года до месяца, предшествующего краху, хотя и со значимыми разбросами величины этого соответствия от страны к стране [30]. Такая корреляция снимает влияние институциональных характеристик рынка, что сигнализирует о возможном существовании тонкой, но, тем не менее, значимой в мировом масштабе, кооперативности во времени, предшествующем краху.

Исторические крахи

В финансовом мире риски, вознаграждение и катастрофы появляются с нерегулярной периодичностью в каждом поколении. Жадность, спесь и системные флуктуации подарили нам тюльпаноманию, пузырь Южных морей, земельный бум 1920-х и 1980-х, великий крах американского рынка в 1929 и крушение 1987. Это лишь некоторые из многих сотен имеющихся примеров [454].

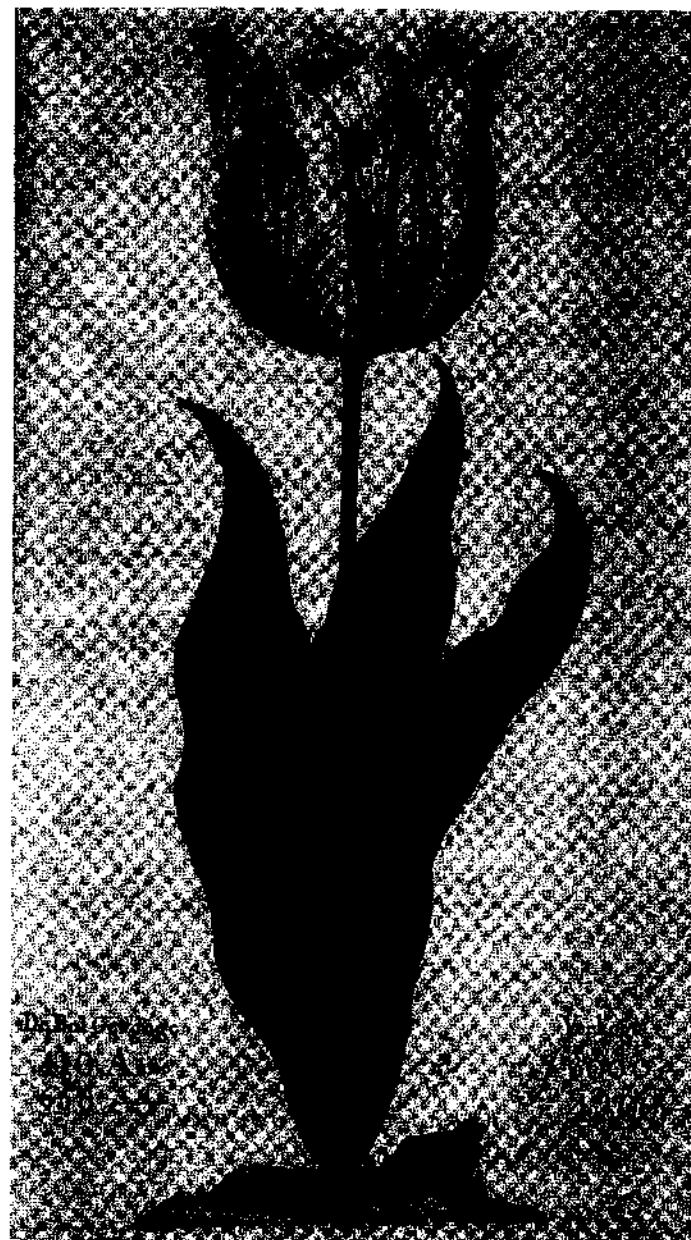


Рис. 2. Вид тюльпана (сорт – Вице-король), луковицы которого были одними из самых дорогих во время тюльпаномании в Амстердаме. Из книги П.Кос "Тюльпановая книга". Включая веса и цены времен спекулятивной тюльпаномании (1637).

Тюльпаномания

Годы спекуляции тюльпанами попадают в период процветания республики Нидерландов. Между 1585 и 1650 годами, Амстердам превратился в главный торговый центр северо-западной части Европы, благодаря росту коммерческой активности в недавно открытой Америке. Тюльпан, как культивируемый цветок, был привезен в западную Европу из Турции и впервые упоминается в 1554 году. Редкость тюльпанов и их красота превратили их в атрибут высшего сословия общества (см. Рис. 2).

Во время возникновения и роста рынка тюльпанов, его участники не делали деньги в процессе реального производства. Тюльпаны служили средством спекуляции, и их цена определяла благосостояние участников тюльпанного бизнеса. Неясно, формирование ли рынка привлекло новые инвестиции, или новые инвестиции послужили толчком для построения рынка, или и то, и другое. Известно только, что по мере продолжения формирования рынка, все больше людей ввязывалось в инвестирование своих заработанных сбережений. Цена тюльпанов потеряла всякую связь своей относительной ценности в сравнении с ценой других товаров и услуг.

То, что мы сегодня называем "тюльпаноманией" семнадцатого века, рассматривалась, как "верная" инвестиция с середины 1500-х годов до 1636 года. До сокрушительного "взрыва" в конце 1637 года те, кто покупали тюльпаны, редко теряли деньги. Люди стали слишком уверены, что эта "верная вещь" всегда будет приносить им деньги и на пике событий, участники заложили свои дома и бизнесы, чтобы торговать тюльпанами. Безумие было настолько сильным, что некоторые редкие виды тюльпанных луковиц подавались за эквивалент нескольких десятков тысяч долларов. До краха любые предположения об иррациональности цены тюльпанов отменялись всеми участниками.

Как видно из исторического анализа, в динамике рынка тюльпанов были представлены все условия, которые ныне ассоциируются с первым периодом бума: рост валюты, новая экономика с новыми колониальными возможностями и увеличение процветания страны, что всё вместе создает оптимистическую атмосферу.

Кризис пришел неожиданно. 4 февраля 1637 года было впервые упомянуто о том, что, возможно, тюльпаны не смогут продать. С того момента и до конца мая 1637 года все попытки координации между флористами, производителями луковиц и Нидерландами закончились провалом. Луковицы, стоившие десятки тысяч долларов (в современных ценах) в начале 1637, через несколько месяцев не стоили ничего. Это примечательное событие часто обсуждается современными комментаторами и выявляются параллели с современной манией спекуляций. Задается вопрос: имеет ли отношение к сегодняшнему рынку развитие рынка тюльпанов и его последующий крах?

Пузырь южных морей

Пузырь Южных морей – это название спекулятивной лихорадки, закончившейся первым великим крахом рынка акций в Англии, в 1720 году [454]. Это занимательная история массовой истерии, политической коррупции и переворота в сознании публики (см. Рис. 3). Это собрание тысяч историй, описывающих персональную судьбу бесчисленных персонажей, которые "скакали" на волнах спекуляций акциями в течение шести неистовых месяцев 1720 года. "Год пузыря", как его называют, в действительности, включал в себя несколько отдельных пузырей,

поскольку все типы мошеннических акционерных компаний старались извлечь выгоду из мании к спекуляциям. Следующий отрывок взят из "Пузырного проекта" [60].



Рис. 3. Эмблемная сцена Компании Южных морей (травление и гравировка) художника Уильяма Хогарта в 1722 году. Сатирическая картинка Хогарта высмеивает толпу, ставшую жертвой политических спекуляций на краю фондового рынка. Колесо было раскручено Компанией Южных морей, которая держала монополию на торговлю между Южной Америкой, Тихоокеанскими островами и Англией. Компания соблазнила огромное количество инвесторов среднего класса на попытки сделать быстрые деньги в абсурдных спекуляциях. Колесо фортуны в центре сломано, символизируя потерю стоимости быстрых денег, в то время как "Торговля" лежит замученная до смерти. Справа – постамент действительного памятника, воздвигнутого в память Великого лондонского пожара в 1666 году – на котором написана другая надпись: "Этот монумент был воздвигнут в память разрушения города Южным морем в 1720".

В 1711 году, Компания Южных морей получила монополию на всю торговлю с портами южных морей. Действительным преимуществом этого была предполагаемая торговля с открытыми богатыми колониями в Южной Америке. Взамен этой монополии Компания Южных морей принимала на себя часть госдолга Англии, который возник в результате войны с Испанией. Когда Англия и Испания официально снова возобновили войну в 1718 году, то ближайшие перспективы любых прибылей от торговли с Южной Америкой были равны нулю. Однако, спекулянты заботились о будущих перспективах и здесь приводились соображения, что невероятное процветание ждет впереди и оно будет реализовано, как только закончатся военные действия.

Начало 1700-х годов было также и временем зарождения международных финансов. В 1719 году директора Компании Южных морей пожелали повторить манипуляцию доверием публики, аналогично Джону Ло во Франции с его Компанией Миссисипи, которая получила монополию на французскую торговлю с Северной Америкой. Ло потворствовал росту акции своей компании и директора Южных морей надеялись сделать то же самое. В 1719, директора Компании сделали

предложение принять на себя весь публичный долг британского правительства. В апреле 1720-го это предложение было принято. Компания сразу же начала искусственным образом завышать цены на свои акции. Это приняло форму, в основном, новых эмиссий вместе с распусканьем слухов о торговле с Испанией, направленных на создание впечатления о том, что акции могут только расти. Акции покупали не только английский капитал, но также и много голландских инвесторов вложили свои деньги в Компанию, увеличив тем самым и без того раздутый "пузырь".

Акции Южных морей устойчиво росли с января всю весну. Так как каждый успех быстро привлекает множество желающих его повторить, то стало появляться множество различных акционерных компаний, надеющихся урвать свой кусок от спекулятивной лихорадки. Некоторые из этих компаний были законными, но большинство было основано на поддельных схемах, использующих доверчивость публики. Несколько "пузырей", основанных на таких компаниях, и больших и маленьких, даже вели некоторую заморскую торговлю или упоминали о "Новом мире". Вдобавок к компаниям Южных морей и Миссисипи, существовал и проект улучшения рыбной ловли в Гренландии, и проект импорта грецких орехов из Виржинии. Получение капитала путем продажи акций этих предприятий, было довольно простой работой. Все упомянутые проекты имели материальные активы, по крайней мере, на бумаге, если не на деле. Некоторые были скупы на детали, но щедры на обещания. Наиболее примечательным у таких компаний было одно общее для всех них свойство: каждая из компаний характеризовалась как "компания по участию в получении больших преимуществ, но никто не знает каких". Проспект эмиссии гласил, что "требуемый капитал равен пол миллиона, в пяти тысячах акций по 100 фунтов каждая, с депозитом в 2 фунта за акцию. Каждый подписчик, уплативший депозит будет иметь право на 100 фунтов в год на акцию. Правда никто не объяснял, как эта захватывающая прибыль будет получена [60]. Как писал Т. Дж. Даннинг [114]:

"Капитал избегает отсутствия прибылей или очень маленьких прибылей... С адекватной прибылью, капитал очень самоуверен. При верном 1% прибыли инвесторов необходимо будет уговаривать; 20% прибыли наверняка вызовут рвение у инвесторов; 50% – позитивную смелость; 100% заставят растоптать все человеческие законы; 300% – и не существует преступления, которого стесняются или риска, которого избегают, даже если есть шансы, что хозяина капитала повесят".

Следующим утром в 9 часов, большой человек открывает офис в Корнвилле. Толпы людей теснятся в его дверях, и когда он закрывается в 3 часа, не менее тысячи акций продано, и депозиты внесены. Таким образом, за пять часов он выиграл 2000 фунтов. Он был достаточно разумен, чтобы удовлетвориться своим предприятием и в тот же вечер отплыть на Континент. Больше о нем не слышали.

Подобные махинации неблагоприятно сказывались на спекулятивном бизнесе и поэтому, во многом благодаря давлению директоров Южных морей, 11 июня 1720 года был принят, так называемый, "Закон о пузырях", требовавший, чтобы все акционерные компании имели королевскую привилегию. На некоторое время, уверенность людей получила новый импульс и народ повел себя соответственно. Цена акции Компании Южных морей была £175 в конце февраля, £380 – в конце марта, и около £520 – в конце мая. В конце июня она уперлась в 1000 фунтов – психологический барьер для чисел, состоящих из четырех цифр.

Доверчивость людей была растянута до предела и все больше слухов

циркулировало о том, что директора компании и люди стали продавать свои бумаги. Таким образом, пузырь начал сдуваться, хотя и медленно, но неуклонно (в отличие от 60% падения японского индекса Nikkei после максимума в конце декабря 1989 года). В середине августа списки банкротов в "Лондон Газетт" стали самыми длинными за всю свою историю, показывая, что множество людей покупали акции на марже, в кредит. Тысячи судеб были разрушены, и больших, и маленьких. Директора попытались снова раскатать спекулянтши, но безуспешно. Полный коллапс наступил в конце сентября, когда акция остановилась на £135. Этот крах оставался в сознании Западного мира в течение всего восемнадцатого столетия, совсем как культурная память американцев хранит следы Краха Уолл-Стрит 1929 года.

Великий крах октября 1929

Бурное время 20-ых годов, время роста и процветания на Уолл-Стрит и Мэйн-Стрит закончилось Большим Крахом октября 1929 (для наиболее полного и авторитетного анализа, см. [152]) (См. Рис. 4.)



Рис. 4. Первая полоса Нью-Йорк Таймс от 30 октября 1929 года, объясняющая массовое падение цен на Уолл-Стрит. Газета активно пыталась сгладить страхи паникующих инвесторов, но как показала история – безуспешно.

Большая Депрессия, которая за этим последовала, лишила работы 13 миллионов американцев. Две тысячи инвестиционных фирм обанкротились, а Американская банковская индустрия подверглось самым большим структурным

изменениям в своей истории, поскольку началась новая эра правительственного регулирования, так называемая Новая политика сделок Рузвельта.

Крах Октября 1929 – яркая иллюстрация нескольких замечательных особенностей, часто связываемых с крахами. Во-первых, крахи финансовых рынков часто непредвиденны для большинства людей, особенно для экономистов. "Через несколько месяцев, я ожидаю, что рынок акций будет намного выше, чем сегодня". Эти слова были произнесены Ирвингом Фишером, выдающимся и известным экономистом Америки и профессором экономики в Университете Йеля, всего за 14 дней до того, как Уолл-Стрит потерпела крах в Черный вторник, 29 октября 1929.

"Серьезная депрессия по типу 1920-21 годов – маловероятна. Мы не наблюдаем длительную ликвидацию". Это был анализ, предложенный своим подписчикам через день после крушения Гарвардским Экономическим Обществом. После непрерывных и ошибочных оптимистических прогнозов, общество закрылось в 1932. Таким образом, два наиболее известных экономических института прогнозов в Америке не сумели предсказать вовремя приближающийся крах и депрессию и продолжали излагать оптимистические прогнозы будущего даже тогда, когда Великая Депрессия охватила Америку. Причина проста: предсказание разворотов тренда представляет намного более трудную задачу для предсказателей и такие предсказания очень ненадежны, особенно в рамках линейной структуры стандартных (авторегрессионных) экономических моделей.

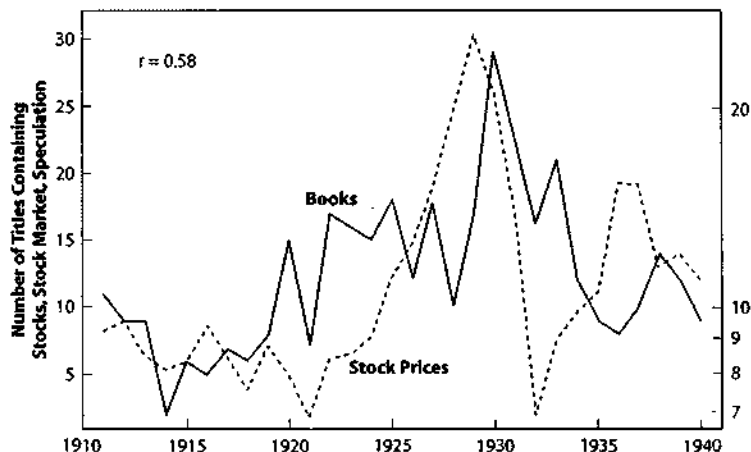


Рис. 5. Сравнение между числом ежегодно изданных книг о спекуляции на рынке акций и уровне цен на акции (1911-1940). Сплошная линия: Книги в библиотеке Гарварда, чьи названия содержат одно из слов: "акции", "рынок акций" или "спекуляция". Прерывистая линия: индекс Standard and Poor's для обыкновенных акций. Кривая изданных книг отстает от ценовой кривой с задержкой по времени приблизительно в 1.5 года, которую можно объяснить временем, необходимым для издания книги. Источник: индекс цен на акции взят из Исторического обзора Соединенных Штатов. Источник [349].

Вторая общая особенность, иллюстрируемая случаем Октября 1929 – заключается в том, что финансовый коллапс никогда не случался, когда всё выглядит

очень плохо. Напротив, перед крахами макроэкономические потоки выглядят очень хорошими. Перед каждым крахом, экономисты говорят, что экономика находится в лучшем из всех возможных состояний. Все выглядит "розовым", рынки акций повышаются и макроэкономические потоки (продукция, занятость, и т.д.), кажется, улучшаются все больше и больше. Это объясняет, почему крах застаёт большинство людей, особенно экономистов, врасплох. Хорошие времена неизменно линейно экстраполируются в будущее. Не воспринимается ли большинством людей во времена общей эйфории, как бессмыслица, разговоры о крушении или депрессии?

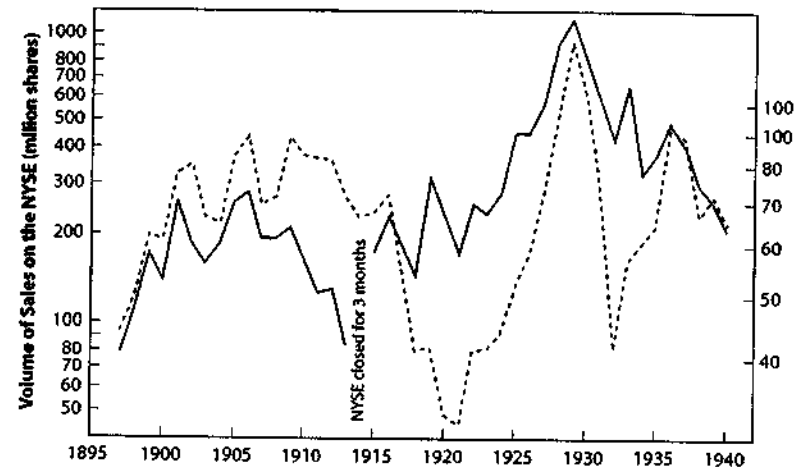


Рис. 6. Сравнение между числом акций, торгующихся на NYSE и уровнем цен на акции (1897-1940). Сплошная линия: число торгующихся акций. Прерывистая линия: Скорректированный индекс Standard and Poor's для обыкновенных акций. Источник: Историческая статистика Соединенных Штатов. Воспроизведено из [349].

В течение стадии надувания пузыря типа той, что предшествовала краху Октября 1929, существует растущий интерес у публики к рассматриваемому товару, будь то акции, алмазы или монеты. Этот интерес можно оценить с помощью различных индикаторов: увеличение числа книг, изданных на данную тему (см. Рис. 5) или увеличение подписки на специализированные журналы. Кроме этого, известное эмпирическое правило, согласно которому объемы продаж растут в течение бычьего рынка, как показано на Рис. 6, находит естественную интерпретацию: увеличение продаж в действительности показывает и определяет прогресс проникновения пузыря повсюду внутри общества. Эти особенности были снова исследованы в недавних работах на предмет обнаружения при возникновении "пузырей" "причуды" и феномена "стадного" поведения, в частности, при изучении дохода на отдельные акции [455]. Один из выводов, часто звучащий для объяснения бума 1928 и 1929 гласит, что процесс возникновения "пузыря" обусловлен притоком на рынок в значительной степени неинформированных инвесторов, которые искали удачу и вкладывали капитал в "любимые" акции. Результатом этого поведения является тенденция цен таких "любимых" акций двигаться выше, чем будет

предсказываться их фундаментальной экономической стоимостью. Это движение, действительно значительно увеличилось в течение бума и являло собой основную характеристику рынка начала 1930-ых. Таким образом, эти результаты, действительно соответствуют представлениям о том, что психология толпы играет большую роль в росте рынка, его крушении и последующей волатильности [455].

Политическое настроение перед крахом Октября 1929 также было оптимистическим. В ноябре 1928, Герберт Гувер был избран президентом Соединенных Штатов и его избрание совпало с самым большим увеличением в покупке акции. Меньше чем через год после выборов, Уолл-Стрит потерпела крах.

Критические события в сложных системах

Финансовые рынки – не единственные системы с экстремальными событиями. Они представляют лишь один из возможных примеров среди множества других систем, показывающих сложную организацию и динамику с подобным поведением. Системы с большим количеством взаимодействующих частей, часто открыты для окружающей их среды, самоорганизуют свою внутреннюю структуру и свою динамику, что сопровождается иногда удивительными макроскопическими проявлениями. Комплексный системный подход, который основан как на "наблюдении" взаимосвязей и взаимоотношений, то есть картины в целом, так и на изучении составляющих частей, является в настоящее время самым распространенным в современном управлении техническими устройствами и в управлении бизнесом. Он также играет всё возрастающую роль в большинстве научных дисциплин, включая биологию (биологические сети, экология, эволюция, происхождение жизни, иммунология, нейробиология, молекулярная биология и т.д.), геологию (тектоника плит, землетрясения и вулканы, эрозия и ландшафты, климат и погода, окружающая среда и т.п.) и экономические и социальные науки (познание, распределенное изучение, взаимодействующие агенты и т.д.). Существует растущее понимание, что прогресс в большинстве этих дисциплин, а также во многих из неотложных проблем нашего будущего благосостояния, также как и для управления нашей повседневной жизнью, будет нуждаться в таком системном комплексном и мультидисциплинарном подходе. В настоящее время четко проявила себя тенденция замены этим подходом классического, ставшим привычным в науке, "аналитического" подхода, основанного на представлении, что разложение изучаемой системы на компоненты, изучение отдельных компонент и "синтез" на этой основе поведения системы в целом может принести понимание функционирования сложных систем.

Центральная особенность сложных систем заключается в возможности когерентного и широкомасштабного коллективного поведения с очень богатой структурой, проявляющейся в результате повторяющихся нелинейных взаимодействий составляющих её частей: получается, что целое – это нечто большее, чем просто сумма составляющих его частей (сложная система не является линейной суммой составляющих ее компонентов). Широко распространено мнение, что наиболее сложные системы не поддаются математическим аналитическим описаниям и могут исследоваться только посредством "численных экспериментов". В контексте

теории сложности алгоритмов [73], многие сложные системы считаются, в вычислительном отношении, непреодолимыми; то есть единственный способ судить об их эволюции – это фактически позволить им развиваться во времени. Соответственно, "динамическое" будущее эволюции во времени таких сложных систем непредсказуемо. Эта непредсказуемость, однако, не препятствует применению научного метода для предсказания новых явлений, как иллюстрируется многими известными случаями (предсказание планеты Нептун астрономом Леверье при вычислениях возмущений в орбите Урана, предсказание Эйнштейном отклонения света гравитационным полем солнца, предсказание винтовой структуры молекулы ДНК Уотсоном и Криком, на основании более ранних предсказаний Поллинга и Брэгга, и т.д.) Напротив, это относится лишь к невозможности удовлетворения жажды познания в отношении того, что произойдет завтра, часто заполняемой видениями "пророков", которые вдохновляли или ужасали массы в течение человеческой истории.

Представление о том, что сложные системы непредсказуемы, недавно было убедительно доказано в конкретных применениях прогнозтики, например, для проблемы предсказания землетрясений (см. вклады в [312]). В дополнение к постоянным неудачам при построении надежной, прогнозирующей землетрясения схемы, это представление теоретически проистекает из аналогии между землетрясениями и самоорганизующимися критическими режимами [26]. В этой "фрактальной" структуре (см. главу 6), нет никакой характеристической шкалы, и распределение размеров землетрясений отражает тот факт, что большие землетрясения являются ничем иным, как малыми землетрясениями, которые развивались дальше, не останавливаясь. В силу этого, они непредсказуемы, потому что зарождение больших землетрясений не отличается от такового у множества малых землетрясений, которые, очевидно, не могут быть предсказанными.

Действителен ли вывод о непредсказуемости для всех сложных систем? Возьмем нашу личную жизнь. Мы, в действительности, реально не интересуемся знанием о времени, когда мы пойдем в данный магазин или будем двигаться по шоссе. Мы гораздо больше заинтересованы в прогнозе основных бифуркаций в нашем будущем, подразумевающих несколько важных вещей, подобных здоровью, любви или работе и которые, в совокупности, означают наше счастье. Точно так же предсказание детального развития сложных систем не имеет никакой реальной стоимости, и тот факт, который мы осознали, что оно является не достижимым с фундаментальной точки зрения, не исключает использование не менее интересной возможности предсказания фаз эволюции сложных систем, которые действительно имеют значение, являясь критическими событиями.

Получается, что наиболее сложные системы в естественных и социальных науках демонстрируют редкие и внезапные переходы, которые происходят через такие интервалы времени, которые являются очень малыми, по сравнению с характерными масштабами времени их последующей эволюции. Такие чрезвычайные и редкие события больше, чем что-либо другое, обеспечивают возможности для лучшего научного понимания сложных систем и скрытых механизмов, управляющих их динамикой.

Эти кризисы имеют фундаментальные социальные воздействия и варьируют

от больших природных катастроф, типа землетрясений, вулканических извержений, ураганов и торнадо, оползней, лавин, разрядов молний, столкновений с метеоритами/астероидами (см. Рис. 7) и катастрофических событий деградации окружающей среды, до сбоев инженерных структур, крушений на финансовых рынках и социальных волнений, ведущих к крупномасштабным сдвигам и переворотам, экономическому спаду в национальных и глобальных масштабах, региональным энергетическим блокадам, затору движения, болезням и эпидемиям.



Рис. 7. Одно из наиболее страшных возможных катастрофических событий, но с очень низкой вероятностью осуществления. Столкновение с метеоритом диаметром 15 км с ударной скоростью 14 км/с (высвобождение энергии, равной 100 мегатоннам тринитротолуола, что, как полагают, погубило динозавров) происходит примерно раз каждые 100 миллионов лет. Столкновение с метеоритом с диаметром порядка 1,000 км, как показано на этом рисунке произошло лишь в ранней истории солнечной системы. (Рисунок космического художника Дона Дэвиса.)

Важно понять, что долгосрочное поведение сложных систем часто в значительной степени управляется такими редкими катастрофическими событиями: вероятно, вселенная была рождена в течение мгновений большого взрыва ("большой взрыв"); ядерный синтез всех важных тяжелых атомных элементов, составляющих нашу материю происходит в результате колоссального взрыва сверхновой (звезд, более тяжелых, чем наше солнце, чьи внутренние ядерные реакции изменяются в конце их жизни); большое землетрясение в Калифорнии, повторяющееся каждые два столетия, составляет существенную долю всеобщей тектонической деформации; ландшафты в большей степени формируются "наводнением тысячелетия", которое перемещает огромные валуны, чем воздействием всех других факторов эрозии; самые большие вулканические извержения ведут к главным топографическим изменениям, а

также к серьезным климатическим переменам; согласно некоторым современным представлениям, эволюция, вероятно, характеризуется стадиями квазистоя, прерываемого эпизодическими взрывами активности и разрушения [168, 169]; финансовые крахи, которые в одно мгновение уничтожают триллионы долларов, гипертрофируют и формируют психологическое состояние инвесторов; политические кризисы и революции формируют долгосрочный геополитический пейзаж; даже наша личная жизнь сформирована, в конечном счете, несколькими ключевыми решениями или случаями.

Таким образом, существует нерешенный научный вопрос – как такие крупномасштабные типы "катастрофической" динамики могли бы развиваться из ряда взаимодействий в самых маленьких и во все более укрупняющихся масштабах. Было обнаружено, что в сложных системах не происходит организации пространственных и временных корреляций, в целом, по принципу от стадии зарождения и далее диффузия по системе. Она является, скорее, результатом прогрессивного и более глобального совместного процесса, происходящего во всей системе, путем повторных взаимодействий. Например, научно-технические открытия часто происходят квазисовместно в нескольких лабораториях в различных частях мира, подчеркивая глобальный характер процесса их назревания.

Стандартные модели и симуляции сценариев экстремальных событий служат многочисленными источниками ошибки, каждая из которых может иметь отрицательное воздействие на действительность предсказаний [232]. Некоторые из вероятностных переменных находятся под контролем в процессе моделирования – они обычно подразумевают балансирование между более полным описанием и реализуемостью вычислений. Другие источники ошибки находятся вне контроля, поскольку они свойственны методологии моделирования в определенных научных дисциплинах. Обе известных стратегии моделирования ограничены в этом отношении: аналитические теоретические предсказания находятся вне досягаемости для большинства сложных проблем. Грубая сила числового решения уравнений (когда они известны) или сценариев, дает надежные результаты лишь в "центре распределения", то есть в режиме, далеком от крайностей, где может быть накоплена хорошая статистика. Кризисы – это чрезвычайные события, которые происходят редко, хотя и с экстраординарными последствиями. Таким образом, редкие катастрофические события полностью не имеют статистической выборки и не укладываются в рамки какой-либо модели. Даже появление "terra" суперкомпьютеров качественно не меняет этого фундаментального ограничения.

Несмотря на эти ограничения, я полагаю, что прогресс науки и ее мультидисциплинарных направлений подготовил почву для концентрации усилий в направлении предсказания поведения сложных систем. В частности, возможны новые подходы для моделирования и предсказания некоторых катастрофических событий или "разрывов", то есть внезапных переходов от неподвижного состояния к кризису или катастрофическому событию [393]. Такие "разрывы" подразумевают взаимодействия между структурами на множестве различных масштабов. В настоящей книге, я применяю эти идеи к одному из наиболее драматических событий в социальных науках – к финансовым крахам. Подход, описанный в этой книге, объединяет идеи и инструменты математики, физики, инженерии и социальных наук

для того, чтобы идентифицировать и классифицировать возможные универсальные структуры, которые проявляются на различных масштабах и развивать определенные прикладные методики использования этих структур для предсказания финансовых "кризисов". Специальный интерес вызывает обнаружение и изучение процессов-"предвестников" перед финансовыми крахами или коррекций "финансовых пузырей" на рынке акций.

Для этой цели, я опишу новый набор вычислительных методов, которые способны искать и сравнивать модели, на разных масштабах в иерархических системах. Я буду использовать эти модели для улучшения понимания динамического состояния до и после финансового краха и улучшения статистического моделирования социальных иерархических систем с целью развития надежных навыков прогноза для таких крупномасштабных финансовых крахов.

Возможно ли предсказание? Рабочая гипотеза

С минимумом на уровне 3227 17 апреля 2000, что интерпретировалось как конец "краха", индекс NASDAQ-композит потерял за пять недель 37% от своего небывалого максимума в 5133 пунктов, достигнутого 10 марта 2000. Это крушение не сопровождалось восстановлением, как было в случае краха Октября 1987. Во время написания книги, индекс NASDAQ-композит достиг дна на уровне 1395.8 21 сентября 2001, несколькими последовательно опускающимися волнами. NASDAQ-композит состоит главным образом из акций, связанных с, так называемой "Новой Экономикой", то есть Интернетом, программным обеспечением, компьютерными аппаратными средствами, телекоммуникациями и подобными секторами. Главная характеристика этих компаний – их коэффициенты цена/доход (P/E), и даже более, их коэффициенты цена/дивиденды, часто имеют трехзначные цифры. Некоторые активы, типа VA LINUX, фактически имеют *отрицательный* доход на акцию (earnings/share) (-1368). И все же они торгуются на уровне 40 \$ за акцию, что близко к цене акции Форда в начале марта 2000. В отличие от них, так называемые компании "Старой Экономки", типа Форда, "Дженерал Моторс" или DaimlerChrysler, имеют P/E около 10. Различие между акциями Старой Экономки и Новой Экономки, таким образом, это ожидание *будущего дохода*, как показано в [282] (см. также [395] о новом взгляде относительно спекулятивного ценообразования): инвесторы ожидают, например, огромное увеличение в продажах интернетовских и связанных с компьютером продуктов скорее, чем автомобилей и, следовательно, больше желают вкладывать капитал в Cisco, чем в Форд, несмотря на тот факт, что доход на акцию последнего является намного большим, чем у предыдущего. За примерно одинаковую цену (приблизительно 60 \$ для Cisco и 55 \$ для Форда) акции, доход на акцию в 1999 у Cisco был 0.37 \$, по сравнению с 6.00\$ для Форда. Вблизи своего максимума 14 апреля 2000, Cisco имела полную рыночную капитализацию 395 миллиардов долларов по сравнению с 63 миллиардами для Форда. С тех пор Cisco достигала дна на уровне, приблизительно, 11\$ в сентябре 2001 и торговалась в пределах 20\$ в конце 2001.

В стандартной фундаментальной формуле оценки, в которой ожидаемый доход компании является суммой дивидендного дохода и скорости роста, компании

Новой Экономки, как предполагается, компенсируют недостаток своего существующего дохода фантастическим потенциальным ростом. В сущности, это означает, что бычий тренд, наблюдавшийся на рынке NASDAQ в 1997-2000 подпитывался ожиданиями роста будущего дохода скорее, чем фундаментальными экономическими параметрами: коэффициент цена/дивиденд для компании типа Lucent Technologies (LU) с капитализацией в 300 миллиардов долларов до ее краха 5 января 2000 (см. Рис. 8) – превышал 900, что означает, что вы получаете более высокий доход на вашем сберегательном банковском счете(!), если только цена акции не увеличивается. В то же время, компания Старой Экономки типа DaimlerChrysler дает доход, который в 30 раз выше. Однако, акции Lucent Technologies повысились больше, чем на 40% в течение 1999, в то время как акции DaimlerChrysler понизились больше, чем на 40 % в том же самом периоде. Недавние крахи IBM, LU и Procter&Gamble (P&G), показанные на Рис. 8 – Рис. 10, демонстрируют потери эквивалентные национальному бюджету многих стран! И это обычно приписывается "свойственным бизнесу" ("business-as-usual") корпоративному заявлению о слегка пересмотренном "меньшем, чем предполагавшийся" (smaller-than-expected) размере дохода!

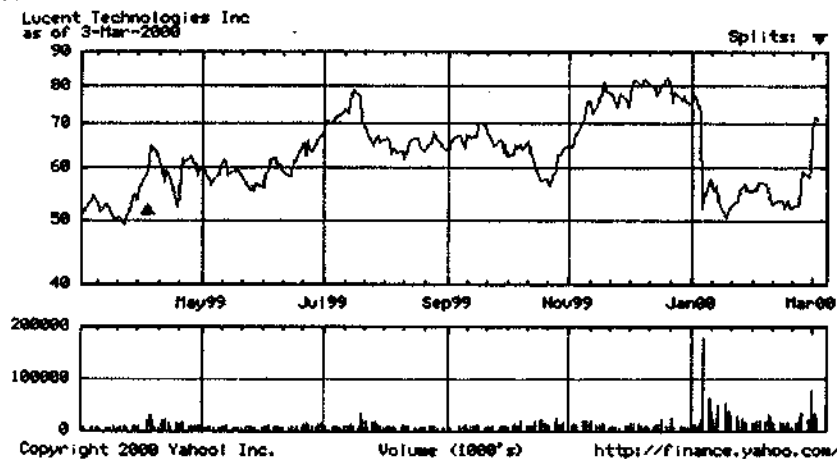


Рис. 8. Верхняя панель: временной ряд ежедневных цен закрытия и объема акции Lucent Technology в течение одного года вокруг большого падения 6 января 2000. Время крушения ясно видно, как совпадение с максимумом по объему (нижняя панель). Источник <http://finance.yahoo.com/>.

Эти соображения предполагают, что *ожидание* будущего дохода (и его восприятие другими) больше, чем существующая экономическая действительность является побуждающим фактором для среднего инвестора. Раздутая цена может оказаться спекулятивным пузырем, если ожидания роста нереалистичны (что, конечно, легко сказать постфактум, но неочевидно на пике спекулятивной активности!). Как уже говорилось, история обеспечивает много примеров пузырей, которыми управляют нереалистичные ожидания будущего дохода, и заканчивающихся крахами [454].

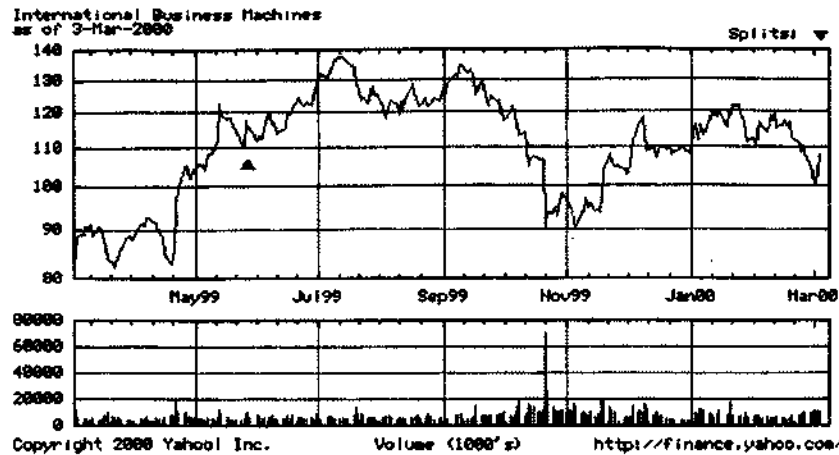


Рис. 9. Верхняя панель: временной ряд ежедневных цен закрытия и объема акции IBM в течение одного года вокруг большого падения 21 октября 1999. Время крушения ясно видно как совпадение с пиком объема (нижняя панель). Источник <http://finance.yahoo.com/>.

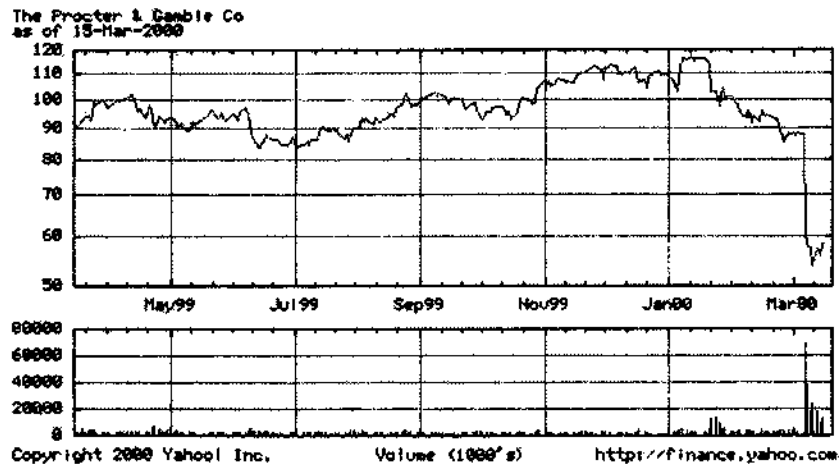


Рис. 10. Верхняя панель: временной ряд ежедневных цен закрытия и объема акции Procter & Gamble в течение одного года вокруг большого падения 7 марта 2000. Время крушения ясно видно, как совпадение с максимумом по объему (нижняя панель). Источник на <http://finance.yahoo.com/>.

Постоянно наблюдаются те же самые основные компоненты: подпитанные первоначально рационально-обоснованными экономическими фундаментальными параметрами, инвесторы выражают самовозбуждаемый и самоподдерживающийся энтузиазм за счет процесса подражания или поведения толпы, что ведет к созданию "воздушных замков", если перефразировать Буртона Малкиела [282]. Причины крахов американских рынков в октябре 1929, октябре 1987, августе 1998,

и апреле 2000 принадлежат той же самой категории, различие, проявляется главным образом сектором, в котором пузырь был создан. В 1929, это были предприятия коммунального обслуживания; в 1987, пузырь поддерживался общей отменой госконтроля за рынками, с множеством новых частных инвесторов, пришедших на рынок с очень высокими ожиданиями о прибыли, которую они могут сделать; в 1998, это было огромное ожидание инвестиционных возможностей в России, которое не оправдалось. До начала 2000, это были чрезвычайно высокие ожидания от Интернета, телекоммуникаций и других подобных секторов, которые подпитывали пузырь. IPO (initial public offerings – первоначальное публичное предложение) многих Интернетных и программистских компаний сопровождалось полным безумием, когда цена акций подскакивала в течение первых часов торговли. Превосходный пример – VA LINUX SYSTEMS, чья IPO-цена в 30\$ увеличилась на рекордные 697%, чтобы закрыться по 239.25 \$ в день открытия 9 декабря 1999, чтобы уменьшится до 28.94\$ 14 апреля 2000.

Основываясь на знании реальных фактов, имевших место на биржевом рынке, я выдвинул гипотезу в том, что крахи финансовых рынков вызваны медленным ростом крупномасштабных корреляций (длиннолаговых корреляций), ведущих к глобальному кооперативному поведению рынка что, в конечном счете, заканчивается крахом в очень коротком, критически малом интервале времени. Слово "критический" используется здесь не в буквальном смысле: в математических терминах, сложные динамические системы могут проходить через, так называемые, критические точки, определяемые как взрыв в бесконечность обычно хорошо себя ведущего параметра или характеристики. Фактически можно констатировать, что чем дальше развиваются теория нелинейных динамических систем, тем с большим основанием мы можем утверждать, что существование критических точек скорее правило, чем исключение. Учитывая высокую социальную значимость крахов финансовых рынков, необходимо ответить на вопрос, о наличии связи между ними и критическими точками.

- Наше ключевое предположение заключается в том, что крах может быть вызван *локальной* самоусиливающейся подражательной активностью среди трейдеров. Этот процесс самоусиливающегося подражания ведет к росту пузыря. Если тенденция трейдеров "имитировать" и подражать своим "друзьям" увеличивается до некоторой точки, называемой "критической" точкой, в которой множество трейдеров могут размещать одинаковые ордера (например, на продажу) в то же самое время, что вызывает крах. Взаимодействие между прогрессивным возрастанием подражания и вездесущностью шума требует вероятностного описания: крах – это не однозначный результат пузыря, он может быть охарактеризован своей нормой опасности, то есть вероятностью в единицу времени, что крах случится в следующий момент, если это еще не произошло.
- Так как крах не является некоторым определенным детерминированным результатом процесса раздувания финансового "пузыря", для инвесторов остается разумным оставаться на рынке, если более высокая норма роста "пузыря" компенсирует им риск крушения, потому что существует конечная и отличная от нуля вероятность "мягкой посадки", то есть достижения

окончания пузыря без краха.

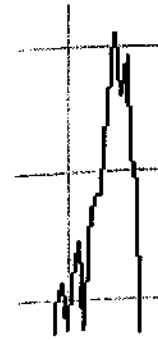
В ряде исследовательских статей, написанных в сотрудничестве с несколькими коллегами и, главным образом, с Андерсом Йохансеном, мы продемонстрировали обширные доказательства того факта, что рост "пузырей" проявляется, как полное супер-экспоненциальное степенное ускорение цены с логопериодическими предвестниками. Это концепция связана с фракталами, как станет ясно позже из последующего изложения (см. главу 6). Обсуждая нашу концепцию в данной работе, мы задаемся следующими вопросами: Почему и как возникают эти предвестники? Что они означают? Что они могут дать для предсказания?

Мои коллеги и я утверждаем, что есть некоторый набор прогнозирующих навыков, основанных на этих моделях, которые уже использовались практически и были исследованы нами так же, как и многими другими академическими учеными и, наверное, больше всего, практикующими трейдерами. Доказательства, которые я предлагаю в обоснование правоты своей гипотезы, следуют из результатов анализа многих крахов, включая

- крах Уолл-Стрит в октябре 1929, мировой крах октября 1987, Гонконгское крушение октября 1987, крах августа 1998 и крушение Nasdaq в апреле 2000;
- событие валютного рынка 1985 года с долларом США и коррекция доллара США против Канадского доллара и Японской иены, начиная с августа 1998;
- Пузырь на Российском рынке и его коллапс в 1997-98;
- 22 существенных "пузыря", сопровождаемые большими крахами или серьезными коррекциями рынков в Аргентине, Бразилии, Чили, Мексике, Перу, Венесуэле, Гонконге, Индонезии, Корее, Малайзии, Филиппинах.

Во всех этих случаях, было обнаружено, что, с очень немногими исключениями, логопериодические степенные законы адекватно описывают спекулятивные пузыри как на Западных рынках так спекулятивные "пузыри" на развивающихся рынках.

Несмотря на разительные отличия в эпохах и контекстах, я покажу, что эти финансовые крахи имеют общие причины и аналогичную структуру. Объяснение для этого довольно удивительного результата, вероятно, заключено в том факте, что люди имеют, в основном, те же самые эмоциональные и рациональные качества в двадцать первом столетии, какие они имели и в семнадцатом веке (или в любой другой эпохе). Люди, по существу, руководствуются в своих действиях, по крайней мере, каплей жадности или страха в своих поисках благосостояния. "Универсальные" структуры, которые я собираюсь раскрыть и описать в этой книге, можно понимать, как устойчивые свойства стадии становления рынка, проистекающие из некоторых характерных "правил" взаимодействия между инвесторами. Эти взаимодействия могут меняться в деталях благодаря, например, компьютерам и электронным коммуникациям. Но они не изменились на качественном уровне. Как мы увидим, теория сложных систем позволяет нам объяснить эту устойчивость.



Глава №2

Фундамент финансовых рынков

Несмотря на драматизм, всегда сопровождающий крахи на финансовых рынках, существует все возрастающее количество теоретических работ, рассматривающих крахи как составную часть обычных ежедневных изменений цены. Эти работы теоретически основываются на некоторых областях теории сложных систем, которые позволяют утверждать, что в вариациях рыночных цен акций не существует характерных масштабов [287]. В силу этого можно утверждать, что значительные падения цен (называемые крахами) – ничто, по сравнению с малыми вариациями цен отрицательного знака, которые, к сожалению происходят постоянно [26].

Имеет смысл рассмотреть и исследовать обычные, без резких изменений, дни ценовой динамики, поскольку, согласно этой точке зрения, крахи, относятся к тому же семейству динамического поведения, что и коррекции к состоянию равновесия. Рассмотрение и исследование такой динамики демонстрирует непредсказуемость крахов, поскольку их образование не отличается от зарождения обычных ценовых движений, в которых амплитуда малых колебаний цен, очевидно, тоже не может быть предсказана.

В главе №3 мы проверим в деталях, выполняется ли это предположение для большого количества крахов. В частности, мы представим обоснованное доказательство того, что серьезные крахи, входящие в ценовые ряды, на самом деле не принадлежат к этому множеству (обычных ценовых движений): они являются выбросами.

Такая интерпретация ведет к новому пониманию и толкованию изучаемой динамики цен и позволяет сделать предположение, что возможна предсказуемость таких процессов. Для того, чтобы понять и принять такое неожиданное и необычное заключение, мы должны напомнить некоторые базовые факты, касающихся распределения цен или изменений цен (часто называемых частотой распределения) и их соответствующей корреляции. В заключение, мы сначала представим стандартный взгляд на изменения цены и доходности на рынке акций. Простая игровая модель проиллюстрирует, почему арбитражные возможности (возможность получить "бесплатный обед"), обычно, вымываются интеллектуальными инвестициями информированных трейдеров, приводя к концепции эффективного рынка акций. Далее, в следующей главе, мы протестируем эту концепцию в следующей главе путем исследования вероятностного распределения падений или просадок (drowdowns), которые приводят к потерям в течение нескольких дней подряд, демонстрируя справедливость тезиса о том, что большие падения (крахи), быстрые или медленные, принадлежат своему собственному классу событий во временном ряду.

Базовые сведения

Траектории цены

Цены на рынке акций демонстрируют изменчивость на всех временных масштабах. Для разных временных масштабов, от мгновений до веков, цены демонстрируют свою собственную сложную динамику. Минимальное приращение цены, называемое тиком, представляет собой приращение цены от предыдущей к последующей сделке, разделяемые для большинства акций на активном рынке, как правило, несколькими секундами или ещё меньше. Минимальный тик – это наименьшее приращение цены, по которому может котироваться цена акции. На Рис. 11 представлена помесечная котировка рыночного индекса Доу-Джонса в интервале от 1790 до 2000. Наибольший крах в октябре 1929 года, предшествовавший великой депрессии – вот наиболее значительное событие на представленном графике. Контрастирует с ним, на рассматриваемом долговременном масштабе, крах в октябре 1987 года, который представляется лишь как малый внезапный "откат" между двумя вертикальными линиями.

Что представляет собой промышленный индекс Доу-Джонса (Dow Jones Industrial Average, DJIA). DJIA представляет собой индекс, построенный на основе цен акций 30 американских компаний, представляющих собой "голубые фишки". Это наиболее старый рыночный индекс американского фондового рынка. Часто к его названию бывает добавлено определение "средний", потому что он фактически вычисляется сложением цен акций этих компаний и делением на число акций (первое усреднение цен промышленных акций в 26 мая 1896 года имело значение 40.94) и должен идеально представлять состояние экономики. Методология его вычисления остается той же самой, что и в момент его появления, но знаменатель изменен для сохранения исторической преемственности. Редакторы журнала Wall Street Journal выбирают отраслевые компоненты для усреднения, чтобы наилучшим образом представить существующий промышленный спектр. Наиболее значительные изменения компонент DJIA произошли в понедельник 1 ноября 1999 года. Тогда акции компаний Home Depot Inc., Intel Inc., Microsoft Corp., SBC Communications заменили бумаги компаний Union Carbide Corp. (находившуюся в индексе с 1928 года), Goodyear Tire & Rubber Co. (находившуюся в индексе с 1930 года), Sears, Roebuck & Co. (находившуюся в индексе с 1924 года) и Chevron (находившуюся в индексе с 1984 года). Предыдущие изменения произошли 7 марта 1997 года, когда Hewlett-Packard, Jonsen & Jonsen, Traveller's Group (сегодня Citigroup) и Wal-Mart Stores заменили, соответственно, Woolworth, Westinghouse Electric, Texaco and Bethlehem Steel. Текущие компоненты рыночного индекса Доу-Джонса можно посмотреть на странице C3 секции Money and Investment журнала Wall

Street Journal. См. также <http://averages.DowJones.com/about.html>. Обратная экстраполяция рыночного индекса Доу-Джонса, представленная на Рис. 11 до 1896 продлена до 1790 года исследователями Фонда изучения циклов [138].

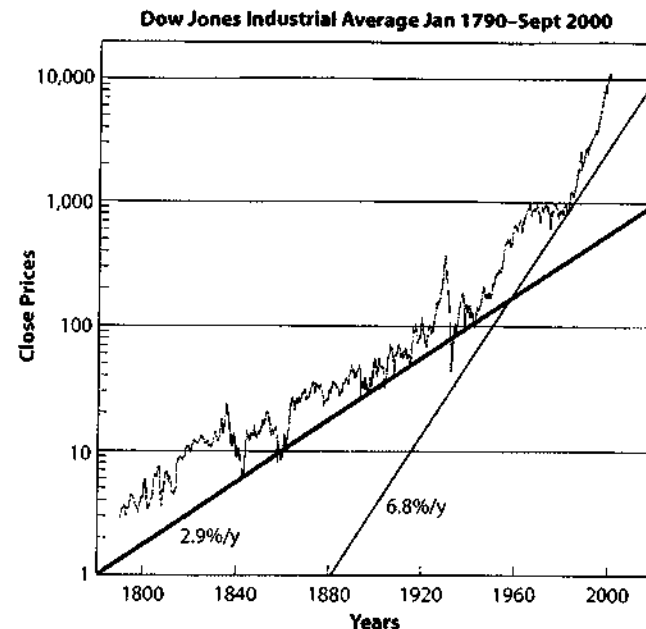


Рис. 11. Месячные котировки DJIA обратно экстраполированы от сентября 2000 года до января 1790 года. На вертикальной оси используется логарифмическая шкала, так что умножение на константу, например 10, соответствует добавлению на графике фиксированной константы. Математически, это означает переход от умножения к сложению и обеспечивает графическое сравнение графиков цен, когда они изменялись в разных пределах, различающихся в тысячи раз (в нашем случае от значения 3 в 1790 году до значений, больших 10000 в 2000). Толстая (и, соответственно, тонкая) непрерывные линии соответствуют экспоненциальному росту первоначальных инвестиций в \$1 в 1790 г. (тонкая – в 1880 г.) с годовой нормой дохода около 2.9% (тонкая – 6.8%), которые превратились бы в \$1000 (соответственно, \$10000) в 2020 г.

Толстая линия на Рис. 11 соответствует экспоненциальному росту первоначальных инвестиций в \$1 доллар, инвестированный в 1780 году с годовой нормой дохода около 2.9%, которая увеличивает сумму до \$1000 в 2020 году. Тонкая линия соответствует экспоненциальному росту первоначальных инвестиций \$1 доллара, инвестированного с годовой доходностью 6.8%, которая увеличивает его до \$10000 в 2020 г. Обе эти линии представляют графическое изображение сложного процента! Их сравнение, наводит на мысль об увеличении нормы доходности по DJIA в настоящее время, которая была около 3% между 1780 и 1930 годами, а затем выросла до 7% в год. Но даже это представление не совсем адекватно для описания поведения DJIA – реальный рост индекса DJIA сильнее, чем представленный толстой линией и, по-видимому, ускоряется по мере

роста (в конце книги, в главе 10 мы предложим некоторое объяснение данного факта, которое можно вывести из этого наблюдения).

На Рис. 12 представлены дневные цены закрытия DJIA со 2 января 1980 года до 31 декабря 1987 года. Это период времени соответствует увеличению интервала, заключенного между двумя почти вертикальными линиями на Рис. 11. Хотя Рис. 12 показывает лишь 8 из 210 лет ценовой динамики, представленной на Рис. 11, оба рисунка необычайно похожи. Однако, необходимо сделать некоторые замечания, поскольку временные шкалы, используемые на этих рисунках различны (логарифмическая шкала по оси ординат на Рис. 11 и линейная шкала Рис. 12). Мы выполним в главах №7 и №10 детальное сравнение информации, наглядно представляемой графиками на этих двух рисунках.

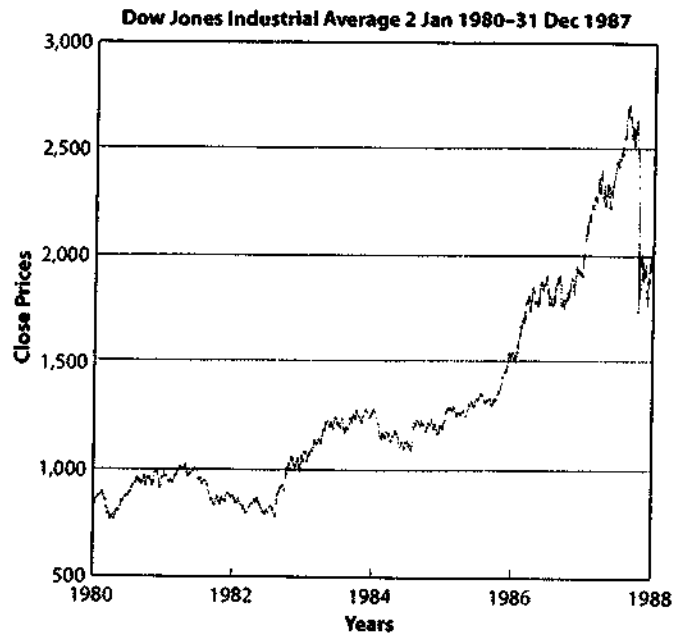


Рис. 12. Ежедневные цены DJIA со 2 января 1980 года по 31 декабря 1987 года. Этот период времени соответствует увеличению интервала, заключенного между двумя почти вертикальными линиями на Рис. 11.

Траектории приращений цены

На Рис. 13, Рис. 14 и Рис. 15 представлены три серии приращений доходности вместо изменений самой цены для трех различных временных шкал: минутные интервалы всего полного торгового дня, дневные интервалы за 8 лет торговли и месячные интервалы за более, чем два столетия торговли. Для сравнения приведен Рис. 16, который был получен случайным подбрасыванием монеты, то есть случайным выбором положительного или отрицательного

приращения, с вероятностью, описываемой нормальным распределением Гаусса со стандартной амплитудой приращения (стандартным отклонением) равной 1%. Заметим, что реальные доходности демонстрируют значительно большую вариабельность и группировку приращений по сравнению с искусственными временными рядами.

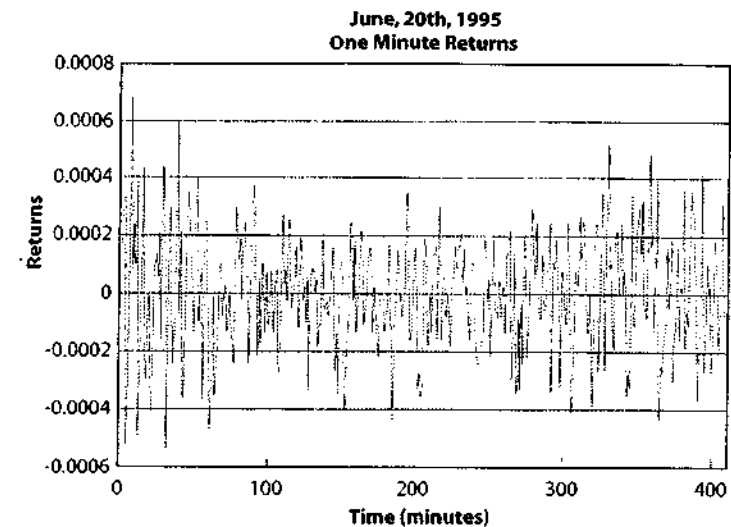


Рис. 13. Минутные приращения на индекс S&P500 20 июня 1995 года, подтверждающие высокую стохастическую природу динамики цены. Типичная амплитуда приращения выше в самом начале дня, когда трейдеры выставляют ордера и обнаруживают динамику (настроение?) цены. Изменения проходят через уменьшение в середине дня и увеличиваются снова к концу дня, когда выполняются действия в соответствии с торговыми стратегиями на момент закрытия торговой сессии.

Что такое доходность? Если у вас есть средства и вы инвестируете сегодня 100 единиц с 5% годовой ставкой, то они увеличиваются до 105 через год, так как $(105-100)/100=5\%$. Следовательно, годовая доходность эквивалентна 5%, то есть, равна годовой процентной ставке. В более общем случае, доходность какого либо актива, цена которого изменилась от $p(t)$ в момент времени t до $p(t+dt)$ на момент $t+dt$ равна $(p(t+dt) - p(t)) / p(t)$. Если учитывать ставку сложного процента, то мы заменяем выражение $(p(t+dt) - p(t)) / p(t)$ на, так называемое, выражение логарифмической доходности $\ln[p(t+dt)/p(t)]$. В предыдущем примере $(p(t+dt) - p(t)) / p(t) = 5\%$, приводится к $\ln[p(t+dt) / p(t)] = \ln[105/100]=4.88\%$. Заметим, что два подхода в определении доходности дают, ориентировочно, одинаковый результат (5% в сравнении с 4.88%), но в то же время не тот же самый результат: логарифмическая доходность меньше, поскольку вам требуется меньшая доходность, чтобы получить тот же самый капитал к концу инвестиционного периода, если полученная прибыль постоянно реинвестируется, например, ежегодно. Проще говоря,

проценты генерируют проценты, которые снова генерируют проценты и т.д.

Удивительно, насколько случайность и детерминированность, выраженная в определенных образах, содержащихся в ценовых рядах, кажутся мирно уживающимися в этих временных рядах. На Рис. 13, Рис. 14 и Рис. 15 представлена иллюстрация всепроникающей изменчивости цен на всех временных шкалах. Эти изменения являются колебаниями рынка акций, возникающими в результате действий множества инвесторов.

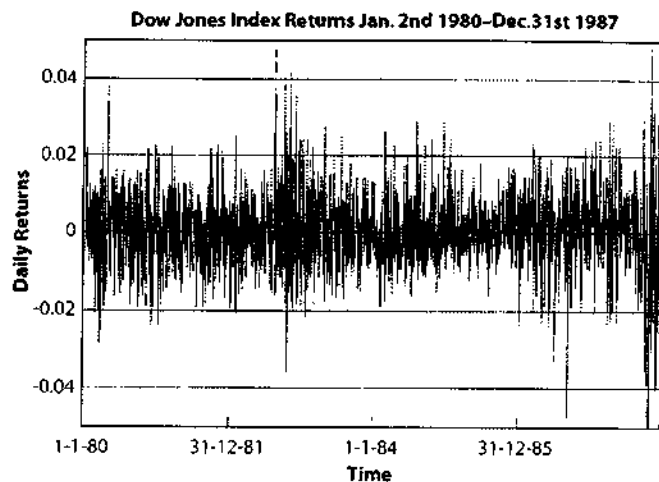


Рис. 14. Дневные приращения DJIA со 2 января 1980 года до 31 декабря 1987 года. Нарастающая сумма этих рядов приблизительно дает траекторию цены, представленную на Рис. 12. Следует отметить высокие приращения, положительные и отрицательные, связанные с крахом 1987. Наибольшее отрицательное приращение (крах) равно -22.6% и отмечено 19 октября 1987. Наибольшее положительное приращение (отскок после краха) достигло $+9.7\%$, 21 октября 1987. Оба – полностью вне масштаба.

Они встречаются повсеместно в нашей жизни, демонстрируя прекрасные черты случайных движения и подтверждая сложность окружающего нас мира. Они же определяют будущий доход или потери от наших инвестиций. Ценовая динамика, представленная на Рис. 11 и Рис. 12 так же, как и динамика приращений цен, показанная на Рис. 13, Рис. 14 и Рис. 15 имеют и эстетическую, и почти мистическую привлекательность, демонстрируя хрупкий баланс между случайностью и очевидным порядком. Многие виды структур, наблюдаемых в динамике цен акций, такие как тренды, циклы, бумы и взрывы, были объектами очень обширного анализа, проведенного как социологами, так и исследователями в финансовой области. Такие же исследования проводились профессиональными аналитиками и трейдерами. Работа последней категории исследователей ценовых движений – трейдеров - привела к фантастическому лексикону созданных ими моделей с красочными

названиями типа "голова и плечи", "двойное дно", "линии повешенного человека", "утренняя звезда", "волны Эллиотта" и так далее (см., например, [316]).

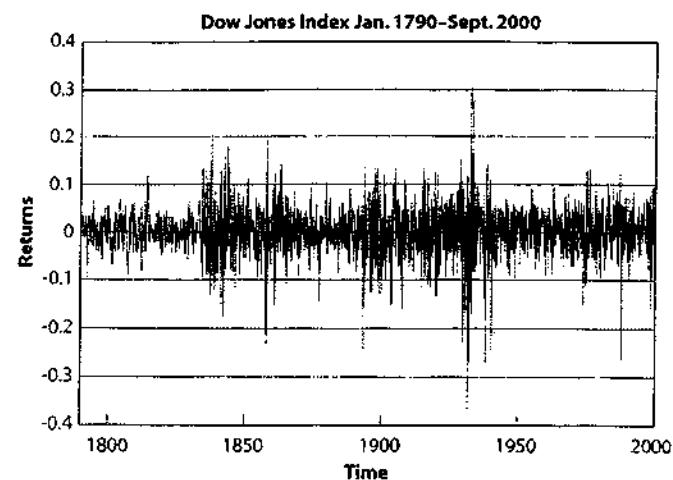


Рис. 15. Ежемесячное приращение DJIA с января 1790 до сентября 2000. Нарастающая сумма этого ряда приблизительно дает ценовую траекторию, показанную на Рис. 11. Обратите внимание на большие приращения, и положительные, и отрицательные, связанные с крахами октября 1929 и октября 1987.

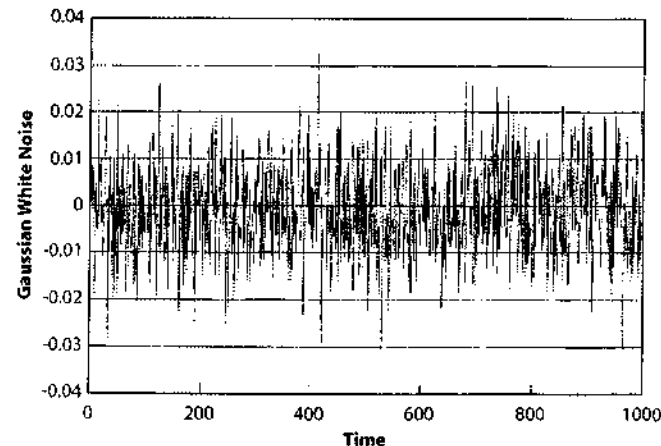


Рис. 16. Гауссовский белый шум со стандартным отклонением 1%, сконструированный с использованием генератора случайных чисел. Нарастающая сумма этих чисел определяет случайные блуждания, как сказано в тексте (см. Рис. 19).

Инвестиции на рынке акций основаны на весьма простом правиле: если вы ожидаете, что рынок повысится в будущем, вы должны покупать (это называется открытием "длинной" позиции на рынке) и держать акцию до тех

пор, пока вы не будете ожидать изменения направления тренда на противоположное; если вы ожидаете, что рынок "пойдет" вниз, вы должны оставаться вне него, продавая акции, если можете (это называется "короткой" позицией), например, взяв их в займы и сразу же продав их по текущей цене и выкупив эти же акции по меньшей цене в будущем для возврата долга. Правда, предсказывать будущие направления движения цен рынка акций очень трудно, даже если мы рассматриваем временные масштабы порядка десятилетий. При таком выборе временного масштаба можно надеяться на незначительное влияние "шума" на движения цен. В качестве иллюстрации истинности данного утверждения можно привести широко цитируемый "факт", что в Соединенных Штатах не было ни одного тридцатилетнего периода, когда акции уступали в доходности облигациям. При более внимательном рассмотрении оказывается, что этот "факт" не выполняется для периода с 1831 до 1861 [378]. Если выбрать десяти- или двадцатилетние периоды, то выводы еще более расплывчаты и не находятся экспериментальных свидетельств о том, что акции всегда выигрывают у облигаций на больших временных масштабах [375]. Смысл сравнения акций и облигаций заключается в том, что облигации являются, так называемыми инструментами с фиксированным доходом и гарантируют капитал (в номинальной валюте, но не в реальной стоимости, если есть инфляция), наподобие фиксированной доходности рынка. Облигации, таким образом, обеспечивают, своего рода, якорь или эталонный тест для сравнения с высоко волатильными акциями.

Распределения и корреляция приращений

Понимание механизма изменения цен представляется весьма полезным для принятия решения о том, что делать; покупать или продавать актив. Такое знание дает понимание того, куда пойдут цены – вверх или вниз и в какой момент времени. В более общем смысле – какие характеристики ряда приращений цен могут помочь нам для улучшения качества прогноза их будущего поведения? Среди множества разных характеристик ряда ценовой динамики, привлекают внимание две характеристики: распределение ценовых приращений и корреляция между последовательными ценовыми приращениями.

Рис. 17 показывает распределение дневных приращений стоимости индексов Доу-Джонса и NASDAQ за период с 2 января 1990г. по 29 сентября 2000г. По ординате расположено частота появления приращения конкретной величины, большего или равного значению приращения цены, отложенному на оси абсцисс. Например, из Рис. 17 видно, что пять отрицательных и пять положительных дневных приращений для DJIA были больше или равны 4%. Для сравнения, пятнадцать отрицательных и двадцать положительных приращений с доходностью большей или равной 4% встречаются для индекса NASDAQ. Большие флуктуации доходности для Насдак'а по сравнению с индексом Доу-Джонса выражаются количественно, так называемой волатильностью, равной 1.6% для положительных (соответственно, отрицательных – 1.4%) приращений временного ряда для индекса Доу-Джонса и 2.5% для положительных (соответственно, 2% для отрицательных) приращений

для временного ряда индекса NASDAQ. Линии, изображенные на Рис. 17, представляют данные в, так называемом, экспоненциальном виде. Выпуклость, сформированная данными дневных приращений Nasdaq иллюстрирует, так называемую, растянутую экспоненциальную модель [253], которая подтверждает тот факт, что хвост распределения является "толстым". Этот термин означает, что существует более высокий риск больших потерь (так же как и прибылей) при торговых операциях с NASDAQ в сравнении с аналогичными сделками с DJIA.

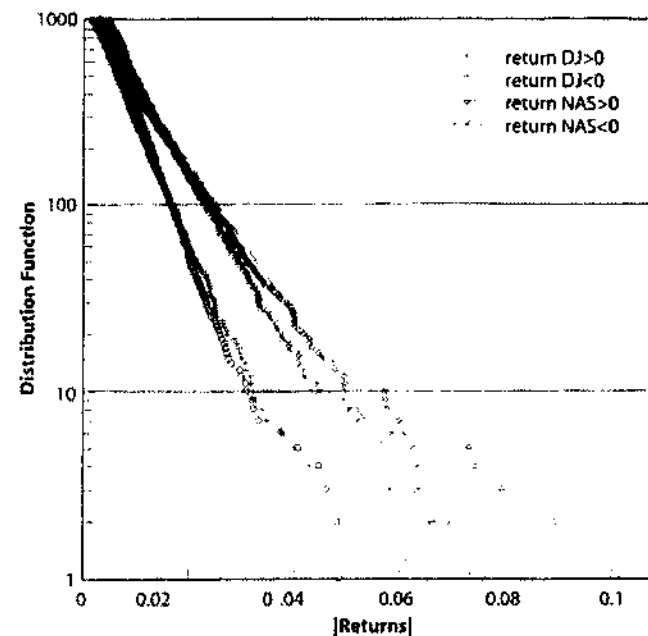


Рис. 17. Распределение дневных приращений индексов Доу-Джонса и NASDAQ за период с 2 января 1990г. по 29 сентября 2000г. Распределения, представленные на графике, показывают, по определению, количество раз, когда приращение было больше или равно заданному значению приращения, находящемуся на оси абсцисс в наблюдаемый период времени с 2 января 1990г. до 29 сентября 2000г. Таким образом, это распределение измеряет относительную частоту различных наблюдаемых за анализируемый период приращений. Линии соответствуют моделям, обсуждаемым в тексте.

Что представляет собой NASDAQ? В 1961 году для улучшения регулирования в индустрии ценных бумаг и фондового рынка, Конгресс США заказал Комиссии по ценным бумагам и фондовому рынку (SEC) специальное исследование по всем рынкам ценных бумаг. В 1963 году SEC закончила исследование, в котором охарактеризовала внебиржевой рынок ценных бумаг OTC (over-the-counter), как фрагментарный и непрозрачный. SEC предложила решение – автоматизацию – затраты по реализации которой возложила на NASD (Национальную Ассоциацию Дилеров ценных Бумаг). В 1968 году были начаты разработки по

созданию автоматизированной системы, позже получившей название NASDAQ (Автоматизированной системы котировок NASD). В 1971 году 8 февраля NASDAQ праздновала свой первый официальный торговый день. Это был первый день операций с применением автоматизированной системы котировок NASDAQ, которая отображала в то время в среднем около 2500 ценных бумаг, находящихся на OTC-рынке. В 1990 году NASDAQ формально изменила свое название на Рынок ценных бумаг NASDAQ (Nasdaq Stock Market). В 1994 году Рынок ценных бумаг NASDAQ превзошел годовой оборот Нью-йоркской фондовой биржи. В 1998 году слиянием между NASD и AMEX создана группа Nasdaq-AMEX Market-Group.

График корреляционной функции для минутных приращений индекса S&P500 на основе ценовой динамики этого индекса 20 июня 1995 года представлен на Рис. 13. Корреляционная функция с временным лагом τ , есть не что иное, как статистическая мера силы связи, с которой текущие изменения цены связаны с аналогичными приращениями цены на временном интервале τ в прошлом. Такая функция называется автокорреляционной функцией, так как характеризует "память" изучаемого процесса, то есть ту меру причинности (линейной) которая содержится во временном ряду. Говоря другими словами, эта функция определяет, может ли быть предсказано будущее исходя из информации, заключенной в прошлых значениях. Сумма всех корреляционных функций для всех возможных временных лагов (от 1 до бесконечности), прямо пропорциональна числу случаев, когда будущие приращения цен будут близки их текущим приращениям по причинам, отличным от чистой случайности. Корреляционная функция равная нулю для всех ненулевых временных лагов подразумевает тот факт, что приращения являются случайными, как в игре в кости. Корреляция равная 1 соответствует абсолютному совпадению, которое наблюдается только для ценовых приращений сравниваемых сами с собой. Необходимо заметить, что нулевая корреляционная функция, не полностью устраняет возможность предсказания цен в будущем, поскольку другие алгоритмы обнаружения взаимосвязи, в частности, использующие, по крайней мере, три приращения (соответствующие, так называемой, "нелинейной корреляции") возможно лучше улавливают ценовую динамику.

Однако, такую зависимость значительно труднее определить, исследовать и далее использовать (см. главу №3). Как видно из Рис. 18 корреляционная функция является ненулевой только на очень ограниченном интервале времени, обычно на протяжении нескольких минут. Это означает, что на интервале более чем несколько минут будущие ценовые изменения не могут быть спрогнозированы простой (линейной) экстраполяцией прошлого¹.

¹ Здесь автор делает очень сильное утверждение. Оно справедливо только для временных рядов с минутным разрешением. Временные ряды с другими временными масштабами будут характеризоваться другой зависимостью автокорреляционной функции от временного сдвига. Т.е. система обладает "различной памятью" на различных временных масштабах. (прим. науч. ред.)

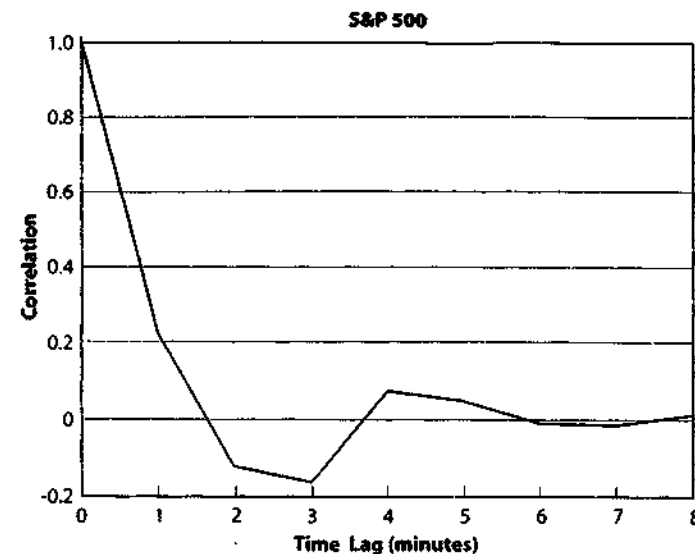


Рис. 18. Корреляционная функция приращений индекса S&P500 на минутной шкале для одного дня 20 июня 1995 года, график которого представлен на Рис. 13. Отметим резкое изменение корреляции до нуля в течение нескольких минут с незначительными осцилляциями. Этот график подтверждает, что в изменении цены существует постоянная составляющая, длящаяся немногим более одной минуты. После двух минут тенденция цены становится реверсивной с ярко выраженной антикорреляцией (отрицательной корреляцией) соответствующей некоторому развороту цены. На более продолжительном интервале корреляция неотличима от шума.

Торговые стратегии на основе корреляции. Причина, по которой на большинстве ликвидных рынков акций и рынках валют корреляция приращений цен чрезвычайно мала в том, что любая значительная корреляция приведет к арбитражным процессам, которые восстановят первоначальное некоррелированное состояние. Действительно, причина отсутствия корреляции между изменениями цен на ликвидных рынках может быть понята на основе следующих простых вычислений [50, 348]. Рассмотрим приращение цены r , возникающее в момент времени t и изменение r' , возникающее в более поздний момент времени t' , где t и t' рассматриваются как, например, 5 минутные интервалы. Значения r и r' могут быть разложены на постоянную и переменную части. Мы заинтересованы в определении корреляции $C(t, t')$ между неопределенной переменной частью, определяемой как среднее от произведения переменной части r и r' , нормализованное по волатильности изменений, так что $C(t, t=t) = 1$ (абсолютная корреляция r с самой собой). Простые математические вычисления показывают, что наилучший линейный прогноз $m(t)$ для изменений в момент времени t при известной истории $r_{t-1}, r_{t-2}, \dots, r_t, \dots$

представляется формулой

$$m_i \equiv \frac{1}{B(t,t)} \sum_{i < t} B(i,t) r_i, \quad (1)$$

Где каждое $B(i,t)$ представляет собой фактор, выраженный в терминах корреляционного коэффициента $C(t',t)$ и, обычно, называется коэффициентом (i,t) инверсной корреляционной матрицы. Формула (1) выражает тот факт, что каждое прошлое изменение r_i влияет на будущее изменение r_t пропорционально величине этого изменения и коэффициенту $B(i,t)/B(t,t)$, который не равен нулю только, если существует ненулевая корреляция между моментами времени i и t . С помощью формулы (1) мы получаем наилучший линейный прогноз, в том смысле, что мы можем минимизировать ошибку в предсказании (минимизация вариации). Принимая на вооружение эту линейную модель, можно получить мощную торговую стратегию: покупать, если $m_t > 0$ (ожидаемый рост будущих цен) и продавая, если $m_t < 0$ (ожидаемое падение будущих цен).

Рассмотрим предельный случай, когда $B(t,t)$ и $B(t,t-1)$ не равны нулю и ожидаемое время между транзакциями приблизительно равно исследуемым интервалам корреляции, в нашем случае – 5 минут. Смысл состоит в том, что вы не хотите торговать слишком часто, в противном случае придется оплатить слишком значительные транзакционные издержки. Средняя доходность в пределах единичного временного интервала корреляции, которую вы можете получить, используя эту стратегию, при условии, что исполнение ордера осуществится именно в этом 5 минутном интервале, равна 0.03% (чтобы учесть ошибки предсказания, мы используем более консервативную оценку, чем масштаб 0.04% на 1 минуту, использованный ранее). В течение дня это дает средний выигрыш 0.59%, что в год составит 435% с реинвестированием или 150% без реинвестиций. Такая малая корреляция приводит к существенному доходу, если не учитывать транзакционные издержки и не существует эффекта проскальзывания (проскальзывание возникает в результате того факта, что рыночные ордера не всегда выполняются по цене, указанной в ордере, вследствие ограниченной ликвидности рынков и времени, требуемого для исполнения ордера). Ясно, что даже малые транзакционные издержки, как в нашем случае, 0.03% или \$3 на \$10000 инвестиций, достаточны, чтобы разрушить ожидаемую прибыль при трейдинге в соответствии с применяемой стратегией. Проблема состоит в том, что вы не можете торговать редко для того, чтобы снизить транзакционные затраты, потому что если вы это сделаете, то вы потеряете возможность прогноза на основе корреляции, работающую только внутри 5 минутного горизонта. Отсюда можно сделать следующий вывод, что разностной корреляции недостаточно для того, чтобы стратегия, описанная выше, была прибыльной, вследствие несовершенства рыночных условий. Другими словами, ликвидность и эффективность рынка управляют уровнем корреляции, что сравнимо с отсутствием ближайших арбитражных возможностей.

Гипотеза эффективного рынка и теория случайных блужданий

Подобного рода исследования проводились в течение длительного периода времени. Основы современной теории финансов заложены в тезисах докторской диссертации Луи Башелье (Bachelier), представленной в Париже в 1900г. и его последующих работах особенно в работах 1906 и 1913г.г. [25]. Для описания наблюдаемого хаотического движения цен акций он предположил, что траектория цены идентична случайному блужданию.

Случайные блуждания

Концепция случайных блужданий проста, но богата своими приложениями не только в финансах, но и в физике, и в описании естественных процессов. Бесспорно, это одна из наиболее важных фундаментальных концепций, как в современной физике, так и в современных финансах, как являющаяся основанием теории элементарных частиц, представляющих собой строительные блоки Вселенной, так и описывающая сложные процессы вокруг нас. В простейшей вы бросаете монету, в результате чего двигаетесь вверх, если выпал "орел" или вниз – если выпала "решка". Где вы окажетесь после множественного повторения таких подбрасываний? Ответ на поставленный вопрос многозначен: в среднем вы остаетесь в той же самой позиции, так как среднее от одного шага вверх и одного шага вниз эквивалентно отсутствию какого-либо движения. Однако, ясно, что существуют флуктуации вокруг этого нулевого среднего значения, которые увеличиваются с увеличением числа подбрасываний. На Рис. 19 представлена траектория синтетически случайной рыночной цены, смоделированная компьютером, для определения конечного ценового сдвига в результате многократного изменения "цен". В данном случае, шаг или приращение имеет случайный "знак", а амплитуды приращений последовательных распределены согласно так называемому закону распределения Гаусса, графически изображаемого в виде хорошо известной колоколообразной кривой.

На глаз, очень сложно увидеть разницу между синтетической кривой и реальной кривой траектории цены, представленных, например, на Рис. 8 – Рис. 9, за исключением момента краха, ведущего к резкому падению цены или случая появления сильного рыночного тренда, как на Рис. 11 или Рис. 12. Это плохие новости с точки зрения инвестиционных задач: если изменения цены в действительности подобны случайному подбрасыванию монеты, то по-видимому, невозможно узнать какое направление цена будет иметь между сегодня и завтра, или между двумя любыми другими интервалами времени.

Определение свойства масштабируемости случайных блужданий. Для количественной оценки того, насколько теория случайных блужданий может представлять модели динамики рыночных цен акций, рассмотрим временные ряды приращений цен представленные на Рис. 13, Рис. 14 и Рис. 15 для трех различных временных масштабов (минута, день и месяц). Наиболее важное следствие прогноза на основе модели случайных

блужданий состоит в том, что квадрат флуктуаций текущей позиции должен возрастать пропорционально времени. Это утверждение эквивалентно высказыванию о том, что амплитуда изменений цены пропорциональна корню квадратному от временного масштаба. Это означает, например, что если мы смотрим на изменения на четырехминутном временном масштабе, то амплитуда типичного приращения цены, по сравнению с минутным интервалом, будет удваиваться (а не возрастать в четыре раза). Этот очень тонкий и глубокий результат: так как частица, описываемая моделью случайного блуждания, имеет равную вероятность для положительных и отрицательных приращений цены, в среднем, ее позиция остается той же самой. Интуитивно понятно, что поскольку приращения аккумулируются случайно, то текущая позиция отклоняется от среднего значения и, чем больше период времени, тем больше отклонение от среднего значения.

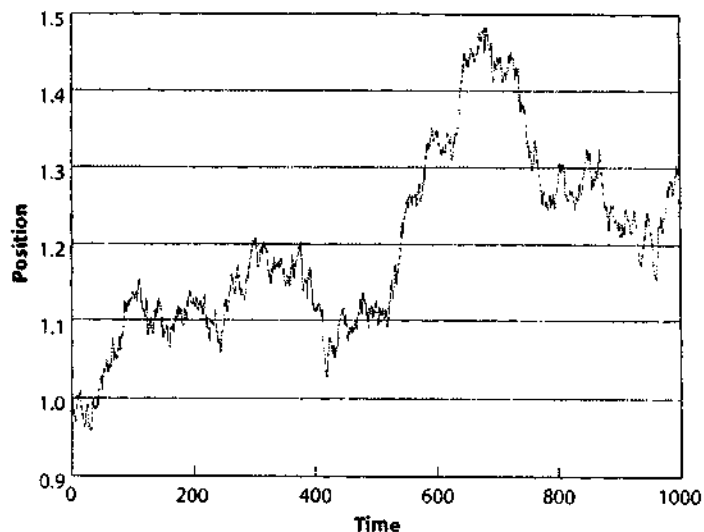


Рис. 19. Синтетически случайная рыночная цена (или позиции случайного блуждания), полученная бросанием "компьютерной монеты" для определения направления изменения цены вверх или вниз. В этой модели шаг или интервал приращения имеет случайный знак и амплитуду, распределенную согласно, так называемому распределению Гаусса с 1% стандартным отклонением. Те же самые приращения использованы при построении Рис. 16: синтетическая траектория, построенная здесь, таким образом, есть не что иное, как нарастающая сумма приращений, представленных на Рис. 16.

Вместо движения с постоянной скоростью, когда значение текущей координаты увеличивается пропорционально времени, частица, движение которой описывается моделью случайного блуждания, совершает хаотические движения, в котором типичная флуктуация её положения увеличивается медленнее, чем по линейному, во времени, закону, фактически, пропорционально корню квадратному от времени. Результат замедления

обусловлен множественными повторяющимися шагами вверх и вниз от текущего положения для всех анализируемых временных масштабов. Поскольку каждый шаг имеет случайный знак \pm , его квадрат всегда положителен и, следовательно, сумма квадратов последующих шагов возрастает пропорционально количеству шагов во времени. Благодаря случайности знака на каждом шаге квадрат общего смещения равен сумме квадратов флуктуаций на каждом шаге. Следовательно, можно сделать вывод о том, что квадрат амплитуды изменений цены в модели случайных блужданий возрастает пропорционально времени.

Посмотрим, следует ли такой прогноз из анализа данных. Основополагающая идея состоит в том, что приращения на дневном масштабе есть сумма приращений в каждую минуту этого дня. Соответственно, месячные приращения представляют собой сумму дневных приращений этого месяца. Так как динамика приращений основана на модели случайных блужданий, то ранее рассмотренный закон "квадратного корня" должен выполняться. Для подтверждения, рассмотрим Рис. 13, где типичная амплитуда изменений на 1-минутном временном масштабе составляет около 0.04% (причем, это справедливо для большинства значений). На Рис. 14, такие же визуальные оценки могут привести к типичной амплитуде флуктуаций, равной около 1%. Теперь 1% разделим на 0.04% и получим значение 25, которое достаточно близко к корню квадратному равному 20.25 из числа минут торгового дня (обычно 410). Подобным образом, оценим из Рис. 15 типичную амплитуду изменений на месячном интервале равную около 5%. Отношение месячного значения равному 5% к дневному значению равному 1% эквивалентно 5, что совсем близко к корню квадратному из числа торговых дней в месяце, обычно это 20-24 дня. Теория случайных блужданий, таким образом, достаточно адекватно описывает типичные изменения на рынке акций во времени и на разных временных масштабах. Однако, она не дает объяснения большим приращениям, не являющимися типичными, как это можно увидеть на Рис. 14 и Рис. 15.

Концепция о том, что ценовые изменения фактически непредсказуемы была обоснована и расширена множеством экономистов, в том числе и Нобелевским лауреатом, Полем Самуэльсоном (Samuelson) [357, 358]. В двух словах, Башелье [25] и Самуэльсон, а также армии экономистов-последователей, пришли к выводу, что даже для наилучших инвесторов, в среднем, сложно установить факт их большей успешности *на длительном интервале времени*, по сравнению с той доходностью, которую демонстрируют рыночные индексы, например, S&P500 или, даже больше, чем просто при сравнении со случайным выбором акций со сравнимой волатильностью. Из чего, по-видимому, следует, что относительные изменения цены (за исключением ожидаемых выплат дивидендов) практически неотличимы от случайных чисел, основанных на компьютерном моделировании подбрасывания монеты или рулетки. Предполагается, что эта случайность возникает вследствие активных действий многих инвесторов, ожидающих увеличения вложенных инвестиций. Эта толпа инвесторов активно анализирует всю информацию относительно собственной позиции и формирует инвестиционные

решения на этой основе. Как следствие, Башелье и Самуельсон утверждают, что какая-либо преимущественная информация, которая может привести к получению прибыли быстро исчезнет из-за обратной связи, которую вызывают действия инвесторов. Их точка зрения состоит в том, что ценовые изменения во времени не являются независимыми от действий трейдеров, а наоборот являются результатом их действий. Если такие обратные действия возникают мгновенно, в идеальном мире идеального рынка "без трения", с отсутствием затрат на торговлю, то цены должны отражать всю доступную информацию и невозможно извлечь прибыль на основе доступной всем торговой информации (поскольку прибыль уже учтена). Эта фундаментальная концепция, введенная Башелье, сегодня называется "гипотезой эффективного рынка" и имеет как сторонников, так и противников: чем более активен и эффективен рынок, тем более интеллектуальной и трудной становится работа инвесторов; как следствие более случайной становится последовательность изменения цен, порождаемая таким рынком. Наиболее эффективный рынок для всех – это тот, в котором ценовые изменения случайны и непредсказуемы.

Существует интересная аналогия с информацией закодированной в ДНК с помощью молекулярных строительных блоков наших хромосом. Здесь закодирована наша генетическая информация с помощью определенной последовательности из четырех постоянных составляющих, располагающихся вдоль ДНК, подобно словам, использующим четырехбуквенный алфавит. ДНК обычно организована в, так называемые, кодирующие секции и не кодирующие секции. Кодирующая секция содержит информацию о том, каким образом синтезируются протеины и как работает вся наша биологическая машина. Современный анализ упомянутых проблем можно найти в работах [444, 286, 14]. В то же время не кодирующие части ДНК, по-видимому, имеют крупномасштабные корреляции в отличие от кодирующих частей, которые обладают мелкомасштабной корреляцией или вообще отсутствием корреляции. Заметим интересный парадокс: наличие информации приводит к случайности, а недостаток информации ведет к регулярности. Причина этого в том, что кодирующая область может появляться случайно, так как все составляющие ДНК содержат полезную, следовательно, различную информацию. Если существует некоторая корреляция, то это будет означать возможность кодирования информации в меньшем количестве составляющих и кодирующая область, следовательно, не будет оптимальной. Наоборот, не кодирующие области содержат мало или никакой информации и могут, таким образом, быть сильно коррелированными. В самом деле, не существует почти никакой информации в последовательности вида 111111..., но может быть много информации в последовательности 429976545782.... Этот парадокс, состоящий в том, что сообщение, имеющее информацию должно быть некоррелировано, в то время как сообщение, не имеющее информации, должно иметь высокую корреляцию, и лежит в основе теории случайных последовательностей. Точнее, случайные последовательности чисел или символов – это те последовательности, в которых содержится максимально возможная информация. Другими словами, невозможно определить более короткий алгоритм, содержащий ту же самую информацию [73]. Условием для этого является полное отсутствие корреляции последовательностей, так что каждый новый символ несет

новую информацию.

Интересно заострить внимание и рассмотреть более детально эту удивительную концепцию, которая на практике приводит к тому, что чем интеллектуальней и труднее работа инвесторов на рынке, тем более случайны последовательности изменений цены, генерируемые таким рынком. В частности, следует подчеркнуть фундаментальное различие между финансовым рынком и окружающим нас миром. Последний открыт всем для исследования и наблюдения и ученые имеют возможность производить умозаключения, строить теории, которые совершенно независимы от действий исследователей. Напротив же в социальных и финансовых системах исследуемые процессы и исследователь создают, так называемые, обратные связи. Приводимая ниже притча является хорошей иллюстрацией этого.

Притча о том, как цены учитывают информацию, разрушая тем самым, потенциальные "бесплатные обеды"

Предположим, что сегодня добрая половина всех инвесторов информирована о том, что цены завтра вырастут от сегодняшней цены p_0 , естественно не гарантированно, а с некоторой неопределенностью, которая характеризуется достаточно высокой вероятностью, например 75% (в этом случае все-таки остается 25% вероятность того, что цены завтра упадут). Вторая половина инвесторов осталась не информированной об этом факте и их, в этом случае, можно назвать "шумовыми трейдерами", как прекрасно описал Блэк (Black) [40], называя их индивидуалами, торгующими на основе той информации, которую они считают информативной и которая, в действительности, является "шумом". Эти "шумовые трейдеры" будут покупать и продавать безотносительно учета движений рынка, хотя они будут верить в то, что "информация", которой они обладают, имеет отношение к делу. Для "шумового трейдера" продажи могут быть вызваны потребностью в наличных или другими мотивами; важно, что мотивы абсолютно не связаны с возможным изменением рынка. Мы промоделируем такое поведение подбрасыванием монеты, обозначив часть "шумовых трейдеров", которые хотят продать, через u . Соответственно, часть "шумовых трейдеров", которая хочет купить может быть выражена через $1-u$. Важно заметить что "шумовые трейдеры" являются нечувствительными, по определению, к текущей цене или к цене транзакции.

Напротив, информированные трейдеры хотят купить, потому что они рассматривают возможность получения прибыли с высокой степенью вероятности (в 3 случаях из 4). Для того чтобы купить, они вынуждены делать предложение (бид) центральному агенту, "маркет-мейкеру". Роль маркет-мейкера – свести все ордера на покупку и продажу и привести цену к такому уровню, при котором может быть выполнено максимальное количество транзакций. Такая ситуация формирует баланс между спросом и предложением.

Однако, информированные трейдеры, не будут покупать при любой цене, потому что они будут использовать имеющуюся у них специальную информацию для оценки возможной будущей прибыли. Если цена, при которой они хотели бы купить выше, чем та, которую они рассчитали, естественно, они не будут иметь желания покупать. Назовем величину $\langle \delta p \rangle$ условно ожидаемой прибылью (когда

цена будет увеличиваться). Часть информированных трейдеров будет иметь желание покупать при цене x , выше последней котировки p_0 , что является понижающейся функцией от x . Два ограничения совершенно очевидны: когда $x=0$, все информированные трейдеры хотят покупать при цене p_0 , потому что ожидаемая прибыль положительная. Наоборот, для x равном или большем, чем $\langle \delta p_+ \rangle$ цена покупки больше, чем цена, ожидаемая завтра, на основе имеющейся информации и ни один информированный трейдер не захочет покупать благодаря возможным убыткам. Предположим существование простейшей линейной зависимости между этими двумя граничными случаями, в соответствии с которой информированные трейдеры будут производить покупку по цене p_0+x , лежащей на прямой, соединяющей два предельных случая, как показано на Рис. 20.

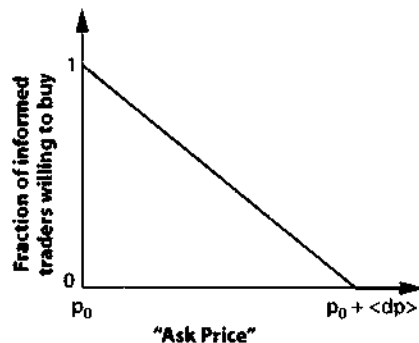


Рис. 20. Часть информированных трейдеров, желающих купить, как функция "цены предложения": если цена предложения в последней котировке равна p_0 , то все информированные трейдеры будут покупать, так как их ожидаемая прибыль положительная. Если цена предложения равна или выше, чем ожидаемое увеличение, то информированные трейдеры не заинтересованы в покупке акций.

Решение информированных трейдеров зависит от действий "шумовых трейдеров". Для простоты, каждый продавец (соответственно, покупатель) продает (покупает) только одну акцию. Возможны две ситуации.

- Если часть y "шумовых трейдеров", которые продают, меньше, чем $1/2$, то в этом случае наблюдается недостаток акций: обе группы, как часть $1-y > 1/2$ "шумовых трейдеров", так и все информированные трейдеры хотят покупать. Продажи "шумовых трейдеров" не поставляют достаточное количество акций для удовлетворения спроса противоположной покупающей стороны даже без учета агрессивно настроенных информированных трейдеров. В этой ситуации маркет-мейкер увеличивает цену до той, в которой информированные трейдеры перестают покупать. Для "шумовых трейдеров" эта уровень этой цены не имеет никакого значения, так как они не имеют информации о том, какова будет будущая цена. В ситуации, когда $y < 1/2$, цена исполнения транзакции эквивалентна минимальной цене $p_0 + \langle \delta p_+ \rangle$, при которой все информированные трейдеры сворачивают операции покупки. В этом случае не существует, в среднем, выигрыша от продажи по ожидаемой

будущей цене $p_0 + \langle \delta p_+ \rangle$, так как именно эта цена является ценой покупки! Наоборот, заметим, что при отсутствии информированных трейдеров возможности получения прибыли остаются при цене покупки p_0 . В реальности, наличие информированных трейдеров поднимает цену до максимальной, при которой они перестают действовать. Когда информированные трейдеры перестают видеть положительный результат от выполнения своих транзакций, значит маркет-мейкер уже поднял цену вверх, до такой отметки, при которой возможность получения прибыли исчезла.

- Второй случай возникает тогда, когда часть продающих "шумовых трейдеров" больше, чем $1/2$. Они могут удовлетворить противоположную часть "шумовых" трейдеров, выставивших сигнал на покупку, а также часть информированных трейдеров. Цена исполнения транзакции p_0+x , устанавливаемая маркет-мейкером такова, что часть информированных трейдеров будут покупать по этой цене, после того как будут удовлетворены заявки на покупку от всех "шумовых трейдеров". Рассматривая все возможные приращения для этого случая $y > 1/2$ (но, конечно же, меньше 1) можно заметить, что средняя величина y , заключена, по условию, между $1/2$ и 1, и равна $3/4$, что является средним между $1/2$ и 1. Следовательно, средняя цена транзакции равна половине ожидаемой условной прибыли $\langle \delta p_+ \rangle$: $(x = \langle \delta p_+ \rangle / 2)$, и $1/2$ информированных трейдеров до сих пор желают покупать. В этой ситуации баланс между спросом и предложением поддерживается: в среднем $3/4$ продающих "шумовых трейдеров", которые удовлетворяют $1/4$ покупающих и $1/2$ информированных трейдеров.

Какова же ожидаемая прибыль для информированных трейдеров? Она равна ($3/4$ вероятности, что цена вырастет), умноженной на (среднюю прибыль $\langle \delta p_+ \rangle - x$) минус (вероятность $1/4$ того, что цена упадет) умноженную на величину убытка. Величина убытка равна x минус ожидаемая величина падения цены. В соответствии с симметрией распределения изменения цены (этот результат хорошо верифицирован на рынках многих акций) она будет такой же, как и условная прибыль $\langle \delta p_+ \rangle$. В итоге общий ожидаемый выигрыш будет

$$3/4 (\langle \delta p_+ \rangle - x) - 1/4 (\langle \delta p_+ \rangle + x) \quad (2)$$

Используя вышеупомянутый результат $x = \langle \delta p_+ \rangle / 2$ находим, что выражение фактически равно нулю: действия "шумовых трейдеров" и ответная реакция информированных трейдеров на их действия и информацию увеличивает цену покупки до уровня p_0+x , где ожидаемая прибыль исчезает!

Предсказуемы ли цены?

Вывод об отсутствии возможности извлекать прибыль остается качественно устойчивым как к изменениям значений параметров рассмотренной игровой модели, так и к стратегиям покупки, используемым информированными трейдерами. Такая простейшая модель иллюстрирует следующие фундаментальные идеи:

1. Действия на преимущественной информации двигают цену так, что априорная прибыль уменьшается или, даже, в конце концов, исчезает за счет обратной связи между этими действиями и ценой. Это объясняет причину того, что цены представляют собой случайные последовательности чисел. Как было сформулировано Башелье и Самюэльсоном и многими другими учеными, причиной этого являются продуманные, основанные на информации действия инвесторов. Наоборот, без информированных трейдеров возможности получения прибыли остаются, так как цена покупки остается неизменной p_0 .
2. "Шумовые трейдеры" – необходимая составная часть функционирующего рынка акций. Они известны под многими именами: иногда как спекулянты или трейдеры, основывающие собственные стратегии на технических индикаторах или соответствующей экономической информации. Все информированные трейдеры в нашем примере соглашаются с тем, что наилучшей стратегией является покупка. Однако, при отсутствии "шумовых трейдеров" они не найдут партнеров по сделке и, следовательно, не смогут торговать. Если все соглашается с ценой, то кто будет торговать? Прибыли не будет. Следовательно, рынок акций требует наличия некоторого "шума", хотя бы небольшого, обеспечивающего ликвидность рынка. Следовательно, интеллектуальные трейдеры упорно работают и согласно теории они своими действиями делают рынок чрезвычайно "шумовым" с отсутствием каких-либо толковых сигналов.
3. Тот факт, что информированные трейдеры не имеют возможности, в среднем, сделать прибыль благодаря конфиденциальной информации при повышении цены акции не противоречит тому, что если вы один обладаете такой информацией и торгуете только на небольшом количестве акций, то, в среднем, вы можете сделать хорошую прибыль. Причина состоит в том, что ваши незаметные действия не повлияют сколько нибудь значительно на рынок. Напротив, если вы сделаете крупный займ и купите значительное количество акций на рынке, то вы увеличите цены акций, подобно информированным трейдерам, составляющим половину от всех трейдеров. Таким образом, ценовая динамика становится случайной, только если появляется значительное количество информированных трейдеров, влияющих на цену своими действиями.

Основное доказательство, подтверждающее случайность цен. Самуэльсон доказал общую теорему, утверждающую концепцию непредсказуемости цен, которая может быть строго выведена [357] из гипотетической модели, в которой цена акции p_t является множеством ожидаемых дисконтированных значений будущих дивидендов d_1, d_2, d_3, \dots (которые предполагаются, случайными переменными, генерируемыми

произвольным, но известным случайным процессом):

$$p_t = d_t + \delta_1 d_{t+1} + \delta_1 \delta_2 d_{t+2} + \delta_1 \delta_2 \delta_3 d_{t+3} + \dots \quad (3)$$

где факторы $\delta_t = 1 - r < 1$, могут варьировать при переходе от одного периода к другому, и учитывают уменьшение будущих цен, вычисленных в текущий момент времени на основе ненулевого индекса r потребительских цен. Видно, что $p_t = d_t + \delta_1 p_{t+1}$ и, следовательно, выражение $E(p_{t+1})$ для p_{t+1} на основе знаний текущей цены p_t имеет вид:

$$E(p_{t+1}) = (p_t - d_t) / \delta_1 \quad (4)$$

Оно подтверждает, что, за исключением, изменений цен, связанных с инфляцией и выплатой дивидендов, ценовые приращения не имеют систематической компоненты или памяти о прошлом и, следовательно, случайны. Даже в том случае, если экономика не описывается случайными блужданиями, интеллектуальные спекулянты обеспечивают своими действиями трансформацию наблюдаемых ценовых приращений в случайный процесс.

На первый взгляд кажется, что эти идеи подтверждаются экспериментальными данными. Как видно на Рис. 17 распределение положительных и отрицательных ценовых приращений почти идентично: существует почти одинаковая вероятность, как для увеличения цены, так и для ее уменьшения. Дополнительно, Рис. 18 демонстрирует нам, что приращения существенно декоррелированы уже через несколько минут на функционирующем и хорошо организованном рынке. Как следствие, успешно предсказать изменения на основе линейной экстраполяции прошлого – невозможно.

Однако, как уже упоминалось, это не исключает возможности существования других типов взаимосвязей, которые могут существовать между ценовыми изменениями и иметь более глубокую природу, которая до сих пор не определена или не дает преимущества трейдерам, потому они не рассматривают эти преимущества как обеспечивающие доходность.

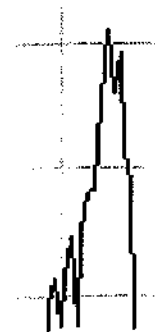
Асимметрия между положительными и отрицательными изменениями. Распределение ценовых изменений можно часто трактовать как тенденцию, связанную с общими рыночными изменениями. Например, для 10% годового дохода соответствующие дневные изменения составят $10\%/365 = 0.03\%$. Это значение очень мало по сравнению с дневными флуктуациями порядка 1% для большинства рынков (особенно для растущих рынков и рынков, находящихся на стадии становления, которые характеризуются повышенной волатильностью). Такие изменения трансформируются в частотные сдвиги в сторону выигравших против проигравших. Для индекса Доу-Джонса с 1897г. по 1997г. в 27819 торговых днях рынок проседал в течение 13091 дня и рос в течение 14559 дней. Это можно автоматически трансформировать в 47.06% вероятность проигрыша и 52.34% вероятность выигрыша (понятно, что сумма не составляет 1, потому что бывали дни, в которых цены не изменялись). Аналогично, вероятность падения для Доу-Джонса 47.27% на интервале

1946-1997 и 46.86% на интервале 1897-1945 (на 0.5% меньше). Сохраняя такую количественную модель для Доу-Джонса на интервале 1897-1997, недельная вероятность падения - 43.98% (55.87%). Для NASDAQ с 1962г. по 1995г. дневная вероятность падения (роста) составляет 46.92% (52.52%). Для акций IBM с 1962-1996 дневная вероятность падения (роста) 47.96% (48.25%).

Компромиссная доходность

Одним из центральных выводов современной экономики финансов является компромиссное соответствие между риском и ожидаемой доходностью, хотя по версии о гипотезе эффективных рынков Самуельсона накладываются ограничения на ожидаемый доход, что не распространяется ни в коем случае на риск. В частности, если ожидаемые ценовые изменения акции положительны, то, может быть, именно этот момент привлекает инвесторов, чтобы держать актив и принимать на себя связанный с ним риск. Хотя, если инвестор не склонен к принятию риска риск разворота рынка, он может быть рад оплатить возможность не владеть активом, который имеет непредсказуемый доход.

Гроссман (Grossman) и Стиглиц (Stiglitz)[180] пошли еще дальше. Они утверждали, что совершенного информационно эффективный рынок не возможен, если же рынок эффективен, прибыль на основе собранной информации равна нулю и в этом случае совершенно нет никаких причин торговать и рынок, естественно, подойдет к коллапсу. В противном случае, степень эффективности рынка определяется усилиями инвесторов желающих извлечь прибыль, торгуя на основе информации. Следовательно, невырождающееся рыночное равновесие достигается только тогда, когда достаточно возможностей для достижения прибыли, которая, которая, в свою очередь, недостаточна для покрытия торговых издержек и получения информации. Прибыль, получаемая усердными инвесторами, может рассматриваться как экономическая рента, растущая вследствие желания принимать участие в процессе инвестирования. Кто обеспечивает эту ренту? Блэк [40] дает провокационный ответ: "шумовые трейдеры", индивидуальные инвесторы, торгующие на основе информации, которую считают дельной, но которая является шумом. В общем случае, всегда существуют инвесторы, торгующие по каким то другим причинам, отличным от осведомленности (например, те которые недооценивают требования ликвидности рынка) и эти инвесторы готовы переплачивать за возможность немедленного исполнения их транзакций.



Глава №3 Финансовые крахи – это "выбросы"

В этой главе мы говорим в духе Бэкона, который приблизительно 400 лет назад писал в Новом Органоне: "Ошибки Природы, спортивные состязания и Монстры изменяют знание в отношении обычных вещей и открывают общие закономерности. Тот, кто знает пути Природы, более легко заметит отклонения от них; а, с другой стороны, тот, кто знает ее отклонения, более точно опишет ее пути". Аналогично, мы говорим в этой главе, что большие рыночные приращения – являются "посторонними выбросами", или, говоря другими словами, выпадающими из общей закономерности, событиями и что они показывают фундаментальные свойства финансового рынка.

Что такое "аномальные" приращения

Фондовые рынки могут показывать очень большие приращения, типа взлетов и крахов, как показано на Рис. 14 и Рис. 15. Можем ли мы ожидать такие чрезвычайные вариации? Или мы должны считать их аномальными?

Аномальность – относительное понятие, являющееся противоположностью тому, что считается "нормальным". Позвольте пример. В финансовом мире Башелье-Самуельсона, в котором приращения распределены согласно гауссовскому колоколообразному распределению, все события масштабированы по фундаментальной "линейке", называемой стандартным отклонением. Рассмотрим дневной временной масштаб и соответствующий ему временной ряд приращений (значений) индекса Доу-Джонса, показанный на Рис. 14. Как мы указали в главе 2, стандартное отклонение близко к 1%. В этом гауссовском мире, легко количественно определить вероятность наблюдения данной величины приращения, как показано в Табл. 2. Мы видим, что дневная величина приращения, большего, чем 3% должна, в общем, наблюдаться лишь однажды за 1.5 года. Дневная величина приращения больше 4% должна наблюдаться только однажды за 63 года, в то время как величина приращения больше 5% никогда не должна быть отмечаема в нашей "короткой" истории.

Благодаря анализу Табл. 2, становится ясно, что является "нормальным", а что может рассматриваться, как "анормальное" согласно Гауссовской модели. Падение цен на 22.6% 19 октября 1987 и отскок на 9.7% 21 октября 1987 – аномальны: они не должны происходить согласно стандартной Гауссовской модели. Они, по существу, невозможны. Тот факт, что они произошли, говорит нам, что рынок может значительно отклоняться от нормы. Когда это происходит, гигантские события, создающие рынок, являются "выбросами". Говоря другими словами, они

лежат "вне" того, что является возможным для остальной части всего множества приращений, то есть принадлежат другой совокупности событий.

Табл. 2

Х дней	Вероятность	1 в N событиях	Календарное время ожидания
1	0.317	3	3 дня
2	0.045	22	1 месяц
3	0.0027	370	1.5 года
4	6.3×10^{-5}	15787	63 года
5	5.7×10^{-7}	1.7×10^6	7 тысяч лет
6	2.0×10^{-9}	5.1×10^8	2 миллиона лет
7	2.6×10^{-12}	3.9×10^{11}	1562 миллиона лет
8	1.2×10^{-15}	8.0×10^{14}	3 триллиона лет
9	2.3×10^{-19}	4.4×10^{18}	17721 триллион лет
10	1.5×10^{-23}	6.6×10^{22}	260 миллионов триллионов лет

Насколько вероятно наблюдение приращения, большего по амплитуде (то есть, в абсолютном значении), чем некоторая величина, равная X, умноженная на стандартное отклонение? В этой таблице ответ дается для Гауссовского мира. Левая колонка дает список величины X от 1 до 10. Вторая колонка дает вероятность, что абсолютное значение приращения будет большим, чем X раз стандартных отклонений. Третья колонка переводит эту вероятность в число периодов (дни в нашем примере), которые, обычно, нужно ждать, чтобы явиться свидетелем такой амплитуды. Четвертая колонка переводит это время ожидания в календарное время, используя преобразование, в котором один месяц содержит, приблизительно 20 торговых дней и один год – приблизительно, 250 торговых дней. Для сравнения, возраст вселенной, как полагают, составляет (лишь только) порядка 10-15 миллиардов лет.

В действительности, распределения приращений цен не является гауссовским, как показано на Рис. 17. Если бы это было так, то должно было проявиться в виде перевернутой параболы на этом полулогарифмическом графике. Линейная аппроксимация наблюдаемой зависимости скорее может интерпретироваться как зависимость, приближающаяся к экспоненциальному закону. В этом новом улучшенном представлении, мы можем снова вычислить вероятность наблюдения амплитуды приращения большей, чем, скажем, 10 стандартных отклонений (10% в нашем примере). Результат – 0.000045, который соответствует одному событию за 22,026 дня или 88 лет. Рост цен 20 октября 1987, в свете этого, становится менее экстраординарным. Однако, падение цен на 22.6% 19 октября 1987 соответствовало бы одному случаю за 520 миллионов лет, что позволяет интерпретировать его как "выброс".

Таким образом, согласно экспоненциальной модели, величина приращения цены в 10% не может бесспорно быть интерпретировано как "выброс". Кроме того, мы видим, что наше различие между нормальными и аномальными приращениями зависит от нашего выбора типа распределения: Определение того, что является правильным описанием частоты распределения, особенно для больших положительных и отрицательных приращений, является тонкой проблемой, которая

все еще является горячей областью для исследования. Из-за недостатка уверенности в правильности выбора закона распределения, этот подход, основанный на предварительно высказанном предположении о типа распределения частоты событий, не кажется наиболее адекватным для характеристики аномальных, редко встречающихся, событий.

До сих пор, мы только смотрели на распределение или частоту появления тех или иных приращений цен. Однако, сложный временной ряд приращений цен имеет много других структур, не характеризуемых частотой появления приращений цен (законом их распределения). Мы уже обсудили дополнительные диагностические процедуры в терминах функции корреляции, показанной на Рис. 18. Теперь мы представляем другой диагностический подход, который позволяет нам характеризовать фазы аномального рынка гораздо более точным и непараметрическим способом, то есть без указания специфического типа распределения частот приращений цен различной величины.

Просадки

Определение просадок

Существует одна характеристика временного ряда, идущая дальше простой частотной статистики и линейных корреляций, и которая появляется благодаря анализу статистики "просадок" (drawdowns). "Просадка" определяется как монотонное падение цены актива в течение нескольких последовательных дней. Просадка, как показано на Рис. 21 является, таким образом, совокупной потерей от последнего (прошлого) максимума до последующего минимума цены. Просадки – это индикаторы, о которых мы должны беспокоиться, так как они непосредственно измеряют совокупную потерю, от которой могут пострадать инвестиции. Они также количественно определяют худший сценарий, когда инвестор покупает на локальном максимуме и продает на следующем локальном минимуме. Таким образом, заслуживает внимания вопрос – есть ли какая-либо структура в распределении просадок, отсутствующая в распределении ценовых приращений.

Просадки воплощают в себе довольно тонкую зависимость, так как они построены на последовательностях тех же самых вариаций знаков приращений цен (см. ниже). Таким образом, их распределение, может содержать объяснение того, как последовательные падения цен могут влиять на друг друга и "создавать" поддерживающийся процесс. Это постоянство не может быть измерено распределением приращений цен потому, что по его точному определению, при расчете распределения теряется информация об относительных положениях конкретных ценовых приращений, подсчитывается лишь частота появления приращений той или иной величины. То есть, при характеристике временной последовательности приращений цен при помощи распределения их частот "стирается" временная информация о последовательности появления событий. Информация, связанная с последовательностью появления событий во временном ряду также не может быть обнаружена при использовании функции автокорреляции (двухточечной). Известно, что такая функция измеряет среднюю линейную

зависимость всего временного ряда, в то время как такая зависимость может проявляться только в отдельные интервалы времени. Например, для очень больших временных интервалов, как мы демонстрируем ниже, эта особенность будет убираться глобальной усредняющей процедурой.

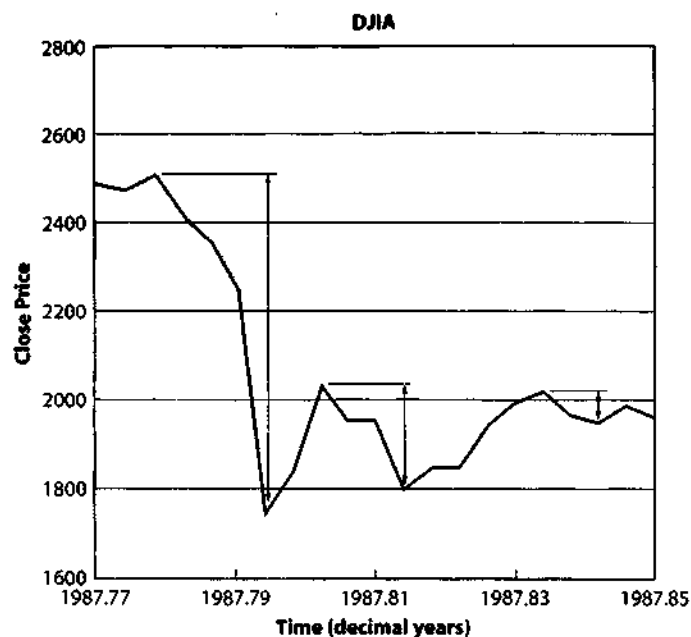


Рис. 21. Определение просадки. Пример краха, который произошел 19 октября 1987, показывает три просадки, соответствующие совокупным потерям от последнего (прошлого) максимума до следующего минимума цены. Самая большая просадка с полной потерей -30.7% состояла из четырех последовательных ежедневных снижений: 14 октября 1987 (1987.786 в десятичных годах), DIA-индекс – упал на 3.8%; 15 октября рынок упал на 6.1%; 16 октября рынок просел на 10.4%. После уик-энда и падения в Черный понедельник 19 октября 1987 получается совокупная потеря или просадка на 30.7%. В терминах последовательных ежедневных потерь, это создает ряд 3.8%, 2.4%, 4.6% и 22.6% (обратите внимание, что возвращения не просто суммируются, так как они – ценовые изменения, нормализованные по цене, которая сама изменяется).

Нелинейная модель с нулевой корреляцией, но высокой предсказуемостью. Чтобы лучше понять, как измерять с помощью просадок едва различимые зависимости в последовательных вариациях цены, давайте сыграем в следующую игру, в которой приращение цены $\delta p(t)$ определяется правилом:

$$\delta p(t) = \varepsilon(t) + \varepsilon(t-1) \varepsilon(t-2) \quad (5)$$

где $\varepsilon(t)$ – процесс, называемый "белым" шумом с нулевой модой и единичной дисперсией. Например, $\varepsilon(t)$ может быть равно либо +1 или -1 с вероятностью 1/2. Определение (5) означает, что сегодняшнее приращение цены контролируется тремя случайными бросками монеты – один бросок для "сегодня", один – для

"вчера" и один – для "позавчера". Очевидно, что положительный бросок монеты сегодня, а также два положительных броска вчера и позавчера означают движение цены вверх. Аналогично, отрицательный бросок сегодня, а также два различных броска вчера и позавчера, двигают цену вниз.

Легко проверить, что среднее $E(\delta p(t))$, а также двухточечная корреляция $E(\delta p(t), \delta p(t'))$ для $t \neq t'$ равна нулю и, таким образом, $\delta p(t)$ также является белым шумом. Интуитивно, такой вывод возникает из того факта, что в эту характеристику временного ряда вводится нечетное число бросков монеты, чье среднее равняется нулю $((1/2) \times (+1) + (1/2) \times (-1) = 0)$. Однако, трёхточечная корреляционная функция $E(\delta p(t-2) \delta p(t-1) \delta p(t))$ не равна нулю, но равна 1 и ожидание величины $\delta p(t)$, требующее знания двух предыдущих приращений $\delta p(t-2)$ и $\delta p(t-1)$ не равно нулю, а равно $E(\delta p(t) \delta p(t-2), \delta p(t-1)) = \delta p(t-2) \delta p(t-1)$. Это означает, что возможно предсказать изменение цены сегодня с большей, чем 50% вероятностью, если знать изменение цены вчера и позавчера!

В то время, как частота распределения приращений цен и двухточечная функция корреляции строятся для этой структурной зависимости, распределение просадок показывает специфическую характеристику временного ряда. Для упрощения анализа и четкости понимания, давайте снова ограничимся случаем, когда $\varepsilon(t)$ может принимать лишь два значения ± 1 . Тогда $\delta p(t)$ может принимать только три значения 0 и ± 2 и соответственно:

$\varepsilon(t-2), \varepsilon(t-1), \varepsilon(t)$	\rightarrow	$\delta p(t)$
+++	\rightarrow	+2
++-	\rightarrow	0
+--	\rightarrow	0
+-+	\rightarrow	-2
---	\rightarrow	0
--+	\rightarrow	0
-+-	\rightarrow	-2
---	\rightarrow	+2
---	\rightarrow	0

где левая колонка дает три последовательных значения $\varepsilon(t-2), \varepsilon(t-1), \varepsilon(t)$, а правая колонка – соответствующее приращение цены $\delta p(t)$. С помощью этой четкой конструкции мы явно видим, что $\delta p(t)$ – это белый шум. Таким образом, существует явная предсказуемость и распределение просадок отражает это: не существует просадок длительностью больших, чем два шага (интервала) времени. В самом деле, самая худшая из возможных просадок соответствует следующей последовательности $\varepsilon: - - + -$. Это соответствует последовательности приращений цены +2, -2, -2, которая либо останавливается на +2, если последующее ε это +, или последовательностью нулей, прерванной появлением +2 при первом $\varepsilon = +$. В то время, как просадки процесса $\varepsilon(t)$ могут, в принципе, быть бесконечной длительности, просадки $p(t)$ таковыми быть не могут. Это показывает, что структура процесса $\delta p(t)$ определяемого (5) имеет драматическую характеристику в распределении просадок в $p(t)$. Этот факт иллюстрирует то, что просадки являются более адекватной и эластичной к масштабу времени,

характеристикой ценового движения, чем еженедельные или ежедневные приращения, или любые другие приращения на фиксированном временном масштабе.

Просадки и выявление выбросов

Чтобы лучше продемонстрировать новую информацию, содержащуюся в просадках и сравнить ее с приращениями на фиксированном временном масштабе, рассмотрим гипотетическую ситуацию краха на 30%, происходящего за три дня тремя последовательными падениями, каждое, в точности равное 10%. Таким образом, крах определяется как общее падение или просадка на 30%. Вместо того, чтобы рассматривать просадки, последуем общему подходу и исследуем ежедневные данные, в частности, распределение ежедневных приращений. 30% просадка теперь видится как три ежедневных падения на 10%. Важно понимать, что в построении распределения ценовых приращений учитывается лишь количество дней, в течение которых данное приращение было наблюдаемо. Таким образом, крах будет состоять из трёх дней с 10% снижением цен, *отпуская* информацию о том, что три падения произошли последовательно! Чтобы увидеть к чему может привести потеря данной информации, рассмотрим рынок, на котором падение на 10% в течение одного дня, обычно, происходит раз в четыре года (это довольно правдоподобные цифры для индекса Nasdaq-композит в нынешние времена высокой волатильности). Считая, что в году приблизительно 250 торговых дней, имеем 1000 рабочих дней и одно событие в течение этого периода. Таким образом, это соответствует вероятности такого исхода (дневного падения на 10%) $1/1000=0.001$. Крах на 30% получается рассеянным на три события, которые не столь примечательны (каждое с относительно коротким средним временем повторения равным четырем годам). Какова вероятность трех последовательных падений на 10% в течение дня согласно данному описанию? Простая теория вероятности говорит нам, что это будет вероятность одного дневного падения на 10%, умноженная на вероятность одного дневного падения на 10% и снова умноженная на вероятность одного дневного падения на 10%. Правило расчета вероятности сохраняется, если три события рассматривается как независимые. Эти расчеты дают $0.001 \times 0.001 \times 0.001 = 0.000,000,001 = 10^{-9}$. Это соответствует одному случаю на 1 миллиард торговых дней! Мы должны, таким образом, ждать приблизительно 4 миллиона лет, чтобы быть свидетелем такого события!

Что же пошло не так, как надо? Просто, взгляд на дневные приращения и их распределение разрушил информацию о том, что такие исходы могут быть коррелированы в определенные времена! Этот крах походит на мамонта, который был рассеян на части без сохранения сведений о связях между частями, и нам оставили то, что напоминает мышей (такое небольшое преувеличение)! Наша оценка события из трёх последовательных потерь по 10% как невозможного, основывалась на неправильной гипотезе о том, что эти три события являются независимыми. Независимость между последовательными ценовыми приращениями – хорошо проверенный факт для большей части времени. Однако, может быть большие падения не являются независимыми. Другими словами, может быть, существуют "вспышки зависимости", или, говоря по-другому, "отрезки

предсказуемости".

Очевидно, что просадки будут содержать точную информацию, относящуюся к идентификации возможной вспышки местной зависимости, ведущей к необычайно большим совокупным потерям.

Ожидаемое распределение "нормальных" просадок

Перед тем, как вернуться к данным, мы должны спросить себя о том, что можно ожидать на основе гипотезы случайных блужданий. Если ценовые изменения независимы, положительные (+) и отрицательные (-) шаги следуют друг за другом подобно "орлам" и "решкам" рыночного броска монеты. Для симметричных распределений ценовых изменений, начинающихся с плюса, +, вероятность получить минус, -, равна 1/2. Вероятность получить два минуса в ряду $-1/2 \times 1/2 = 1/4$; вероятность получить три минуса в ряду $-1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$, и так далее. Для каждого дополнительного отрицательного приращения мы видим, что вероятность делится надвое. Это определяет так называемое экспоненциальное распределение, описывающее тот факт, что увеличение длительности просадки на одну единицу времени делает ее вдвойне менее вероятной. Этот показательный закон также известен, как закон Пуассона и описывает процессы, не имеющие памяти: для последовательности +----, тот факт, что четыре минуса произошли кряду, не изменяет вероятность для нового события, которая остается равной 1/2, и для плюса, и для минуса. Такой не имеющий памяти процесс может казаться противоречащим интуиции (множество людей предпочли бы ставить на решку после последовательности из десяти орлов, что часто именуется "ошибкой азартного игрока"), но он точно отражает то, что мы подразумеваем под полной случайностью: в справедливом броске монеты, может случиться так, что выпадут десять орлов кряду. Одиннадцатое событие по-прежнему имеет вероятность 1/2 того, что выпадет орел. Отсутствие памяти в таких случайных процессах может быть постулировано следующим образом: учитывая прошлое наблюдение из n последовательных минусов, вероятность для следующего минуса не изменяется от безусловного значения 1/2, независимо от величины n . Любое отклонение от этого показательного распределения просадок будет сигнализировать о некоторой корреляции в процессе и, таким образом, о возможности предсказания будущих событий.

Поскольку, в случайной модели без памяти, существует больше половины просадок с продолжительностью большей, чем один временной период, то удобно визуализировать эмпирическое распределение этих просадок на рынке акций в логарифмическом масштабе, где ожидаемое показательное распределение становится прямой линией. Это весьма эффективный метод проверить действительность гипотезы: отклонения от прямой линии будут сигнализировать некоторое отклонение от показательного распределения и, таким образом, от гипотезы об отсутствии памяти.

Свидетельства, представленные ниже, относительно наличия "выбросов" во временном ряду ценовых приращений не полагаются на справедливость этого закона Пуассона. Фактически, мы уже идентифицировали небольшие отклонения от него в распределении просадок, что предполагает необходимость отхода от

гипотезы независимости между последовательными ценовыми приращениями. Это ведет нас к весьма тонкому пункту, который избежал внимания даже многих из самых умных наших коллег в течение определенного времени и все еще не привлекает внимания большинства других. Этот тонкий пункт состоит в том, что свидетельство наличия в выборке ценовых приращений "выбросов" и чрезвычайных событий не требует и, даже вообще не синонимично существованию сколь-нибудь заметного "провала" в распределении просадок. Позвольте наглядно и убедительно проиллюстрировать это утверждение, позаимствовав аналогию из другой области активных научных исследований, а именно, из исследований сложности водоворотов и вихрей в турбулентных потоках жидкости, типа горных речек или атмосферной завихрений. Поскольку решение точных уравнений для этих потоков не представляется возможным, то полезный подход должен был упростить проблему до изучения простых игровых моделей, типа, так называемых "корпусных" моделей турбулентности, которые, как полагают, описывают существенные компоненты таких потоков и в то же время поддаются анализу. Такие "корпусные" модели заменяют трехмерную пространственную область рядом однородных сферических слоев, наподобие луковицы, с радиусами, увеличивающимися, как геометрический ряд $1, 2, 4, 8, \dots, 2^n$ и сообщаемыми между собой, главным образом, только с самыми близкими соседями.

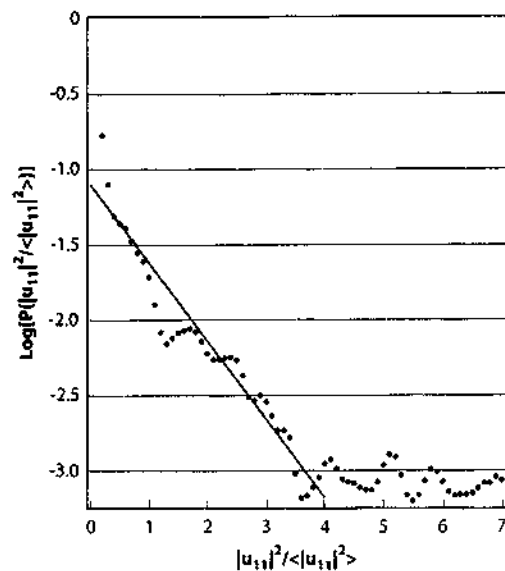


Рис. 22. Функция распределения вероятности квадрата скорости жидкости, нормализованная к ее среднему времени, в одиннадцатом слое игровой модели гидродинамической турбулентности, обсуждаемой в тексте. Вертикальная ось имеет такой логарифмический масштаб, что прямая линия, которая помогает глазу, квалифицируется, как очевидное показательное распределение. Обратите внимание на появление чрезвычайно редких и больших взрывов скоростей на краю, выше экстраполяции прямой линии. Источник [252].

Что касается финансовых временных рядов, то большой интерес представляет распределение скорости изменений между двумя мгновениями в той же самой позиции или между двумя точками одновременно. Такое распределение для квадрата скорости изменений показано Рис. 22. Обратите внимание на аппроксимацию экспоненциального снижения, представленную прямой линией и на сосуществование больших колебаний справа для значений от 4 до 7 и далее, (которые не показаны). Обычно, такие большие колебания считаются статистически не значимыми и не добавляют никакого дополнительного понимания. Здесь можно показать, что эти большие колебания скорости жидкости соответствуют интенсивным пикам, когерентно распространяющимися через несколько корпусных слоев с колоколообразной характеристикой, почти независимой от их амплитуды и продолжительности (даже при перемасштабировании их размера и продолжительности). При продлении наблюдений на значительно более длинный период, чтобы аномальные флуктуации, большие значения 4 на Рис. 22 могли бы быть смоделированы намного лучше, мы получаем непрерывные кривые (кроме некоторого постоянного остаточного шума), показанные на Рис. 23. Здесь, каждая из трех кривых соответствует измерению распределения в данном корпусном слое ($n = 11, 15, \text{ и } 18$).

На Рис. 23 было выполнено стандартное преобразование, при котором сжимались или растягивались абсцисса и ордината для каждой кривой таким образом, чтобы все три кривые совпали друг с другом. Если такое преобразование окажется успешным, то это будет означать, по определению, что эти три распределения идентичны. Этот факт очень полезен для понимания лежащего в основе механизма, а также для использования в будущем при оценивании риска и управлении им. Наивно было бы ожидать, что одинаковая физика применима в каждом из сферических слоев и что, как следствие, распределения должны быть одинаковыми, если не изменять единицу длины различных масштабов, существующих в каждом слое. Здесь, мы наблюдаем, что три кривые действительно замечательно совпадают, но только для маленьких флуктуаций скорости, в то время как большие колебания описываются очень разными толстыми хвостами. В противном случае, если попытаться свести кривые в области больших колебаний скорости, тогда части кривых, близких к началу (в области малых скоростей) не сходятся вообще и очень различны. Отсюда можно сделать заключение – распределения приращений скорости, по-видимому, состоят из двух областей: области, так называемых "нормального масштабирования" и области экстремальных событий.

Вывод, который проистекает из приведенного выше обсуждения: концепция "выбросов" и экстремальных событий не требует, чтобы распределение было не гладким, как показано на правой части Рис. 22. Шум да и, в особенности, сам процесс построения распределения будут почти всегда сглаживать кривые. В [252] найдено, что это распределение состоит из двух различных совокупностей событий, тела и хвоста, которые имеют различную физику, различный масштаб и различные свойства. Это явная демонстрация того факта, что модель турбулентности содержит "выбросы", которые трактуются как четкая группа очень больших и весьма редких событий, которые перемежают нормальную динамику и которые не могут быть

рассматриваемы, как увеличенные версии маленьких флуктуаций. Это склоняет нас к догадке, что аномальные свойства "масштабирования" турбулентности могут сходным образом управляться сосуществованием нормальных безвредных колебаний скорости и экстремальных сконцентрированных событий, возможно, связанных с определенными вихревыми нитями или другими когерентными структурами [371].

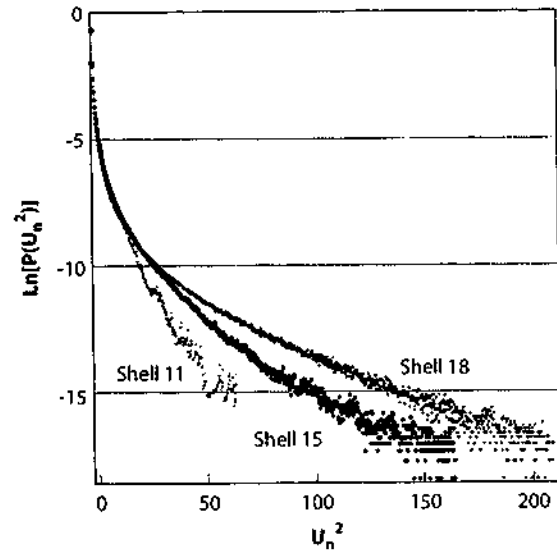


Рис. 23. Функция распределения вероятности квадрата скорости как на Рис. 22, но для гораздо более длинного ряда времени, чтобы хвост распределений для очень больших флуктуаций был намного лучше ограничен. Гипотеза о том, что не существует "выбросов" здесь проверяется "разрушением" распределения для трех показанных слоев. В то время, как это имеет успех для маленьких колебаний, хвосты распределений для больших событий весьма различны, указывая, что экстремальные колебания принадлежат к собственному классу и, следовательно, "выбросы". Вертикальная ось снова в логарифмическом масштабе. Источник [252].

Как следствие, тот факт, что распределение маленьких событий может показывать некоторое искривление или непрерывное поведение ничего не говорит против гипотезы "выбросов". Следует держать этот пункт в памяти при рассмотрении свидетельств, представленных ниже для просадок.

Распределение просадок рыночных индексов

Промышленный индекс Доу-Джонса

Рис. 24 показывает распределение просадок индекса DJIA в течение 20-го столетия.

Показательное распределение, обсуждавшееся в предыдущей разделе, было

получено при условии, что последовательные ценовые приращения независимы. Есть большая совокупность свидетельств правильности этого предположения в течение большинства торговых дней [68]. Однако, посмотрите, например, на четырнадцать самых больших просадок, которые произошли с индексом DJIA в этом столетии. Их характеристики представлены в Табл. 3. Только три из них продолжались один или два дня, в то время как другие девять продолжались четыре дня или больше. Давайте исследуем, в частности, самый большой спад. Он начался 14 октября 1987 (1987.786 в десятичных годах), продолжался четыре дня и привел к общей потере -30.7%. Этот крах, состоит из четырех последовательных отрицательных приращений: первый день – индекс упал на 3.8%; второй день – на 6.1%; третий день – на 10.4%; и четвертый день – на 30.7%. В терминах последовательных потерь, это соответствует 3.8%, 2.4%, 4.6% и затем 22.6% в день, известный, как Черный в понедельник октября 1987.

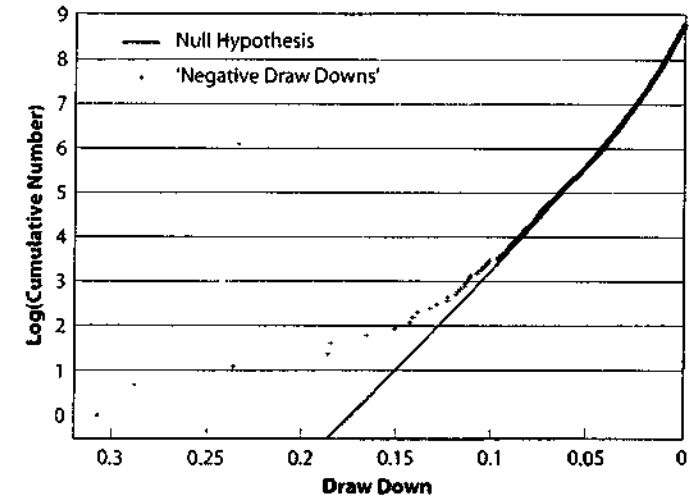


Рис. 24. Количество раз, когда данный уровень просадки наблюдался в 20-м столетии для DJIA. Источник [220].

Наблюдение больших последовательных падений свидетельствует, как мы уже заметили, на существование временной, преходящей корреляции. Для Доу-Джонса такое рассуждение может быть следующим образом. Мы используем простую форму функции распределения дневных потерь, а именно, экспоненциальное распределение с коэффициентом затухания 1/0.63%, полученным при подгонке под распределение просадок, показанное на Рис. 24. Качество экспоненциальной модели подтверждается прямыми вычислениями средней амплитуды потери, эквивалентной 0.67% и ее стандартного отклонения, равного 0.61% (вспомним, что точная экспонента дала бы три равных значения: 1/затухание = среднее = стандартное отклонение). Используя эти числовые значения, получаем вероятность падения равного или большего, чем 3.8% будет $\exp(-3.8/0.63) = 2.4 \times 10^{-3}$ (событие, происходящее примерно раз в два года); вероятность падения равного или большего, чем 2.4% – $\exp(-2.4/0.63) = 2.2 \times 10^{-2}$ (событие, происходящее примерно раз

в два месяца); вероятность падения равного или большего, чем 4.6% будет $\exp(-4.6/0.63)=6.7 \times 10^{-4}$ (событие, встречающееся примерно раз в шесть лет); вероятность падения равного или большего, чем 22.6% есть $\exp(-22.6/0.63) = 2.6 \times 10^{-16}$ (событие, встречающееся примерно раз в 1014 лет). Вместе, согласно гипотезе о том, что ежедневные потери являются некоррелированными между собой, последовательность из четырех падений, делающих самую большую просадку, происходит с вероятностью 10^{-23} , то есть, приблизительно, однажды за 4 тысячи миллиардов лет. Эта чрезвычайно малая величина – 10^{-23} говорит о том, что гипотеза о некоррелированных ежедневных приращениях должна быть отклонена: просадки, особенно большие, могут показывать неустойчивые корреляции в ценовом временном ряду.

Табл. 3 Характеристики 14 самых больших падений индекса DJIA в 20 веке

Ранг	Время начала	Значение индекса	Длительность (дней)	Потери
1	87.786	2508.16	4	-30.7%
2	14.579	76.7	2	-28.8%
3	29.818	301.22	3	-23.6%
4	33.549	108.67	4	-18.6%
5	32.249	77.15	8	-18.5%
6	29.852	238.19	4	-16.6%
7	29.835	273.51	2	-16.6%
8	32.630	67.5	1	-14.8%
9	31.93	90.14	7	-14.3%
10	32.694	76.54	3	-13.9%
11	74.719	674.05	11	-13.3%
12	30.444	239.69	4	-12.4%
13	31.735	109.86	5	-12.9%
14	98.649	8602.65	4	-12.4%

Время начала дано в десятичных годах. Источник [220].

Индекс NASDAQ-композит

На Рис. 25, мы видим ранжирование просадок для индекса Nasdaq-композит, с момента его создания в 1971 до 18 апреля 2000. Ранжирование, которое аналогично кумулятивному распределению с поменянными местами осями акцентирует внимание на самых больших событиях. Четыре самых больших события расположены не на линии продолжения распределения мелких событий: скачок между рангом 4 и 5 в относительном значении больше, чем 33%, в то время как соответствующий скачок между разрядом 5 и 6 – меньше, чем 1% и этот факт остается справедливым и для более высоких рангов. Это означает, что, для просадок, меньших, чем 12.5%, мы имеем более или менее "гладкую" кривую, а затем, разрыв, больший, чем 33%, ведущий к рангам 3 и 4. Эти четыре события, согласно рангу таковы: крах апреля 2000, крах октября 1987, "послешоковый" спад, больший, чем 17%, связанный с крахом октября 1987, и падение, большее 16%,

связанное с "медленным крахом" августа 1998, который мы обсудим позже, в главе 7.

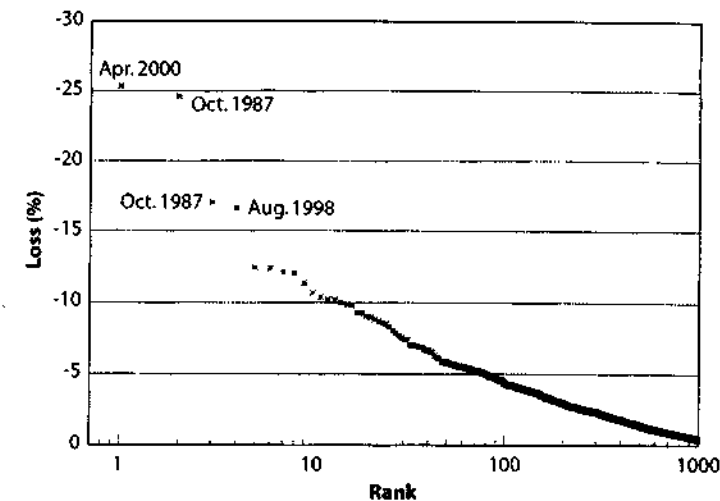


Рис. 25. Ранжирование просадок индекса Nasdaq-композит, начиная с его учреждения в 1971 до 18 апреля 2000. Ранг 1 (апрель 2000) является самым большим спадом, ранг 2 (октябрь 1987, в максимуме) второй по величине и т.д. Источник [217].

Чтобы увеличить статистическую значимость, на основании которой мы можем заключить, что четыре самых больших события – являются "выбросами", мы перетасовали дневные ценовые приращения 1,000 раз и, следовательно, сгенерировали 1,000 синтетических наборов данных. Эта процедура означает, что синтетические наборы данных будут иметь то же самое распределение ежедневных приращений. Однако, корреляции высшего порядка и зависимость, которая может присутствовать в самых больших просадках, будут разрушены такой перетасовкой. Этот, так называемый, "идентификационный" анализ данных распределения просадок имеет преимущество – он является *не параметрическим*, то есть независимым от качества соответствия экспоненциальной модели, или любой другой модели. Теперь мы сравним распределение просадок и для реальных данных, и для синтетических данных. Относительно синтетических данных, это может быть сделано двумя дополнительными способами.

На Рис. 26, мы видим распределение просадок индекса Nasdaq по сравнению с двумя линиями, построенными на уровне доверия 99% для всего ансамбля синтетических просадок, то есть, рассматривая индивидуальные просадки, как независимые: для любой данной просадки, верхняя (соответственно, нижняя) линия доверия проходит так, что пятеро из синтетических распределений располагаются выше (ниже) неё. Как следствие, 990 синтетических временных рядов из этой 1,000 – расположены в пределах двух линий доверия для любой величины спада, что определяет типичный интервал, в пределах которого мы ожидаем обнаружить эмпирическое распределение.

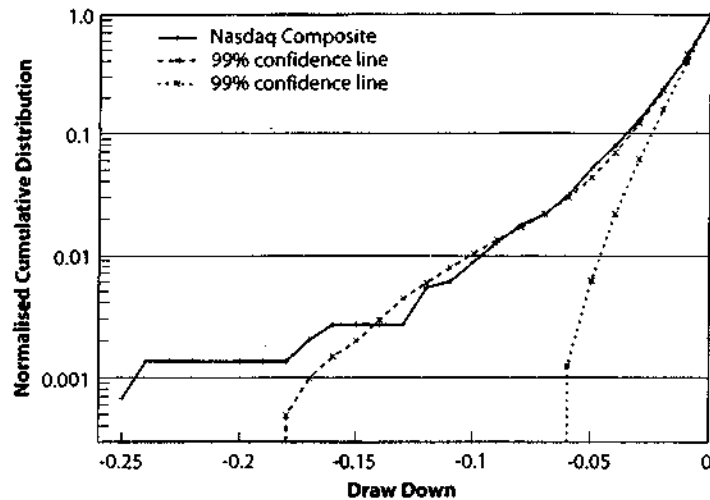


Рис. 26. Нормализованное совокупное распределение просадок индекса Nasdaq-композит, начиная с его учреждения в 1971 до 18 апреля 2000. Линии 99% доверия оценены из синтетических испытаний, описанных в тексте. Источник [217].

Наиболее поразительная особенность, показанная Рис. 26 – распределение истинных данных отдалается от интервалов 99% доверия, приблизительно, на 15%, доказывая тем самым, что четыре самых больших случая – действительно "выбросы". Другими словами, случайность, сама по себе, не может генерировать эти самые большие просадки. Таким образом, мы должны исследовать возможность того факта, что в специальные и редкие времена могли бы появляться механизм усиления и проявляться зависимость между ежедневными приращениями, чтобы создать эти "выбросы".

Более изощренный анализ должен рассмотреть каждый синтетический набор данных *отдельно* и вычислять *условную вероятность* наблюдения данного спада при условии нескольких предшествующих наблюдений просадок. Это дает более точную оценку статистической значимости "выбросов", потому что предварительно определенные доверительные границы пренебрегают корреляциями, созданными процессом упорядочивания, который явно использовался при построении совокупного распределения.

Это означает, что если данное распределение приращений случайно, то мы имеем 8% вероятность наблюдения спада, большего, чем 16.5%, 0.1% вероятности наблюдения двух просадок, больших, чем 16.5% и для всех практических потребностей – нулевую вероятность наблюдения трех или более просадок, больших 16.5%. Следовательно, мы можем отвергнуть гипотезу, что четыре самые большие просадки, наблюдаемые на индексе Nasdaq-композит, могли произойти всего лишь случайно, с вероятностью, большей, чем 99.99%, то есть по существу, с достоверностью. Как следствие, мы снова приходим к заключению, что самые большие рыночные события характеризуются более сильной взаимозависимостью

чем, наблюдается в течение времени, характеризуемого небольшими ценовыми приращениями.

Этот анализ подтверждает выводы из анализа DJIA, показанного на Рис. 24, что просадки, большие, приблизительно, 15% должны рассматриваться, с высокой вероятностью, как выбросы в статистической совокупности. Интересно, что практически идентичная амплитуда, приблизительно равная 15%, обнаружена для обоих рынков, несмотря на значительно большую ежедневную волатильность индекса Nasdaq-композит. Это может следовать из того факта, как мы уже показали, что очень большие просадки в значительной мере управляются переходными корреляциями, ведущими к последовательности потерь длительностью несколько в несколько дней, чем амплитудой отдельного дневного приращения.

Статистический анализ индексов DJIA и Nasdaq-композит говорит, что большие крахи являются экстремальными событиями. В следующих главах, мы покажем, что есть и другие специфические характеристики временных рядов, связанные с "выбросами", типа предшествующих рыночных паттернов, украшающих спекулятивные пузыри, которые заканчиваются крахом.

Дальнейшие тесты

Когда кто-то делает наблюдения, которые значительно отклоняются от существующих ожиданий (технически называемых "нулевой гипотезой"), важно сохранять холодную голову и тщательно исследовать все возможные объяснения. Как красноречиво выразился Фриман Дайсон [116]:

Профессиональная обязанность ученого, столкнувшегося с новой и захватывающей теорией состоит в том, чтобы пробовать доказать её неправильность. Так работает наука. Так наука остается честной. Каждая новая теория должна бороться за своё существование против интенсивной и часто ожесточенной критики. Самые новые теории могут быть неправильными и критика абсолютно необходима, чтобы убрать их и создать место для лучших теорий. Редкая теория, которая переживает критику, усиливается и улучшается ею, и затем постепенно включается в растущее тело научного знания.

Мощный метод исследования, лежащий в вердикте Дайсона – это, так называемый, научный метод. В двух словах, он состоит из следующих шагов: (1) мы наблюдаем данные; (2) мы создаем предварительное описание, называемое гипотезой, которая является совместимой с тем, что мы наблюдали; (3) мы используем гипотезу, чтобы сделать предсказания; (4) мы проверяем эти предсказания экспериментами или дальнейшими наблюдениями и изменяем гипотезу в свете наших новых результатов; (5) мы повторяем шаги 3 и 4 до тех пор, пока останутся лишь незначительные или вообще никаких несоответствий между теорией и экспериментом и/или наблюдением. Когда получена совместимость данных экспериментов и предсказания, гипотеза становится теорией и обеспечивает согласованный набор суждений, которые объясняют класс явлений. Теория становится рабочим подходом, с помощью которого объясняются наблюдения и делаются предсказания. Кроме того, ученые используют принцип, известный как

"бритва Оккама", а также известный как закон экономии или закон простоты: "Когда вы имеете две конкурирующие теории, которые делают те же самые предсказания, то предпочтительнее та из теорий, которая является более простой". Есть простая, практическая причина для этого принципа: он делает жизнь более простой в целях предсказания будущего, поскольку должно быть определено или контролироваться меньшее количество факторов.

Более важен тот факт, что меньшее количество предположений и меньшее количество параметров делает предсказание новых явлений более устойчивым. Подумайте, например, о двух конкурирующих объяснениях Декарта и Ньютона для регулярности планетарных движений Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера и Урана по орбитам вокруг Солнца. Согласно Декарту, движение планет можно было бы объяснять сложной системой вихрей двигающихся в Эфире (гипотетическая материя, заполняющая космос). Напротив, Ньютон предложил свой известный универсальный закон гравитационной силы между любыми двумя массивными телами. Оба объяснения априори имеют силу и оба могут объяснять планетарные движения. Различие заключается в том, что Декартово объяснение не может экстраполироваться, чтобы предсказывать новые наблюдения, в то время как закон Ньютона вел к предсказанию существования необнаруженных планет, типа Нептуна. Мощь модели или теории, таким образом, заключается в предсказании явлений, которые не использовались для ее построения. Эйнштейн высказал это таким образом: "теория тем больше внушительна, чем больше просторны ее помещения, чем более различны виды вещей, которые она связывает и чем шире диапазон ее применимости".

Вот где мы находимся, если принимаем научный метод:

1. Мы посмотрели на финансовые данные и нашли их очевидно случайными.
2. Мы сформировали гипотезу, что эволюция во времени рыночных цен является случайным блужданием.
3. Мы использовали эту гипотезу, чтобы сделать предсказание, что распределение просадок должно быть экспоненциальным.
4. Мы проверили это предсказание, строя распределение приращений цен для DJIA и нашли очевидное несоответствие, особенно значимое относительно самых больших просадок.

Перед отклонением нашей начальной гипотезы и принятием идеи, что рыночные цены – не полностью случайны, мы должны, во-первых, проверить, что наблюдение "статистически значимо". Проще говоря, это означает, что отклонение от экспоненты могло быть результатом малости набора данных или других, не идентифицированных факторов, не связанных с данными. Очевидное отклонение от показательного распределения не было бы, в этом случае подлинным, а явилось бы следствием ошибки, артефактом наших измерений или просто случайностью. Чтобы попытаться избежать этих ловушек, мы нуждаемся в тестах, которые сообщают нам о том, что наблюдаемое отклонение существенно и заслуживает доверия. Действительно, бритва Оккама говорит, что мы должны предпочесть более простую гипотезу о случайности, пока сила очевидности не заставит изменить наши убеждения.

Чтобы посмотреть, какое из этих двух описаний (случайное или неслучайное) является наиболее точным, был выполнен следующий статистический анализ рыночных колебаний. Во-первых, мы аппроксимировали распределение просадок, меньших 15% для DJIA показательным распределением и нашли характеристический 2% масштаб спада. Эта характеристическая константа затухания означает, что вероятность наблюдения спада, большего 2% – приблизительно 37%. Следуя нулевой гипотезе о том, что экспоненциальное описание является правильным, и, экстраполируя это описание, например, на три самых больших краха на американском рынке в этом столетии (1914, 1929, и 1987), как показано на Рис. 24, получаем время повторения для каждого отдельного краха равным, приблизительно пятидесяти столетиям. В действительности, три краха произошли в одном столетии. Этот результат – первый признак того, что показательная модель не применима к большим крахам.

В качестве дополнительного теста было сгенерировано 10,000 так называемых синтетических наборов данных, каждый из которых покрывал промежуток времени, близкий к столетию, которые, будучи сложенными вместе покрывали временной промежуток, составляющий в целом приблизительно 1 миллион лет. Генерация была произведена с помощью стандартной статистической модели, используемой в финансовой индустрии [46]. Мы использовали версию модели GARCH (1,1) оценки истинного индекса с распределением Стюдента с четырьмя степенями свободы. Эта модель включает и нестационарность волатильностей (амплитуда ценовых изменений) и "толстые хвосты" распределения ценовых приращений, показанные на Рис. 17. Наш анализ [209] показывает, что, приблизительно, за 1 миллион лет "GARCH-трейдинга" с толстым хвостом и переустановкой (reset) каждые сто лет, никогда не происходило три краха, подобные трем самым большим крахам, наблюдаемым для реального DJIA, происшедшего в отдельном "GARCH-столетии".

Другой подход состоит в том, чтобы использовать модель GARCH с распределением Стюдента для шума с 4 степенями свободы, приспособленным к DJIA, чтобы непосредственно строить распределение просадок и сравнивать его с реальными данными. Из синтетического ценового временного ряда, сгенерированного моделью GARCH, распределение просадок построено согласно той же самой процедуре, как и в анализе реальных временных рядов. Рис. 27 показывает две пунктирные линии, определяющие, что 99% просадок синтетического GARCH-ряда с шумовым распределением Стюдента оказываются в пределах этих двух линий: таким образом, существует вероятность 1%, что просадка в GARCH-ряде попадает выше верхней линии или ниже нижней линии. Заметьте, что распределение просадок из синтетической модели GARCH приблизительно экспоненциально или слегка субэкспоненциально для просадок величиной до, приблизительно, 10% и хорошо соответствует эмпирическому распределению падений, показанному символом + для DJIA. Однако, три самых больших просадки – явно выше верхней линии. Мы делаем вывод, что GARCH-зависимости не могут (полностью) соответствовать зависимостям, наблюдаемым в реальных данных, в особенности, связанную с очень большими просадками. Это показывает, что одна из наиболее часто используемых эталонных моделей в финансах оказывается не в состоянии соответствовать экспериментальным данным.

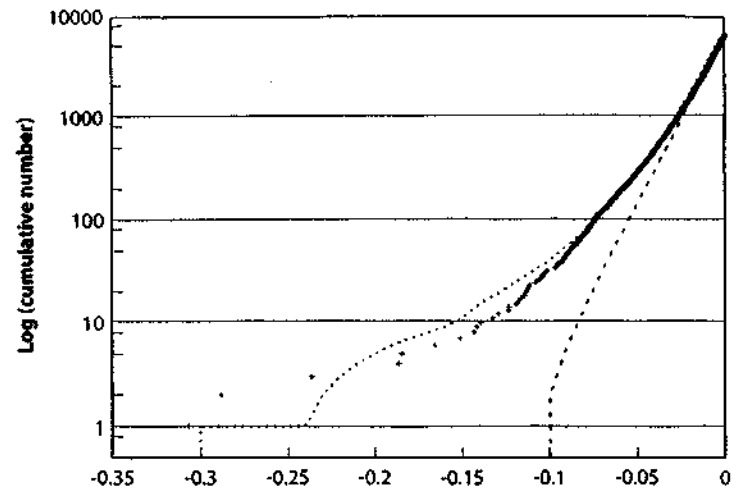


Рис. 27. Две пунктирных линии определены так, чтобы 99% просадок синтетического ряда GARCH (1,1) с шумовым распределением Стюдента с 4 степенями свободы оказываются в пределах этих двух линий. Символы + представляют совокупное распределение просадок для DJIA. Ордината находится в логарифмическом масштабе, в то время как абсцисса показывает просадку: например, -0.30 соответствует спаду -30%. Источник [399].

Эта новая часть доказательств, после предыдущего отклонения нулевой гипотезы о том, что перетасовка временного ряда, показывает те же самые просадки, что и реальный временной ряд (см. далее), усиливает доказательность вывода о том, что большие просадки – это выбросы.

Конечно, такие испытания не говорят нам, какова правильная модель. Они только показывают, что одна из стандартных моделей финансовой индустрии и академического науки (которая представляет разумную нулевую гипотезу случайных рынков), вовсе неспособна объяснить факты, связанные с большими финансовыми крахами. Это предполагает, что за большие крахи, по-видимому, ответственны другие механизмы. Такое заключение оправдывает тот специальный статус, который средства информации и публика придает финансовым крахам. Если самые большие просадки – это выбросы, то мы должны рассмотреть возможность того, что они могут обладать более высокой степенью предсказуемости, чем мелкие рыночные движения.

В этом – предмет настоящей книги. Программа, стоящая перед нами, состоит в том, чтобы на основании наблюдения, что большие крахи являются очень редкими и специфическими событиями, попробовать понять механизм и причины их возникновения, а затем проверить их на потенциальную предсказуемость. Перед тем как приступить к этому, мы суммируем свидетельства существования выбросов на других финансовых рынках. Если выбросы окажутся вездесущими, то это вынудит нас построить для них специфические модели.

Присутствие выбросов – общее явление

Наборы данных, которые были проанализированы [220], включают

1. Главные мировые финансовые индексы: Dow Jones, Standard&Poors, Nasdaq-композит, TSE300 (Торонто, Канада), All Common (Сиднейская фондовая биржа, Австралия), Strait Times (Сингапурская фондовая биржа), Hang Seng (Гонконгская фондовая биржа), Nikkei 225 (Фондовая биржа Токио, Япония), FTSE 100 (Лондонская фондовая биржа, Великобритания), SAC40 (Парижская фондовая биржа, Франция), DAX (Франкфуртская фондовая биржа, Германия), MIBTel (Миланская фондовая биржа, Италия);
2. Валюты: доллар США против Немецкой марки (USD/DM), доллар США против Японской иены (USD/Yen), доллар США против Швейцарского франка (USD/CHF);
3. Золото;
4. Двадцать самых больших компаний на американском рынке в терминах капитализации, а также девять других, случайно выбранных в списке из пятидесяти самых больших компаний (Кока-кола, Qualcomm, Appl. Materials, Procter & Gamble, JDS Uniphase, "Дженерал Моторс", Am. Home. Prod., Medtronic, и Форд).

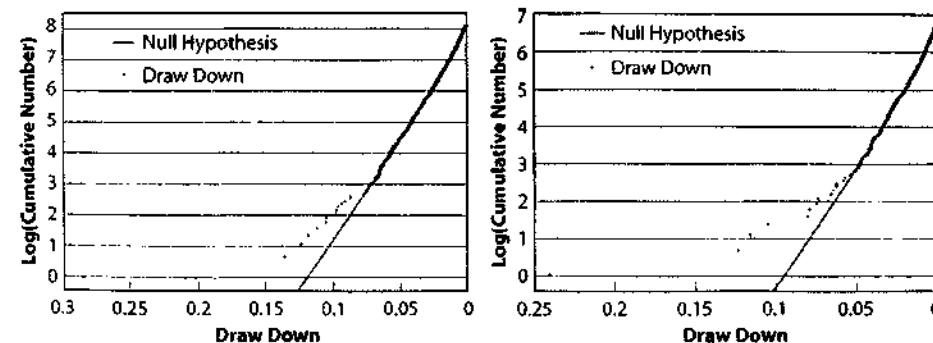


Рис. 28. Индексы Standard & Poor's (слева) и TSE 300. Обратите внимание на изолированный + в левом нижнем углу каждой панели, показывающий самый большой спад – явный "выброс". Его стоимость на вертикальной оси – 0, потому что наблюдался только один такой большой случай, а логарифм 1 равен 0. В самом деле, вспомним, что такой вид совокупного распределения считает события от основания до вершины, сортируя их от самого большого до самого маленького при охвате от слева направо. Источник [220].

Эти наборы данных покрывают различные промежутки времени, из-за различных продолжительностей жизни объектов, генерирующих эти данные, особенно, для некоторых молодых компаний "новой экономики". Такой выбор временных рядов далек от исчерпывающего, но представляет разумный материал для наших целей: мы увидим, что за исключением индекса SAC40 ("французское

исключение"?), все временные ряды покажут явные "выбросы". Это предполагает, что "выбросы" составляют вездесущую особенность финансовых рынков, независимо от природы последних.

Индексы основных рынков акций, валюты и золото

Набор рисунков Рис. 28 – Рис. 34 демонстрирует, являются ли наблюдения, представленные в предыдущем разделе этой главы для американских рынков специфичными только для них или они представляют собой общую особенность поведения рынка акций. Мы, таким образом, проанализировали главные индексы рынков акций оставшихся шести стран "большой семерки G7", а также индексы Австралии, Гонконга, Сингапура и другого важного американского индекса, называемого Standard & Poor's 500. Результаты этого анализа показаны на Рис. 28 – Рис. 32. Весьма примечательно, что все рынки, кроме французского и японского, находящегося в пограничной области, показывают то же самое качественное поведение, указывающее на наличие выбросов. Парижская фондовая биржа – единственное исключение, у которого распределение просадок почти совершенно экспоненциально. Может быть время наблюдения, использованное для SAC40 не достаточно большое, чтобы проявились выбросы. Если мы сравним с Миланским фондовым индексом MIBTeI, то увидим, что всё распределение, кроме единственного самого большого падения, также близко к чистой экспоненте. Присутствие или отсутствие этого выброса, таким образом, и составляет все различие. В случае Японского фондового рынка, мы обращаем внимание, что он демонстрирует общее снижение с 1990 к началу 1999, что составляет более трети от всего набора данных. Полное снижение было приблизительно равно 60 % по величине. Это может объяснить, почему свидетельство наличия выбросов менее значимо и зримо, чем у других индексов.

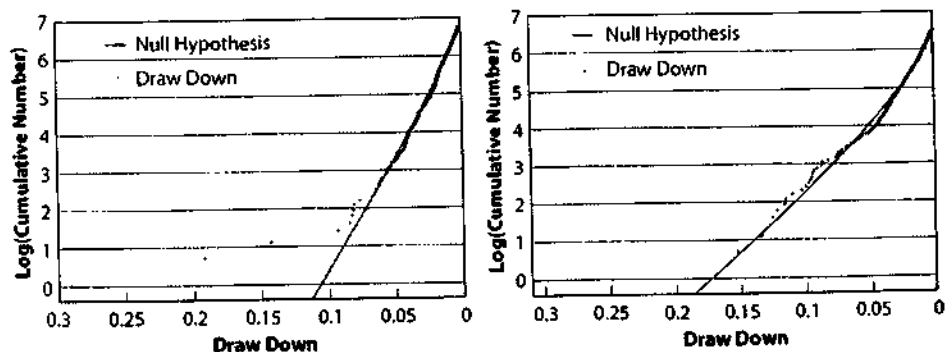


Рис. 29. Индексы Всех обыкновенных акций (Австралия) (слева) и Straits Times (Сингапур). Обратите снова внимание на изолированный + в левом нижнем углу каждой группы, указывающий на самый большой спад, явный "выброс". Источник [220].

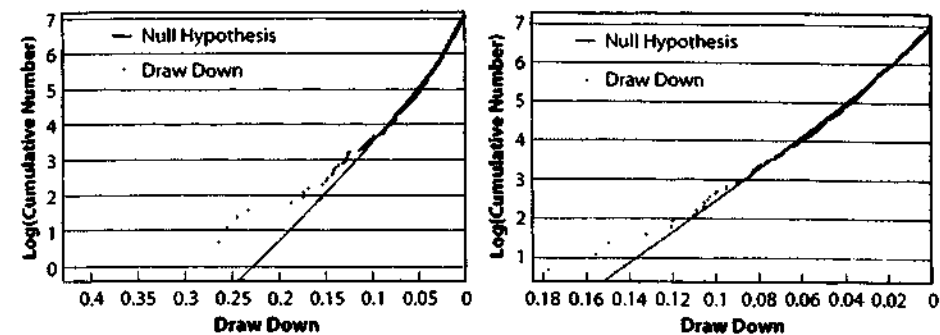


Рис. 30. Индексы Hang Seng (Гонконг) (слева) и Nikkei 225 (Япония). Источник [220].

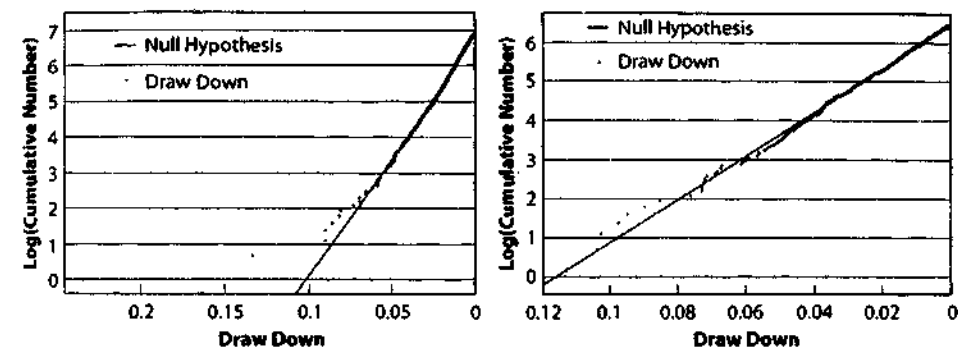


Рис. 31. Индексы FTSE100 (Великобритания) (слева) и SAC40 (Франция) Источник [220].

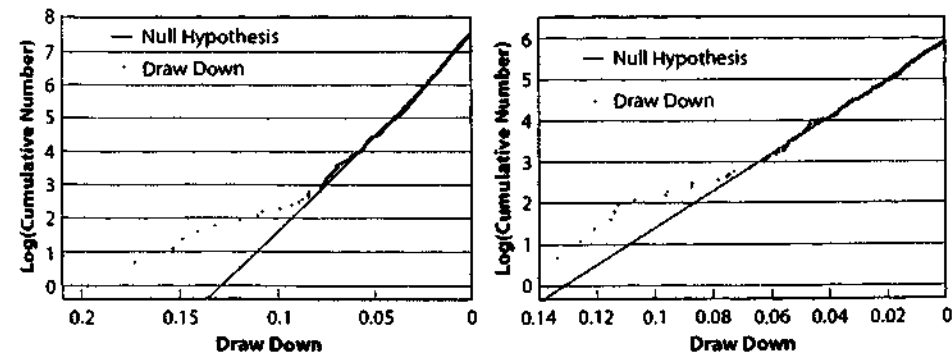


Рис. 32. DAX (Германия) (слева) и MIBTeI (Италия). Источник [220].

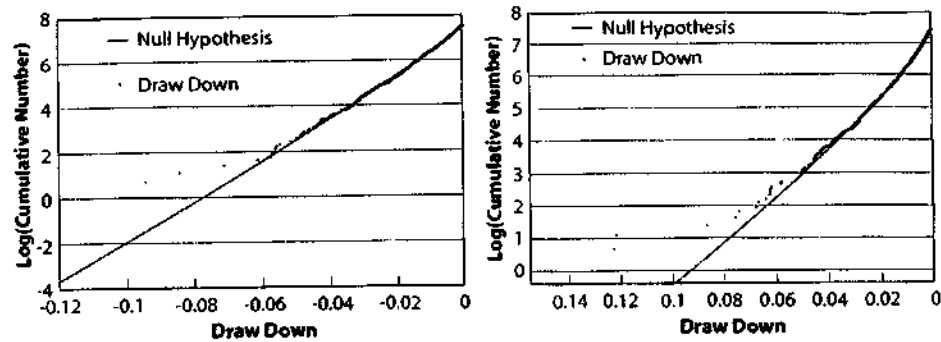


Рис. 33. Доллар США/DM (слева) и доллар США/иена. Источник [220].

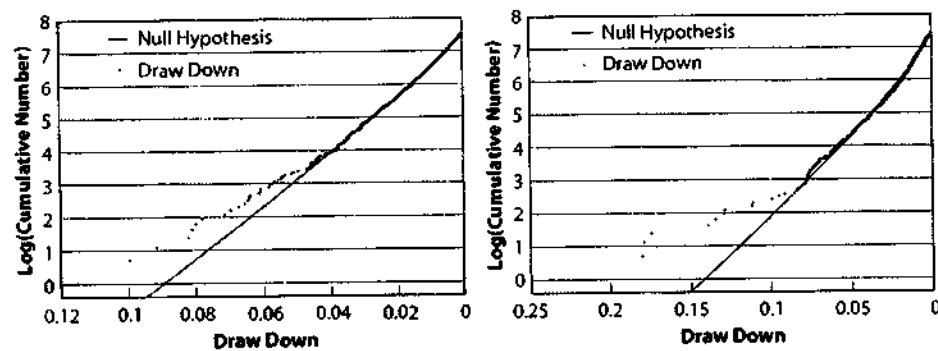


Рис. 34. Доллар США/CHF (швейцарский франк) (слева) и золото(справа). Источник [220].

Рис. 33 и Рис. 34 показывают, что подобное поведение наблюдается также у валют, и у золота. Суммируя, можно сказать, что результаты анализа различных индексов рынков акций, обменного курса доллара США против трех различных основных валют, а также рынка золота показывают, что "выбросы" являются вездесущими особенностями главных финансовых рынков [220].

Крупнейшие компании США

Давайте теперь расширим этот анализ на самые-самые большие компании в Соединенных Штатах в терминах капитализации (рыночной стоимости) [220]. Ранжирование по рейтингу журнала Forbes в начале 2000 года позволило выбрать двадцатку лучших, и кроме этого, случайным образом были выбраны и другие компании, а именно, номер 25 (Кока-кола), номер 30 (Qualcomm), номер 35 (Appl. Materials), номер 39 (JDS Uniphase), номер 46 (Am. Home Prod.) и номер 50 (Medtronic). Еще три компании были добавлены в этот список, чтобы получить более длинный временной ряд, а также были добавлены представители автомобильного сектора. Это – Procter&Gamble (номер 38), "Дженерал Моторс"

(номер 43) и Форд (номер 64). Выборка представляет собой репрезентативный выбор, основанный на объективных критериях. Мы показываем здесь распределение просадок только для шести первых компаний и отсылаем к [220] для ознакомления с полным описанием результатов.

Из рисунков Рис. 35, Рис. 36 и Рис. 37 мы можем увидеть, что распределения для пяти самых больших компаний (Микрософт, Cisco, General Electric, Интел и Exxon-Mobil) ясно показывают те же самые особенности, что и главные финансовые рынки. Из оставшихся 23, для всех, кроме America Online и JDS Uniphase, мы находим "явные выбросы", но также обнаруживаем и разнообразие различных хвостов распределений. Интересно заметить, что эти две компании, America Online и JDS Uniphase, чьи распределения не показывали наличие выбросов, также являются двумя компаниями с самым значительным числом просадок в год, с амплитудой больше 15% (близко к 4).

Скачки доходности можно определить подобным же образом как приращения с положительным исходом, начинающиеся после падения и завершающиеся с новым падением. Распределения таких скачков также указывает на наличие выбросов, но менее выраженных, чем распределение просадок [220].

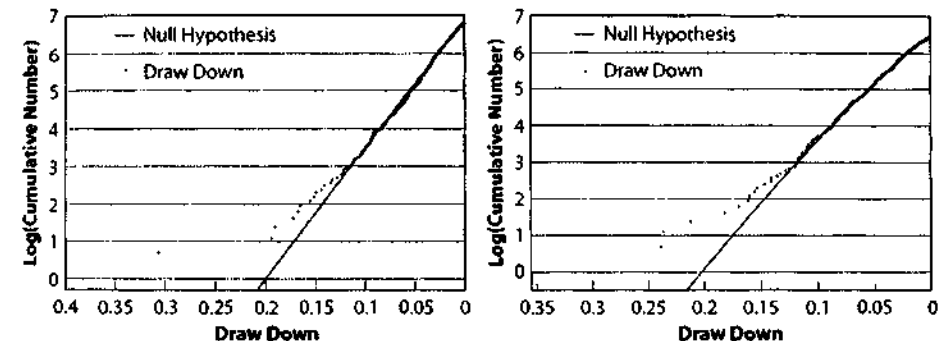


Рис. 35. Микрософт (слева) и Cisco. Источник [220].

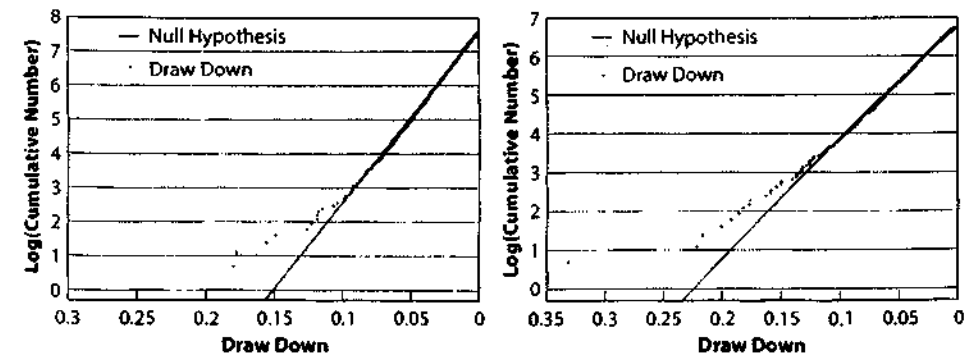


Рис. 36. Дженерал Электрик (слева) и Intel. Источник [220].

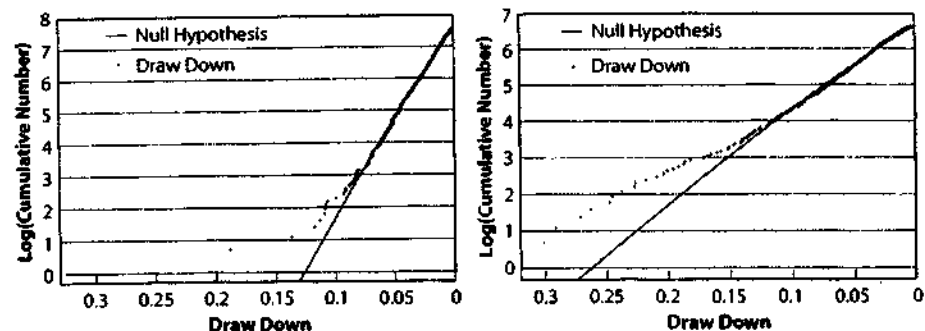


Рис. 37. Exxon-Mobil (слева) и Oracle. Источник [220].

Синтез

Мы обнаружили следующие факты [211, 217, 220].

1. Приблизительно от 1% до 2% самых больших просадок не объяснимы в соответствии с экспоненциальной нулевой гипотезой или ее расширением в терминах растянутой экспоненты [253]. Обнаружено, что большие просадки, встречаются в три раза чаще, чем ожидается исходя из нулевой гипотезы. Большие просадки характерны, практически, для всех временных рядов, которые мы исследовали. Единственным исключением является – французский индекс CAC40. Мы называем такие аномальные просадки, которые не могут быть объяснены на основе гипотезы случайности ряда, "выбросами".
2. Для скачков доходности приблизительно половина временного ряда демонстрирует присутствие "выбросов" в исследуемой выборке. Скачки доходности, таким образом, статистически отличаются от просадок и составляют более явно выраженную структуру финансовых рынков.
3. Для динамики активов компаний, большой скачок доходности, больший, чем 15% происходит, приблизительно, вдвое чаще, чем большие просадки подобных амплитуд.
4. Большая часть (98 %) просадок и скачков доходности очень хорошо соответствует экспоненциальной нулевой гипотезе (основанной на условии независимости ценовых изменений) или ее незначительному обобщению, называемому растянутой экспоненциальной моделью.

Наиболее важным результатом данного раздела является демонстрация того факта, что самые большие просадки являются "выбросами". Это так, несмотря на тот факт, что самые-самые большие дневные падения – не являются "выбросами", кроме единственного исключительного дневного падения 29 октября 1987. Поэтому, аномально большую амплитуду просадок можно объяснить, только используя гипотезу о существовании такого типа динамики, которая характеризуется редким и внезапным появлением сохраняющихся в течение какого-то времени и следующих друг за другом отрицательных приращений дневных цен.

Более того, в течение этого времени происходит коррелированное усиление падений. Вопрос о том, почему происходят такие последовательности коррелированных дневных ценовых движений является очень важным. Ответ на него значим для теории управления портфелем и системного риска, а упоминание только двух приложений определяется тем, что в последующих разделах мы будем исследовать именно их. Системные риски являются такими рисками, которые вызываются крахами (крахами фирмы или банка, крахами в системе связи) и порождают огромные последствия для других фирмах или для других сегментов рынка. Системный риск – это риск, который вызывает такие чрезвычайные нарушения, полный крах финансовой системы из-за высокой связности современных рынков. Такой риск, приводящий к возникновению распространяющейся инфекции – вовлечение в крах все новых проблемных фирм или, даже, целых рыночных сегментов известен как системный риск.

То, что безопасности системы в целом может угрожать крах лишь одной из ее составляющих, было ярко продемонстрировано в сентябре 1998, когда американский Федеральный резервный банк организовывал спасение хеджевого фонда, Long-Term Capital Management, потому что он боялся, что коллапс фонда вызовет опустошение на финансовых рынках. LTCM имел рыночные обязательства в 200 миллиарда \$, в то время как его основной капитал был приблизительно \$4.8 миллиарда. См., например, <http://riskinstitute.ch/134720.htm> с описанием контрмер, использовавшихся для гарантий системной безопасности.

Нарушение симметрии в дни крахов и взлетов

Лилло и Мантегна [267] недавно убедительно продемонстрировали другой ясный признак того, что дни крахов и дни взлетов рынков значительно отличаются от типичных рыночных дней по своим статистическим свойствам. А именно, они исследовали распределения приращений для ансамбля акций, одновременно торговавшихся на Нью-Йоркской Фондовой бирже (NYSE) за дни чрезвычайных крахов или взлетов рынка за период с января 1987 до декабря 1998. Общее количество n активов торгуемых на NYSE, быстро увеличилось с 1,128 в 1987 до 2,788 в 1998. Общее количество записей данных использованных в этом анализе, таким образом, превышало 6 миллионов.

Рис. 38 показывает 200 распределений приращений, по одному для каждого из 200 дней торговли, причем ансамбль приращений построен по целому набору акций, торговавшихся на NYSE. Секционный разрез, проведенный по любому торговому дню, дает картинку, типа той, что показана на Рис. 17 (за исключением отсутствия загиба назад отрицательных приращений, выполненный на Рис. 17). Рис. 38 ясно показывает аномально большую ширину и толстые хвосты в день краха 19 октября 1987, также как и в течение других бурных дней анализируемого периода.

Лилло и Мантегна [267] продемонстрировали и другую замечательную характеристику динамического поведения, связанного с крахами и ралли, а именно – искажение распределений ценовых приращений проявляется сильно не только в хвостах, описывающих большие рыночные движения, но также и в центре распределений. Точнее, они показали, что полная форма распределений изменяется

в дни ралли и дни крушений. Распределения девяти торговых дней с самыми большими падениями и девяти торговых дней с самыми большими повышениями индекса Standard & Poor's 500 приведены в Табл. 4 и показаны на Рис. 39 и Рис. 40.

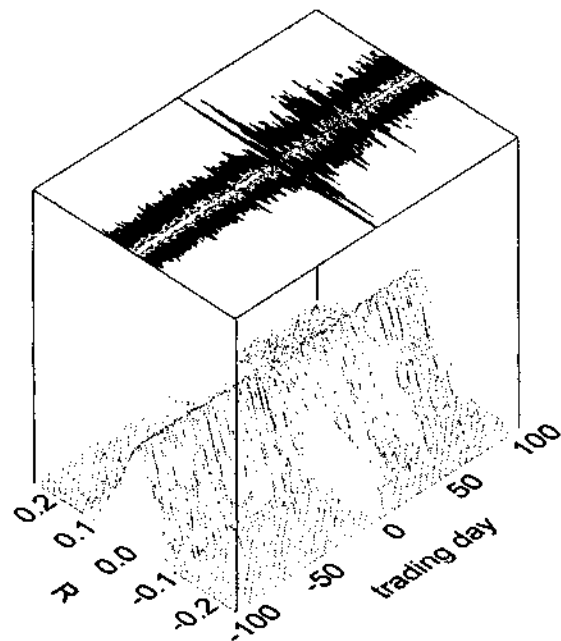


Рис. 38. Двумерные (линии уровня) и трехмерные графики распределения ценовых приращений в интервале 200 торговых дней, с центром 19 октября 1987 (соответствует 0 абсциссы). Масштаб плотности вероятности (ось Z) поверхностного участка логарифмический, что обеспечивает для прямого затухания экспоненциальное распределение. График изоквант (линий, на которых логарифм функции плотности вероятности принимает одинаковое значение) на верхней грани куба кодируется яркостью. Самая яркая область контурного участка соответствует наиболее вероятному значению. Символ R означает return (исход или приращение). Источник [267].

Рис. 39 показывает, что в дни краха распределение приращений имеет пик в отрицательной области и оно скошено так, что создает асимметрию и более длинный хвост в области отрицательных приращений. Среди всех активов наличествует не только большее количество дней с падением цен, чем дней с ростом цен, но и ценовые падения более явно выражены. Обратное утверждение верно в течение дней ралли, как показано на Рис. 40. Поэтому, в дни крахов и в дни ралли не только масштаб, но также форма, и свойства симметрии распределения изменяются.

Изменение формы и свойств симметрии в течение дней больших абсолютных приращений (крахов и взлетов) говорит, что в такие экстремальные дни, поведение рынка не может быть статистически описано таким же образом, каким оно успешно описывается в течение "нормальных" периодов.

Табл. 4

Дата	Приращения S&P500	Рисунок (часть)
19/10/1987	-0.2041	Рис. 39a
26/10/1987	-0.0830	Рис. 39b
27/10/1987	-0.0686	Рис. 39c
31/08/1998	-0.0679	Рис. 39d
08/01/1988	-0.0674	Рис. 39e
13/10/1989	-0.0611	Рис. 39f
16/10/1987	-0.0513	Рис. 39g
14/04/1988	-0.0435	Рис. 39h
30/11/1987	-0.0416	Рис. 39i
21/10/1987	+0.0908	Рис. 40a
20/10/1987	+0.0524	Рис. 40b
28/10/1997	+0.0511	Рис. 40c
08/09/1998	+0.0509	Рис. 40d
29/10/1987	+0.0493	Рис. 40e
15/10/1998	+0.0418	Рис. 40f
01/09/1998	+0.0383	Рис. 40g
17/01/1991	+0.0373	Рис. 40h
04/01/1988	+0.0360	Рис. 40i

Список 18 дней из периода (с января 1987 по декабрь 1998), в котором индекс S&P500 имел самое большое приращение в абсолютном значении. Третья колонка показывает соответствующую панель из ансамбля распределений, показанного на Рис. 39 и Рис. 40. Источник [267].

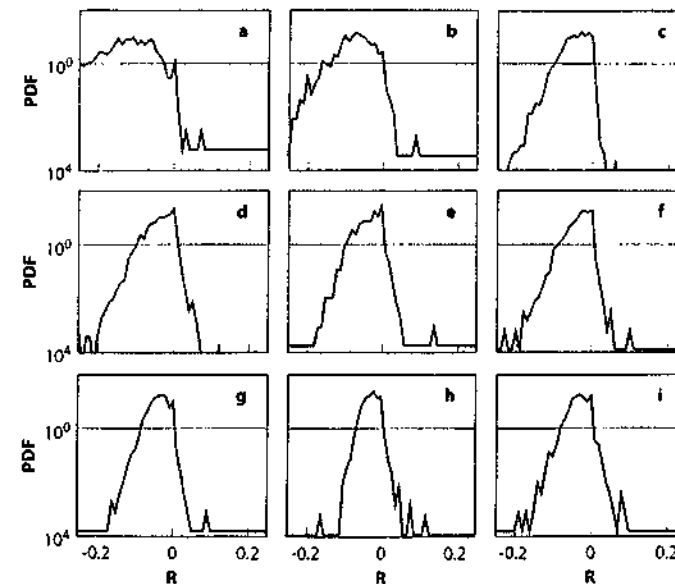


Рис. 39. Ансамбль распределений приращений в дни, когда индекс S&P500 показывал экстремальные отрицательные приращения, в исследуемом периоде времени (первая часть Табл. 4). Ордината дана в логарифмическом масштабе. PDF означает probability distribution function (функцию распределения вероятности). Источник [267].

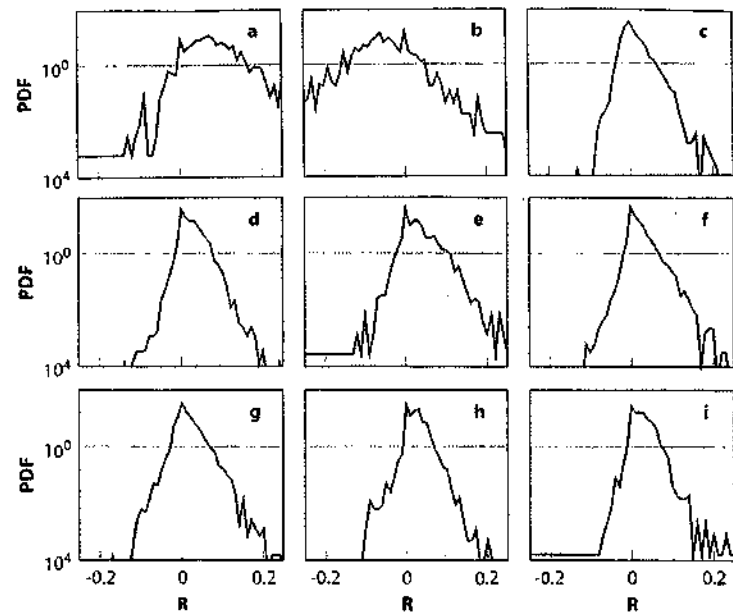


Рис. 40. Ансамбль распределений приращений в дни, когда индекс S&P500 показывал экстремально положительные приращения, в исследуемом периоде времени (вторая часть Табл. 4). Ордината дана в логарифмическом масштабе. PDF означает probability distribution function (функцию распределения вероятности). Источник [267].

Техника безопасности на рынках акций

Понимание того, что большие просадки и крахи, в частности, могут быть результатом последовательности потерь, происходящих за несколько дней, следующих друг за другом, не прошло незамеченным для регулирующих финансовые рынки организаций. После рыночного краха в октябре 1987, Комиссия по ценным бумагам и биржам (Securities and Exchange Commission, SEC) попыталась воспрепятствовать возможным будущим потрясениям в однодневном масштабе и вместе с тремя главными американскими фондовыми рынками согласилась устанавливать, так называемые, прерыватели торговли (circuit breakers). Прерыватели торгов предназначены для того, чтобы постепенно запрещать торговлю в течение рыночных падений. Причем, сначала ограничивается программная торговля на NYSE и, в конечном счете, останавливается вся рыночная деятельность (акции, опционы и фьючерсы). Подобные прерыватели торговли работают и на других мировых рынках акций с различными специфическими для этих рынков особенностями.

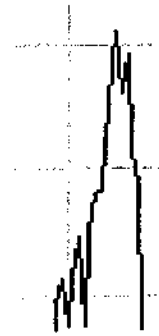
Величина ценовых приращений, запускающая прерыватели торговли. С 15 апреля 1998, SEC одобрила новые уровни ценовых приращений, которые включают механизм прерывателя торгов для

однодневных падений DJIA – 10%, 20% и 30%. Остановка торгов при снижении на 10% будет действовать один час, если это произошло до 14:00 восточного времени (EST). Появление такого события в интервале от 14:00EST и до 14:30EST, будет сопровождаться остановкой торгов на полчаса. После 14:30EST торговля не будет останавливаться при появлении такого события (падения цены на 10%) и будет продолжена до закрытия биржи. Остановка торгов при снижении на 20% будет действовать два часа, если это произошло до 13:00EST. После 13:00EST и до 14:00EST, остановка будет действовать в течение одного часа. Если величина 20 % падения достигнута в или после 14:00EST, торговля останавливается до конца дня. Если происходит снижение рынка на 30% в любое время, торговля будет остановлена до конца дня. Ранее, прерыватели торгов срабатывали, когда DJIA падал на 350 пунктов (тридцатиминутная остановка) и 550 пунктов (часовая остановка) от цены закрытия предыдущего дня. Прерыватели торговли рассчитываются на основе средней цены закрытия Доу в течение месяца, предшествующего началу каждого календарного квартала.

Доводом в пользу остановки торгов, вызываемой включением механизма прерывателя торгов, является аргумент, что такая остановка обеспечивает время для брокеров и дилеров, чтобы они успели проконтактировать со своими клиентами и получить новые инструкции, в случае, если на рынке возникают большие ценовые движения или обговорить дополнительную маржу. Остановка также ограничивает кредитный риск и возможность потери финансового доверия, обеспечивая "перерыв" для расчетов и получения гарантий что каждый из участников торгов кредитоспособен. Этот период бездействия также дает возможность инвесторам сделать паузу, оценить ситуацию и избежать паники. Наконец, прерыватели торговли развеивают вредную иллюзию рыночной ликвидности, демонстрируя простой жизненный факт, что рынки ограничены в своей способности поглотить массивные несбалансированные объемы предложения и спроса. Они, таким образом, вынуждают больших инвесторов, типа портфельных менеджеров пенсионных и взаимных фондов, принимать во внимание воздействие "размеров их ордеров" и, таким образом, возможно, амортизируют большие рыночные движения.

Однако другие авторы доказывают, что остановка торговли может увеличивать риск, благодаря стимуляции торговли в ожидании остановки. Другое неудобство в том, что они препятствуют некоторым трейдерам ликвидировать свои позиции и, таким образом, создают рыночные искажения, мешая реализовывать активы по предварительно выбранной цене [188].

Как показано в [30] на примере краха октября 1987, страны, которые имели наиболее жесткие прерыватели торговли, типа Франции, Швейцарии и Израиля также имели одни из самых больших совокупных потерь. Согласно нашему взгляду на природу финансовых крахов, большие падения создаются преходящими и редкими взаимно связанными потерями, появляющимися в течение нескольких последовательных дней, поэтому прерыватели торговли не должны рассматриваться нами, как надежные защитники от крахов.



Глава №4 Положительные обратные СВЯЗИ

"Человеческий фактор является основным фактором, влияющим на динамику рынка. И действительно, иногда рынок реагирует быстро, яростно и практически без предупреждения... В конце концов история нам подсказывает, что рано или поздно должна произойти коррекция значительного масштаба. У меня на этот счет нет никаких сомнений, и пока человеческая натура остается неизменной, коррекции будут происходить снова и снова".

(Из выступления Алана Гринспена перед Комитетом по банковским и финансовым услугам Палаты представителей Конгресса США 24 июля 1998 г.)

В предыдущей главе были приведены убедительные факты, показывающие, что редкие, но аномально большие падения на протяжении череды дней происходят практически на всех рынках. Чем же можно объяснить такие чрезмерно глубокие проседания отдельных рынков?

Поскольку движение цен вверх и вниз вызывается действиями инвесторов, принимающих решения о покупке или продаже, любое отклонение от случайных блужданий в конечном итоге связано с поведением инвесторов. Для нас особый интерес представляют механизмы, способные вызвать положительную обратную реакцию цен, то есть, такие факторы, которые на основе наблюдений за предшествовавшим движением рынка вверх (или, соответственно, вниз) позволяют предположить, что рынок вероятнее всего продолжит движение вверх (или, соответственно, вниз) в виде большого кумулятивного движения. Концепция "положительной обратной связи" имеет долгую историю в экономической науке и связана с теорией "возрастающей отдачи", которая утверждает, что товары дешевеют по мере увеличения их производства, (и близко связана с точкой зрения, что некоторые товары, такие как аппараты факсимильной связи, становятся более полезными, если ими

пользуется большее число людей). "Положительная обратная связь" противоположна "отрицательной обратной связи" – хорошо известной концепции, применяемой, к примеру, в области изменений популяций животного мира. Чем больше популяция кроликов в долине, тем меньше травы приходится на одного кролика. Если популяция слишком разрастается, кролики в итоге начинают голодать, что приводит к снижению темпов их размножения, в результате чего популяция сокращается. Таким образом, отрицательная обратная связь означает, что чем больше популяция, тем ниже темпы ее воспроизводства, а это приводит к спонтанному регулированию популяции. Следовательно, отрицательная обратная связь регулирует рост, создавая равновесие. В отличие от отрицательной обратной связи, положительная обратная связь подразумевает, что чем выше в недавнем прошлом была цена или отдача от роста цен, тем выше и больше они станут в будущем. Неконтролируемая положительная обратная связь может привести к отрывам, при которых нарушение баланса становится таким огромным, что неожиданно могут начаться другие процессы, приводящие к обвалам или крахам рынка¹. Юссефмир (Youssefmir), Хуберман (Huberman) и Хогг (Hogg) [460] подчеркивали важность положительной обратной связи в своей теории динамики развития пузырей финансовых инструментов, описывающей процесс появления пузырей и их последующего краха. Положительная обратная связь приводит к возникновению спекулятивных тенденций, способных доминировать над фундаментальными основами и делающих систему в большей степени чувствительной к любому внешнему воздействию, что в конечном итоге ускоряет крах.

У рынка акций и в поведении инвесторов есть много механизмов, способных вызвать положительную обратную связь. Рис. 41 является юмористическим отображением фольклора трейдеров и их представлений о различных факторах, оказывающих влияние на рынок акций. Некоторые из этих факторов вызывают отрицательную обратную связь, другие – положительную связь или усиление.

Сначала мы в общих чертах коснемся развития экономической мысли в отношении обратной связи и самоорганизации. Затем опишем, как положительная обратная связь может воздействовать на цены в результате использования стратегий хеджирования производными бумагами и страхования инвестиционного портфеля. Далее мы перейдем к рассмотрению механизма положительной обратной связи в целом, известного в настоящее время как "стадный инстинкт" или "эффект толпы", и используем для этого имитационные процессы. Мы представим простую модель наилучшей стратегии инвестирования, которую инвестор может усовершенствовать в процессе общения с другими инвесторами и на основе полученной от них информации. Мы покажем, как поддержание такого общения может привести к возникновению значительного кооперативного феномена, при котором рынок

¹ Автор, по-видимому, имеет в виду "перескоки" траектории динамической системы, сепаратриссы в фазовом пространстве, приводящие к качественному изменению динамики системы (прим. науч. ред)

может неожиданно "проникнуться" глобальным мнением, что в свою очередь приведет к большим изменениям цены.

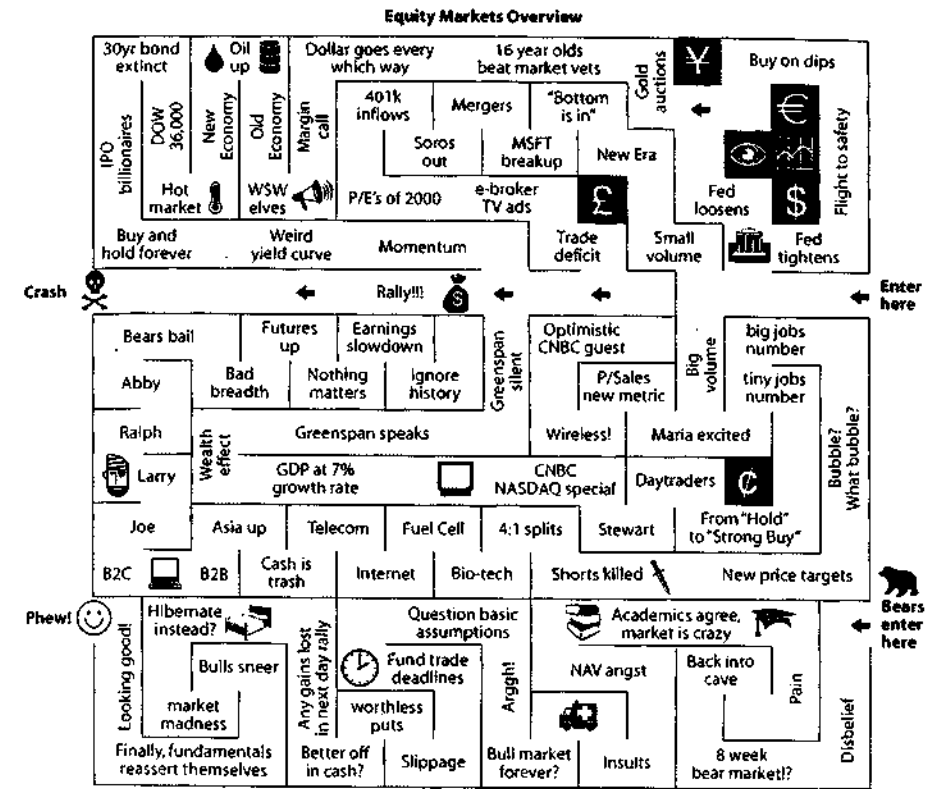


Рис. 41. Общее представление о рынках акций. Этот шуточный рисунок наглядно показывает множество факторов, оказывающих влияние на трейдеров, а также психологическую и социальную природу инвестиционного мира (источник анонимный).

Обратные связи и самоорганизация в экономике

Осознание важности обратных связей для оценки чрезвычайно сложно устроенных экономических систем уходит корнями к истокам экономической науки. И в самом деле, теория общего равновесия является ничем иным, как формализацией идеи, что "в экономике все взаимосвязано" [244]. Исторические корни и наиболее красочный синтез этой идеи содержатся в работе 18-го века, написанной шотландцем Адамом Смитом. Смит в своем шедевре "Исследование о природе и причинах богатства народов" выдвинул радикальную для того времени идею, что эгоистичные и алчные индивидуумы, если им позволить практически

бесконтрольно преследовать свои цели, станут взаимодействовать между собой, создавая тем самым более богатое общество, как если бы их направляла "невидимая рука". Смит так и не выдвинул доказательств существования той невидимой руки. И не все экономисты последующих времен согласились с таким оптимистичным тезисом. Томас Мальтус считал, что люди наплодят слишком много детей и вызовут перенаселение планеты. Карл Маркс думал, что капиталисты окажутся такими жадными, что вызовут крах всей системы. Но все они разделяли взгляды Смита, считавшего экономику процессом изучения людей, стремящихся максимально увеличить свое благосостояние. В 1954 г. К. Эрроу (K. Arrow) и Ж. Дебрё (J. Debreu) опубликовали статью, в которой по существу математически доказали существование невидимой руки по Адаму Смигу. С тех пор это доказательство "общего равновесия", построенное на ряде очень ограниченных представлений об идеализированном мире, служило основной опорой в процессе обучения будущих дипломированных экономистов.

Наиболее важным инструментом в таком анализе была теория игр с ее разбором ситуаций, как, например, при игре в покер или шахматы, где игроки вынуждены принимать решения на основе предположений о последующих действиях противника. Теория игр была впервые применена к экономике в 1940-х годах математиком Джоном фон Нейманом (John von Neumann), (тем самым фон Нейманом, чьи теоретические прозрения сделали возможным создание компьютера) и экономистом О. Morgenштерном (O. Morgenstern). С тех пор стандартная экономика и социология сравнивают модель поведения человеческого индивидуума с логической машиной общего назначения. Все задачи по принятию решений, независимо от их контекста, представляют собой поиск наиболее оптимального решения, подверженного внешним ограничениям со стороны физической среды или ответных действий других индивидуумов. Эта основополагающая догма является стержнем экономических курсов, читаемых в университетах, и студентам часто бывает очень трудно ее "проглотить". Многие из них сдаются, оказавшись не в состоянии выучить этот постулат. Такая идеализация удобна для разработки когерентных теоретических структур и изобилует богатыми умозаключениями. Однако, это плохое отражение реальности, поскольку многие из нас на деле не сведущи в вопросах экономической оптимизации! Выдающееся предвидение Адама Смита заключается в том, что это вовсе не означает, что мы не сможем эффективно функционировать при реальных социальных и экономических контактах. А все потому, что люди обладают природным интуитивным механизмом – модулями памяти, прекрасно служащими им в процессе ежедневных контактов между собой и позволяющими "просчитывать" ситуации, намерения и возможные варианты ответной реакции других индивидуумов без применения заученных методов глубокого, когнитивного анализа. Этот факт был установлен в ходе "экспериментов", проведенных большой группой экономистов-исследователей (библиография этих исследований содержит 1500 работ [197] в области "экспериментальной экономики" [389]).

Экспериментальные подходы в экономике, применение которых началось в середине 20-го столетия, были разработаны для изучения предположений, используемых в экономических теориях рынков. Непроверенная теория является

лишь гипотезой, а наука стремится расширить наши познания о вещах путем проверки гипотез. В свою очередь, большую часть традиционной экономической теории можно назвать "эклектичной теорией". Она принимается (или отвергается) в зависимости от авторитета, традиций или мнения о существующих предположениях, а не на основе прохождения жесткого и скрупулезного процесса моделирования, который можно повторить. Сотни экспериментов по моделированию рынков, разработанных и проведенных студентами экономических факультетов и профессионалами, показали критическую важность повторяющихся контактов с участием подсознательных решений, необходимых для выработки очевидной рациональности при решении проблем, регламентируемых правилами [390]. В ходе этих экспериментов по так называемым непрерывным двойным аукционам каждый из участников получал личный план с заданными параметрами цен купли или продажи, что ограничивало диапазон цен, по которым каждый из участников эксперимента мог заключить прибыльную сделку. Ни у одного из участников не было информации о рыночном спросе и предложении. В ходе опроса после завершения эксперимента участники отвергали возможность максимизации своей денежной прибыли во время эксперимента или прогнозирования результатов их трейдинга на основе теоретических выкладок. Но, несмотря на созданные условия, субъекты имеют обыкновение, со временем, очень быстро переходить в состояние конкурентного равновесия. Таким образом, "ответы на вопрос по рынку, в основном, были неорганизованными, неуверенными, хаотичными и путанными. Студенты были удивлены и поражены результатом эксперимента, когда студент, облеченный их доверием, открыл запечатанный конверт, в котором находился листок с точно предсказанной равновесной ценой и количеством" [157]. Как мы уже отмечали, тезис о том, что экономические субъекты могут непреднамеренно достигать эффективных результатов, был ключевым принципом, сформулированным Адамом Смитом [384]. И действительно, "во многих экспериментах по моделированию рыночных систем плохо информированные, склонные к ошибкам и непонятливые субъекты, контактируют между собой на основе установленных торговых правил и создают социальные алгоритмы, по максимизации материальных ценностей явно приближающиеся к оптимальным результатам, которые, как традиционно считалось, можно было бы получить лишь на основе полной информации и с помощью когнитивно-рациональных личностей" [391].

Во многих работах по экспериментальной экономике [101,226,143] теория рациональных ожиданий служила мерилем для проверки информационной эффективности моделируемых рыночных систем. Исследование обычно разбивается на две категории: распространение информации среди полностью осведомленных агентов ("инсайдеров") и неосведомленных агентов, и агрегирование информации большим количеством частично осведомленных агентов. Эксперименты первой категории исследуют обычную интуицию, подсказывающую, что рыночные цены являются отражением "инсайдерской или внутренней" информации, и, следовательно, неосведомленные трейдеры должны уметь логически выводить истинную цену на основе рынка. Эксперименты второй категории изучают агрегирование разнообразной информации частично

осведомленными агентами, что является более трудной задачей, поскольку ни один из агентов не обладает полной информацией (трейдеры определяют состояние мира с уверенностью лишь путем слияния своей частной информации в процессе трейдинга). Эксперименты по моделированию рынков с участием как инсайдеров, так и неосведомленных трейдеров [333,334] показывают, что равновесные цены после нескольких повторов эксперимента действительно выявляют инсайдерскую информацию, наводя на мысль, что рынки эффективно распространяют любую информацию. Успех модели рациональных ожиданий можно объяснить тем фактом, что трейдеры одновременно узнают о равновесной цене и состоянии мира по рыночным условиям [333].

Однако, эти результаты достигаются не всегда, если не выполняются следующие условия [334,137]: наличие информации об идентичных предпочтениях, общеизвестной структуре капитала и дивидендов, и полной совокупности имущественных прав (т.е. наличие полного спектра производных финансовых инструментов, позволяющих оценить ожидаемые будущие риски). Эти исследования содержат примеры сбоя модели рациональных ожиданий и позволяют предположить, что агрегирование информации является более сложным процессом. В частности, похоже, эффективность рынка, определяемая как полное агрегирование информации, зависит от "сложности" рыночной структуры, обусловленной такими параметрами, как количество акций, обращающихся на рынке, и торговыми периодами [319]. Например, чрезмерная реакция людей на неинформативные сделки может создать, так называемые, самообразующиеся информационные "миражи", которыми, вероятно, можно объяснить явную чрезмерную волатильность биржевых цен.[67]. Более того, эксперименты с рыночными моделями показали, что существует два типа ошибок в оценке рынка: ошибки в оценке экзогенных событий, влияющих на стоимость активов, и ошибки в оценке переменных факторов, создаваемых рыночной деятельностью, таких как цены фьючерсных контрактов. Несмотря на существование идеальных условий для обучения, индивидуальные ошибки не устраняются полностью, а, в лучшем случае, иногда сокращаются.[65] Еще одной отличительной особенностью людей, выявленной в ходе экспериментов, является так называемый "эффект избавления", соответствующий тенденции продавать выросшие в цене активы и держать активы, упавшие в цене [446]. Такую тягу к избавлению можно объяснить тем, что люди оценивают прибыль и убытки, привязывая их к какому-либо ориентиру, и склонны идти на риск при наличии опасности потенциального убытка, но стремятся избежать риска при наличии потенциальной возможности получить определенную прибыль. Еще одной важной психологической особенностью человека является то, что многие люди переоценивают свои личные способности и чрезмерно оптимистичны в отношении своего будущего. Как было установлено, эти особенности влияют на экономическое поведение при вступлении в конкурентные игры или при инвестировании на рынке акций [66].

В этом контексте особенно интригует концепция "появления" (emergence) макроскопической структуры в результате многократного повторения простых правил на микроскопическом уровне. Основной вопрос – качество агентов, играющих ключевую роль в формировании характеристик такого образования. Этот

вопрос в настоящее время находится в центре увлекательного и интенсивного научного исследования, имеющего целью понять процесс образования "сложных систем" как результата действия самоорганизующихся механизмов.[8] Филип Андерсон (Philip Anderson), ученый, специализирующийся в физике твердого тела, лауреат Нобелевской премии по физике, работающий в Принстонском университете, в эссе под названием "Большее отличается" (More Is Different) [7], опубликованном в 1972 г., утверждал, что физика элементарных частиц и, в особенности, все редукционистские подходы обладают лишь ограниченными возможностями объяснить устройство мироздания. Реальность имеет иерархическую структуру, утверждал Андерсон, в которой каждый уровень в определенной степени независим от более высоких и более низких уровней. "На каждом уровне необходимы абсолютно новые законы, концепции и обобщения, требующие не меньшего вдохновения и творчества, чем на предыдущем, – отмечал Андерсон. – Психология – это не прикладная биология, и биология – не прикладная химия".

Однако, принцип "появления" вовсе не подразумевает, что "рынок" всегда будет подобен эффективной и глобальной оптимизационной машине. Как ни странно, но в особенности эмпирическая экономика учит нас, что рыночные силы могут вызывать массу изъянов, проблем и парадоксов, зависящих от множества разнообразных компонентов, которых действительно хватает в реальных жизненных ситуациях.

1. Торговые правила рыночных институтов, похоже, имеют важное значение для реализации эффективных рынков. Неадекватные методы ценообразования могут привести к медленному и неэффективному достижению равновесной цены или даже расхождению с ней.
2. Обеспечение субъектов полной информацией не только не совершенствует рыночную конкуренцию, но может и повредить ей. И действительно, когда у людей есть полная информация, они могут определить большее количество своекорыстных вариантов, чем в условиях конкурентного равновесия, и в попытке осуществить их прибегнуть к использованию стратегий наказания, что задерживает достижение равновесия.
3. Нет уверенности, что публичное сообщение вызовет у игроков одинаковые ожидания, поскольку каждый субъект все еще может оставаться неуверенным в отношении того, как эта информация будет использована остальными.
4. По результатам исследований и опросов, опубликованных Канеманом (Kahneman), Кнетшем (Knetsch) и Талером (Thaler)[227], люди считают несправедливым, когда фирмы поднимают цены и увеличивают свои доходы в ответ на определенные изменения окружающей обстановки, не оправдывающие подъема цен. Например, респонденты считают "несправедливым", если фирмы поднимают цены на лопаты для уборки снега после снежной бури или поднимают цену на фанеру после урагана.

В этих условиях экономическая теория предсказывает возникновение дефицитов, рост цен до новых рыночных уровней и, в конечном итоге, увеличение производства. Другими словами – повышение цены является равновесным решением, отвечающим новому соотношению спроса и предложения, но люди считают это несправедливым. Как это ощущение воздействует на реальную динамику цен и поведение фирм и покупателей, и приводит ли оно к эффективному или неэффективному функционированию рынков, еще остается предметом исследований.

5. Цены на экспериментальных моделях фондовых рынков имеют тенденцию раздуваться в виде пузыря, а затем обваливаться вниз до уровней, сопоставимых с выплачиваемым дивидендом в конце срока обращения данного актива.[335] Было установлено, что введение в экспериментальную модель фьючерсного рынка, позволяющего участникам получать информацию о будущих ценах акций, уменьшало такие пузыри во время экспериментов.
6. В экспериментах по моделированию искусственных рынков опыт трейдеров играет первостепенную роль в образовании пузыря и их крахе. Если трейдеры были неопытными, предоставление полной информации о будущем движении капитала, что должно было обеспечить полную информацию по равновесной цене соответствующего актива, мало влияло на характер пузыря.[335] При нескольких повторениях рыночной игры пузыри имеют тенденцию раздувания до меньших размеров.
7. Феномен "стадности", который мы подробно обсудим в оставшейся части этой главы, также можно отнести к примерам неудачного рынка, поскольку он приводит к значительным отклонениям от "фундаментальных" или "равновесных" цен.

Эти исследования стали благодатной почвой для многих новаторских подходов, ищущих способы, при которых рациональное поведение могло бы привести к практически оптимальным рыночным системам. Еще одним важным шагом стало введение понятия так называемой "информационной асимметрии", описывающего ситуации, в которых участники сделки владеют разными объемами информации. Теория "асимметричной информации", т.е. ситуации, когда люди не равны в отношении качества и объема информации, используемой ими для принятия решений, расцвела в 70-ые годы в качестве объяснения поведения финансовых рынков, которые действительно чрезвычайно чувствительны к информационным трудностям.

На сегодняшний день экономика отошла от застарелых догм прошлого и вступила в гораздо более интересный мир исследовательских возможностей, изучающих, как мы увидим в дальнейшем, несовершенство рынка, ограниченную рациональность, различные виды поведения и даже психологию. Математические модели, составляющие основу академической экономики, в настоящее время смещаются от общего равновесия, в условиях которого все функционирует

наилучшим образом, к множественному равновесию и несбалансированности, при которых рыночная система может работать не лучшим образом. В результате был получен обобщающий вывод, что экономика и фондовый рынок являются самоорганизующимися системами.

Хеджирование производными бумагами, страхование портфелей и рациональная паника

Рассмотрим, например, так называемый опцион "call" или опцион на покупку, являющийся финансовым инструментом, выпускаемым, скажем, неким банком на базовый актив, например, акции IBM. Опцион дает покупателю право, но не обязывает его, купить в будущем акцию IBM по определенной фиксированной цене X_c (обычно называемой ценой "strike" – ценой исполнения). Вполне понятно, что если цена акции IBM поднимается выше определенной фиксированной цены исполнения X_c , опцион становится "при деньгах" на величину, равную разнице между ценой акции IBM и ценой исполнения опциона X_c , поскольку владелец опциона всегда может купить у банка базовый актив по цене X_c и тут же его продать по рыночной цене, положив разницу в карман. Чтобы обеспечить поставку акций IBM держателю опциона, банк обязан купить их по рыночной цене, если только он не имеет некоторое их количество у себя в резерве в качестве меры предосторожности. Это означает, что банк может понести потенциальный убыток в размере потенциальной прибыли держателя опциона. Однако, банк в такой ситуации вовсе не безоружен, поскольку он может подстраховаться в подобной ситуации, заранее купив бумагу по более низкой цене. Такая процедура называется "хеджирование". Стратегия хеджирования приводит к положительной обратной связи. Если цена вырастает, эмитент опциона должен покупать большее количество базового актива для хеджирования этой позиции и обеспечения готовности поставить эту бумагу покупателю опциона. А покупка базового актива безусловно обеспечивает движущую силу для дальнейшего роста цены бумаги, что и является положительной обратной связью. Это только один пример из многих, связанных с производными инструментами на финансовых рынках.

Еще одним феноменом в этой области является рост волатильности цен на рынке акций, отмечаемый и анализируемый в последние годы (в качестве убедительной иллюстрации можно, к примеру, обратиться к Табл. 5), а причиной этого явления чаще всего называется популярность стратегий хеджирования с помощью производных инструментов. И действительно, исследования показывают, что оптимальные стратегии хеджирования (с использованием усовершенствованной знаменитой модели Блэка-Шоулза) не только обеспечивают положительную обратную связь с ценами, но и увеличивают волатильность цен [381]. Как отмечал Миллер (Miller) [298], в финансовой прессе практически ежедневно звучит следующее, широко распространенное мнение: рост волатильности рынка акций в последнее десятилетие происходил в основном благодаря появлению на рынке дешевых спекулятивных инструментов, таких как фьючерсы на фондовые индексы и опционы. Однако, было бы наивно объяснять рост волатильности только этой

причиной. Как мы увидим, есть масса других причин, и распутать этот узел довольно трудно.

Табл. 5

Дата	Максимум – минимум	Закрытие(t) – Закрытие(t – 1)
27 октября 1997 г.	8%	-8%
28 октября 1997 г.	12%	+6%
31 августа 1998 г.	12%	-11%
1 сентября 1998 г.	6%	+8%
4 апреля 2000 г.	15%	-1%
12 апреля 2000 г.	9%	-8%
14 апреля 2000 г.	12%	-11%
17 апреля 2000 г.	12%	+9%
27 апреля 2000 г.	8%	+5%
23 мая 2000 г.	9%	-7%
24 мая 2000 г.	9%	+5%
13 октября 2000 г.	8%	+8%

Расхождения более, чем на 5% между дневными максимумами и минимумами индекса Nasdaq-композит за период с 1991 г. по октябрь 2000 г. Ни одно из приведенных двенадцати движений более, чем на 5% не пришлось на период с 1991 г. до 1997 г., а восемь из них произошли с апреля по октябрь 2000 года! Обратите внимание, что расхождение между уровнями закрытия предшествовавшего и следующего дня, $\text{закрытие}(t) - \text{закрытие}(t - 1)$, не всегда достаточно хорошо отражает активность этого дня, что видно на примере 4 апреля.

Вторым механизмом обеспечения инвестиционных стратегий является "страхование портфеля". И действительно, первоначальные оценки причин происхождения краха октября 1987 г. указывали на популярные в то время стратегии хеджирования, берущие начало от моделей страхования инвестиционного портфеля. В двух словах, такие стратегии предусматривают продажу, когда цена опускается ниже установленного порога (остановка потерь), и покупку акций при повышении цены. Вполне понятно, что увеличение объема ордеров на продажу при понижении цены может привести к дальнейшему ее снижению с возможным перерастанием в стремительное падение. Комиссия Брэди (Brady), созданная в 1988г. для изучения причин краха 1987г., назвала страхование портфеля основным фактором, оказывавшим давление на котировки акций, приведшим к краху рынка в октябре 1987 г. Последние работы, к примеру, работы Барлеви (Barlevy) и Веронеси (Veronesi) показывают, что несведущие трейдеры могут вести себя как подстрахованные портфели и форсировать обвал цен, поскольку, когда цены снижаются, они, не без оснований, начинают подозревать, что более информированные трейдеры могли получить негативную информацию, и это заставляет их сокращать спрос на акции, что приводит к еще большему понижению котировок.

"Стадное" поведение и эффект "толпы"

Поведенческая экономика

В дискуссиях и исследованиях по общественным наукам, науки, изучающие человеческое общество, традиционно придерживаются двух противоположных подходов. Первый стремится к объективности, а второй подход более описательный или интерпретативный.

- Первый подход пытается рассматривать "социальные факторы" как "материальные вещи" и ищет примеры, когда поведение групп людей очень похоже на поведение неодушевленной субстанции, например, поведение в толпе, очередях, дорожных пробках, на соревнованиях, аттракционах, во время беспорядков и на рынках.
- В отличие от первого, второй подход стремится, насколько это возможно, отличать поведение социальных агентов от поведения неодушевленной субстанции. В рамках этого подхода считается, что присущие людям свойства, такие как сознание, рефлексы, понятия, мораль и исторический опыт, не позволяют им переводить в гуманитарную область количественные методы, созданные физическими, техническими и другими, более общими, естественными науками.

В последних экономических и финансовых исследованиях проявляется растущий интерес к созданию из этих двух подходов единой концепции, вобравшей в себя концепции общественных наук, основанные на представлении, что рынки являются отражением мыслей, эмоций и действий конкретных людей, а не идеализированного экономического инвестора, опирающегося на теории эффективного рынка и случайных блужданий. Эта идея была схвачена в ставшем в наше время знаменитым утверждении Кейнса (Keynes) [235], что большую часть инвестиционных решений "можно считать ни чем иным, как проявлением животных инстинктов – спонтанного желания действовать, чтобы не оставаться пассивным, а не результатом взвешенного среднего из возможных преимуществ, умноженного на число потенциальных вариантов" (см. раздел под заголовком "Возможно ли предсказание?" в Главе 1 и раздел "Цены непредсказуемы или нет" в Главе 2). Реальный инвестор может иметь намерения быть рациональным и может пытаться оптимизировать свои действия, но этому стремлению к рациональности будут мешать когнитивные пристрастия, эмоциональные выверты и социальные воздействия. "Бихевиористическое финансирование" [424,372,376,163,104] становится расширяющимся полем исследований с использованием психологических, социологических и других бихевиористических теорий, имеющих целью объяснить поведение инвесторов и финансовых менеджеров. Считается, что поведение финансовых рынков является результатом варьирующихся отношений к риску, неоднородности информационного обеспечения, когнитивных ошибок, самоконтроля или отсутствия такового, сожалений при принятии финансовых решений и влияния массовой психологии. В основе рецептов, разработанных за десятилетия, так называемыми, техническими

аналитиками, лежат представления о хрупкости человеческой рациональности и вера в такие факторы, как страх и жадность.

Профессор Талер, преподающий в настоящее время в Чикагском университете, был одним из первых и самых рьяных поборников поведенческих подходов в экономике.[424] Он сделал карьеру, систематизировав отклонения, противоречащие принятой точке зрения неоклассической экономики о том, что рынки эффективны, а люди рациональны. Например, в соответствии с принятой экономической теорией люди предпочитают иметь больше вариантов выбора, а не меньше. Однажды Талер обратил внимание, что несколько его, по общему мнению, рациональных коллег, находившихся у него дома, не могли оторваться от орешков кешью, которые он выставил на стол. Почему же тогда коллеги Талера стали его благодарить за то, что он унес вызывающие искушение орехи из гостиной? Другим примером из этой области служит признание приятеля Талера о том, что он сам стрижет газон у своего дома, чтобы сэкономить 10 долларов, но никогда бы не стал стричь газон соседа за те же 10 долларов или даже большую сумму. Если опираться на понятие "альтернативные издержки", то вышеупомянутые 10 долларов потенциального дохода за стрижку газона соседа равны "затратам" по оплате кому-нибудь другому за стрижку своего собственного газона. Согласно этой теории, перед вами две альтернативы: или дополнительное время или дополнительные деньги. Оба варианта одновременно недостижимы. В материалах по этому вопросу приводится и другой пример [272], когда Талер и другой его приятель из-за снежной бури решили не ехать на баскетбольный матч, проходивший в Рочестере. Приятель Талера при этом заметил, что если бы они купили билеты заранее, то поехали бы. Эта проблема относится к "невозвратным издержкам". Аналогично, нет никакой необходимости ходить в оздоровительный спортклуб только потому, что вы уплатили членские взносы. В конце концов, деньги уплачены, и их не вернуть. Тем не менее, Талер обнаружил, что мы, в общем-то, это делаем. Короче говоря, люди ведут себя не так, как хотелось бы рациональной экономике. Даже преподающие экономику профессора не так рациональны, как люди в их моделях. Например, бутылка вина по цене 50 долларов может показаться слишком дорогой для покупки к обычному домашнему обеденному столу. Но если у вас уже есть бутылка такого вина, купленная раньше за гораздо меньшую цену, вы, скорее всего, откроете ее для такого же обеда. Для экономиста это бессмыслица, но Талер выбрал пример из жизни Ричарда Росетта (Richard Rosett), известного приверженца неоклассицизма. Английский экономист К. Бинмор (K. Binmore) заявил на одном из семинаров, что люди эволюционируют к рациональности, учась на ошибках. В ответ на это Талер резко возразил, что люди могут научиться разумно покупать бакалейные товары, поскольку делают это еженедельно, а крупные решения, связанные с браком, карьерой, отставкой, принимаются не очень часто. Поэтому, как выразился Талер, заумные теории Бинмора хороши лишь для "покупки молока".[272] В своей докторской диссертации на тему экономической "стоимости" человеческой жизни Талер предложил определять степень рациональности на основе разницы между оплатой за опасные для жизни работы и за более безопасные. Он предложил взять за основу сумму в 200 долларов США в год (по курсу 1967 г.) за каждый шанс из 1000, что человек может лишиться жизни на этой работе. Когда он спросил своих друзей,

что они думают по этому поводу, многие категорически ответили, что менее чем за миллион долларов не согласились бы на работу, при которой шансы погибнуть составляли 1 к 1000. Парадоксально, но те же самые друзья заявили, что не хотели бы с целью устранения риска для жизни отказываться от любой части дохода, который им приносит их текущая работа. Талер пришел к выводу, что вместо рациональной денежной оценки уровня смертности у людей происходит когнитивный разрыв: они завышают оценку новых рисков и мимоходом занижают оценку уже знакомых им рисков.[272] В ходе экспериментов, проведенных для проверки своих идей, Талер обнаружил, что субъекты как правило соглашались заплатить за алкогольный напиток дороже, если им говорят, что это пиво было куплено в дорогом престижном отеле, а не в соседней бакалейной лавке. В этом случае им кажется несправедливым платить одну и ту же цену. Это нарушает закон единой цены, говорящий, что один и тот же напиток должен стоить одинаково, но позволяет сделать вывод, что людей больше беспокоит, чтобы с ними обращались должным образом, а не фактическая стоимость того, за что они платят.[227,228] Важным открытием, развившим принцип рамочного подхода Канемана и Тверски (Tversky), стала теория "ментальной оценки" рисков [423,373]. "Рамочный подход" утверждает, что позиционирование возможных вариантов предопределяет конечный результат. Этот подход получил широкую огласку во время президентских выборов в США в 2000 г. Теория "ментальной оценки" утверждает, что люди вырабатывают свои собственные рамки, и границы этих рамок незаметно влияют на их решения. Например, многие люди распределяют свои деньги по разным статьям, таким как "текущий доход" и "накопления", допуская с каждой из них расходы на определенные нужды.[425] В применении к фондовому рынку Талер обратил внимание, что некоторые поведенческие модели, например, "категоризация", могут создавать условия для арбитража. Например, когда акции Lucent Technologies котировались высоко, люди относили их к категории "хороших бумаг" и подсознательно доброжелательно интерпретировали новости по этой бумаге. Позже, когда Lucent стала "плохой бумагой", новости такого же рода интерпретировались с унынием. Еще одно отклонение, называемое "гиперболическим дисконтированием" [254,255], относится к изменениям предпочтений. Например, когда люди ожидают денег, но еще их не получили, они в состоянии планировать и довольно рационально, какую часть этих денег, они истратят сразу и какую часть отложат. Это согласуется с экономической теорией, приписывающей это свойство скромным побуждениям. Люди склонны копить деньги и откладывать расходы. Но когда деньги все-таки приходят, сила воли слабеет, и деньги часто тратятся немедленно. Другими словами, когда дата жертвоприношения отдалена, в человеке преобладает настойчивость: я хочу/планирую/намерен начать делать зарядку со следующего месяца. Однако, когда следующий месяц наступает, намеченная жертва часто не приносится. Такие предпочтения, игнорируемые неоклассической экономикой, имеют важные последствия, особенно в принимаемых инвесторами решениях по использованию накоплений, создававшихся на протяжении всей жизни.

Одним из наиболее мощных открытий в психологии суждений является вывод о чрезмерной самоуверенности людей (см. обзор [104] и соответствующие

ссылки в нем). Что касается стадности, то значительным проявлением в этом контексте является переоценка людьми надежности их знаний и возможностей. Превосходным примером служит результат опроса, показавший, что 90% водителей автомобилей в Швеции считают свой уровень вождения "выше среднего" [417], хотя по самому определению (симметричного распределения) 50% должны быть ниже среднего, а 50% – выше среднего! Многие люди также оценивают выше среднего свои способности ладить с другими людьми. Такая самоуверенность возрастает в сферах деятельности, где люди сами оценивают свои способности, не имея возможности на основе сравнения определить свой фактический уровень способности к прогнозированию [190]. Похоже, это позволяет сделать важный шаг к пониманию решений управленческого персонала в отношении развития компании и внешних приобретений, а также активность управленческого аппарата большинства фондов [104]. Теория чрезмерной самоуверенности предполагает, что все менеджеры уверены в своей способности определять выигрышные варианты.

Стадность

Растет количество эмпирических данных, подтверждающих существование на спекулятивных рынках стадного поведения или эффекта "толпы", что тщательно задокументировано в книге Шиллера (Shiller) [375] и соответствующих ссылках в этой работе. Как утверждается, стадное поведение часто проявляется, когда большое количество людей совершают одинаковые действия, поскольку одни подражают действиям других. Термин "стадо" безусловно, относится к схожему поведению групп животных. Другие термины, такие как "стаи" или "косяки", описывают коллективное согласованное движение большого числа самостоятельно передвигающихся организмов, таких как мигрирующие птицы и антилопы, лемминги и муравьи [426]. В последние годы физики показали, что большую часть наблюдаемых проявлений стадного поведения можно объяснить действием простых законов взаимодействия между животными. Что касается людей, то тут имеется длинная череда аналогий между людскими группами и живой материей [64,305]. Совсем недавно экстремальное поведение толпы, например, во время паники, очень хорошо определялось моделями, рассматривавшими толпу как скопление личностей, взаимодействующих между собой по типу трения частиц сыпучего материала, как всем нам знакомый песок на пляже [191].

Стадность прослеживается во многих видах экономической деятельности, таких как разработка рекомендаций по инвестированию [364,171], в поведении цен IPO, т.е. акций при их первичном размещении [450], причудах и обычаях [39], в прогнозировании прибыли [427], корпоративном консерватизме [463] и в управлении порученным инвестиционным портфелем [290]. Исследователи изучают побудительные мотивы, испытываемые аналитиками в области инвестиций во время решения вопроса о том, стоит ли примыкать к большинству. В особенности их интересует, влияют ли на вероятность проявления стадности экономические условия и индивидуальные черты характера субъекта. Хотя с общественной точки зрения стадное поведение представляется неэффективным, с точки зрения менеджеров, беспокоящихся за свою деловую репутацию на рынке труда, оно может быть рациональным. Такое поведение может быть рациональным

и происходить в виде информационного каскада [450,107,39], т.е. ситуации, в которой каждое последующее действующее лицо, опираясь на наблюдения за другими, избирает вариант действий, отличный от его или ее собственных сигналов. Например, было установлено, что проявление стадности в публикуемых рекомендациях по инвестированию уменьшается по мере увеличения надежности собственной информации [171]. Чем меньше у вас информации, тем сильнее побуждения следовать общей тенденции.

Исследования стадности в области финансирования можно подразделить следующим образом, однако, такая разбивка не носит взаимоисключающего характера [107, 171].

1. **Информационные каскады** происходят, когда индивидуумы игнорируют или недооценивают имеющуюся у них информацию и вместо этого запрыгивают на ступеньку уходящего поезда, подражая действиям индивидуумов, сделавших это ранее. Информационные каскады происходят, когда имеющаяся агрегированная информация становится настолько подавляющей, что кусочек собственной информации, имеющейся у отдельного индивидуума, не обладает достаточной силой для противодействия решению толпы. Поэтому такой индивидуум принимает решение подражать действиям толпы, а не действовать на основе собственной информации. Если такой сценарий захватывает одного индивидуума, тогда он, скорее всего, захватит и других, действующих после него. Такой эффект домино часто называется каскадом. Для развития информационного каскада необходимы два обязательных условия: (i) последовательные решения действующих лиц, наблюдающих решения (не информацию) предыдущих действующих лиц; (ii) ограниченное пространство происходящего действия.
2. **Репутационная стадность**, как и каскады, проявляется, когда индивидуум решает проигнорировать свою собственную информацию и подражать действиям другого индивидуума, предпринявшего их ранее. Однако, модели репутационной стадности имеют дополнительный слой подражания, возникающий на положительных характеристиках репутации личности, полученных в процессе работы в коллективе или при выборе определенного проекта. Исследования показали, что возраст прогнозиста играет положительную роль при абсолютном расхождении его прогноза с мнением остальной группы. Данный факт был интерпретирован как свидетельство того, что по мере увеличения возраста прогнозиста, предпосылочные убеждения остальных экспертов о его способностях в прогнозировании становятся более высокими, и, таким образом, у этого прогнозиста уменьшается количество побудительных мотивов проявлять стадность с группой. А с другой стороны, подспудное желание отбросить свою собственную информацию и вместо этого подражать лидеру рынка возрастает вместе с ростом репутации, поскольку прогнозист стремится защитить свое текущее положение и уровень оплаты.[171]
3. **Аналитическая стадность** проявляется, когда аналитик решает проанализировать информацию, которую, как он считает, будут анализировать

и другие. Этому аналитику хотелось бы первым использовать эту информацию, но он может получить прибыль от инвестиции лишь в том случае, если другие инвесторы последуют за ним, и будут толкать цену актива в направлении, прогнозируемом первым аналитиком. В противном случае, на руках у первого аналитика может оказаться бумага, которую он или она не смогут продать с выгодой.

4. **Эмпирическая стадность** охватывает проявления "стадности", наблюдавшиеся многими исследователями, но ее невозможно отнести к конкретной модели или дать ей объяснение. Свидетельств стадности и группирования пенсионных фондов, фондов взаимных инвестиций и институциональных инвесторов действительно много, а проявляется она в диспропорциональном участии инвесторов в покупках или наоборот продажах одной и той же бумаги. В работах исследователей высказано предположение, что группирование может быть результатом инерционного мышления, называемого также "инвестированием на положительной обратной связи", например, покупка акций, показавших хороший рост в прошлом, или же повторение моделей покупки и продажи, широко применявшихся в прошлые периоды.

Есть много описаний случаев стадности. Один из наиболее драматических и явных случаев из недавнего прошлого описали в своей работе Г. Хуберман (G. Huberman) и Т. Реgev (T. Regev), наблюдавшие заразительную спекуляцию, связанную, в известной степени, с незначительным событием. Статья в воскресном номере "New York Times" о возможной разработке нового лекарства против рака вызвала рост акций биотехнологической компании EnteMed с 12 долларов на закрытии в пятницу 1 мая 1998 г. до 85 на открытии в понедельник 4 мая. В этот же день бумага закрылась на отметке 52 доллара, а затем три последующие недели держалась выше отметки 39 долларов. Энтузиазм распространился и на акции других биотехнологических компаний. Потом выясняется, что о потенциальном прорыве в лечении рака уже сообщалось в одном из ведущих научных журналов (Nature) и в различных других популярных газетах более пяти месяцев назад. Но в то время реакция рынка была по существу нулевой. Таким образом, восторженная реакция толпы привела к долговременному росту акций, хотя никакой принципиально новой информации в статье не было. Очень заметная и исключительно оптимистичная статья в воскресном номере "New York Times" от 3 мая 1998г. вызвала ажиотажный спрос на акции EnteMed и других биотехнологических компаний, напоминающий аналогичные действия, приводившие к возникновению пузырей в прошлые времена (см. Главу 1). Следует ожидать, что информационные технологии, Интернет и биотехнологии выйдут на новые передовые рубежи, на которых сенсационные сообщения будут приводить к энтузиазму, заразительности, стадности и спекулятивным пузырям на рынках этих акций.

Эмпирические свидетельства стадности финансовых аналитиков

Недавно опубликованная эмпирическая работа Иво Уэлча (Ivo Welch) [451]

пролила новый свет на вопрос, чего в стадности больше – рациональности или "иррациональности". Он изучил рекомендации аналитиков рынка акций по покупке и продаже бумаг и задался вопросом, влияют ли предшествовавшие рекомендации и преобладающее мнение на последующие рекомендации аналитиков. Это одно из немногих исследований, позволяющее с помощью разработанного научного подхода проникнуть в суть этого непростого вопроса. Уэлч изучил более 50000 рекомендаций аналитиков по акциям за период с 1989 по 1994 год, включенных в базу данных Zacks, являющейся компилированной на коммерческой основе базой данных рекомендаций аналитиков, используемой, к примеру, "Wall Street Journal" для публикации регулярных обзоров о деятельности основных брокерских фирм. Для постановки задачи на языке, понятном для точного статистического анализа, рекомендации были разбиты на пять классов: 1. "активно покупать"; 2. "покупать"; 3. "держаться"; 4. "продавать"; 5 "активно продавать". На основе полученных цифр Уэлч сначала создал Табл. 6 или "матрицу переходов", где $N_{i \rightarrow j}$ являлось общей суммой рекомендаций (j), а (i) представляло предыдущие рекомендации. Таким образом, например, $N_{1 \rightarrow 4} = 92$ соответствует количеству рекомендаций "продавать", последовавших за предшествовавшими рекомендациями, начиная с рекомендаций "активно покупать"; $N_{4 \rightarrow 3} = 1826$ – это количество рекомендаций "держаться" вслед за предшествовавшими им рекомендациями "продавать", и так далее. Общее количество рекомендаций (в любом направлении), начиная с рекомендации "активно покупать", составило 14682 при всего 1584 рекомендациях, начиная с рекомендации "активно продавать". Таким образом, становится вполне очевидно, что имеется явная предрасположенность к рекомендациям "покупать" и "активно покупать". Общее количество таких рекомендаций составило 25784 по сравнению лишь с 4951 рекомендацией "продавать" и "активно продавать", т.е. рекомендаций "покупать" и "активно покупать" было более, чем в пять раз больше, чем рекомендаций "продавать" и "активно продавать".

Для проверки на стадность Уэлч сначала определил значение общего настроения рекомендаций, рассчитанное по следующей формуле:

$$T_0 = \sum_{j=1}^5 j \frac{\text{сумма рекомендаций}(j)}{N} = [\text{сумма рекомендаций}(1) \times 1 + \text{сумма}$$

рекомендаций(2) \times 2 + сумма рекомендаций(3) \times 3 + сумма рекомендаций(4) \times 4 + сумма рекомендаций(5) \times 5, деленная на N , и получил результат, близкий к 2,5. Поскольку получившееся значение 2,5 меньше 3, чего можно было бы ожидать при отсутствии предрасположенности, оно подтверждает предрасположенность к рекомендациям "покупать", имеющим меньшие множители (1 и 2). Вторым шагом является извлечение подмножества рекомендаций в конкретный день t и пересчет матрицы перехода по состоянию на этот день. Цифры будут меньше, но важно – насколько меньше (т.е. после деления на общее количество рекомендаций (i)), которое, возможно, будет отличаться от цифр, приведенных в Табл. 6. Для определения разницы необходимо снова рассчитать значение $T(t)$ на конкретный день t . Наиболее интересны дни, в которые $T(t)$ значительно отличается от T_0 . Тогда возникает следующий вопрос: какова причина такого расхождения? Ответ можно получить, определив степень влияния различных факторов, например,

рекомендаций предшествовавшего дня и превалирующего мнения. Для этого Уэлч ввел параметр "стадности", отражающий величину тенденции к стадности, т.е. когда рекомендации оказывались под влиянием превалирующего мнения. Первым выводом стало то, что аналитики действительно основывают свои рекомендации на превалирующем мнении. Затем Уэлч определил степень вероятности выдачи одного из пяти типов рекомендаций при отсутствии стадности и сопоставил полученный результат с результатом, полученным при наличии стадности. Например, рекомендация "держать" выдается в 42% случаев, когда стадность отсутствует, и в 47% случаев, когда стадность присутствует. Хотя расхождение может показаться небольшим, любое значительное статистическое изменение в поведении указывает на стадность, если учитывать, что изолированные друг от друга аналитики редко имеют единое мнение по какой-либо бумаге, да и само несогласие в какой-то мере является частью их работы.

Табл. 6

От ↓ (i)	к → (j)	1	2	3	4	5	Итого: (i)
1. Активно покупать		8190	2234	4012	92	154	14682
2. Покупать		2323	4539	3918	262	60	11102
3. Держать		3622	3510	13043	1816	749	22740
4. Продавать		115	279	1826	772	375	3367
5. Активно продавать		115	39	678	345	407	1584
	Итого: (j)	14365	10601	23477	3287	1745	53475

"Матрица перехода", в которой j – это общее количество рекомендаций, i – предшествовавшие рекомендации. Значения i и j получены путем разбивки рекомендаций на пять классов: 1. активно покупать; 2. покупать; 3. держать; 4. продавать; 5. активно продавать. Общее количество рекомендаций, использованных для создания данной таблицы ($N = 53475$). Источник [451].

Так какова причина этой стадности? Если все аналитики получают новую информацию по какой-либо бумаге одновременно и интерпретируют ее одинаково, это может привести к рациональной стадности. Но аналитики могут также просто слепо подражать своим коллегам, даже когда нет новой фундаментальной информации, и это приводит к "иррациональной" стадности. Чтобы провести различие между этими двумя выводами, Уэлч определил степень склонности следовать общему мнению в случаях, когда толпа на практике показывает свою правоту. Смысл этой идеи в том, что если стадность основана на рациональности и фундаментальной информации, она должна приводить в среднем к более лучшим рекомендациям, чем когда она является иррациональной и основанной на подражательном поведении. Данные показывают, что "аналитики более склонны следовать превалирующему мнению, которое в дальнейшем может оказаться ошибочным". Поскольку у стадности на превалирующем мнении, похоже, нет информационного преимущества, можно сделать вывод, что она носит иррациональный характер. Это также является доказательством того, что аналитики следуют за превалирующим мнением, основанным на ограниченной информации, если она вообще есть.

Однако, как это часто бывает при рассмотрении столь сложного вопроса, существуют и альтернативные толкования. Тот факт, что превалирующее среди аналитиков общее мнение оказывается ошибочным, можно также объяснить тем, что инвесторы, принадлежащие к другой группе населения, не следуют их рекомендациям! Такая ситуация напоминает естественную систему, имеющую самостоятельную динамику и не зависящую от наличия экспертов или аналитиков, пытающихся делать прогнозы. Динамика этой системы зависит от совокупных инвестиционных действий инвесторов.

В работе Уэлча сделан еще один важный вывод о том, что степень стадности различна на "бычьих" и "медвежьих" рынках. Аналитики более склонны следовать общему мнению (1) при росте рынка и (2) придерживаться последних корректировок рекомендаций при снижении рынка. Поведение типа (1) имеет тенденцию создавать "пузыри", когда рост цен теряет связь с фундаментальными показателями. Поведение типа (2) предполагает, что процесс корректировки прогнозов с оптимистичных до пессимистичных может быть усилен стадностью, являющейся механизмом, способным увеличить потери и привести к огромным обвалам и крахам рынка.

Силы подражания

Отсутствие информации способствует подражанию

Все трейдеры в мире объединены в сообщества, состоящие из членов семьи, друзей, коллег по работе, знакомых и других источников мнений, влияющих друг на друга в пределах такого сообщества или сети [48]. На рисунке-схеме глобальных связей мы называем "соседями" субъекта Энн группу людей, находящихся с ней в прямом контакте. Другими источниками влияния являются газеты, Интернет-сайты, телевизионные каналы и другие средства информации. А именно, если Энн на схеме глобальных связей напрямую связана с k "соседями", тогда есть только две силы, влияющие на мнение Энн: (а) мнения этих k людей вместе с влиянием средств информации, и (б) идиосинкразический сигнал, получаемый только ею (или вырабатываемый ею одной; см. Рис. 42). Концепция стадности и подражания подразумевает, что субъекты имеют склонность *перенимать* точки зрения своих "соседей", а не противоречить им. Вполне понятно, что сила (а) имеет тенденцию создавать порядок, а сила (б) ведет к беспорядку или, другими словами, неоднородности. Здесь самым важным является борьба между порядком и беспорядком, а вопрос, к которому мы сейчас перейдем, звучит так: к какому поведению может привести эта борьба? Может ли система преодолеть нестабильные режимы, подобные крахам? Предсказуемы ли крахи? Мы покажем, что теория самоорганизующихся систем (иногда также называемых "комплексными системами") в значительной мере опирается на эти вопросы. Связь между фондовым рынком и паутиной трейдеров можно понять, в основном, лишь на основе теории критических событий (которую мы рассмотрим подробнее чуть позже в этой главе и Главе 5), на основе которой можно сделать важные выводы.

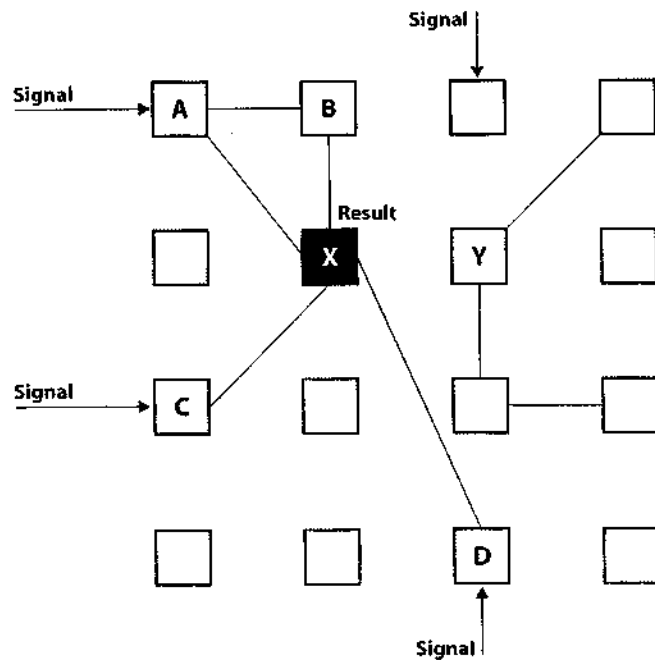


Рис. 42. Путь информации через группу субъектов. Сигналы являются идиосинкразическим шумом, полученным ранее, который затем соединяется с имеющейся у каждого субъекта информацией. Каждый субъект посылает сигналы соседям. А затем конкретный субъект принимает решение на основе сигналов, поступивших от ее соседей, и его собственной информации. Источник [383].

Для продвижения вперед мы несколько формализуем этот вопрос и рассмотрим сеть инвесторов, в которой каждый участник может быть обозначен целым числом, $i = 1$, и т.д. $N(i)$ обозначает всю группу субъектов, связанных напрямую с субъектом i , как показано на схеме глобальных связей. Если выделить одного трейдера, например, Энн, тогда $N(\text{Энн})$ будет обозначать количество трейдеров, находящихся с ней в прямом контакте, т.е. они могут обмениваться с ней информацией напрямую и оказывать на нее прямое влияние. Для упрощения задачи будем считать, что любой инвестор, такой как Энн, может находиться только в одном из нескольких возможных состояний. В качестве самого простого варианта будем считать, что таких возможных состояний всего два: $s_{\text{Энн}} = -1$ или $s_{\text{Энн}} = +1$. Эти состояния мы могли бы интерпретировать следующим образом: "покупка" и "продажа", "бычье" и "медвежье", "оптимистичное" и "пессимистичное". Теперь, как показано далее в разделе "Объяснение имитационной стратегии", на основе информации о действиях $s_i(t-1)$, осуществленных вчера во (время $t-1$) ее $N(\text{Энн})$ "соседей". Энн максимизирует свою прибыль, приняв еще вчера решение $s_{\text{Энн}}(t-1)$, подсказанное суммой действий всех ее "соседей". Другими словами, оптимальным решением Энн, основанным на опросе своих "соседей", которые, как она надеется,

достаточно правильно отражают текущий настрой рынка, будет подражание большинству ее соседей. Конечно, тут возможны некоторые отклонения, если она решит следовать своей собственной идиосинкразической "интуиции", а не подвергаться влиянию своих "соседей". Подобное идиосинкразическое действие фиксируется в данной модели стохастической составляющей, независимой от решений упомянутых соседей или других субъектов. Вполне понятна причина, почему для Энн решение придерживаться мнения большинства обычно бывает оптимальным. Просто потому, что цены движутся в этом направлении, подталкиваемые законом спроса-предложения. Далее в этой главе и Главе 5 мы покажем, что этот казался бы безобидный закон эволюции приводит к образованию паразитических самоорганизующихся моделей.

Объяснение имитационной стратегии. Рассмотрим N трейдеров, объединенных одной сетью, чьи взаимосвязи представляют собой коммуникационные каналы, через которые эти трейдеры обмениваются информацией. На схеме представлена цепочка промежуточных знакомых между любыми двумя людьми на земном шаре. Обозначим число трейдеров, связанных на схеме непосредственно с определенным трейдером i , как $N(i)$. Трейдеры покупают или продают один и тот же актив по цене $p(t)$, которая является функцией времени, с дискретным шагом изменения Δt . В самой простой версии модели, каждый агент может или покупать, или продавать только одну единицу актива. Это количественно определяется состоянием покупки $s_i = +1$ или состоянием продажи $s_i = -1$. Каждый агент может торговать во время $t-1$ по цене $p(t-1)$, основываясь на всей предыдущей информации, включенной в момент $t-1$. Изменение цены актива записывается простой совокупной суммой $\sum_{i=1}^N s_i(t-1)$ действий всех трейдеров. Действительно,

если эта сумма равна нулю, то существует столько же покупателей, сколько и продавцов и цена не изменяется, поскольку есть совершенный баланс между спросом и предложением. Если, с другой стороны, сумма положительна, то есть, больше ордеров на покупку, чем на продажу, то цена должна увеличиться, чтобы сбалансировать предложение и спрос, поскольку актив слишком редок, чтобы удовлетворить весь спрос. Существует множество других влияющих факторов, воздействующих на изменение цен от одного дня к другому и это можно учесть простым способом, добавив стохастический компонент к ценовому изменению. Само по себе такое определение дало бы обычный логнормальный процесс случайного блуждания [92], в то время как баланс между спросом и предложением вместе с имитацией приводит к некоторой организации, как мы покажем ниже.

Во время $t-1$, как только цена $p(t-1)$ была объявлена, трейдер i определяет свою стратегию $s_i(t-1)$, как удержание актива от $t-1$ к t , и таким образом, реализуя прибыль (или убыток), равный ценовому различию $(p(t)-p(t-1))$, умноженному на его позицию $s_i(t-1)$. Чтобы определить свою оптимальную стратегию $s_i(t-1)$, трейдер должен вычислить ожидаемую прибыль P_E , учитывая прошлую информацию и свою позицию, и затем выбирать такую $s_i(t-1)$, когда P_E будет максимальной. Поскольку цена движется с общим мнением $\sum_{i=1}^N s_i(t-1)$,

то лучшая стратегия состоит в том, чтобы покупать, если сумма положительна и продавать, если она отрицательна. Трудность состоит в том, что данный трейдер не может выбрать позиции s_j , которые будут выбраны всеми другими трейдерами, что будет определять ценовой дрейф согласно балансу между спросом и предложением. Следующая лучшая вещь, которую трейдер i может сделать, состоит в том, чтобы опросить своих $N(i)$ "соседей" и построить своё предсказание для ценового дрейфа на этой информации. Трейдер нуждается в дополнительной информации, а именно, в априорной вероятности P_+ и P_- покупки или продажи для каждого из других трейдеров. Вероятности P_+ и P_- — это единственная информация, которую он может использовать для всех остальных трейдеров, которых не может опросить непосредственно. Из этого он может сформировать своё ожидание изменения цены. Самый простой случай соответствует рынку без дрейфа, где $P_+ = P_- = 1/2$.

Основываясь на ранее заявленном правиле, что ценовое изменение пропорционально сумме действий трейдеров, лучшее предположение для трейдера i заключается в том, что будущее изменение цены будет пропорционально сумме действий соседей, которых он был способен опросить, надеясь, что это обеспечит ему достаточно надежную выборку для всей популяции. Трейдеры действительно постоянно обмениваются информацией, обзванивая друг друга, чтобы "измерить температуру" и опросить каждого перед тем, как предпринять какие-либо действия. Тогда ясно, что стратегия, которая максимизирует его ожидаемую прибыль, является такой, в которой позиция имеет признак, определяемый суммой действий всех его "соседей". Это точное значение следующего выражения:

$$s_i(t-1) = \text{sign}(K \sum_{j \in N_i} s_j + \varepsilon_i) \quad (6)$$

так, что эта позиция $s_i(t-1)$ дает ему максимальное вознаграждение, основанное на лучшем предсказании ценового изменения $p(t) - p(t-1)$ от вчера до сегодня. Функция $\text{sign}(x)$ равна +1 (или -1) для положительного (отрицательного) аргумента x . K — это положительный коэффициент пропорциональности между изменением цены и совокупностью ордеров на покупку/продажу. Он обратно пропорционален "глубине рынка": чем больше рынок, тем меньше относительное воздействие данного дисбаланса между ордерами купли и продажи, следовательно, тем меньше изменение цены. ε_i — это шум, а $N(i)$ — число соседей, с которыми трейдер i активно взаимодействует. Простыми словами, этот закон (6) говорит, что лучшее инвестиционное решение для данного трейдера состоит в том, чтобы принять его на основе мнения большинства соседей, с некоторой неуверенностью (шумом), подразумевающей возможность того, что большинство ее соседей может давать неправильное предсказание поведения всего рынка.

О выражении (6) можно думать как о математической формулировке конкурса красоты Кейнса. Кейнс [235] утверждал, что цены акций не только определяются фундаментальной стоимостью фирмы, но, кроме этого, массовой

психологией и ожиданиями инвесторов, которые значительно влияют на финансовые рынки. По его мнению, профессиональные инвесторы предпочитают тратить свою энергию не на оценку фундаментальных стоимостей, а на анализ того, как толпа инвесторов, вероятнее всего, будет вести себя в будущем. В результате, говорил он, большинство людей в значительной степени обеспокоено не созданием превосходных долгосрочных прогнозов вероятной доходности инвестиции в течение всей ее целой жизни, но предвидением изменений в оценочных суждениях слегка быстрее широкой публики. Кейнс использовал известный конкурс красоты как аналогию для рынков акций. Чтобы предсказать победителя конкурса красоты, способность распознавать объективную красоту не столь важна, как способность предсказать признание красоты другими. На взгляд Кейнса, оптимальная стратегия состоит в том, чтобы выбрать не те лица, какие игрок считает самыми симпатичными, но те, которые другие игроки, вероятно, будут считать отражающими среднее мнение или те, о которых другие игроки будут думать, что другие будут думать, что они соответствуют среднему мнению и далее по этой повторяющейся петле. Выражение (6) точно соответствует этой концепции: мнение s_i во время t агента i является функцией всех мнений других "соседних" агентов в предыдущее время $t-1$, которые непосредственно зависят от мнения агента i во время $t-2$, и так далее. В стационарной ситуации равновесия, в которой все агенты формируют, наконец, мнение после множества таких повторяющихся обратных связей, решение (6) точно принимает во внимание все мнения полностью и делает это самоустойчивым способом в виде бесконечно повторяющегося цикла.

Инфекция подражания и урновые модели

Орлеан (Orlean) в [323]-[328] описал парадокс объединения рационального и подражательного поведения под названием "миметическая рациональность" (*rationalite mimetique*). Он разработал модели подражательной (миметической) инфекции инвесторов на рынках акций, на основании необратимых процессов формирования мнения. В самой простой версии, называемой "урновой моделью", которая имеет длинную историю в математической литературе, начиная с Поля (Polya) [269], мы можем предположить, что в некоторый момент в урне присутствуют M белых шаров и N черных шаров. Затем мы наугад вытягиваем один шар из урны. Здесь, "случайность" означает, что любой шар имеет одинаковую вероятность $1/(M+N)$ быть выбранным. Затем, мы возвращаем победителя, вместе с другим дополнительным шаром того же цвета в урну. Таким образом, после этого эксперимента, если победитель — белый, то в белом наборе будет $M+1$ белый шар и N черных шаров в черном наборе. С другой стороны, если бы был выбран черный шар, то в урне было бы M белых шаров в белом наборе и $N+1$ черных шаров в черном наборе. Мы повторяем этот эксперимент снова и снова. Эта простая модель описывает процесс, в котором вновь прибывший (добавленный шар) подражает (мимифирует) в своих действиях (цвет шара) существующим инвесторам. Очевидно, что этот необратимый процесс накопления основан на имитации, но он также имеет сильный стохастический компонент.

Рассмотрим равное начальное состояние $M=N=1$ во время $t=0$. На следующем шаге $t=1$, после применения правил игры, урна содержит или $M=2$

белых шара и $N=1$ черных шаров с вероятностью $1/2$ или $M=1$ белый шар и $N=2$ черных шара с вероятностью $1/2$. На следующем шаге $t=2$, урна содержит одно из трех возможных состояний: (1) $M=3$ белых шара и $N=1$ черный шар с вероятностью $(1/2) \times (2/3) = 1/3$. (2) $M=2$ белых шара и $N=2$ черных шара с вероятностью $(1/2) \times (1/3) + (1/2) \times (1/3) = 1/3$. Действительно, существуют два достижения этого заключительного состояния и мы должны, таким образом, суммировать их, чтобы получить правильную вероятность. (3) $M=1$ белый шар и $N=3$ черных шара с вероятностью $(1/2) \times (2/3) = 1/3$. Это просто, но становится все тяжелее считать различные возможности и связанные с ними вероятности с течением времени. Типичная траектория доли f_w белых и f_b черных шаров в урне может быть следующей. Время ($t=0, f_w=1/2, f_b=1/2$); ($t=1, f_w=1/3, f_b=2/3$); ($t=3, f_w=1/4, f_b=3/4$); ($t=4, f_w=2/5, f_b=3/5$). В пределе, когда игра повторяется большое количество раз, получается поистине замечательный результат [269], чьи две стороны соблазнительно парадоксальны: с одной стороны, доли $M/(M+N)$ белых шаров и $N/(M+N)$ черных шаров, в конечном счете, сходятся к четким числам f_w и $f_b=1-f_w$, которые *больше не флуктуируют*; с другой стороны, f_w и $f_b=1-f_w$ может принимать любое произвольное значение между 0 и 1 с равной однородной вероятностью. Это означает, что при повторении игры несколько раз, заключительная доля белых и черных шаров будет различна, и не иметь связей от одной игры к последующим! Эта необратимая модель описывает искусственный процесс, который может вести к континууму состояний; другими словами, много различных возможных состояний сосуществуют и конкурируют. Говоря в контексте имитации между агентами, то агент последовательно входит в рынок и подражает наугад одному из уже активных инвесторов, и бычий или медвежий рынок может появляться полностью случайно, вместе с прогрессивным ростом объема инвесторов. Долгосрочное значение f_w и $f_b=1-f_w$ контролируется начальным колебанием случайного процесса выбора: если, например, белый шар вытянут четыре раза кряду, это дает вероятность $4/5$ вытянуть снова белый шар в следующем шаге, по сравнению с вероятностью $1/5$ для черного шара. Если на десятом шаге есть 11 белых и 1 черный шар, то вероятность укрепления господства белых шаров – $11/12$, по сравнению с вероятностью всего только $1/12$ для вытягивания черного шара. Это прогрессивное замораживание вероятностей и его обратная связь с долей одной из этих двух популяций – является подлежащим механизмом. Мы, таким образом, видим, что доли этих двух популяций и соответствующие им вероятности прогрессивно заморозились просто согласно закону больших чисел.

Урновая модель может быть обобщена путем изменения правил добавления новых шаров. То есть сколько новых инвесторов входят в игру, как они это делают и как они подражают существующим игрокам, чтобы запустить более сложные нелинейные механизмы их поведения. [20,19,325]

Этот класс моделей, кроме того, предлагает объяснительный механизм для лобопытных фактов в экономике и истории. Два часто цитируемых примера – господство стандарта VHS над Betamax в видео промышленности и концентрация высокотехнологических компаний в местах, типа Силиконовой Долины в Калифорнии. В обоих случаях, считается, что некоторое небольшое преимущество из-за случая или других факторов, типа несколько большего количества покупок

или фильмов, поддерживавших VHS стандарт, было прогрессивно усилено и заморожено урновым механизмом. Точно так же, если две долины конкурируют в привлечении высокотехнологических компаний, та, которая первоначально имеет несколько больше компаний, чем другая, будет более привлекательной для новых предприятий, поскольку они получат слегка более активную деловую окружающую среду. Снова, это небольшое начальное преимущество может быть усилено, и привести к полнейшему преимуществу в конце. Урновый механизм также обеспечивает естественную почву для повторного анализа исторических фактов, в особенности, относящихся к часто извилистым путям человеческих сообществ. То есть этот механизм может зародить некоторые сомнения на предмет того, что часто ретроспективно утверждается, будто история следует детерминированной траекторией. Напротив, урновый процесс предполагает, что некоторые основные исторические факты, возможно, следовали из прогрессивного замораживания стохастических событий, которые накапливались, чтобы, наконец, сместить баланс на одну сторону.

Этот класс моделей обеспечивает альтернативу модели "влияния", описываемой выражением (6), делая больший акцент на необратимости процессов принятия решения. Напротив, имитационная модель (6) больше соответствует, своего рода, "равновесию", допуская изменения мнения для любого из инвесторов. Несмотря на эти различия, важное следствие этого параграфа в том, что, очевидно, аномальные стадии пузыря рынка являются устойчивыми последствиями подражательного поведения агентов.

Имитация в эволюционной психологии

Кроме рациональных причин имитации, обсуждаемых ранее, оправдание подражательных тенденций можно найти в эволюционной психологии [93]. Дело в том, что люди редко поступают наилучшим образом, когда они используют рациональное рассуждение. Действительно, можно продемонстрировать, что "рациональные" методы принятия решения (то есть, обычные методы, полученные из логики, математики и теории вероятности) не способны решать естественные адаптивные проблемы, которые наши предки должны были однозначно решать, чтобы выживать и воспроизводиться. Поскольку биологическая эволюция – медленный процесс и современный мир появился в эволюционном мгновении ока, наши существующие способности унаследованы от прошлого и остаются функционально специализированными на решении специфических проблем, с которыми сталкивался охотник-собиратель прошлого. Плохая результативность в наиболее естественных проблемах является первичной причиной, почему специализация решения проблем получила преимущество в естественном отборе перед решением проблем общего назначения. Несмотря на широко распространенные утверждения об обратном, человеческое мышление – не хуже, чем рациональное сознание, а часто может быть даже лучше, чем рациональное! На эволюционных текущих вычислительных задачах, типа распознавания объекта, приобретения грамматики или понимания речи, человеческое мышление показывает внушительные качественные навыки, часто сопоставимые или более лучшие, чем мощнейшие искусственные системы решения проблем, которые

появились в результате десятилетних исследований.

Системы общего назначения ограничены в своем применении тех же самых методов решения проблем к любой проблеме, без того, чтобы сделать специальное предположение о возможном пути решения. Решателям специализированной проблемы не препятствуют такие ограничения. С этой точки зрения, человеческое мышление кажется мощным и интеллектуальным прежде всего, потому что оно оказывается оснащенным большим массивом, можно назвать, "инстинктов рассуждения". Хотя об инстинктах часто думают, как о полярной противоположности рассуждения, растущие свидетельства указывают, что люди имеют множество рассуждательных, обучающих цепочек и цепочек предпочтений, которые сложно специализированы для того, чтобы решать определенные адаптивные проблемы, с которыми регулярно сталкивались наши гоминоидные предки. Эти цепочки были развиты без сознательных усилий и применяются без какого-либо понимания их подлежащей логики. Другими словами, эти цепочки рассуждений, обучения и предпочтений имеют все признаки того, о чем люди обычно думают о как об "инстинкте". Они делают некоторые виды выводов столь же легкими и естественными для людей, как пряжа пауком паутины или создание плотины бобром. Например, люди, кажется, не имеют доступных включенных цепочек, которые могут исполнять множество логических операций. С другой стороны, экспериментальные свидетельства указывают, что люди развили цепи, посвященные более специализированным задачам равной или большей сложности: обнаружение мошенников в ситуациях обмена. Одинаково важно, что люди имеют специализированные цепочки для понимания угроз, также как для распознавания блефа и надувательства. Такие навыки обусловили появление принудительных коалиций, правительств, других социальных установок и, вероятно, рынка акций. Большие риски неудачи, свойственные охоте и собирательству принуждали охотника-собирателя сотрудничать в маленьких племенах и делить продовольствие, чтобы сглаживать дико колеблющиеся циклы обжорства-или-голода, которые преобладали в жизни индивидуумов и семейств. В более современном контексте, в условиях стресса при достаточно больших рисках и неуверенности, люди могут включить некоторые из этих адаптивных программ.

Эксперименты показывают, что счастливый случай(событие) может вести к самонадеянности [100]. В экспериментах Дарке (Darke) и Фридмана (Freedman) [100], некоторые субъекты переживали счастливый случай, в отличие от других испытуемых. Затем все субъекты решали несвязанную с предыдущим задачу, оценивающую их уверенность, и делали ставки. После удачного случая, те, кто верил в удачу, (то есть, думал об удаче, как об устойчивом, личном признаке), были более уверены и делали большую ставку. Субъекты, которые не верили в удачу, (то есть, думали, что удача была случайна), были менее уверены и ставили меньше. Исследования также сравнивали решения, сделанные сами по себе, с решениями, сделанными после взаимодействия с другими [189]. Результаты показывают, что хотя такие взаимодействия и не увеличивали точность решения или метазнания, субъекты часто показывали устойчивую или увеличивающуюся уверенность, когда они взаимодействовали с другими испытуемыми, даже с теми, которые не согласились с ними [189,361,382,346,347]. Возможная интерпретация этого –

взаимодействие играет роль рационализации решений субъектов скорее, чем просто собирание ценной информации. Существует также и стадный эффект. В том же духе, публикация рациональной подноготной решений кажется заметно увеличивает уверенность субъектов в том, что их выбор были соответствующим [377]. Это напоминает об известном факте, связанном с образованием, что письменное изложение увеличивает понимание. Также было продемонстрировано, что обратная связь, касающаяся уместности уверенных суждений, улучшает калибровку и навыки решения [369]. Эффект значительно более силен у мужчин, по сравнению с женщинами, поскольку мужчины часто показывают более сильную уверенность в тех ситуациях, где они не правы. [291]

Ближе к нашей теме, проводились психологические эксперименты [10], в которых испытуемым показывали реальные прошлые цены акций и просили предсказать их последующие изменения, одновременно совершая сделки в соответствии с этими прогнозами и, таким образом, накапливая богатство. Этим испытуемым, конечно, просили торговать только на основании прошлых цен и им не сообщались внешние "фундаментальные" новости. Было найдено, что субъекты отслеживают прошлое среднее значение цены, когда цена акции устойчива, и, таким образом, торгуют против ценовых колебаний, когда таковые возникают. Однако, когда цены стали показывать последовательные тренды, испытуемые начали переключаться на тренд-следящие стратегии, покупая больше, когда цены увеличиваются и, продавая – когда цены уменьшаются. Возможно, даже более неотразимым свидетельством присутствия стратегий следования за трендом является широкая распространенность "технического анализа", который пытается определять тренды и развороты тренда, используя технические индикаторы, связанные с прошлыми ценовыми движениями. [53]

Слухи

Многие на Уолл-Стрит думают, что слухи двигают акции (см. Рис. 43). Старое высказывание Уолл-Стрита, "покупайте на слухах, а продавайте на новостях", живет до сих пор как можно заметить из многочисленных источников в средствах информации и Интернете. Слухи могут также существенно управлять стадным поведением.

Наиболее легко слухи регистрируются для экстраординарных событий. Вот несколько замечательных примеров. Относящаяся к двухтысячному году ошибка – один из наиболее известных слухов, с необузданной дезинформацией. Слухи, утверждения, предсказания, демагогия, взрывы гнева, объяснения и опровержения изобиловали настолько, что для обывателя было почти невозможно отделить факты от вымысла. Другой пример – полностью ложный слух относительно Американской Почтовой службы, который циркулировал по интернетовской электронной почте. Сообщение электронной почты утверждало, что "Конгрессмен Шнелл" представил "законопроект 602P", позволяющий федеральному правительству налагать 5 центовый дополнительный налог на каждое сообщение электронной почты, доставленное по Интернету. Деньги собирались бы интернет-провайдерами и затем передавались бы Почтовому ведомству. Никакого такого законодательного предложения не существует. В действительности, никакого

"Конгрессмена Шнелла" не существует. А Почтовая служба США отвергла любую возможность дополнительного налога на сообщения электронной почты, посланные по Интернету [430].



Рис. 43. Карикатура на воздействие слухов на поведение рынка акции, взятое с титульного листа журнала The Economist, 1-7 ноября 1997, комментирующего суматоху после падения DJIA на 7% 27 октября 1997.

Крупные слухи также развивались и в национальном масштабе [259]. Хидео Ибе (Hideo Ibe), предыдущий президент Научно-исследовательского института полптики в отношении старения, объявил в официальном сообщении для печати 14 февраля 1996: "Мое внимание обратили на то, что Дэн Сяопин сказал: "Поскольку японцы имеют недостаточно детей, мы можем послать им пятьдесят миллионов китайцев". Это утверждение кажется странным, учитывая, что Япония имеет 340 жителей на квадратный километр, а Китай всего только 100. Кроме того, это маловероятно, ввиду строгости иммиграционной службы Японии. Говорил ли это Дэн Сяопин или такое суждение ожидалось от японского общественного мнения? Чтобы определить правду, нужно проверить источник информации, что подразумевает проверку всех китайских газет, радио и телевизионных записей в течение месяцев или, возможно, нескольких лет, предшествующих этому объявлению. Это было бы трудная задача, которая могла бы потерпеть неудачу, как

произошло в случае предполагаемого обращения к "Вашингтон Пост" алжирского президента Хоуари Боумедиена: "Однажды, миллионы мужчин и женщин оставят южные и бедные части мира, чтобы прорваться в относительно доступные области северного полушария ради своего выживания". Процитированное известными французскими демографами и усиленное менеджерами важных средств информации, это заявление, которое питало страх вторжения, никогда не было зарегистрировано, несмотря на тщательное исследование "Вашингтон Пост" за несколько лет.

Циркуляция таких слухов призывает изучению эпидемиологических исследований, на подобие выполненного Эдгаром Моринем расследования слуха, распространившегося в Орлеане, Франция, о том, что молодые женщины исчезали в магазинах мод, принадлежавших евреям. Морин показал, как все социальные слои общества участвовали в распространении этого слуха. С другой стороны, в двух предыдущих примерах, инфекция была поддержана, оправдана и, вероятно, даже создана элитами, либо учеными, либо людьми, отвечавшими за средства информации. Эти слухи не циркулируют во всех направлениях, но, по существу, идут от вершины до основания общества. Довольно сложные представления, явно серьезные рекомендации, которые, кажется, оправдывают их происхождение и их выдающихся сторонников, обеспечивают пищу для преувеличений, обслуживающих разнообразные интересы и психологические уклоны во всех слоях общества.

Несмотря на вероятную путаницу, которая может возникнуть в сознании читателя, видимо, имеет смысл упомянуть здесь недавнюю книгу П. Гарбера (P. M. Garber), который повторно исследовал тюльпаноманию и пузыри Южных морей и Джона Ло, описанные в главе 1, с тщательным и свежим взглядом на исторические записи.[153] Его главное заключение – легендарные элементы, ритуально призываемые в качестве подлежащего основания спекулятивных пузырей, а именно, стадное и иррациональное поведение, не так уж однозначно истинны. Вместо этого, он защищает представление о том, что эти события имеют возможное объяснение в терминах фундаментальной оценки. Интересно, что Гарбер рассматривает "миф" тюльпаномании возникающим из слуха, который был прогрессивно усилен последовательными авторами, использующими его для своих задач, типа поддержки моралистического выпада против "чрезмерной спекуляции" или, в современное время, взывания к правительственному регулированию: "эпизод тюльпаномании... – просто риторическое устройство, используемое для того, чтобы выдвигать аргумент, что..., существование тюльпаномании доказывает, будто рынки являются сумасшедшими. Любопытное волнение на современном рынке может тогда быть приписано сумасшедшему поведению, следовательно, рынок, возможно, должен более строго регулироваться" [153, стр.11.]. В то время, как книга Гарбера была тепло встречена рядом авторитетных финансовых экономистов, экономист Киндлебергер (К. Р. Kindleberger) указал на некоторые недостатки работы и выводов [237]: "дебаты между теми, кто верит, что рынки всегда рациональны и эффективны, опираясь на фундаментальные параметры, и историками, которые привлекают внимание к ряду финансовых кризисов, начиная, по крайней мере, с 1550 года, вероятно, будут продолжаться. Расчетливость призывает сделать выбор

за или против финансовых кризисов, комплексность позволяет говорить, что рынки, главным образом, надежны, но иногда захватываются неблагоприятной активностью".

Выживание самой подходящей идеи

Усилия людей по разделению друг с другом идей и поведений можно проследить на более фундаментальном уровне, согласно теории "мимов" ("memes"), представленной Ричардом Докинсом [102, 42]. Мим для мышления все равно, что ген для эволюции. Мим определяется, как любая идея, поведение или навык. Подобно гену, мим может реплицироваться имитацией, передаваясь от одного человека к другому: истории, моды, изобретения, рецепты, песни, способы распашки поля или бросков в бейсболе или ваяния скульптур. Подобно гену, мим конкурирует с другими мимами, как идеи и поведения конкурируют в культуре и между культурами. Мимы поступают в нас от всех общающихся с нами людей во время нашего роста: родителей, родных братьев, друзей, соседей, преподавателей, проповедников, боссов, коллег и всех тех, вовлечен в создание вещей, подобных учебникам, романам, книжкам комиксов, кино, телевизионным показам, газетам, журналам, интернет-сайтам и так далее. Все эти люди постоянно повторяют друг другу (и, конечно, своим детям, студентам, служащим и т.п.) мимы, который они получили в течение своей жизни. Все эти голоса, взятые вместе, составляют голос Матери-Культуры [339]. Согласно теории мимов, "так же, как вид наших тел может быть объяснен только в терминах естественного отбора, так и вид наших умов может быть объяснен в терминах миметического отбора" [42]. Например, Блэкмор (Blackmore) [42] показал, что как только наши отдаленные предки приобрели критическую способность к имитации, начался второй вид естественного отбора – выживание наиболее пригодных среди конкурирующих идей и поведений. Идея, которые доказали свою наибольшую адаптивность, например, для производства инструментов или использования в языке – выжили и процветали, копируя себя в настолько многих умах, насколько это возможно. Затем эти мимы передали себя от поколения к поколению, способствуя тому, что гены тех, кто их приобрел, также выжили и воспроизвели себя. Применение этой теории ко многим аспектам человеческой жизни предлагает новые перспективы для объяснения того, почему мы живем в городах, почему мы говорим так много, почему мы не можем прекратить думать, почему мы ведем себя альтруистично, как мы выбираем наших помощников и так далее. Согласно Блэкмору, "когда мы смотрим на религии" или другие ненаучные верования, типа астрологии,

то с точки зрения мимов, мы можем понять, почему они оказались настолько успешными. Эти религиозные мимы не были установлены с намерением преуспеть. Они были всего лишь поведением, идеями и историями, которые были скопированы от одного человека к другому в длинной истории человеческих попыток понять окружающий мир. Они были успешны, потому что так случилось, что они пришли вместе во взаимно поддерживающие сообщества единомышленников, которые включали в себя все правильные уловки, чтобы благополучно сохранить их в миллионах умов, книг и зданий, и повторно передавать их дальше. Они вызывали сильные эмоции и странные ощущения. Они обеспечили мифы, чтобы отвечать на

реальные вопросы и мифы были защищены непроверяемостью, угрозами и обещаниями. Они создавали и затем уменьшали страхи, чтобы создавать понимание и они использовали трюки с красотой, правдой и альтруизмом, чтобы способствовать своему распространению. [42, стр.192]

В том же духе будет соблазнительно проинтерпретировать в пределах этой же теории некоторые поведения, наблюдаемые на рынках акций, например, использование технического анализа, за который борется истинная "культура", даже если технический анализ не был реально установлен с твердой научной точки зрения (см., однако, [53, 36, 6]).

Дух азарта

Инвестиции на рынке акций – это своего рода лотерея или игра на деньги со многими инвесторами, по крайней мере, если следовать утверждению некоторой части популярной прессы, которая запустила выражение "рынок акций – это казино". Азартный дух игры на деньги, обычно проявляемый в лотереях и в казино, стал видным настроением во многих штатах США и, может быть, важным психологическим фактором при работе на рынке акций. Азартная игра – это больше, чем принятие рисков. Конечно, риск присутствует в азартной игре, но игра – это нечто большее. Слово "игра на деньги" ("gambling") связано со словом "игра"(game) и происходит от старого английского слова "gammon" (мистификация, притворство). Азартная игра, таким образом, связана с идеей относительно Игры. Азартная игра – это Игра. Это не игра, основанная на навыке или на причинности, это – Игра, основанная на чистом шансе.

Азартная игра – это апелляция к чистому шансу: случайная удача без навыка или личной причастности.[277] Азартная игра – это деятельность, в которой человек рискует чем-то ценным, благодаря силам случая, находящимся полностью вне его контроля или вне любого рационального ожидания, в надежде получить или выиграть что-то большей стоимости, обычно, большее количество денег. Лотерея стала главной Американской фантазией. Оценки общей суммы заключаемых пари трудно получить, но, приблизительно, на \$500 миллиардов заключается легальных пари каждый год в Америке, а нелегальные пари добавляют к оценке еще больше и сумма далеко переваливает за \$1 триллион. Статистика показывает, что существует, приблизительно, 10 миллионов навязчивых игроков в Соединенных Штатах. Это больше, чем количество алкоголиков. Интересно отметить, что игра на деньги также сыграла видную роль в ранней Американской истории. В 1612 году, Британское правительство запустило лотерею, чтобы помочь новому поселению в Джеймстауне, в Виржинии. В 1776 году, Первый Континентальный Конгресс Соединенных Штатов продавал лотерейные билеты, чтобы финансировать Американскую революцию. Сам президент Вашингтон купил первый билет лотереи, чтобы помочь построить новую столицу, называемую Федеральным Городом, теперь известном, как Вашингтон, округ Колумбия. Соединенные Штаты были основаны на лотерее, революция финансировалась лотереей, и постройка столицы финансировалась лотереей.

С 1790 до 1860, 24 из 36 штатов спонсировали лотереи, проводимые

государством. Множество школ, университетов, колледжей и сотни церквей проводили свои собственные лотереи, чтобы привлечь средства для строительства собственных зданий. Пройдя период ранней Американской истории, азартной игры и лотерей, спонсируемых правительством, к 1894 году, из-за увеличивающейся коррупции, лотереи исчезли из Америки. К 1894 больше не было спонсируемой правительством азартной игры – она закончилась в коррупции и финансовом фиаско. Публичная азартная игра на деньги на любом уровне была полностью прекращена. Между 1894 и 1964, не было никакой, спонсируемой правительством, игры на деньги в Америке. В 1964, Игра была повторно представлена штатом Нью-Хэмпшир, который стал первым штатом предложившем лотерею, и теперь 37 штатов спонсируют правительственные лотереи, а Вашингтон, округ Колумбия, является 38-м. Более, чем 500 казино существует в стране.

В 1974-ом, 10 годами позже, опрос общественного мнения показал, что 61% американцев играли на деньги, держа пари на \$47.4 миллиарда, ежегодно. В 1989-ом, 71% держал пари на \$246 миллиардов. В 1992-ом, пари держались на \$330 миллиардов. В 1995-ом, исследования показывают, что 95% американцев играют на деньги, 82% играют в лотерею, 75% – на игровых автоматах, 50% ставят на собак и лошадей, 44% играют в карты, 34% – в лото, 26% играют на спортивных событиях, 74% часто посещают казино и 89% – одобряют азартную игру. Нельзя не сравнить этот рост энтузиазма в отношении азартной игры с бычьим рынком акций и примечательным ростом числа домашних хозяйств, владеющих акциями, в последние десятилетия.

Расходы на азартную игру каждый год превышают суммы, потраченные на фильмы, книги, развлечения, музыку и развлечение в целом. Люди тратят большее количество денег, играя на деньги чем, они тратят на билеты на все национальные спортивные события, вместе взятые (бейсбол, футбол, и все остальное). В 1993, люди легально потратили \$400 миллиардов, \$482 миллиарда в 1994 и более \$500 миллиардов в 1999! Пять миллиардов тратится ежегодно только в автоматах одного штата Невада! Девяносто два миллиона домашних хозяйств посещают казино и 10% всех денег, заработанных людьми в Америке, бросаются в азартную игру!

Трудно оценить, насколько силен дух азарта в умах индивидуальных инвесторов. А если это действительно правда, то уместно предположить, что этот дух делает инвесторов склонными к стадности, т.к. они вкладывают капитал, имея небольшую информацию. Это может также объяснять аномально большую волатильность цен [374] и их потенциальную нестабильность

"Анти-имитация" и самоорганизация

Почему иногда выгодно быть в меньшинстве

В практическом выполнении торговой стратегии недостаточно знать или предполагать общее направление рынка. Существуют дополнительные тонкости, управляющие тем, как трейдер собирается вступать (чтобы покупать, или продавать) на рынок. Например, Энн захочет оказаться слегка впереди стада, чтобы купить по лучшей цене, прежде, чем цена увеличится до уровня бычьего

консенсуса. Симметрично, она захочет выйти из рынка немного раньше толпы, то есть перед разворотом тренда. Другими словами, она хотела бы быть немного противоположной, покупая, когда большинство все еще продает и, продавая, когда большинство все еще покупает, слегка опережая изменение мнения большинства ее "соседей"! Это означает, что она будет не всегда хотеть следовать за стадом, по крайней мере на коротких масштабах времени. На этом уровне, Энн не может полагаться на опрос своих "соседей", потому что она знает, что они, также как и остальная часть толпы, будут иметь сходные идеи попытаться предположить мнения друг друга о том, когда войти в рынок. Вообще говоря, Энн, в идеале хотела бы быть в меньшинстве, когда входит в рынок, в большинстве – при удержании позиции и снова в меньшинстве – при закрытии ее позиции.

Это ведет к другому типу поведения, весьма отличных от основанных на имитации и стадности. Здесь, проблема для Энн состоит в использовании прошлой информации, для принятия решения покупать рынок, когда она верит, что большинство других еще не будет делать этого. Таким образом, она должна быть в меньшинстве. Получение прибыли от нахождения в меньшинстве приводит к интересным парадоксам. Дьявольская ирония, но если все трейдеры используют тот же самый набор правил, они будут делать ту же самую вещь, в то же самое время, и поэтому не могут быть в меньшинстве. Это ведет к примечательному парадоксу: в противоположность имитативному поведению, которое укрепляется, когда каждый следует этому поведению, быть в меньшинстве, подразумевает стремление быть отличным и, таким образом, не может происходить из использования одинаковых правил для всех. Таким образом, адаптируясь, Энн и ее коллеги будут учиться и будут вынуждены изменять свои стратегии входа, основываясь на прошлых успехах и неудачах.

Проблема бара Эль-Фарола

Эта проблема недавно была формализована в структуре, так называемых "миноритарных игр". Миноритарная игра – это повторяемая игра, где N игроков должны выбрать один из двух вариантов (скажем, A и B) на каждом шаге. Те, кто, оказался в меньшинстве – победил. Кажущаяся довольно простой на первый взгляд, эта игра имеет тонкость в том смысле, который мы уже сказали – если все игроки анализируют ситуацию аналогичным образом, они все выберут ту же самую альтернативу и проиграют. Кроме того, есть ограничение, поскольку не все игроки могут победить в то же самое время. Миноритарные игры это абстракции известной проблемы бара Эль-Фарола.[17] В этой модели, 100 людей решают, независимо друг от друга, каждую неделю идти ли в бар, который предлагает развлечение на определенный вечер. Места ограничены и вечер будет приятен только, если бар не слишком переполнен – точнее, если меньше, чем 60% мест из возможных 100, заняты. Нет никакого способа узнать наверняка число прибывших заранее, поэтому человек идет, то есть считает, что стоит пойти, если он ожидает приход меньшего количества, чем 60; или он остается дома, если ожидает народу больше, чем 60 в баре. Выбор не зависит от предыдущих посещений; нет никакого сговора или предшествующих связей между людьми и единственная доступная информация – числа пришедших на прошлых неделях. Какова динамика количества посетителей

от недели к неделе?

Чтобы ответить на этот вопрос, Артур (Arthur)[17] предположил, что эти 100 людей могут каждый индивидуально формировать несколько предикторов (predictor) или гипотез в форме функций, которые трансформируют количества посетителей прошлых d недель в значения для следующей недели. Такие предикторы – аналог технических рецептов торговли, которые используют инвесторы для формирования своих решений. Например, используя данные Артура, недавние числа посещаемости могут быть такими

44 78 56 15 23 67 84 34 45 76 40 56 22 35.

Конкретные гипотезы или предикторы для предсказания числа следующей недели могли бы быть [17]:

- тот же самое, как на последней неделе, что дает 35 для предсказания следующей недели;
- зеркальное значение через 50 от последней недели, что дает 65,
- округленное среднее число прошлых четырех недель, что дает 49,
- тренд последних восьми недель, ограниченный 0 и 100, что дает 29,
- то же самое, что и две недели назад (цикл с двумя периодами), что дает 22,
- то же самое, что и пять недель назад (цикл с пятью периодами), что дает 76, и т.д.

Артур предположил, что каждый человек обладает и отслеживает индивидуализированный набор из k таких предикторов. Он решает идти или оставаться согласно наиболее точному предиктору в настоящее время в его наборе. Как только решение принято, каждый агент изучает новое количество посетителей и уточняет аккуратность своих отслеживаемых предикторов. В этой задаче о баре, набор гипотез, наиболее вероятных в настоящее время и принятых во внимание человеком, определяет посещаемость. Но история посещаемости определяет набор активных гипотез. Это аналогично важному механизму в работе на рынках акций: использование предикторов и их воздействие на посещаемость действительно подобно использованию "технических индикаторов", используемых аналитиками, чтобы предсказывать рынок.

Используя искусственных людей, которые выбирают наугад k (скажем, 6 или 12, или 23) различных предикторов среди нескольких дюжины сфокусированных гипотез, много раз реплицируемых, мы можем с помощью компьютерного моделирования исследовать то, что получается. Каждый искусственный человек обладает k предикторами или гипотезами, которые он может выбирать на каждом шаге, и он выбирает тот, который лучше всего соответствовал действительности в прошлом (даже если он не использовался). Эта детерминированная динамика дает посещаемость бара, показанную на Рис. 44. Примечательный результат – предикторы самоорганизуются в модель равновесия, в которой наиболее

точные предсказатели, в среднем, предсказывают 40% времени числа, большие, чем 60, и 60% времени – меньшие 60. Как только соотношение лучших предикторов расклевывается с этим средним коэффициентом 60/40, соотношение продолжает оставаться таким навсегда. Эти результаты экспериментов устойчивы к изменениям в типах созданных предикторов и в назначаемых числах [17]. Модель, показанная на Рис. 44, напоминает модели ценовых изменений, наблюдаемых для типичной акции (см. главу 2). Это предлагает механизм для "шумовой" структуры ценовых изменений и исходов, чье происхождение может корениться в том факте, что инвесторы не могут все выиграть в то же самое время и должны выбирать различные стратегии, если хотят победить.

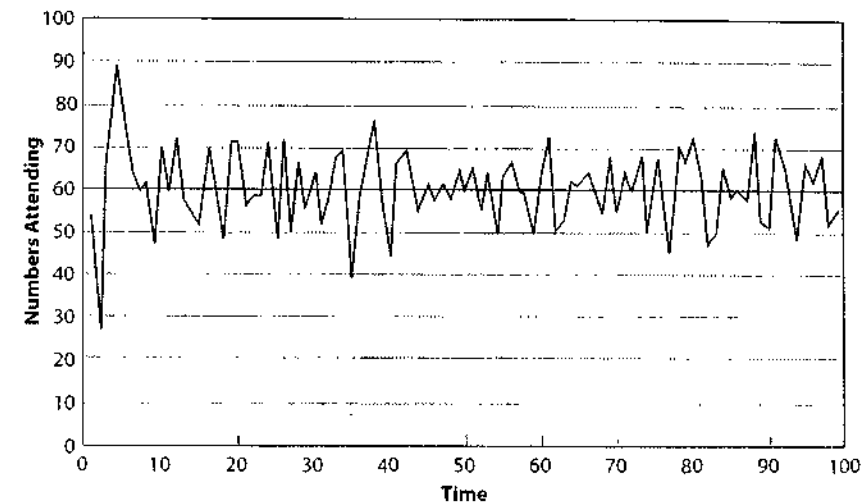


Рис. 44. Динамика посещаемости в проблеме бара Эль-Фарола, изложенной В. Артуром, как парадигма для "миноритарных игр". Источник [17]

Миноритарные игры

Существует множество вариантов этой миноритарной игры, которые обобщают явление и охватывают существенную особенность систем, где агенты конкурируют за ограниченные ресурсы. В миноритарных играх, искусственные агенты с частичной информацией и ограниченной рациональностью базируют свои решения только на знании M (M от memory – память) последних выигравших вариантов, называемых историями. Возьмите все истории и установите выбор (A или B) для каждой из них: вы получаете стратегию, которая походит на теорию мира. Каждая стратегия имеет внутреннюю стоимость, называемую виртуальной стоимостью, которая является общим количеством случаев, когда стратегия предсказала правильную альтернативу, A или B . В начале игры, каждый игрок получает ограниченный набор S стратегий. Он использует их индуктивно, то есть он использует стратегию с самой высокой виртуальной стоимостью (связи нарушены подбрасыванием монеты). Следует подчеркнуть, что игрок ничего не знает о

других. Вся его информация поступает от виртуальных стоимостей стратегий.

Вот более поразительные свойства миноритарной игры (МИ): (1) это модель, которая описывает взаимодействие между агентами и информацией; (2) агенты способны сотрудничать или кооперироваться, (но без прямого обмена); (3) агенты минимизируют доступную информацию; (4) существует критический переход между симметричной фазой без информации, доступной агентам, и асимметричной фазой, с доступной для агентов информацией. Параметр управления – это коэффициент $\alpha = P/N$, где P – число различных возможных состояний фундаментальной информации, поделенной на число N агентов. Когда α меньше, чем α_c , где α_c – специальная стоимость первого порядка, то рынок эффективен и не существует никакой информации, которая может быть использоваться для предсказания. Напротив, для α большего, чем α_c , новый агент может получать прибыль из существования прогнозирующей структуры в динамике: нет достаточного количества агентов, чтобы эксплуатировать и удалять всю информацию. Мы можем вспомнить здесь мысль, уже обсуждавшуюся в секции "Притча" главы 2.

Интуитивное и качественное понимание миноритарных игр можно получить, используя выражение (6) данное в секции "Объяснение имитационной стратегии". Действительно, в (6), положительный коэффициент K определяет количественно силу имитации. Противоположное поведение соответствует случаю, когда K отрицателен. По аналогии со спином магнитных материалов, имитация ($K > 0$) ведет к ферромагнитной фазе (магнит) или глобальному кооперативному поведению, которое мы описываем в следующей подглаве, названной "Кооперативные поведения, следующие из имитации". Противоположное поведение или антиимитация ($K < 0$) соответствует, так называемому, "антиферромагнитному" взаимодействию. В физике материалов антиферромагнитные взаимодействия, как известно, ведут к странному поведению и, часто, к комплексным фазам, следующим из фрустрации, вызванной неспособностью одновременно удовлетворить все пары взаимодействующих элементов. Эта проблема имеет те же самые качественные парадоксальные свойства, которые мы описали для миноритарных игр.

Имитация и противоположное поведение

Реальные рынки являются результатом поведения агентов, которые не являются ни полностью имитативными, ни полностью антиимитативными, в отличие от требований доступных теперь редукционистских (упрощающих) моделей и теорий. Наилучшее представление о реальных рынках требует комбинации из двух моментов. И, действительно, нужно различить действия "покупки" и "продажи" от периода "удержания" или "хранения".

1. Цена актива в любое данное время фундаментально определяется балансом между спросом и предложением: большее число ордеров на "покупку", чем на "продажу" будет двигать цену вверх, и наоборот. Если Энн хочет купить (продать), она хочет быть в меньшинстве так, что цена имеет тенденцию к уменьшению (увеличению), и она, таким образом, получает лучшую мгновенную сделку. Действия "покупки" и "продажи" оптимизированы,

когда Энн способна оказаться в меньшинстве.

2. Как только она инвестирует в рынок, она извлекает прибыль, если ее инвестиция соответствует мнению большинства: если она купила (продала), она извлекла бы прибыль, только если цена повысилась (понижилась). Таким образом, прибыль в период "хранения" оптимизирована, когда Энн принадлежит большинству.

Чтобы уяснить эти идеи, давайте предположим, что время, требуемое для совершения сделки – Ot , равно, скажем, одной минуте (большинство не слишком больших сделок могут быть выполнены намного быстрее через Интернет). Первая миноритарная оптимизация, таким образом, касается этого короткого интервала времени и составляет уменьшение возможного различия между ценой ордера и его конкретным исполнением: Энн дает ордер на "покупку" по 100, но сделка заключается по 101, потому что множество других покупают, поднимая цену в течение короткого интервала времени между ее заказом и его конкретным исполнением. Она, таким образом, платит больше, чем намеревалась. Именно этого она хочет избежать, находясь в меньшинстве, то есть, покупая перед толпой покупателей. В отличие оттого, что происходит на этом коротком масштабе времени, период хранения может длиться намного больше времени, скажем ndt . Относительное воздействие противоположного поведения на имитационные силы имеет, таким образом, порядок, равный $1/n$ – коэффициент отношения времени, чтобы вступить в позицию ко времени ее удержания. Для "внутридневных" трейдеров, которые очень активны, этот коэффициент вообще не может быть маленьким. Большие количество работ о миноритарных играх [77,78,76,75] утверждают, что частая смена стратегии может быть выгодной в той ситуации. Также предполагается, что трейдеры будут способны делать последовательную прибыль только, когда информация усложняется или когда уменьшится число трейдеров. Напротив, у стратегий "купил-и-держи" будет прибыль лишь пока информация остается простой, то есть, типа, когда тренд остается сильным. Проблема тогда сводится к выходу/развороту прежде или при развороте тренда.

Однако, любой, кто пытался вкладывать капитал на рынке акции, знает, что трудность состоит в том, что тренды и развороты тренда происходят на всех масштабах времени. Рис. 45 иллюстрирует это наблюдение построением, основанным на вставках последовательностей трендов и разворотов трендов на всех масштабах. Это геометрическое построение, которое улучшает и обобщает модель случайного блуждания, весьма близко воспроизводит структуру ценовых траекторий, показанных в главе 2. Эти инвариантные к масштабу модели построены из блоков трендов "вверх-вниз", которые могут наблюдаться и воспроизводить себя на всех масштабах и почти повсюду. Эти модели принадлежат геометрии фракталов [284], грубой или фрагментированной геометрической форме, которая может быть разделена на части, каждая из которых (по крайней мере, приблизительно) является уменьшенной копией целого. Концепция фракталов, представленная Мандельбротом (Mandelbrot), охватывает грубые, ломаные и нерегулярные характеристики многих явлений в природе, присутствующие во всех масштабах. Мы вернемся к этому построению, показанному на Рис. 45, и его значениям в главе 6.

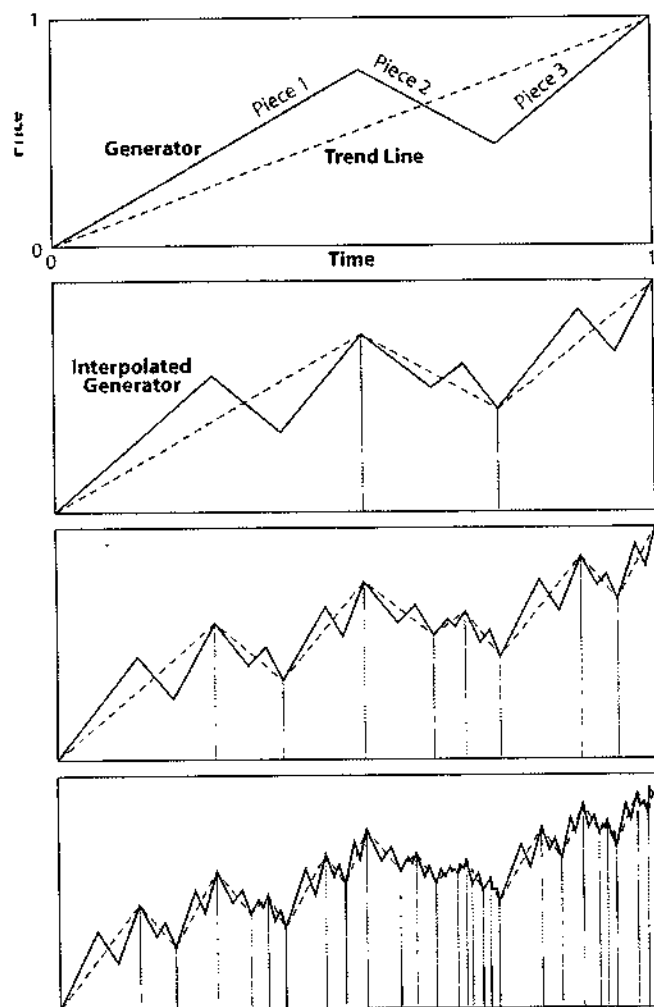


Рис. 45. Простая диаграмма, которая вставляет изменения цен в интервал от 0 до более позднего времени 1, последовательными шагами, чтобы проиллюстрировать концепцию трендов, встречающихся на всех масштабах времени. Интервалы выбраны произвольно и могут представлять минуту, час, день или год. Процесс начинает тренд от левого нижнего угла (0,0) к правому верхнему углу (1,1). Затем, используется прерывистая линия, называемая генератором, чтобы создавать модели "вверх-вниз" – часть 1-часть 2- часть 3. Затем каждая из этих трех частей сама заменяется тремя меньшими частями, полученными подходящим сокращением масштаба начального генератора (интерполированный генератор инвертируется для каждой понижающейся части). Повторение этих шагов воспроизводит форму генератора, или ценовой кривой, но в сжатых масштабах. И горизонтальная ось (масштаб времени) и вертикальная ось (ценовой масштаб) сжимаются, чтобы приспособиться к горизонтальным и вертикальным границам каждой части генератора. Источник [285]

Кооперативное поведение, следующее из имитации

Мы позаимствовали и адаптировали у Стивена Джонсона (Steven Johnson) [223] и Эвелин Фокс Келлер (Evelyn Fox Keller) [233] следующий рассказ о слизистой плесени. Слизистая плесень (*Dictyostelium discoideum*) – красновато-оранжевая клеточная масса, которая встречается среди прочих мест, в коре гниющей древесины во влажных участках леса. Большую часть времени движения слизистой плесени едва заметны, но когда погодные условия становятся более влажными и более прохладными, тогда она, внезапно, "решает" "уйти". На самом деле, слизистая плесень проводит большую часть жизни в виде тысяч отдельных одноклеточных организмов, каждый из которых перемещается отдельно от других. Но при соответствующих условиях эти бесчисленные клетки соединяются в отдельный, большой организм, который затем начинается свой неторопливый путь полком через нижний этаж леса, потребляя гниющие листья и древесину по мере своего движения.

Когда окружающая среда менее гостеприимна, слизистая плесень действует как отдельный организм. Когда плесень наслаждается обилием пищи, "она" становится "они". Слизистая плесень колеблется между двумя состояниями – отдельное существо и рой. Как все эти клетки могут так хорошо работать вместе? Клетки слизи испускают обычное вещество, называемое акразин (также известное, как циклический АМФ (аденозинмонофосфат)), через которое они обмениваются информацией. Много лет ученые полагали, что процесс скопления координируется специализированными клетками слизистой плесени, известными, как клетки-"лидеры". Согласно этой теории, каждая клетка-лидер испускает химический сигнал, сообщающий другим клеткам слизистой плесени приказ собраться вокруг нее, образуя кластер.

Однако, хотя ученые согласились, что волны циклического АМФ действительно проходят через сообщество слизистой плесени прежде, чем образуется скопление, все ячейки в сообществе эффективно взаимозаменяемы. Ни одна из них не обладает никакими отличными характеристиками, которые могли бы поднять их статус до лидера. В конце 1960-ых, Эвелин Фокс Келлер и Ли Сегел разработали математическую модель [234], (теперь называемую моделью Келлер-Сегела) того, как клетки плесени могли самоорганизовываться в последовательный организм путем непрерывного испускания и обмена циклическим АМФ. Модель предполагает, что каждая индивидуальная клетка следует одному и тому же набору простых правил, вовлечения эмиссии и ощущения химикалий. Количество циклического АМФ, испускаемого каждой клеткой индивидуально изменяется как функция количества циклического АМФ присутствующего в окружающей среде, и каждая клетка может следовать за феромонами, с которыми она сталкиваются, когда блуждает через окружающую среду. Когда клетки слизистой плесени накачают достаточное количество циклического АМФ, начинают спонтанно формироваться кластеры клеток. Клетки тогда могут лучше двигаться по следам, созданным другими клетками, создавая положительную петлю обратной связи, которая поощряет большее количество клеток присоединяться к группе.

Скопление слизистой плесени теперь признано как классический случай в

исследовании перевернутого поведения и самоорганизации, подобной, в некотором смысле, тому, что происходит на рынках акций. Спонтанное формирование структуры все еще остается очень активной областью изучения, позволяя нам понять, например, происхождение рисунков на шкурах зебр и леопардов [409,410].

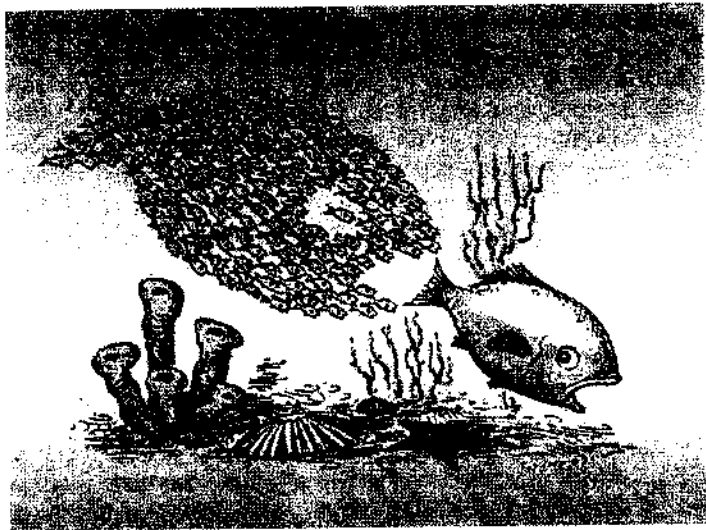


Рис. 46. Иллюстрация концепции, что кооперативное поведение – мощная сила самоорганизации.

Общая концепция работает сходным образом во многих различных областях знания: структура и развивающаяся организация, образующиеся из соревнования между, по крайней мере, одной дезорганизующей и одной организующей силами. В случае слизистой почвы, дезорганизующая сила – это непосредственная тенденция клеток к самостоятельным блужданиям. Упорядочивающая сила берет начало от взаимодействий, происходящих через выпуск и реакцию клеток на циклический АМФ. Относительная мощь этих двух сил определяет, самоорганизуются ли клетки слизистой плесени в отдельное существо или живут своей собственной раздельной жизнью. Подобная борьба между порядком и дезорганизующими силами между финансовыми агентами будет описана в главе 5. Концепция, гласящая, что кооперативное поведение ведет к появлению самоорганизации в новые модели, красной нитью проходит через эту книгу. Сила, полученная при самоорганизации, хорошо иллюстрируется картинкой Рис. 46.

Изинговская модель кооперативного поведения

Имитативное поведение, которое уже обсуждалось в настоящей главе в секции "При нехватке информации подражание является оптимальным выбором" и описывается выражением (6), принадлежит к весьма общему классу, так называемых, стохастических динамических моделей, разработанных для описания взаимодействующих элементов, частиц и агентов в большом разнообразии

контекстов, в частности, в физике и биологии [265,266]. Тенденция или сила, направленная к имитации контролируется параметром K , который может называться "силой сцепления" ("coupling strength"); тенденция к отличительному (или шумному) поведению контролируется амплитудой σ шумового периода. Таким образом, значение K относительно σ определяет результат сражения между порядком и беспорядком и, в конечном счете, структуру рыночных цен. Вообще говоря, сила сцепления K может быть гетерогенной среди соседних пар, но это не будет существенно затрагивать свойства модели. Некоторые из K_{ij} могут даже быть отрицательными, пока среднее всех K_{ij} будет строго положительным.

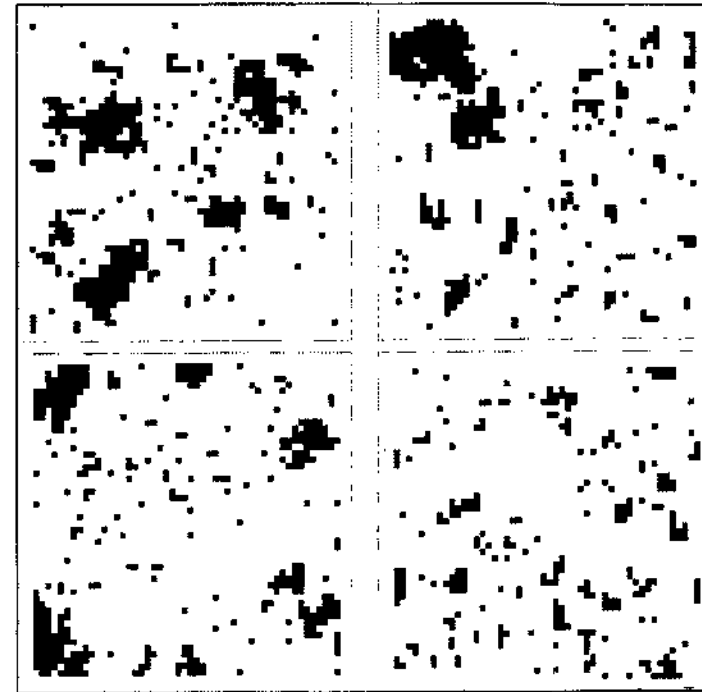


Рис. 47. Четыре снимка четырех последовательных состояний плоской системы из 64x64 агентов, помещенные на правильную квадратную сетку. Каждый агент, помещенный в пределах маленького квадрата, взаимодействует со своими четырьмя самыми близкими соседями согласно подражательному правилу (6). Белый (соответственно, черный) квадрат соответствуют "быку" (соответственно, "медведю"). Эти четыре, показанные здесь случая, соответствуют существованию большинства ордеров на покупку, поскольку белый – это преобладающий цвет.

Выражение (6) описывает только состояние агента в данный момент. В следующий момент, появляются новые ϵ , новые влияния размножат себя среди соседей, и агенты могут изменить свои решения согласно Рис. 42. Система, таким образом, постоянно изменяется и реорганизуется, как показано на Рис. 47. Модель не учитывает мгновенные взаимодействия во мнениях между соседями. На

реальных рынках, мнения действительно не бывают мгновенными, но формируются в течение времени, вовлечение в процесс семьи, друзей, коллег, газет, Web-сайтов, ТВ и так далее. Решения о торговой активности данного агента могут происходить в момент, когда согласие всех этих источников достигает некоторого уровня переключения. Существование порога, достигнутого в соответствии с общим консенсусом, есть именно та особенность, которую захватывает выражение (6): согласие количественно определяется суммой по $N(i)$ агентов, связанных с агентом i , а порог обеспечивает функция знака. Задержка формирования мнения данного трейдера как функция мнений других трейдеров, описывается прогрессивным распространением информации в течение последовательных шагов обновления (см., например, [265,266]).

Самая простая возможная сеть – двумерная сетка на евклидовой плоскости. Каждый агент имеет четырех самых близких соседа: по одному на Север, Юг, Восток, и Запад. Тенденция K к имитации сбалансирована тенденцией ε к отличительному идиосинкразическому поведению.

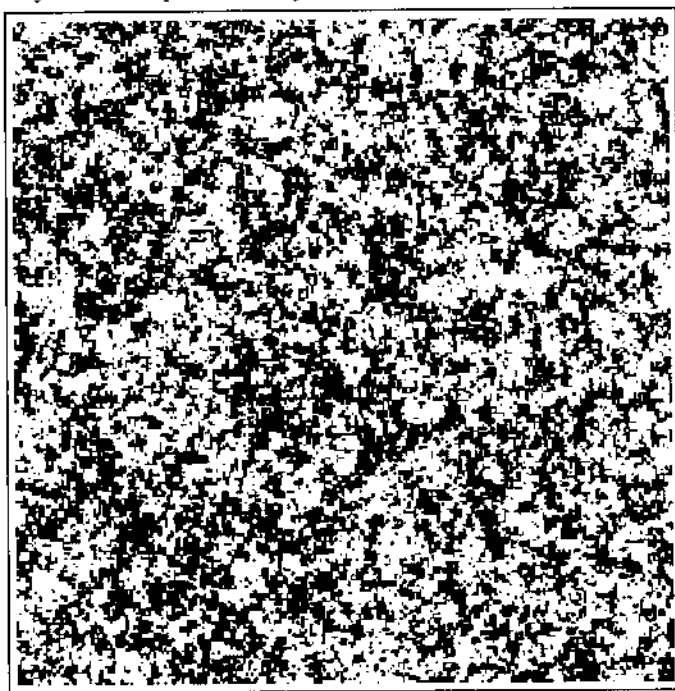


Рис. 48. $K < K_c$: Конфигурация купли (белые квадраты) и продажи (черные квадраты) в двумерной, подобной Манхэттену, плоской сети из 256×256 агентов, взаимодействующих со своими четырьмя самыми близкими соседями. Существует приблизительно одинаковое число белых и черных ячеек; то есть на рынке нет никакого консенсуса (согласия). Размер самых больших локальных кластеров количественно определяет корреляционную длину, то есть расстояние, на котором размножаются локальные имитации между соседями прежде, чем будут существенно искажены "шумом" в процессе передачи, который появляется в результате идиосинкразических (отличительных) сигналов каждого агента.

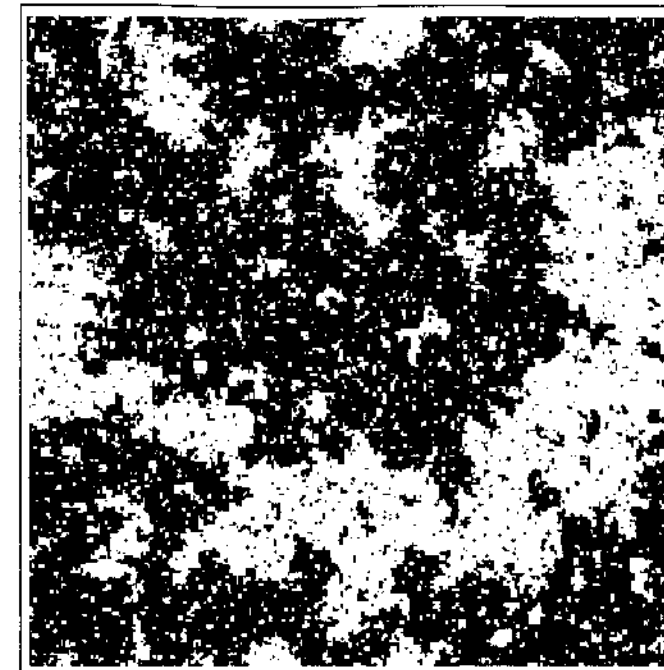


Рис. 49. То же самое, что на Рис. 48, но для K близкого к K_c : все еще существует приблизительно одинаковое число белых и черных ячеек, то есть на рынке нет никакого согласия. Однако, размер самых больших локальных групп вырос и стал сопоставимым полному размеру системы. Кроме того, можно наблюдать "дырки" и кластеры любых размеров. "Масштабная инвариантность" или "похожая на фрактал" структура – есть признак "критического состояния", для которого корреляционная длина и восприимчивость стали бесконечными (или, точнее, просто ограниченными размером системы).

В контексте выравнивания атомных спинов, создающего намагничивание (магниты), эта модель идентична так называемой двумерной Изинговской модели, которая была точно решена Онсангером (Onsager) [321]. Только ее формулировка отличается той, что обычно дается в учебниках [164], поскольку мы подчеркиваем динамическую точку зрения.

В Изинговской модели существует критическая точка K_c , которая определяет свойства системы. Когда $K < K_c$ (см. Рис. 48), царствует беспорядок: чувствительность к маленьким глобальным возмущениям мала, кластеры агентов, находящихся в согласии, остаются небольшого размера, а имитация распространяется только между близкими соседями. В этом случае, восприимчивость χ системы к внешним новостям мала, так как много кластеров с различными мнениями реагируют некогерентно (несвязно) и, таким образом, более или менее отменяя свои отклики.

Когда сила имитации K увеличивается и подбирается близко к K_c (см. Рис. 49), начинает проявляться порядок: система становится чрезвычайно

чувствительной к маленькому глобальному возмущению, агенты, соглашающиеся друг с другом, формируют большие кластеры, а имитация распространяется на длинные расстояния. В естествознании, это – характеристики, так называемых, критических явлений. Формально, в таком случае восприимчивость χ системы уходит в бесконечность. Признак критичности является степенной функцией и, действительно, восприимчивость уходит в бесконечность согласно степенному выражению $\chi = A(K_c - K)^{-\gamma}$, где A – положительная константа, а $\gamma > 0$ называется критической экспонентой восприимчивости (равной 7/4 для двухмерной Изинговской модели). Такой вид критического поведения найден во многих других моделях взаимодействующих элементов [265,266] (см. также [310] для применений к финансам). Большая восприимчивость означает, что система непостоянна: маленькое внешнее волнение может вести к большой коллективной реакции трейдеров, которые могут решительно пересматривать свои решения, что может резко создавать внезапное отсутствие равновесия между спросом и предложением и, таким образом, вызывая крах или ралли. Этот специфический механизм, как будет показано, ведет к крахам в модели, описанной в главе 5.

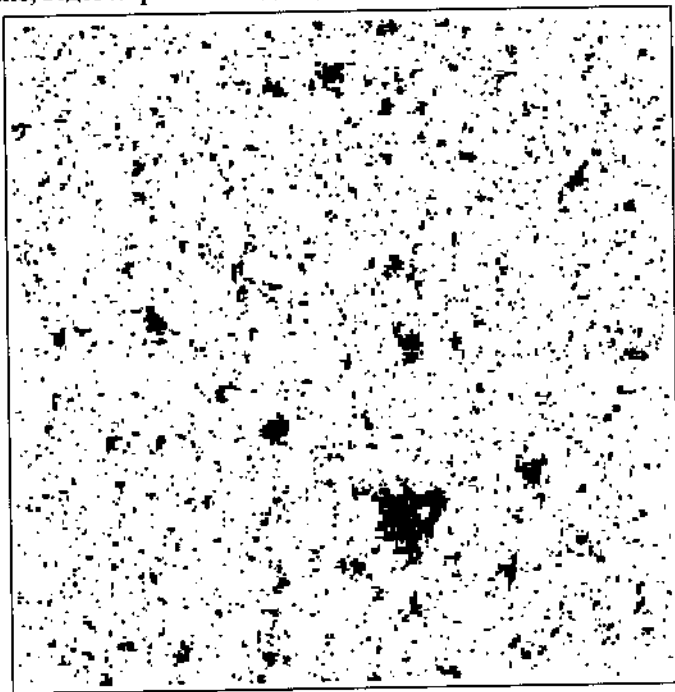


Рис. 50. То же самое, что на Рис. 48, но для $K > K_c$. Имитация настолько сильна, что сеть агентов спонтанно нарушает симметрию между двумя решениями, и одно из них преобладает. Здесь, мы показываем случай, где было выбрано состояние "покупать". Интересно, что коллапс в одно из двух состояний по существу случаен и результирует из объединенного эффекта небольшого начального уклона и флуктуаций в течение имитационного процесса. Только маленькие и изолированные островки "медведей" остаются в океане покупателей. Это состояние соответствовало бы пузырям: сильный бычий рынок.

Для даже более сильной имитационной силы $K > K_c$, имитация настолько сильна, что идиосинкразические сигналы стали незначительными и трейдеры самоорганизуются в сильное подражательное поведение, как показано на Рис. 50. Выбор одного из двух возможных состояний определяется маленькими и тонкими начальными уклонами, а также флуктуациями в течение эволюционной динамики.

Более обобщенно, такие поведения применимы и к другим сетевым топологиям. Действительно, рынок акций составляет ансамбль взаимодействующих инвесторов, которые отличаются по размеру в соответствии с величиной ордеров, от индивидуумов до гигантских профессиональных инвесторов, типа пенсионных фондов. Кроме того, существуют структуры даже на более высоких уровнях (типа, сфер валютного влияния (U.S.\$, DM, Иена...), а с текущей глобализацией и дерегуляцией рынка можно доказать, что начинают формироваться структуры и на самом большом возможном масштабе, масштабе мировой экономики. Это наблюдение и сеть связей между трейдерами показывают, что двухмерная решетка, используемая в Рис. 47, Рис. 48, Рис. 49 и Рис. 50 слишком наивно. Лучшее представление структуры финансовых рынков – это иерархические системы с "трейдерами" на всех уровнях рынка. Конечно, это не подразумевает, что существует какая-либо строгая иерархическая структура рынка акций, но существуют многочисленные примеры качественно иерархических структур в обществе. Фактически, можно говорить, что горизонтальные организации индивидуумов довольно редки. Это означает, что плоская сеть, используемая в нашем предыдущем обсуждении, является очень сильным упрощением.

Один из лучших примеров иерархии можно найти в армии. На самом низком уровне военной силы – отдельный солдат. Десять солдат составляют роту. Три роты составляют полк; три полка составляют бригаду; три бригады формируют дивизию; три дивизии создают корпус. Армия может иметь несколько корпусов, а страна может иметь несколько армий. В иерархических сетях, информация может распространяться от вершины вниз и от основания вверх, как показано на Рис. 51. Несмотря на большое разнообразие топологических структур, существует качественный вывод о существовании критического перехода между, главным образом, беспорядочным состоянием и состоянием упорядоченным, разделяемых критической точкой, для всех возможных вариантов сетей взаимодействующих инвесторов, включая иерархические сети.

Даже притом, что предсказания этих моделей весьма детализированы, они очень устойчивы к неверному определению модели. И, действительно, мы требуем, чтобы модели, которые комбинируют следующие особенности, показывали бы одинаковые характеристики, в частности, очевидно выделяли бы покупательные и продавательные периоды, приводя, в конечном счете, к нескольким финансовым крахам. Вот эти особенности:

1. Система трейдеров, на которых влияют их "соседи";
2. Локальная имитация, спонтанно размножающаяся в глобальную кооперацию;
3. Глобальная кооперация среди шумовых трейдеров, вызывающая коллективное поведение;
4. Цены, связанные со свойствами этой системы;

5. Параметры системы медленно развиваются по времени.

Как мы покажем в следующих главах, крах наиболее вероятен, когда локально имитационная система проходит *критическую* точку.

В физике, критические точки рассматриваются, как одни из наиболее интересных свойств комплексных систем. Система становится критической, когда местные влияния распространяются на длинные расстояния и среднее состояние системы становится весьма чувствительным к маленькому волнению; то есть различные части системы стали высоко коррелированными. Другая характеристика – критические системы являются самоподобными на любом масштабе: на Рис. 49, в критической точке, океан трейдеров, главным образом, медведей, может иметь в своих пределах несколько континентов, главным образом, бычьих трейдеров, каждый из которых, в свою очередь окружает моря медвежьих трейдеров с островами бычьих трейдеров; прогрессия полностью продолжается до самого маленького возможного масштаба: отдельного трейдера [458]. Интуитивно говоря, из-за критического самоподобия локальные имитационные каскады и проходят через масштабы в глобальную координацию.

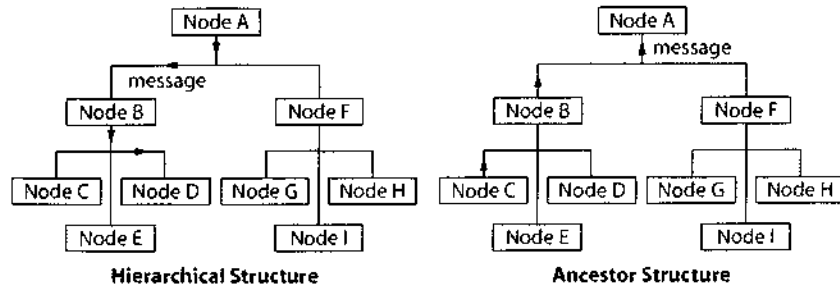


Рис. 51. В иерархической структуре, сообщения могут двигаться от вершины иерархии к основанию (левая панель), а в структуре предшественников – от основания до вершины (правая панель). Различие между ними в том, что в иерархической структуре, узлы должны принимать решение (относительно того узла, через который передавать сообщение) прежде, чем они передадут само сообщение, в то время как в структуре предшественников нет никакой потребности принимать такое решение, потому что есть только единственный доступный путь. Источник [383]

Критические точки описываются на математическом языке, как сингулярности, связанные с теорией катастроф и бифуркацией. Теория катастроф изучает и классифицирует явления, характеризующиеся внезапными изменениями в поведении, и являющиеся результатом мелкого изменения условий. Катастрофы – это бифуркации между различными равновесными фазами или фиксированными точечными аттракторами динамических систем. Из-за их ограниченной природы, катастрофы могут классифицироваться на основании того, сколько одновременно изменяется параметров контроля. Например, если есть два параметра, то можно найти наиболее общий тип катастроф, называемый "катастрофой с точкой возврата". Теория катастроф применяется к множеству различных явлений, типа

устойчивости судов в море, их опрокидыванию или к обрушению мостов. Она также используется для описания ситуаций, в которых агенты со схожими характеристиками и целями, сталкивающиеся с идентичным или подобным окружением, принимают решения, значительно отличающиеся друг от друга. Использование теории катастроф основано на желании моделировать многие ситуации, которые ведут к внезапным изменениям в решениях со стороны управленцев и индивидуумов, к полярности мнений и групповым конфликтам [385,47]. В сущности, эта книга пытается определить механизмы спонтанного возникновения бифуркаций и "катастроф" в поведении инвесторов и финансовых рынков.

Комплексные эволюционные адаптивные системы ограниченно рациональных агентов

Предыдущая Изинговская модель – это самое простое возможное описание кооперативного поведения, следующего из повторяющихся взаимодействий между агентами. Недавно были разработаны и другие модели, чтобы охватывать более реалистичные свойства людей и их экономических взаимодействий. Такие мультиагентские модели, часто исследуемые с помощью компьютера, поддерживают гипотезу о том, что наблюдаемые характеристики финансовых цен, описанные в главе 2, типа негауссовских "толстых" хвостов распределений приращений, непредсказуемость, большей частью, исходов, кластеризованной и чрезмерной волатильности, может эндогенно результировать из взаимодействия между агентами. Это относительно новая область исследований, возглавляет которую, в частности, Институт Санта-Фе в Нью-Мексико [8, 18] и развиваемая теперь во многих других учреждениях во всем мире, рассматривает рынки, как комплексные эволюционные адаптивные системы, населенные ограниченно рациональными агентами, взаимодействующими друг с другом. Проблема бара Эль-Фарола и миноритарные игры, обсуждавшиеся ранее – это примеры такого общего класса моделей. Сейчас мы кратко рассмотрим некоторые репрезентативные работы, чтобы проиллюстрировать разнообразие, мощь и ограничения таких подходов. Эти агентские модели обязаны большой интеллектуальной работе Герберта Саймона (Herbert Simon) [379], чье понятие "ограниченная рациональность", появившееся на пересечении экономики, психологии и информатики, является основой, на которой стоит большая часть литературы о поведенческой экономике. Основная задача этой исследовательской школы в приложении к экономическому моделированию [2] состоит в понимании того, почему наблюдается некоторая глобальная регулярность, развивающаяся и сохраняющаяся, в децентрализованных рыночных экономиках, несмотря на отсутствие нисходящего планирования и управления, типа торговых сетей, социальных денег, рыночных протоколов, деловых циклов и общее принятие технологических новшеств. Задача в том, чтобы конструктивно продемонстрировать, как такая глобальная регулярность могла бы вырасти снизу вверх, через повторяющиеся локальные взаимодействия автономных агентов. Вторая проблема исследователей состоит в использовании этой структуры в качестве вычислительной лаборатории, внутри которой можно изучать и

тестировать альтернативные социально-экономические структуры в отношении их влияния на индивидуальное поведение и социальное благосостояние.

Типично для школы Санта-Фе, Палмер (Palmer) и др. [329,21,258] моделируют трейдеров как, так называемые "генетические алгоритмы", которые являются программными созданиями, маскирующимися под адаптивные и развивающиеся биологические гены, которые конкурируют за выживание и репликацию. Эти интеллектуальные алгоритмы делают предсказания о будущем, покупают и продают акции в соответствии с их ожиданиями будущего риска и дохода. При определенных характеристиках определено, что эти компьютерные агенты способны коллективно обучаться, чтобы создавать гомогенное рациональное равновесие ожиданий, то есть динамически обнаруживать экономическое равновесие, воображаемое чисто теоретическими экономистами. В этом высоко конкурентном искусственном мире, ген-трейдер, решающий сделать себе "каникулы" теряет свою "рубашку" при возвращении назад, на арену рынка акций, потому что он больше не приспособлен к новым структурам, которые были развиты рынком в его отсутствия! Фармер (Farmer)[123] упростил этот подход, используя аналогию между финансовыми рынками и экологией стратегий. Во множестве примеров, он показывает, что разнообразие появляется автоматически, поскольку новые стратегии эксплуатируют неэффективность старых стратегий.

Лаборатория Финансовой инженерии в Массачусетском Технологическом институте [251,341] – вот другой примечательный пример. Проект искусственного рынка, в частности, фокусируется на динамике, являющейся результатом взаимодействий между человеком и искусственными агентами в стохастической рыночной среде, в которой агенты учатся на своих взаимодействиях, используя недавно разработанные методы крупномасштабного моделирования, аппроксимирующее динамическое программирование, вычислительное обучение и ресурсы математики, статистики, физики, психологии и информатики. Эта лаборатория недавно построила искусственный рынок, разработанный в соответствии с экспериментально-рыночными установками человеческих субъектов, для моделирования сложные взаимодействия между трейдерами с искусственным интеллектом (ИИ) с различными степенями способностей к обучению [79]. Использование ИИ агентов с простыми эвристическими правилами торговли и алгоритмами обучения показывает, что добавление трендследящих трейдеров к популяции эмпирических фундаменталистов имеет неблагоприятное воздействие на рыночный результат и трейдеры, следующие за трендом действуют совсем плохо. Однако, этот эффект уменьшается через какое-то время, поскольку рынок становится более эффективным. В числовых экспериментах, в которых трейдеры-"скальперы", которые просто торгуют на моделях прошлых цен, добавлялись к популяции фундаменталистов, оказалось, что "скальперы" – относительно успешные свободные наездники, не только соответствовали результатам фундаменталистов в конечном счете, но и выигрывали у них на коротком пробеге.

Брок (Brock), Хоммес (Hommes) и коллеги [54, 58, 55, 56, 57, 200, 257] разработали модели финансовых рынков, как систем "адаптивных верований" ограниченно рациональных агентов, использующих различные конкурирующие

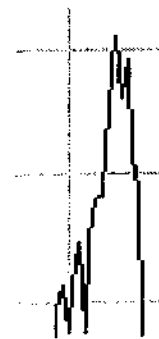
торговые стратегии. Термины "рациональные" и "адаптивные" относятся к тому факту, что агенты имеют тенденцию следовать за стратегиями, которые хорошо работали в недавнем прошлом, относительно полученной прибыли или накопленного богатства; слово "ограниченно" относится к условию, что они могут использовать только одну из набора относительно простых стратегий. Изменения цен объясняются комбинацией фундаментальных экономических параметров и "рыночной психологии", то есть взаимодействием между несколькими сосуществующими гетерогенными классами торговых стратегий. Большинство систем, рассматриваемых Брокком и Хоммесом с коллегами, специализировалось на случае из нескольких конкурирующих стратегий, ведущих к динамическим траекториям цен, управляемых, так называемыми, низкоразмерными странными аттракторами. Они иллюстрировали важность хаоса, одновременную важность различных аттракторов и существования локальных бифуркаций устойчивых состояний в этих моделях. Этот теоретический подход объясняет, почему простые технические правила торговли могут выживать в эволюционном соревновании в гетерогенном мире, где цены и верования совместно эволюционируют со временем. И такие эволюционные модели учитывают стилизованные факты реальных рынков, типа толстых хвостов и кластеризацию волатильности, описанные в главе 2.

Несколько работ моделировали эпидемии мнений и спекулятивных пузырей на финансовых рынках с точки зрения адаптивного агента [238, 273, 274, 275, 276]. Главный механизм пузырей – приращения выше средних исходов, в общем, отражаемые более оптимистичном отношении, которое способствует ситуации чрезмерной переоценки бычьей уверенности других и наоборот. Адаптивный характер агентов отражен в альтернативах, доступных этим агентам, которые могут выбирать между несколькими классами стратегий, например, вкладывать капитал согласно фундаментальной экономической оценке или, используя технический анализ прошлых ценовых траекторий. Другие, имеющие отношение к этому, работы делают больший акцент на разнородности и пороговом характере принятия решения, которые ведут, в общем случае, к иррегулярным циклам [421, 460, 262, 360, 263, 154].

Эти подходы противопоставляются гипотезе эффективного рынка, которая предполагает, что движение финансовых цен – это немедленное и непредубежденное отражение поступающих новостей о будущей перспективе дохода. Согласно гипотезе эффективного рынка, отклонения от случайных блужданий, наблюдаемые эмпирически, просто отражают сходные отклонения в посторонних сигналах, поступающих на рынок. Моделирование на компьютерах позволяет нам проверить эту гипотезу на искусственных рынках акций. Несмотря на тот факт, что процесс появления новостей является процессом случайных блужданий, характеристики неслучайных движений цены появляются спонтанно, в результате нелинейных и имитационных взаимодействий между инвесторами. Это говорит, что не следует предполагать, будто сложный информационный поток объясняет сложность ценовых структур: самоорганизации рыночной динамики достаточно, чтобы создать эту сложность эндогенно.

В заключение можно сказать, что мы видим, что существует множество моделей, которые приблизительно объясняют обычные главные стилизованные

факты, наблюдаемые на рынках акций (толстый хвост распределения приращений, отсутствие корреляции между исходами, зависимость дальнего действия между последовательными амплитудами приращений и кластеризация волатильности). Однако, эти модели не предсказывают характеристические структуры пузыря, обсуждаемые в этой книге (см. главы 6-10). Поэтому в следующей главе мы обращаемся к моделям, специфически нацеленным на выявление этих важных признаков.



Глава №5 Моделирование финансовых "пузырей" и рыночных крахов

Модель нужна не для того, чтобы соответствовать данным, а для того, чтобы заострять нужные проблемы.

*- С.Карлин (S.Karlin), 11-ая лекция памяти Р.А.Фишера
Королевское общество. 20 апреля 1983 г.*

Что такое модель

Знание может быть закодировано при помощи моделей. Модели – это искусственно созданный набор правил, рисунков и алгоритмов, обеспечивающий нас полезными представлениями мира наших ощущений и их образами. Как утверждают философы, "реальность" нам недоступна, мы понимаем ее лишь в тех проявлениях, регулярность которых используется для определения правил, которые при широком применении становятся "законами природы". С развитием науки эти знания постоянно подвергаются проверке, развиваются и видоизменяются по мере того, как границы познания отодвигаются все дальше и дальше.

Подобно роману, модель может быть очень убедительной – она звучит правдоподобно, если совпадает с нашим опытом и знаниями о мире. Подобно тому, как при чтении романа мы задаемся вопросом, что из описанного является плодом фантазии автора и насколько его герои далеки от реальной жизни, так и при рассмотрении модели мы спрашиваем себя: насколько модель основана на наблюдении и измерении исследуемого явления, что в ней является следствием компетентного заключения, а что – лишь условность. Проверка и легитимизация числовых моделей естественных систем невозможна. Единственным исключением из этого правила являются положения, касающиеся замкнутых систем, основанных только на математике и логике. Естественные системы открыты: наши знания о них всегда неполны и, в лучшем случае, приближительны. [322]

Модели обычно формулируются математиками. Математика есть не что иное, как язык со своей грамматикой и синтаксисом, язык самый простой, ясный и точный из всех языков. Он позволяет четко формулировать идеи и направлять наши мысли. Он вооружает нас логическими выводами, позволяя идеям следовать от посыла к умозаключению. Изучение и использование математики подобно

попыткам овладеть кунг-фу, искусством, которое одновременно является и техникой и образом жизни, совершенствует ваши навыки и делает вас более осведомленным. Так же как кунг-фу, математика многим может казаться непонятной и пугающей. Для того, чтобы в совершенстве знать иностранный язык, и для того, чтобы овладеть боевыми искусствами, необходимо выучиться, а затем постоянно практиковаться. Две модели, представленные ниже, также основаны на математике, и правильное обращение с ними требует её использования. Здесь, однако, мы попытаемся избавиться от всех ненужных технических деталей и представить только основные концепции, подкрепленные примерами и иллюстрациями.

Стратегия создания моделей в финансах

Основные принципы

Последовательное моделирование финансовых рынков остается открытой и спорной проблемой. Чтобы добраться до сути реальности, необходим простой, экономически вероятный математический подход к моделированию рынка. И существующие подходы к моделированию финансового рынка разнообразны, литература по этой тематике многочисленна. Значительный прогресс в понимании финансовых рынков был достигнут, например, Марковицем (Markowitz), выдвинувшим теорию портфеля со средним отклонением [288], Шарпом (Sharpe), с его моделью оценки основных фондов, Линтнером (Lintner), развившим теорию Шарпа (Sharpe), Мертоном (Merton) [293], Блэком (Black) и Шоулзом (Scholes), с теорией оценки опционов и хеджирования [41], Россом (Ross) с теорией оценки арбитражных операций [353], Коксом (Cox), Ингерсоллем (Ingersoll) и Россом (Ross) с теорией процентной ставки [95], и это лишь наиболее значительные вехи в развитии теории финансовых рынков.

Экономические модели отличаются от моделей, используемых в естественных науках, поскольку экономические агенты должны предвидеть будущее. Решение каждого зависит от решения других (стратегическая взаимозависимость) и ожиданий будущего. Это можно проиллюстрировать, приведя следующую яркую аналогию [113]. Представьте себе, что в средние века, до Коперника и Галилея, Земля действительно была неподвижна и находилась в центре вселенной, а двигаться начала лишь позже. Вообразите, что в XIX веке, когда все считали классическую физику единственно верной, она действительно была верна, а феномена кванта не существовало. Это не просто философские размышления, но попытка описать, как выглядела бы физика, если бы она вела себя как финансовые рынки. Действительно, мир финансов таков, что любое открытие почти немедленно используется для получения выгоды. По мере распространения открытия среди трейдеров, "вселенная" изменяется соответствующим образом. Как заметил Дж. Сорос (G. Soros), игроки на рынке подобны "актерам, ведомым своими личными нуждами". Э.Денрман, глава отдела количественных стратегий в Goldman Sachs, утверждает, что в физике приходится играть против Бога, который не очень часто меняет свое мнение. В финансах играют против творений Божьих, чьи чувства

эфемерны и, в лучшем случае, просто переменчивы, а информация, на которой они основаны, продолжает поступать ежесекундно. Стоимость явно зависит от человека, в то время как вес, электрический заряд и электромагнетизм – нет. Это приводит к предположению, что для плодотворного изучения экономики и финансов нужно использовать эволюционные модели, к созданию которых ученых подтолкнули биология и генетика, и на которые мы ссылались в главе 4.

Возможно, наиболее выдающийся синтез физических наук стал результатом осознания того, что все вокруг может быть объяснено при помощи "законов сохранения" и принципов симметрии. Например, закон Ньютона, гласящий, что ускорение, то есть коэффициент изменения скорости тела массой m , пропорционально сумме сил, приложенных к телу и разделенных на m , следует из закона сохранения кинетической энергии в безвоздушном пространстве (закон инерции, связанный с инвариантностью Галилея). Другой пример: основные уравнения движения, так называемых "суперструн", сформулированные для описания элементарных частиц, таких как кварки и электроны, следуют из принципов глобальной симметрии и двойственности между описаниями на долгосрочном и на краткосрочном масштабе. Существуют ли сходные принципы, которые смогли бы руководить определением уравнений движения для более приземленных финансовых рынков?

Принцип отсутствия арбитражных возможностей

Одним из таких организующих принципов является условие отсутствия арбитражных возможностей, с которым мы уже столкнулись в главе 2. Вспомните, отсутствие арбитража, также известное как Закон Одной Цены, гласит, что два актива со сходными характеристиками должны продаваться по одной цене, и то же касается этого же актива, продаваемого на двух различных рынках. Если цены отличны, возникает возможность получить прибыль от продажи данного актива там, где он продается дороже, и покупки там, где он продается дешевле. Основная идея состоит в том, что при наличии арбитражной возможности цены не могут оставаться разными долго, или же разница между ними должна быть незаметна. В противном случае трейдеры стали бы оказывать на них влияние и свели бы эту разницу на нет при помощи арбитража. Условие отсутствия арбитража – идеализация последовательного динамического состояния рынка, являющегося результатом непрерывных действий трейдеров (арбитражеров). Это не старомодная аппроксимация равновесия, так описываемое иногда; скорее это очень тонкая взаимозависимая организация рынка. Мы принимаем данное условие как первостепенное условие приближения к реальности. Мы увидим, что оно ведет к сильной напряженности структуры модели и позволяет нам делать удивительные предсказания. Идея навязать условие отсутствия арбитража на самом деле является предпосылкой большинства моделей, разработанных в академическом финансовом сообществе. Модильяни (Modigliani) и Миллер (Miller) [302,299], например, подчеркивали критическую роль арбитража в определении стоимости ценных бумаг.

Здесь еще раз необходимо подчеркнуть, что условие отсутствия арбитража в совокупности с рациональными ожиданиями – еще не механизм. Это не объясняет

происхождения тех или иных процессов. Это – принцип, описывающий неожиданно появляющуюся крупную группу участников рынка. Но это не объясняет того, какие за ним стоят специфические механизмы. Допуская действие механизма отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями, мы приходим к выводу, что часть трейдеров ведет себя таким образом, что цены отражают имеющуюся в наличии информацию, и что риск адекватно и приблизительно справедливо компенсируется. Для того, чтобы понять специфический способ, с помощью которого этого добиваются, потребуется выйти на уровень моделирования, которого пока не существует, формулирование которого является ключевым во всех проводимых исследованиях, рассмотренных нами в главе 4.

Как уже отмечалось в главе 2, существование транзакционных издержек и других несовершенных явлений на рынке не должно использоваться в качестве оправдания для игнорирования условия отсутствия арбитража, а напротив, должно конструктивно привлекаться для изучения его воздействия на модели. Другими словами, такие несовершенства рынка считаются второстепенными эффектами.

Существование рациональных агентов

Господствующее финансовое и экономическое моделирование добавляет второй важнейший организующий принцип, заключающийся в рациональности инвесторов и экономических агентов. В противоположность часто цитируемому в популярной прессе и определенных кругах представлению о фондовом рынке как о рынке, подверженном иррациональным стадным чувствам (см. главу 4), значительная часть трейдеров большую часть времени ведет себя рационально, то есть пытается оптимизировать свою стратегию исходя из имеющейся информации. Это можно назвать "ограниченной рациональностью", поскольку имеющаяся в наличии информация бывает неполной, и помимо этого, трейдеры финансового рынка также обладают ограниченными возможностями по правильной оценке даже имеющейся информации. Кроме того, инвесторы не уверены в характере и предпочтениях других инвесторов на рынке. Это значит, что процесс принятия решения по сути своей является "шумным", и, как следствие, неизбежен вероятностный подход при моделировании фондового рынка из-за отсутствия определенности. Ясно, что на нешумном фондовом рынке при наличии всей информации, где присутствуют только полностью рациональные трейдеры безграничных аналитических способностей, уровень торгов был бы достаточно мал, если бы вообще присутствовал.

Принятие идеи совершенно рационального, максимизированного поведения до недавних пор побеждало в искусстве моделирования не потому, что оно часто отражает реальность, а потому, что оно было полезным. Это позволило экономистам построить математические модели поведения и придать своей науке серьезный научный вид. Данный процесс начался в середине 1800-х годов, развившись к концу века в подход, известный сегодня, как неоклассическая экономика. Затем такие критики XX века, как Т.Веблен (T. Veblen) (Университет Чикаго) и Дж.К.Гэлбрейт (J.K. Galbraith) (Гарвардский Университет) доказали, что люди мотивируются глупизмом, завистью, паникой и другими эмоциями, но не

смогли вписать эти эмоциональные состояния в модели, к которым уже привыкли экономисты, а потому данная теория не оказала на моделирование фондового рынка серьезного влияния вплоть до сегодняшнего дня. Как уже было показано в главе 4, данная область знания обогащается: на базе новейших исследований в области знаний о человеческом поведении, о психологии, то есть наук, занимающихся взаимодействием индивидов внутри общества и социальным устройством общества, данные подходы дорабатываются и расширяются.

Длинный список иррационального и аномального поведения человека в определенных специфических ситуациях не должен смутить нас: уместной задачей для понимания фондовых рынков является не столько понимание данных иррациональностей, сколько изучение того, как они укрупняются и формируют сложную, долговечную, повторяющуюся и тонко организованную среду рынка. Данное расширение заставляет нас уйти от описания индивида в пользу исследования внезапно возникающих коллективных поведений. Рынок обладает массой особых качеств, защищающих его от переноса иррационального поведения индивидов на цены. В других случаях, объединение может переименовать эту иррациональность в то, что мы будем называть "спекулятивными пузырями".

Рациональность рынка, таким образом, следует понимать в том смысле, что цены активов установлены так, как если бы все инвесторы были рациональны [354]. Понятно, что рынки могут быть рациональными, даже если на самом деле не все инвесторы рациональны, как уже детально обсуждалось в главе 4. "Миноритарная игра", описанная в главе 4 научила нас, что рынок становится рациональным, если на нем присутствует достаточно много разнообразных агентов, действующих исходя из ограниченной информации. Это согласуется с взглядом М.Рубинштейна (M. Rubinstein) (Университет Калифорнии, Беркли), доказавшим, что наиболее важной причиной иррациональности инвестора, в той части, где это касается цен, очень часто является "сверхосведомленность", которая также оборачивается тем, что рынок с большой долей вероятности становится "гиперрациональным" [354]. Действительно, слишком большая осведомленность приводит к тому, что инвесторы начинают верить, что они смогут обыграть рынок. Это побуждает их тратить очень много времени на исследования и заключать сделки слишком быстро на основе имеющейся информации, не покрывая прибылью транзакционные издержки. Таким образом, сверхосведомленность ведет к расширенному анализу скудной информации, имеющейся в наличии, и встраиванию данной информации в цены бумаг, что согласуется с заключениями, полученными из "миноритарной игры".

Тем не менее, механизмы, стоящие за рациональностью рынка таковы, что каждый инвестор, использующий рынок в своих интересах, подсознательно заставляет цены отражать информацию и анализ инвестора. Рынок в данном случае можно сравнить с огромным, относительно дешевым, постоянно проводящим голосование механизмом, который фиксирует обновляемый список голосов миллионов инвесторов, отданных за тот или иной проект, и голоса эти, в свою очередь, меняют текущие цены. В свете данного механизма, инвестору-одиночке (при отсутствии инсайдерской информации) практически всегда безрассудно верить в то, что цены в значительной мере ошибочны [354]. В данном контексте уместно

прочитывать Рубинштейна:

Помните известный анекдот о профессоре и его студенте. Во время прогулки студент видит 100-долларовую банкноту, валяющуюся на земле. Профессор уверяет студента, что купюры там быть не может, поскольку если бы она там была, кто-нибудь уже поднял бы ее. В ответ на эту попытку проиллюстрировать неразумность веры в рациональные рынки, мой коллега Джонатан Берк задал такой вопрос: "Как часто вы находили такую 100-долларовую банкноту?" Он, конечно, имел в виду, что такая находка столь редка, что в более глубоком смысле профессор прав: нет никакого смысла ходить, глядя под ноги, в надежде найти на земле деньги.

"Рациональные пузыри" и мода Голдстоуна, нарушающие "симметрию четности"

Бланчард (Blanchard) [43], а также Бланчард и Уотсон (Watson) [45] изначально представили модель пузырей рациональных ожиданий (RO), в которой была предусмотрена возможность, часто обсуждаемая в эмпирической литературе и практиками, согласно которой наблюдаемые цены могут значительно отклоняться, в течение длительных интервалов времени, от фундаментальных цен. Несмотря на допущение отклонений от фундаментальных цен, рациональные пузыри придерживаются ключевого правила экономического моделирования, а именно – пузыри должны подчиняться условию рациональных ожиданий и отсутствию арбитражных возможностей. Действительно, для ликвидных активов стратегии динамического инвестирования редко действуют продуктивнее простой инвестиционной стратегии "купи и держи" [282]. Другими словами, рынок совсем недалек от эффективности и существует мало арбитражных возможностей, что является результатом постоянного поиска прибыли искушенными инвесторами. Условия рациональных ожиданий и отсутствия арбитража являются удобными приближениями. Рациональность, как ожиданий, так и поведения, не подразумевает, что цена актива равна его фундаментальной стоимости. Другими словами, могут существовать рациональные отклонения цен от фундаментальной стоимости, называемые "рациональными пузырями". Рациональный пузырь может возникнуть тогда, когда реальная рыночная цена положительно зависит от своего собственного ожидаемого уровня изменения, что иногда случается на рынках активов. Именно эта взаимосвязь является механизмом, лежащим в основе моделей [43] и [45].

"Симметрия четности" цен

Напомним, что цена актива по теории рациональных ожиданий основывается на следующих двух гипотезах: рациональность агентов и условие "отсутствия бесплатного обеда". Помимо этого, теория "твердого основания" (firm-foundation) утверждает, что ценная бумага имеет внутреннюю ценность, определяемую тщательным анализом текущих условий и будущих перспектив. Разработанная С. Эллиотом Гилдом (S.Eliot Guild) [183] и Джоном Б. Уильямсом (John B. Williams) [457], эта теория основана на концепции дисконтирования будущих дивидендов. Говоря словами Бертона Малкиля (Burton Malkiel) [282],

дисконтирование относится к следующей концепции:

Вместо того, чтобы считать, сколько денег вы получите в следующем году (допустим \$1,05, если вы положите \$1 в сберегательный банк под 5% годовых), следует смотреть на то, насколько деньги, которые вы получите в следующем году, теряют в стоимости сегодня (таким образом, \$1 в следующем году сегодня стоит около 0,95\$, которые, будучи инвестированы и составят \$1 к тому времени).

Процесс дисконтирования, таким образом, охватывает общепринятую концепцию, гласящую, что любая вещь завтра стоит меньше, чем сегодня: завтрашнее состояние стоит немного меньше, чем такое же состояние сегодня, поскольку мы должны подождать, прежде чем воспользоваться им. На практике подход с позиции внутренней стоимости является довольно разумным, однако, разумность лежащих в его основании идей, при практическом применении этой идеи осложняется довольно ненадежными подсчетами: инвестор должен рассчитать будущие дивиденды, их рост в течение длительного периода времени, а также временной горизонт, на протяжении которого будет сохраняться уровень роста. С учетом этих проблем данный подход развивался Ирвингом Фишером (Irving Fisher) [134], Грэхемом (Graham) и Доддом (Dodds) [170], так что поколения фондовых аналитиков с Уолл-Стрит пользовались той или иной формой оценки "твердых оснований" при выборе своих ценных бумаг.

Поэтому, по условию рациональных ожиданий, лучшая оценка во время t цены актива p_{t+1} во время $t+1$, при рассмотрении во время t , дается ожиданием величины p_{t+1} , при условии знания всей имеющейся в наличии информации, собранной ко времени t . Условие "отсутствия бесплатного обеда" затем приводит к тому, что ожидаемый доход от всех активов равен доходу r по надежному активу, такому как доход от депозитных банковских сертификатов. В связи с этим условием, получаем "фундаментальную" цену сегодня, равную сумме цены завтра, дисконтированной на коэффициент дисконтирования, действующий с сегодня до завтра, и дивиденда, обеспечиваемого сегодня. Дивиденд добавляется для того, чтобы проиллюстрировать тот факт, что ожидаемая завтрашняя цена должна быть уменьшена на величину дивиденда, поскольку значение стоимости перед выплатой дивиденда уже включает его. Стандартная "форвардная" или "фундаментальная" стоимость p_t во время t , таким образом, является суммой всех будущих дивидендов, дисконтированных к настоящему t . Согласно данному правилу, если процентная ставка равна 4%, обещание платить (дивиденд) 4\$ в год вечно, стоит 100\$, но обещание заплатить 4\$ в этом году, 4,12\$ в следующем году, 4,24\$ еще через год (выплаты увеличиваются каждый год на ту же величину, что и валовой внутренний продукт, скажем, 3%) должно стоить \$400 – в 100 раз больше текущего платежа.

Оказывается, что эта фундаментальная цена не является окончательным решением данной проблемы оценивания. Легко показать, что самым общим решением является сумма фундаментального решения плюс произвольный компонент "пузыря" X_t . Данный компонент пузыря должен подчиняться единственному условию "отсутствия бесплатного обеда", то есть его стоимость сегодня равна его ожидаемой стоимости завтра, дисконтированной на коэффициент дисконтирования. В компоненте пузыря нет дивиденда! Важно отметить, что

спекулятивные пузыри появляются как естественное следствие формулы оценки фундаментальных "твердых оснований", то есть как следствие условия отсутствия бесплатного обеда и рациональности агентов. Таким образом, концепция пузырей не является дополнением к теории, но полностью включена в нее.

Интересно остановиться ненадолго, чтобы обдумать полученный результат и углубить наше понимание развитием аналогии с другим важнейшим результатом из физики элементарных частиц и физики твердого тела. Новейшим открытием [403] является то, что произвольный пузырьный компонент X , цены актива играет роль, аналогичную, так называемой "моде Голдстоуна (Goldstone)" в ядерной физике и физике элементарных частиц и физике твердого тела [59,62]. Мода Голдстоуна – это колебания с бесконечной длиной волны и с нулевой энергией¹, которые пытаются восстановить нарушенную симметрию.

Например, представим стенку Блоха² (Bloch) между двумя большими магнитными доменами с противоположной намагниченностью внутри магнита, выбранного, например, противоположными магнитными полями на удаленных границах. Нарушенная симметрия заключается в том факте, что два домена, разделенные стенкой, имеют противоположную намагниченность. Полной симметрией была бы одинаковость намагниченности обоих доменов, или если бы у обоих доменов намагниченность была бы равновероятна.

Оказывается, что при температуре, отличной от нуля, "капиллярные" волны, распространяющиеся вдоль стенки, возбуждаются тепловыми колебаниями. Предел очень длинноволновых капиллярных колебаний соответствует произвольным смещениям стенки, что воплощает концепцию моды Голдстоуна, имеющего тенденцию восстанавливать трансляционную симметрию, нарушенную присутствием стенки Блоха.

Что могло бы послужить фактором, нарушающим симметрию в стоимости активов? Ответ может показаться удивительным. Это так называемая "симметрия четности" (parity symmetry) между положительными и отрицательными ценами [395],

$$p \rightarrow -p \text{ симметрия четности, } (7)$$

где и положительная, и отрицательная цены количественно выражают наше расположение или нерасположение к товару. Действительно, имеет большой смысл поразмышлять над понятием отрицательных цен. Мы готовы заплатить (положительную) цену за товар, который нам нужен или нравится. Однако мы не заплатим положительную цену за то, что нам не нравится, или за то, что нас раздражает, например, за мусор, отходы, сломанную и бесполезную машину, химические и промышленные отходы и т.д. Представьте, например, груды мусора. Мы будем готовы купить ее за отрицательную цену; другими словами, мы готовы взять ненужный товар, если нам за него заплатят. Этот обмен отходов на доход является основой индустрии управления отходами. Ядерные отходы из некоторых

¹ Автором допущена неточность – мода Голдстоуна обладает не нулевой энергией, а нулевой массой.

² Корректнее сказать, что это просто доменная стенка. (Прим. науч. ред.)

стран, таких, например, как Япония, отправляется в Ла Хейг (La Hague) – перерабатывающий комплекс во Франции, который готов хранить ненужные отходы за деньги. Японцы, таким образом, платят цену за то, чтобы избавиться от мусора, а Ла Хейг платит отрицательную цену, чтобы получить ядерные отходы! Этот обмен отходами лежит в основе огромного бизнеса по настоящему и будущему управлению промышленными и ядерными отходами, доходы от которого исчисляются сотнями миллиардов долларов. Менее очевидным примером может послужить, например, случай с электрическими компаниями в Калифорнии, которые в исключительных случаях продают излишки электричества по отрицательным ценам – для них дороже остановить электростанцию и снова запустить ее потом [452]. Мой немецкий коллега, профессор Д.Штауффер (D.Stauffer), шутит на эту тему, что некоторые авторы платят журналам постраничную плату для того, чтобы избавиться от рукописей, и это является примером отрицательных цен.

На самом деле это неверно, но данный пример показывает тонкость концепции: авторы платят для того, чтобы быть опубликованными, то есть чтобы купить славу, а не для того, чтобы избавиться от бумаг. Таким образом, они теряют деньги, но (надеюсь) получают славу, то есть цена в данном случае положительная. Подведем итоги: мы платим положительную цену за то, что нам нравится и отрицательную за то, от чего хотели бы быть избавленными; то есть мы платим положительную цену для того, чтобы от чего-то избавиться или же нам нужна компенсация за то, что мы примем ненужный товар. Эта концепция проиллюстрирована на Рис. 52

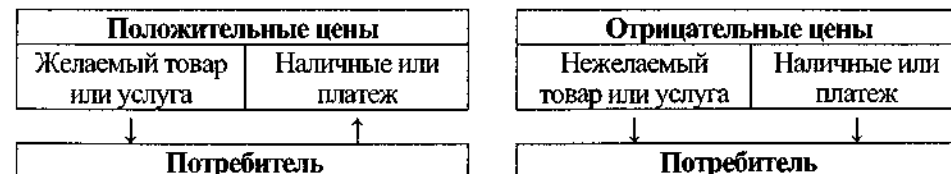


Рис. 52. Схема показывает, что знак цены определяется относительным направлением потока наличных или платежей по сравнению с потоком товаров или услуг, положительная цена относится к более часто встречающейся ситуации, когда наличные или платеж идут по направлению к товарам или услугам; отрицательная цена относится к противоположной ситуации, когда наличные и платеж направляются в одном направлении с потоком товаров или услуг. Источник [395].

Что же в экономике делает акции компании желанными? Ответ: ее доходы, обеспечивающие дивиденды, потенциальное повышение ее стоимости, обеспечивающее рост доходов от прироста капитала. Как следствие, при отсутствии дивидендов и спекуляции, цена акции должна быть нулевой. Таким образом, доходы, ведущие к дивидендам d , выступают в качестве нарушающего симметрию "поля", поскольку положительное d делает акцию желаемой и, таким образом, служит росту положительной цены. Это, как мы уже убедились, лежит в основе "твердых оснований" фундаментальной оценки активов. Понятно, что отрицательный дивиденд, премия, которую регулярно надо выплачивать за

владение акцией, ведет к появлению отрицательной цены, то есть к появлению желания избавиться от нее, если владение ею не дает других выгод. Для акции компании, не производящей ни пользы, ни отходов, не существует внутренней ценности, если она не обеспечивает вам большей покупательной силы для покупки того, что вам нужно. Таким образом, ее цена $p=0$ для исчезающего дивиденда $d=0$. В данном случае, можно допустить как положительные, так и отрицательные флуктуации цены, но априори не существует ничего, что нарушает симметрию (7).

Подчеркнем, что ценовая симметрия (7) отличается от симметрии прибыль/убыток держателей акций существовавшей до появления в середине XIX века обществ с ограниченной ответственностью. С теперешней, ограниченной ответственностью держателей акций владение пакетом акций сходно с владением опционом: прибыль растет благодаря дивидендам и приросту капитала; с другой стороны, убытки ограничены покупной ценой пакета. Эта асимметрия, являющаяся достаточно недавно появившимся явлением и приведшая к полному развитию капитализма, также концептуально отличается от нарушения "симметрии четности" (7) цен, вызванного положительным дивидендом.

Теперь ясно, что не существует ограничений относительно природы пузыря X_t , прибавляемого к фундаментальной цене p_t^f , за исключением условия отсутствия бесплатного обеда. Пузырь, таким образом, играет роль моды Голдстоуна, восстанавливая нарушенную симметрию четности: цена пузыря может идти вверх или вниз и, в пределе, когда он становится очень велик по абсолютной величине, доминировать над основной ценой, восстанавливая независимость цены относительно дивиденда. Более того, также как и в физике твердого тела, где мода Голдстоуна появляется спонтанно, поскольку не имеет энергетических затрат, рациональный пузырь сам по себе может появиться спонтанно без дивиденда. Сходная точка зрения защищалась в [27], чтобы объяснить динамику денег.

Спекуляция как спонтанное нарушение симметрии

Когда дивиденды не постоянны и растут с течением времени, фундаментальная цена становится больше, поскольку она должна включать в себя дополнительную ожидаемую величину будущего притока денег. Таким образом, существует конкуренция между ожидаемым ростом дивидендов в далеком будущем в результате ожидаемого роста компании и снижающимся влиянием дивидендов в будущем из-за эффекта дисконтирования (например, инфляции). Повышение роста дивидендов имеет тенденцию к увеличению фундаментальной цены. Снижающееся влияние дивидендов далее в будущем имеет тенденцию уменьшать основную цену. В примере, в котором ставка процента составляет 4%, а относительный прирост дивиденда 3%, при условии отсутствия рисков, пакет акций будет стоить держателям акций в 100 раз больше текущего потока денег. Но фондовый рынок связан с риском, и будущий приток дивидендов – это только надежда, а не обещание. Поэтому, инвесторы требуют "премии за риск", чтобы компенсировать себе этот риск. Это ведет к уменьшению относительного прироста дивиденда, к так называемому относительному приросту с поправкой на риск r'_d .

Теперь, когда относительный прирост с поправкой на риск r'_d становится равен или больше, чем учетная ставка r , основная формула оценки становится

бессмысленной, поскольку предсказывает неопределенную цену: эффект дисконтирования будущих дивидендов уравновешивается относительным приростом дивиденда и, с учетом временного горизонта, уходящего в бесконечность, цена является просто суммой всех будущих, приведенных к настоящему моменту времени дивидендов. В экономической литературе данный режим известен как парадокс растущей акции [44]. Данная оценочная проблема была изложена в 1938 году Фон Найманном (Von Neumann) [442], который показал, что в экономике со сбалансированным ростом, относительный прирост всегда идентичен ставке процента и, следовательно, равен учетной ставке. Цайденвебер (Zajdenweber) [461] затем подчеркнул, что стоимость акции, как следствие, всегда является неопределенной, поскольку она базируется на неопределенной сумме неумещающихся будущих дивидендов (эта аргументация игнорирует конечность человеческой жизни и таким образом – конечность выгоды актива для данного инвестора). Догадка состоит в том, что когда r'_d становится равен (и это еще более справедливо, когда превосходит) r , цены денег становятся недостаточно, чтобы стабилизировать экономику: выгодным становится заем денег для покупки акций и последующего получения эффективной нормы доходности, которая является положительной для всех значений дивиденда. Именно это и произошло на рынке США во время оживления, предшествовавшего краху октября 1929 года [152]. Обратите внимание, что отрицательный $r - r'_d$ похож на отрицательную процентную ставку r при отсутствии роста и рисков: это ведет к возникновению арбитражных возможностей, поскольку вы можете занять \$1 сегодня, продержать его под подушкой и отдать назад $\$1x(1 - |r|)$ позднее, положив в карман $100|r|$ центов.

Существование симметрии четности цен и нарушения формулы фундаментальной оценки, когда прирост дивиденда r'_d с поправкой на риск становится равен или больше, чем учетная ставка r , наталкивает нас на новую интерпретацию спекулятивных режимов и формирования пузырей: цена может стать отличной от нуля или породить приток средств, не связанный с потоком дивидендов, за счет математического механизма, известного как "спонтанное нарушение симметрии".

Спонтанное нарушение симметрии является одной из важнейших концепций современной науки, поскольку она подводит фундамент под наше сегодняшнее понимание Вселенной, всех ее взаимодействий и материи – ни больше, ни меньше! Ее основной принцип может быть проиллюстрирован очень простой динамической системой, чьи стационарные решения представлены на Рис. 53 как функции параметра управления $\mu = (r - r'_d)$. Эта динамическая система априори обладает симметрией четности (7), поскольку обе цены p и $-p$ являются решениями одного и того же уравнения. Уравнение, учитывающее данную симметрию, подчиняется условию симметрии $p \rightarrow -p$, чье единственное решение $p=0$ называется сохраняющим симметрию решением. Существует критическое значение μ_c такое, что при $\mu < \mu_c$, p стремится к нулю и асимптотическое решение $p(t \rightarrow \infty)$, которые, как уже было сказано, является единственным решением, не нарушающим паритетной симметрии. Однако решение динамической эволюции может не всегда сохранять симметрию четности этого уравнения. Это происходит в случае, когда $\mu > \mu_c$, в области, где динамическая система имеет два различных решения, каждое из

которых превращается в другое действием преобразования четности $p \rightarrow -p$: набор решений не нарушает симметрии четности как ансамбля, но каждое решение в отдельности не сохраняет данную симметрию. Это явление называется "спонтанным нарушением симметрии". Вообще говоря, концепция спонтанного нарушения симметрии описывает ситуацию, при которой решение обладает симметрией более низкого порядка, чем его уравнение. Так называемая "сверхкритическая бифуркация" в окрестности порогового значения $\mu = \mu_c$, представляющая переход от симметричного решения $p=0$ к спонтанно нарушающему симметрию решению, показана на Рис. 53. Спонтанное нарушение симметрии привлекает наше внимание к тому факту, что динамическая система выберет лишь одну из двух ветвей бифуркационной диаграммы, поскольку её эволюция уникальна (нельзя одновременно присутствовать в двух местах) и вследствие этого будет обладать симметрией низшего порядка.

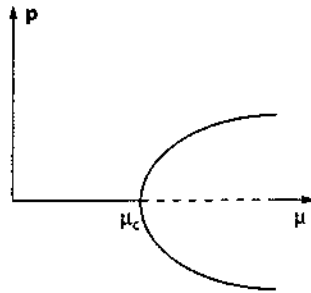


Рис. 53. Бифуркационная диаграмма около порога μ_c "сверхкритического" разветвления. "Управляемый параметр", а именно цена p , раздваивается от симметричного нулевого состояния к ненулевому значению $\pm p_s(\mu)$, представленному двумя ответвлениями по мере пересечения управляющим параметром критического значения μ_c . Паритетная симметрия, сохраняющая значение $p=0$, показана прерывистой линией и становится нестабильной для $\mu > \mu_c$. Источник [395].

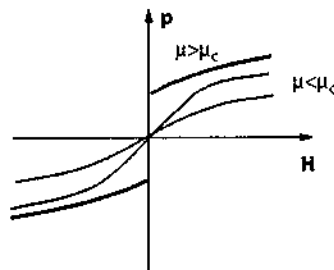


Рис. 54. "Управляемый параметр" или цена p как функция внешнего поля для различных значений управляющего параметра μ . Две тонкие линии относятся к двум различным значениям $\mu < \mu_c$. Толстая линия — это фаза спонтанно нарушенной симметрии для $\mu > \mu_c$. Источник [395].

Концепция спонтанного нарушения симметрии становится критически важной в присутствии небольшого внешнего возмущения или "поля" H . В режиме спонтанного нарушения симметрии $\mu > \mu_c$, p перескакивает с одной ветви на другую, когда возмущение H из положительного становится отрицательным, как показано на Рис. 54: любого бесконечно малого поля достаточно для того, чтобы резко перевести цену p из одного решения с нарушенной симметрией в другое. Невозможно переоценить важность концепции нарушения симметрии. Например, она широко используется для унификации фундаментальных взаимодействий: сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий, которые понимаются сейчас как результат более фундаментального взаимодействия со спонтанно нарушенной симметрией [448]. В другом, широко известном применении, элементарные частицы и материя в этой Вселенной, рассматриваются как фазы спонтанно нарушенной симметрии основного состояния вакуума [448], схожего с не стремящейся к нулю ценой, вырастающего из сохраняющего симметрию "вакуумного" решения $p=0$ за счет спонтанного нарушения симметрии при значении управляющего параметра $\mu > \mu_c$. Критические фазовые переходы также понимаются как явления спонтанного нарушения симметрии [164].

В контексте проблемы оценки активов, мы предполагаем [398], что когда скорректированный на риск рост r'_d дивиденда становится равным или большим, чем учетная ставка r , активы приобретают спонтанную ценность как результат действия обсуждаемого механизма спонтанного нарушения симметрии. Когда разность $r - r'_d$ становится отрицательной, деньги перестают быть желанным товаром. Храня деньги, вы их теряете. Другие товары становятся более ценными по сравнению с деньгами, следовательно, происходит спонтанная оценка цены в условиях отсутствия дивиденда. Таким образом, мы предполагаем, что для $r - r'_d < 0$, цена становится спонтанно положительной (или, возможно, отрицательной, в зависимости от начальных условий и внешних воздействий), и данная спонтанная оценка есть ни что иное, как появление спекулятивного режима или пузыря, инвесторы не ищут дивидендов, не заботятся о них, рост цен становится самоподдерживающимся.

По данной теории режим $r < r'_d$ является самоподдерживающимся режимом роста, где цены становятся независимыми от доходов и дивидендов: цены могут вырасти независимо от дивидендов в связи со спонтанным нарушением симметрии, когда акции компании спонтанно растут в цене, независимо от своей доходности. Данная ситуация похожа на спонтанное намагничивание железа при достаточно низкой температуре, когда железо получает намагничивание при нулевом магнитном поле. Этот режим может быть значимым для понимания механизмов роста "пузырей", таких, как пузырь, в так называемой Новой Экономике, где увеличение цен ведет к высоким коэффициентам "цена/дивиденд" (price-over-dividend ratios) с весьма спорным экономическим обоснованием.

Самоподдерживающийся режим роста при $r < r'_d$, где ожидаемый прирост дивидендов больше учетной ставки, объясняет ряд фактов, наблюдаемых во время спекулятивных пузырей:

- Широко распространенное ощущение, что "тенденция" продлится бесконечно долго.

- Наблюдается значительный рост широко применяемого коэффициента "цена/дивиденд"
- На рынке присутствуют так называемые "растущие компании". В каждом спекулятивном движении имелись свои растущие компании: в 1857 году это были железные дороги, в 1929 – коммунальные услуги (производители электричества), в 1960-е годы – компании-производители офисного оборудования (например, IBM) и производители машин; сегодня – Интернет компании и компании по производству программного обеспечения, банки и инвестиционные компании. У этих компаний высокий относительный прирост (обычно больше 30% в год) и, следовательно, инвесторы ожидают получить большой относительный прирост r_d своих доходов.
- Спекулятивные фазы часто останавливались успешным ростом учетной ставки; это случилось в 1929 году (увеличение с 3,25% до 6%), в 1969 году, и в 1990 году в Японии (рост с 2,5% до 6%)
- Высокая чувствительность оценки в области, близкой к критической точке $r - r'_d = 0$, и следующая за этим спонтанная спекулятивная оценка, заставляют предполагать, что крахи и оживления также могут быть истолкованы как переоценка ожидаемых прибылей с поправкой на риск и темпы их роста.

Это подводит нас к следующим направлениям будущих исследований: новые технологии, такие как Интернет, беспроводная связь или технологии использования энергии ветра следует сравнивать со старыми технологиями, такими как автотранспорт, транспортировка и добыча полезных ископаемых. Мы ожидаем, что акции компаний, представляющих сферу новых технологий будут иметь высокие цены и низкие доходы, и, следовательно, высокие коэффициенты "цена/дивиденд" (price-over-dividend) и "цена/прибыль" (price-over-earnings). В действительности мы это и наблюдаем. Если проанализировать исторические данные, то сегодняшняя "старая технология" когда-то в прошлом была новой, и тогда наблюдалась похожая зависимость коэффициентов "цена/дивиденд" и "цена/прибыль". Этот факт был неоднократно зафиксирован, например, во время пузырей 1929 и 1962 годов.

Основные составляющие двух моделей

Теперь мы опишем две модели, которые представляют нам две крайние точки зрения на пузыри и риск, связанный с потенциальными крахами. Данные модели используют условие отсутствия арбитража, чтобы связать доходы фондового рынка во время пузырей с риском, связанным с потенциальными крахами. Чтобы получить простое описание динамики цен используется ограниченная рациональность. Обе эти модели признают важным сосуществование и взаимодействие между двумя различными группами трейдеров: с одной стороны, "шумовыми" трейдерами, а с другой – рациональными.

В первой, "управляемой риском" модели, за счет механизмов подражательного поведения и кооперативности шумовые трейдеры могут делать рынок все более и более нестабильным в определенные временные интервалы, поскольку они иногда резко меняют свое мнение, а объемы людей, вовлеченных в это изменения господствующего мнения очень велики. Поскольку риск краха резко

возрастает, рациональным трейдерам кажется привлекательной идея продолжать держать свои инвестиции только, если в этот момент времени ускоряется и рост доходности, обеспечивающий адекватную компенсацию растущих рисков. Основным в этой модели является то, что крах не неминуем и есть определенный шанс, что пузырь не "взорвется", а мягко сдуется. Это делает вполне рациональной идею принятия решения о сохранении инвестиций на рынке и о получении прибыли от (рискованных) вложений для этой части трейдеров.

Вторая модель – модель, "управляемая ценой", обсуждаемая в данной главе, также основана на взаимодействии двух разных и взаимодополняющих друг с другом групп трейдеров. Первая группа шумовых трейдеров своим коллективным поведением приводит к росту волатильности цен по ускоряющейся, но стохастической спирали, обеспечивая, тем самым, возникновение ценовых пузырей. Рациональные инвесторы, понимая, что пузырь не подкреплён фактами, оценивают существование связанного с ним риска краха или серьезной коррекции, которая может привести цену назад к фундаментальной стоимости. Это поведение, воплощенное в условии отсутствия арбитража, приводит к следующим последствиям: аномально взмывающие вверх цены подразумевают растущую угрозу краха, определяемая как реальная возможность реализации такого сценария уже на следующий день с некоторой вероятностью. Растущий риск краха – неизбежная темная сторона рыночных доходов. Повторимся еще раз, крахи – это стохастические явления, оцениваемые количественно их коэффициентом риска, который отклоняется от нормального значения по мере роста рыночной стоимости. В данной модели долгосрочное стационарное поведение рынка состоит из ряда временных интервалов, описываемых случайным блужданием, перемежающихся с интервалами пузырей, которые заканчиваются крахами, возвращающими рынок ближе к фундаментальным оценкам, подобно тому, как резвящийся щенок, бегущий на поводке со своей хозяйкой, получает тучки, которые встряхивают его каждый раз, когда он полностью натягивает поводок. Замечательным свойством данной модели является то, что крах никогда не наступает при условии, что цены остаются в разумных пределах. Это происходит в силу того факта, что коэффициент риска краха является сильно нелинейной функцией ценового уровня, которая работает подобно усилителю. Вероятность краха, таким образом, очень низка при незначительных колебаниях цены от фундаментальной стоимости, но она все больше растет по мере роста цены. Даже если рыночная цена взмывает вверх, всегда остается возможность, что она вернется к исходному положению мягко, без краха. Данный сценарий, однако, становится все менее и менее вероятным, по мере роста цены.

Модель, управляемая риском

Краткое описание основных свойств модели

Модель рациональных ожиданий для описания пузырей и крахов, обсуждаемая ниже, является расширением [221, 209, 212] модели Бланшарда (Blanchard) [43] и модели Бланшарда и Уотсона (Watson) [45]. Она находит

подтверждение в микроскопических моделях поведения инвесторов, разработанных для формализации стадного поведения или взаимного "инфицирования" подражательным поведением на спекулятивных рынках [273]. В данном типе моделей возникновение пузырей объясняется как самоорганизующийся процесс "заражения" среди трейдеров, ведущий к равновесным ценам, отличающимся от фундаментальной стоимости. Предположим, что готовность спекулянтов следовать за толпой может зависеть от экономической переменной, такой как реальные доходы, доходы "выше среднего" отраженные в более оптимистическом отношении, благоприятствующем восприятию чужих, играющих на повышение цены, убеждений, и наоборот. Эти экономические влияния делают пузыри скоротечным явлением и ведут к повторяющимся колебаниям цен вокруг их фундаментальной стоимости.

Здесь мы должны подчеркнуть значимые свойства, которые будут полезны для анализа рыночных данных, представленных в главах 7-10. У нашей модели 2 основных компонента:

- Ключевым предположением является то, что крах может быть вызван локальным самоподдерживающимся и усиливающимся подражанием среди трейдеров. Данный процесс самоусиливающегося подражания ведет к созреванию пузыря. Если тенденция подражания друзьям среди трейдеров усиливается до определенной точки, называемой "критической", множество трейдеров могут разместить один и тот же приказ (продать) в одно и то же время, что вызовет крах. Взаимодействие между прогрессирующим усилением имитативного поведения и повсеместностью шума требует стохастического описания: крах недетерминирован, но может характеризоваться своим коэффициентом угрозы $h(t)$, то есть вероятностью на единицу времени, что крах произойдет в следующий момент, при условии, что он еще не произошел.
- Поскольку крах – это не строго детерминированный результат пузыря, то рациональным поведением для трейдеров остается стратегия сохранения своих инвестиций (трейдеры сохраняют свои позиции), при условии, что риск краха компенсируется более высоким темпом роста пузыря, поскольку существует определенная вероятность того, что пузырь "мягко сдуется", то есть достигнет конца своей эволюции без краха. В этой модели способность предвидеть наступление критической даты замечательно согласуется с поведением рациональных агентов: все они знают об этой дате, так или иначе крах может произойти, и они не могут получить никакой дополнительной, скорректированной на риск, прибыли, используя эту информацию.

Модель различает два события; конец пузыря и крах: рациональность ожиданий приводит к тому, что дата краха должна обладать определенной степенью случайности. Теоретическая момент "взрыва" пузыря не обязательно совпадает по времени с крахом, поскольку крах мог произойти в любое время до этого, несмотря на то, что это маловероятно. "Смерть" пузыря – наиболее вероятное время краха.

Модель не оказывает никакого влияния на амплитуду краха. Если мы

предположим, что она пропорциональна текущему уровню цены, тогда естественной переменной является логарифм цены. Если, напротив, мы предполагаем, что амплитуда краха является определенной частью от прироста цены, наблюдаемого во время созревания пузыря, тогда естественной переменной является сама цена [212]. Стандартным экономическим представлением является логарифм цены, а не сама цена, поскольку только относительные вариации имеют значение. Однако различная динамика цен предоставляет нам обе альтернативы.

При создании модели необходимо обращать внимание только на значимые аспекты реальности и упрощая все, забывая обо всех "тяжелых" деталях описываемого явления, не имеющих отношения к цели моделирования, учет которых в модели только и способен испортить впечатление от ее демонстрации. Следовательно, мы пренебрегаем включением в цену дивидендов, ставкой процента, как и процентом, который вы можете получить, разместив деньги на банковском депозите (что легко может быть включено в модель простым видоизменением независимой переменной), и мы предполагаем, что инвесторы нейтральны относительно рисков (и опять же, это можно легко смягчить усложнением модели без изменения основных выводов), и что все обладают одной и той же информацией. Тогда условие отсутствия арбитража вместе с рациональными ожиданиями эквивалентно утверждению, что средняя цена завтра, основанная на сегодняшнем знании и на известной до настоящего момента информации, равна цене сегодня. Другими словами, среднее общее изменение цены равно нулю. Тот же принцип используется, когда иногда заявляется, что лучший прогноз погоды на завтра, это простое "продление" в будущее сегодняшней погоды. Данный принцип является воплощением полной случайности, или, что то же самое – полного отсутствия знаний о будущем. Данное условие геометрически продемонстрировано на Рис. 55 и соответствует заключению, что среднее всех сценариев, обозначенное темным кругом, будет находиться на том же ценовом уровне, что и пустой круг, представляющий цену в настоящее время.

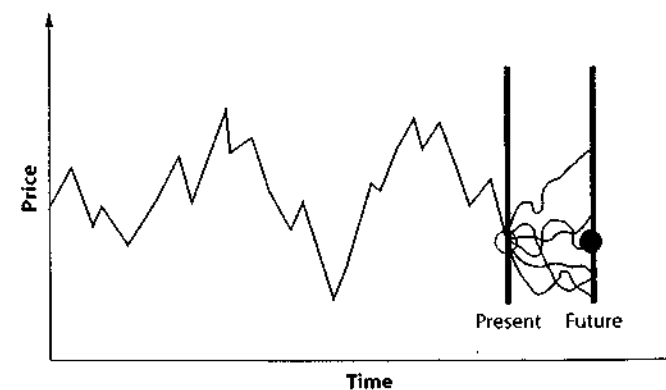


Рис. 55. Траектория цены, заканчивающаяся настоящим моментом, в позиции пустого круга. Шесть траекторий от настоящего до будущего, изображенные вертикальными линиями, представляют собой шесть возможных сценариев. Выведение среднего по всем возможным сценариям, заданным сегодняшней ценой, дает нам цену, показанную темным кругом.

Коэффициент риска краха управляет рыночной ценой

В каждом периоде, например, в течение дня, модель допускает, что два и только два компонента, соревнуются в борьбе за возможность определять ежедневное приращение цены: (1) ежедневная рыночная доходность, который может варьировать изо дня в день; (2) вероятность, что случится крах.

В данных рамках условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями говорят нам, что изменение цены, связанное с рыночным результатом, должно точно возмещать средние убытки от возможного краха. Средние убытки оцениваются путем рассмотрения всех возможных сценариев, большинство из которых не содержат краха, а следовательно, и убытков. Только те сценарии, которые ведут к краху, приносят убытки. Мы можем сгруппировать все сценарии, ведущие к краху и сосчитать их. Их доля в числе всех возможных сценариев ничтожна, но существует определенный ранее коэффициент риска, характеризующий вероятность краха, говорящую о том, что если крах еще не произошел, то существует возможность, что крах все-таки произойдет. Тогда средние убытки просто равны величине падения рынка, связанной с периодом краха, умноженной на вероятность того, что такой крах случится уже сегодня, поскольку все другие сценарии, не допускающие краха, не ведут к убыткам. Например, представьте себе, что в определенный день 30%-ый крах имеет вероятность реализации, равную 0,01 (один шанс из 100), и, соответственно, вероятность не реализоваться, равную 0,99. Тогда убытки, рассчитываемые по всем возможным сценариям, равны $30\% \times 0,01 = 0,3\%$. Условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями выполняется, при условии, что рынок вознаградит инвесторов доходом 0,3%. В представленной здесь дискуссии мы, чтобы упростить обсуждение, предположили, что все крахи имеют одинаковую амплитуду. Результаты в основном сходятся, когда в расчет принимают вариабельность размеров крахов. Нам придется провести дополнительный расчет среднего арифметического для всех возможных амплитуд краха.

Эта линия рассуждений дает нам важный результат: рыночное приращение на временном горизонте от сегодня до завтра пропорционально коэффициенту риска краха. Как уже нами было заявлено, мы сделали вывод, что чем выше риск краха, тем больше приращение цены. По существу, для того, чтобы инвесторы приняли решение о продлении владения активом, который может рухнуть, более высокий доход по этому активу должен возместить им риск обладания им. Это единственный эффект, который мы хотели бы затронуть в этой части. Данный эффект довольно стандартен и ранее уже отмечался в сходной модели пузырей и крахов Бланчарда при рациональных ожиданиях [43]. Возможно, это идет вразрез с наивным представлением, что возможность краха неблагоприятно влияет на цену, но данный результат является единственным, согласующимся с рациональными ожиданиями.

Позвольте подчеркнуть интересную тонкость, к которой нас приводят данные рассуждения. Условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями предполагает, что средний совокупный доход в любой момент времени равен нулю. Нулевой средний доход включает в себе нереализованные риски надвигающегося краха. Обсуждаемый доход – это не то, что инвесторы

испытывают на самом деле, но то, что будет соответствовать среднему выигрышу, который получила бы группа из множества инвесторов, укрупнив свои портфели и пережив много повторяющихся витков истории, некоторые из которых сопровождались крахом, но большинство траекторий – обошлось без него. Напротив, зная, что крах еще не наступил, доход не равный нулю может действительно продемонстрировать все свойства спекулятивного пузыря с взвинчивающимися ценами. Следует подчеркнуть, что мы не можем достаточно уверенно утверждать, что между этими двумя способами количественного определения рыночной доходности нет противоречия. Некоторые могут усомниться в обоснованности процедуры осреднения всех возможных сценариев. Дело в том, что при отсутствии действительных знаний о будущем, лучшим его предиктором является среднее арифметическое всех возможных сценариев. Данная рыночная цена отражает равновесие между жадностью покупателей, которые надеются, что пузырь вздуется, и страхом продавцов, что он вызовет крах. Растущий и зреющий пузырь – это такой пузырь, который мог бы лопнуть, но не лопнул.

Возможно, ситуацию поможет лучше понять следующий пример. Представьте себе, что Вам представилась возможность сыграть в казино в рулетку, на которую нанесено 100 чисел, так что вы теряете \$30, если выпадает 1, а в остальных случаях получаете \$x. Какой должна быть минимальная величина выигрыша \$x, чтобы сделать данную игру справедливой и чтобы мы согласились сыграть? Самая простая идея – потребовать, чтобы вы получили, по меньшей мере, неотрицательный в среднем выигрыш после многих повторений игры. Данное среднее значение выигрыша равно произведению $\$xx99 - \30×1 , разделенному на общее число 100 (результаты, выпадающие на рулетке). Таким образом, мы видим, что минимальное значение x, делающее средний выигрыш положительным равняется $\$30/99$, что очень близко к \$0,3. Таким образом, требуется установить минимальный выигрыш \$0,3 на любое число от 2 до 100, чтобы сделать выигрыш справедливым с вашей точки зрения (и в среднем выгодным, если \$x больше). Таким образом, до тех пор, пока не выпадает 1, каждый кон игры дает вам вознаграждение в размере \$0,3, что, в свою очередь, создает у вас впечатление необыкновенного везения в вашу пользу. Действительно, поскольку есть только один шанс из 100, что выпадет 1, типичное количество конов игры, в которых нужно принять участие, чтобы с этим столкнуться – 100. Можно, таким образом, увлечься данной игрой, потому что в нее можно безопасно играть какое-то время, например $n < 100$ раз, и, таким образом, получить прибыль в размере n раз по \$0,3. Также как и на фондовом рынке, игрок в азартные игры должен решить, когда остановиться (выйти из игры) и насладиться выигрышем. В противном случае, в конце концов, выпадет 1 и будет потерян выигрыш от 100 конов игры. Данный пример показывает, каким максимально большим может быть доход, при условии, что не произошел крах. Данный доход на самом деле возмещает риск от выпадения 1 в любое время.

Теперь предположим, что вы заранее знали, что 1 не выпадет в следующей игре. Ясно, что вы будете играть в эту игру, даже если выигрыш \$x меньше, чем \$0,3 до тех пор, пока он остается положительным. Именно отсутствие знаний о будущем требует вознаграждения за риск, четко связанный с этим отсутствием знаний. Если

бы мы точно знали особенности будущего, риск исчез бы, (но это не значит, что не было бы дурных вестей).

Для полноты картины следует добавить, что большинство людей не будут играть в эту игру, если выигрыш $\$x$ для чисел от 2 до 100 составит только $\$0,3$, поскольку они не расположены рисковать: это значит, что большинство людей не любят получать в среднем нулевой выигрыш, в то же время сталкиваясь иногда с возможностью проиграть. Большинству людей явно необходим выигрыш больше $\$0,3$, чтобы они захотели сыграть в эту игру. Данная тема нерасположенности к риску и ее последствий для экономического моделирования сама по себе является важной темой, уводящей нас к огромному блоку работ, начинающемуся как минимум от книги [443] Фон Нойманна (Von Neumann) и Morgenштерна (Morgenstern). Они выдвинули концепцию функции полезности, чтобы напрямую обратиться к данной проблеме. Нерасположенность к риску является центральным свойством экономической теории, и обычно она считается в разумных пределах стабильной. Это связано с медленно изменяющимися вековыми тенденциями, такими, как перемены в образовании, социальном устройстве общества и обновлении технологий. Для нашей цели достаточно сказать, что рыночный доход может быть больше, чем минимальная величина, навязанная условием отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями, обсуждавшимися выше. Важным является существование данного минимума. Неприятие риска можно легко включить в нашу модель, например, сказав, что возможность краха в следующий момент воспринимается трейдерами как фактор в F раз более значимый, чем это есть на самом деле. Это равнозначно умножению нашего коэффициента риска на этот множитель F . Это не вносит каких-либо существенных поправок в наши выводы до тех пор, пока фактор F ограничен нулем и бесконечностью (очень маленькое ограничение, не так ли?).

Подражание и стадность управляют коэффициентом риска краха

Коэффициент риска краха количественно измеряет вероятность того, что большая группа агентов одновременно разместит у брокеров заказы на продажу и создаст достаточный дисбаланс в портфеле заказов для того, чтобы маркет-мейкеры не смогли бы извлечь прибыль из противоположной стороны торгов без существенного снижения цен. Большую часть времени рыночные агенты не согласуются друг с другом и отдадут примерно одинаковое количество приказов на покупку и на продажу (все это в периоды характеризуются отсутствием краха). Ключевым вопросом является следующий: какой механизм им внезапно удалось создать, чтобы организовать скоординированную распродажу?

Как уже обсуждалось в последнем разделе главы 4, озаглавленном "Кооперативное поведение, следующее из имитации", все трейдеры мира организованы в сеть (через семью, друзей, коллег и т.д.). Отдельные элементы этой сети оказывают влияние на своих ближайших соседей (локальные связи в сети). Например, активный трейдер постоянно говорит по телефону, обмениваясь информацией и мнениями с группой избранных коллег. Помимо этого, существует косвенное взаимодействие, например, при помощи средств массовой информации и Интернета. Наша рабочая гипотеза состоит в том, что агенты склонны подражать

мнениям своего окружения, согласно механизму, детально описанному в главе 4 (раздел, озаглавленный "Отсутствие информации способствует подражанию"). Взаимодействие между людьми имеет тенденцию создавать порядок, в то время как личные черты характера имеют тенденцию творить беспорядок. Беспорядок олицетворяет собой понятия разнородности и разнообразия, как понятия, противоположные единообразию.

Основной темой здесь является борьба между порядком и беспорядком. Что касается цен активов, то крах происходит тогда, когда побеждает порядок (у большинства преобладает одинаковое мнение: следует продавать), в обычных же случаях побеждает беспорядок (продавцы и покупатели не согласны друг с другом и примерно уравнивают друг друга). Данный механизм не требует всеобщей координации мнений, поскольку координация на макро-уровне вырастает из подражания на микроуровне. Этот механизм опирается на реалистическую модель формирования мнения агентами путем их постоянного взаимодействия.

Было разработано много моделей взаимодействий и подражания среди трейдеров. Мы описали некоторые из них в главе 4. Коротко говоря, вывод, основанный на их анализе, таков: борьба между порядком и беспорядком часто ведет к возникновению режима, где может победить порядок. Когда это случается, пузырь "лопается". Модели, содержащие в себе механизм подражания, проходят данный переход "критически": чувствительность и реакции рынка на новости или внешнее влияние прогрессивно возрастают по мере приближения данного перехода. Это было показано в главе 4 в ряде рисунков Рис. 48 - Рис. 50, представляющих пространственные конфигурации покупателей и продавцов в простом пространстве инвесторов, организованном на квадратной решетке, похожей на Манхэттен. Когда сила подражания K приближается к пороговой критической величине K_c , (чья величина не важна и зависит от деталей модели), очень большие группы инвесторов начинают разделять одно и то же мнение, в результате чего они могут действовать скоординированно. Это приводит нас к значимой характерной черте - "степенной зависимости", которую мы сейчас объясним.

Давайте предположим, что сила подражания K гладко изменяется с течением времени, как будет далее показано на Рис. 58, в результате, например, меняющегося уровня осведомленности инвесторов, экономических перспектив и других подобных факторов. Простейшее предположение, не меняющее природу независимой переменной, состоит в том, что K пропорционально времени. Изначально K мало и в процесс самоорганизации вовлекаются только малые группы инвесторов, как показано на Рис. 48. По мере увеличения K типичный размер кластеров увеличивается, как показано на Рис. 49. Подобные виды систем, демонстрирующие кооперативное поведение, характеризуются широким распределением размеров кластеров s (размер черных островков, например) до максимума s' , который сам по себе ускоренно растет вплоть до критического значения K_c , как показано на Рис. 56. Как объяснялось в главе 4, справа от $K=K_c$, география кластеров заданного вида становится самоподобной, с непрерывной иерархией размеров от самого маленького (индивидуальный инвестор) до самого большого (вся система). В рамках данной феноменологии возможность краха строится следующим образом.

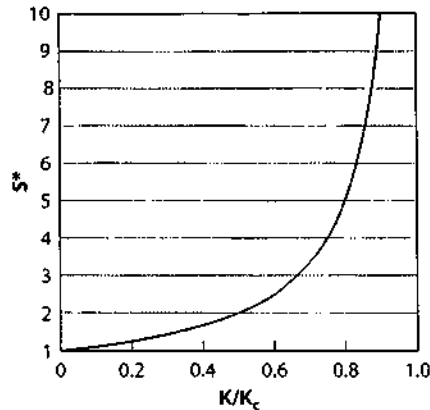


Рис. 56. Усиление степенной зависимости размера s' (в условных единицах) типичной самой большой группы как функция силы подражания K . По мере приближения K к K_c , s' отклоняется. Это отклонение воплощает наблюдение, что бесконечно большие группы формируются в критической точке K_c . На практике же, s' ограничена размером системы.

Во-первых, крах соответствует скоординированной распродаже, проводимой большим количеством инвесторов. В нашей простой модели это произойдет, как только одна группа связанных между собой инвесторов, которая достаточно велика, чтобы нарушить равновесие рынка, решит продавать. Вспомним, что "группы" определяются выполнением условия, что инвесторы одной и той же группы действуют сообща. Когда очень большая группа инвесторов начинает одновременно продавать, это создает внезапный дисбаланс, который приводит в движение внезапное падение цены, а, следовательно, и крах. Если быть конкретнее, то мы предполагаем, что крах происходит тогда, когда размер (количество инвесторов) s активной группы больше, чем некая минимальная величина s_m . Конкретная величина s_m не важна, важен лишь факт, что s_m намного больше 1, так что крах может случиться только в результате совместных действий множества трейдеров, которые дестабилизируют рынок. На данной стадии мы не определяем точно амплитуду краха, только его запуск как нестабильности. Вообще говоря, инвесторы довольно редко меняют свое мнение и шпиг маркет-ордера. Таким образом, нам следует ожидать, что только одна или несколько больших групп будут одновременно активны и смогут запустить в действие механизм краха.

Значит, чтобы произошел крах, нам следует найти, по меньшей мере, одну группу, превышающую величину s_m и удостовериться, что данная группа действительно активно продает. Поскольку эти два события независимы друг от друга (достижения размером группы определенной величины и факт наличия в ней одинакового типа активности), то общая вероятность краха является произведением вероятности нахождения такой группы, размер которой больше порога s_m , на вероятность того, что данная группа начнет активно продавать. Вероятность n , нахождения группы размером s является широко известным свойством критического явления [164, 414]: это распределение со степенной зависимостью, усеченное на максимуме s' ; данный максимум безгранично растет (за исключением

ограничения общим размером системы) по мере приближения к критическому значению K_c силы подражания, как мы видим на Рис. 56

Если решение продать, принятое инвестором, принадлежащим к заданной группе размером s , было независимо от решений всех других инвесторов той же группы, то вероятность, что такая группа размером s станет активной в единичный временной интервал, будет пропорциональна числу s инвесторов в данной группе. Однако уже по определению группы, инвесторы, принадлежащие к данной группе, взаимодействуют друг с другом. Следовательно, решение инвестора распродать, вероятно, довольно сильно связано с другими инвесторами той же группы. Отсюда вероятность в единицу времени того, что специфическая группа, состоящая из s инвесторов, станет активной, является функцией числа s инвесторов, принадлежащих к данной группе и всех взаимодействий между этими инвесторами. Понятно, что максимальное число взаимодействий внутри группы равно $s \times (s-1)/2$; то есть для большой величины s оно становится пропорционально квадрату числа инвесторов в данной группе. Это происходит, когда каждый инвестор говорит с каждым из его $s-1$ коллег. Множитель $1/2$ объясняет факт, что инвестор Энн говорит с инвестором Полом, затем Пол тоже говорит с Энн, и их двойное взаимодействие может учитываться только один раз. Конечно, можно представить себе более сложную ситуацию, когда Пол слушает Энн, но Энн не отвечает взаимностью, но это не меняет результат. Несмотря на эти сложности, можно видеть, что вероятность $h(t)\Delta t$ в единицу времени Δt , что группа s инвесторов станет активной, должна быть функцией, растущей с размером группы s быстрее, чем s , но, возможно, медленнее, чем максимальное число взаимодействий, (пропорциональное s^2). Простая параметризация – взять $h(t)\Delta t$ пропорциональным размеру группы s , возведенному в степень α , большую чем 1, но меньшую, чем 2. Данный показатель степени α охватывает коллективную организацию в пределах группы размером s , в связи с многочисленными взаимодействиями между инвесторами. Он глубоко связан с концепцией фрактальных размерностей, о которых пойдет речь в главе 6.

Вероятность краха, что, по сути, идентично вероятности найти, по меньшей мере, одну активную группу размером больше, чем минимальный дестабилизирующий размер s_m , является, таким образом, суммой по всем размерам больших s_m произведений вероятностей n , найти группу специфического размера s на их вероятность в единицу времени стать активными (пропорциональную s^α , что уже было нами сказано). При умеренных технических условиях, можно показать, что коэффициент риска краха демонстрирует усиление степенной зависимости, как показано на Рис. 57. Интуитивно понятно, что данное поведение происходит от взаимодействия между существованием все больших и больших групп, по мере приближения параметра K к своему критическому значению K_c , и нелинейно увеличивающейся вероятности в единицу времени, что группа станет активной, по мере того как ее типичный размер s' растет при приближении K к K_c . В общем, риск краха на единицу времени, при наличии знания, что крах еще не произошел, стремительно увеличивается, когда взаимодействие между инвесторами становится настолько сильным, что сеть взаимодействий между трейдерами самоорганизуется в иерархию, содержащую несколько больших, сформированных спонтанно групп, демонстрирующих кооперативное поведение.

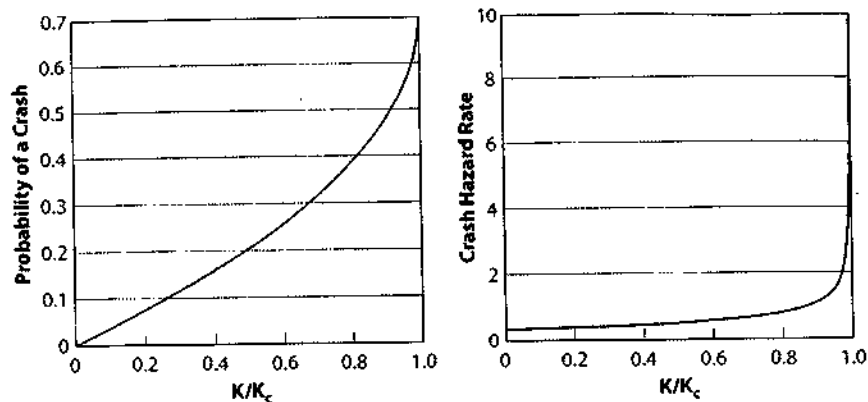


Рис. 57. Левый график: вероятность краха. В данном примере, вероятность достигает своего максимума, равного 0,7 в критической точке $K=K_c$ с бесконечной кривизной. Правый график: коэффициент угрозы краха пропорционален кривизне вероятности, показанному на левом графике, и уходит в бесконечность при $K=K_c$. Также площадь под кривой коэффициента угрозы на правом графике вплоть до заданного K/K_c пропорциональна вероятности, показанной на левом графике для той же величины $K=K_c$.

Если коэффициент риска демонстрирует такое поведение, то предыдущий раздел убеждает нас в том, что ценовые приращения должны демонстрировать такое же поведение, чтобы условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями оставались верными. Здесь мы находим первое специфическое предсказание модели приближения краха: приращения цен растут быстрее и быстрее; то есть ускоряются во времени. Поскольку цены формируются путем суммирования приращений, типичная траектория цены в зависимости от времени, в области критической точки, параллельна зависимости вероятности краха, показанной на левом графике Рис. 57.

Подчеркнем, что K_c не является величиной силы подражания, при которой происходит крах, поскольку крах мог произойти для любой величины до K_c , хотя это и маловероятно. K_c — это наиболее вероятное значение силы подражания, при котором происходит крах. Чтобы перевести данные результаты в зависимость от времени, естественно ожидать, что сила подражания K медленно меняется во времени в результате действия нескольких факторов, влияющих на склонность инвесторов к стадности. Типичная траектория $K(t)$ силы подражания в зависимости от времени t показана на Рис. 58. Критическое время t_c определяется как время, в которое критическая сила подражания K_c была достигнута в первый раз, начиная с какого-то начального значения. t_c — это не время краха, это конец пузыря. Это самое вероятное время краха, поскольку коэффициент риска в это время самый большой. В связи со своей вероятностной природой, крах может произойти в любое другое время, причем вероятность эта меняется во времени, следуя за коэффициентом риска краха. В данный отрезок времени, эволюция K , как функции времени, идет по траектории, похожей на траекторию с Рис. 58. Для каждого значения K на правом графике Рис. 57 мы видим соответствующую величину коэффициента риска. Поскольку K может пойти и вверх и вниз, то же самое может произойти и с коэффициентом риска краха.

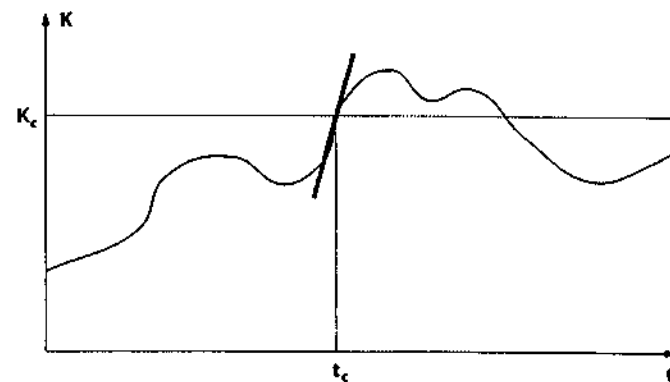


Рис. 58. Типичное развитие силы подражания $K(t)$ как функции времени t , демонстрирующее ее плавное и медленное изменение. С течением времени K может приблизиться и даже пересечь значение K_c в критическое время t_c , когда очень большие группы инвесторов создаются спонтанно и могут привести в действие механизм краха. В пределах около t_c зависимость $K(t)$ является приблизительно линейной, как показано толстым линейным сегментом, касательным к кривой.

Как показано на левом графике Рис. 57, существует остаточная конечная вероятность (0,3 в данном примере) достижения критического времени t_c без краха. Эта остаточная вероятность очень важна для связности нашего рассказа, поскольку в противном случае вся модель распалась бы, так как рациональные агенты обязательно почувствуют крах.

Интуитивное объяснение создания ограниченной во времени сингулярности при t_c . Рост доходности и коэффициента риска краха, превышающий по скорости экспоненциальный рост соответствует непостоянным темпам прироста, которые увеличиваются с приращением и с коэффициентом риска. Нижеследующие доводы позволяют нам понять происхождение бесконечного наклона или бесконечной величины в конечное время при t_c , называемого ограниченной во времени сингулярностью.

Предположим, например, что темп прироста коэффициента риска удваивается, когда удваивается коэффициент риска. Для простоты, возьмем следующие дискретные временные интервалы. Начиная с коэффициента риска 1 в единицу времени, мы предположим, что он растет с постоянным темпом — 1% в день до момента удвоения.

Мы приблизительно оцениваем время удвоения как пропорциональное обратной величине темпа прироста, то есть, примерно $1/1\% = 1/0,01 = 100$ дней. Существует мультипликативный коэффициент коррекции, равный $\ln 2 = 0,69$, так что время удвоения равно $\ln 2 / 1\% = 69$ дней. Но мы в педагогических целях и с целью упрощения опускаем данный коэффициент пропорциональности, равный 0,69. Его включение просто умножает все нижеуказанные временные интервалы на 0,69, не меняя сути выводов.

Когда коэффициент риска становится равным 2, мы предполагаем, что темп прироста удваивается до 2% и остается неизменным до тех пор, пока коэффициент риска снова не удвоится, достигнув 4. Это новое время удвоения коэффициента риска, примерно равно $1/0,02=50$ дням при этом 2%-ом темпе роста. Когда коэффициент риска достигает 4, его темп прироста удваивается до 4%. Время удвоения коэффициента риска, таким образом, делится пополам до 25 дней, и продолжается аналогичный сценарий: с удвоением темпа прироста каждый раз удваивается коэффициент риска. Поскольку удвоенное время делится примерно пополам на каждом этапе, мы имеем следующую последовательность (время=0, коэффициент риска=1, темп прироста =1%), (время=100, коэффициент риска=2, темп прироста =2%), (время=150, коэффициент риска=4, темп прироста =4%), (время=175, коэффициент риска=8, темп прироста =8%), и так далее. Мы наблюдаем, что временной интервал, необходимый для удвоения коэффициента риска стремительно сокращается в 2 раза на каждом этапе. Точно так же, как в прославленном древними греками парадоксе Зенона

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \dots = 1,$$

бесконечная последовательность удвоений, таким образом, занимает конечное время, и коэффициент риска достигает бесконечности в конечное "критическое время", примерно равное $100+50+25+\dots=200$ (точная математическая обработка требует формулировки понятия "непрерывное время", но не меняет качественного содержания примера). Спонтанная сингулярность была создана увеличивающимся темпом роста! Данный процесс является довольно общим и применим в тех случаях, как только темп прироста приобретает свойство умножаться на некоторый множитель, больший 1 в то время, как коэффициент риска или любую другую наблюдаемую величину умножают на некоторую постоянную величину, большую 1. Мы вернемся к этому примеру в главе 10, когда будем анализировать мировую демографическую ситуацию, основные финансовые индексы и мировой валовой экономической продукт на несколько веков вперед и попытаемся предсказать, что будет.

Резюмируя все вышесказанное, мы создали модель, в которой цена фондового рынка управляется угрозой краха, измеряемой коэффициентом риска. В свою очередь, силы подражания и стадности управляют коэффициентом риска. Когда сила подражания приближается к критическому значению, коэффициент риска краха отклоняется с характерным для степенной зависимости поведением. Это ведет к специфическому степенному ускорению рыночной цены, вооружая нас первой предварительной моделью предсказания краха. Подражание среди агентов, ведущее к росту коэффициента риска краха, может возникнуть, например, в связи с прогрессивным изменением уверенности инвесторов в ликвидности рынка, без привлечения асимметричной информации, и независимо от поведения цены и ее отклонения от фундаментальной стоимости [132].

Модель, управляемая ценой

Модель, управляемая ценой, инвертирует логику предыдущей модели, управляемой риском: в ней, как и в предыдущей модели, в результате действий рациональных инвесторов, скорее цена управляет коэффициентом риска краха, а не наоборот. Сама цена управляется подражанием и стадностью "шумовых" инвесторов.

Как и раньше, чтобы передать взаимодействие между возрастающим усилением подражательного поведения, контролируемым связями и взаимодействием между трейдерами, и повсеместностью идиосинкразического поведения, а также влиянием многих других факторов, неподдающихся детальному моделированию, необходимо стохастическое описание. Вследствие этого, динамика цен является стохастической, а момент реализации краха, являясь неопределенным, может характеризоваться его коэффициентом риска $h(t)$, определяемым как вероятность в единицу времени того, что крах произойдет в следующий момент, если еще не произошел.

Подражание и стадность управляют рыночной ценой

Хсийя (Hsieh) подчеркивал, что свидетельства, представленные в главе 2, подтверждают отсутствие корреляции между изменениями цены и высоким постоянством волатильности (то есть амплитудой изменений цены), когда их совместно анализируют. Это не может быть объяснено никакой линейной моделью [201, 202]. Напомним, что линейная модель описывает зависимость, в которой следствие или результат пропорционален причине, его вызвавшей. Нелинейность является обобщением линейной зависимости, описывая такой тип зависимости между причиной и результатом, который существенно более сложен. Нелинейность – это ингредиент хаоса, понятия теории сложных систем, которая интенсивно развивалась в течение нескольких последних десятилетий как возможное описание сложности мира. Теория хаоса, в настоящий момент, широко популяризирована и некоторые исследователи даже отстаивали точку зрения, что он является полезным описанием для фондовых рынков. Это, однако, остается лишь сильным упрощением, поскольку теория хаоса основывается на предположении, что только несколько основных переменных взаимодействуют нелинейно и создают сложные траектории.¹ В действительности фондовому рынку нужно много переменных, чтобы обрести достаточно точное описание. На техническом жаргоне фондовый рынок имеет много степеней свободы, в то время как теория хаоса требует только нескольких.² Существование множества степеней свободы является важным

¹ Результаты наших исследований показывают что для описания рынка (если под рынком понимать динамику одного актива) достаточно семи-десяти переменных. Что следует из оценки корреляционного интеграла системы и полученной на основе этого оценки вложенной размерности.

² Интересующимся предлагаем обратиться к работе Grassberger, Procaccia, 1984 "Dimensions and entropies of strange attractors from a fluctuating dynamics approach", Physica, 13D:34, в которой описан метод и алгоритм его реализации, позволяющий по одной наблюдаемой траектории системы восстанавливать ее мерность. Ее мерность (мерность фазового пространства). (прим. научн. ред)

предположением, используемым для моделей коллективного поведения, которые демонстрируют наличие критических точек, описанных в предыдущем разделе и в главе 4. Здесь мы остановимся только на очень общем наблюдении, позволяющем утверждать, что мир и фондовый рынок являются нелинейными системами, которое основано на более сложной зависимости, чем простая пропорциональность, между причинами и следствиями.

В научной среде широко известна шутка на эту тему: "нелинейность" сравнивается с "не-слоном" – все создания, кроме "слонов", являются "не-слонами". Сходство заключается в том, что большинство систем и явлений в окружающем нас мире нелинейны, за малым исключением. Вопреки этому, в школе нас учат "линейному" мышлению, что очень плохо, с точки зрения нашей готовности к восприятию всепроникающей нелинейности Вселенной, будь то ее физические, биологические, психологические или социальные аспекты. Нелинейность концентрирует в себе одну из основных сложностей познания окружающего мира: поскольку следствия, в общей своей массе, не пропорциональны причинам, две причины, при взаимодействии, не аддитивны, то есть следствия являются более сложными, чем простая суперпозиция, функциями причин. То есть, результат, получающийся в результате присутствия и воздействия двух причин, действующих одновременно, не является суммой результатов, полученных в присутствии каждой из причин в отдельности, при отсутствии другой причины.

Общепринято, среди создателей моделей финансовых рынков, представлять вариацию цен в течение элементарного временного периода как результат воздействия двух факторов: детерминированного мгновенного приращения и случайного приращения. Первый фактор включает в себя компенсацию за предполагаемый риск, а также действие на цену таких причин, как подражание и стадность. Второй фактор включает в себя шумовой компонент ценовой динамики с амплитудой, называемой волатильностью. Волатильность также может представлять собой систематический компонент, управляемый подражанием, а также многими другими факторами. Если первый фактор формирования цены отсутствует, а волатильность постоянна, то второй член сам по себе создает траектории случайных блужданий, описанные в главе 2. Введение в модель вездесущей нелинейной зависимости волатильности и определенного мгновенного приращения от прошлых значений волатильности и доходностей дает нам великое множество всевозможных траекторий. Здесь нам интересны многочисленные возможные механизмы, ведущие к нелинейной положительной обратной связи цен с самими собой. Например, неточная информация и перенос риска с инвесторов на кредитруемые банки могут заставить инвесторов поднимать цены спроса на актив в большей степени, чем они хотели бы заплатить в случае, если бы полностью несли все потенциальные убытки [3]. Мы вернемся к интуитивному описанию других механизмов в главах 7 и 8.

Приращения цен управляют коэффициентом риска краха

Ранее в данной главе мы показали, что условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями предполагает, что ценовые изменения от сегодняшнего к завтрашнему дню, должны точно компенсировать средние убытки в

связи с вероятностью краха. Сейчас мы рассмотрим данное равновесие в инвертированной логике: шумовые инвесторы видят, что рыночная цена растет, они говорят на эту тему друг с другом, "сбиваются в стадо", покупают все больше и больше акций, подталкивая цены и дальше вверх. Поскольку изменение цены ускоряется, условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями подразумевают, что здесь должен присутствовать скрытый риск, еще не отраженный в ценовой динамике, что оправдывает эти очевидные "езду без билета" и "бесплатный обед". Фундаментальная логика здесь состоит в том, что условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями автоматически подразумевают значительный рост риска, надвигающегося каждый раз, когда цена существенно растет, как это бывает при созревании спекулятивного пузыря. Это вывод, к которому придут рациональные трейдеры. Данное явление может быть резюмировано следующей расхожей в среде трейдеров фразой, применимой к растущему рынку спекулянтов, играющих на повышение ("бычьему рынку"): "Это слишком хорошо, чтобы быть правдой".

Преследуя цель - охватить феномен спекулятивных пузырей - мы сфокусируем наше внимание на классе моделей с положительной обратной связью, обсуждавшихся в главе 4. В данном контексте это означает, что мгновенное приращение цены, как и волатильность, становится больше и больше, когда прошлые цены и/или прошлые приращения и/или прошлые волатильности становятся большими. Как объясняется в разделе, озаглавленном "Интуитивное объяснение возникновения ограниченной по времени сингулярности при t_c ", ранее в данной главе, положительная обратная связь с увеличивающимся темпом роста также может привести к сингулярности. Здесь это означает, что при отсутствии контроля, цена "взлетает вверх" без ограничений. Однако наблюдается конкуренция двух эффектов, которые конкурируют, пытаясь вмешаться в это отклонение. Прежде всего, это стохастическая компонента, оказывающая влияние на изменения цены, делает цену гораздо более беспорядочной, и сходимость к критической точке становится случайным, неопределенным событием. Это представлено на Рис. 59, иллюстрирующем разнообразие ценовых траекторий, предшествующих сингулярности $B(t)$.

Рис. 59 показывает типичную траекторию пузырьной компоненты цены, сгенерированной моделью с нелинейной положительной обратной связью [396], начиная с некоторой начальной величины вверх вплоть до того времени, когда цены начинают взмывать. Самый простой вариант данной модели состоит из цены пузыря $B(t)$, являющейся инверсной степенью случайных блужданий $W(t)$, в следующем смысле. Начиная с $B(0)=W(0)=0$, в начале времени, когда случайные блуждания приближаются к некоей величине W_c , которая здесь равна 1, $B(t)$ увеличивается и наоборот. В частности, когда $W(t)$ приближается к 1, $B(t)$ раздувается и достигает сингулярности во время t_c , когда случайные блуждания пересекают 1. Данный процесс в случайной области распространяет такие сингулярности конечного времени, описанные ранее в данной главе, что монотонно растущий процесс с кульминацией в критическое время t_c заменяется случайными блужданиями, бродящими вверх и вниз, прежде, чем они в конечном счете достигнут критического уровня. Данный нелинейный положительный раздутый

процесс с обратной связью $B(t)$, таким образом, может быть назван "сингулярными обратными случайными блужданиями". При отсутствии краха процесс $B(t)$ может существовать вплоть до конечного времени: с вероятностью 1 (то есть с определенностью), мы знаем из изучения случайных блужданий, что $W(t)$ в конечном счете достигнет любого уровня, а именно величины $W_c=1$ в нашем примере, при котором $B(t)$ отклоняется.

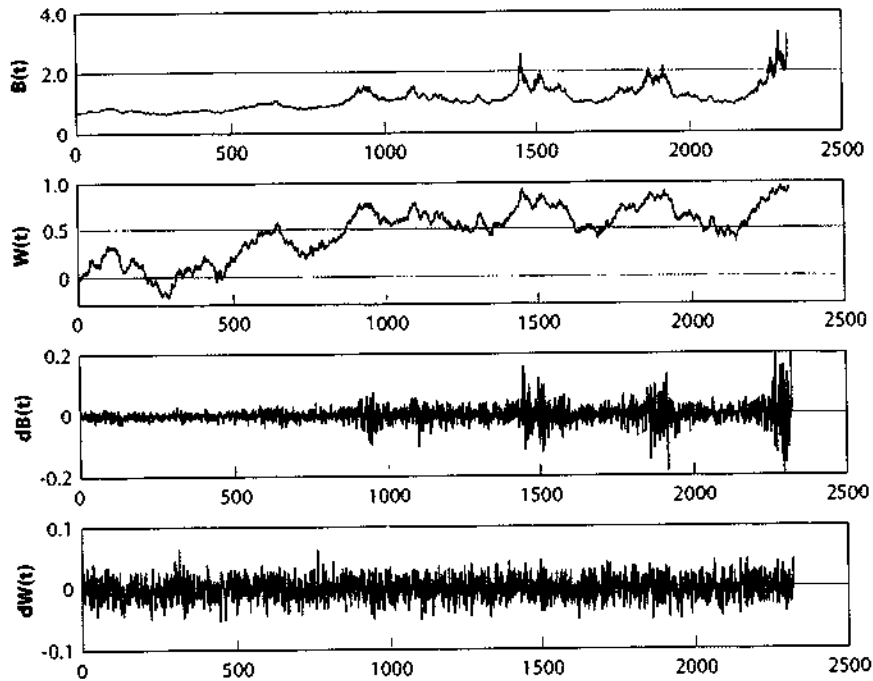


Рис. 59. Верхний график: Реализация цены пузыря $B(t)$ в виде функции времени, составленная из "сингулярных инверсных случайных блужданий". Это относится к некоторой выборке случайных чисел, используемых при создании случайных блужданий $W(t)$, представленных на втором графике. Верхняя панель получена путем возведения в степень инверсного значения постоянной W_c , которая здесь она равна 1 минус случайные блуждания, показанные на втором графике. В данном случае, когда случайные блуждания приближаются к 1, пузырь отклоняется. Обратите внимание на сходность траекторий, показанных на верхнем ($B(t)$) и втором ($W(t)$) графиках, пока случайные блуждания не приближаются к значению $W_c=1$ слишком сильно. Они могут свободно бродить, но как только они приближаются к 1, цена пузыря $B(t)$ демонстрирует гораздо большую чувствительность и, в конечном счете, отклоняется, когда $W(t)$ доходит до 1. Прежде, чем это произойдет, $B(t)$ может демонстрировать локальные максимумы, то есть локальные пузыри, которые мягко сдуваются. Это относится к реализациям того, как случайные блуждания приближаются к W_c , не касаясь его, а затем спонтанно отступают от него. Третий (и, соответственно, четвертый) график показывает временной ряд приращений $dB(t)=B(t)-B(t-1)$ пузыря (соответственно, $dW(t)=W(t)-W(t-1)$ для случайных блужданий). Обратите внимание на скачкообразные всплески сильной изменчивости в пузыре по сравнению с безликим постоянным уровнем колебаний случайных блужданий. Источник [396].

Второе следствие, которое вносит изменения в возможное отклонение цены пузыря, пожалуй, самое важное для режима рынка с сильно завышенными ценами. Это воздействие цены на коэффициент угрозы краха, обсуждаемый нами ранее: когда цена взмывает в связи с подражанием, стадностью, спекуляцией и случайностью, коэффициент угрозы краха растет еще быстрее, поэтому произойдет крах и вернет цену назад, ближе к ее фундаментальной величине. Механизм крахов запускается случайно, управляемые коэффициентом угрозы краха, который является возрастающей функцией пузыряльной цены. В настоящей формулировке, чем выше цена пузыря, тем выше вероятность краха. В данной модели крах похож на выписанное пациенту слабительное.

Определение коэффициента угрозы краха. Симуляция с использованием компьютерной программы идет следующим образом. Во-первых, мы выбираем дискретизацию времени с шагом δt . Затем, зная величину случайных блужданий $W(t-\delta t)$ и цену $B(t-\delta t)$ в предшествующее время $t-\delta t$, мы выводим $W(t)$, прибавляя приращение, взятое из централизованного гауссова распределения с вариацией δt . Отсюда мы выводим цену $B(t)$, взяв величину, обратную $(W_c - W(t))^\alpha$, где α — положительный показатель степени, определенный в модели. Затем мы выражаем, при условиях отсутствия арбитража и рациональных ожиданий, вероятность $h(t)$ возникновения краха во время следующего временного этапа, где $h(t)$ — коэффициент угрозы краха. Мы сравниваем данную вероятность со случайным числом ran , равномерно выбранным в интервале $[0,1]$ и запускаем механизм краха, если $ran \leq h(t)\delta t$. В данном случае цена $B(t)$ меняется на $B(t)(1-\kappa)$, где κ взято из предварительно выбранного распределения. Например, спад κ при крахе может быть зафиксирован на уровне, скажем, 20%. Слишком прямолинейно сводить это к арбитражному распределению скачков. После краха динамика продолжается с бесконечно малым приращением, как и раньше, начиная с этого нового значения для времени t , после соответствующего переноса $W(t)$, чтобы обеспечить непрерывность цен. Если $ran > h(t)\delta t$, краха не происходит и динамика повторится на следующем временном шаге.

Таким образом, данная модель предлагает два сценария конца пузыря: спонтанная дефляция или крах. Эти два механизма являются естественными свойствами модели и не были добавлены искусственно и такие сценарии действительно можно наблюдать на реальных рынках, что будет описано в гл. 7-9.

Данная модель обладает интересным и далеко идущим следствием с точки зрения повторения и организации крахов во времени. Действительно, мы видим, что каждый раз, когда случайные блуждания приближаются к выбранной постоянной величине W_c , цена пузыря взмывает вверх, и, согласно условию отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями, это подразумевает под собой то, что рынок входит в "опасные воды" с приближающимся крахом. Модель случайных блужданий обеспечивает нас очень точным предсказанием времени ожидания между успешными приближениями к критическому значению W_c , то есть между успешными пузырями. Распределение данных сроков ожидания считается очень широким степенным распределением [394], настолько широким, что среднее время ожидания является

математически бесконечным. На практике это ведет к двум взаимосвязанным явлениям: группированию (пузыри имеют тенденцию следовать за пузырями в короткие промежутки времени) и долгосрочной памяти (сроки ожидания между пузырями становятся очень долгими, как только пузырь сдувался достаточно долгое время). В частности, за этим следуют забавные парадоксы, такие как "чем больше прошло времени с момента появления последнего пузыря, тем больше время ожидания до следующего" [402]. Анекдотично, но данное свойство случайных блужданий объясняет также непреодолимое отчаяние, охватывающее расстроенных водителей на плотно забитом шоссе, которым кажется, что соседние ряды всегда движутся быстрее, чем их собственный, поскольку такие водители очень часто просто не замечают, как догнали машину, которая прежде была рядом с ними: если предположить, что мы можем смоделировать дифференцированное движение рядов в транспортном потоке всего мира при помощи случайных блужданий, данное впечатление является прямым следствием отклонения ожидаемого времени от случайных блужданий. Подведем итоги: пузырьная модель "сингулярных инверсных случайных блужданий" предсказывает очень большие перемежающиеся колебания времени повторения спекулятивных пузырей.

К этому легко можно добавить дополнительные усовершенствования. Действительно, следуя работе [184], где применялась, так называемая, техника переключения Маркова для анализа ценовых приращений, многие ученые документально зафиксировали эмпирическое свидетельство смены режимов в финансовых данных [432, 175, 63, 431, 363, 24, 88, 110]. Например, Шаллер (Schaller) и Ван Норден (Van Norden) [363] предложили Марковскую модель переключения режимов для спекулятивного поведения, чьи ключевые свойства похожи на свойства нашей модели, а именно превышение цены по сравнению с фундаментальной стоимостью увеличивает вероятность и ожидаемый размер краха фондового рынка.

Данное свидетельство, вместе с тем фактом, что пузыри не должны все время проникать в динамику цены, подталкивает нас к следующему естественному расширению модели. При самом простом и экономном расширении, мы можем предположить, что могут произойти только два режима: пузырь и нормальный. Режим пузыря следует за предыдущим определением модели и прерывается крахами, случающимися с коэффициентом угрозы, управляемым уровнем цены. Нормальным режимом могут быть, например, стандартные случайные блуждания в рыночной модели с постоянным маленьким дрейфом и волатильностью. Переключения между режимами предполагаются совершенно случайными. Эта динамическая и очень простая модель обретает по существу все традиционно наблюдаемые факты эмпирических цен, то есть отсутствие связи с волатильностью, длинный хвост распределений приращений, очевидную фрактальность и мульти-фрактальность, наличие резких плоских пиков в структуре просто ценовых пиков. Помимо этого, модель предсказывает то, что периоды пузырей связаны с нестационарными корреляциями растущей волатильности и мы подтверждаем это анализом эмпирических данных. Об этом мы поговорим далее, в наших эмпирических главах 7-10. Предполагается, что очевидная долгосрочная корреляция волатильности является результатом

случайных переходов от нормального режима к режиму пузыря. Помимо этого, и что, возможно, более важно – вид ценовых траекторий очень напоминает настоящие, как показано на Рис. 60. Замечательно простая формулировка управляемой ценой пузырьной модели "сингулярных инверсных случайных блужданий" способна убедительно воспроизвести выдающиеся свойства и вид настоящих ценовых траекторий, с их случайностью, пузырями и крахами.

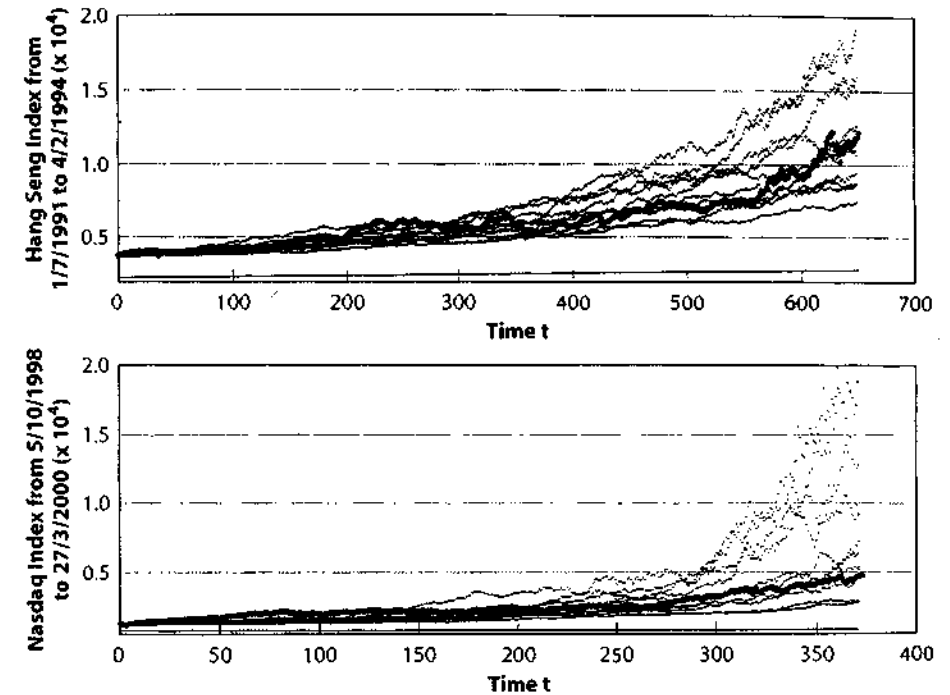


Рис. 60. Верхний график: Индекс Hang Seng (индекс Гонконгской фондовой биржи) (толстая линия) с 1 июля 1991 года по 4 февраля 1994 года (обозначенный "Пузырь II" на Рис. 98, и анализируемый на Рис. 100), а также десять реализаций пузырьной модели "сингулярных инверсных случайных блужданий", сгенерированных моделью с нелинейной положительной обратной связью [396]. Каждая реализация относится к произвольным случайным блужданиям, чьи направления и изменения были подогнаны так, чтобы наилучшим образом подходить к распределению приращений индекса Hang Seng. Нижний график: Пузырь индекса NASDAQ-композит (толстая линия) с 5 октября 1998 года по 27 марта 2000 года, проанализированный на Рис. 112, наряду с десятью реализациями пузырьной модели "сингулярных инверсных случайных блужданий", сгенерированных моделью с нелинейной положительной обратной связью [396]. Каждая реализация соответствует произвольным случайным блужданиям, чьи направления и изменения были подогнаны так, чтобы наилучшим образом подходить к распределению приращений индекса NASDAQ. Источник [396].

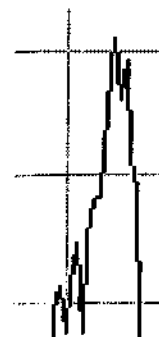
Модели, управляемые риском, против моделей, управляемых ценой

Вместе, и модели, управляемые риском, и модели, управляемые ценой, представленные в данной главе, описывают систему двух популяций трейдеров – "рациональных" и "шумовых" трейдеров. Случайное подражательное и стадное поведение "шумовых трейдеров" может привести к всемирной кооперации трейдеров и вызвать крах. Рациональные трейдеры обеспечивают прямую связь между риском краха и динамикой ценовых пузырей.

В управляемых риском моделях коэффициент угрозы краха, определяемый по стадности, управляет ценой пузыря. В управляемой ценой модели подражание и стадность приводят к положительным обратным связям с ценой, которая сама создает растущий риск надвигающегося, но еще не реализованного финансового краха.

Мы считаем, что обе модели охватывают часть реальности. Их раздельное изучение является частью стандартной стратегии "разделяй и завоевывай" познания сложности мира. Управляемая ценой модель, кажется, пожалуй, более естественной и прямолинейной, поскольку передает предчувствие, что взмывающие вверх цены неустойчивы и эндогенно провозглашают значительную корректировку или крах. Управляемые риском модели передают очень тонкую внутреннюю организацию фондовых рынков, связанную с повсеместным равновесием между риском и доходом. Обе модели заключают в себе понятие, что рынок тонко, самоорганизованно и кооперативно предчувствует крах, оставляя предварительные "отпечатки пальцев", заметные на ценах фондового рынка. Другими словами, подразумеваются, что рыночные цены содержат в себе информацию о надвигающихся крахах. Следующая, 6-ая глава исследует происхождение и природу этих предварительных моделей и прокладывает путь к законченному анализу крахов реального фондового рынка и их предшественников.

В главе 6 также имеется описание ценовой динамики, включающей в себя взаимодействие между трейдерами, следующими за трендом, (которые замещают рассматриваемых в этой главе шумовых трейдеров), и фундаментальными инвесторами (value-investors) (которые заменяют описанных здесь рациональных трейдеров). Признание важности их нелинейного (похожего на переключательное) поведения ведет к режимам, сходным с теми, которые мы описывали до сих пор, но гораздо более богатым. Данный подход свойственен литературе, предпочитающей занимать промежуточную позицию между полностью рациональным и иррациональным поведением [239]: курс акций может рационально меняться по мере поступления и раскрытия информации в самом процессе торговли. Поскольку рыночные условия не допускают возможности полного объединения информации индивидов в полностью открытое равновесие рациональных ожиданий, цены могут сильно отклоняться от их фундаментальной стоимости. Было продемонстрировано, что отсутствие общеизвестного знания о предпочтениях и представлениях трейдеров, создает в моделях крахи (смотри [239] и ссылки там же). Механизм таков, что некоторые внешние новости могут послужить спусковым механизмом для раскрытия внутренних новостей (среди трейдеров) в процессе торговли.



Глава №6 Иерархия, комплексные фрактальные размерности и логопериодичность

В предыдущей, 5-ой главе мы выдвинули концепцию, что критическая точка в домене времени или, что то же самое, сингулярность конечного времени, лежит в основе крахов фондового рынка. Крах не является критической или сингулярной точкой сам по себе, но начало сильно зависит от близости критической точки: чем ближе к критическому времени, тем более вероятен крах. Мы увидели, что признаком критического поведения являются степенное ускорение цены, ее волатильности или коэффициента угрозы краха при приближении критического времени t_c . Цель данной главы – расширить этот анализ и предположить, что следует ожидать дополнительных важных компонентов и моделей, помимо простого степенного ускорения. Важная побудительная причина заключается в том, что весьма сложно обнаружить и квалифицировать степенное ускорение на практике, в присутствии повсеместного шума и беспорядочности траекторий цен фондового рынка.

Как мы уже подчеркивали, фондовый рынок состоит из агентов, отличающихся по размеру на множество порядков, начиная от индивидуумов до гигантских профессиональных инвесторов, таких как пенсионные фонды. Существуют структуры даже на более высоких уровнях, таких как сфера валютного влияния (US\$, евро, йена, ...), и при сегодняшней глобализации и дерегулировании рынка можно утверждать, что начинают формироваться структуры самого большого из возможных масштабов – мировой экономики. Это значит, что структура финансовых рынков имеет свойства, напоминающие нам иерархические системы с "агентами" на всех уровнях рынка. Конечно, это не значит, что существует некая строгая иерархическая структура фондового рынка. Однако критические явления, вызванные силой подражания, в данных условиях часто могут демонстрировать весьма неинтуитивное явление, называемое "логопериодичностью", при котором, например, вероятность или коэффициент угрозы ускоряются не монотонно, как показано на Рис. 57, но осложнены осцилляциями с частотами, растущими при приближении критического времени. В данной главе мы исследуем это новейшее явление и объясним его возможное происхождение. Основная тема состоит в том, что данные осцилляционные структуры являются дополнительным признаком надвигающегося критического состояния, даже более устойчивыми по отношению к шуму. Данные модели окажутся полезными для анализа прошлых крахов и при предсказании будущих крахов, представленных в главах 7-10.

В данной главе мы, прежде всего, покажем, как модели кооперативного поведения, возникающего в результате подражания среди агентов, организованных в иерархическую структуру, демонстрируют вышеозначенное критическое явление, украшенное "логопериодичностью". Логопериодичность оказывается прямым и общим признаком существования предпочтительного масштабирующего фактора подобия, (что потом мы назовем инвариантностью дискретной шкалы), соответствующего увеличительному множителю, связывающему один уровень иерархии со следующим. Затем мы немного формализуем эту идею и покажем, как замечательная техника, называемая "группа перенормировок или ренормгруппа", извлекает выгоду из существования мультимасштабного самоподобия свойств критического явления, чтобы вывести фундаментальное и точное описание этих моделей. Мы обеспечим несколько наглядных примеров, включая обобщенную функцию Вейерштрасса (Weierstrass) – фрактальную модель ценовых траекторий фондового рынка, которая является непрерывной, но демонстрирует неровные структуры на всех масштабах увеличения.

Еще более интересным и неожиданным является открытие, что логопериодичность и инвариантность дискретной шкалы в критических явлениях могут возникнуть спонтанно и иметь чисто динамическое происхождение, без существовавшей ранее иерархии. Чтобы показать это, мы обсудим простую модель, показывающую сингулярность конечного времени, появившуюся благодаря положительной обратной связи, вызванной инвестиционными стратегиями следования за трендом. Без дополнительных компонентов, эта модель не представляет из себя какого-либо новшества по сравнению с моделями, представленными в главе 5. Новой является идея добавить воздействие фундаментальных аналитиков, которые склонны возвращать цену назад к ее фундаментальной стоимости. Когда данная возвратная сила является нелинейной функцией разности между ценой пузыря и фундаментальной стоимостью, динамика цены демонстрирует конкуренцию между ускорением степенной зависимости с кульминацией в сингулярности конечного времени, как показано в главе 5, и усиливающимися логопериодическими осцилляциями, декорирующими это ускорение степенной зависимости. Взаимодействие между этими двумя шаблонами поведения является устойчивым к зависимости от особенностей модели. Интуитивно ясно, что стратегии, основанные на фундаментальном анализе, представляют возвратную "силу" на цену, которая постоянно зашкаливает за свою цель. В присутствии трендследящих стратегий, обеспечивающих положительную обратную связь, чрезмерные повышения имеют тенденцию к ускорению и следованию в направлении ускорения цены, что ведет к постоянно ускоряющимся осцилляциям.

Критические явления имитации в иерархических сетях

Иерархическая структура, лежащая в основе социальных сетей

Инвесторы организованы в общественные, профессиональные сети, определяемые как группа людей, каждый из которых знаком с некой подгруппой

других. Общественные сети интенсивно изучались, поскольку они включают в себя модели человеческих взаимодействий, и поскольку их структура управляет распространением информации (и болезней), как было показано в главах 4 и 5.

Стэнли Милгрэм (Milgram) [297] сделал одно из первых эмпирических исследований структуры общественных сетей. Он просил исследуемых субъектов, выбранных случайно из телефонного справочника Небраски, отправить письмо заданному субъекту в Бостоне, брокеру, другу Милгрэма. Инструкции заключались в следующем: письма должны были быть отправлены адресату (фондовому брокеру) путем передачи их от человека к человеку, но они могли быть переданы только тому, кого передающий знал лично. Поскольку изначальные получатели писем вряд ли были лично знакомы с бостонским брокером, лучшей их стратегией было передать свое письмо кому-то, кто, по их мнению, был в некотором роде ближе к фондовому брокеру (социально или географически), возможно, кому-то, кого они знали в финансовых кругах или какому-нибудь своему другу в Массачусетсе.

Некоторое число писем Милгрэма в конечном счете дошло до адресата, и Милгрэм обнаружил, что среднее число этапов, потребовавшихся, чтобы письмо дошло до получателя, примерно равно шести; результат, который с тех пор вошел в фольклор и который обессмертил Джон Гуар (Guare), включивший его в название своей пьесы "*Шесть степеней отчуждения*" [182]. Результат, полученный Милгрэмом, обычно приводится в качестве подтверждения гипотезы о том, что "мир тесен" [445], что большинство пар людей в группе могут быть связаны очень короткой цепочкой знакомых-посредников, даже когда размер группы очень велик. Было показано, что данный результат по существу применим ко всем общественным сетям, таким как клубы, команды или организации. Примеры: женщины и общественные мероприятия, которые они посещают, управляющие высшего ранга и клубы, в которых они часто бывают, директора компаний и советы директоров, в которых они заседают, актеры кино и кинофильмы, в которых они снимаются. Недавно Ньюман (J. Newman) изучил членские сети ученых, в которых связь между двумя учеными устанавливается их соавторством в одном или более научном труде [313,314]. Данная сеть может представлять собой хорошее приближение для профессиональных сетей, таких как трейдеры и, в меньшей степени, инвесторы. Идея состоит в том, что большинство пар людей, которые вместе написали научную работу, действительно знакомы друг с другом, поскольку предполагается, что они вместе провели исследование, описываемое в научной работе.

Идея сетей соавторства не нова. Большинство практикующих математиков знакомы с определением номера Эрдеша (Erdős) [178]. Пол Эрдеш (1913-1996), много путешествовавший и необыкновенно плодовитый венгерский математик, написал, по меньшей мере, 1400 исследовательских работ по математике в различных ее областях, многие в соавторстве с другими учеными. По определению, его номер Эрдеша равен 0. Соавторы Эрдеша имеют номер Эрдеша, равный 1. Существует 507 человек с номером Эрдеша 1. Люди, отличные от Эрдеша, которые написали совместную работу с кем-то, кто носит номер Эрдеша 1, но не с Эрдешем, имеют номер 2 и так далее. В настоящий момент существует 5897 людей с номером

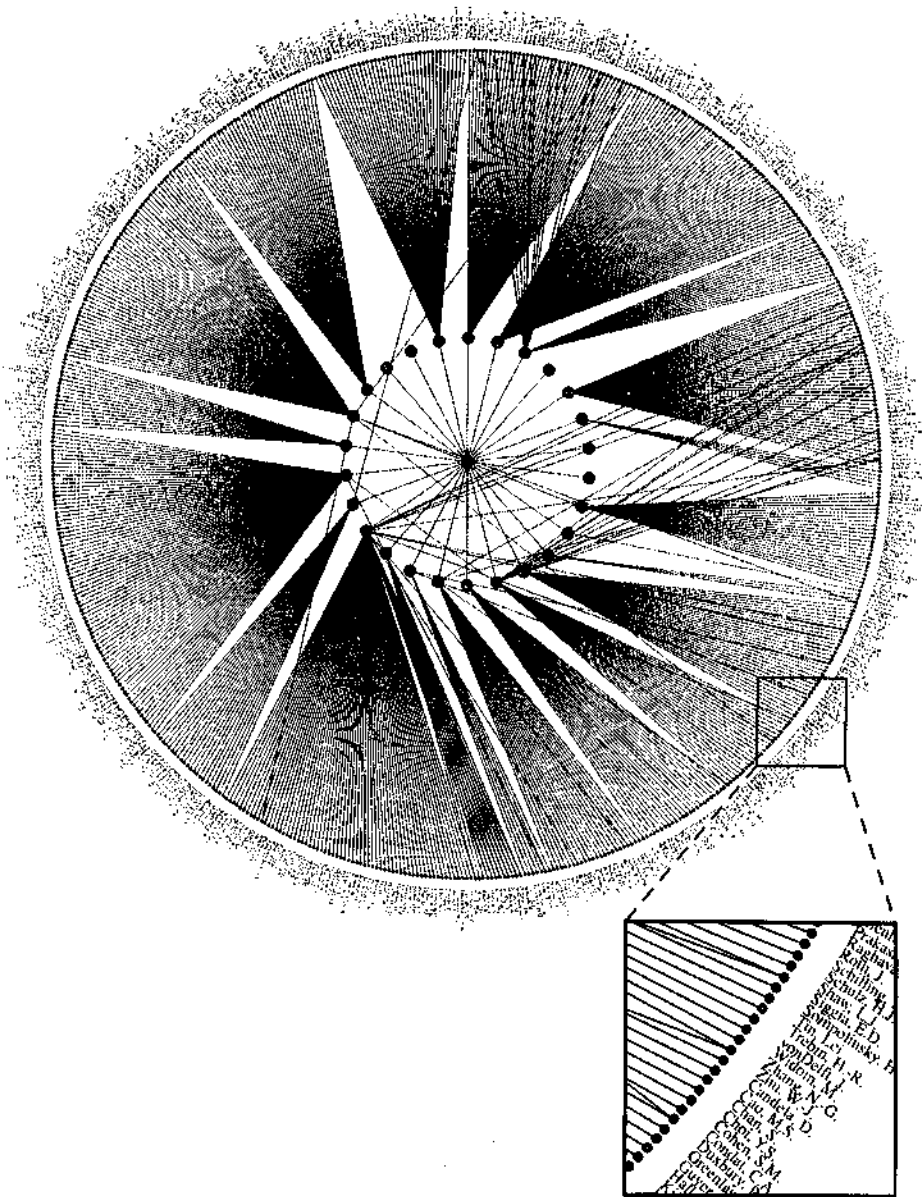


Рис. 61. Точка в центре фигуры представляет собой автора двух статей [313, 314], изучающего сеть ученых, первый круг – это его соавторы, второй круг – соавторы его соавторов. Узлы сотрудничества между членами одного круга, которые весьма многочисленны, были опущены для ясности. Сходная конструкция применима по отношению ко многим ученым, включая автора данной книги. Однако, будучи старше, чем автор [313, 314], автор данной книги имеет 55 (вместо 26) ближайших соседей-соавторов.

Эрдеша 2. Если не существует цепочки соавторств, соединяющих кого-то с Эрдешем, тогда номер Эрдеша этого человека считается бесконечным. Автор данной книги имеет номер Эрдеша 3; то есть я публиковался с коллегой, который публиковался с другим коллегой, написавшим работу совместно с Эрдешем. Существует математическое предположение, что диаграмма математиков, организованная вокруг вершины, представленной самим Эрдешем, и связанная с ним, содержит почти всех современных публикующихся математиков и не обладает очень большим диаметром; то есть самый большой номер Эрдеша равен 15, в то время как среднее арифметическое равно примерно 4,7 [179,33].

Объяснение эффекта "тесного мира" проиллюстрировано на Рис. 61, показывающем всех соавторов автора работ [313,314] и всех соавторов этих соавторов, то есть всех его первичных и вторичных соседей в сети соавторства ученых. Как показывает рисунок, Ньюман имеет 26 первичных соседей и 623 вторичных. Поскольку рост числа соседей по мере удаления продолжается с такой впечатляющей скоростью, то потребуется лишь несколько шагов, чтобы достичь размеров, сравнимых со всем ученым сообществом, отсюда эффект "тесного мира".

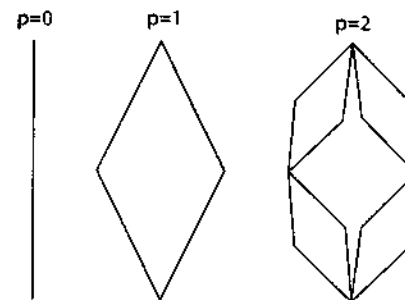


Рис. 62. Первые три этапа итеративных конструкций иерархической ромбовидной решетки. p относится к индексу итерации.

Действительно, в большинстве сетей среднее расстояние между любой парой вершин (ученых или трейдеров в нашем следующем примере) пропорционально логарифму числа вершин. Вспомним, что логарифм числа есть не что иное, как показатель степени в экспоненциальном представлении этого числа, то есть он примерно равен числу цифр в числе минус 1 (десятичный логарифм 1000 равен 3, поскольку $1000=10^3$). Таким образом, логарифм – это очень медленно изменяющаяся функция, поскольку умножение числа на 10 соответствует прибавлению 1 к его логарифму. Иерархическая сеть дает простое объяснение данному пункту. Рассмотрим упрощенную иерархическую структуру, называемую ромбовидной иерархией, чья конструкция представлена на Рис. 62. Давайте начнем с пары инвесторов, связанных друг с другом ($p=0$). Заменим данную связь ромбовидной, где два начальных трейдера занимают две диаметрально противоположных вершины, и где две другие вершины заняты двумя новыми трейдерами ($p=1$). Данный ромб содержит четыре связи. Каждую из этих четырех связей давайте заменим на ромб точно таким же способом ($p=2$). Повторение

данной операции большое число раз дает нам иерархическую ромбовидную решетку. После p повторений, мы имеем $N = \frac{2}{3}(2 + 4^p)$ трейдеров и $L = 4^p$ связей

между ними. Поскольку N и L по существу пропорциональны 4^p для большого p , соответственно порядок повторений p пропорционален логарифму числа трейдеров и числа связей между ними. Логарифм числа N , таким образом, есть не что иное, как количество, пропорциональное показателю степени заданного контрольного числа (здесь 4), обеспечивающего представление числа N .

Большинство трейдеров имеет только двух соседей, небольшое количество (первоначальные) имеет 2^p соседей, другие находятся где-то в промежутке между этими числами. Обратите внимание, что наименее связанные агенты имеют в 2^{p-1} раз меньше соседей, чем те, которые имеют больше всего связей, которые сами имеют примерно в 2^p раз меньше соседей, чем всего существует агентов. Выведем среднее арифметическое по всем трейдерам и получим результат, что среднее расстояние между любой парой трейдеров пропорционально индексу итераций p , то есть логарифму числа вершин.

Подобная иерархическая сеть может быть более реалистичной моделью сложной сети связей между финансовыми агентами, чем решетка на евклидовой плоскости, используемая в главах 4 и 5 на Рис. 47 – Рис. 50.

Критическое поведение в иерархических сетях

Представьте себе сеть агентов, расположенных в узлах иерархической ромбовидной решетки, показанной на Рис. 62, взаимодействующих с ближайшими соседями через связи в шумовой, подражательной манере, согласно выражению (6). Вспомним, что это выражение (6) включает в себя конкуренцию между упорядочивающим эффектом подражания и беспорядочной силой идiosинкразических сигналов, смоделированных как случайный шум. Данная сеть, также как и различные расширения, оказывается точно разрешаемой [106, 9]. Расширения сети, показанной на Рис. 62, охватывают ряд q ветвей, каждая из которых содержит ряд r связей. Конструкция Рис. 62 соответствует $q=r=2$.

Основные свойства, приобретенные данными сетями сходны с теми, которые были описаны в управляемой риском модели в главе 5, использующей решетку на евклидовой плоскости, показанную на Рис. 47 – Рис. 50. Здесь существует критическая точка K_c для силы подражания. Как показано на левом графике Рис. 63, вероятность $P(K)$ того, что крах произойдет, стремится к постоянной величине $P(K_c)$ ($=0,7$ в данном примере), увеличиваясь вверх, и достигая бесконечного ускорения прямо в критической точке $K=K_c$. Вспомним, что механизм, лежащий в основе данного поведения, проистекает от существования все большей и большей вероятности коллективного формирования очень большого кластера, таким образом, запускающей механизм координированной продажи в группе. Новизной модели, показанной на левом графике Рис. 63, по сравнению с моделью на Рис. 57 является существование осцилляций, осложняющей всеобщее ускорение. Обратите внимание на то, что эти осцилляции также ускоряются, что видно из того факта, что расстояние между успешными пересечениями с пунктирной линией становится меньше и меньше по мере приближения K_c . Чтобы отчетливо представить себе

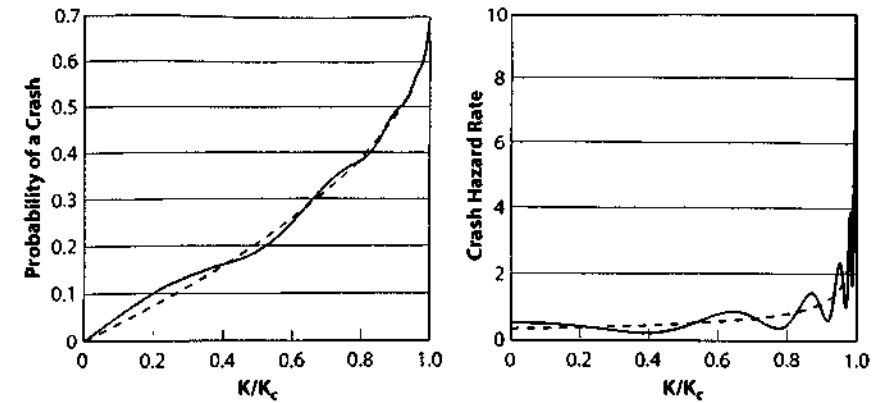


Рис. 63. Левая панель. Вероятность возникновения краха в иерархической ромбовидной сети. В данном примере вероятность достигает своего максимума, равного 0,7 в критической точке $K=K_c$ с бесконечной кривизной после ускорения логопериодических осцилляций. Пунктирная линия – та же самая, что и на левом графике Рис. 57, полученном для евклидовой решетки. Правая панель: коэффициент угрозы краха для иерархической ромбовидной сети. Пунктирная линия является той же, что и на правом графике Рис. 57, полученном для евклидовой решетки. Коэффициент угрозы краха пропорционален наклону кривой вероятности, показанной на левом графике.

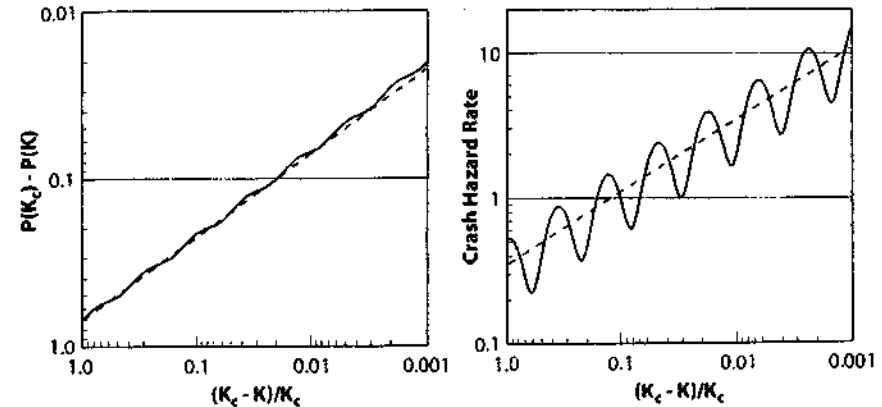


Рис. 64. Левая панель: Логарифмическая шкала разности $P(K_c) - P(K)$ ускоряющейся части линии вероятности, показанной на левом графике Рис. 63 в зависимости от сокращенного расстояния $(K_c - K)/K_c$, также на логарифмической шкале. Решетка по двум осям перевернута, чтобы получить правильное зрительное впечатление, что чем ближе мы подбираемся к K_c , тем больше вероятность. Правая панель: Логарифмическая шкала коэффициента угрозы краха, показанного на правом графике Рис. 63, в зависимости от расстояния $(K_c - K)/K_c$, также на логарифмической шкале. Пунктирная линия относится к чистому ускорению степенной зависимости, полученному для решетки Евклида и показанному на правой панели Рис. 57. Решетка на горизонтальной оси была перевернута, чтобы получить правильное зрительное впечатление, что чем ближе мы подбираемся к K_c , тем больше коэффициент угрозы краха.

природу этих осцилляций, левый график Рис. 64 демонстрирует разность $P(K_c) - P(K)$ ускоряющейся части вероятности, в зависимости от расстояния $(K_c - K)/K_c$ до критической точки K_c . Данное новое представление использует логарифмическую шкалу, как для абсцисс, так и для ординат, так что ускорение степенной зависимости имеет вид прямой пунктирной линии. Мы видим осложняющие его периодические осцилляции. Поскольку данные осцилляции являются периодическими в логарифме переменной $(K_c - K)/K_c$, мы назовем их "логопериодическими". Сила этих логопериодических осцилляций зависит от природы взаимодействий между трейдерами в рамках иерархической решетки и выбора измеряемой величины. При использовании этих моделей для других целей, таких как моделирование магнитных материалов, где трейдеры в узлах заменяются маленькими магнитами, называемыми спинами, соответствующие физические измеряемые величины, такие как энергия или намагничивание, обычно демонстрируют логопериодические осцилляции с довольно маленькими амплитудами. Для наглядности, чтобы получить более ясный внешний вид, мы искусственно увеличили их амплитуду по сравнению с тем, чем они были бы в физической задаче. Однако, это увеличение на самом деле не так уж искусственно в финансовом контексте. Оно может быть оправдано тем фактом, что финансовые крахи не характеризуются теми же измеряемыми параметрами, что и физические объекты. Как уже говорилось в главе 1, рыночные крахи больше похожи на разрывы, которые чувствительны к экстремальным флуктуациям в распределении групп подражательных трейдеров. Логопериодические сигналы могут быть намного сильнее, когда подчеркиваются самые большие флуктуации. Это проиллюстрировано на Рис. 65 в другом контексте, относящемся к модели хаотичной и турбулентной динамики [462]. Логопериодичность ясно прослеживается как регулярные шаги для значений параметра $m=3$ и 4 , чья растущая величина относится к все большему подчеркиванию самых больших колебаний. Данный рисунок показывает, что логопериодичность может быть необнаружимой в некоторых измеряемых величинах, в то же время оставаясь сильным свойством других, в той же системе.

Отклоняющееся ускорение вероятности краха, показанное на Рис. 63 снова подразумевает, что коэффициент угрозы краха, что есть не что иное, как скорость изменения вероятности краха в зависимости от времени, безгранично увеличивается по мере того, как K приближается к K_c . Новым свойством является существование логопериодических осцилляций. Они ускоряются по мере приближения к критической точке, в то время как их дуги представляются как равноудаленные в двойном логарифмическом представлении правого графика Рис. 64. Осцилляции более ясно выражены для коэффициента угрозы, поскольку создание коэффициента (производная величина) усиливает локальные особенности. Это подразумевает, что риск краха на единицу времени при наличии знания, что крах еще не произошел, стремительно растет, когда взаимодействие между инвесторами становится достаточно сильным, но это ускорение прерывается и смешивается с ускоряющейся последовательностью неподвижных фаз (уменьшающиеся части логопериодических осцилляций), в которых риск уменьшается.

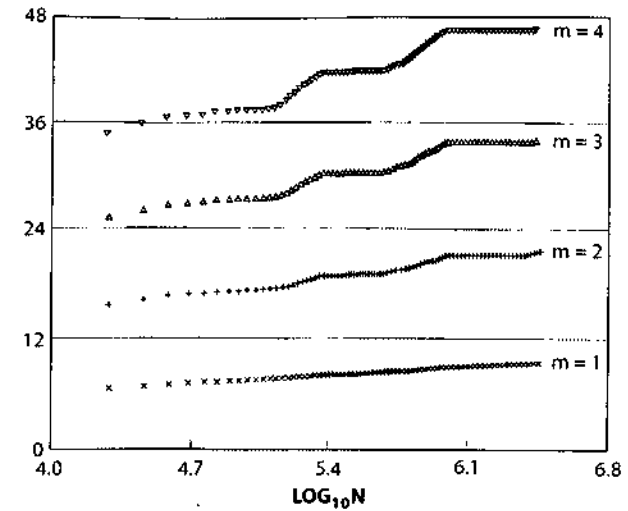


Рис. 65. Ордината – это показатель средней амплитуды колебаний в динамическом развитии в простой модели гидродинамической турбулентности, взвешенной все больше и больше по направлению к большим амплитудам по мере роста m . Абсцисса – это временной интервал, в котором производятся измерения. Данный рисунок иллюстрирует то, что логопериодичность может быть не видна в некоторых измеряемых величинах (здесь для $m=1$), оставаясь сильным свойством других (для $m=3$ и 4). Источник [462].

Если коэффициент угрозы демонстрирует такое поведение, то, как мы увидели в главе 5, ценовое приращение должно, как следствие, приобрести те же качественные свойства, чтобы условие отсутствия арбитража совместно с рациональными ожиданиями оставались верными. Мы обретаем второе предсказание в виде определенной модели приближения к краху: приращение прерывисто растет все быстрее и быстрее: то есть оно попеременно, то растет, то убывает с течением времени, по шаблону, сходящемуся к критической точке. Поскольку цены формируются путем суммирования приращений, типичная траектория цены в зависимости от времени, ожидаемая по мере приближения к критической точке, параллельна зависимости вероятности краха, показанной на левой панели Рис. 63.

Иерархическая модель финансовых тузюрей.

Полезно будет ещё проиллюстрировать влияние иерархической структуры подражательного поведения среди трейдеров на измеряемые признаки на фондовом рынке. Мы, таким образом, предполагаем существование иерархической организации, показанной на Рис. 66, где трейдер влияет только на ограниченное число трейдеров на одном уровне иерархии с ним и ниже его. Благодаря эффекту каскада решение более низких уровней, в свою очередь, влияет на более высокие уровни. Например, положение банка внутри страны будет высокочувствительно к положению валютного блока в целом, положению своей страны и других банков, из

которых он может получить информацию. С другой стороны, положение валютного блока будет являться совокупностью состояний стран-участниц.

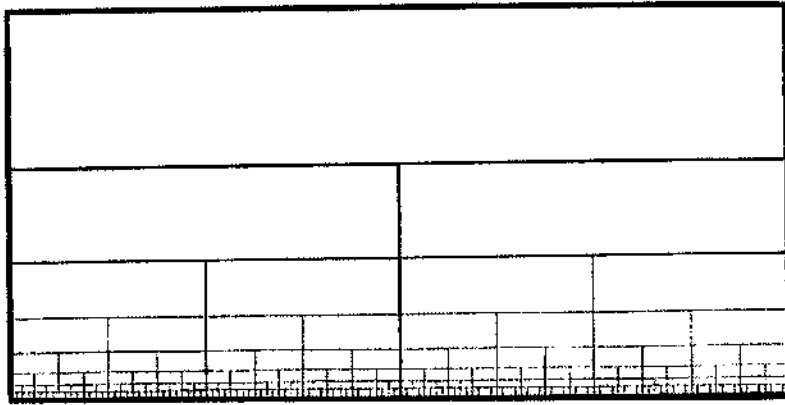


Рис. 66. Схематическое представление простой дихотомической иерархической структуры влияния среди трейдеров. Источник [398].

Модель формализует иерархическую организацию и ссылается на индивидуальных трейдеров как на трейдеров порядка 0. Согласно иерархической организации, эти трейдеры организованы в группы из m трейдеров, и мы считаем каждую группу одним "трейдером" порядка 1. Эти группы (или "трейдеры") порядка 1 также организованы в группы из m участников, формируя группу порядка 2, и так далее. Таким образом, получается иерархическая организация, где группа порядка n состоит из m^n индивидуальных трейдеров. Для простоты, но без потери общности, мы берем $m=2$. Анализ для других значений m будет таким же, изменятся лишь детальные числовые значения.

Предполагается, что во время 0 все индивидуальные трейдеры нулевого уровня иерархии начинают собирать и обрабатывать информацию, чтобы решить, когда выходить на рынок и выходить ли вообще. Считается, что трейдеры разнородны в том смысле, что время, необходимое им для анализа ситуации различно для каждого из них, и, следовательно, каждому трейдеру нужно свое характерное время для принятия решения и выхода на рынок. Поведение трейдеров, таким образом, отличается с точки зрения времени их действия [437]. Представьте себе, что трейдер i имеет предпочтительное время t_i , чтобы купить акцию (принятую за уникальную в этой игрушечной модели рынка), и что t_i распределено согласно какому-то распределению, например, пуассоновскому (экспоненциальному) распределению. Время трейдера i купить — t_i не следует путать со временем реакции после того, как решение принято. Последнее происходит практически мгновенно, поскольку трейдеру выгодно, чтобы его приказ выполнялся эффективно. Наоборот, время на покупку t_i отражает то, что трейдеру необходимо собрать данные, провести свой анализ и убедиться, что ему необходимо выйти на рынок. В каком-то смысле, это время необходимо ему для укрепления своей уверенности в том, что его решение правильно. Обретение этой уверенности может быть долгим процессом

изучения, уходящим корнями в различия психологии и прошлого опыта. Ожидается, что характерные временные шкалы t_i могут варьировать от минутных (или меньше) до годовых. Это временные шкалы для сбора и анализа новой информации.

Движение одного трейдера на рынке может быть истолковано другим трейдером как значимая дополнительная информация, в связи с неопределенностью, с которой он сталкивается. Для конкретности, представьте себе иерархическую организацию с $m=2$, показанную на Рис. 66. Предположим, что на нулевом уровне один из двух трейдеров группы доходит до конца своего временного периода покупки и выходит на рынок. Правило модели таково, что другой трейдер группы, и только он, имеет привилегию получать данную информацию. В принципе, возможно, что трейдер получит прибыль, следя за действиями других трейдеров. Однако, получение информации на разных уровнях иерархии затруднено, если вообще возможно. Более того, информация имеет свою стоимость, что накладывает строгие ограничения. Наше упрощающее предположение, таким образом, относится к ограниченному числу экономически эффективных стратегий с минимальным использованием информации. После анализа этой информации второй трейдер в общем положительно настроен по отношению к решению выйти на рынок. Модель устанавливает, что оставшееся время ожидания сокращается заданным фактором "влияния" β , меньшим, чем 1. Фактически это и есть правило подражания. Оно введено с целью смоделировать высоко нелинейное (пороговое) поведение трейдеров, с положительными и отрицательными обратными связями, что уже было обсуждено в главе 4. Если β близка к 1, тогда взаимодействие слабое, и трейдер не вносит значительных изменений в свою стратегию после получения информации о действиях трейдера-соседа. Напротив, в пределе $\beta \rightarrow 0$, второй трейдер почти мгновенно выходит на рынок, узнав о действиях первого трейдера; это режим, где трейдеры находятся под сильным влиянием других трейдеров той же группы и усиливают действия других трейдеров своим собственным решением. В данном режиме наблюдается сильный эффект "толпы". Модель подразумевает, что подражательный процесс работает на всех уровнях иерархии. Когда два "трейдера" порядка m , принадлежащие к одной и той же группе, в конце концов, купили акцию, эта информация передается на следующий уровень иерархии. Поскольку два трейдера порядка m купили, трейдер порядка $m+1$, определяемый как сумма тех двух трейдеров, тоже купил, и эта информация передается другому трейдеру порядка $m+1$ из пары. Как следствие, оставшееся время ожидания двух трейдеров этой соседней группы порядка $m+1$ также умножается на β на данном следующем уровне иерархии. Данный процесс может продолжаться до все более высоких уровней и привести к сложному наложению действий и влияний, начиная с самого низкого уровня иерархии, постепенно перекрываясь по мере того, как большее число групп подключается к более высоким уровням. Данная каскадная обработка информации геометрически проиллюстрирована на Рис. 67.

Цена акции сильно зависит от нетривиального поведения трейдеров. Данное сильно упрощенное описание не дает точной формулы цены. Действительно, модель использует очень слабое предположение, что цена является неубывающей

функцией общего числа позиций на покупку, принятых у трейдеров вплоть до времени t . Другими словами, кривая спроса положительна. Идея состоит в том, что спрос имеет прямое влияние на цену и склонен повышать ее. Другое важное упрощение состоит в том, что трейдеры заинтересованы только в покупке акции. Предположение, которое номинально, очевидно, входит в противоречие с равновесием между продавцами и покупателями: чтобы покупать, какие-то трейдеры должны продавать! Модель предполагает, на самом деле, что продавцы являются обязательно однородной группой, которая остается неизменной и нейтральной в течение периода, когда развивается прогрессивная кооперационная деятельность между трейдерами. Таким образом, задача сокращается до количественного определения временного поведения общего количества позиций на покупку.

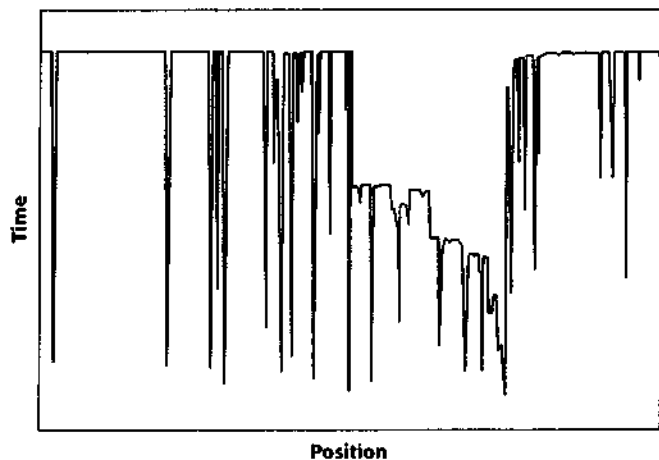


Рис. 67. Эволюция системы во времени и пространстве. По оси абсцисс расположены 512 трейдеров, связанных между собой иерархически, как показано на Рис. 66. Ось ординат представляет собой время, при этом течение времени изображено снизу вверх по оси ординат. Вышедшие на рынок покупатели представлены в виде "колодцев", расширение "колодцев" показывает распространяющееся от агента прогрессивное "вторжение" соседних агентов, также разместивших у брокера заказ на покупку. Обратите внимание на каскад повторений, который наблюдается в разных масштабах и по многим различным ветвям. Также наблюдается большое количество конкурирующих каскадов, идущих от различных трейдеров и в разное время. Это ведет к появлению нестабильной структуры, наблюдать которую можно на Рис. 68. Источник [398].

Данная модель делает возможным точное определение краха. Действительно, в пределах бесконечного числа трейдеров (a , следовательно, уровней иерархии), существование краха, происходящего в определенное время t_c , определено тем фактом, что задолго до t_c число покупателей остается маленьким и их взаимовлияние – небольшим. С течением времени их величины постепенно растут до точки t_c , в которой определенное количество трейдеров уже сделало заказы на покупку и уже вошло в позицию, таким образом, насытив рынок до такой степени, что больше желающих купить нет. Модель описывает подготовительную стадию,

так называемый "пузырь", заканчивающийся крахом, который сам по себе не моделируется.

Рис. 68 показывает определенное число трейдеров, отдавших приказ покупать в зависимости от времени. Левый график соответствует одной реализации начальной общей совокупности трейдерского времени ожидания в нулевом порядке. Правый график показывает пять реализаций с различными начальными конфигурациями времени ожидания на двойной логарифмической шкале. Данная шкала такова, что степенная зависимость, показанная на Рис. 63 и Рис. 64, представляет собой прямую линию. Действительно, можно наблюдать характерное степенное ускорение зависимости, оттеняемое логопериодическими структурами на многих различных масштабах по мере приближения критического времени. Оказывается, можно легко объяснить данную модель и детально продемонстрировать существование логарифмических периодических структур, сопровождающих обычную степенную зависимость [398].

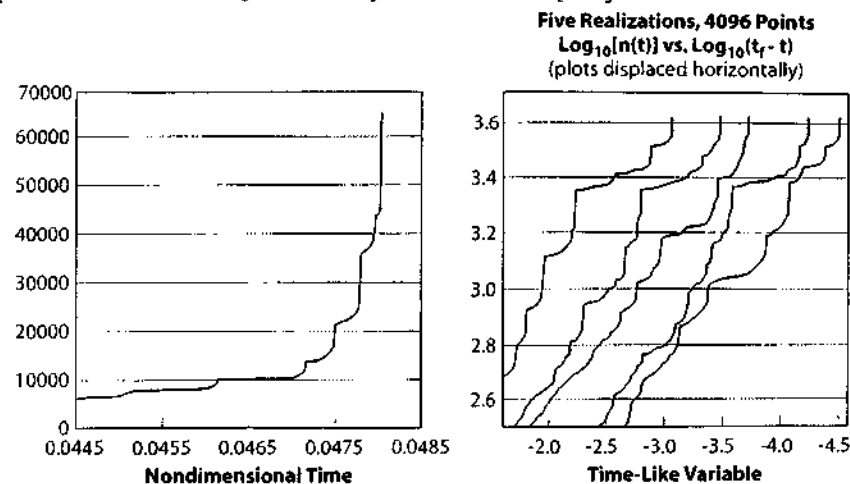


Рис. 68. Левая панель. Количество трейдеров, отдавших брокеру приказ на покупку, в зависимости от времени. Обратите внимание на степенное увеличение зависимости и логопериодическую структуру ступенчатых скачков, декорирующих данное увеличение. Правая панель: изображено то же, что и на левом графике, но в двойном логарифмическом представлении. Количество трейдеров, которые вышли на рынок в зависимости от расстояния до предельного времени. Мы видим 5 разных траекторий, каждая из которых соответствует разному, но статистически эквивалентному начальному условию, отражающему изменчивость реального мира. Приблизительно линейная зависимость, декорированная крупными и сложными логопериодическими структурами, квалифицируется как степенная зависимость, что обсуждается в тексте. Источник [398].

Логарифмические частоты и логопериодические осцилляции определяются фактором "влияния" β , который количественно определяет изменения времени ожидания, оставшегося трейдеру, наблюдающему за действиями своих компаньонов и трейдеров с более высоких ступеней иерархии.

Обратите внимание на силу логопериодических осцилляций на Рис. 68. Это

можно отнести к фундаментальной пороговой природе каскадных влияний трейдеров. Как было указано по отношению к Рис. 65, наблюдаемые величины, придающие значение экстремальному и внезапному поведению на рынке, усиливают эффект логопериодичности. Чтобы еще яснее донести этот аргумент, следует упомянуть, что данная модель может быть четко вписана в модель отказа материала благодаря каскаду внезапных разрывов [355].

Увеличение числа трейдеров, производящих скупку рынка в раздутом "пузыре" подтверждает часто цитируемое наблюдение, что "пузыри" – это периоды, когда применима "теория большого дурака". В финансовых кругах эта "теория" обычно относится к покупателям ценных бумаг, уверенно покупающим, вне зависимости от дивидендов и других фундаментальных факторов. При этом такие покупатели рассчитывают на то, что в будущем смогут продать их кому-то по еще более высокой цене. В качестве иллюстрации можно привести следующий пример [142]: однажды в 1929 году Генри Форд поднимался на лифте в свой пентхаус, и лифтер сказал ему: "Господин Форд, мой друг, хорошо разбирающийся в ценных бумагах, порекомендовал мне купить акции X, Y и Z. У Вас много денег, вы непременно должны воспользоваться такой замечательной возможностью". Форд поблагодарил его, но как только вошел к себе домой, немедленно позвонил своему брокеру и приказал ему продать все акции данных компаний. Впоследствии он так объяснил свой поступок: "Если уже лифтер советует покупать, следовало бы давным-давно все продать". Обобщение данной мысли ведет нас к следующему заключению [309]: демографические, технологические или экономические перемены ведут к спонтанному появлению новых идей на финансовых рынках и первая волна инвесторов и новаторов получает максимальную прибыль. Затем появляются подражатели и обесценивают новаторство. Во время следующих за этим кризисов опоздавшие много теряют еще до того, как регулирующие органы и учебные заведения погасят пожар.

Происхождение логарифмической периодичности в иерархических системах

Дискретная масштабная инвариантность

Каково же происхождение новейших логопериодических осцилляций, описывающих всеобщее ускорение вероятности краха, коэффициента риска краха и самих траекторий цены и ценовых приращений, о которых шла речь в предыдущей главе?

Ответ прост: иерархические сети, такие как, например, ромбовидная решетка, изображенная на Рис. 62, или древовидная решетка, изображенная на Рис. 66, обладают свойством фундаментальной симметрии, называемой дискретной Масштабной инвариантностью. Симметрия – это свойство геометрической фигуры или системы, позволяющее данной фигуре или системе оставаться инвариантными при некоторых специфических видах преобразований, осуществляемых над объектом, например, таких как перенос, вращение, инверсия и расширение.

Например, обычные плитки, используемые для мощения полов, наделены дискретной трансляционной симметрией, так как они инвариантны относительно дискретных перемещений большого числа плиток, формирующих какой-то узор, поскольку этот узор повторяется периодически в замощении. Симметрия доставляет нам эстетическое удовольствие и ее можно увидеть в рисунках напольного покрытия, ковров или мебели, наблюдать в бриллиантах и древних храмах. Похоже, что природа создавала свои законы, положив в основу набор фундаментальных симметрий, таких как симметрия переноса, вращения и сдвига двух систем координат, движущихся на разных постоянных скоростях (так называемая инвариантность Галилея), а также набор скрытых симметрий, называемых калибровочными симметриями (они относятся к другим внутренним переменным, описывающим элементарные частицы). Похоже, что все природные явления, материя и энергия возникли лишь как небольшие отклонения от этих основных симметрий. Данные отклонения являются следствием спонтанных нарушений симметрии. Таким образом, трудно переоценить огромное значение симметрии для понимания организации и сложной структуры мира.

Ромбовидная и древовидная решетки на Рис. 62 и Рис. 66 также обладают симметрией, называемой "масштабной инвариантностью": в пределе, обе геометрические конструкции экстраполируются на бесконечное число повторений, заменяя ромб одним ребром и наоборот, при этом не меняется ромбовидная структура. Точно так же замена ребра в древовидном графе, двумя ребрами более мелкого порядка не меняет всей древовидной структуры на Рис. 66. Другими словами, иерархические ромбовидные и древовидные сети могут в точности воспроизводить себя на различных масштабах или шкалах. Мандельброт (Mandelbrot) [284] ввел в науку, для обозначения таких свойств, термин "фрактал". Основываясь на пионерской работе Ричардсона (Richardson) [343] он обнаружил, что многие природные и общественные явления наделены, по крайней мере, приблизительно, симметрией масштабной инвариантности. Многие из нас сталкивались с фракталами, рассматривая прекрасные, искусные и сложные картины, создаваемые компьютером. В современных голливудских фильмах используются ландшафты, горные цепи, системы облаков и другие, искусственно созданные при помощи компьютера, природные конструкции. Для производства этих фильмов используются численные рецепты, созданные для того, чтобы создавать фрактальные геометрические фигуры. Оказывается, что многие из природных структур мира приблизительно могут считаться фракталами [29, 126, 88, 31, 292, 394] и наше эстетическое чувство откликается на фрактальные формы.

В самых простых фрактальных конструкциях и учебных примерах масштабная инвариантность не выдерживается в случае произвольного увеличения. Это верно и в отношении двух иерархических решеток на Рис. 62 и Рис. 66. В ромбовидной решетке только такие увеличения, при которых число звеньев умножается на множитель 4, или, говоря более обобщенно, на 4 в любой степени, оставляют решетку инвариантной. В древовидной решетке только увеличения, при которых число веток умножается на множитель 2, или, говоря более обобщенно, на 2 в любой степени, оставляют решетку инвариантной. Эти особые множители 4 и 2, соответственно, являются прямым следствием схемы построения данных

иерархических сетей. Считается, что такие системы, подобные себе только при умножении на произвольную степень множителя, являющуюся целым числом, 4^n или 2^n , или, на любой другой неизменный множитель 2^n , где $n = \dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 \dots$ – целое число, обладают дискретной масштабной инвариантностью [392]. Масштабная дискретная инвариантность представляет собой более слабую симметрию, чем общая масштабная инвариантность: она ограничена дискретным выбором множителей (в данном случае целыми степенями 4 или 2).

Фрактальные размерности

В III веке до нашей эры Евклид и его ученики ввели в обращение концепцию "размерности". Это показатель степени, способный принимать положительные целые значения, равные числу независимых направлений. Размерность d , например, используется как показатель степени, связывающий объем V с длиной L : $V=L^d$, где V – обобщенный объем обобщенного куба с гранью длиной L . Реальный куб в нашем трехмерном пространстве имеет $d=3$, и объем его равен кубу его грани L . $L^3=L \times L \times L$. Для квадрата $d=2$, и его площадь равна квадрату его стороны $L^2=L \times L$. Для отрезка $d=1$, и его длина равна длине его стороны L , $L^1=L$. Линия обладает одним измерением, плоскость – двумя, объем – тремя. Поверхность шара также имеет 2 измерения, поскольку положение любой из его точек может быть описано двумя координатами, широтой и долготой. Другой способ продемонстрировать то, что поверхность шара обладает размерностью, равной 2, заключается в том, что его площадь пропорциональна квадрату его радиуса.

Во второй половине XIX века и первой четверти XX века математики представили себе геометрические фигуры, наделенные дробными размерностями, например, $d=1,56$ или $d=2,5$, и т.п. Выдающимся открытием явилось осознание того факта, что данное обобщение понятия "размерности" от целых до действительных чисел отражает концептуальный скачок в науке от трансляционной инвариантности к непрерывной масштабной инвариантности. Линия и плоскость остаются неизменными, если рассматривать их с разных точек, перемещаемых одна в другую. Это свойство называется трансляционной инвариантностью. Оказывается, что объекты с дробными размерностями обладают свойством масштабной инвариантности. Чтобы донести до людей эту новейшую концепцию, как уже отмечалось, Мандельброт создал слово "фрактал" от латинского корня *fractus*, обозначающего неровность, изломанность и беспорядочность объектов, представимых x , хотя бы приблизительно, масштабно инвариантными. Эта неровность может присутствовать на всех масштабах, что отличает фракталы от форм Евклида. Мандельброт активно работал, чтобы доказать, что данная концепция – не просто математический курьез, но что она ценна для реального мира. Выдающимся фактом является то, что обобщение от целочисленных до дробных размерностей, имеет глубокое и интуитивное толкование: нецелочисленные размерности описывают иррегулярные комплексы, состоящие из частей, похожих на целое.

Можно привести множество примеров присутствия фракталов в природе. Например, распределение галактик, некоторые горные цепи, дефектные решетки, размещение районов землетрясений, скалы, удары молнии, снежинки, речные

системы, береговые линии, модели климатических изменений, облака, папоротники и деревья, кровеносные сосуды млекопитающих и т.п.

В своей пионерской статье [283] Мандельброт вновь вернулся к исследованию, начатому Ричардсоном [343], касавшемуся системы соотношений между длиной национальных границ и размером масштаба, и расширил его. Он искусно резюмировал проблему, сформулировав вопрос, вынесенный в заглавие его статьи [283], "Какова длина береговой линии Великобритании?" Данный вопрос – представляет суть фрактальной геометрии. Рис. 69 показывает синтетически созданную береговую линию, которая обладает неровной структурой, сходной с береговой линией французской Бретани.



Рис. 69. Синтетическая фрактальная береговая линия.

Данная береговая линия является неровной, а потому измерение ее прямой линейкой, как показано на Рис. 70, дает нам только приблизительную величину. Определяемая длина $L(\epsilon)$ равна длине линейки ϵ , помноженной на число $N(\epsilon)$ таких линейек, необходимых для покрытия измеряемого объекта. На Рис. 70 длина береговой линии измерена дважды двумя линейками длиной ϵ_1 и ϵ_2 , причем длина второй линейки составляет примерно половину длины первой: $\epsilon_2 = \epsilon_1/2$. Понятно, что результат, полученный в результате измерения длины $L(\epsilon_2)$ меньшей линейкой ϵ_2 значительно выше, чем длина $L(\epsilon_1)$, полученная в результате измерения большей линейкой ϵ_1 . Для любой изрезанной береговой линии, с неровностями, наблюдаемыми при любом масштабе, результат измерения ее длины, по мере того как линейка уменьшается, увеличивается. Концепция (внутренней) длины становится малозначащей и должна быть заменена понятием (относительной) длины, измеряемой с двумя разными разрешениями. На вопрос: "Какова длина

берега Великобритании?", мудрый человек должен ответить либо: "Это зависит от линейки", либо: "Бесконечность" (результат, полученный при помощи бесконечно малой линейки, способной различать мельчайшие детали неровной береговой линии).

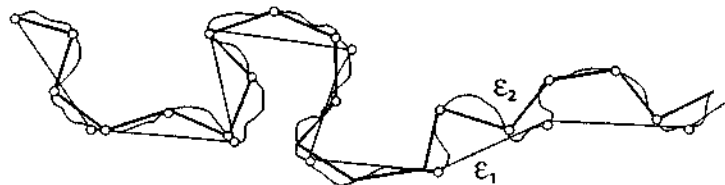


Рис. 70. Применение метода линейки, состоящего в покрытии неровной линии отрезками фиксированного размера. По мере уменьшения длины линейки охватываются более мелкие детали, и общая длина линии увеличивается.

Фрактальная размерность d количественно точно определяет, как относительная длина $L(\epsilon)$ изменяется в зависимости от длины линейки ϵ (что мы также называем "разрешением", поскольку детали меньше ϵ по определению не видны). По построению, $L(\epsilon)$ пропорциональна ϵ возведенному в степень $1-d$: $L(\epsilon) \sim \epsilon^{1-d}$. Тот факт, что показатель степени равен $1-d$, а не d в данном выражении, следует из определения фрактальной размерности с точки зрения числа элементов, обнаруживаемых при данном разрешении: для разрешения ϵ обычно различимо $M(\epsilon) = L(\epsilon)/\epsilon$ элементов. Число элементов, различимых при помощи линейки ϵ , обратно пропорционально ϵ в степени d . Для Великобритании $d=1,24$, что является дробной величиной. В противоположность берегу Британии, береговая линия Южной Африки очень гладкая, фактически дуга окружности, и $d=1$. В общем, чем "более неровной" является линия, тем больше ее фрактальная размерность, то есть, тем ближе линия к заполнению плоскости (у которой размерность равна 2). Когда $d=1$ длина $L(\epsilon) \sim \epsilon^{1-d}$ становится независимой от разрешения ϵ , поскольку $\epsilon^0 = 1$: только когда фрактальная размерность равна топологической размерности, измерение может не зависеть от масштаба линейки. С данной ситуацией мы лучше всего знакомы из школьных уроков Евклидовой геометрии. Однако, как показывает данное обсуждение, она составляет исключительный и особый случай: общая ситуация такова, что любое измерение, производимое на объекте, зависит от масштаба, с которым оно производится.

Давайте применим определение фрактальной размерности к двум иерархическим сетям Рис. 62 и Рис. 66. Для ромбовидной решетки Рис. 62 допустим, что отношение длины четырех связей, заменяющих одну связь к длине связи, равно r , скажем, $2/3$. Тогда каждый раз разрешение умножается на множитель $1/r=3/2$, наблюдается четыре новых связи. Другими словами, когда разрешение умножается на $3/2$, число связей умножается на 4. По определению фрактальной размерности, $3/2$, возведенные в степень d должны равняться 4. Это подразумевает, что $d = \ln 4 / \ln 3/2 = 3.42$. Таким образом, данный объект имеет большую размерность, чем объект в знакомом нам пространстве. Тот факт, что многомерный объект может быть представлен в (двумерной) плоскости, не является проблемой; это просто значит, что иерархическая конструкция очень много раз пересечет сама себя и, в

данном случае, когда размерность меньше 4, мы избежим пересечений и перекрытий только при разворачивании его в пространстве из, по меньшей мере, четырех измерений. Обратите внимание, что фрактальная размерность увеличивается, когда увеличивается r , то есть, когда увеличивается отношение размера каждой из четырех "дочерних" связей к "материнской" связи (в то же время оставаясь меньше 1). Это просто отражает тот факт, что фрактальный объект заполняет все большее и большее пространство.

Те же вычисления могут быть повторены для древовидной решетки Рис. 66. Давайте предположим, что длина вертикальных отрезков, отделяющих каждый уровень ветвления один от другого, сокращается на тот же самый множитель $r=2/3$. Теперь каждый раз, когда разрешение увеличивается на множитель $1/r=3/2$, можно увидеть в два раза большее количество "веток" нашего дерева. Таким образом, число ветвей удваивается, когда размерность умножается на $3/2$. По определению фрактальной размерности $3/2$, возведенные в степень d , должны равняться 2. Это подразумевает, что $d = \ln 2 / \ln 3/2$. Иерархическая сеть с размерностью 1,71, таким образом, является в некотором роде посредником между линией и плоскостью. Вновь обратите внимание, что фрактальная размерность e растет, когда растет r , то есть когда четыре связи становятся ненамного короче, чем первоначальная связь.

Масштабная инвариантность и закон подобного преобразования. Концепция (непрерывной) масштабной инвариантности означает воспроизведение чего-либо самим себя на разных временных и пространственных масштабах. Точнее, измеряемая величина ξ , зависящая от "управляющего" параметра x , является инвариантной к масштабу при произвольном изменении $x \rightarrow \lambda x$, если существует число $\mu(\lambda)$, при котором

$$\xi(x) = \mu \xi(\lambda x) \quad (8)$$

Выражение (8) определяет так называемую однородную функцию и встречается в теории критических явлений, фазовых переходов жидкостей и газов, магнитной фазы, в гидродинамической турбулентности и во многих других системах [112]. Его решение является простой степенной зависимостью $\xi(x) = x^\alpha$, где показатель степени α (который играет такую же роль, что и фрактальная размерность d , обсуждавшаяся нами прежде) задается выражением

$$\alpha = - \frac{\ln \mu}{\ln \lambda} \quad (9)$$

Данное решение может быть прямо проверено путем подстановки в выражение (8). Степенные зависимости являются отличительным признаком масштабной инвариантности, так как коэффициент $\frac{\xi(\lambda x)}{\xi(x)} = \lambda^\alpha$ не зависит от x ; то есть относительные значения измеряемой величины по двум различным масштабам зависят только от отношения этих двух масштабов. Это основное свойство, связывающее степенную зависимость с масштабной инвариантностью, самоподобием и критичностью.

Организация на разных масштабах ренормгруппы

Принцип и пример группы перенормировок.

Выражение (8) описывает систему, находящуюся точно в критической точке, в которой инвариантность масштабной симметрии точна. Для конкретных применений нам хотелось бы обладать более полным описанием свойств системы в условиях близости критической точки, а не только непосредственно в критической точке. Очевидной причиной такого желания является то, что предвестники критической точки могут быть расшифрованы до того, как мы до нее дойдем. Вопрос состоит в том, чтобы определить, насколько выражение (8) остается верным, и насколько оно меняется в близости критической точки. Другими словами, какая часть точной симметрии масштабной инвариантности сохраняется при нахождении не точно в критической точке.

Ответ на этот вопрос делается вычислительной техникой, называемой "группой перенормировок или ренормгруппой" (renormalization group), изобретение которой, в основном, приписывается К.Уилсону (K.Wilson), получившему за нее Нобелевскую премию в области физики в 1982 году. Эта техника во многом обязана своим окончательным созреванием другим физикам, таким как Б.Уидом (B.Widom), М.Геллман (M.Gellman), Л.Каданофф (L.Kadanoff), Э.Мигдал (A.Migdal), М.Фишер (M.Fisher) и другим. Группа перенормировок была изобретена для работы с критическими явлениями, которые, как мы подчеркивали, уже соответствуют классу поведений, характеризующихся структурами различных масштабов и степенными зависимостями измеряемых величин от управляющих параметров. Это весьма общий математический инструмент, позволяющий разложить на составные части задачу нахождения "макроскопического" поведения большого числа взаимодействующих частей, в последовательность более простых задач, с существенно уменьшающимся числом взаимодействующих объектов, чьи эффективные свойства изменяются в зависимости от масштаба рассмотрения. Таким образом, группа перенормировок, следуя выражению "разделяй и властвуй", решает проблему путем организации описания всей системы масштаб за масштабом. Она особенно хорошо приспособлена к критическим явлениям и системам, близким к тому, чтобы быть инвариантными к масштабам. Ренормгруппа выражает на математическом языке концепцию, что общее поведение системы является объединением множества произвольно определенных подсистем, где каждая подсистема определяется объединением подсистем и так далее.

Она работает в три этапа. Чтобы проиллюстрировать это, давайте рассмотрим группу агентов, каждый из которых имеет одно из двух возможных мнений ("медведь" или "бык", да или нет, голосовать за "А" или голосовать за "В", и так далее). Группа перенормировок работает следующим образом.

1. Первый этап состоит в том, чтобы сгруппировать соседние элементы в маленькие группы. Например, на двумерной квадратной решетке мы можем сгруппировать агентов в кластеры, равные по размеру девяти агентам, что соответствует квадратам со сторонами 3 на 3.
2. Второй этап заключается в том, чтобы заменить какофонию мнений внутри каждой группы из девяти агентов единым, репрезентативным мнением,

полученным по правилу избранного большинства. Проведение данной процедуры "децимации", очевидно, снижает сложность задачи, поскольку существует в девять раз меньше мнений, подлежащих учету.

3. Последний этап состоит из уменьшения масштаба или сокращения сверхрешетки из квадратов размером 3x3, чтобы придать им тот же размер, что и у изначальной решетки. После этого каждый кластер становится эквивалентен эффективному агенту, наделенному мнением, представляющим среднее арифметическое мнений девяти составляющих агентов.

Один цикл, включающий в себя три этапа, примененный к заданной системе, трансформирует ее в новую систему, которая выглядит абсолютно похожей, но отличается одним важным аспектом: распределение и пространственная организация мнений были изменены, как показано на Рис. 71, Рис. 72 и Рис. 73.

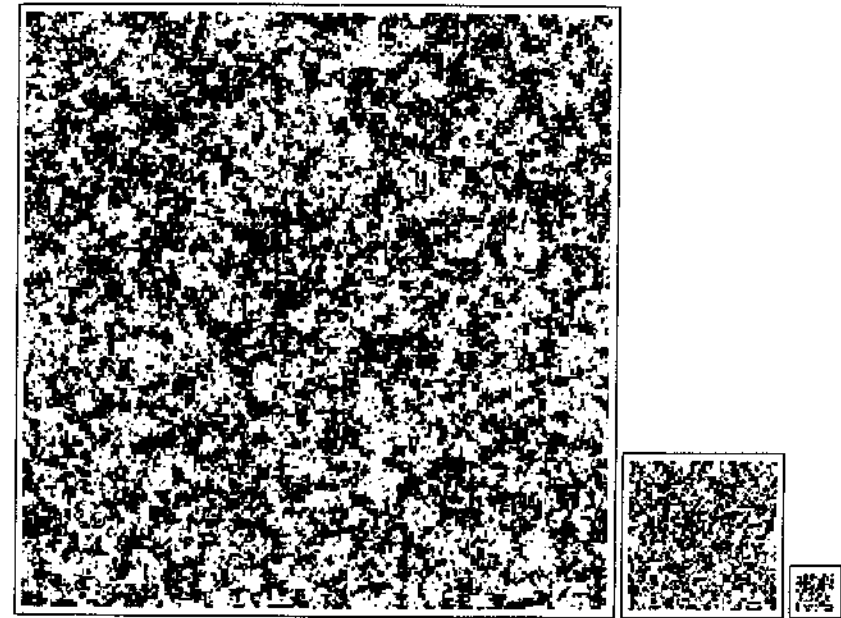


Рис. 71. Данная фигура иллюстрирует эффект перенормировки для $K < K_c$ изинговской модели (6), что соответствует беспорядочному режиму. Две различные точки обозначены белым и черным. Начиная слева, с квадратной решетки с некоей заданной конфигурацией мнений, справа показаны два успешных применения ренормгруппы. Повторяемые применения группы перенормировки изменяют структуру решетки все более и более беспорядочно. Все более короткие корреляционные интервалы, количественно измеряемые типичными размерами черных и белых областей, постепенно удаляются с помощью процесса перенормировки, и система становится все менее и менее упорядоченной, соответствующей действующему уменьшению силы подражания K . В конце концов, после многочисленных повторений группы перенормировки, распределение черных и белых квадратов становится абсолютно случайным. Система отходит от критичности с помощью перенормировки. Ренормгруппа, таким образом, квалифицирует данный режим как беспорядочный при изменении масштаба.

Могут произойти три ситуации, проиллюстрированные Рис. 71, Рис. 72 и Рис. 73. Давайте обсудим их в контексте модели имитативного поведения, представленного в главе 4 и резюмированного эволюционным уравнением (6). Вспомним, что в данной модели агенты имеют склонность подражать друг другу согласно силе склонности K , количественно определяющей относительную силу подражания по сравнению с идиосинкразическим взглядом. Большая K ведет к сильной организации, где большинство агентов разделяют одинаковое мнение. Малая K соответствует группе, разделенной пополам между двумя мнениями, так что пространственная организация агентов разрознена. Посредине, как мы показали в главе 4, существует критическая величина K_c , отделяющая эти два крайних режима, при которой система является критической, то есть шкала инвариантна. Группа перенормировок делает данные утверждения точными, что и показано на Рис. 71, Рис. 72 и Рис. 73.

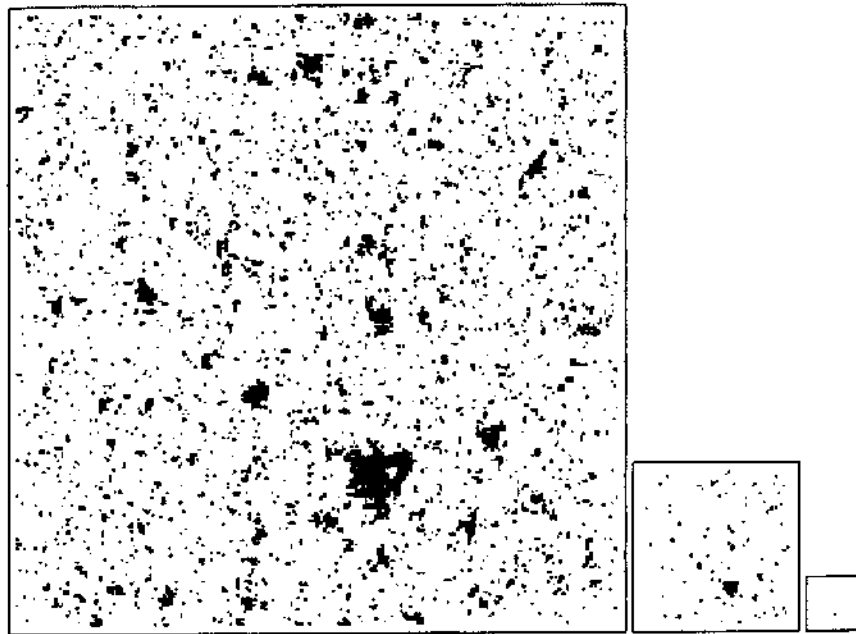


Рис. 72. Данный рисунок иллюстрирует эффект перенормировки для $K > K_c$ изинговской модели (6), что соответствует упорядоченному режиму, в котором одно мнение (белое) доминирует (два различных мнения обозначены черным и белым). Начиная слева с квадратной решетки с некоторой заданной конфигурацией мнений, на рисунках справа показаны два успешных применения группы перенормировки. Мы видим постепенное изменение структуры решетки со все большей организацией (один цвет, то есть мнение, доминирует все больше и больше). Все более короткие корреляционные интервалы устранены с помощью процесса перенормировки, и система становится все более и более упорядоченной, соответствующей действующему увеличению силы подражания K . Система отводится от критичности с помощью перенормировки. Ренормгруппа, таким образом, квалифицирует данный режим как упорядоченный при изменении масштаба.

За исключением особого критического значения K_c , применение ренормгруппы отводит систему от критического значения. Можно использовать данный "поток" в пространстве систем, чтобы точно рассчитать критические показатели степени, характеризующие отклонение измеряемых величин при приближении к критическим точкам. Критические показатели степени играют роль функции управления данным потоком; то есть они описывают скорость отдаления от критической точки.

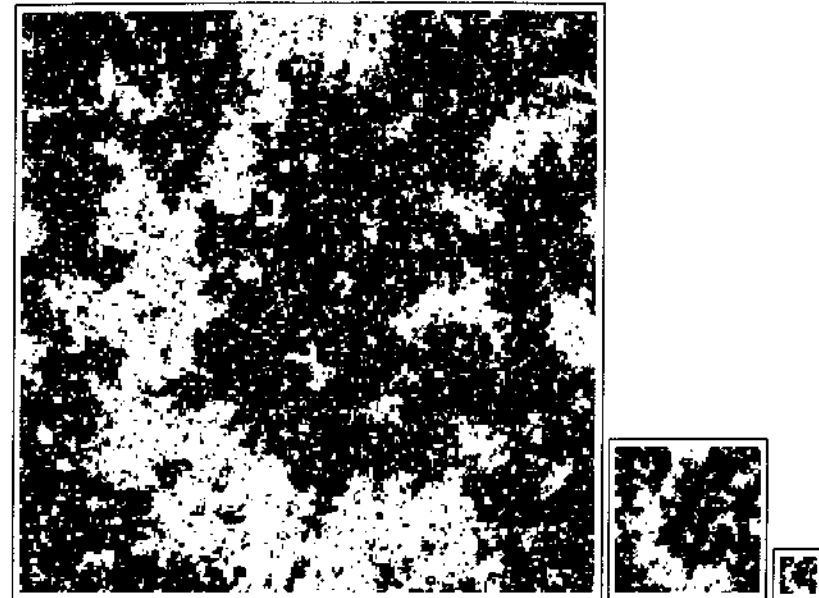


Рис. 73. Данный рисунок демонстрирует действие перенормировки для $K = K_c$ изинговской модели (6), что соответствует критической точке. Два различных мнения обозначены черным и белым. Повторные применения ренормгруппы оставляют структуру решетки статистически инвариантной. Все более короткие корреляционные интервалы устранены с помощью процесса перенормировки; однако система поддерживает то же равновесие между порядком и беспорядком и действующая сила имитации остается неизменной и фиксированной при критическом значении K_c . Система удерживается в критичности при помощи перенормировки. Ренормгруппа, таким образом, квалифицирует данный режим как критический, характеризующийся инвариантной симметрией шкалы. Другими словами, система групп и мнений является фрактальной.

Фрактальная функция Вейерштасса: сингулярное, зависящее от времени решение группы перенормировки.

Непосредственно в критической точке инвариантность шкалы точно выполняется. Она нарушается либо на самом маленьком масштабе, если имеется минимальная масштабная единица, и/или в самом большом масштабе, соответствующем конечному размеру системы. Между этими ограничивающими масштабами система является фрактальной. Это описание остается верным и не

только в критической точке непосредственно, однако, лишь до такого уровня масштаба, который называется корреляционной длиной, и который теперь играет ту же роль, что и конечный размер системы в критической точке. Рис. 48 показал нам, что длина корреляции является размером самой большой группы, то есть расстоянием, на котором локальные подражания среди соседей распространяются прежде, чем "шум" сделает их в значительной степени беспорядочными в процессе передачи, возникающем от идиосинкразических сигналов каждого агента. Это значит, что математическое выражение (8), выражающее точную инвариантность шкалы более не является абсолютно верным и должно быть несколько видоизменено. Группа перенормировки дает нам ответ и показывает, что необходимо ввести новый член в правую часть выражения (8). Этот новый член передает эффект степеней свободы, забытый при процедуре грубой обработки при помощи группы перенормировки, при переходе от одного масштаба к большему.

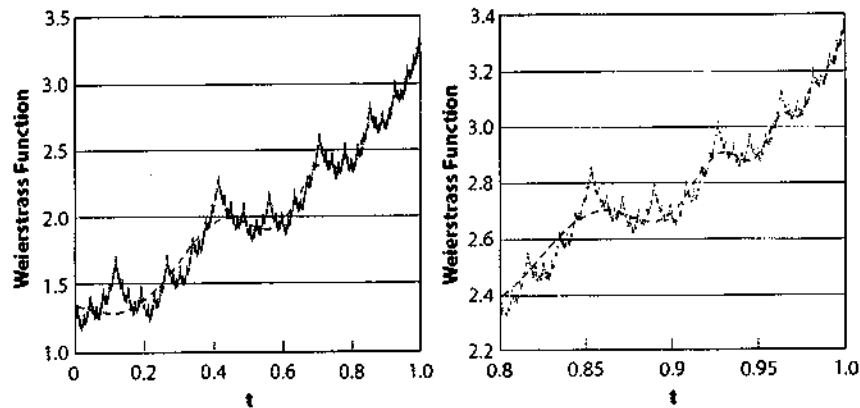


Рис. 74. Функция Вейерштрасса, определяемая как решение уравнения группы перенормировки, полученное из точного самоподобного критического выражения (8), путем добавления простой косинусоиды, включающей в себя действие степеней свободы на малых масштабах на следующем, большем масштабе. Функция Вейерштрасса демонстрирует свойство самоподобия, что видно при сравнении увеличенной области на правом рисунке с левым рисунком. Существует бесконечно разветвленный набор структур, концентрирующихся по мере приближения критического времени $t_c=1$. Самоподобие описывается фрактальной размерностью, равной 1,5. Сингулярность степенной зависимости при $t_c=1$ описывается показателем степени $\alpha=1/2$. Медленно осциллирующая пунктирная линия, охватывающая крупномасштабную структуру функции Вейерштрасса, является простой степенной зависимостью $3,4-(t-1)^{1/2}$ с критическим показателем степени $1/2$, осложненным логопериодической осцилляцией $\cos(2\pi \ln(t-1)/\ln 2)$, показывающей, что доминирующим дискретным масштабным коэффициентом является в данном примере $\lambda=2$. Повторение остроконечных структур, таким образом, происходит в правильной геометрической логопериодической манере, с основной логопериодичностью, заданной в данном примере $\lambda=2$. Математическое преобразование (называемое трансформантой Меллина (Mellin)) кроме этого показывает, что существует бесконечная иерархия гармоник этой основной логопериодичности для всех целых степеней $\lambda=2$, несущая ответственность за слегка волнистую структуру на всех масштабах.

При выборе этого нового члена в виде простой косинусоидальной функции $\cos(x)$, соответствующей регулярным осцилляциям, решение уравнения группы перенормировки оказывается равным знаменитой функции, называемой функцией Вейерштрасса (Weierstrass) [44, 117]. Данная функция, показанная на Рис. 74, имеет замечательное свойство быть непрерывной, но нигде недифференцируемой. Интуитивно непрерывность означает, что в ней нет "дыр". Недифференцируемость означает, что мы не можем определить локальный тангенс угла наклона; то есть кривая является негладкой на всех масштабах. В примере, показанном на Рис. 75., кривая Вейерштрасса является критической при $t_c=1$. Помимо этого, она характеризуется самоподобной иерархией логопериодических структур, концентрирующихся к критическому времени $t_c=1$.

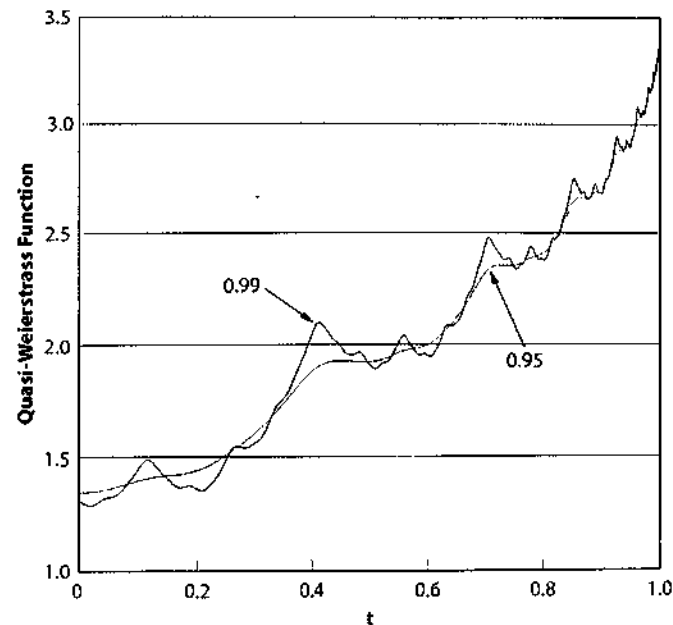


Рис. 75. То же, что и на Рис. 74, но с заменой косинусоидальной функции на экспоненциально ослабленную косинусоидальную функцию, чей коэффициент затухания равен 1 минус число, обозначенное на стрелках. Эта "квази-функция Вейерштрасса" более не является абсолютно фрактальной, поскольку она становится гладкой в малом масштабе. Обратите внимание, что логопериодичность сохраняется на больших масштабах, но разрушается на малых.

Комплексные фрактальные размерности и логопериодичность

Сейчас мы в состоянии интуитивно понять описание дискретной масштабной инвариантности, представленное ранее в данной главе. Как мы отмечали прежде, дискретная масштабная инвариантность есть не что иное, как более слабый вид масштабной инвариантности, согласно которому система или измеряемая величина подчиняются масштабной инвариантности, как определено выше, только для специфических выборов коэффициентов увеличения или

разрешения λ . Эти коэффициенты формируют в целом бесконечное, но счетное множество значений $\lambda_1, \lambda_2, \dots$, которое может быть записано как целый показатель степени $\lambda_n = \lambda^n$. λ – это фундаментальный коэффициент масштабирования (scaling ratio).

Очевидно, что две иерархические сети на Рис. 62 и Рис. 66 подчиняются дискретной масштабной инвариантности, но не (непрерывной) масштабной инвариантности. Действительно, по своей конструкции ромбовидная решетка точно восстанавливается только при наличии дискретного ряда коэффициентов, определяющих последовательные увеличения, которые заменяют каждую связь четырьмя новыми связями, каждую из четырех связей четырьмя новыми связями и так далее. В том же роде, дихотомическое дерево является инвариантным только при дискретном множестве увеличений, когда каждая ветвь удваивается в дискретной иерархии. Действительно, все обычные фрактальные конструкции наделены симметрией дискретной масштабной инвариантности. Знаменитыми примерами являются канторово (Cantor) множество, треугольник Серпинского (Sierpinski), снежинка Коха (Koch), а также многие другие примеры [284].

Мы увидели, что отличительным признаком масштабной инвариантности является существование степенной зависимости, отражающей факт отсутствия предпочтительных шкал. Показатели степени в этих степенных зависимостях определяют фрактальные размерности. Признаком дискретной масштабной инвариантности становится существование логопериодических осцилляций, усложняющих степенные зависимости. Как мы увидим, эти логопериодические структуры могут быть представлены математически, при помощи того факта, что показатель степени α или, что одно и то же, размерность d , является не только нецелочисленным, но и становится комплексным числом.

Мы увидели, что непрерывная масштабная инвариантность дает толчок к появлению нецелочисленных (действительных) фрактальных размерностей. Теперь мы утверждаем, что дискретная масштабная инвариантность характеризуется комплексными фрактальными размерностями. Прежде, чем мы подтвердим данное утверждение примерами, давайте немного порассуждаем по поводу чудесного примера невероятной достаточности математики для описания природных явлений: поиск более "эстетически" приятной всеобщности и логичной последовательности в математике, в конечном итоге, охватывает всеобщность глубокой концепции. Уигнер (E.P. Wigner), лауреат Нобелевской премии в области физики за работу по симметриям в ядерной физике и квантовой механике, сформулировал ее следующим образом [246]: "Невероятная польза математики для естественных наук является чем-то, граничащим с волшебством... Замечательное свойство языка математики подходит для формулировки физических законов является чудесным даром, которого мы не только не понимаем, но и не заслуживаем".

Комплексные числа составляют самое общее множество чисел, подчиняющихся стандартным правилам сложения/вычитания и умножения/деления. Они содержат, в частности, целые числа 0, 1, 2, 3, ... и действительные числа, такие как любое число с целой и десятично-дробной частью, как 876,34878278... Дроби двух целых чисел, такие как 13/8 являются специальными действительными числами, называемыми рациональными,

поскольку они характеризуются либо конечной десятичной дробной частью (13/8=1,625), либо бесконечной, но периодической десятичной дробной частью, например, 13/11=1,1818181818..., где элемент 18 повторяется до бесконечности. Большая часть действительных чисел, позволяющая инженерам производить расчеты длины, веса, силы, сопротивления и так далее, в принципе, характеризуются бесконечной неповторяющейся дробной десятичной частью. Множество всех действительных чисел может быть представлено в виде непрерывной линии, каждая точка на которой точно соответствует единственному действительному числу. Таким образом, действительные числа являются отрезками, точно указывающими положение вдоль линий, как показано на Рис. 76 и Рис. 77.

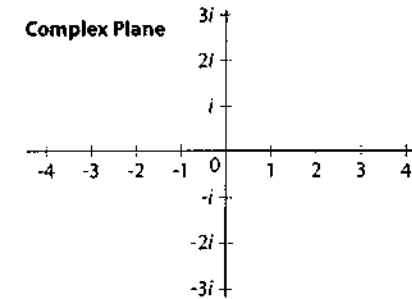


Рис. 76. Комплексная плоскость: Горизонтальная линия представляет действительные числа, которые включают в себя, в частности, целые числа -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3... Вертикальная линия представляет собой абсолютно мнимые числа, произведение i на произвольные действительные числа. Оставшаяся плоскость является совокупностью недействительных комплексных чисел. Термины "комплексные" и "мнимые" подчеркивают мысль, что данные числа находятся за пределами действительных чисел и наблюдаются как проекции или "тени" на действительной оси.

Любое комплексное число эквивалентно паре действительных чисел. Первый член пары называется действительной частью комплексного числа. Второй член пары называется мнимой частью. Если второй член равен 0, то комплексное число редуцируется до чисто действительного числа. В то время, как действительное число может рассматриваться как точка на прямой, комплексное число есть не что иное, как представление точки на плоскости, как показано на Рис. 76, такое, что пара чисел, составляющих комплексное число, соответствует двум координатам или проекциям, соответственно, на горизонтальной и вертикальной осях. "Мнимая" часть комплексного числа пропорциональна их основному "представителю", обозначаемому символом " i ", который таков, что его квадрат $i^2 = -1$ равен -1 . Неспециалисту данное свойство может показаться неестественным, похожим на волшебный фокус, но математикам нравится определять объекты, обладающие самыми общими свойствами, которые, тем не менее, согласуются с предшествовавшими правилами, в данном случае – со стандартными правилами сложения/вычитания и умножения/деления. Свойство $i^2 = -1$ оказывается естественным, если толкуется как действие на плоскости, а не только вдоль оси

действительных чисел. В то время, как умножение на действительное число соответствует сокращению или растяжению вдоль прямой, по контрасту умножение на i соответствует вращению на прямой угол (равный 90 градусам или $\pi/2$ радиан) на плоскости. Умножение на произвольное комплексное число, таким образом, является комбинацией двух преобразований, сжатия или растяжения для действительного числа и вращения (угла, не обязательно равного 90 градусам).

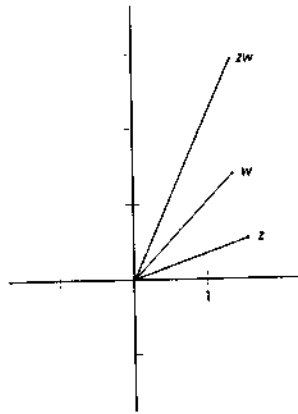


Рис. 77. Геометрическое представление умножения комплексного числа z на другое комплексное число w : умножение эквивалентно комбинации растяжения и вращения.

Оказывается, что введение чисел, подобных i , не приводит к какой-либо непоследовательности и могут применяться все стандартные виды вычислений. Комплексные числа, будучи чем-то большим, чем чистое творение воображения, сыграли фантастически важную роль для понимания свойств телекоммуникации с помощью электромагнитных и акустических волн, которыми ежедневно пользуется современная цивилизация, поскольку они удобно кодируют двоичную информацию о волне, а именно ее амплитуду (громкость) и ее частоту и фазу (высоту). Комплексные числа также являются важными элементами простой формулировки одной из самых фундаментальных теорий частиц, в квантовой механике, например, в знаменитом уравнении Шредингера (Schrödinger). Неинтуитивные новейшие явления, описываемые квантовой механикой, например, такие как принцип суперпозиции, прославившийся в связи с кошкой Шредингера, которая одновременно жива и мертва до тех пор, пока этого никто не наблюдает, технически происходит оттого, что квантовая механика является теорией комплексных чисел. Чтобы быть технически более точным, квантовая механика является теорией их непосредственного (некоммутативного) обобщения, называемого кватернионами.

Сейчас мы попытаемся интуитивно объяснить, что комплексные фрактальные размерности могут привести к логопериодическим осцилляциям, как утверждается выше. Во-первых, вспомним общий результат, проиллюстрированный Рис. 77, что умножение на комплексное число соответствует комбинации сжатия/растяжения и вращения на плоскости. Для нашей цели давайте забудем о сжатии/растяжении и сосредоточимся только на вращении. Возьмем

точку, вращающуюся вокруг центра, как на Рис. 78. Например, рассмотрим вершину секундной стрелки часов, описывающую полный круг в течение точно одной минуты. Направление вращения для нашего исследования не важно. Это совершенное периодическое круговое движение на самом деле можно рассматривать как комбинацию двух одновременных и упорядоченных осцилляционных движений, перемещающихся назад и вперед между двумя крайними положениями. Первое движение горизонтально и происходит с 9:00 до 3:00, второе движение вертикально и охватывает интервал от 6:00 до 12:00. Рассматриваемое только как проекция на горизонтальную ось, круговое движение вершины секундной стрелки преобразуется в осцилляцию, сходную с осцилляцией на Рис. 78. Это общий результат: любое круговое или локально криволинейное движение может быть преобразовано в комбинацию осцилляционных движений вдоль прямых линий.

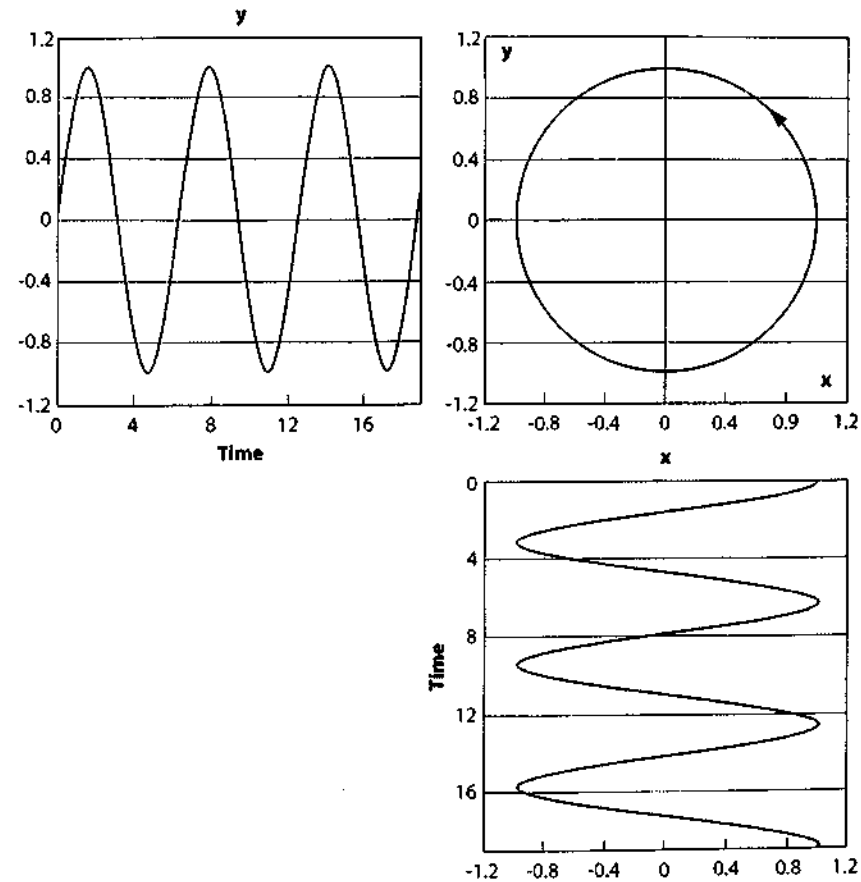


Рис. 78. Иллюстрация того факта, что круговое движение на плоскости x - y соответствует осцилляционным движениям вдоль каждой из координат x и y , соответственно.

Возвращаясь к комплексным фрактальным размерностям, нам необходимо дополнительно вспомнить интуитивное значение показателя степени. Условные обозначения $L^3=L \times L \times L$ и $L^2=L \times L$, использованные нами прежде, предполагают, что показатели степени 3 и 2, использованные здесь, указывают, что L умножается на саму себя соответственно 2 и 3 раза. Красота математики часто заключается в обобщении таких очевидных представлений с целью расширить их использование и подчеркнуть их значение. Здесь обобщение от целых показателей степени к дробным показателям степени, например, $L^{1.5}$, означает, что L умножается на само себя 1,5 раза! Данное любопытное утверждение можно на самом деле сделать точнее, и оно имеет большой смысл. Сходным образом мы можем взять степень комплексного числа с действительным показателем степени: результат показан на Рис. 79. Позволим нашему воображению идти дальше: мы также можем возвести L в степень с комплексным показателем степени. Поскольку, как мы уже сказали, возведение L в какую-то степень соответствует умножению ее на саму себя определенное число раз, здесь мы должны умножить L на саму себя "комплексное число раз". Поскольку комплексные числа являются парами чисел, мы вносим смысл в данное любопытное утверждение путем разложения действия комплексного показателя степени на два преобразования, как в случае с умножением. Сконцентрировавшись на вращательном компоненте умножения комплексных чисел, мы можем догадаться (безошибочно), что комплексный показатель степени L также будет соответствовать вращению. И, наконец, последний этап исследования: поскольку мы рассматриваем действительные числа, такие как цены на фондовом рынке, это соответствует видению только проекции на действительной прямой комплексного множества операций. Как мы сказали и показали на Рис. 78, вращение проектируется на прямую как осцилляция. Таким образом, построение L^d , где d является комплексным числом, соответствует проведению осцилляционного умножения, которое оказывается логопериодическими осцилляциями.

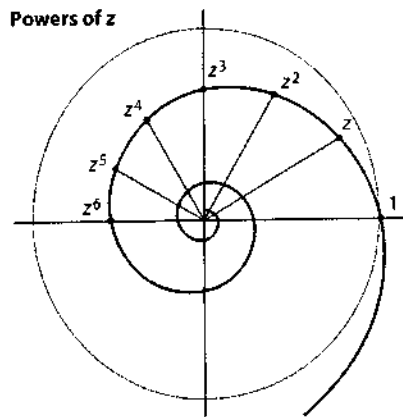


Рис. 79. Геометрическое представление последовательных степеней $n=1, 2, 3 \dots$ комплексного числа z для z внутри окружности радиусом 1. Непрерывное изменение показателя степени n как действительного числа дает непрерывную спиралеобразную кривую.

Чтобы понять логопериодическую структуру, нам нужно вспомнить основное свойство логарифмической функции, используемой во многих рисунках этой книги, а именно, что логарифм преобразует умножения в перенос, а степень в сложение. Как мы уже сказали, и чем мы уже несколько раз пользовались, логарифмы (с основанием 10) 10, 100, 1000... обозначенные $\log 10$, $\log 100$, $\log 1000$... равны, соответственно, 1, 2, 3... Другими словами, они соответствуют показателю степени 10: $10=10^1$, $100=10^2$, $1000=10^3$. Следовательно, "осцилляционный вид умножения", индуцированный взятием степени числа с комплексным показателем степени, должен наблюдаться как регулярная осцилляция в логарифме числа, следовательно, как логопериодичность.

Мы проиллюстрируем это удивительное явление на Рис. 80 и Рис. 81, показывающих измерение фрактальной размерности в присутствии дискретной масштабной инвариантности фрактальных объектов. Точнее, мы рассмотрим так называемые канторовы множества, которые являются одними из самых простых геометрических объектов, имеющих фрактальные свойства. Рис. 82 показывает первые пять итераций алгоритма построения так называемого трюичного канторова множества. На нулевом уровне конструкция канторова множества начинается с единичного интервала, то есть со всех точек на прямой между 0 и 1. Этот единичный интервал изображается закрашенным черным цветом отрезком на вершине фигуры. Первый уровень получается из нулевого уровня путем удаления всех точек, лежащих в центральной трети отрезка, то есть всех точек между $1/3$ и $2/3$. Второй уровень получается из первого уровня путем удаления центральной трети каждого оставшегося интервала на первом уровне, то есть всех точек от $1/9$ до $2/9$ и от $7/9$ до $8/9$. В общем, алгоритм построения канторова множества может быть описан следующим образом: следующий уровень получается из предыдущего уровня путем удаления центральной трети всех интервалов, полученных из предыдущего уровня. Данный алгоритм может быть закодирован при помощи следующего символического правила: $1 \rightarrow 101$ и $0 \rightarrow 000$. Этот процесс продолжается до бесконечности, а результатом его является множество точек, которые тонко "процежены" из единичного интервала. На n -ном уровне множество состоит из $N_n=2^n$ сегментов, каждый из которых имеет длину $\ell_n=1/3^n$, так что общая длина (то есть, измеренная в математическом смысле) всех сегментов канторова множества равна $(2/3)^n$. Данный результат характерен для фрактального множества: так как n стремится к бесконечности, число деталей (здесь, отрезков) экспоненциально растет до бесконечности, в то время как общая длина экспоненциально стремится к нулю. В пределе бесконечного числа повторений мы обнаруживаем канторово множество, состоящее из бесконечного числа точек нулевого размера. Поскольку каждый раз, когда разрешение увеличивается на множитель 3, появляется в два раза больше отрезков, фрактальная размерность d трюичного множества Кантора является таким, чтобы 2, возведенная в степень d , равнялась 3, отсюда получаем, что $d=\ln 2/\ln 3=0,6309\dots$ Канторово множество, являющееся бесконечной "пылью" точек, представляет собой объект с размерностью, большей чем 0 (что характерно для точки), но меньшей чем 1 (что характерно для линий).

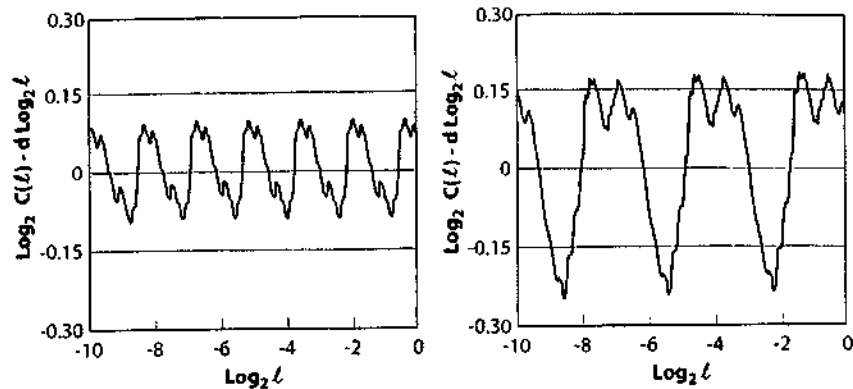


Рис. 80. Осцилляционные остатки фрактальных размерностей, полученные из фигуры, показанной на Рис. 82. для (а) трюичного канторова (Cantor) множества, построенного при помощи итеративного правила 1→101 и (б) Канторова множества, построенного при помощи итеративного правила 1→1010001. Оба канторова множества имеют одинаковые действительные фрактальные размерности. Они отличаются мнимой частью своих фрактальных размерностей, которая отражается в различных логопериодических структурах, показанных на двух графиках. Источник [387].

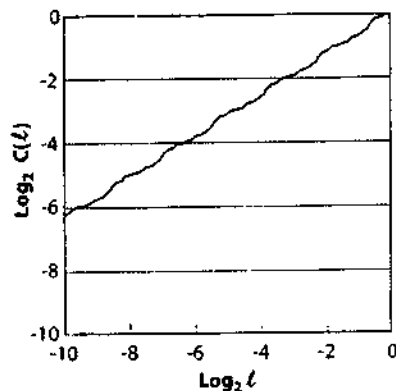


Рис. 81. Степень фрактальной размерности трюичного канторова множества, измеренная корреляционным методом. Рисунок изображает логарифм корреляционного интеграла как функцию логарифма размерности. Источник [387].

Различие между результатом измерения фрактальной размерности этого трюичного канторова множества и теоретическим значением $0,6309\dots$ показана на левом графике Рис. 80. как функция (логарифмическая) масштаба l . Вместо постоянного значения 0, которое получается в случае, если бы фрактальная размерность была в точности равной $d = \ln 2 / \ln 3 = 0,6309\dots$, мы, в действительности, наблюдаем сложную осцилляционную структуру вокруг ожидаемого значения, равного 0. Простой результат $d = \ln 2 / \ln 3 = 0,6309\dots$

корректно включает в себя часть информации о структуре канторова множества, но, как оказалось, только часть. Как мы объяснили, данные логопериодические (то есть периодические, в логарифме масштаба l) осцилляции отражают фундаментальную симметрию – дискретную масштабную инвариантность трюичного канторова множества. Основной период, видимый на графике, равен $\ln 3$, что соответствует выделенному масштабному коэффициенту 3 дискретной самоподобной конструкции множества Кантора.



Рис. 82. Показывает изначальный единичный интервал и первые пять итераций построения так называемого трюичного канторова (Cantor) множества (сверху вниз).

Очевидно, что по структуре трюичное канторова множество геометрически идентично самому себе только при увеличении с коэффициентом $\lambda_p = 3^p$, являющимся произвольными целочисленными степенями 3. Если вы возьмете другой коэффициент увеличения, например, 1,5, то вы не сможете наложить увеличенную часть на изначальное канторова множество. Таким образом, мы должны заключить, что трюичное множество Кантора не обладает свойством непрерывной масштабной инвариантности, но обладает только дискретной масштабной инвариантностью при основном коэффициенте масштабирования 3. Это свойство проявляется логопериодическими осцилляциями.

Обратите внимание, что осцилляции сложнее, нежели просто одиночная гладкая синусоидальная структура. На самом деле это отражает присутствие всех других масштабных коэффициентов $3^2=9$, $3^3=27\dots$, при которых канторова множество инвариантно. Тонкая структура, видимая на левом графике Рис. 80, является результатом суперпозиции всех чисто логопериодических осцилляций, по одному для каждого из допустимых коэффициентов масштабирования. Это похоже на аккорд, составленный путем комбинирования ряда чистых тонов различной громкости.

Правый график Рис. 80 дает ту же информацию, что и левый для другого канторова множества, полученного по несколько отличающемуся правилу построения: единичный интервал делится на девять интервалов длины $1/9$ и из них сохраняются только первый, третий, пятый и последний интервалы. Затем это повторяется с каждым из четырех оставшихся интервалов. Данное построение символически изображается как правило 1→101010001. Обратите внимание, что каждый раз, когда разрешение увеличивается на множитель 9, появляются четыре новых отрезка. Следовательно, фрактальная размерность d данного нового канторова множества должна быть такой, что 9, возведенная в степень d , должна

равняться 4, что означает, $d = \ln 4 / \ln 9 = 2 \ln 2 / 2 \ln 3 = \ln 2 / \ln 3 = 0,6309\dots$ Данное новое канторово множество имеет ту же действительную фрактальную размерность, что и трюичное канторово множество, но его структура очень сильно отличается от структуры последнего. Логопериодические осцилляции, видимые на правом графике Рис. 80, поясняют это и показывают, как они могут нести важную информацию о правиле построения помимо простых самоподобных свойств, охватываемых действительной фрактальной размерностью.

Рис. 81 иллюстрирует зависимость размерности фрактальной структуры трюичного канторова множества как функцию уровня разрешения. Данная величина называется корреляцией и подсчитывает число пар точек в канторовом множестве, отделенных друг от друга расстоянием меньшим, чем разрешение. В таком двойном логарифмическом представлении наклон линии должен быть равен действительной фрактальной размерности $d = \ln 2 / \ln 3 = 0,6309\dots$, поскольку корреляционная функция растет согласно разрешению, возведенному в степень d . Здесь мы снова видим логопериодические осцилляции, осложняющие линейный в среднем, тренд с положительным, в среднем, наклоном. Данные логопериодические структуры отражают дискретную масштабную инвариантность канторова множества.

Итак, мы показали, что признаком дискретной масштабной инвариантности является присутствие степенной зависимости с комплексным показателем степени, который проявляет себя в наборе данных логопериодическими осцилляциями, корректируя простое степенное масштабирование. В дополнение к существованию единственного предпочтительного коэффициента масштабирования и связанной с ним логопериодичности, обсуждавшейся до сих пор, могут существовать несколько предпочтительных коэффициентов, соответствующих нескольким наложенным друг на друга (принцип суперпозиции) логопериодичностям. Это может привести к более разнообразному поведению, такому как лог-квазипериодичность [400].

В качестве последней иллюстрации приведем функцию Вейерштрасса, показанную на Рис. 74, и обладающую действительным значением фрактальной размерности, равным 1,5. Поскольку она проявляет сильную дискретную масштабную инвариантность с предпочтительным масштабным коэффициентом (для последовательных остроконечных структур), равным 2, то она наделена бесконечным числом комплексных фрактальных размерностей, заданных выражением $1,5 + i 2 \ln 2 / \ln 2 = 1,5 + i 9,06n$, где n принимает любое возможное целочисленное значение. По мере того, как целое n растет до все больших и больших значений, соответствующие комплексные размерности описывают все меньшие и меньшие паттерны с дискретной масштабной инвариантностью.

Как мы увидели, переход от целочисленных размерностей к действительным (с дробными частями) соответствует обобщению трансляционной симметрии до масштабной симметрии. Удивительным может показаться наблюдение, что дальнейшее обобщение концепции размерности на множество комплексных чисел, напротив, сокращает масштабную симметрию до подгруппы, симметрии с дискретным масштабом. Это происходит оттого, что мнимая часть комплексной размерности, на самом деле, представляет собой дополнительное ограничение, которому должна подчиняться симметрия.

Важность и полезность дискретной масштабной инвариантности

Существование масштабов соответствующей длины.

Предположим, что анализ некоторых данных показывает наличие логопериодических структур. Что мы можем из этого извлечь? Прежде всего, как мы увидели, период логопериодичности на логарифмической шкале прямо связан с существованием предпочтительного коэффициента масштабирования. Таким образом, логопериодичность должна быть немедленно замечена и истолкована как существование множества предпочтительных характеристических масштабов, вместе формирующих геометрический ряд $\dots \lambda^p, \lambda^{p+1}, \dots, \lambda, \lambda^2, \dots, \lambda^n, \dots$. Логопериодические структуры в данных, таким образом, указывают, что система и/или подлежащие физические механизмы обладают характеристическими масштабами, каждый из которых характеризуется соответствующим размером. Это крайне интересно, поскольку существенно ограничивает лежащий в основе этого механизм. Действительно, поведения с простой степенной зависимостью обнаруживаются повсеместно, как видно из бурного роста концепций фракталов, критичности и самоорганизующейся критичности [26]. Например, степенное распределение энергии землетрясений, известное как закон Геттенберга-Рихтера, может быть получено при помощи многих различных механизмов и описано множеством моделей и, таким образом, крайне ограничено в выявлении лежащей в его основе физики (один факт, много конкурирующих объяснений). Его полезность как модельных представлений даже подвергается сомнению, что противоречит общей уверенности, свойственной многим ученым, в важности этой степенной зависимости. Напротив, присутствие логопериодических свойств учит нас тому, что существуют важные физические структуры, скрытые в полностью инвариантном описании.

Давайте упомянем о примечательном применении логопериодичности, используемом летучими мышами и дельфинами. Оказывается, что амплитуда ультразвуковых сигналов, посылаемых звуковыми локаторами животных для эхолокации у летучих мышей и дельфинов, очень хорошо описывается математической функцией, называемой вэйвлетом Алтеса (the Altes wavelet) [5]. Имея в своем мозгу малопроизводительный компьютер для эффективной обработки данных в реальном времени, животные компенсируют это ограничение, применяя особую форму колебаний для своих ультразвуковых сигналов, которая оказывается оптимальной формой для того, что касается искажений при доплеровских сдвигах (высота звука зависит от относительной скорости между слушающим и эмиттером; например, звук, издаваемый приближающейся машиной, имеет более высокую частоту (высоту), чем звук, издаваемый удаляющейся машиной). Вэйвлет Алтеса, имеющий логопериодическую структуру с локальной частотой, варьирующейся по гиперболе, также обладает замечательным свойством минимизировать неопределенность временной шкалы, в том же смысле, что и закон Гаусса минимизирует частотно-временную неопределенность. Он также обладает прекрасным свойством – его дифференцирование соответствует растяжению на постоянный коэффициент. Такая типичная форма волны показана на Рис. 83.

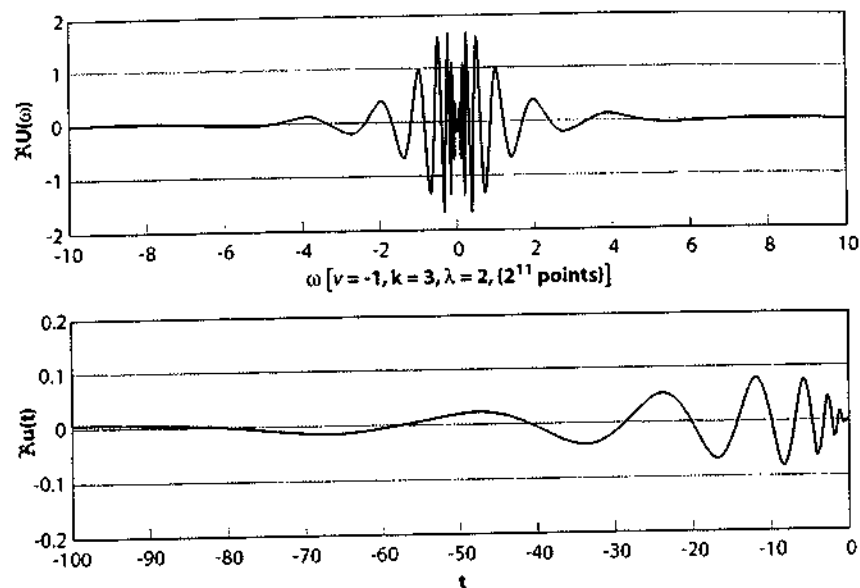


Рис. 83. Типичная форма колебаний взывлета Алтеса, математической функции, демонстрирующей логопериодическую симметрию, используемую летучими мышами и дельфинами для оптимизации своих ультразвуковых сигналов. Верхний график показывает преобразование Фурье в зависимости от круговой частоты взывлета Алтеса, представленное на нижнем графике как функция времени. Вспомним, что преобразование Фурье сигнала есть не что иное, как квантификация синусоидальных компонентов, составляющих сигнал. Обратите внимание, что и взывлет Алтеса, и преобразование Фурье демонстрируют логопериодические осцилляции.

Предсказание.

Важно подчеркнуть практические следствия логопериодических структур. Для целей предсказания более важна та часть данных, которая содержит осцилляции, нежели та, которая описывается простой степенной зависимостью, которая может быть вырожденной, особенно в присутствии шума, поэтому то осцилляционная компонента данных и более надежна. Это широко известно, например, в электронике и обработке сигналов, когда синхронизация с управляемым о волновым пакетом, позволяет извлечь малый сигнал на фоне большого шума. Это свойство логопериодичности обеспечивать более надежную подгонку к данным, использовалось и энергично исследовалось в нескольких прикладных областях, таких как предсказание разрушений [13, 12, 210, 215] и землетрясений [405, 355, 222] и будет глубоко исследоваться в применении к финансовым крахам в следующих главах.

Мы покажем, что логопериодичность очень полезна с эмпирической точки зрения при анализе финансовой информации, поскольку подобные осцилляции

гораздо лучше видны в реальных данных, чем простая степенная зависимость. Как уже было сказано, подгонка может фокусироваться на осцилляциях, содержащих информацию о критической дате t_c . Если в данных присутствует логопериодичность, она может и быть использована для предсказания критического времени t_c просто путем экстраполяции ускорения частоты. Поскольку вероятность краха является самой высокой вблизи критического времени, это может являться интересным упражнением по прогнозированию. Однако обратите внимание, что для рациональных трейдеров из моделей, описанных в главе 5 такой прогноз бесполезен, поскольку они уже знают коэффициент риска краха $h(t)$ в каждой точке времени (включая t_c), и они уже отразили эту информацию в ценах через условие рациональных ожиданий.

Сценарии, ведущие к дискретной масштабной инвариантности и логопериодичности

После достаточно абстрактного описания дискретной масштабной инвариантности, данного выше, давайте вкратце обсудим механизмы, которые могут быть порождать ее. Оказывается, не существует уникальной причины, но существует несколько механизмов, ведущих к дискретной масштабной инвариантности. Едва ли удивительно то, что дискретная масштабная инвариантность является частичным нарушением непрерывной симметрии, поскольку существует много способов нарушить симметрию. Некоторые механизмы уже были обнаружены, в то время как другие все еще изучаются. За перечнем механизмов мы обратимся к [392]. Дискретная масштабная инвариантность обнаруживается, в частности, в хаотических системах, особенно в способах перехода от порядка к хаосу и реакции на внешние пертурбации. Дискретная масштабная инвариантность является также глубоким свойством чисел и арифметических систем, символизируемым, так называемым, законом первых цифр Ньюкомба-Бенфорда (Newcomb-Benford) [195]. Прежде, чем мы обратимся к общему описанию динамической системы спонтанно возникших логопериодических сингулярностей в финансовых временных рядах, мы рассмотрим замечательный закон первых значащих цифр Ньюкомба-Бенфорда и его глубокую связь с логопериодичностью. Наша мотивация состоит в том, что сведение проблемы до теории чисел напоминает ее декомпозицию для выявления основ.

Закон первых цифр Ньюкомба-Бенфорда и арифметическая система

В данном и следующем разделах мы рассмотрим два примечательных случая возникновения логопериодичности, которые по своей широте и всеобщности предполагают, что дискретная масштабная инвариантность шкалы является важным организующим принципом. Возможно, самый простой пример логопериодичности можно привести, говоря о частотах первых цифр в натуральных числах, обеспечивающих механизм закона Ньюкомба-Бенфорда (Newcomb-Benford). В 1881 году Ньюкомб, а в 1938 году Бенфорд [38] обратили внимание, что страницы часто используемых логарифмических таблиц являются свидетельством

избирательного использования натуральных чисел. Страницы, содержащие логарифмы малых чисел 1 и 2 были более запятанными и изношенными, чем содержащие логарифмы больших чисел 8 и 9. Бенфорд собрал более 20 000 первых значащих цифр, взятых из очень разных источников, включая площади рек, численность населения, физические постоянные, газеты, адреса, молекулярные веса, уровень смертности и т.п., и показал, что частота $p(n)$, с которой появляется цифра n , задается следующей формулой:

$$p(n) = \log_{10} \frac{n+1}{n} \text{ для } n=1, \dots, 9 \quad (10)$$

Это дает следующие значения частот для разных n : $p(1)=0,301$; $p(2)=0,176$; $p(3)=0,125$; $p(4)=0,0969$; $p(5)=0,0792$; $p(6)=0,0669$; $p(7)=0,0580$; $p(8)=0,0512$; $p(9)=0,0458$. Число 1, таким образом, появляется в первой позиции более, чем в 6 раз чаще, чем число 9! Данные частоты $p(n)$ означают, что из 100 чисел, взятых произвольно из репрезентативной группы чисел, примерно 30 должны начинаться с цифры 1, около 18 должны начинаться с цифры 2, около 12 должны начинаться с цифры 3, около 10 – с цифры 4, около 8 – с цифры 5, около 7 – с цифры 6, около 6 – с цифры 7, около 5 – с цифры 8, и около 4 – с цифры 9.

Для объяснения данного закона Бенфорд построил "бегущую" частоту $F_n(R)$ первых цифр $n=1$ до 9 для натуральных чисел от 1 до R . Говоря другими словами, например, $F_1(R)=N_1(R)/R$ является отношением числа $N_1(R)$ появлений натуральных чисел между 1 и R с первой цифрой 1, к общему числу R . Таким образом, мы имеем:

1. $R=19$, $N_1=11$ и $F_1=11/19=0,5789$, в то время как для $R=99$, $N_1=11$ и $F_1=11/99=1/9=0,1111$,
2. $R=199$, $N_1=111$ и $F_1=111/199=0,5578$, в то время как для $R=999$, $N_1=111$ и $F_1=111/999=1/9=0,1111$,
3. $R=1,999$; $N_1=1,111$ и $F_1=1,111/1,999=0,5557$, в то время как для $R=9,999$; $N_1=1,111$ и $F_1=1,111/9,999=1/9=0,1111$;

и так далее. Таким образом, мы видим, что $F_1(R)$ монотонно растет от $1/9=0,1111$ при $R=10^i-1$ до $\approx 0,5555$ при $2 \cdot 10^i-1$. Тогда $F_1(R)$ монотонно спадает с максимума вниз до $1/9=0,1111$, достигнутого вновь при $R=10^{i+1}-1$. Обратите внимание, что $F_1(R)$ всегда больше чем или равно $1/9$. Таким образом, понятно, что $F_1(R)$ не имеет предела, так как R стремится к бесконечности, но бесконечно осциллирует как логопериодическая функция R , для большого R с логарифмическим периодом $\log_{10} 10$, то есть предпочтительным коэффициентом масштабирования равным 10 (см. рис.4 в [38]). Этот результат, конечно, обобщается до произвольных систем счета, скажем, с основанием b . Тогда коэффициентом масштабирования, контролирующим логопериодичность, является b . Логопериодичность просто выражает иерархическое правило системы счисления. И таким образом, логопериодичность лежит в основании нашей арифметической системы!

Обобщение и статистический механизм закона Ньюкомба-Бенфорда. Сходный анализ можно провести для каждой из цифр. Давайте рассмотрим здесь $n=9$ и ее частоту $F_9(R)$:

$1.R=89$, $N_9=1$ и $F_9=1/89=0,0112$; в то время как для $R=99$, $N_9=11$ и

$$F_9=11/99=1/9=0,1111$$

$2.R=899$, $N_9=11$ и $F_9=11/899=0,0122$; в то время как для $R=999$, $N_9=111$ и $F_9=111/999=1/9=0,1111$

$3.R=8999$, $N_9=111$ и $F_9=111/8999=0,0123$; в то время как для $R=9999$, $N_9=1111$ и $F_9=1111/9999=1/9=0,1111$

и так далее. Мы, таким образом, видим, что $F_9(R)$ монотонно убывает от $1/9=0,1111$ при $R=10^i-1$ до $\approx 0,01234$ при $10^{i+1}-1$.

Тогда $F_9(R)$ монотонно увеличивается с минимума вверх до $1/9=0,1111$, вновь достигнутого при $R=10^{i+1}-1$. Таким образом, ясно, что $F_9(R)$ снова стремится к (другой) логопериодической функции R , для большого R , снова с логарифмическим периодом $\log_{10} 10$, то есть, предпочтительным коэффициентом масштабирования 10. Обратите внимание, что в отличие от $F_1(R)$, $F_9(R)$ всегда меньше или равно $1/9$.

Усреднение этих частот $F_n(R)$ на логарифмическом периоде (то есть при множителе 10) может, как было показано в [38], привести к закону Ньюкомба-Бенфорда (10). Это обеспечивает один возможный механизм. Оказывается, что существуют и другие механизмы, и что в более глубоком смысле закон Ньюкомба-Бенфорда может считаться единственным законом, который инвариантен относительно изменения масштаба, то есть произвольного умножения всех чисел на общий множитель. Хилл (Hill) установил в 1995 году [194], что вероятностной мерой множества всех интервалов $[1, t) \times 10^n$ для всех целочисленных n является $\log_{10} t$, для любого t в $[1, 10)$. Тогда нетрудно заметить, что закон Бенфорда является следствием этой теоремы, поскольку вероятность получения заданной первой цифры d соответствует разности $\log_{10}(d+1) - \log_{10} d$ вероятностной меры, дающей выражение (10). Обратите внимание, что это не дает механизма для закона Бенфорда, но скорее относит его к принципу симметрии.

В [196] Хилл дает статистический механизм: если распределения выбираются произвольно и произвольные выборки затем берутся из каждого из распределений, то значащие цифры комбинированного набора будут стремиться к логарифмическому распределению Бенфорда.

Закон логопериодичности эволюции жизни?

Основная концепция эволюции была представлена Дарвином (Darwin) и Уоллесом (Wallace) в работе, представленной публике в 1858 году в Линнеевском Обществе в Лондоне и озаглавленной "Происхождение видов путем естественного отбора". Согласно этой, сейчас хорошо утвердившейся теории, новые биологические виды создаются путем прямой мутации и отбора из существующих видов. Сложность вселенной растений и животных, в частности, можно увидеть как прекрасное "древо жизни", которое показано на Рис. 84, чьи ответвления или структура бифуркаций отражают последовательности прыжков между видами в истории жизни. Эволюционный взгляд на биологические виды позволяет нам построить систематику, представленную этим "древом жизни", организованным от ствола до мельчайших листьев, от сверхцарств (Архейское, Бактерии, Эукариоты,

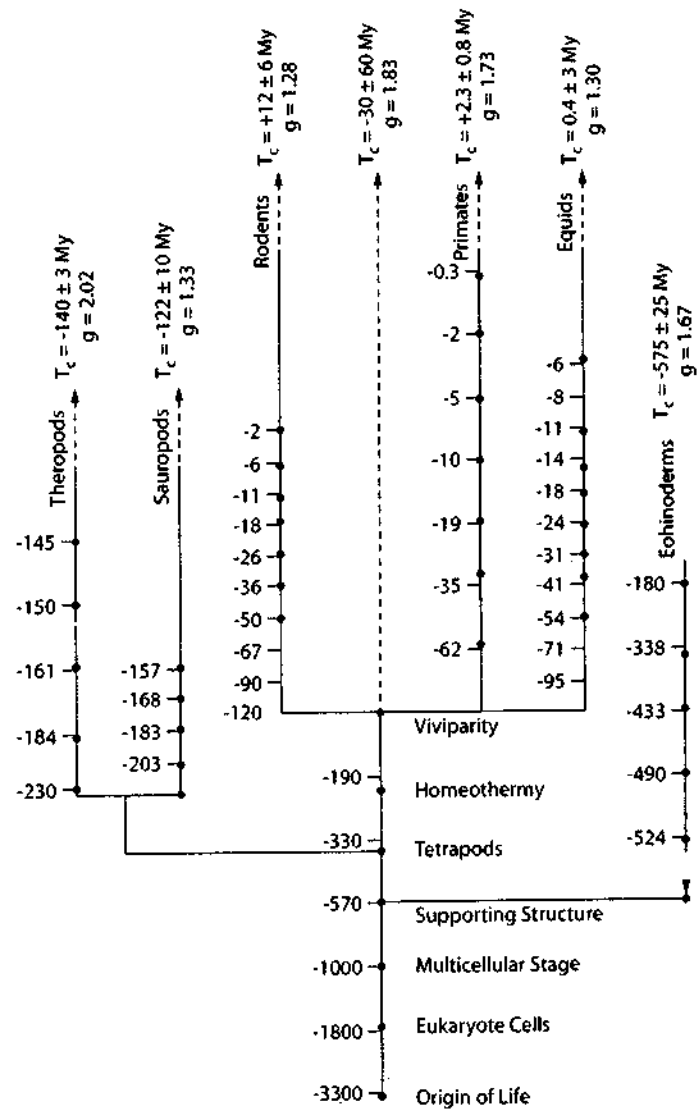


Рис. 84. Даты (в миллионах лет, обозначенные символом "My") относительно начала времени, за которое принято настоящее время (отсюда отрицательные даты, относящиеся к прошлому), основных эволюционных событий семи линий (простая эволюция от зарождения жизни до живорождения, ящеров, грызунов, копытных, приматов, включая гоминидов, и т.п.) нанесены черными точками. Шкала временной оси такова, что черные точки должны быть равноотстоящими в логарифме расстояния по времени от эпохи точки до критического времени T_c , которое лежит за концом последовательности. Даты, указанные рядом с каждой точкой, соответствуют точным численным значениям, предсказанным логопериодической

моделью, вычисленной по наилучшей подгонке к каждому временному ряду. Совершенная логопериодичность квалифицируется равноотстоящими черными точками. Округленное критическое время T_c и масштабный коэффициент g указаны для каждой линии после стрелок. В случае иглокожих логопериодичность является перевернутой, то есть T_c находится в прошлом и характеристические времена T_n все больше и больше разделяются по мере течения времени от прошлого к будущему. Источник [318].

Вириды, Вирусы) до царств, типов, подтипов, отрядов, подотрядов, семейств, родов и, наконец, видов. Эти различные уровни соответствуют основным точкам разветвления, таким как путь от вида до рода, затем до семейств, и так далее, и похоже на возвращение назад во времени и наблюдение за созданием последовательными этапами новых видов. Например, домашняя кошка имеет следующее происхождение: эукариоты, хордовые, черепные, позвоночные, млекопитающие, плацентарные, хищные, кошки, кошачьи, кошка домашняя (смотри <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/tax.html/>).

Существует много свидетельств, что эволюция характеризуется квазистатическими фазами, "внутри" которых виды остаются стабильными в течение долгих периодов времени, прерываемых эпизодическими взрывами активности, с разрушением видов и созданием новых [168,169]. Таким образом, существуют достаточно точные даты для видообразования, а, следовательно, можно определить длину ветвей между узлами на "древо жизни", представляющую временные интервалы между такими крупными эволюционными событиями. Может ли это дерево быть описано математической структурой, по крайней мере, на статистическом уровне? Оказывается, да; замечательно может. Нотталь (Nottale), Шалин (Шалин) и Гроу (Гроу) [74, 317, 318] недавно предположили, что самоподобный закон логопериодичности характеризует древо жизни. Правда это или нет, но этот пример дает простое и замечательное применение логопериодичности.

Вспомним, что логопериодичность в настоящем контексте синонимична существованию периодичности некоторой наблюдаемой величины как функции от логарифма $\ln|T_c - T|$ (длительности от времени T до некоторого критического времени T_c). Периодичность зависимости некоторой наблюдаемой величины от переменной $\ln|T_c - T|$ подразумевает существование иерархии характерных временных масштабов $T_0 < T_1 < \dots < T_n < T_{n+1} < \dots$, соответствующих, например, периодическим максимумам наблюдаемой величины как функции времени, заданной выражением:

$$T_n = T_c \cdot (T_c - T_0) g^n, \quad (11)$$

где g является предпочтительным дискретным масштабным коэффициентом лежащей в основе дискретной масштабной инвариантности (которая была выше обозначена λ). Эта формула (11) оказывается хорошо удовлетворяющей датам основных эволюционных событий, показанных на Рис. 84.

Обратите внимание, что промежутки $T_{n+1} - T_n$ между последовательными значениями T_n приближаются к нулю, когда n становится больше и T_n стремится к

критическому времени T_c . Из трех последовательных рассматриваемых значений T_n , скажем, T_n, T_{n+1}, T_{n+2} , критическое время T_c может быть определено по формуле:

$$T_c = \frac{T_{n+1}^2 - T_{n+2}T_n}{2T_{n+1} - T_n - T_{n+2}} \quad (12)$$

Данное отношение инвариантно относительно произвольного переноса во времени. Помимо этого, последующее время T_{n+3} предсказывается из предшествовавшего T_n по формуле:

$$T_{n+3} = \frac{T_{n+1}^2 + T_{n+2}^2 - T_n T_{n+2} - T_{n+1} T_{n+2}}{T_{n+1} - T_n} \quad (13)$$

Данные формулы воспроизведены в главе 9 как (23) и (24), в разделе, озаглавленном "Иерархия предсказывающих схем".

Ноттэйл, Шалин и Гроу [74, 317, 318] обнаружили, что североамериканская ископаемая лошадь, приматы, грызуны и другие роды прошли по эволюционному пути, перемежаемому основными событиями, описываемыми геометрическим временным рядом (11). Критическое время T_c приблизительно датируется настоящим для лошадей, что согласуется с вымиранием данного вида в Северной Америке 10000 лет назад (но это также могло быть совпадением, поскольку североамериканские лошади начали вымирать, когда на континент пришли люди и начали на них охотиться). Критическое время T_c для приматов отстоит, примерно на 2 миллион лет в будущее от настоящего момента, а для грызунов – примерно на 12 миллион лет в будущее. T_c является концом (и, соответственно, началом) эволюционного процесса для усиливающихся (и, соответственно, слабеющих) эволюционных ветвей. Для усиливающихся ветвей критическое время T_c может условно быть истолковано, как утрата данной ветвью способности эволюционировать, а не как обязательно предопределенный период вымирания группы.

Конечно же, существует много методологических вопросов, а также фундаментальных биологических проблем, связанных с предложенным логопериодическим законом (11). Вполне вероятно, что данная закономерность может быть артефактом данных (поскольку имеет много недостатков) и метода анализа. В частности, чем дальше в глубину веков мы движемся, пытаясь воссоздать прошлое, тем более необработанной и скудной становится информация. Возможно, что эта скачкообразная выборка может создать очевидную логопериодичность способом, обсужденным в [203], но несколько экспериментов, кажется, исключили данную вероятность. Если "логопериодический закон эволюции жизни", заданный выражением (11), окажется подлинным, это потребует глубокого объяснения. В любом случае, он дает яркий пример значения дискретной масштабной инвариантности для более прозрачной организации комплексных данных, возможно, подводя нас к более глубокому пониманию.

Нелинейное следование тренду против нелинейной динамики фундаментального анализа

Данный раздел представляет альтернативное понимание возникновения критических точек (конечно временных сингулярностей), осложненных ускоряющимися осцилляциями. Это альтернативное понимание основывается на описании "динамической системы", в которой данные характеристики возникают динамически. Основным компонентом является сосуществование двух классов инвесторов, "фундаменталистов или стоимостных инвесторов" и инвесторов, следующих за трендом (часто называемых чартистами, техническими аналитиками или шумовыми трейдерами на жаргоне финансовой науки). Вторым важным компонентом является признание того, что оба класса инвесторов ведут себя "нелинейно". Данные два компонента порождают конечно-временную сингулярность с ускоряющимися осцилляциями. Сингулярность степенной зависимости является результатом нелинейно возрастающего темпа роста в связи со следованием тренду. Являющиеся приблизительно логопериодическими, осцилляции с замечательными свойствами масштабирования происходят от нелинейной возвращающей силы, с помощью которой фундаментальные инвесторы, стремящиеся вернуть цену к ее фундаментальной стоимости, влияют на нее. Можно наблюдать богатое разнообразие поведений как функции степени нелинейности темпов роста и восстанавливающей силы. Мы увидим, что динамическое поведение прослеживается назад к самоподобной спиральной структуре динамики (цены, ценовых изменений) в пространственном представлении, разворачивающейся вокруг центральной фиксированной точки [205].

Колесание цены актива на фондовом рынке контролируется спросом и предложением, другими словами, чистым размером приказа Ω , равным числу приказов брокеру на покупку минус приказы на продажу. Ясно, что цена растет (и, соответственно, падает), если Ω положителен (и, соответственно, отрицателен). Если отношение цены P , при которой исполняются ордера к предыдущей цене котировки p , является исключительно функцией чистого размера приказа Ω , и если предположить, что невозможно получить прибыль повторяющейся торговлей ценными бумагами с окончательной разницей между покупками и продажами, равной нулю, то можно показать, что разность между логарифмом цены завтра и сегодня прямо пропорциональна чистому размеру приказа Ω [123]. Чистый размер приказа Ω , являющийся результатом действий всех трейдеров, с течением времени непрерывно приспосабливается так, чтобы отражать информационный поток на рынке и эволюцию мнений трейдеров и их настроений. Различные производные устанавливают связь между изменением цены или изменением логарифма цены и факторами, контролирующими сам чистый размер приказа [123, 49, 330]. Три базовых компонента считаются важными при определении ценовой динамики: следование тренду, возвращение к фундаментальной стоимости и неприятие риска.

Следование за трендом: положительная нелинейная обратная связь и конечно-временная сингулярность

Следование за трендом (в различных сложных формах) было (и, возможно, все еще является) одной из основных стратегий, используемых, так называемыми, техническими аналитиками (см. в [6] обзор и ссылки). В своей самой простой форме следование за трендом равнозначно восприятию чистого размера приказа Ω как пропорционального прошлой тенденции, то есть разности между логарифмом цены сегодня и логарифмом цены вчера. Стратегии следования тенденции, таким образом, оказывают положительную обратную связь на цены, поскольку рост (падение) предшествовавшей цены ведут к появлению приказов на покупку (продажу), таким образом, усиливая предшествовавшую тенденцию. Само по себе, это подразумевает, что разность в логарифме цены между завтра и сегодня пропорциональна логарифму цены между сегодня и вчера. Это простое отношение выражает существование постоянного темпа роста, ведущего к экспоненциальному росту логарифма цены. Это значит, что цена растет как экспонента экспоненциальной функции времени.

Данное линейное отношение между колебаниями прошлой цены и чистым размером приказа обычно выбирается создателями моделей. Здесь мы отступим от этого предположения и рассмотрим его более реалистично, предположив, что чистый размер приказа может расти быстрее, чем предшествовавшее изменение цены: то есть, они связаны нелинейными соотношениями. Действительно, малое изменение цены на интервале времени от $t-1$ до t не должно восприниматься как значительный и сильный рыночный сигнал. Поскольку многие инвестиционные стратегии нелинейны, естественно будет рассмотреть средний размер трендследящего приказа, который ускоренно растет по мере того, как изменение цены увеличивает свою амплитуду. Обычно следующие тренду участники рынка увеличивают размер своих приказов быстрее, чем просто пропорционально прошлой тенденции. Это напоминает нам о доводах в пользу того [6], что психология трейдеров чувствительна к смене тренда ("ускорение" или "замедление"), а не просто к тренду ("скорости"). Тот факт, что трендследящие стратегии имеют влияние на цену, пропорциональное изменению цены в течение предшествовавшего периода, возведенному в некоторую степень $m > 1$, означает, что стратегии, следующие тенденции нелинейны, если взять их в среднем: они склонны слишком слабо реагировать на малые изменения цены и слишком сильно реагировать на крупные. Обратите внимание, что значение $m=1$ восстанавливает линейный случай. Рис. 85 объясняет концепцию нелинейной реакции.

Когда сумма трендследящих поведений выражается в нелинейной форме, так что чистый размер приказа Ω пропорционален степени разности между логарифмом цены сегодня и логарифмом цены вчера с показателем степени больше 1, то согласно тому же рассуждению, что и в подразделе, озаглавленном "Интуитивное объяснение создания конечно-временной сингулярности при t_c " в главе 5, цена демонстрирует сингулярность конечного времени. Данный эффект является просто перефразировкой явления, уже описанного моделью, управляемой ценой, обсуждавшейся в той главе.

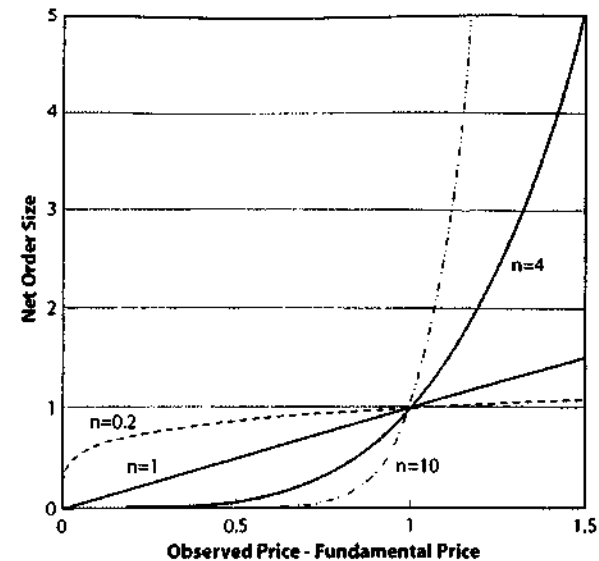


Рис. 85. Мы иллюстрируем различную реакцию системы (чистый размер приказа показан по ординате) в зависимости от стимула (расстояния между рыночной ценой и фундаментальной ценой, показанной по абсциссе) для различных нелинейных зависимостей, количественно измеряемых параметром n : реакция=стимулⁿ. Для $n=1$ реакция пропорциональна стимулу, как показано прямой непрерывной линией: это линейное описание. Для $n > 1$, например, $n=4$, реакция очень мала на малые стимулы, но начинает быстро расти, когда стимул вырастает выше некоторого характерного значения, здесь нормированного к 1, как показано кривой непрерывной линией. Это случай, обсуждаемый здесь. Линия "точкатира" соответствует более сильной нелинейности с показателем степени $n=10$, демонстрирующим еще более сильную, почти пороговую природу реакции системы. Тонкая пунктирная линия иллюстрирует противоположную нелинейную ситуацию с параметром $n < 1$, для которого реакция быстро усиливается для малых стимулов, но нейтрализуется при больших стимулах.

Возврат к фундаментальной стоимости: отрицательная нелинейная обратная связь

Фундаментальная торговля ценными бумагами основывается на оценке финансовой стоимости компании, основанной на объективных экономических и бухгалтерских критериях, таких как активы, доходность, потенциал роста. Фундаментальный аналитик, таким образом, устанавливает свою оценку "правильной" фундаментальной стоимости данной фирмы и затем сравнивает ее с ценой, зарегистрированной на фондовом рынке. Если последняя ниже, чем фундаментальная цена, это возможность купить, поскольку аналитик ожидает, что фондовый рынок вскоре осознает, что акция недооценена по сравнению с ее реальной стоимостью. Вытекающая отсюда волна предпочтительных приказов на покупку поведет цену вверх до тех пор, пока не будет достигнута фундаментальная стоимость. В данных обстоятельствах решение купить основывается на уверенности, что вы

одним из первых поняли, что цена соответствующей акции занижена. Если же рыночная цена больше, чем основная стоимость, должно случиться обратное.

Однако, на практике существуют значительные трудности в получении точной оценки основной стоимости, поскольку не ясно, как оценивать некоторые важные нематериальные активы компании, такие как качество ее менеджеров, положение на рынке, и так далее. Помимо этого, предсказание будущих доходов и их роста – по меньшей мере, не точная наука. Это имеет очень важное следствие, которое мы сейчас обсудим.

Важной чертой нашей модели является нелинейная зависимость чистого размера приказа Ω как функции разности логарифма цены и логарифма фундаментальной стоимости. Нелинейность позволяет нам получить следующий результат. В принципе, как мы сказали выше, фундаментальная стоимость P_0 определяется дисконтированными ожидаемыми будущими дивидендами и, таким образом, зависит от прогноза их темпов роста и безрисковой ставки процента. При этом обе переменные очень сложно предсказать. Фундаментальную стоимость, таким образом, очень сложно количественно определить с высокой точностью, и она часто оценивается со значительной погрешностью [282, 85, 260, 69]: все методы, определяющие внутреннюю ценность, основываются на предположениях, которые могут оказаться очень далекими от реальности. Например, несколько научных исследований оспаривали посыл, что портфель устойчивых, дешево купленных акций по прошествии времени превзойдет портфель, собранный любым другим способом (смотри, например, [256]). Как следствие, трейдер, пытающийся отслеживать фундаментальную стоимость, не имеет стимула реагировать, когда чувствует, что отклонение мало, поскольку это отклонение находится более-менее в пределах погрешности подсчетов. Только когда отклонение цены от основной стоимости становится относительно большим, трейдер начнет действовать. Сильная нелинейная зависимость чистого размера приказа Ω как пропорционального амплитуде разности логарифма цены и логарифма фундаментальной стоимости, возведенного в степень n , большую, чем 1, точно объясняет данный результат, как показано на Рис. 85: для показателя степени n больше 1, Δ^n остается малой для $\Delta < 1$ и быстро взлетает только тогда, когда она становится больше 1, приближаясь к пороговому поведению типа "все или ничего".

Такая нелинейная чувствительность является не просто теоретическим построением; она была недавно продемонстрирована в контексте чувствительности денежного спроса к ставке процента. Исследовав примерно 2700 домашних хозяйств, Муллиган (Mulligan) и Сала-И-Мартин (Sala-I-Martin) [311] установили, что эластичность спроса на деньги к процентной ставке (чувствительность логарифмической производной денежного спроса к процентной ставке) очень мала при низких ставках процента. Это происходит оттого, что малое количество людей решает инвестировать в дающие проценты активы, когда ставки низки, в связи с "закупочными" издержками. Напротив, при больших процентных ставках или для тех, кто владеет значительным банковским счетом, эластичность денежного спроса к проценту является значимой. Это четкий пример порогового поведения, характеризующего очень нелинейной реакцией. Это может быть выражено как $e = d \ln M / d \ln r = (r/r_{up})^m$, где $m > 1$, так что эластичность e денежного спроса M не

принимается в расчет, когда процент r незначительно больше, чем уровень инфляции r_{inf} , и в противном случае становится большим.

Из того факта, что низкая (высокая) цена направляется вверх (вниз) к фундаментальной цене, мы видим, что класс инвестиционных стратегий, основанных на фундаментальной оценке, ведет к развороту цены. Эта возвращающая сила может быть линейной, то есть такой, когда соответствующий чистый размер приказа Ω пропорционален разности между логарифмом цены и логарифмом фундаментальной стоимости. В случае $n=1$, поскольку разность логарифма цены между завтра и сегодня прямо пропорциональна чистому размеру приказа Ω , это подразумевает, что разность логарифма цены между завтра и сегодня пропорциональна разности логарифма цены сегодня и логарифма фундаментальной стоимости. Эти взаимоотношения являются точным аналогом уравнения осциллятора, такого как маятник: начиная с позиции, удаленной от своего состояния неподвижного равновесия, он совершает бесконечные (в предположении, что нет затухания, обусловленного потерями энергии) колебания вокруг этой точки равновесия, как показано толстой линией на Рис. 86.

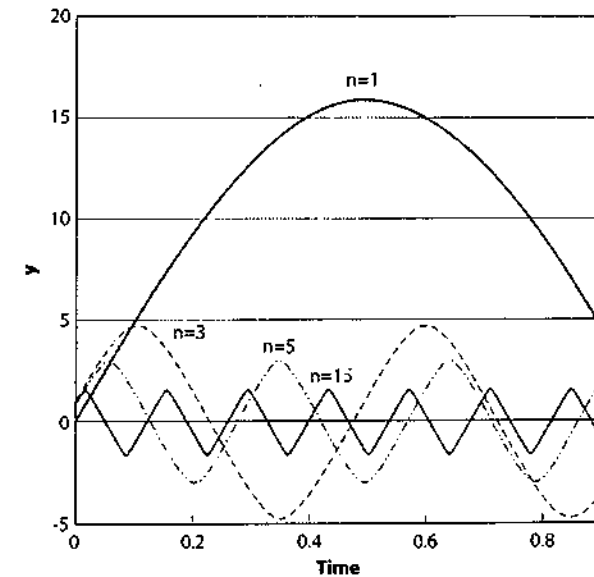


Рис. 86. Временная зависимость логарифма цены, нормированная фундаментальной ценой, получающейся от взаимодействия между возвратной "силой", созданной фундаментально-стоимостным инвестированием и "инерцией", возникающей из-за того, что решение инвестировать с сегодня до завтра основывается на информации от вчера до сегодня. Показаны четыре различных значения показателя степени $n=1, 3, 5$, и 15 . По сравнению с линейным случаем $n=1$, когда решение является чистым синусом $y_1^{(n=1)}(r) = \frac{50}{\sqrt{10}} \sin(\sqrt{10}t)$,

увеличение нелинейного показателя степени n имеет три следствия: (1) уменьшение амплитуды, (2) увеличение частоты и (3) появление пилообразного профиля со все более острыми углами по мере увеличения n . Источник [205].

Сходным образом, цена бесконечно колеблется вокруг фундаментальной стоимости. Причиной осцилляций является то, что у возвращающей силы есть инерция, в силу чего сила не исчезает достаточно быстро, что и ведет к переуправлению. Это переуправление иногда запускает ценовую динамику в противоположном направлении, которая сама отклоняется от своего фундаментального значения и так далее. Когда фундаментальный возвратный член нелинеен, осцилляции сохраняются, но меняют форму. Их основное свойство состоит в том, что их частота (обратная их периоду, являющемуся временным интервалом между двумя последовательными максимумами) становится зависимой от амплитуды отклонения рыночной цены от фундаментальной стоимости. Данное свойство очень важно, поскольку если существуют любые другие результаты или помехи, которые имеют тенденцию видоизменять эту амплитуду, частота будет соответственно изменена. Такая нелинейная зависимость частоты от амплитуды создает механизм для ускорения частот, когда амплитуда быстро растет.

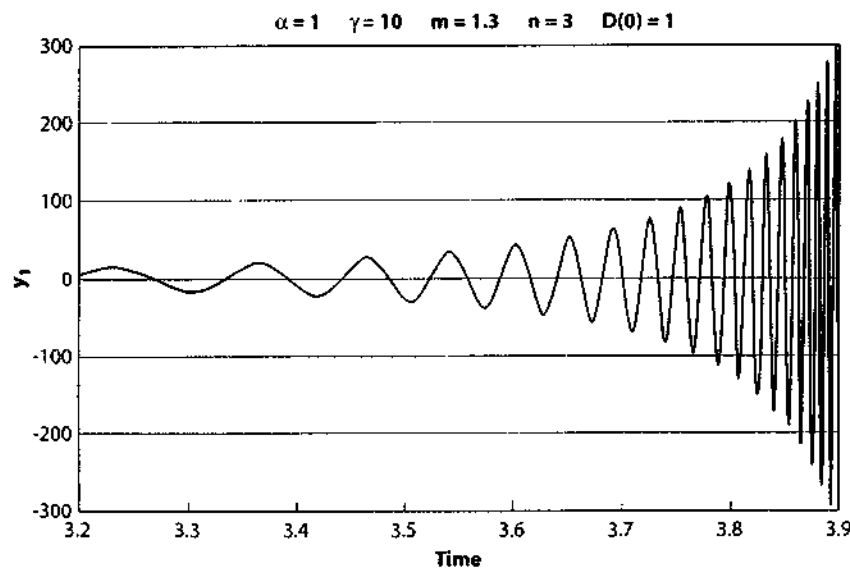


Рис. 87. Решение динамического уравнения, включающего в себя "инерцию", нелинейное следование тренду и нелинейное фундаментально-стоимостное инвестирование для параметров $m=1,3$; $n=3$. Огибающая "сниженной цены" $y_1(t)$ растет быстрее, чем экспоненциально, и примерно как $(t-t)^{1,5}$, где $t=4$. Отрицательное значение цены y_1 просто значит, что измеряемая цена ниже фундаментальной стоимости. Это следует из определения сниженной цены как логарифма соотношения между измеряемой ценой и фундаментальной стоимостью. Источник [205].

Некоторые характеристики ценовой динамики нелинейной динамической модели

Давайте теперь сложим все компоненты модели вместе:

- "инерция", появляющаяся вследствие того, что решение инвестировать сегодня принесет свои плоды в будущем, в то время как оно само основывается на анализе прошлого
- нелинейная тенденция, следование которой вместе с "инерцией" приводит к возникновению конечно-временной сингулярности в амплитуде отклонения между рыночной ценой и фундаментальной ценой;
- нелинейная фундаментальная стоимость, инвестирование которой, совместно с "инерцией", порождает нелинейные осцилляции, зависящие от амплитуды отклонения между рыночной ценой и фундаментальной ценой.

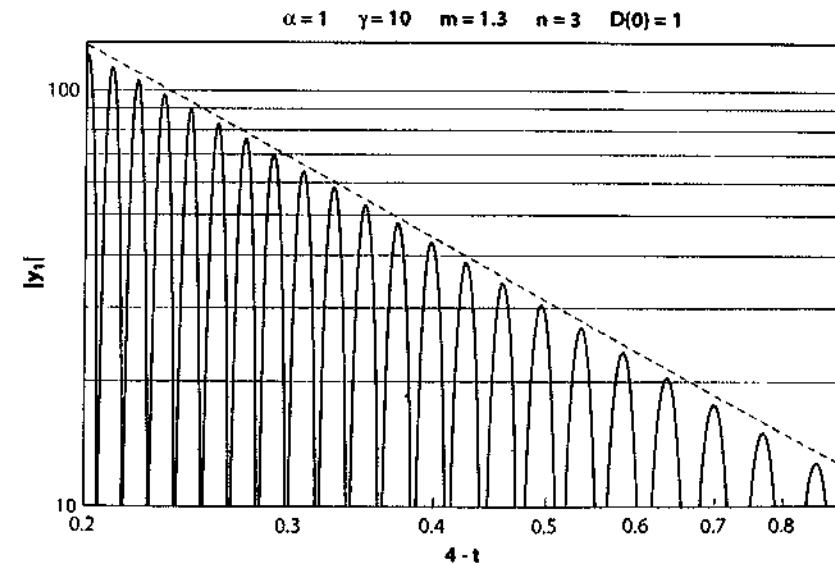


Рис. 88. Те же данные, что и на Рис. 87. Модуль $|y_1(t)|$ "сниженной цены" показан как функция $t-t$, где $t=4$ в двойных логарифмических координатах, таких что линейная огибающая показывает дивергенцию степенной зависимости $(t-t)^{1,5}$. Наклон пунктирной линии равен $-1,5$. Также обратите внимание, что осцилляции примерно равноотстоят по переменной $\ln(t-t)$, что напоминает логопериодическое поведение ускоряющихся осцилляций при приближении к сингулярности. Источник [205].

Рис. 87 показывает эволюцию во времени логарифма рыночной цены, нормированную основной стоимостью, которую мы называем "сниженной ценой" для выбора ($m=1,3$; $n=3$) показателей степени, управляющих, соответственно,

нелинейным следованием за трендом (или эластичность) и фундаментальными возвращающими силами (или точность пороговой реакции). Очевидны две основные черты. Во-первых, сниженная цена отклоняется от фундаментальной по мере приближения критического времени t_c , поскольку $(t_c - t)^{\beta}$. Обратите внимание, что особое значение критического времени диктуется начальными условиями. Во-вторых, это ускорение маскируется ускоряющимися осцилляциями. Как мы упомянули в предыдущем разделе, ускорение осцилляций происходит из-за их нелинейной зависимости от ускоряющейся амплитуды.

Рис. 88 показывает те же данные, что и на Рис. 87, но с использованием таких масштабов, что динамика чистой степенной зависимости показывается как прямая линия: логарифм сниженной цены наносится как функция логарифма расстояния до критического времени. Мы наблюдаем, что огибающая действительно хорошо аппроксимируется степенной зависимостью, показанной как прямая пунктирная линия. Кроме того, осцилляции примерно эквидистантны в данном представлении, что, как мы несколько раз показывали в предыдущих разделах, оценивается как приближительная логопериодичность. Динамика, включающая "инерцию", нелинейное следование за трендом и нелинейное поведение, определяемое "возвращающей" к фундаментальной цене силой способны, таким образом, создать квази-логопериодическое поведение ускоряющихся осцилляций при приближении к конечно временной сингулярности.

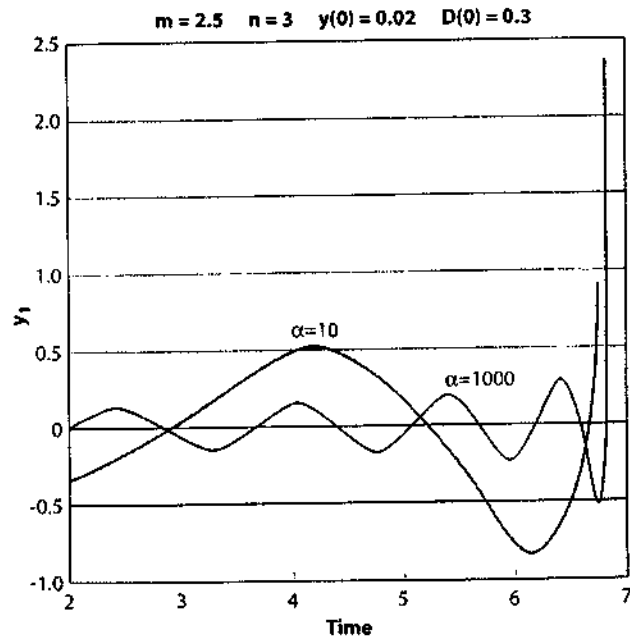


Рис. 89. "Сниженная цена" как функция времени для трендследящей экспоненты $m=2,5$ с $n=3$, с двумя амплитудами $\alpha=10$ и $\alpha=1000$ фундаментального реверсивного члена. Источник [205].

Рис. 89 показывает сниженную цену для большего значения показателя степени следования за трендом, равного $m=2,5$. В данном случае, сниженная цена стремится к константе при t_c с бесконечным наклоном (сингулярность, таким образом, находится в производной, или "скорости"). Мы также можем наблюдать ускоряющиеся осцилляции, несколько напоминающие логопериодичность. Новой чертой является то, что осцилляции являются лишь преходящими, "освобождая место" окончательной чистой ускоряющей тенденции на конечном участке кривой при приближении к критическому времени t_c .

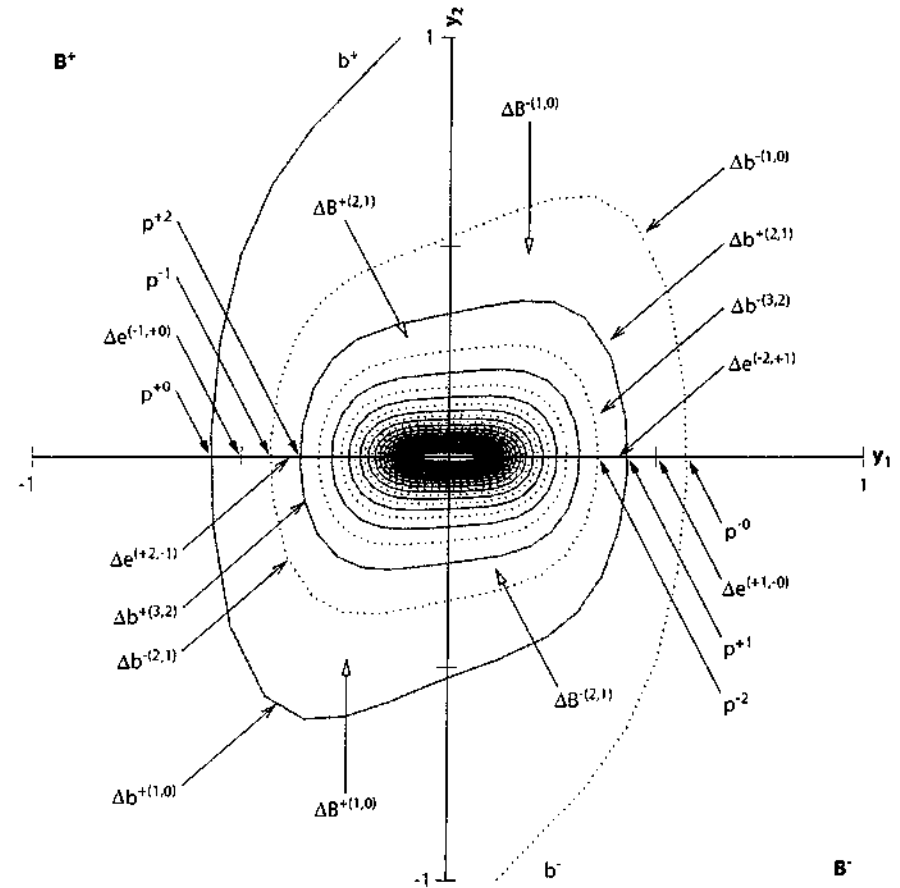
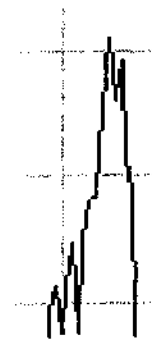


Рис. 90. Геометрическая спираль, показывающая две особые траектории (непрерывная и пунктирная линии) на плоскости "сниженная цена" – "скорость" (y_1, y_2) , которая точно соединяет начало $y_1=0, y_2=0$ с бесконечностью. Эта спиралевидная структура, которая демонстрирует свойства масштабирования или фрактальные свойства, находится в начале усиливающихся осцилляций, декорирующих поведение степенной зависимости вблизи сингулярности конечного времени. Различные отрезки кривых и областей, указанные стрелками, отображены из одного в другой сквозь динамику модели. Источник [205].

Рис. 78 показал нам, что колебательное движение может выглядеть как проекция вращения, происходящего в плоскости на одну из осей. Мы расширим это рассуждение и при помощи Рис. 90 покажем, что осцилляции с варьируемой частотой и амплитудой, такие как на Рис. 87 и Рис. 89, есть не что иное, как проекция на одну ось спиралевидной структуры на плоскости. Точнее, Рис. 90 показывает даже больше этого: на плоскости, образованной осями, по одной из которых откладывается сниженная цена u_1 , а по другой "скорость" ее изменения u_2 , он показывает две особые траектории, точно соединяющие начало $u_1=0, u_2=0$ с бесконечностью¹. Из общих математических теорем динамических систем можно показать, что любая траектория, начинающаяся вблизи от начала, никогда не сможет пересечь ни одну из этих двух орбит. Как следствие, любая реальная траектория будет направляться внутри спиралевидного канала, многократно вращаясь вокруг центральной точки 0 прежде, чем выйти к сингулярности конечного времени. Примерно логопериодические осцилляции происходят из-за колебательной структуры члена, описывающего действие возвращающей силы, направленное к фундаментальной цене, связанной с ускорением, которое, в свою очередь, управляется членом, описывающим следование за тенденцией. Учет совместного действия этих двух процессов приводит к прекрасной спирали, управляющей иерархической организацией спиралевидных траекторий вокруг начала координат в пространстве цена-скорость [205].

¹ Автор неявно предполагает в этой фразе, что фазовое пространство обсуждаемой системы двумерно, что входит в противоречие с его же собственным утверждением в начале главы о необходимости множества степеней свободы для описания рынка. Поэтому это лишь иллюстрация, но не модель. (прим. науч. ред.)



Глава №7 Аутопсия основных крахов: универсальная экспонента и логопериодичность

Кризис октября 1987

Как уже отмечалось в первой главе, крах октября 1987 года и "Черный понедельник" 19 октября остается одним из самых поразительных обвалов, когда-либо происходивших на фондовых рынках благодаря своей огромной амплитуде и полному охвату почти всех мировых рынков. Этому событию предшествовал сильный бычий тренд, очень метко описанный в статье "The Wall Street Journal" за 26 августа 1987 года, на следующий день после достижения рыночного максимума: "При такой ситуации на рынке, любое известие – позитивное, любая новость – хорошая новость. Дальнейший рост рынка принимается как должное". Таким образом, инвесторы, в большинстве своем, не подозревали о надвигающейся опасности [174]. Такое удивительное представление о рисках, которое было продемонстрировано 19 октября 1987 года, имело солидную основу в виде временных последовательностей оценок предполагаемого риска, вычисленного на опционы индекса S&P500, рассчитанного на основе ежедневной торговли за период с сентября по ноябрь. Наиболее высокая степень подразумеваемого риска на фондовом рынке в предкризисный период составила 18.5%, на 15 октября 1987 года [174]. Это было все еще ниже среднегодового показателя 22% стандартного отклонения ценовых приращений, рассчитанного для 1974 года, периода наибольшей волатильности, отмечавшегося до 1987 года. И значительно ниже 46%, зафиксированных в понедельник 19 октября 1987 года и, тем более, 88% в понедельник 26 октября 1987 года. Как будет показано на Рис. 94, в ноябре 1987 года волатильность рынка, измеренная при помощи предполагаемого значения годового стандартного отклонения приращений, снизилась до 30%, но все еще оставалась значительно выше максимальной оценки подразумеваемого риска, наблюдавшейся непосредственно перед "Черным понедельником" [174].

Крах на фондовом рынке 19 октября 1987 года ошеломил профессионалов Уолл-Стрита, уничтожил около одного триллиона долларов стоимости фондового рынка США и обнажил признаки еще одной Великой Депрессии. В Черный Понедельник индекс Доу Джонса упал на 508 пунктов или на 22.6% до отметки 1738.74. Это было самое крупное падение, произошедшее в течение одного дня, как в количественном, так и в процентном соотношении, за всю историю индекса "голубых фишек". Остальные рынки последовали за Доу. Индекс S&P500 потерял более 20%, упав на 57.86 до уровня 224.84. Nasdaq-композит опустился на 46.12

пунктов до отметки 360.21. Ни одна из составляющих индекса Доу-Джонса не пережила Черный Понедельник без потерь. IBM потеряла $31 \frac{3}{4}$ и закрылась на уровне $103 \frac{1}{3}$, тогда как USX снизилась на $12 \frac{1}{2}$ до $21 \frac{1}{2}$, а Eastman Kodak упал на $27 \frac{1}{4}$ до $62 \frac{7}{8}$. Крах также затронул и акции технологических компаний. В индексе Nasdaq акции Apple Computer снизились на $11 \frac{3}{4}$ до $36 \frac{1}{2}$, а акции корпорации Intel упали на 10 долларов, до отметки 42.

В Черный Понедельник, акции быстро падали, при этом Доу снизился на 200 пунктов вскоре после открытия и торговался на уровне 2,046. Однако, после 10.00 утра индекс поднялся чуть выше отметки 2,100, продемонстрировав "картину" чередующегося роста и отката, продолжавшуюся почти весь день. Позднее, когда до закрытия торгов оставалось 75 минут, казалось, что Доу удастся ограничиться лишь потерей 200 пунктов. Однако, худшее было еще впереди. Начиная примерно с 14.45, началась массовая продажа акций, лишившая Доу еще 300 пунктов. К закрытию, Dow перенес поразительный урон в 400 пунктов. Но из-за очень больших объемов торгов, компьютеры биржи NYSE не успевали вовремя обновлять информацию и отставали от реального хода торгов. Лишь два часа спустя инвесторы осознали, что общие потери индекса за день превысили 500 пунктов. Реакция людей на обвал варьировалась от ожидания коррекции рынка до ничем не прикрытого отчаяния.

Президент Рональд Рейган попытался успокоить инвесторов, заявив, что "Все экономические индикаторы стабильны. С экономикой ничего не произошло". А на следующий день после краха, управляющий Федеральной Резервной системы США Алан Гринспен сделал короткое недвусмысленное заявление, в котором дал понять, что ФРС обеспечит банкам достаточно средств, для предоставления кредитов фирмам, ведущим операции с ценными бумагами. "Федеральный Резерв, как центральный банк нации, выполняя свои обязательства, подтверждает свою готовность послужить источником ликвидности, с целью обеспечить поддержку экономической и финансовой системам", – говорилось в заявлении. Действительно, NYSE начала работу как обычно 20 октября, при этом индекс Dow вырос на 102.27 пункта до 1,841.01, что на тот момент, стало самым значительным ростом индекса в течение одного дня. Однако, полное восстановление потерь, которые понесли фондовые рынки в Черный понедельник, заняло намного больше времени. Доу вернулся к своему докризисному уровню лишь в январе 1989 года, 15 месяцев спустя. Более общему индексу S&P 500 понадобился для этого 21 месяц.

Интересно оценить относительный вес различных участников рынка в это нестабильное время. Согласно Отчетам ФРС о Движении Капитала, проанализированным Фангом (Fung) и Хсайя (Hsieh) [146], объем рынка акций корпораций США составил \$3,511 млрд. на конец сентября 1987 года. Основными держателями акций было население (49%), частные пенсионные фонды (21%), инвестиционные фонды (7%), государственные и правительственные пенсионные фонды (6%), индивидуальные трастовые и имущественные фонды (6%), а также брокеры и дилеры (менее 1%). За последний квартал 1987 года наиболее крупными продавцами акций являлось население страны, продавшее акций на общую сумму \$19.6 млрд., иностранные держатели акций продали их на сумму \$7.5 млрд., брокеры и дилеры – \$4.8 млрд. и инвестиционные фонды – \$3.0 млрд. Однако, эти продажи были почти полностью сбалансированы выкупом акций у инвесторов

самими корпорациями на общую сумму \$30.2 млрд.

Таким образом, чистая продажа составила менее одного процента от общей стоимости акций корпораций США. Исследования, проведенные Институтом Инвестиционных Компаний (ICI) подтверждают обнаруженные особенности реакции инвестиционных фондов в условиях рыночной нестабильности:

- Самый значительный отток за короткий промежуток времени был зафиксирован сразу после обвала фондового рынка в октябре 1987 года и составил всего лишь 4.5% от общего объема активов.
- Приблизительно 95% участников взаимных фонда не забрали пай сразу после краха фондового рынка 1987 года.
- Реакция держателей акций на другие резкие падения цен на фондовых рынках с 1945 года была значительно более сдержанной по сравнению с реакцией на обвал в 1987 году.

Институт Инвестиционных Компаний [207] является национальной ассоциацией американских инвестиционных компаний. Он был основан в 1940 году, а в 2000 году в него входило 8,414 инвестиционных фондов, 489 закрытых фондов и 8 спонсоров паевых инвестиционных трастов. Инвестиционные фонды, в свою очередь, представляют 83 млн. индивидуальных держателей акций и управляют приблизительно \$7 триллионами.

Рыночные признаки, предшествующие краху

В дальнейшем изложении, время очень часто переводится в десятичные годовые единицы: для невисокосных годов, 365 дней равны 1.00 года, соответственно, 1 день будет равен, в десятичном представлении 0.00274 года. Таким образом, 0.01 года = 3.65 дней, а 0.1 года = 36.5 дней или 5 недель. Так, например, 19 октября 1987 года соответствует 87.800.

На Рис. 91 показаны изменения индекса S&P500 с июля 1985 года по конец октября 1987 года после кризиса. Плюсами (+) обозначена кривая наилучшего соответствия с экспоненциальным ростом, выведенная на основе предположения, что среднегодовой прирост рынка составляет около 30%. Такое первичное описание не дает представления о несомненном ускорении, которое происходило еще за год до краха. Это ускорение (имеющее точку перегиба) наилучшим образом представляется при помощи степенных функций, которые, как показано в главах 5 и 6, являются признаками критической ситуации на рынке.

Монотонная кривая относится к следующей параметризации по степенному закону:

$$F_{\text{пов}}(t) = A_1 + B_1(t_c - t)^m, \quad (14)$$

где t_c есть время, когда аппроксимация индекса S&P500 степенным законом демонстрирует (теоретически) отклонение, которое указывает на неминуемый крах. Чтобы оценить и сравнить это соответствие, вычисляется вариация (обозначается как var, и которая равна значению квадратов ошибок между теорией и реальными

данными), или ее квадратные корни (называемые среднеквадратическое значение). Соотношение двух вариаций, соответствующих двум различным гипотезам принимается за уточненную статистику. Отношение вариации гипотезы постоянного роста к гипотезе степенного закона равно $\text{var}_{\text{exp}}/\text{var}_{\text{pow}} \approx 1.1$, что говорит лишь о несколько лучшей аппроксимации данных степенным законом для описания ускорения, и при этом число свободных переменных остается таким же и равным 2.

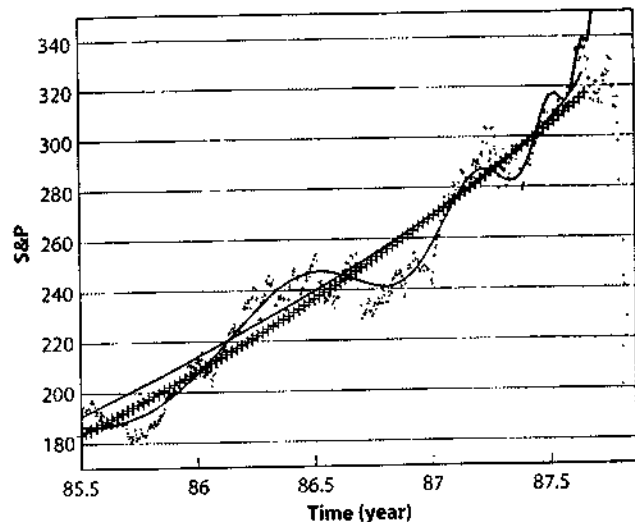


Рис. 91. Эволюция индекса S&P500, как функция времени с июля 1985 года по конец октября 1987 года (557 торговых дней). Знак + означает постоянное увеличение роста приблизительно на 30% в год и дает $\text{var}(F_{\text{exp}}) \approx 113$ (описание см. в тексте). Наилучшим соответствием для степенного закона (14) является $A_1 \approx 327$, $B_1 \approx 79$, $t_c \approx 87.65$, $m_1 \approx 0.7$ и $\text{var}_{\text{pow}} \approx 107$. Наилучшим соответствием для выражения (15) является $A_2 \approx 412$, $B_2 \approx -165$, $t_c \approx 87.74$, $C \approx 12$, $\omega \approx 7.4$, $T = 2.0$, $m_2 \approx 0.33$ и $\text{var}_{\text{pow}} \approx 36$. Можно увидеть четыре ярко выраженных осцилляции, соответствующих выражению (15) пока эффекты конечного размера не начинают ограничивать теоретическую дивергенцию ускорения. В этой точке пузырь лопается и происходит крах. Все соответствия удовлетворительны на протяжении всего показанного периода времени до 87.6. Соответствие с (15) оказывается очень устойчивым по отношению к верхней границе, которая может значительно меняться. Источник [401].

Однако невооруженным глазом можно заметить самую поразительную особенность этого ускорения — присутствие систематических отклонений колебательного типа. Воодушевленные пониманием, достигнутым в главе 5 и, особенно, в главе 6, мы видим, что осциллирующая непрерывная линия получена путем подгонки данных в следующем математическом выражении:

$$F_{\text{sp}}(t) = A_2 + B_2(t_c - t)^{m_2} [1 + C \cos(\omega \log((t_c - t)/T))] \quad (15)$$

Это равенство представляет собой простейший пример логопериодической коррекции до чистого степенного закона для наблюдаемой переменной демонстрирующей сингулярность во время t_c , когда обвал наиболее вероятен. В

данном случае, логопериодичность берет свое начало из функции косинуса логарифма расстояния $t_c - t$ до критического времени t_c . Благодаря логопериодичности, эволюция финансовых индексов становится вблизи критической точки (дискретным) масштабным инвариантом.

Как показано в главе 6, логопериодическая коррекция для масштабирования подразумевает существование иерархии характеристических временных интервалов $t_c - t_n$, заданных выражением (11) с предпочтительным масштабным коэффициентом, обозначенным как g или λ . Мы вычислили, что для краха в октябре 1987 года $\lambda \approx 1.5 - 1.7$ (интересно, что это значение универсально и, как мы увидим, почти одинаково и для остальных крахов). Мы ожидаем, что будет происходить уменьшение показателя на краткосрочных масштабах (например, несколько больше, чем n), а также на долгосрочных временных масштабах, что объясняется существованием эффекта конечного размера. Эти временные масштабы $t_c - t_n$ не универсальны и их значение зависит от специфики рынка. Что предполагается универсальным, так это соотношение $\frac{t_c - t_{n+1}}{t_c - t_n} = \lambda$. Подробности процедуры подгонки взяты из [401].

Можно обобщить простую формулу логопериодического степенного закона, примененную на Рис. 91 при помощи математического подхода, называемого теорией бифуркаций, чтобы получить ее общую нелинейную коррекцию, которая позволит количественно оценить изменения индексов Доу-Джонса и S&P500 за 8 лет, предшествующих октябрю 1987 года [397]. Результат этой теории, представленной в источнике [397], использовался я для получения новой подгонки к данным, показанной на Рис. 92. На рисунке ясно видно, что новая формула удивительно точно учитывает изменения рыночной цены за 8-летний период, по сравнению с чуть более, чем 2-летний период простой логопериодической формулы, показанной на Рис. 91. Нелинейная теория, разработанная в [397], ведет к "логочастотной модуляции", эффекту, впервые обнаруженному опытным путем в [128]. Удивительное качество соответствия полученных моделей данным, приведенное на Рис. 91 и Рис. 92, было оценено в [214].

В своем последнем повторном анализе, Дж. Фейгенбаум (Feigenbaum) [127] использовал новый метод изучения данных, взяв дифференциал логарифма изменения индекса S&P500 за период с 1980 по 1987 года. С рациональной точки зрения, учет вариации цены вместо самой цены объясняется тем, что флуктуации, шумы или девиации предполагаются в большей мере случайными, а, следовательно, и более безопасными, чем непосредственно цена, которая представляет собой кумулятивную величину. Путем тщательных проверок своей гипотезы, Фейгенбаум обнаружил, что гипотеза о наличии в данных логопериодического компонента не может быть отвергнута при уровне значимости 95%; другими словами, это означает, что вероятность случайного появления логопериодического компонента во временном ряду около или менее 0.05.

Д. Бейтс (Bates) [34] изучил фактические цены сделок с опционами на фьючерсные контракты на S&P500 за период с 1985 по 1987 год и обнаружил в данных до октября 1987 года признаки ожиданий приближающегося краха рынка. В основе этих ожиданий лежит схема скачкообразного увеличения "страхов", возможно связанного с доказательствами, там представленными.

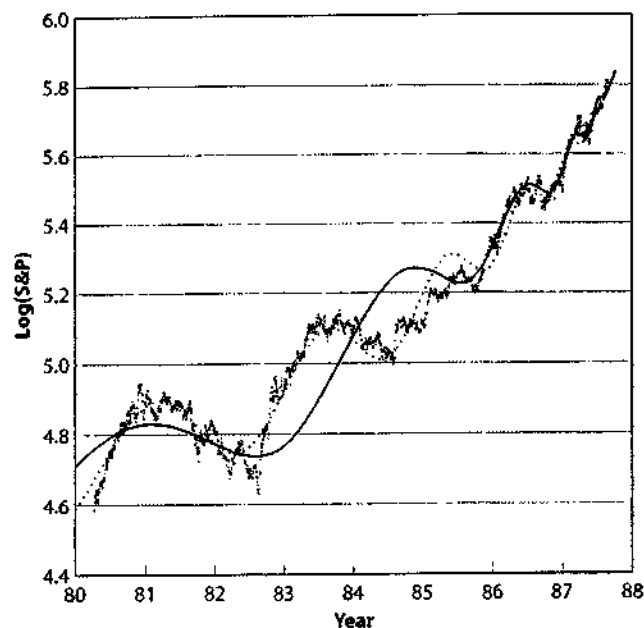


Рис. 92. Временная зависимость логарифма индекса S&P500 за период с января 1980 года по сентябрь 1987 года и наилучшее соответствие улучшенной нелинейной логопериодической формуле, выведенной в [397] (прерывистая линия). Экспонента и логопериодическая угловая частота есть $m \approx 0.33$ и $\omega^{1987} \approx 7.4$. Крах 19 октября 1987 года соответствует 1987.78 десятичным годам. Сплошная линия является подгонкой под (15) на субинтервале с июля 1985 года по конец 1987 года и представлена в полном временном интервале с 1980 года. Сопоставление с тонкой линией позволяет визуализировать смещение частоты, описанное нелинейной теорией. Источник [397].

Опционы на фьючерсы S&P500 представляют собой контракты, основанные на базовом индексе S&P500, и их цена складывается из 3-х основных переменных, (1) так называемая цена исполнения опциона, (2) временной интервал между настоящим моментом и сроком погашения опциона и (3) степень подразумеваемой волатильности базового индекса S&P500. Так называемые опционы "пут" (соответственно, "колл") тем значительнее растут в цене, чем меньше (соответственно, больше) ожидаемая будущая цена индекса в срок истечения опциона и чем больше прогнозируемая волатильность. Опционы "пут" являются прямым индикатором настроений трейдеров относительно риска общего понижения цен на рынке, то есть, риска сильного падения, которое приведет к значительному увеличению ценности этих опционов. Соответственно, опционы "колл" являются прямым индикатором настроений трейдеров относительно риска общего роста цен на рынке, то есть, риска сильного движения вверх, которое, в свою очередь, приведет к значительному увеличению ценности опционов "колл". Рис. 93 показывает, как правильно применять эту идею для того, чтобы оценить асимметрию между значительными рисками снижения и роста цен. Здесь показаны

отклонения в процентном соотношении $(C - P)/P$ между ценой опционов колл и пут (Бейтс назвал это "смещением цены опциона"). Кривая внизу графика, отмеченная как "опционы с паритетом (at-the-money)", количественно измеряет отклонения в процентном соотношении $(C - P)/P$ опционов пут и колл. Она приобретает большое значение, как только цена отклоняется от текущей цены (от так называемых, опционов с паритетом). Поскольку опционы с паритетом более всего чувствительны к изменениям цены около нуля, они не позволяют точно оценить возможный риск больших движений на рынке. Кривая сверху называется "4%-ные опционы без денег" и относится к опционам пут (соответственно, колл), которые приобретают ценность только, когда цена падает (соответственно, растет) как минимум на 4%.

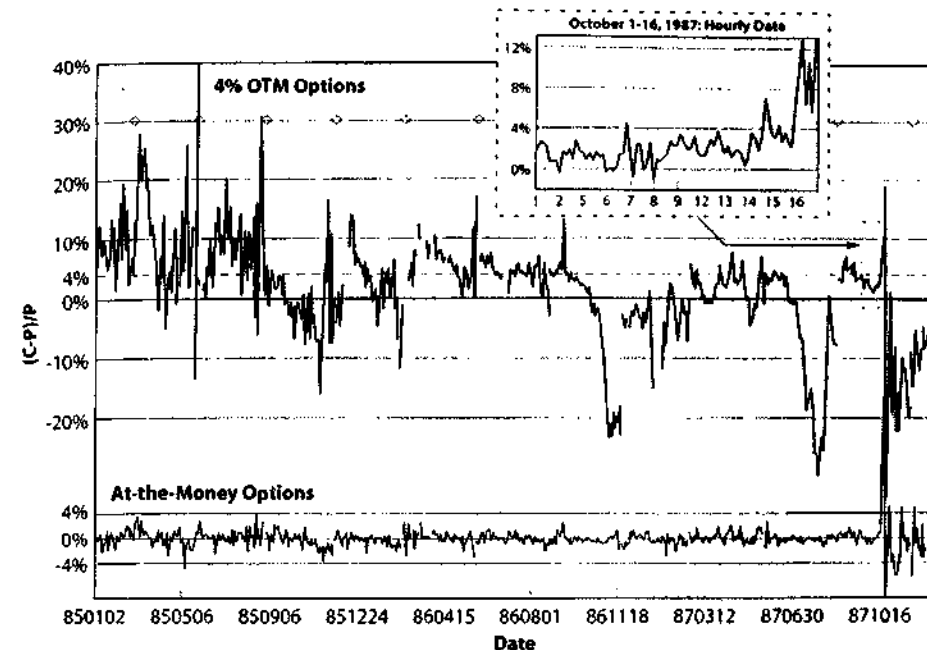


Рис. 93. Отклонения в процентном соотношении $(C - P)/P$ цены опциона колл от цены опциона пут ("смещение цены опциона") для опционов в паритете и 4%-ных опционов без денег за 1985-87 года. Отклонения в процентном соотношении $(C - P)/P$ являются критерием асимметрии между ожиданиями значительного роста и значительного падения индекса S&P500. Отклонения выше (ниже) нулевого уровня обозначают оптимизм (опасения) относительно бычьего рынка (с потенциальными крупными падениями). На вкладке показан почасовой параметр (колл - пут)/пут за октябрь 1987 года до резкого обвала: как ни странно, рынок забьл о своих опасениях непосредственно перед обвалом. Источник [34].

Таким образом, опционы пут и колл измеряют ожидаемые размеры потенциального распределения цены. На Рис. 93 видно, что почти все время в течение 1985-87 годов, опционы колл были более дорогими, чем опционы пут, что говорит об оптимистическом видении рынка и позитивном настроении его участников относительно рисков падения индекса. Однако, можно также наблюдать все более

сильные всплески опасений начиная с конца 1985 года, затем в ноябре 1986 года и, наконец, в августе 1987 года. Эти всплески опасений означают весьма значительное завышение цены на опционы пут (негативные отклонения на Рис. 93), что свидетельствует о предчувствии риска возможного резкого падения рынка. Обратите внимание на сокращение интервалов между всплесками опасений, напоминающее логопериодическое ускорение в сторону критической точки t (см. раздел под названием "Непараметрический критерий логопериодичности" далее, в этой главе и раздел под названием "Трансформации Шенка на иерархии характеристических времен" в главе 9). Однако, в количественном отношении, сокращение временных интервалов между всплесками недостаточно быстрое, чтобы сойтись в одну точку к дате, близкой к обвалу, и промахивается мимо этой точки приблизительно на полтора года. Бейтс отметил, что его результаты полностью согласуются с моделью пузыря рациональных ожиданий (см. главу 5) со взрывной дивергенцией от фундаментальных цен, которая подтверждается предсказуемым, внезапным падением. [34].

Рыночные образы послешокового движения

Если концепция краха, как своего рода критической точки имеет какую-то ценность, мы должны уметь устанавливать признаки кооперативности поведения, лежащей в их основе, и в послекризисный период. Фактически, мы должны ожидать, по меньшей мере, качественную симметрию рыночных паттернов до и после кризиса. Другими словами, мы должны суметь подтвердить наличие, как критической экспоненты, так и логопериодических колебаний соответствующих величин после кризиса. Такой признак в волатильности индекса S&P500, подразумеваемый из цены опционов на S&P500 (которые являются производными активами с ценой, являющейся функцией цены S&P500), на самом деле, можно увидеть на графике на Рис. 94.

Термин "подразумеваемая волатильность" имеет следующее значение. Сначала, необходимо вспомнить, что опцион это финансовый инструмент, являющийся ничем иным как своего рода страховкой, которую можно продавать или покупать на рынке, с целью обезопасить себя в случае неблагоприятных колебаний цены. Цена опциона на S&P500, таким образом, является функцией волатильности индекса S&P500. Чем неустойчивее и рискованнее S&P500, тем дороже его опционы. Другими словами, рыночная цена опциона отражает стоимость вариативности цены акции, определяемой рынком с его законом спроса и предложения. На практике, очень сложно создать хорошую модель ценовой волатильности или даже надежно её измерить. В таком случае, необходимо посмотреть на то, какие цены опциона сформировались под влиянием рыночных сил, а затем, определить подразумеваемую волатильность цены путем инвертирования формулы цены опциона Блэка (Black) и Шоулза (Scholes) [294]. В сущности, подразумеваемая волатильность цены является показателем степени риска, согласно оценке инвесторов.

На Рис. 94 представлена эволюция подразумеваемой волатильности цены индекса S&P500 взятый из [84]. Степень риска, ожидаемого рынком, довольно низкая перед обвалом, резко подскакивает во время краха, а затем медленно спадает

в течение нескольких месяцев. Этот спад до "нормального уровня" ожидаемого риска сопоставим с медленным угасанием степенной зависимости, усложненной логопериодическими колебаниями, к которым можно применить выражение (15), заменив $t_c - t$ (до кризиса) на $t - t_c$ (после кризиса).

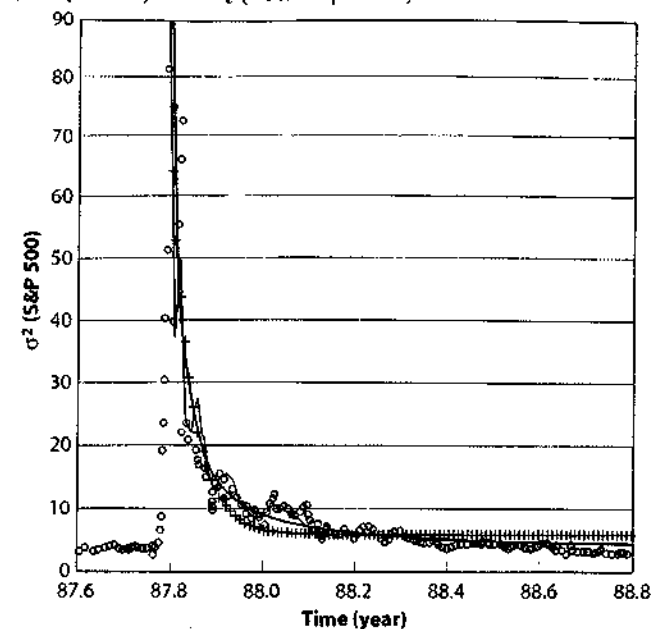


Рис. 94. Эволюция подразумеваемой волатильности индекса S&P500 за определенный промежуток времени (на логарифмической шкале) после краха в октябре 1987 года [84]. Знак + обозначает экспоненциальный спад с $\text{var}(F_{exp}) \approx 15$. Наилучшее соответствие степенному закону, представленного в качестве сплошной линии, дают $A_1 \approx 3.9$, $B_1 \approx 0.6$, $t_1 \approx 87.75$, $m_1 \approx 1.5$ и $\text{var}_{pow} \approx 12$. Наилучшее соответствие с выражением (15) с заменой $t_c - t$ на $t - t_c$ дают $A_2 \approx 3.4$, $B_2 \approx 0.9$, $t_2 \approx 87.7$, $C_2 \approx 0.3$, $w \approx 11$, $m_2 \approx 1.2$, $\text{var}_c \approx 7$. Здесь можно наблюдать 6 ярко выраженных осцилляций вычисленных при помощи (15). Источник [401].

Наш анализ выражения (15) с заменой $t_c - t$ (до краха) на $t - t_c$ (после краха) вновь дает расчет момента критического времени t_c , который определяется с точностью в нескольких дней. Обратите внимание, что долгосрочная масштаб, охватывает годовой период, понадобившийся для снятия послекризисной волатильности до уровня, сопоставимого с ее состоянием до кризиса. Это подразумевает наличие "эффекта памяти": участники рынка остаются обеспокоенными на протяжении долгого времени после кризиса, прогорев во время этого драматического события.

Также стоит отметить, что индекс S&P500, также как и другие фондовые рынки по всему миру, оставался близким к послекризисному уровню довольно длительное время. Так, например, 29 февраля 1988 года мировой индекс находился на отметке 72.7 (по сравнению с 100 на 30 сентября 1987 года). Таким образом, ценовой уровень, установленный октябрьским кризисом, по-видимому, является объективной оценкой среднего ценового уровня последующих месяцев (см. также Рис. 95).

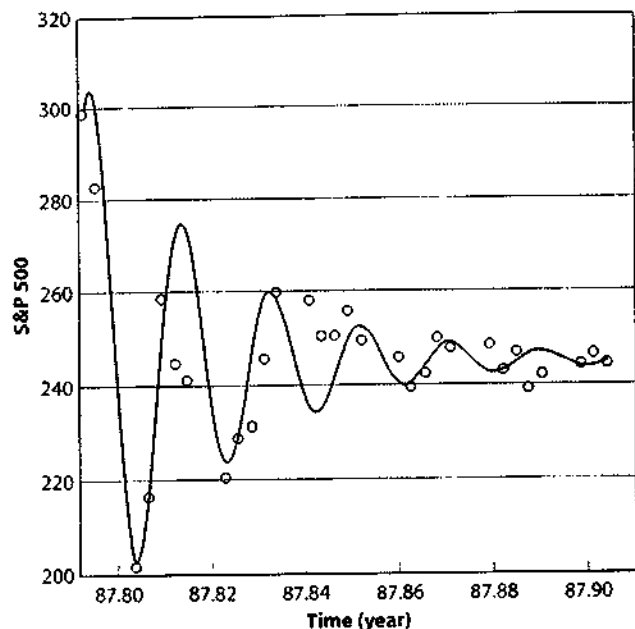


Рис. 95. Изменения индекса S&P500 в течение нескольких недель после обвала 19 октября 1987 года. Подгонка с экспоненциально нисходящей синусоидальной функцией, показанной непрерывной линией, предполагает, что хорошей моделью краткосрочной реакции рынка США является *единственный* диссипативный, гармоничный осциллятор или утасяющий маятник. Источник [401].

Также обратите внимание на то, что в настоящий момент ценность индекса S&P500 значительно больше, чем она была даже до кризиса октября 1987 года, что еще раз говорит о том, что в тот момент не произошло ничего фундаментального. Все это подтверждает идею критической точки, согласно которой это событие представляет собой характерный признак самоорганизации рынков во всем мире.

Существует еще один удивительный признак кооперативного поведения рынков США, обнаруженный путем анализа изменений во времени индекса S&P500 в течение нескольких недель после краха 19 октября 1987 года. Соответствие, показанное на Рис. 95 с экспоненциально затухающей синусоидальной функцией, предполагает, что в течение нескольких недель после обвала рынки США вели себя как *единый* гармоничный диссипативный (с трением) осциллятор с характеристическим временем затухания около недели, которое равно периоду колебаний. Другими словами, движения цены имеют траекторию маятника, двигаясь вверх и вниз с тенденцией к утасанию колебаний около уровня равновесия.

Этот признак еще раз подчеркивает взгляд на рынок, как на кооперативную и самоорганизующуюся систему. Основная мысль, выраженная на этих схемах, заключается в следующем. До кризиса наблюдался бурный всплеск спекуляции и

подражания, что привело к прогрессирующему "агрегированию" большого числа трейдеров в большого и эффективных "супертрейдера", как видно на Рис. 91 и Рис. 92; сразу после обвала рынок действовал как единый супертрейдер, быстро отыскивая равновесную цену путем возвращения к точке равновесия, как показано на Рис. 95. На более длинном временном масштабе (см. Рис. 94) супертрейдер постепенно дробится, и, как бы "рассыпается" на части, восстанавливая, тем самым, разнообразие рыночного поведения.

Кризис октября 1929 года

Кризис октября 1929 года является еще одним историческим событием рынка США в 20-ом веке. Несмотря на разные технологии и отсутствие компьютеров и прочих современных средств передачи информации, наблюдается множественное сходство между кризисом в октябре 1929 года и кризисом в октябре 1987 года. Особенно яркие примеры показаны на Рис. 96 и Рис. 97. Сходство настолько поразительное, что невозможно не удивляться: в истории человечества всегда остается неизменным переплетение человеческой жадности и страхов перед убытками и неопределенностью.

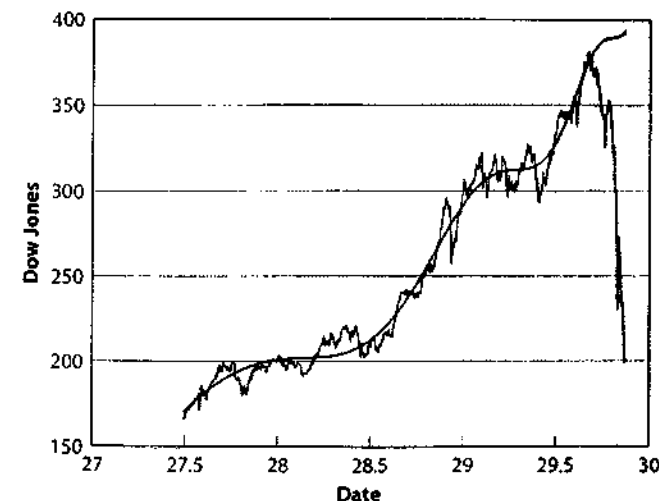


Рис. 96. Индекс Доу-Джонса до краха на Уолл-Стрит в октябре 1929 года. Соответствие, показанное как непрерывная линия, является подгонкой уравнения (15), где $A_2 \approx 571$, $B_2 \approx 267$, $B_2 C \approx 14.3$, $m_2 \approx 0.45$, $t_2 \approx 1930.22$, $\omega_2 \approx 7.9$, $\phi \approx 1.0$. Источник [212].

Сходство между ситуациями, возникшими в 1929 году и в 1987 году, на качественном уровне было отмечено в статье в "Уолл-Стрит Джорнел" от 19 октября 1987 года (с графиком курсов акций в 1920-х и в 1980-х годах), в то самое утро, когда произошел обвал на фондовом рынке. См. обсуждение в [374].

Сходство между этими двумя кризисами можно сделать более очевидным, сравнив подгонку индекса Доу-Джонса формулой (15) за период с июля 1927 года

до максимума перед крахом в октябре 1929 года, как показано на Рис. 96, с такой же подгонкой для краха в октябре 1987 года, показанного на Рис. 91. Обратите внимание на сходство широты временных интервалов, роста и осцилляторных структур, определяющихся сходными экспонентами m_2 и логопериодической угловой частотой ω : $m_2^{1987}=0.33$ по сравнению с $m_2^{1929}=0.45$; $\omega^{1987}=7.4$ по сравнению с $\omega^{1929}=7.9$. Эти численные значения невероятно близки и могут считаться равными с учетом их неточности.

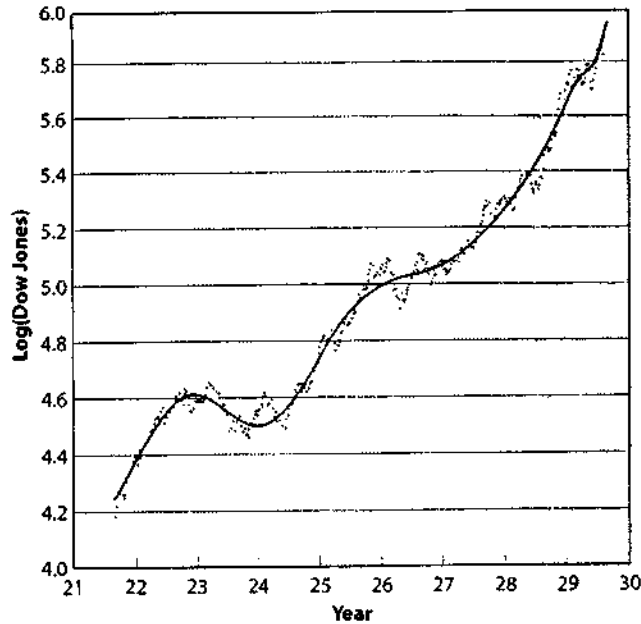


Рис. 97. Временная зависимость логарифма индекса Доу-Джонса за период с июня 1921 года по сентябрь 1929 года и оптимальное соответствие улучшенной нелинейной логопериодической формуле, выведенной в [397]. Крах 23 октября 1929 года соответствует 1929.81 десятичным годам. Параметры подгонки: среднеквадратическое отклонение=0.041, $t=1929.84$, $m_2=0.63$, $\omega=5.0$, $\Delta\omega=70$, $\Delta=14$ лет, $A_2=61$, $B_2=0.56$, $C=0.08$. $\Delta\omega$ и Δ – два новых параметра представленные в [397]. Источник [397].

Рис. 97 для краха в октябре 1929 года является аналогом Рис. 92 для краха в октябре 1987 года. Здесь применяется улучшенная нелинейная логопериодическая формула, выведенная в [397] для значительно большего временного интервала, начинающегося в июне 1921 года. Также, в соответствии с улучшенной теоретической формулировкой, значения экспоненты m_2 и логопериодической угловой частоты ω для двух великих крахов достаточно близки по величине: $m_2^{1929}=0.63$ и $m_2^{1987}=0.68$. Это не противоречит универсальности экспоненты m_2 , предсказанной теорией ренормгрупп, изложенной в главе 6. Предполагается, что подобная универсальность свойственна и логопериодичности, хотя и в меньшей степени, как это было показано в [356]. Это объясняется тем, что вариации и искажения будут по-разному модифицировать ω , в зависимости от их

происхождения. Подгонка показывает, что $\omega_{1929}=5.0$ и $\omega_{1987}=8.9$. Эти значения не являются неожиданными и находятся в одном диапазоне со значениями остальных крахов (см. ниже). Они соответствуют предпочтительным коэффициентам масштабирования равным, соответственно, $\lambda_{1929}=3.5$ по сравнению с $\lambda_{1987}=2.0$.

Крахи в октябре 1929 и в октябре 1987 годов, таким образом, обнаруживают два сходных рыночных образа (паттерна) предкризисного развития для индекса Доу-Джонса, начинаясь, соответственно, за 2.5 и 8 лет до обвала. Можно сделать удивительный вывод, что 20 век потрясли два похожих кризиса, не смотря на огромную разницу во всех возможных аспектах жизни и работы людей в периоды крахов. Возможно, единственное, что несколько изменилось, это образ мыслей и поведения людей. Основная идея, которая следует из этого факта, заключается в том, что организация трейдеров на финансовых рынках внутренне ведет к "системной нестабильности", которая, вероятно, уходит своими корнями в основы человеческой природы, такие как наша жадность, наша инстинктивная психология поведения во время паники, наш стадный инстинкт и наше стремление избежать риска. Поведение всего рынка с его логопериодическими структурами, которое проявляется, как результат совместного поведения трейдеров напоминает процесс зарождения интеллектуального поведения в макроскопическом масштабе, которое люди не могут разглядеть в микроскопическом масштабе. Этот процесс рассматривался в биологии, на примере таких популяций, как колонии муравьев, а также в контексте изучения зарождения сознания [8].

Однако различия между двумя кризисами все же существуют. Важным качественным отличием между великим крахом 1929 года и обвалом на фондовом рынке в 1987 году является тот факт, что изменчивость курсов акций в течение года после краха была намного выше в 1929 году, чем в 1987 году [351]. Это позволило экономистам говорить о том, что обвал в октябре 1929 года привел к значительному временному увеличению неуверенности в будущих доходах. Это заставило потребителей отказаться от покупки товаров длительного пользования. Экономисты-аналитики были тогда гораздо менее уверены в том, какими будут доходы потребителей после обвала фондового рынка, чем в обычные периоды нестабильности. Обозреватели того времени полагали, что неуверенность потребителей являлась основной силой, снижавшей потребление, которая могла быть важным фактором усиления великой депрессии. Рост неуверенности после краха октября 1987 года вызвал гораздо меньший эффект, поскольку никакой депрессии не последовало. Однако, на Рис. 94 четко видно увеличение неуверенности и степени риска, затянувшиеся на несколько месяцев после кризиса.

На самом деле, этот феномен, известный как "эффект рычага", является устойчивой характеристикой рынка в период спада, не обязательно имеющего масштаб краха: после падения стоимости акций, увеличение волатильности рынка, как правило, более значительное, чем после роста акций. Другими словами, непредвиденное снижение доходности приводит к пересмотру условной волатильности в сторону повышения, тогда как непредвиденное увеличение доходности приводит к пересмотру условной волатильности в сторону понижения [242, 160, 86, 11].

На первый взгляд, кажется, что эта характеристика противоречит модели,

управляемой риском, описанной в главе 5, где цена растет потому, что увеличивается риск краха. Исходя из принципа "эффекта рычага", если цена растет, волатильность должна уменьшаться. Поскольку волатильность, как правило, принимается за единицу измерения степени риска, возникает противоречие с идеей о том, что растущий риск краха приводит к увеличению исходной цены в модели, управляемой риском. Фактически же, это противоречие легко разрешить, если заметить, что риск возникновения кризиса сильно отличается от риска, фиксируемого степенью волатильности. Первый чувствителен к крайним возможным, но нереализованным флуктуациям цены, а последний представляет собой среднюю оценку незначительных и средних флуктуаций цены.

Отрицательная корреляция, измеряемая эффектом рычага между волатильностью темпа прироста по акциям и стоимостью акций, отражает больший предполагаемый риск и неуверенность после потерь и, вероятно, относится к фундаментальным особенностям человеческой психологии. На самом деле, документально подтверждено, что люди добиваются лучших результатов, если начало работы было успешным, по сравнению неудачным первым опытом. Неудача и события, рассматриваемые как несчастливые, подрывают уверенность людей в своих способностях и в своем будущем [125].

Три Гонконгских краха 1987, 1994 и 1997 годов

Гонконгские крахи

Гонконг, будучи очень сильно ориентированным на свободный рынок, характеризуется незначительным числом ограничений для резидентов или нерезидентов, физических лиц или компаний относительно проведения операций, займов и репатриации прибыли и капитала. Подобные условия сохранились даже после того, как Гонконг присоединился к Китаю 1 июля 1997 года, как Особый Административный Регион (ОАР) Народной Республики Китай, поскольку стране была обещана "высокая степень автономности" как минимум на 50 лет с момента присоединения Гонконга к Китаю согласно условиям Китайско-Британской Декларации. Управление ОАР осуществляется на основе миниконституции – основного закона ОАР Гонконг. В Гонконге отсутствует валютный контроль и разрешены международные переводы денежных средств. Эти правила оставались неизменными с тех пор, как Китай получил суверенитет на нем от Великобритании. Таким образом, капитал может свободно циркулировать на фондовом рынке Гонконга. Не существует никаких ограничений в отношении конвертации и перевода дивидендов и процентов. Инвесторы приносят свой капитал в Гонконг через открытый валютный рынок и изымают его таким же образом.

Следовательно, вполне можно ожидать, что спекулятивное поведение и стадный инстинкт будут проявляться здесь во всей своей полноте. На самом деле, фондовый рынок Гонконга предоставляет лучшие классические примеры спекулятивных пузырей, усложненных логопериодическим степенным законом роста с последующим крахом. На Рис. 98, они отмечены цифрами I, II и III.

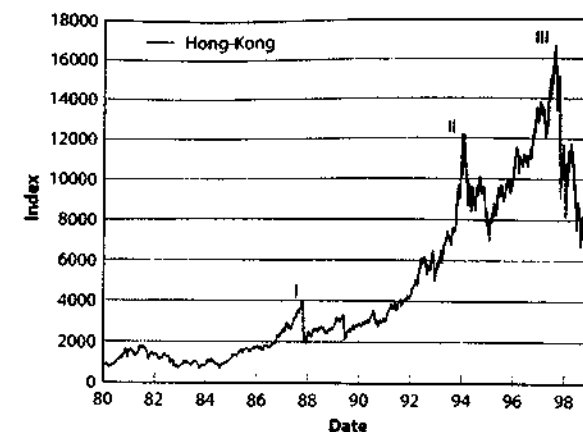


Рис. 98. Гонконгский фондовый рынок как функция времени. Можно выделить три раздувшихся пузыря, закончившихся крахом. Примерные даты обвалов: октябрь 87 (I), январь 94 (II) и октябрь 97 (III). Источник [218].

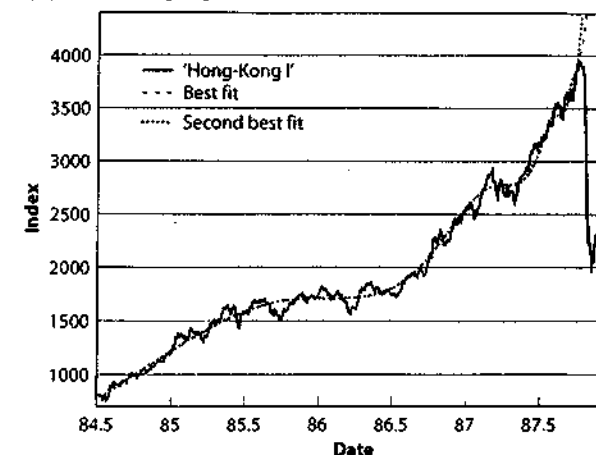


Рис. 99. Пузырь гонконгского фондового рынка, закончившийся крахом в октябре 1987 года. 19 октября 1987 года индекс Hang Seng закрылся на уровне 3362.4. А 26 октября уровень закрытия индекса составлял 2241.7, и, соответственно, упал на 33.3%. Параметры значений соответствия с уравнением (15) см. в Табл. 7. Обратите внимание, что два соответствия ничем не отличаются друг от друга, кроме самого конца пузыря. Источник [218].

1. Первый пузырь и крах, показанные на Рис. 99, синхронны с мировым кризисом в октябре 1987 года. 19 октября 1987 года индекс Hang Seng закрылся на уровне 3362.4. А 26 октября уровень закрытия индекса составлял 2241.7, и, соответственно, его совокупные потери составили 33.3%.
2. Второй пузырь, лопнувший в начале 1994 года, показан на Рис. 100. Пузырь закончился так называемым "медленным обвалом": 4 февраля 1994 года индекс Hang Seng при закрытии достигал отметки 12,157.6, а месяц спустя, 3 марта 1994

года он закрылся на уровне 9,802, что составляет 19.4% общих потерь. В течение последующих 2-х месяцев индекс продолжал падать, опустившись до отметки 8,421.7 при закрытии 9 мая 1994 года, что соответствует 30.7% общих потерь по сравнению с уровнем, достигнутым 4 февраля.

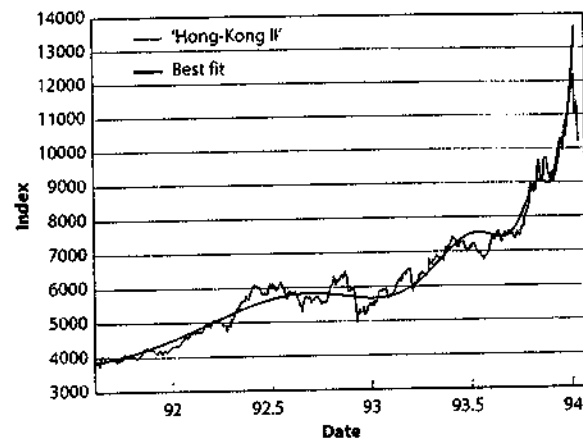


Рис. 100. Пузырь гонконгского фондового рынка, закончившийся крахом в начале 1994 года. 4 февраля 1994 года индекс Hang Seng при закрытии достигал отметки 12,157.6, а месяц спустя, 3 марта 1994 года он закрылся на уровне 9,802, что составляет 19.4% общей потерь. В течение последующих 2-х месяцев индекс продолжал падать, опустившись до отметки 8,421.7 при закрытии на 9 мая 1994 года, что соответствует 30.7% общих потерь по сравнению с высотой, достигнутой 4 февраля. Параметры значений соответствия уравнению (15), изображенному сплошной линией, см. в Табл. 7. Источник [218].

3. Третий пузырь, показанный на Рис. 101, закончился в середине августа 1997 года медленным, но непрерывным угасанием вплоть до 17 октября 1997 года, когда произошел резкий обвал: падение с 13,601 на 17 октября до 9,059.9 на 28 октября, что составляет 33.4% потерь. Наиболее резкое дневное снижение индекса на 10% было третьим по величине в процентном соотношении после 33.3% в октябре 1987 года и 21.75% после подавления демонстрации на площади Тяньаньмэнь в июне 1989 года.

В Табл. 7 приведены параметры подгонки под уравнение (15) фаз пузыря для событий I, II и III, показанных на Рис. 99-Рис. 101. Примечательно, что все три краха на гонконгской фондовой бирже имеют, в общем, одинаковую логопериодическую угловую частоту $\omega \pm 15\%$. Эти значения также сходны с теми, что были обнаружены в пузырях на американских фондовых рынках и на рынке FOREX (см. ниже). В частности для краха в октябре 1987 года на рынке в Гонконге мы имеем $m_2^{1987} = 0.33 < m_2^{HK1997} = 0.34 < m_2^{1929} = 0.45$, а $\omega^{1987} = 7.4 < \omega^{HK1997} = 7.5 < \omega^{1929} = 7.9$; экспонента m_2 и логопериодическая угловая частота ω для кризиса в октябре 1997 года на Гонконгской фондовой бирже полностью совпадают с показателями двух основных крахов на Уолл-Стрит! Рис. 102 демонстрирует "универсальность" логопериодического компонента сигналов в трех пузырях, предшествовавших трем обвалам гонконгского рынка.

Табл. 7

Фондовые рынки	A_2	B_2	B_2C	m_2	t_c	ω	Φ
Гонконг I	5523; 4533	-3247; -2304	171; -174	0.29; 0.39	87.84; 87.78	5.6; 5.2	-1.6; 1.1
Гонконг II	21121	-15113	-429	0.12	94.02	6.3	-0.6
Гонконг III	20077	-8241	-397	0.34	97.74	7.5	0.8

Параметры соответствия для трех спекулятивных пузырей, закончившихся крахом на фондовом рынке Гонконга (Рис. 99- Рис. 101). Несколько значений соотносятся с двумя наилучшими соответствиями. Источник [218].

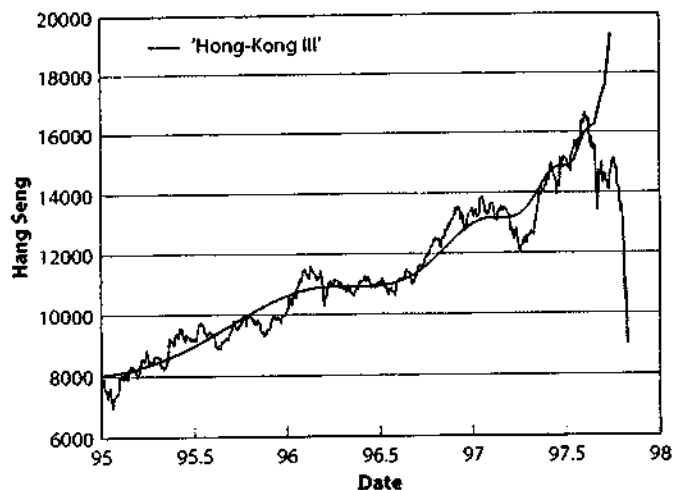


Рис. 101. Индекс Hang Seng до краха на бирже в Гонконге в октябре 1997 года. 11 августа 1997 года индекс вырос до отметки 16,460.5. Затем он начал постепенно снижаться и к 17 октября 1997 года достиг уровня 13,601, после чего, 28 октября 1997 года, произошел резкий обвал до уровня, близкого к отметке 9,059.9. При этом внутридневной минимум тогда составил 8,775.9. Амплитуда совокупных потерь по сравнению с высотами 11 августа составила 45%. Размах обвала за период с 17 октября по 28 октября составил 33.4%. Соответственно, изображенное прямой линией является уравнением (15) где $A \approx 20077$, $B \approx 8241$, $C \approx 397$, $m \approx 0.34$, $t_0 \approx 1997.74$, $\omega \approx 7.5$ и $\phi \approx 0.78$. Источники [212] и [218].

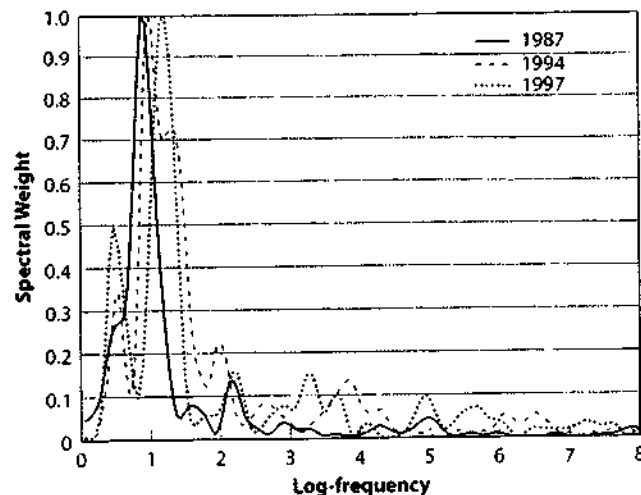


Рис. 102. Спектральный анализ Ломба для трех пузырей, предшествующих обвалам на фондовом рынке Гонконга (Рис. 99 - Рис. 101). См. раздел "Непараметрический тест логопериодичности" далее в этой главе. Всем трем пузырям свойственна практически одинаковая "универсальная" логочастота $f \approx 1$, относящаяся к предпочтительному коэффициенту масштабирования дискретной инвариантности шкалы, равного $\lambda = \exp(1/f) \approx 2.7$.

Крах в октябре 1997 года и его резонанс на рынках США

Крах гонконгского рынка в октябре 1997 года приводится как классический пример того, как эпидемии и спекуляции выходят из-под контроля. Когда премьер-министр Малайзии доктор Махатир Мохамад (Mahathir Mohamad) выступил со своим, знаменитым по сей день, обращением к Мировому Банку Международного Валютного Фонда на семинаре в Гонконге в сентябре 1997 года, многие критики просто разгромили его предложение запретить валютные спекуляции, объяснив это попыткой скрыть ослабление экономической ситуации в Малайзии. Они подчеркнули тот факт, что валютная суматоха никак не отразилась на экономике Гонконга, которая оставалась достаточно прочной. Следовательно, если это каким-либо образом и заделало экономику Малайзии и других стран, то только из-за ослабленной экономической ситуации данных стран. В то время, можно было смело указать на дефицит платежного баланса таких стран как Малайзия, Таиланд и Индонезия. В Гонконге же, наоборот, платежный баланс был вполне устойчивым и, более того, имел солидные валютные резервы в размере \$88 млрд.

Теория о том, что "сильному ничего не грозит" пошатнулась после того, как Тайваньские власти были вынуждены отказаться от привязывания курса национальной валюты к доллару США, потратив \$5 млрд. в бесплодной попытке защитить свою валюту от спекулятивных атак. Окончательный удар по этой теории был нанесен крахом в Гонконге, потрясшим аналитиков и средства массовой информации, поскольку этот быстро растущий рынок считался самым безопасным в Азии. Несмотря на обвал за обвалом, происходивших на менее крупных рынках Азии, начиная с Таиланда в июле 1997 года, и послуживших причиной возникновения экономических и валютных проблем, считалось, что Гонконга это не коснется. Его рынки, работающие в западном стиле – вторые по величине в Азии после Японии, казалось, были невосприимчивы к финансовой лихорадке, охватившей остальной континент. Из нашего анализа, проведенного в главах 4 и 5, а также из опыта предыдущих пузырей, лопнувших в октябре 1987 года и в начале 1994 года, становится ясно, что это наивное убеждение не позволило вовремя заметить "инфекцию", что привело к чрезмерным инвестициям в период раздувания пузыря, предшествующего краху и вытекающей из него нестабильности. Это сделало Гонконг доступным для так называемых спекулятивных атак. На самом деле известно, что, в частности, хеджевые фонды заняли позиции, в соответствии с возможным валютным и фондовым кризисом, продавая валюту и, тем самым, понижая ее курс, что вынудило правительство Гонконга повысить процентные ставки, чтобы защититься путем увеличения денежной ликвидности. Однако, это, в свою очередь, негативно отразилось на рынке акций, сделав его более нестабильным.

Как мы уже говорили, нельзя путать локальные причины нестабильности с фундаментальными. Как выразился Джордж Стиглер (George Stigler) – лауреат нобелевской премии, экономист Университета в Чикаго – обвинять рынки в исходе, который нам не по душе, все равно, что обвинять официантов в ресторане в нашем переиздании. В рамках теории, предложенной в этой книге, крахи являются возможным, (но необязательным) исходом длительных приготовлений, которые мы называем "стадностью". Они толкают рынок к состоянию непрерывно растущей нестабильности. В подобной ситуации существует большое количество возможных

локальных причин, которые могут спровоцировать крах. Доводя это утверждение до крайности, чтобы сделать его предельно ясным, давайте сравним это с тем случаем, когда в падении печально известного моста Такома Нарроус, соединявшего материковый Вашингтон с Олимпийским полуостровом, обвинили сильный ветер. На самом деле, 7 ноября 1940 года примерно в 11.00 утра, мост неожиданно рухнул после необычайного раскачивания в такт сильному ветру [418], при этом мост был открыт для движения всего несколько месяцев назад. Однако сильный ветер в тот день был лишь локальной причиной, тогда как в основе трагического события лежали более фундаментальные причины: мост, как и большинство предметов, имеет небольшое количество характеристических частот, называемых собственными частотами, и в один прекрасный день ветер дул именно с той силой, чтобы "разбудить" одну из них. Мост отреагировал вибрацией на характеристической частоте, то есть резонансом, с такой силой, что надломил соединяющие его подпорки. Таким образом, фундаментальной причиной коллапса Такома Нарроус является концептуальная ошибка, усилившая роль одного из специфических типов резонанса. Суммируя выше сказанное, можно сделать вывод, что обвал Такома Нарроус, также как и большинства фондовых рынков во время кризиса представляет собой результат заложенной или приобретенной нестабильности. В свою очередь, эти нестабильности вскрываются "незначительными" пертурбациями, которые ведут непосредственно к коллапсу.

Спекулятивные атаки в периоды нестабильности рынка иногда принимаются за возможные причины серьезных потенциальных рисков для развивающихся стран. Эти страны под давлением вынуждены открывать свои финансовые секторы для крупных иностранных банков, страховых компаний, брокерских фирм, и других институтов, финансового сектора Мировой Торговой Организации, предоставляя полную свободу действий мировым финансовым рынкам. Однако мы считаем, что на самом деле причина проблемы кроется во вливании капитала, подпитанным изначально чрезмерными оптимистическими ожиданиями и, как результат, в стабильности, которая сначала приносит стране доход, однако, несет в себе риск будущей нестабильности (замечание редактора научного редактора). Развивающиеся страны, также как и инвесторы не могут сделать так, чтобы "и овцы были целы и волки сыты"! С точки зрения эффективного рынка, спекулятивные атаки есть ничто иное, как проявление нестабильности и средство, при помощи которого рынки вынуждены отодвинуться к более стабильному динамическому состоянию.

Интересно, что обвал гонконгского рынка в октябре 1997 года вызвал серьезный резонанс на других рынках по всему миру, и в частности на рынках США. Обычно говорится, что "волна продаж", начавшись в Гонконге, распространилась вначале на все остальные рынки юго-восточной Азии на фоне пессимистичных настроений, подтвердивших наличие серьезных финансовых проблем азиатских "тигров". А затем, волна охватила европейские рынки и, наконец, США. Акциями, претерпевшими самый суровый удар, стали акции мультинациональных компаний, получивших часть прибыли из региона юго-восточной Азии. Причина их обесценивания заключается в том, что замедление экономического роста в регионе ведет к сокращению корпоративных доходов. По оценкам, 25 компаний, составляющих 1/3 индекса S&P500 на фондовом рынке, получают около половины своего дохода из источников за пределами США. Ослабление роста юго-восточной

Азии увеличило главные опасения инвесторов Уолл-Стрит. Чтобы сохранить существующий тогда бычий тренд, рынку были нужны стабильные корпоративные доходы. Если же их не предвиделось, цикл роста цен на акции превращался в цикл их падения. Обеспокоенность относительно доходов, вероятно, стала последней каплей, сломившей шестилетний бычий тренд на Уолл-Стрит.

Следы стабильности и грядущей нестабильности были обнаружены несколькими независимыми группами исследователей и обнаружены. Согласно нашей теории, волнения на финансовых рынках США в октябре 1997 года нельзя рассматривать лишь как пассивную реакцию на обвал рынка в Гонконге. Признак логопериодического степенного закона, отмечавшегося на рынке США в течение нескольких лет вплоть до октября 1997 года (см. Рис. 103) указывает на то, что сходное стабильное поведение и нестабильность также развивались параллельно. Фактически, обнаружение логопериодических структур и прогнозирование коррекции рынка, или краха в конце октября 1997 года, формально было зафиксировано 17 сентября 1997 года совместно А. Йохансеном (A. Johansen) и автором этой книги во Французском бюро по защите авторских прав под регистрационным номером 94781. Кроме того, была сформулирована торговая стратегия с использованием опционов "пут" с целью проведения экспериментальных тестов данной теории. За двухнедельный период, включающий мини крах 28 октября 1997 года, было получено 400% прибыли. Доказательство получения такого дохода можно увидеть в сводке управления клиентскими наличными средствами, опубликованной в ноябре 1997 года. Используя вариацию нашей теории [435], которая оказалась менее надежной, группа физиков и экономистов также сделала публичное заявление, опубликованное 18 сентября 1997 года в бельгийском журнале [115]. В последствии, их методология была изложена в научной публикации [433]. Две другие группы, уже постфактум, анализировали возможность предсказания данного события. Фейгенбаум и Фронд (Freund) анализировали логопериодические осцилляторы индекса S&P500 и биржи NYSE относительно "коррекции" 27 октября, отмечавшейся на Уолл-Стрит [129]. Глазман (Gluzman) и Юкалов (Yukalov) предложили новый подход к временным интервалам, относящимся к крахам в октябре 1929 и 1987 годов, а также к коррекции на бирже NYSE в октябре 1997 года. Этот подход основан на алгебраической самоподобной ренормализационной группе. [161].

Цены на акции и конвертируемые облигации также давали четкий сигнал разворота рынка и минимального диапазона изменения цены акции во время формирования пузыря и последующего краха на гонконгском рынке в 1997 году [82]. Помните, что конвертируемые облигации являются дебетовыми инструментами, которые можно конвертировать в акции по определенной цене, называемой "конверсионная цена". Конвертируемая облигация это, по сути, облигация плюс опцион "колл" на данную акцию. Из-за опциона "колл" на акцию, конвертируемые облигации, обычно, приносят меньший купонный доход, чем обычные облигации. Когда акция торгуется по цене ниже конверсионной, опционы "колл" имеют очень низкую стоимость и конвертируемые облигации ведут себя почти как обычные облигации. Когда акция торгуется по цене выше конверсионной, конвертируемые облигации становятся все больше и больше похожими на акции, из-за того, что

вероятность конверсии очень высока. Большинство конверсионных облигаций могут быть отозваны или конвертированы по желанию их эмитентов, когда подлежащая акция достигает определенной цены, называемой ценой исполнения (call price). Таким образом, конверсионная облигация – это гибрид займа и акции. Поскольку конверсионная облигация включает в себя опцион "колл" на акцию, а цена такого опциона всегда положительная, конверсионная облигация всегда должна торговаться с премией по сравнению с ценой акции; то есть, цена конверсионной облигации должна быть всегда выше цены соответствующей акции. Если конверсионные облигации продаются по меньшей цене, то это обычно означает, что, либо существуют какие-то ограничения на конверсионные облигации, повлиявшие на уменьшение их стоимости, либо за подобной ценовой аномалией скрывается дополнительная информация. Подобный эффект был документально установлен в конце гонконгского пузыря [82]. Таким образом, во взаимоотношениях между основной акцией и ее производными во время развития рыночного пузыря скрывается дополнительная информация.

Наилучшее соответствие для логарифма индекса S&P500 с января 1991 года по 4 сентября 1997 для улучшенной нелинейной логопериодической формулы, выведенной в [397] и примененной на Рис. 92 и Рис. 97, изображено на Рис. 103. Этот результат, а также множество других анализов привели к прогнозированию, которое более подробно будет рассмотрено в главе 9. На самом же деле, краха не произошло. Что случилось, так это падение индекса Доу-Джонса на 554.26 пунктов, закончившегося день с понижением на 7.2%. Nasdaq пережил самый большой спад в течение одного дня за всю историю индекса (на тот период). В соответствии с новым правилом, введенным после Черного Понедельника в октябре 1987 года, торговля на всех основных рынках США была остановлена. Личное общение автора с профессиональными трейдерами, позволило сделать вывод, что многие ожидали краха. Как выяснилось, их прогнозы были неверными. Говоря о настроениях на рынке, необходимо учитывать имевшую место незадолго до этого массовую продажу акций, спровоцированную заявлением Гринспена, сделанным в начале месяца. Он отметил, что экономический бум в США ничем не обоснован, а темпы роста на фондовых рынках мало реалистичны.

Любопытно, что критическое время t_c , определившее приблизительно эту дату (см. главу 9), фактически указывало скорее на изменение тренда, чем на настоящий крах: после встряски, рынок США оставался более или менее неизменным, пробив, таким образом, господствующий до этого бычий тренд. При этом, до конца января на рынке сохранялась значительная волатильность, после чего начался новый период быков, закончившийся в августе 1998 года, что будет проанализировано чуть позднее. Наблюдения разворота тренда после t_c полностью согласуются с моделью рациональных ожиданий пузыря и краха, описанной в главе 5: пузырь растет, участники рынка полагают, что вероятность обвала увеличивается, изменения цен приобретают характерные признаки спекуляции и стадности, но в критическое время крах не происходит. Это можно интерпретировать как сценарий ненулевой вероятности, также предсказанный моделью рационального ожидания пузыря и краха, описанной в главе 5, который заключается в том, что никакого краха может и не произойти за весь период существования пузыря, включая t_c .

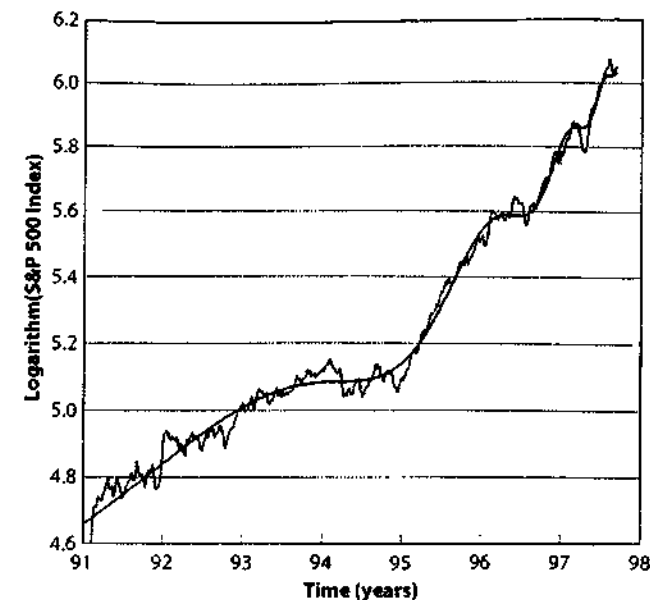


Рис. 103. Наилучшее соответствие (изображено в виде главной непрерывной линии) для логарифма индекса S&P500 с января 1991 года по 4 сентября 1997 года (1997.678) по улучшенной нелинейной логопериодической формуле, выведенной в [397], и примененной на Рис. 91 и Рис. 97. Экспонента m и логопериодическая угловая частота ω имеют значения соответственно $m=0.73$ (по сравнению с 0.63 на октябрь 1929 года и 0.33 на октябрь 1987 года) и $\omega=8.93$ (по сравнению с 5.0 на октябрь 1929 года и 7.4 на октябрь 1987 года). Критическое время, предсказанное этим соответствием, $t_c=1997.948$, то есть середина декабря 1997 года.

Что еще могло послужить дополнительными причинами для избежания краха, прогнозируемого в октябре 1997 года на рынке США? Одним из таких факторов могло стать поведение организованных частных инвесторов. Населению США принадлежит большая часть индустрии взаимных фондов, с общим капиталом \$2.626 триллионов или 74.2% от \$3.539 триллионов активов взаимных фондов (данные на конец 1996 года). Тогда как банки и индивидуальные инвесторы, выступающие в роли доверенных лиц, опекунов или управляющих, а также другие организации-инвесторы владеют оставшимися \$913 млрд. или 25.8%. Как показано на Рис. 104, характер покупки акций населением постепенно менялся в течение последних 10 лет, все больше и больше склоняясь к взаимным фондам. Анализ, проведенный Институтом Инвестиционных Компаний и охватывающий более 50 лет, включает 14 основных падений цен на рынке и несколько резких сбросов акций. В результате данного анализа не обнаружено никаких исторических подтверждений массового высвобождения активов взаимных фондов во время падений на фондовых рынках США. Этот анализ совпадает с результатами опросов держателей акций и говорит о том, что владельцы акций взаимных фондов имеют более долгосрочные инвестиционные горизонты и общее представление о риске.

Таким образом, большая часть рынка, представленная этими долгосрочными инвесторами, обеспечивает большую стабильность и снижает реакцию на локальные спады. Ограниченное падение цен в октябре 1997 года, остановившееся на краю обвального падения, возможно, стало результатом этого стабилизирующего эффекта, который в 1997 году был сильнее, чем в 1998 году из-за большего количества акций на руках у населения.

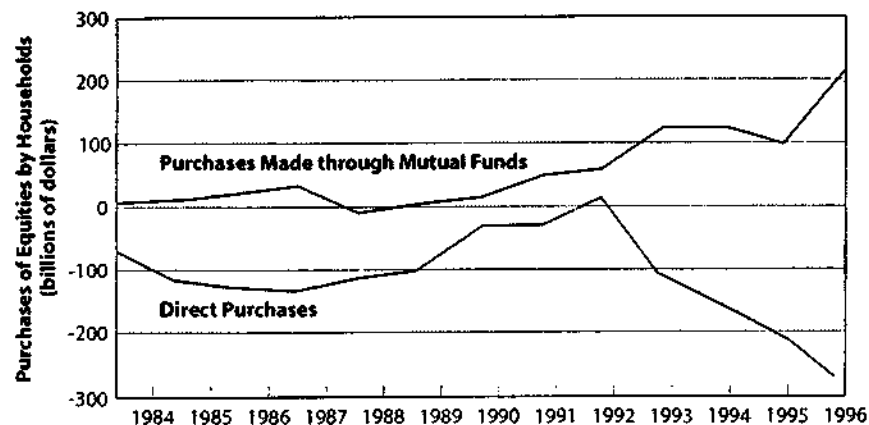


Рис. 104. Взято из отчета Института Инвестиционных Компаний, основанного на источниках из ФРС, Института исследований доходов населения и исследованиях самого ИИК (www.ici.org). ИИК является национальной ассоциацией американских инвестиционных компаний. Он был основан в 1940 году и в 2000 году в него входило 8,414 взаимных фондов, 489 закрытых фондов и 8 инвестиционных трастов. Инвестиционные фонды, в свою очередь, представляют 83 млн. индивидуальных держателей акций и управляют приблизительно \$7 триллионами. Отрицательные "прямые покупки" соответствуют продажам.

Одновременность критического времени t_c гонконгского краха и окончания фаз европейского и американского спекулятивных пузырей в конце октября 1997 года не являются ни счастливым совпадением, ни доказательством влияния одного рынка (гонконгского) на другие, которое часто становилось предметом неискусственных дискуссий. Однако эта одновременность может быть предсказана при помощи модели рационального ожидания пузырей, допускающей объединение и взаимодействие на фондовых рынках. Исходя из принципа общих взаимодействий, если критическое время появляется на одном рынке, оно также должно быть представлено и на других рынках, как результат нелинейных взаимодействий, существующих между рынками [219]. Более подробно это будет рассмотрено в главе 10 в контексте взаимодействия между мировой популяцией, объемом производства мировой экономики и мировыми фондовыми рынками. Суммируя сказанное, можно заключить, что из гонконгского краха в октябре 1997 года можно извлечь два урока: трендоустанавливающая сила "всемирной деревни" и мощь общего настроения инвесторов выкованы силами имитации и стадного поведения.

Валютные крахи

На валютных рынках тоже могут формироваться пузыри и крахи. Как показано на Рис. 105, пузырь по доллару образовавшийся в начале 1980-х и завершившийся в 1985 году является тому прекрасным примером.

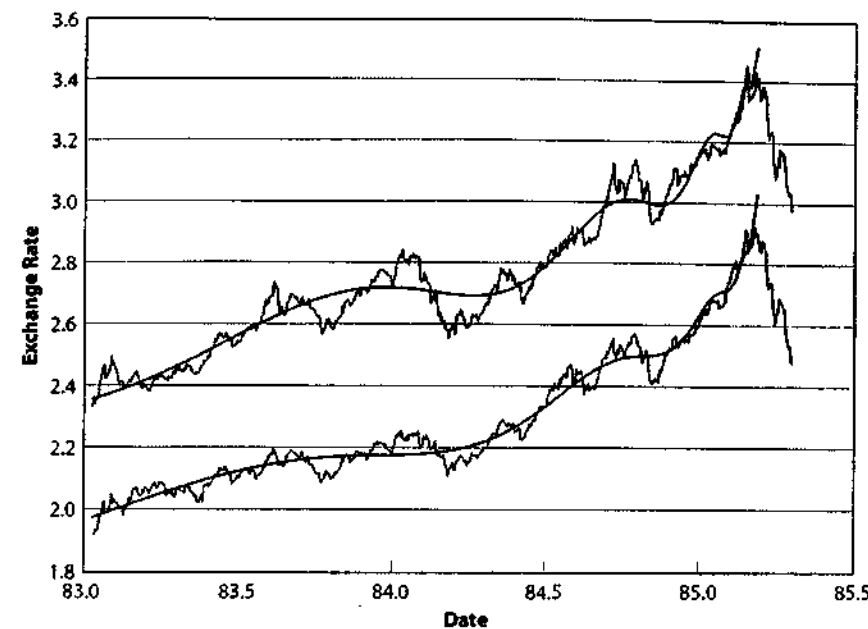


Рис. 105. Доллар США, выраженный в немецких марках DEM (верхняя кривая) и в швейцарских франках CHF (нижняя кривая) до его обвала в середине 1985 года. Соответствие для немецкой валюты против доллара США уравнению (15) показано непрерывной плавной линией и дает $A \approx 3.88$, $B \approx -1.2$, $B_2 C \approx 0.08$, $m \approx 0.28$, $t_c \approx 1985.20$, $\omega \approx 6.0$, и $\varphi \approx -1.2$. Соответствие для швейцарской валюты против доллара США уравнению (15) дает $A \approx 3.1$, $B \approx -0.86$, $B_2 C \approx 0.05$, $m \approx 0.36$, $t_c \approx 1985.19$, $\omega \approx 5.2$, и $\varphi \approx -0.59$. Обратите внимание на небольшие колебания значения коэффициента масштабирования $2 \leq \lambda \leq 2.7$, которые являются одним из ключевых тестов нашей теории "критического стадного поведения". Источник [212].

Чтобы понять, что произошло, нам необходимо вернуться назад, в историю валютного обмена. В 1975 году, секретарь Казначейства США заявил на ежегодном заседании Международного Валютного Фонда, что "Мы твердо уверены в том, что страны должны иметь возможность самостоятельно выбирать систему валютных курсов". Оба эти события были успешным завершением "кампании", начатой экономистом Милтоном Фридманом (Milton Friedman) четверть века назад. Борьба Фридмана за гибкие валютные курсы из разряда ереси перекочевала в большинство научных рекомендаций, а затем (минуя двух Секретарей Казначейства) превратилось в краеугольный камень международного "валютного устройства" после 1973 года [261]. Поскольку плавающие валютные курсы были легализованы, несколько ведущих стран начали экспериментировать с монетарными целями, полагая, что

плавающие валютные курсы – это шаг к независимой национальной валютной политике. Это было концом Бреттонвудского соглашения, принятого, чтобы обеспечить стабильность в мире в послевоенный период и облегчить переход к свободной торговле и полной занятости. Однако, как выяснилось, фиксированные валютные курсы привели к возникновению множества кризисов и проблем: на самом деле, сама идея перехода от фиксированных курсов мировых валют к плавающим ставкам между местными денежными единицами заключалась в том, чтобы дать правительствам возможность иметь независимые монетарные политики. Это помогло бы справляться с внутренними рецессиями по мере их возникновения. Подвижность в деле создания независимой денежной политики, таким образом, дает стране дополнительную степень свободы в вопросе стабилизации экономики. Однако страна не может одновременно печатать деньги, чтобы справиться с рецессией и поднимать ценность национальной денежной единицы на валютном рынке. Страна также может повысить свою конкурентоспособность путем обесценивания валюты. Но признаки наметавшегося обесценивания могут привести к массовым спекуляциям против неустойчивой валюты. Данная проблема будет обсуждаться в главе 8. Также см. описание в [248] раскрывающее тайны монетарных политик.

С окончанием Бреттонвудского соглашения в начале 1970-х валютный рынок начал быстро увеличиваться в размерах и степень его нестабильности стала расти. Либерализация движения капитала, последовавшая за принятием плавающих валютных курсов, принесла увеличение объема циркуляции валют между странами. Наивно было полагать, что валютный курс, скажем, между долларом США и евро (с января 1999 года), будет определяться только торговыми нуждами: североамериканцам, торгующим с европейцами, необходимы евро, чтобы приобретать европейские товары и наоборот. Также существует и другая, не менее важная популяция – это инвесторы: люди, покупающие и продающие валюты с целью приобретения акций и облигаций на рынках США и/или Европы. Поскольку эти инвестиционные нужды крайне переменчивы и несут в себе элемент спекулятивных колебаний, ценность валют оказывается неустойчивой и подверженной тем же самым силам, описанным в главах 4 и 5, что и фондовые и общие финансовые рынки. Доказано, что именно эти силы лежат в основе спекулятивного пузыря по доллару в первой половине 1980-х годов [340].

Роль монетарной политики, ставшей возможной благодаря плавающим курсам валют, была достаточно ясной, в частности, в контексте значительного дефицита федерального бюджета США в начале 1980-х годов, вызывавшего опасения резкого роста инфляции. Сторонники монетарной политики считали, что ключевой способ сдерживания инфляции – это сдерживание процесса увеличения денежной массы. На самом деле, придерживаясь политики сильного доллара (замедляющей развитие экономики США) и ограничивая денежные запасы, Федеральный резерв смог подавить инфляцию с 13,3% в 1979 году до 4,4% в 1987 году и до 2% в конце 20 века. Многие даже полагали, что высокий курс доллара США вызван большим дефицитом бюджета страны. Правда, значительный бюджетный дефицит в начале 1980-х годов должен был финансироваться, в частности, за счет иностранных инвесторов, привлекаемых высокими процентными ставками на облигации и ценные бумаги Казначейства США. Высокие процентные ставки автоматически делают доллар

привлекательным и повышают на него спрос. Статистические тесты за несколько периодов времени на то, становится ли доллар более привлекательным во время роста дефицита бюджета, в корне опровергли общепринятое мнение [121]. Закон о налоге на экономическое восстановление от 1981 года составил природу мегадефицитов, поскольку он был принят для того, чтобы увеличить сбережения и инвестиции и, таким образом, увеличить реальный экономический рост. Этот увеличенный рост, в свою очередь, должен был компенсировать снижение налогов. Оказалось, что этот закон не привел к увеличению доходов, необходимых для сокращения дефицита бюджета, раздув дефицит торгового баланса, связанного с дефицитом федерального бюджета и высокими процентными ставками США, привлекающими иностранных инвесторов. Поэтому считается, что наиболее оптимальным решением для снижения процентных ставок и торгового дефицита, является постепенное и планомерное сокращение федерального дефицита. Фактически, взаимоотношения между валютным курсом и состоянием экономики значительно более сложные. Это связано с присутствием других факторов, наряду с ожиданиями и предчувствиями инвесторов. Как и все, что связано с экономикой, валютный курс регулируется законами спроса и предложения. Например, если цена на продукцию возрастает в США по сравнению с той же продукцией во Франции, стоимость валюты США падает. В самом деле, пусть бутылка вина, изначально стоила \$1 в США и 1 евро во Франции, затем, в США цена возрастает до \$2 и остается на прежнем уровне во Франции, эффективный курс валютного обмена $\$1 = 1$ евро, основанный на бутылке вина, соответственно, стал $\$2 = 1$ евро. Все же, из-за стоимости перевозок и других "трений", корректировка валютного курса не точно передает эти взаимоотношения. Если по каким-либо причинам курс остается $\$1 = 1\text{€}$, увеличение цен происходит во Франции: 1 бутылка вина = $\$2 = 2\text{€}$. Французы перестанут покупать вино из Соединенных Штатов, так как их собственная продукция в два раза дешевле.

На самом деле, более важной определяющей частью валютного курса является (скорректированная относительно уровня инфляции) реальная процентная ставка. Если реальные процентные ставки в стране растут, ценность валюты данной страны также должна увеличиваться, поскольку инвесторы получают больший прирост от держания валюты с наиболее высокой реальной процентной ставкой. Следовательно, такая валюта пользуется большим спросом, что ведет к увеличению ее стоимости. Но так происходит не всегда: данные по валютным курсам и процентным ставкам за короткий период в 1980-х годах, отражают негативную корреляцию, которая, вероятно, возникла из-за того, что большинство аналитиков предсказывали рост инфляции, даже несмотря на то, что процентные ставки были относительно высокими [35].

Начиная с 1980 года, доллар США пережил беспрецедентное увеличение совокупного спроса по отношению к остальным валютам ведущих индустриальных держав. Это повлекло за собой следующие последствия: потеря конкурентоспособности, что негативно отразилось на промышленности страны, и увеличение дефицита торгового баланса США до \$45 млрд. к концу 1983 года. При этом экспортные продажи упали примерно на \$35 млрд., а импортные закупки возросли на \$10 млрд. Например, в 1982 году уже предполагалось, что такой спрос на доллар, повлиявший на изменения объема импорта и экспорта, приведет к

сокращению валового национального продукта к концу 1983 года на 1.0-1.5% ниже уровня 3-го квартала 1980 года [130]. Спрос на доллар США в 1980-84 года сопровождался заметным снижением цен на большинство товаров, импортируемых из Канады, Германии и Японии. Однако, некоторые цены в долларах на импортируемую продукцию выросли как безусловно, так и по отношению к общему уровню цен в США. В среднем, произошло уменьшение цен на 8% на товары, поставляемые из Канады и Японии и на 28% – из Германии [133]. Положительным эффектом в данной ситуации должно было стать значительное улучшение прогноза по уровню инфляции. Также существуют доказательства того, что сильный доллар в первой половине 1980 годов спровоцировал увеличение конкуренции на рынках товаров США, особенно с продукцией континентальной Европы [240].

Как мы уже объясняли в главе 5, согласно теории рационального ожидания спекулятивных пузырей, цены могут двигаться вверх, подталкиваемые надвигающимся риском сильной коррекции или краха. Такая возможность была принята в качестве объяснения усиления спроса на доллар США начиная с 1980 года по начало 1985 года [230]. Если участники рынка полагают, что может произойти определенное событие, а оно не реализуется в течение какого-то времени, это может привести к таким последствиям как увеличение цен и кажущемуся неэффективным предсказанию поведения форвардных валютных курсов. (Форвардные и фьючерсные контракты являются финансовыми инструментами, тесно связанными со спотовыми ценами, поскольку они несут в себе наиболее точную информацию об ожиданиях участников рынка относительно спотовых цен в ближайшем будущем). В самом деле, с октября 1979 года по февраль 1985 года форвардные ставки систематически указывали на укрепление доллара США. Два самостоятельных события можно определить как силы, повлиявшие на ожидания рынка [230]: (1) изменение монетарной политики в 1979 году и вытекающие отсюда сомнения частного сектора относительно намерений ФРС снижать рост денежной массы и инфляции; (2) предчувствия частного сектора относительно начала падения доллара в марте 1985 года, то есть предчувствия сильной коррекции, точно как описано в модели пузыря-краха в главе 5. Соответствующий характерный степенной закон ускорения роста пузыря, сопровождаемый логопериодическими колебаниями, показан на Рис. 105.

Ожидания валютного курса в будущем оказались чрезмерными в последующий период с 1985.2 по 1986.4, демонстрируя эффект толпы в действии, а также вероятность появления рационального спекулятивного пузыря [278]. Как обычно, перед сильной коррекцией или обвалом, аналитики проявляли глубокую уверенность в стабильности ситуации. Кроме того, было много успокаивающих разговоров о том, что нет никакой серьезной опасности коллапса доллара, который достиг беспрецедентных высот по отношению к иностранным валютам [199]. На долгосрочных прогнозах, однако, было ясно видно, что подобное укрепление доллара было необоснованным, и что доллар был явно переоценен, в частности, потому что на валютных рынках укрепилось мнение, что национальная валюта может оставаться сильной длительное время только при условии устойчивого платежного баланса. Как раз наоборот, в первой половине 1984 года, платежный баланс США переживал сезонно-взвешенный дефицит в размере \$44.1 млрд.

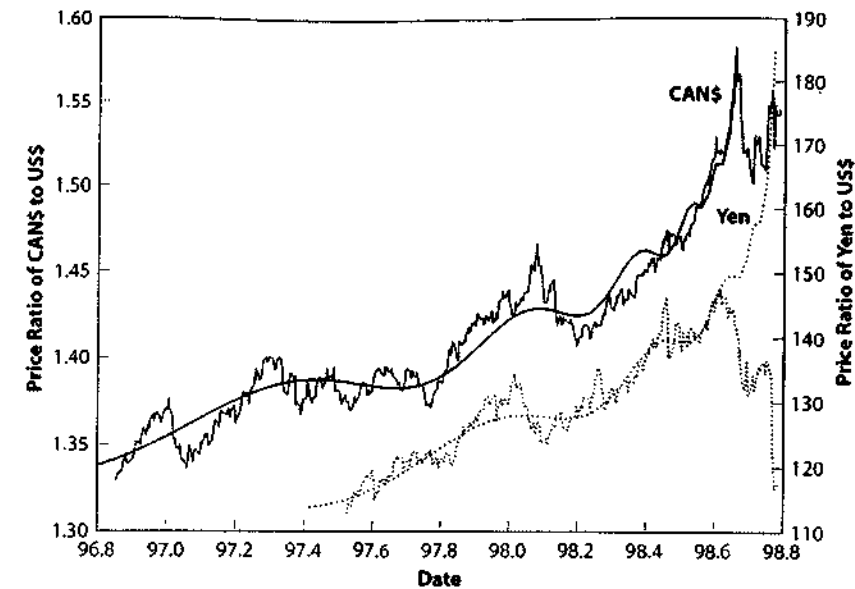


Рис. 106. Доллар США, выраженный в канадских долларах и йенах до его падения в августе 1998 года. Соответствие с уравнением (15) с двумя валютными курсами дает $A \approx 1.62$, $B \approx -0.22$, $B_2 C \approx -0.011$, $m \approx 0.26$, $t \approx 98.66$, $\phi \approx -0.79$, $\omega \approx 8.2$ и $A \approx 207$, $B \approx -85$, $B_2 C \approx 2.8$, $m \approx 0.19$, $t \approx 98.78$, $\phi \approx -1.4$, $\omega \approx 7.2$, соответственно. Источник [221].

Похожий, но не столь сильный пузырь по доллару США, выраженный соответственно в канадских долларах и японских йенах, росший чуть меньше года и лопнувший летом 1998 года, показан на Рис. 106. Пол Крутман (Paul Krugman), профессор экономики Института технологий из Массачусетса, предположил, что рост йены и канадского доллара, также как и недавний обвал финансовых рынков США в конце лета 1998 года, о котором будет говориться в следующем разделе, являются нежелательными "побочными продуктами" действий кучки теневых финансовых операторов по схеме быстрой наживы" [246]. Удивительное соответствие данных с нашей теорией придает убедительность роли спекуляции, имитации и стадности, будь они спонтанными, самоорганизованными или частично манипулируемыми [139, 140]. Фактически, Франкель (Frankel) и Фрут (Froot) обнаружили, что в период с 1981 года по 1985 год, рынок "отошел" от фундаментализма и "приблизился" к техническому аспекту анализа рынка [139, 140].

Крах в августе 1998 года

Достигнув своего максимума в середине июня 1998 года (1998.55), американский фондовый индекс S&500 к началу сентября потерял 19%. Этот медленный обвал и, в частности, турбулентное поведение фондовых рынков во всем мире, начавшееся в середине августа, как правило, ассоциируется и даже

приписывается падению на российских финансовых рынках, которое сопровождалось обесцениванием национальной валюты и отказом правительства платить по своим долговым обязательствам (более подробную информацию и анализ кризиса на российском рынке см. в главе 8)

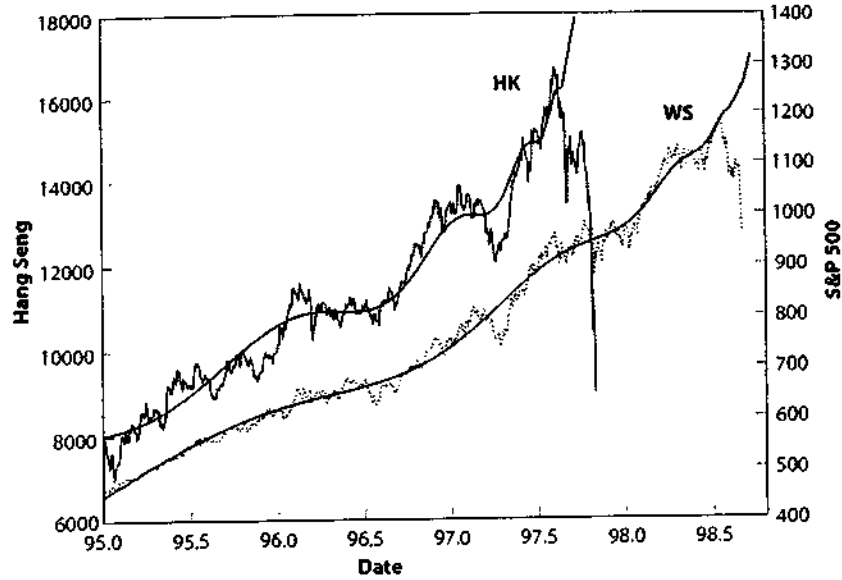


Рис. 107. Индекс Hang Seng до обвала в октябре 1997 года на гонконгском фондовом рынке уже показанный на Рис. 101 и фондовый индекс S&P 500 до краха на Уолл-Стрит в августе 1998 года. Соответствием для индекса S&P500 является уравнение (15), где $A_2 \approx 1321$, $B_2 \approx 402$, $B_2 C \approx 19.7$, $m_2 \approx 0.60$, $t_c \approx 98.72$, $\varphi \approx 0.75$ и $\omega \approx 6.4$. Источник [221].

Анализ, представленный на Рис. 107 говорит совсем о другом: события в России могли послужить толчком, но не фундаментальной причиной! На лицо отчетливые признаки разновидности спекулятивного стадного поведения, начавшегося более трех лет назад с характерным степенным законом роста, сопровождаемым логопериодическими колебаниями. В Табл. 8 приведены основные параметры соответствия логопериодического закона с основными пузырями и крахами, уже рассмотренными ранее. Крах в августе 1998 года, как видно, прекрасно вписывается в семью крахов с признаками стадности.

Это означает, что на фондовом рынке вновь появился нестабильный пузырь, который должен был достигнуть своей кульминации в критическое время $t_c \approx 1998.72$, ближе к концу сентября 1998 года. Согласно модели рационального ожидания пузыря, рассмотренной в главе 5, вероятность сильной коррекции или краха увеличивалась с приближением к t_c на фоне растущей подверженности внешним воздействиям, таким как новости или финансовые трудности, возникающие где-либо в мире.

Табл. 8

Крахи	t_c	t_{max}	t_{min}	падение	m_2	ω	λ	A_2	B_2	$B_2 C$	Var
1929 (WS)	30.22	29.65	29.87	47%	0.45	7.9	2.2	571	-267	14.3	56
1985 (DEM)	85.20	85.15	85.30	14%	0.28	6.0	2.8	3.88	-1.16	0.08	0.0028
1985 (CHF)	84.19	85.18	85.30	15%	0.36	5.2	3.4	3.10	-0.86	+0.055	0.0012
1987 (WS)	87.74	87.65	87.80	30%	0.33	7.4	2.3	411	-165	12.2	36
1997 (HK)	97.74	97.60	97.82	46%	0.34	7.5	2.3	20077	-8241	-397	190360
1998 (WS)	98.72	98.55	98.67	19%	0.60	6.4	2.7	1321	-402	19.7	375
1998 (YEN)	98.78	98.61	98.77	21%	0.19	7.2	2.4	207	-84.5	2.78	17
1998 (CANS)	98.66	98.66	98.71	5.1%	0.26	8.2	2.2	1.62	-0.23	-0.011	0.00024
1999 (IBM)	99.56	99.53	99.81	34%	0.24	5.2	3.4				
2000 (P&G)	00.04	00.04	00.19	54%	0.35	6.6	2.6				
2000 (Nasdaq)	00.34	00.22	00.29	37%	0.27	7.0	2.4				

Основные параметры соответствия логопериодического экспоненциального закона с основными пузырями и крахами, рассмотренными в этой главе (крах индекса Nasdaq в апреле 2000 года и два обвала акций IBM и Procter&Gamble см. на Рис. 112, Рис. 113 и Рис. 114), t_c — критическое время, предсказанное при помощи соответствия каждого финансового временного ряда по уравнению (15). Также приводятся остальные параметры соответствия. $A = \exp(2\pi/\omega)$ — это предсказательный коэффициент масштабирования логопериодических колебаний. Var ошибки — это расхождение между данными и соответствием, состоящее из элементов X цена. Каждое соответствие выполняется до времени t_{min} , когда индекс рынка достигает своего максимума перед крахом. t_{max} — это период, когда рынок достигает самого низкого уровня после краха, не учитывая незначительные периоды затишья. Падение в процентном соотношении рассчитывается как общие потери от t_{max} до t_{min} . Источник [221].

Российский обвал был всего лишь детонатором. Удивительно, что необоснованный, ускоряющийся рост на рынке США в своей структуре содержал информацию о надвигающейся нестабильности! Финансовый мир, представляет собой крайне сложную систему взаимодействующих компонентов. Поэтому несложно представить, что Россия была вынуждена принять меры в отношении своей неприемлемой долговой политики в то время, как отмечался заметный рост сомнений относительно безопасности инвестиций в экономику развивающихся стран. Эта концепция рассматривается более подробно в разделе главы 8, посвященном российским кризисам.

Сильная коррекция, начавшаяся в середине августа, не была свойственна только рынкам США. На самом деле, она проявилась со значительно большей силой на других рынках, в частности на германском. Всего за 9-ти месячный период, предшествующий июлю 1998 года, германский индекс DAX вырос с отметки 3,700 до 6,200, а затем в течение месяца резко упал ниже уровня 4,000. Логопериодические структуры докризисного периода отмечались в течение 9 месяцев, предшествующих июлю 1998 года [111]. Кроме того, аналогичные логопериодические колебания также появлялись на меньших временных масштабах, предшествующих незначительным промежуточным спадам с подобным предпочтительным коэффициентом масштабирования λ на различных уровнях разрешения. Однако, надежность этих заключений относительно меньших временных периодов, сделанных на основе визуальных наблюдений в [111] должна быть подтверждена тщательными статистическими тестами.

Непараметрический тест логопериодичности

До настоящего времени, доказательства, представленные в пользу концепции "критического краха" были основаны на так называемых параметрической подгонке по формуле степенного закона с использованием логопериодических колебаний к ценам, наблюдающимся в действительности. Установление лучших, в смысле наилучшего соответствия между теоретической зависимостью и экспериментальными данными (ценами), значений большого количества параметров, входящих в достаточно сложные формулы, является далеко не простой задачей. В частности, можно усомниться в объясняющей способности модели со слишком большим количеством параметров. Следующее высказывание, часто приписываемое известному итальянскому физико Энрико Ферми (Enrico Fermi), резюмировало (или преувеличило) проблему: "Дайте мне пять параметров и я опишу вам слона". В ответ на возможную подобную критику мы подчеркивали потрясающую устойчивость и квази-универсальность двух ключевых значимых параметров в 10-ти проанализированных до сих пор крахах. Экспонента m_2 контролирующая рост в моменты времени, близкие к критическому времени, и предпочтительный коэффициент масштабирования λ , определяющий иерархическую организацию во временной области. Если ускорение, объясняемое степенным законом, усложненным логопериодичностью, было бы следствием каких-либо вмешательств или счастливого стечения обстоятельств, эти параметры резко отличались бы друг от друга в случаях разных крахов.

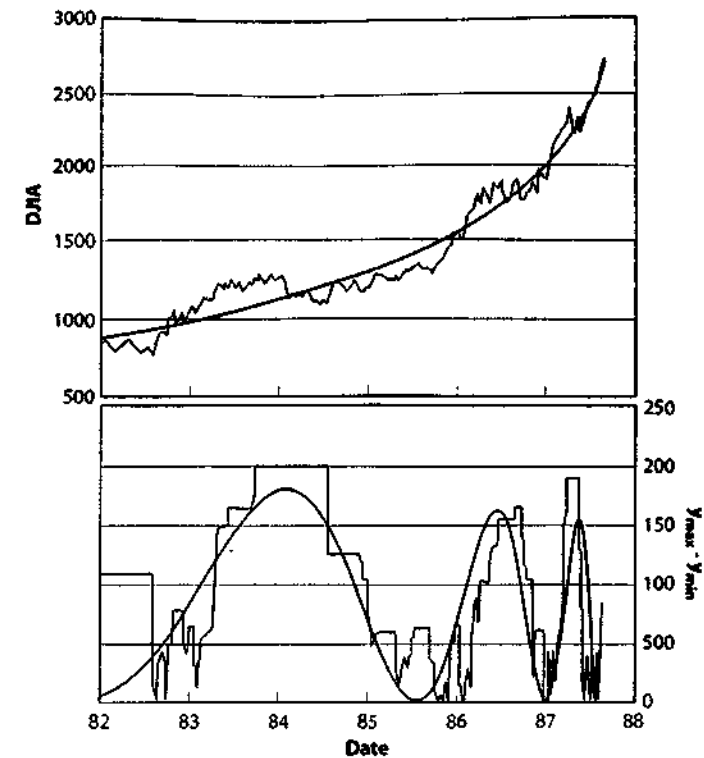


Рис. 108. Верхняя панель: Эволюция индекса Доу-Джонса в период с января 1982 года по август 1987 года; непрерывная прямая представляет соответствие чистому степенному закону с небольшой экспонентой. На самом деле, Вандеваль (Vandewalle) и другие [434] используют лимит убывающей экспоненты, соответствующий подгонке с логарифмическим ускорением $-\ln(t-t_c)$. Этот метод дает параметрическое соответствие более низкого качества [214], но его преимущество в том, что число регулируемых параметров сокращается на один. График на нижней панели меряет осцилляторный компонент с исключенным трендом. Для любого времени t , он находится при помощи вычисления разницы между текущим максимумом до времени t и текущим минимумом, начиная со времени t до конца временного ряда. Нулевые значения этой разницы соответствуют новым рекордным уровням, поскольку максимум в прошлом есть минимум в будущем. Непрерывная колеблющаяся линия является чистым логопериодическим косинусом $\cos(\omega \ln(t-t_c))$. Источник [434].

Как мы отмечали в главе 6, а также в этой главе, логопериодический компонент является ключевым признаком дискретной масштабной инвариантности, которая считается решающим доказательством критической самоорганизации финансовых рынков. Это наводит на мысль об еще одном непараметрическом тесте, специально нацеленном на выявление логопериодического компонента в финансовых сигналах. В качестве первого примера, показанного на Рис. 108, приводится крах в октябре 1998 года. Чтобы количественно оценить амплитуду

девиаций на фоне общего роста индекса Доу-Джонса, используется простой и надежный метод [434]. Оказалось, что эти девиации близки к осцилляциям, ускоряющимся по мере приближения к критическому времени краха, что согласуется с логопериодическим предсказанием.

Была разработана другая формулировка этой же идеи, чтобы оценить также и статистическую значимость предполагаемой логопериодичности [221]. Как и на Рис. 108, идея заключается в том, чтобы сначала детрендировать финансовый временной ряд, чтобы убрать тренд и ускорение и оставить только шумовые колебания, показанные на Рис. 109. В реализации данной идеи, показанной на рисунках, исключение тренда осуществляется путем вычитания и нормализации предварительно оцененного "чистого" степенного закона. Остаток, после этой процедуры, подвергается спектральному анализу, как функция переменной $\ln(t_c - t)$ (в частности здесь использован, так называемый метод периодограммы Ломба, который был предварительно адаптирован обработке данных с неравноудаленными экспериментальными значениями), которая должна давать чистую угловую частоту ω при условии идеальной логопериодичности.

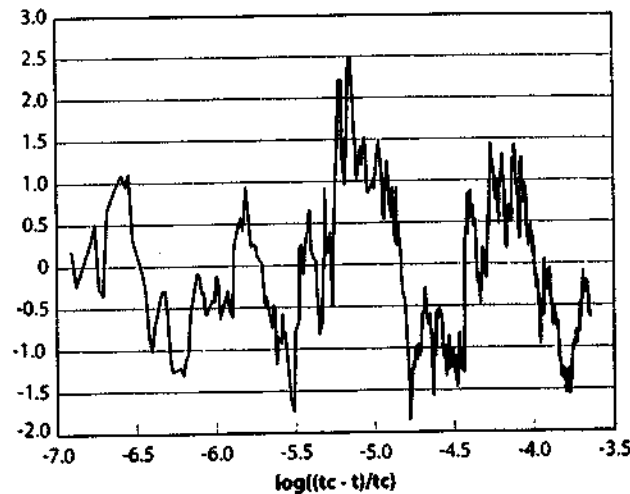


Рис. 109. Остаток, определенный трансформациями, описанными в тексте, как функция $\log\left(\frac{t_c - t}{t_c}\right)$ для краха в октябре 1987 года. Источник [221].

На Рис. 110 пик около логочастоты $f = \omega/2\pi \approx 1.1$ (соответствует угловой частоте $\omega_1 = 2\pi \approx 7$) постоянно локализован в одном и том же месте оси частот для всех восьми крахов, приведенных в Табл. 8 и показанных на предыдущих рисунках (за исключением двух компаний и индекса Nasdaq). Это удивительным образом согласуется с результатами, по параметру ω в Табл. 8, полученными при помощи параметрической подгонки под логопериодический закон. Если бы шумы были всего лишь стандартным белым гауссовым процессом, степень уверенности, обеспечиваемая по периодограммам Ломба, была бы значительно выше 99.99% для

всех рассмотренных случаев [338]; то есть, вероятность того, что вершины логочастоты, зафиксированные в данных пузырях, являются случайностью, была бы равна одной из десяти тысяч (10^{-4}) для каждого из событий; поскольку предполагается, что десять событий никак не связаны друг с другом, данная вероятность составит $(10^{-4})^{10} = 10^{-40}$ или один из десяти тысяч миллиардов миллиардов миллиардов миллиардов! Однако, поскольку спектр "шума" неизвестен и, по всей вероятности, отличен для каждого краха, мы не можем обычным способом точно оценить достоверный интервал вершины [338] и сравнить результаты для различных крахов. Поэтому, чтобы избежать ошибок, за меру значимости колебаний может быть принят только относительный уровень вершины для каждого отдельного случая, следовательно, периодограммы нормализованы. Во всех случаях, средний пик значительно выше фона и повторяется от краха к краху. Таким образом, спектральный анализ демонстрирует, что наблюдаемые логопериодические осцилляции имеют явно выраженный максимум в функции спектральной плотности, который значительно выше уровня шума. Было бы крайне затруднительно и значительно менее выгодно объяснить эти спектральные структуры при помощи другой модели.

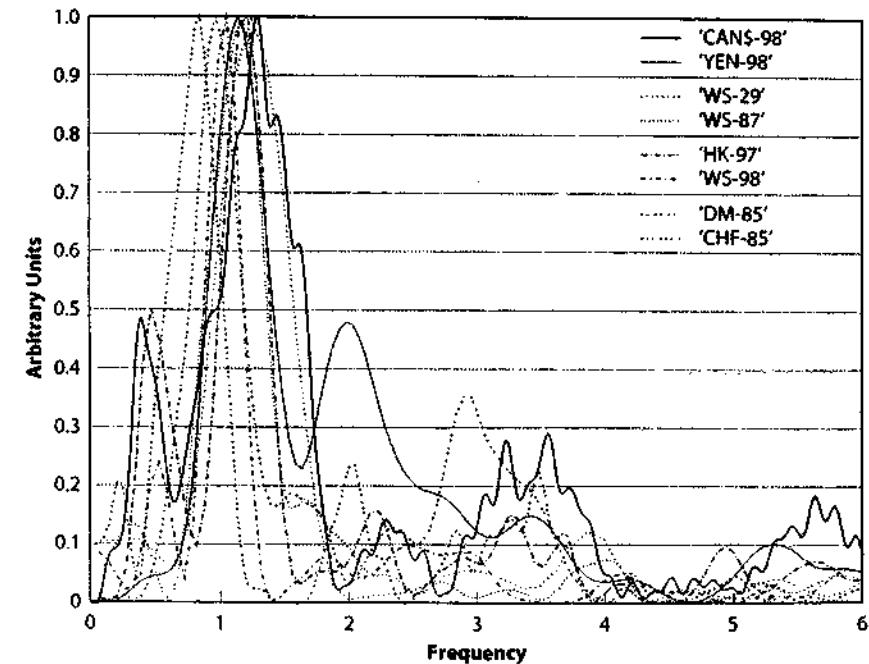


Рис. 110. Периодограмма Ломба для крахов на Уолл-Стрите в 1929, 1987 и 1998 годах, обвала гонконгского фондового рынка в 1997 году, коллапса доллара США по отношению к немецкой марке и швейцарскому франку на валютном рынке в 1985 году и по отношению к йене в 1998 году, а также 5.1%-ной коррекции против канадского доллара. Для каждой периодограммы, значимость вершины должна определяться относительно уровня шума. Источник [221].

Медленный обвал в 1962 году, положивший конец буму "электроники"

Чтобы исследовать дальнейшую статистическую значимость результатов, по индексу Доу-Джонса случайным образом были выбраны пятьдесят 400-недельных интервалов за период с 1910 года по 1996 год, по этим выборкам были определены коэффициенты модели логопериодического степенного закона [209]. Вот приблизительные конечные даты 50-ти наборов данных: 1951, 1964, 1950, 1975, 1979, 1963, 1934, 1960, 1936, 1958, 1985, 1884, 1967, 1943, 1991, 1982, 1972, 1928, 1932, 1946, 1934, 1963, 1979, 1993, 1960, 1935, 1974, 1950, 1970, 1980, 1940, 1986, 1923, 1963, 1964, 1968, 1975, 1929, 1984, 1944, 1994, 1967, 1924, 1974, 1954, 1956, 1959, 1926, 1947 и 1965.

Мотивом этого исследования послужило желание проверить, насколько часто метод выдает сигнал ложной тревоги. Другими словами, может ли формула обнаруживать периоды, в которых присутствуют спекулятивные тенденции, интерпретируемые как предвестники критического времени, соответствующего высокой вероятности сильной коррекции или краха, тогда как на деле, ничего подобного не происходит. Если значительная часть случайно выбранных интервалов обнаруживает одинаковые структуры, как в случае десяти крахов, рассмотренных выше, данный метод будет интерпретирован как метод с отсутствием фильтрующей способности, что сделает его бесполезным. С другой стороны, если обнаруженное соответствие с логопериодическим степенным законом характерно только для периодов, предшествующих краху, мы получаем метод описания, выявления, идентификации и, возможно, прогнозирования критических событий и времени их возникновения (дополнительную информацию см. в главах 9 и 10).

Были получены следующие результаты [209]. Из 50-ти временных интервалов, только одиннадцать имели признаки соответствия, сравнимого с тем, что мы наблюдали в других крахах, и только шесть из них имели значение экспоненты m_2 и логопериодической угловой частоты ω в том же диапазоне. Этот критерий воплощает в себе ожидаемую "универсальность" режима критической кооперативности, лежащего в основе критической точки, что рассматривалось в главах 4-6. Из шести соответствий пять относятся к периодам, предшествующим крахам в 1929 году и в 1987 году. Шестое соответствие обозначило кульминацию спекулятивного тренда весной 1962 года, что стало для нас неожиданностью, поскольку мы не знали ничего о каком либо крахе в тот период. Мы не подозревали о существовании "краха" в 1962 году до получения обсуждаемых данных, что, несомненно, усиливает прецедент. После данного открытия, внимательно изучив экономические бумы и падения прошлого (см., например, [282]), мы обнаружили, что, на самом деле, в конце 1950-х и в начале 1960-х годов появились "новые отрасли" и "растущие акции", при этом стремительный рост цен на такие акции закончился медленным обвалом в 1962 году. Ожидалось, что растущие акции таких компаний новой индустрии электроники как Texas instruments и Varian Associates будут отличаться высокой степенью роста дохода, поэтому их цена значительно превосходила цены на акции других компаний "голубых фишек". Многие акции

компаний, связанных с высокими технологиями, космической индустрией и электроникой торговались в 1961 году по цене в 200 раз большей их дохода за предыдущий год. Первоначально, считалось традиционным, что отношение рыночной цены одной акции к чистой прибыли компании должно составлять от 10 до 15. До боли знакомая история! Так называемый "электронный бум" имел на удивление сходные черты с Новым Экономическим Бумом, предшествовавшим краху в 1929 года и с Новым Экономическим Бумом в конце 1990-х, закончившимся крахом индекса Nasdaq в октябре 2000 года.

Наилучшее описание динамики индекса DJIA с 1954 года по конец 1961 года логопериодическим степенным законом показано на Рис. 111. За этим временным периодом последовал "медленный обвал", в том смысле, что фондовый рынок упал приблизительно на 27% за 3 месяца, а не за 1-2 недели, как это происходило во время других крахов. С точки зрения модели рационального ожидания, представленной в главах 5 и 6, некое внешнее потрясение могло спровоцировать этот медленный обвал до того как рынок "созрел". На самом деле, в рамках модели рациональных ожиданий, пузырь, который начинает надуваться, характеризуя при этом неким теоретическим критическим временем t_c , может быть "потревожен" и не достигнет своей кульминации в результате внешних воздействий. Вспомним, что критическое время степенного закона t_c есть время, когда крах наиболее вероятен, но это не мешает пузырю лопнуть или остановиться раньше, хотя и с меньшей долей вероятности. Но даже если именно так и происходит, как это, по всей видимости, было в 1962 году, логопериодические структуры продолжают развиваться вплоть до момента, когда в ход развития пузыря вмешиваются внешние потрясения. Эти структуры являются признаками сильной спекулятивной фазы, возвещающей о приближении периода нестабильности.

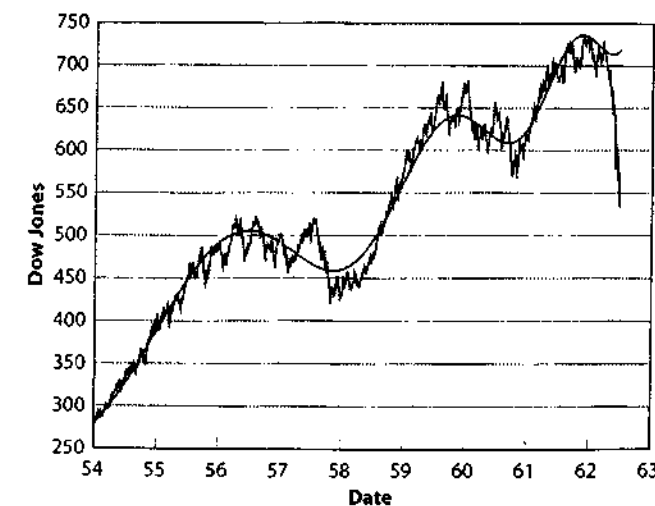


Рис. 111. Индекс DJIA до "медленного обвала" на Уолл-Стрите в 1962 году. Соответствие (сплошная линия) является уравнением (15), где $A \approx 960$, $B \approx 120$, $B_2 C \approx -14.9$, $m_2 \approx 0.68$, $t_c \approx 1964.83$, $\omega \approx 12.1$ и $\phi \approx 4.1$. Источник [209].

Повторяющимся утверждением данной книги, ее основным лейтмотивом является идея о том, что пузыри и крахи происходят в результате спекуляций. Как рассказывалось в главе 1, объект спекуляции меняется от бума к бума и может быть чем угодно: железными монетами, польпанами, избранными компаниями, импортными товарами, банками страны, иностранными шахтами, строительными объектами, сельскохозяйственными и государственными землями, акциями железнодорожных компаний, медью, серебром, золотом, недвижимым имуществом страховыми фондами и новыми отраслями [236]. Эйфория от увлечения новыми индустриями, особенно характерна для пузыря, предшествующего великому краху в 1929 году, а также для "бума электроники" перед медленным обвалом в 1962 году или бума Интернет и информационных технологий (IT), приведшего к краху индекса Nasdaq в апреле 2000 года, который рассматривается ниже. Поскольку эйфория во время бума ведет к неизбежному пессимизму относительно возможного взрыва, стоит задуматься, что же на самом деле происходит с планами покупок и бизнес-проектами находящихся в напряжении потребителей и деловых людей.

Обвал индекса NASDAQ в апреле 2000 года

В течение последних нескольких лет второго тысячелетия отмечалось увеличение дивергенции на фондовых рынках между акциями Новой и Старой Экономики, между технологиями и почти всем остальным. За 1998-99 года, акции из технологического сектора S&P выросли почти в четыре раза, тогда как сам индекс S&P500 набрал 50%. Без технологических компаний, основной индекс остался бы на прежнем уровне. Только в январе 2000 года было зафиксировано 30% чистого притока капитала во взаимные фонды, инвестирующие в науку и технологии, в то время как приток в индексные фонды S&P500 составил 8.7%. Как следствие, среднее соотношение цены и дохода (P/E) для компаний, торгуемых в системе Nasdaq, составляло более 200 (при смешном уровне доходности акций в 0.5%) – это запредельная цена, выходящая за рамки того, что согласно серьезной экономической теории определения стоимости, можно назвать разумным. Стоит вспомнить, что те же идеи о так называемой Новой Экономике и в таких же формулировках бередили умы и переполняли речи инвесторов в 1920-е годы и в начале 1960-х годов. В 20-е годы, новыми технологиями считались General Electric, ATT и другие электрические и коммуникационные компании, и они также испытывали небывалый рост цен на сотни процентов за 18 месяцев до краха в 1929 году.

Индекс Nasdaq-композит (см. определение в главе 2) стремительно рухнул до отметки 3,227 17 апреля 2000 года, что составило 37% потерь по сравнению с рекордным уровнем 5,133, достигнутым 10 марта 2000 года. Nasdaq-композит состоит в основном из акций компаний, относящихся к так называемой Новой Экономике, то есть, к Интернету, программному обеспечению, компьютерному оборудованию, телекоммуникациям и так далее. Основной отличительной особенностью является то, что их соотношение цены и дохода, и более того, соотношение цены и дивидендов, перед крахом часто выражалось в трехзначных числах. Однако, такие компании как VA LINUX, на самом деле имели

отрицательный показатель дохода по акциям -1.68. И все же, акции этой компании стоили \$40 за акцию, что очень близко к цене акций Форда в начале марта 2000 года. В противовес этому, соотношение P/E для, так называемых компаний Старой Экономики, Ford, General Motors, и DaimlerChrysler составляло около 10. Таким образом, разница между акциями Новой Экономики и Старой Экономики заключается в *ожиданиях будущего дохода* [395]: инвесторы, ожидающие значительного увеличения объема продаж в, скажем, в сфере Интернет и компьютерных технологий, а не в автомобильной индустрии, таким образом, проявляют большую заинтересованность в инвестировании в Cisco, а не в Форд, даже несмотря на то, что уровень дохода на акцию у последнего значительно выше. На фоне мало отличающихся цен на акции (приблизительно \$60 за Cisco и \$55 за Форд), доход на акцию составил \$0.37 у Cisco, по сравнению с \$6.0 на акцию у Форда. (Общая рыночная капитализация Cisco была около \$395 млрд. [при закрытии 14 апреля 2000 года] и Форда – около \$63 млрд.). По стандартной фундаментальной формуле определения стоимости, где ожидаемый доход компании представляет собой сумму дохода по дивидендам и темпов роста, отсутствие реальных доходов у компаний Новой Экономики компенсируется фантастическим потенциалом роста. Исходя из всего сказанного можно сделать вывод, что в основе бычьего рынка, наблюдавшегося по индексу Nasdaq в 1997-2000, лежат скорее ожидания увеличения будущих доходов, чем фундаментальные экономические показатели (также немалую роль сыграли ожидания ожиданий – солидарность участников рынка в том, что остальные участники ожидают того же, которая приведет к курсовому приросту капитала): отношение цена/дивиденд у такой компании, как Lucent Technologies с общей рыночной капитализацией а перед крахом 5 января 2000 более, чем \$300 млрд. составляло – более 900. Это означает, что вы получите больший доход на своих сберегательных счетах(!), до тех пор, пока цена акций растет. В отличие от компаний Новой экономики, компании Старой экономики, такие как DaimlerChrysler, давали в 30 раз больший доход. Тем не менее, акции Lucent Technologies выросли более, чем на 40% за 1999 год, тогда как акции DaimlerChrysler упали в цене более, чем на 40% за тот же период. Недавние крахи по IBM, Lucent и Procter&Gambler, описанные в главе 1, сравнимы с потерями, эквивалентными бюджету многих стран. Обычно, это относится к корпоративным отчетам, сопровождаемых фразами типа "таков-э тот-бизнес" в случае "немножко" пересмотренных, неожиданно-низких-показателях дохода!

В результате таких рассуждений становится ясным, что именно *ожидания* будущих доходов и курсового прироста капитала, а не текущая экономическая реальность, являются основным мотивирующим фактором для среднего инвестора, что ведет к возникновению спекулятивного пузыря. Также предполагается [289], что причиной очевидного завышения стоимости может стать более успешная, как кажется, бизнес-модель, сетевой эффект, масштабирующий эффект преимущества "первых" и эффект опционов. Это дает убедительное оправдание, как некоторое время представляется, высоким ценам на акции Интернет-компаний и других предприятий Новой Экономики. В двух словах, аргументы таковы:

1. Модели успешного ведения бизнеса связаны с тем, что Интернет-компаниям, таким как Amazon, необходимы незначительные капиталовложения, по сравнению с их кирпично-каменными конкурентами. Кроме того, использование электронных платежей сокращает задержку в получении клиентских денег по сравнению с пересылкой денег поставщикам. Это означает, что растущий бизнес на самом деле получает наличные средства из работающего капитала.

2. Обычно, в основе положительной отдачи лежит принцип повышения эффективности в зависимости от масштабов производства: самые крупные компании несут минимальные затраты на единицу продукции. Движущей силой принципа повышения эффективности за счет масштабов производства является аспект предложения, поэтому увеличение эффективности может столкнуться с естественными ограничениями, что, в результате, приведет к постепенному угасанию и к далеко не лидирующему положению на рынке. В сфере Интернет-экономики, напротив, положительная отдача достигается при помощи сетевого эффекта, основным принципом которого является постулат: чем больше пользователей сети, тем более ценной она становится для каждого из них. А именно, ценность сети возрастает экспоненциально, когда количество ее пользователей увеличивается в арифметической прогрессии. Сеть пользователей очень ценна и, увеличиваясь, становится, со временем, еще более ценной, приобретая постоянных клиентов и повышая обоснованность чрезмерных доходов. Компании начинают наслаждаться этим порочным кругом и рост их доходов часто в значительной степени превосходит темпы увеличения их расходов.

3. Преимуществами "первых" пользуются те компании, которые имеют достаточное число клиентов, чтобы начать описанный выше порочный круг. Согласно данной концепции, компаниям зачастую имеет смысл пренебречь текущими прибылями и попытаться создать свою клиентскую сеть. Быть первым в определенной экономической сфере – очень важно, так как это дает возможность сделать марку, установить стандарты индустрии и увеличить стоимость входа для новичка-конкурента.

4. Эффект опциона заключается в том, что компании Новой экономики могут использовать свою уже развитую сеть, чтобы использовать новые возможности по мере раскручивания бизнеса в будущем. Другими словами, сеть клиентов наряду с мощным интеллектуальным капиталом позволяет таким компаниям быстро продвигаться на рынках, открывая тем самым потенциальные возможности получения новых прибылей. Таким образом, их структура предоставляет им "опцион" на будущее, напоминающий финансовый опцион: финансовый опцион дает его держателю право, но не обязывает его покупать или продавать ценные бумаги по определенной цене. По аналогии, компании, обладающие реальным опционом, имеют возможность, но не обязаны делать потенциально прибыльные инвестиции, чтобы выйти на новый рынок. Поразительно то, что чем выше

волатильность, то есть чем выше степень неуверенности относительно дальнейшего движения рынка, тем выше стоимость этих опционов. Это связано с тем, что волатильность и неопределенность подчеркивают ценность будущих возможностей. Например, опыт и привилегии компании Amazon в области электронной торговли на рынке печатной продукции дают ей вещественный опцион для инвестиций в электронную торговлю на рынке музыкальной продукции, кинофильмов и сувениров.

Эти интересные взгляды, изложенные в начале 1999 года, появились параллельно с бычьим трендом, господствовавшим на рынке несколько лет, включая 1999 год. Они прибавили оптимизма и усилили эффект толпы при помощи механизма, аналогичного тому, что был представлен на Рис. 43. Однако, они выглядят менее привлекательно в контексте медвежьего тренда по индексу Nasdaq, который последовал за его обвалом в апреле 2000 года и продолжавшемся более двух лет. Так, например, Колер (Koller) и Зейн (Zane) [241] утверждали, что традиционный триумvirат роста доходов, инфляции и процентных ставок объясняет большинство взлетов и падений американских индексов (в то же время не исключая существование пузырей сильно капитализированных компаний новых технологий).

В самом деле, как уже подчеркивалось в главе 1, история дает нам множество примеров пузырей, появившихся на почве нереалистичных ожиданий будущих доходов и закончившихся крахом [454, 236]. Одни и те же базовые составляющие обнаруживаются неоднократно; провоцируемые изначально пронымами фундаментальными позициями, инвесторы начинают испытывать энтузиазм, самореализующийся на фоне подражательных процессов или стадного поведения, которое ведет к необоснованному росту цен и завышению ценности. Основные причины крахов на американских рынках в 1929, 1962, 1987, 1998 и 2000 годах относятся к одной и той же категории, с разницей лишь в секторе, где начал образовываться пузырь: в 1929 году таким сектором стал сектор коммунального хозяйства, в 1962 году – электронный сектор; в 1987 году пузырь получил поддержку от потери контроля над общей рыночной ситуацией и завышенных ожиданий новых частных инвесторов; в 1998 году провоцирующим фактором оказались большие надежды на инвестиционные возможности в России, которые, в конечном счете, не оправдались; в 2000 году появление пузыря было вызвано ожиданиями прибылей от Интернета и телекоммуникаций, а также других компаний сектора Новой экономики. Однако, рано или поздно, подлинная ценность акций всегда возвращается к фундаментальному уровню, основанному на реальных движениях денежной наличности.

Этот факт не остался незамеченным Управляющим Федеральной Резервной Службой США Аланом Гринспеном, который отметил: "Возможно ли, что настоящий период несет в себе нечто совершенно новое, способное послужить обоснованием подобной самоуспокоенности? Да, возможно. Рынки стали более эффективными, конкуренция приняла мировой размах, а информационные технологии, вне всякого сомнения, укрепили стабильность деловых операций. Но, к сожалению, дорога истории усеяна

миражами подобных "новых эр", которые, в результате, оказывались лишь видениями. Иными словами, история вызывает к осторожности".

На Рис. 112 изображен логарифм индекса Nasdaq-композит, приведенный в соответствие с уравнением логопериодического степенного закона (15). Временной интервал для данной подгонки был определен при помощи той же процедуры, что и в случаях остальных крахов: первой точкой является наименьшее значение индекса до начала формирования пузыря, а последняя точка представляет собой рекордно высокое значение индекса.

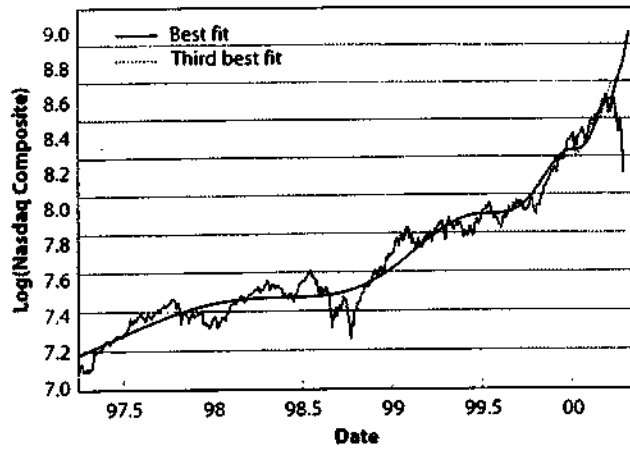


Рис. 112. Наилучшее (среднеквадратическое отклонение ≈ 0.061) и третье (среднеквадратическое отклонение ≈ 0.063) соответствия уравнению (15) для натурального логарифма индекса Nasdaq-композит. Значения параметров соответствия: $A_1 \approx 9.5$, $B_1 \approx -1.7$, $B_2 C \approx 0.06$, $m_1 \approx 0.27$, $t_1 \approx 2000.33$, $\omega \approx 7.0$, $\phi \approx -0.1$ и $A_2 \approx 8.8$, $B_2 \approx -1.1$, $B_2 C \approx 0.06$, $m_2 \approx 0.39$, $t_2 \approx 2000.25$, $\omega \approx 6.5$, $\phi \approx -0.8$, соответственно. Источник [217].

Определение момента зарождения пузыря – ювелирная работа, тогда как окончание формирования пузыря объективно определено датой, когда рынок достиг своего максимального значения. Пузырь обозначает ускорение темпов роста цен. В случае с индексом Nasdaq, цена акций утроилась за период с 1990 года по 1997 год. Однако, этот рост был умножен на 4 за три года, предшествующих данному краху, определяя, таким образом "точку перегиба" индекса. В общем, определить подобную "точку перегиба" довольно просто на большинстве ликвидных рынков, хотя это не всегда так в отношении развивающихся рынков, которые мы будем рассматривать в главе 8. Что касается деталей методики подгонки модели к данным, то мы отсылаем читателя к источнику [221].

Без сомнения, исследователи и аналитики придумали большинство post-factum историй, относящихся к краху в апреле 2000 года вследствие обвала акций компании Microsoft Inc., который произошел из-за прекращения переговоров компании с федеральным правительством США от 1 апреля по вопросу антимонопольной политики. Также имело место влияние и многих других

факторов. Здесь мы рассматриваем крах индекса Nasdaq, как естественную смерть спекулятивного пузыря. Из полученных результатов ясно видно, что этот пузырь лопнул бы в любом случае, независимо от исхода переговоров по монополиям. Однако, согласно нашему анализу, основанному на вероятностной модели пузыря, описанной в главах 5 и 6, точное время гибели пузыря окончательно не детерминировано и подвержено влиянию случайных факторов, при этом вероятное время краха в любом случае ограничено узким временным диапазоном, приблизительно в 1 месяц (за исключением медленного обвала в 1962 году).

Логопериодические критические признаки можно также обнаружить на акциях отдельных компаний, таких как IBM и Procter&Gamble, как показано на Рис. 113 и Рис. 114, соответственно. Эти два графика дополняют графики Рис. 9 и Рис. 10 в главе 1, предоставляя оценку сигналов, предвещающих крах. Эти сигналы отличаются большим уровнем шума по сравнению с крупными индексами, но, тем не менее, они отчетливо видны. Степень обобщения в случае с акциями отдельных компаний несколько ниже, поскольку оценка компании также представляет собой сложную совокупность многих уникальных факторов, связанных с направлением деятельности компании. Имея дело с обширными совокупными индексами, мы отбрасываем все эти особенности, чтобы в основном проследить общие настроения на рынке и направление его движения. В этом заключается основная причина того, почему предвестники логопериодического степенного закона обладают большей стабильностью и значимостью на групповых финансовых рядах по сравнению с динамикой индивидуальных активов. Если спекуляция, подражание и стадность в определенный момент становятся сильнейшей силой, управляющей ценой на акцию, можно ожидать появления признаков логопериодического степенного закона поверх всех частных факторов.

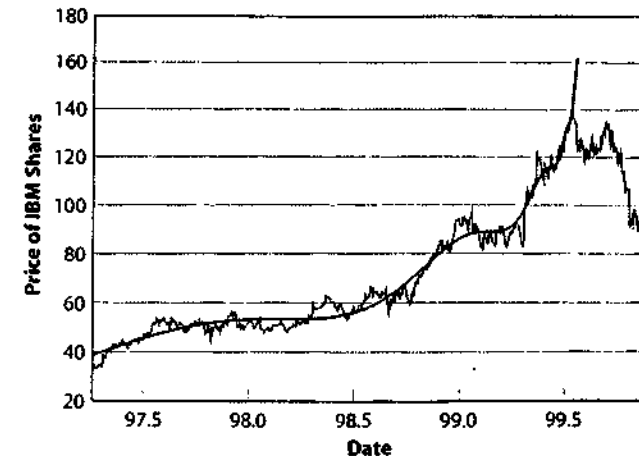


Рис. 113. Наилучшее (среднеквадратическое отклонение ≈ 3.7) соответствие уравнению (15) для цены акции IBM изображено в виде сплошной линии. Значения параметров соответствия: $A_1 \approx 196$, $B_1 \approx -132$, $B_2 C \approx -6.1$, $m_1 \approx 0.24$, $t_1 \approx 99.56$, $\omega \approx 5.2$ и $\phi \approx 0.01$. Источник [217].

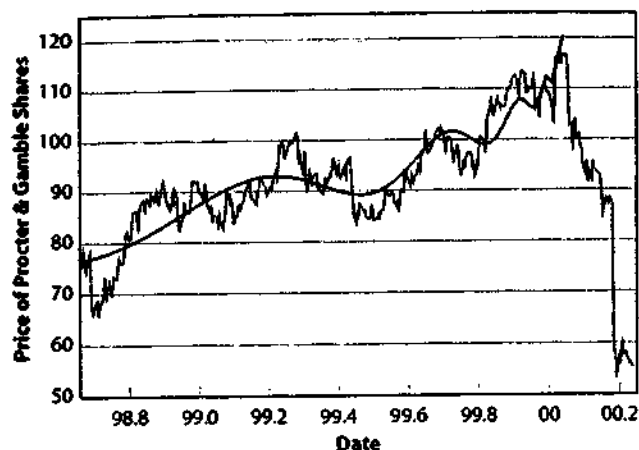


Рис. 114. Наилучшее (среднеквадратическое отклонение ≈ 3.7) соответствие уравнению (15) для цены акции Procter & Gamble. Значения параметров соответствия: $A_1 \approx 124$, $B_1 \approx 38$, $B_1 C_1 \approx 4.8$, $m_1 \approx 0.35$, $t_c \approx 2000.04$, $\omega \approx 6.6$ и $\phi \approx 0.9$. Источник [217].

"Антипузыри"

Подводя итог можно сделать вывод, что подражание в среде трейдеров и проявление их стадного поведения не только приводят к возникновению спекулятивных пузырей со стремительным ростом завышенных цен и возможным крахом на финансовых рынках, но также и к "антипузырям" с замедлением и девальвацией рынка после достижения им рекордных высот [213]. Таким образом, существует определенная симметрия между спекулятивным поведением бычьего и медвежьего трендов. Такое поведение зафиксировано на японском фондовом индексе Nikkei в период с 1 января 1990 года до 31 декабря 1998 года, а также на фьючерсах по золоту после 1980 года, при этом оба случая произошли после достижения рекордно высоких отметок.

Вопрос, которым мы задаемся, таков – возможно ли, что совместное стадное поведение трейдеров способствует созданию изменений на рынке, симметричных по отношению к ускоряющимся спекулятивным пузырям, часто заканчивающимся крахами. Симметрия выполняется с учетом временной инверсии около критического времени t_c , тогда, когда производится замена $kt < t_c$ на $t > t_c$. Эта симметрия предлагает обратить внимание на замедление девальвации, вместо ускорения роста цены. Связанные с этим наблюдения приводились на Рис. 94 в отношении к краху в октябре 1998 года, где ясно видно, что подразумеваемая волатильность торгуемых опционов несколько уменьшилась после обвала в октябре 1998 года до своей долгосрочной оценки с максимума, достигнутого во время краха. Об этом свидетельствует угасающий степенной закон с замедляющимися логопериодическими осцилляциями. Это как раз тот тип

поведения, который мы сейчас представим, но на реальных ценах.

Критическое время t_c соответствует кульминации на рынке, либо при увеличении степенного закона с предварительным ускорением логопериодических колебаний, либо при уменьшении степенного закона с замедлением логопериодических колебаний после критического времени. В главе 8, на примере российского рынка мы покажем, как две структуры могут появляться одновременно в критическое время t_c . Это, однако, довольно редкий случай, возможно, потому, что почти все ускоряющиеся рынки с присутствием логопериодичности неизбежно заканчиваются крахом, "разрывом" рынка, нарушающим симметрию ($t_c - t$ для $t < t_c$ в $t_c - t$ для $t > t_c$). Стадное поведение может появляться и стремительно ослабевать после рекордных высот на медвежьем (нисходящем) тренде, даже если предшествующий бычий тренд, завершившийся временем t_c , не характеризовался усилением подражания. Симметрия, таким образом, остается статистической или глобальной и наблюдается скорее в ансамбле, чем в каждом отдельно рассматриваемом случае.

Медвежий тренд по индексу Nikkei, начавшийся 1 января 1990 года.

Самый недавний пример настоящей длительной депрессии пришел из Японии, где индекс Nikkei снизился более, чем на 60% за 9 лет после рекордно высокого уровня, достигнутого 31 декабря 1989 года. На Рис. 115 представлен логарифм индекса Nikkei с 1 января 1990 года по 31 декабря 1998 года. Результаты трех подгонок моделей, изображенные в виде волнистых линий, используют три математических выражения с возрастающей сложностью: точечная линия представляет простую логопериодическую формулу (15); непрерывная линия – это улучшенная нелинейная логопериодическая формула, выведенная в [397] и уже примененная к крахам в 1929 и 1987 годах с данными за 8-летний период; штриховая линия представляет собой расширение нелинейной логопериодической формулы (19) к следующему порядку описания, разработанному в [213]. Эта последняя, самая изощренная математическая формула (25), предсказывает переход от логочастоты ω_1 , вблизи t_c , к $\omega_1 + \omega_2$ для $T_1 < \tau < T_2$ и к логочастоте $\omega_1 + \omega_2 + \omega_3$ для $T_2 < \tau$, где T_1 и T_2 являются характеристическими масштабами времени данной модели. Обозначения соотносятся следующим образом: $a = n$, $\Delta_1 = T_1$, $\Delta'_1 = T_2$, $\Delta'_0 = \omega_2$, и $\Delta'_\omega = \omega_3$.

Применяя индексы 1, 2 и 3 соответственно от самой простой до наиболее усложненной формулы, имеем следующие значения параметров первого соответствия индекса Nikkei: $A_1 \approx 10.7$, $B_1 \approx -0.54$, $B_1 C_1 \approx -0.11$, $m_1 \approx 0.47$, $t_c \approx 89.99$, $\phi \approx -0.86$ и $\omega_1 \approx 4.9$ для уравнения (15). Значения параметров для второго соответствия индекса Nikkei: $A_2 \approx 10.8$, $B_2 \approx -0.70$, $B_2 C_2 \approx -0.11$, $m_2 \approx 0.41$, $t_c \approx 89.97$, $\phi_2 \approx 0.14$, $\omega_1 \approx 4.8$, $T_1 \approx 9.5$, $\omega_2 \approx 4.9$. Третье соответствие использует полный временной интервал и осуществляется путем коррекции лишь T_1 , T_2 , ω_1 и ω_3 , тогда как $m_3 = m_2$, а t_c и ω_1 имеют фиксированные значения, полученные из предыдущего соответствия. Для этих четырех параметров получены следующие значения: $T_1 \approx 4.3$, $T_2 \approx 7.8$, $\omega_2 \approx -3.1$ и $T_2 \approx 23$. Во всех этих соответствиях T_1 и T_2 исчисляются годами.

Обратите внимание, что значения, полученные для двух временных шкал T_1

и T_2 , подтверждают их классификацию. Это последнее соответствие предсказывает изменение тренда и говорит о том, что индекс Nikkei должен начать расти в 1999 году. Достоверность этого прогноза будет проанализирована в главе 9.

Первые два уравнения не только удивительным образом согласуются со значениями параметров соответствий, но они также идут в унисон с результатами, полученными ранее, по фондовому рынку и пузырям на валютных рынках, в частности в отношении значения экспоненты m_2 . Правдоподобие соответствию с самой изощренной формулой придает то, что, несмотря на сложность формы, мы получаем значения для двух пересекающихся временных шкал T_1 и T_2 , которые превосходно соответствуют тому, что ожидается от классификации и данных за 9-летний интервал. Более подробный и технический разбор можно найти в [213].

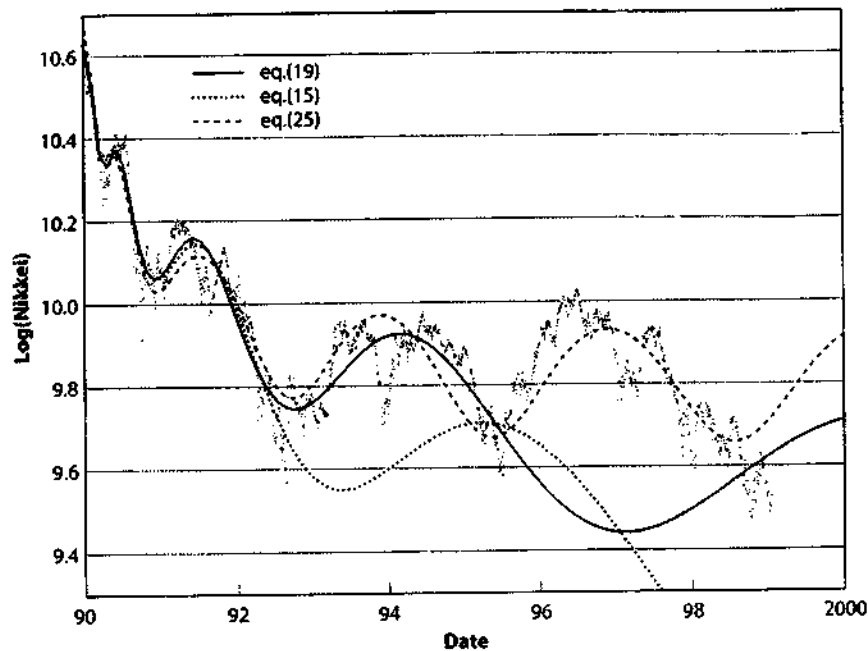


Рис. 115. Натуральный логарифм фондового индекса Nikkei с начала его падения 1 января 1990 года до 31 декабря 1998 года. Пунктирной линией представлена простая логопериодическая формула (15), использованная для составления адекватного соответствия временному интервалу ≈ 2.6 лет, начиная с 1 января 1990 года. Непрерывная линия представляет улучшенную нелинейную логопериодическую формулу (19), которая была выведена в [397] и уже применялась к крахам в 1929 и 1987 годах с данными за 8-летний период. Она использована для того, чтобы подобрать адекватное соответствие временному интервалу ≈ 5.5 лет, начиная с 1 января 1990 года. Штриховая линия представляет собой расширение предыдущей нелинейной логопериодической формулы (19) к порядку описания, разработанному в [213]. Она использована для составления адекватного соответствия временному интервалу ≈ 9 лет, начиная с 1 января 1990 года. Источник [213].

Обесценивание золота, начавшееся в середине 1980

Как показано на Рис. 116, еще одним примером логопериодического спада является снижение цен на золото после лопнувшего пузыря в 1980 году. На графике видно, что пузырь имел средние темпы ускорения степенного закона, но без каких-либо видимых логопериодических структур. Чистое соответствие со степенным законом, однако, не будет фиксироваться на истинной дате краха, а укажет на более раннюю дату по сравнению с последними результатами обработки данных. Это свидетельствует о том, что поведение цены может в некотором смысле меняться в последние недели перед обвалом. Вновь, мы получаем разумное соответствие данных с полученными ранее результатами для экспоненты m_2 с предпочтительным коэффициентом масштабирования $\lambda \approx 1.9$ для антипузыря. В этом случае, сила логопериодических колебаний по сравнению с основным и ведущим поведением приблизительно равна 10%. Значения параметров соответствия антипузырю после максимума следующие: $A_2 \approx 6.7$, $B_2 \approx 0.69$, $B_2 C \approx 0.06$, $m_2 \approx 0.45$, $t_c \approx 80.69$, $\phi \approx 1.4$, $\omega \approx 9.8$. Линия перед вершиной является уравнением (15), скорректированным согласно временному интервалу, равному ≈ 3 годам. Значения параметров подгонки к пузырю до его максимума следующие: $A_2 \approx 8.5$, $B_2 \approx 111$, $B_2 C \approx 110$, $m_2 \approx 0.41$, $t_c \approx 80.08$, $\phi \approx 3.0$, $\omega \approx 0.05$.

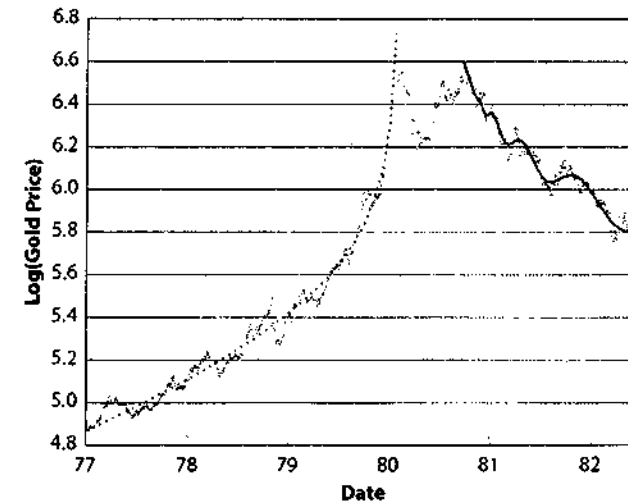


Рис. 116. Натуральный логарифм цен фьючерсов на 100 унций золота в долларах США после снижения цен в начале 1980-х. Пунктирная линия перед вершиной является уравнением (15), уложенным во временной интервал около 3 лет. Непрерывная линия после вершины представляет уравнение (15), где $t_c - t$ меняется на $t - t_c$, и уложенное во временной интервал в 2 года. Источник [213].

Синтез: "производное" поведение фондовых рынков

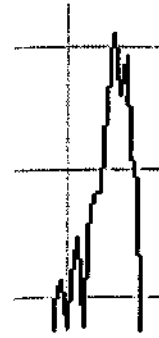
В этой главе мы показали, что крахи на фондовых рынках аналогичны так называемым критическим точкам, изучаемым в статистической физике в контексте

проблем магнетизма, плавления и других сходных явлений. Наше основное предположение – это существование кооперативного поведения среди трейдеров, подражающих друг другу, что было описано в главах 4-6. Обобщенным результатом данной теории является наличие логопериодических структур сопровождающих эволюцию системы во времени. Основная идея заключается в том, что рынок предчувствует крах на тонком, самоорганизованном кооперативном уровне, что приводит к возникновению предшествующих краху "отпечатков" или следов, заметных на ценах фондовых индексов. Другими словами, рыночные цены несут в себе информацию о надвигающихся крахах. Если бы трейдеры научились расшифровывать и использовать эту информацию, они бы действовали в соответствии с ней и с тем, что остальные трейдеры также используют эту информацию; тем не менее, вероятно, крахи все же происходили бы. Наши результаты указывают на еще более ослабленную форму "гипотезы малоэффективного рынка" [122], согласно которой рыночные цены помимо общедоступной информации содержат более тонкую информацию, формируемую глобальным рынком. При этом большинство, а может быть даже никто из индивидуальных трейдеров еще не научился выделять и использовать эти данные. Вместо традиционной интерпретации гипотезы эффективного рынка, исходя из которой, трейдеры извлекают и сознательно инкорпорируют (посредством своих действий) всю информацию, содержащуюся в рыночных ценах, мы полагаем, что рынок как единое целое может демонстрировать "производное" поведение, неразделяемое ни одним из его составляющих. Другими словами, мы имеем в виду появление интеллектуальных характеристик в макроскопическом масштабе, которые могут остаться незамеченными трейдерами в микроскопическом масштабе. Подобный процесс описывался в биологии, например, в отношении популяций живых существ, таких как колонии муравьев, а также в контексте зарождения сознания [8, 198].

Необходимо отметить еще один пример реализации данной концепции: цены на опционы содержат информацию относительно колебаний цены их базовых активов. Несмотря на тот факт, что эти цены не следуют геометрическому броуновскому движению, присутствие которого является необходимым условием для большинства ценовых моделей опционов, трейдеры, несомненно, приспособились к обобщенной информации относительно распределения ценовых изменений, полученной опытным путем, и имеющего толстые хвосты [337]. В этом случае и в отличие от крахов, у трейдеров есть время адаптироваться. Возможно, причина заключается в том, что на протяжении десятилетий трейдеры занимаются торговлей опционами, где характеристическая временная шкала для жизни одного опциона составляет от месяца до года. Этого достаточно, чтобы возник обширный процесс накопления опыта. В противовес этому, за всю жизнь трейдер столкнется всего с несколькими великими крахами, что не дает возможности трейдерам научиться приспосабливаться к ним. Ситуацию можно сравнить с экологией некоторых биологических видов, которые все время борются за адаптацию. Под влиянием эволюции, им, как правило, удается выжить, адаптируясь в условиях медленно меняющегося давления. Напротив, в жизни могут случиться массовые уничтожения или резкий рост популяции, что, вероятно, связано с поразительно

быстро развивающимися событиями, такими как падение метеорита или сильное извержение вулкана. Реакция сложной системы на подобные экстремальные события остается проблемой первостепенной важности, которую еще предстоит разрешить [89].

Большинство предыдущих моделей крахов рассматривали возможные механизмы объяснения обвала цен на очень коротких временных интервалах. Здесь, напротив, мы говорим о том, что основную причину краха нужно искать за несколько лет до его осуществления в постепенном ускорении роста рыночных цен, отражающем увеличивающееся накопление кооперативности рынка. С этой точки зрения, специфика падения цен не имеет реальной значимости, поскольку, согласно концепции критической точки, любое незначительное возмущение может послужить спусковым крючком для назревшей нестабильности. Внутреннее несоответствие восприимчивости и растущей нестабильности рынка, приближающегося к критической точке, возможно, объясняет, почему попытки осмыслить местную причину краха имеют столь различные друг от друга версии. В сущности, если система созрела, причиной коллапса может стать все, что угодно. Мы полагаем, что крах имеет эндогенную природу, и что экзогенные потрясения являются лишь инициирующими факторами. Согласно нашей концепции, природа краха более тонкая и постепенно создается рынком как единым целым. В этом смысле, это явление можно обозначить как системную нестабильность.



Глава №8

Пузыри, кризисы и крахи на развивающихся рынках

Спекулятивные пузыри на развивающихся рынках

В периоды всеобщего оптимистичного настроения, развивающиеся рынки пользуются благосклонным отношением инвесторов, ищущих возможности увеличить свой доход. Вследствие этого, на рынках могут образовываться пузыри, а их кончина часто связана с крупными колебаниями и сильными коррекциями, ведущими к финансовым кризисам [271].

К концу 1996 года объем инвестиций в иностранные акции резидентов США составил 10% от общего количества вкладов или \$876 млрд. Более одной трети указанной суммы, \$336 млрд., принадлежали акционерам взаимных фондов, специализирующихся на международных (за пределами США) и мировых рынках. Мировые и международные инвестиционные валютные фонды в настоящее время представляют 12,1% чистых активов в долгосрочных акционерных и облигационных фондах. Кроме того, государственные и корпоративные пенсионные фонды США заявляют о том, что в среднем 10% и 9% соответственно от их портфелей, находится в иностранных активах. В 1996 году торговля иностранными активами на фондовых рынках США превысила \$1 трлн. Активность иностранных инвесторов на рынках США также постоянно повышается. Так в 1996 году объем торгов составил \$1,2 трлн. Согласно оценкам NYSE объем международной торговли акциями достиг уровня \$5,9 трлн. в 1996 году [422].

Рекордно высокие потоки капитала на развивающиеся рынки (особенно стран Азии и Латинской Америки) в 1990-е годы были обусловлены тремя факторами [136]. Во-первых, погоня за более высокими прибылями привела к увеличению спроса на высокодоходные государственные и корпоративные облигации, выпускаемые в странах с развивающимися рынками. Во-вторых, постоянное стремление институциональных менеджеров к расширению своего влияния на развивающихся рынках и к большей диверсификации своих портфелей ценных бумаг, послужило серьезным стимулом для движения капитала на эти рынки. В ноябре 1997 года, институциональные инвесторы (пенсионные фонды, страховые компании и инвестиционные фонды стран, входящих в Организацию Экономического Сотрудничества и Развития [OECD]) управляли более \$20 трлн. в активах и только малая их часть была инвестирована в развивающиеся рынки. Если

институциональные инвесторы перераспределили хотя бы 1% от общей суммы своих активов в пользу развивающихся рынков, это привело бы к потоку капитала в размере \$200 млрд. И, в-третьих, продолжающееся движение капитала также отражало ясное осознание инвесторами того факта, что экономический фундамент большинства развивающихся рынков в 1990-е годы значительно улучшился по сравнению с его состоянием в конце 1970-х.

С 1987 года началось постепенное сокращение как прямых барьеров (контроль над капиталом), так и косвенных (затрудненная оценка корпоративной информации), препятствовавших свободному движению капитала. Поскольку контроль над капиталом постепенно снимался, глобальные инвесторы, имевшие более разнообразные портфели ценных бумаг, начали воздействовать на курсы акций, в особенности на развивающихся рынках [422]. Эта тенденция открытия финансовых рынков означала, что компании на развивающихся рынках имели возможность увеличивать капитал как внутри страны, так и за ее пределами с меньшими затратами. Фактически, фирмы с развивающихся рынков могли наращивать долгосрочный собственный и привлеченный капитал на мировых рынках по беспрецедентно низким ставкам [422]. Приток капитала от иностранных инвесторов дал фирмам на развивающихся рынках возможность извлекать такую выгоду из их перспектив роста, которой им было бы не достичь, если бы они были ограничены только внутренним рынком. Более того, активы, ранее принадлежавшие государству, были успешно распроданы среди внутренних и иностранных инвесторов, увеличив тем самым столь необходимый доход правительств как развитых, так и развивающихся рынков. Мировые финансовые рынки в настоящее время движутся в направлении международной интеграции, но все еще далеки от этой цели [422].

История финансовых пузырей и крахов повторяется на протяжении веков и во многих, странах практически без изменений своих общих характеристик со времени знаменитой амстердамской тюльпаномании в 1636 году [152].

1. Пузырь появляется постепенно, на фоне увеличения производства и продаж (или спроса на определенный товар) на относительно оптимистично настроенном в остальных отношениях рынке.
2. Привлекательность инвестиций с хорошей потенциальной прибылью затем приводит к увеличению объема инвестиций, возможно с привлечением кредитования, и получению их из новых источников, зачастую от международных инвесторов, что ведет к росту цен.
3. Это, в свою очередь, привлекает менее осведомленных инвесторов и, в дополнение, кредитование продолжает увеличиваться при небольших реальных взносах (небольшой марже), что приводит к тому, что спрос на акции растет быстрее, чем темпы, с которыми реальные деньги поступают на рынок.
4. На данном этапе поведение участников рынка уже практически никак не связано с реальной доходностью производства (как промышленного, так и в секторе услуг).

5. Поскольку цены взлетают до небес, число новых инвесторов, входящих в спекулятивный рынок, сокращается, и рынок переходит в фазу повышенной обеспокоенности, которая длится до тех пор, пока нестабильность не становится очевидной и рынок обрушивается.

Подобный сценарий по большому счету применим ко всем рыночным крахам, включая и такие давние, как крах на рынке США в октябре 1929 года, когда американский рынок еще считался интересным "развивающимся" рынком с хорошими потенциальными возможностями для инвестиций и для национальных, и для международных инвесторов. Кроме того, концепция Новой Экономки широко рекламировалась в средствах массовой информации того времени, что напоминает несколько современных эр Новой Экономки, включая недавний крах интернет-пузыря, описанный в главе 7. Устойчивость этого сценария, предположительно, уходит своими корнями глубоко в психологию инвестора и несет в себе комбинацию имитативного/стадного поведения и жадности (на период развития спекулятивного пузыря), а также слишком острой реакции на плохие новости в периоды нестабильности.

Также существует простой механический эффект, который подпитывает формирование пузыря, а затем приводит к резкому обвалу. Он берет свое начало из так называемой маржинальной торговли, то есть покупки акций на заемные средства. Если на рынке скапливается огромное количество заемных денег, замедлить процесс становится невозможным. Цены должны постоянно расти, все быстрее и быстрее. Если этого не происходит, проценты по кредитам, инвестированным в рынок, не будут выплачены. Деньги будут изъяты для погашения долга, что приведет к понижению цен, что, в свою очередь, спровоцирует еще больший отток денег, таким образом, порочный круг замкнется. Это может вызвать тотальное падение рынка и крах банковской системы. Этот механизм был запущен во время образования пузыря, предшествовавшего краху Nasdaq в апреле 2000 года, обсуждавшегося в главе 7. И в самом деле, экономист Курт Ричебачер (Kurt Richebacher) [344] предупреждал:

Есть что-то уникальное и беспрецедентное в отношении последнего пузыря на фондовом рынке США: феноменальный размах объема кредитов. Формирование кредитов полностью вышло из-под контроля по отношению к экономической активности и внутренним сбережениям. В 1999 году, на каждый доллар, добавленный к ВВП (по текущему уровню цен) приходилось 4,5 доллара дополнительного долга. Если судить по этим данным, то бычий тренд на фондовом рынке США не просто является пузырем, а самым крупным и страшным в своем роде за всю историю. Пузыри и бумы зачастую живут дольше, чем это кажется возможным. Тем не менее, все пузыри, в конечном счете, взрываются в полном смысле этого слова, и этот пузырь не станет тому исключением.

Кроме того, постоянные попытки установить цену в соответствии с доступной информацией, и, в частности, с формулой рациональной оценки, толкают корпоративных менеджеров к одобрению политики, направленной на то, чтобы приносить доход акционерам. Таким образом, возникает асимметрия колебаний на фондовом рынке: прибыль намного выше от роста, чем от падения, в отличие от

симметричной торговли между неспекулирующими продавцами и покупателями ценных бумаг. Такой же механизм был рассмотрен Франклином Алленом (Franklin Allen) и Дугласом Гейлом (Douglas Gale) [3, 4], которые доказали, что пузыри могут возникать на почве взаимоотношений инвесторов и банков. Инвесторы вкладывают полученные в банке кредитные средства в рискованные ценные бумаги, которые весьма привлекательны, поскольку позволяют инвесторам избежать потерь в случае неблагоприятного исхода, не выполнив обязательства по возврату долга. Подобное смещение риска ведет к тому, что инвесторы начинают играть на повышение цен. Подобные риски могут возникать как в реальном, так и в финансовом секторах. Говорить о появлении финансовой неустойчивости можно, когда продолжение кредитования становится, наконец, недостаточным, чтобы предотвратить кризис.

Цель данной главы, по большей части основанной на [218], – расширить эмпирические основы наблюдений, представленных в главе 7, на ведущие финансовые рынки, путем анализа широкого спектра развивающихся рынков. На латиноамериканских и азиатских рынках зафиксировано 18 существенных пузырей, за которыми последовали крахи или сильнейшие коррекции. За небольшими исключениями, все эти пузыри могут быть количественно описаны при помощи модели рационального ожидания пузырей, представленной в главах 5 и 6. Эта модель предсказывает особое ускорение по степенному закону, а также логопериодические геометрические структуры. Данное исследование говорит о том, что подобные резкие нисходящие движения цен на рынке есть ничто иное, как логическое завершение предшествовавшего им пузыря. Это возвращает рынок к состоянию, близкому к "рациональной" расстановке цен в процессе релаксации, который может длиться часы, дни, недели и даже более. (См., например, Рис. 95).

Методология

Методология, представленная в данной главе, совпадает с применявшейся в главе 7 для основных рынков. Она состоит из комбинации параметрических соответствий с использованием логопериодической формулы (15) и, так называемого, спектрального анализа переменной $\log(t_c - t)/t_c$, направленного на определение осцилляторной части рыночных цен (см. раздел "Непараметрический тест логопериодичности" в главе 7). Для подобного "спектрального" анализа используется, так называемые, периодограммы Ломба, которые состоят в локальном соответствии функции косинуса (с учетом фазы) при выбранном пользователем диапазоне частот. Относительный уровень вершин для каждой отдельной "периодограммы" может быть взят за меру значимости осцилляций.

Использование той же самой методологии позволяет нам апробировать гипотезу о том, что на развивающихся рынках появляются пузыри и крахи с теми же логопериодическими признаками, что и на ведущих финансовых рынках. Для подтверждения данной теории очень важно, чтобы ни один из параметров не был искусственно подогнан, поскольку опасность подтасовки всегда присутствует в анализах подобного рода.

Очень трудно идентифицировать спекулятивный пузырь, поскольку существуют некоторые концептуальные проблемы, затрудняющие экономическую

интерпретацию пузырей. Начнем с отсутствия общего определения: пузыри являются моделью, в общем, и в частности, определяемой в достаточно ограниченных рамках [1]. Следовательно, трудно избежать субъективных предубеждений, особенно, принимая во внимание тот факт, что само существование пузырей все еще является предметом жарких дискуссий [459, 411, 229, 144, 120, 342, 108, 187, 109, 359, 453, 185, 320]. Основной проблемой аргументов в пользу утверждения о наличии пузырей является тот факт, что очевидные признаки пузыря могут быть истолкованы в терминах фундаментальных рыночных показателей, которые остались без внимания исследователя [120, 135, 185].

Поэтому, мы используем достаточно прямой, прагматический подход, при котором отбор пузырей происходит по следующим критериям:

- Существование резкого пика, согласно подходу [348].
- Существование предшествовавшего периода увеличения цен, длившегося, по меньшей мере, 6 месяцев и сопоставимого с крупными крахами, рассмотренными в главе 7.
- Существование периода резкого падения цен сразу после пика, за период, значительно меньший по сравнению с периодом роста.

Пузырь определяется как период времени, начавшийся с обозначенного минимума до внушительного максимума и характеризующийся длительным ростом цен с последующим крахом или значительным падением. Для основных финансовых рынков, подобные пузыри описаны весьма точно и недвусмысленно, поскольку конец его формирования определяется датой t_{max} , когда было достигнуто максимальное значение индекса перед его падением. Для пузырей, предшествовавших великим крахам на основных финансовых рынках, начало их образования определить достаточно просто, поскольку оно всегда совпадает с минимальным значением индекса перед изменением тренда. Однако, такое определение не всегда столь однозначно для развивающихся рынков, описанных ниже. Примерно в половине случаев, согласно первичным результатам обработки данных для определения начала формирования пузыря, эту дату приходилось сдвигать вперед, чтобы получить соответствия с непатологическими значениями для экспоненты и угловой логочастоты. Этот эффект, возможно, возник на почве ограничений в подборе, связанных с использованием простого косинуса в качестве периодической функции в выражении (15). Чтобы отфильтровать соответствия, экспоненте m_2 последовательно присваивалось значение между нулем и единицей, при этом не слишком приближенное ни к нулю, ни к единице: слишком маленькая экспонента m_2 подразумевает небольшой пузырь с резким скачком цен в конце. Слишком большая m_2 относится к неускоряющимся пузырям. Угловая частота ω логопериодических колебаний также не должна быть слишком большой или слишком маленькой. Если ее значение слишком низко, возникает менее одного колебания за весь временной интервал, при этом логопериодические колебания теряют смысл. Напротив, слишком высокое значение приводит к чрезмерным колебаниям, и они начинают соответствовать высокочастотным шумам. Более подробное описание процедуры см. в [218].

Латиноамериканские рынки

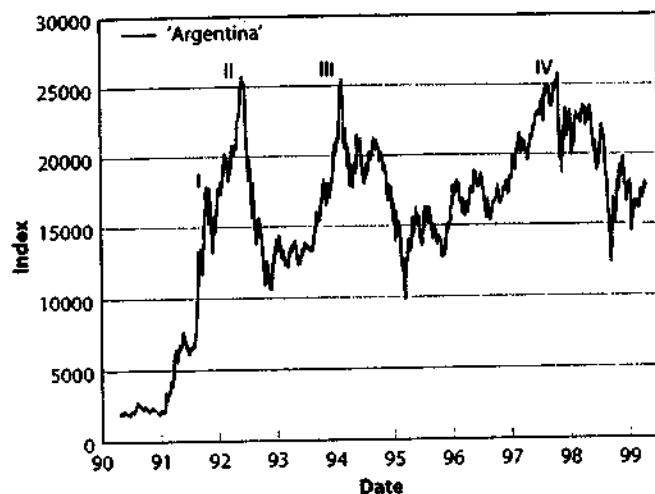


Рис. 117. Аргентинский фондовый рынок как функция времени. Можно выделить четыре пузыря, закончившихся значительными падениями цен. Приблизительные даты в хронологическом порядке: середина 1991 года (I), начало 1993 года (II), начало 1994 года (III), и конец 1997 года (IV). Источник [218].

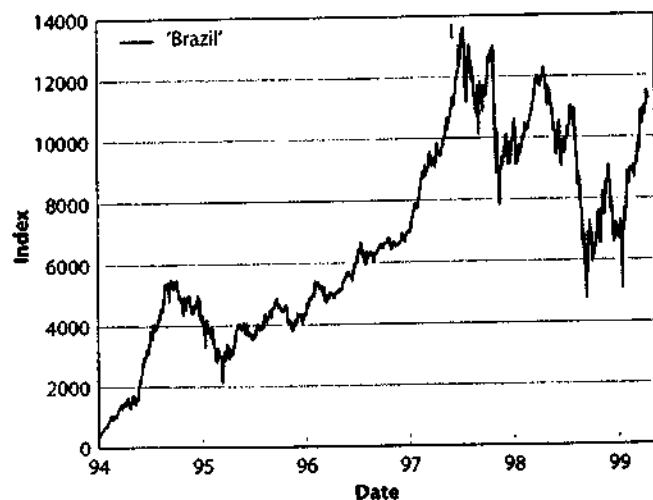


Рис. 118. Бразильский фондовый рынок как функция времени. Был зафиксирован один пузырь с последующим падением цен. Приблизительная дата – середина 1997 года. Источник [218].

На Рис. 117 – Рис. 122 показана эволюция шести латиноамериканских фондовых рынков (в Аргентине, Бразилии, Чили, Мексике, Перу и Венесуэле), представленная, как функция времени в 1990-ых годах.

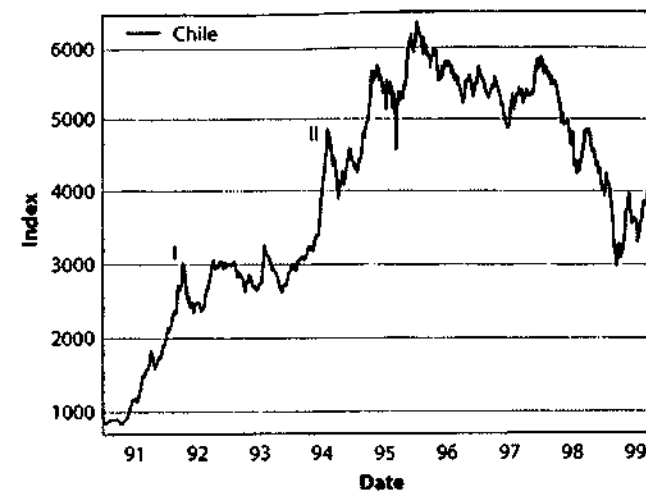


Рис. 119. Чилийский фондовый рынок как функция времени. Отмечено два пузыря с последующим очень внушительным падением цен. Приблизительные даты в хронологическом порядке: середина 1991 года (I) и начало 1994 года (II). Источник [218].

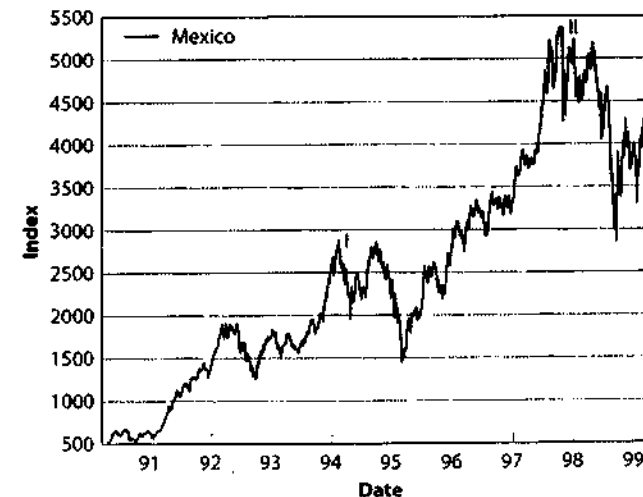


Рис. 120. Мексиканский фондовый рынок как функция времени. Зафиксировано два пузыря с последующим очень резким падением цен. Приблизительные даты в хронологическом порядке: начало 1994 года (I) и середина 1997 года (II). Источник [218].

На этих шести латиноамериканских фондовых индексах было установлено четыре аргентинских пузыря, один бразильский, два чилийских, два мексиканских, два перуанских и один венесуэльский пузырь, с последующими крахами/падениями.

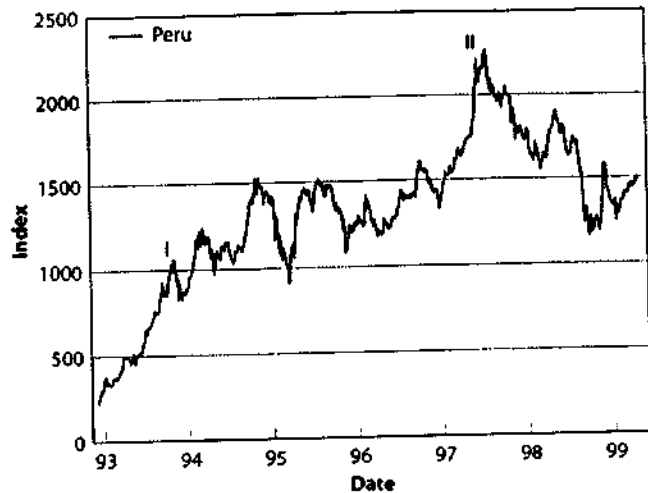


Рис. 121. Перуанский фондовый рынок как функция времени. Отмечено два пузыря с последующим значительным падением цен. Приблизительные даты в хронологическом порядке: конец 1993 года (I) и середина 1997 года (II). Источник [218].

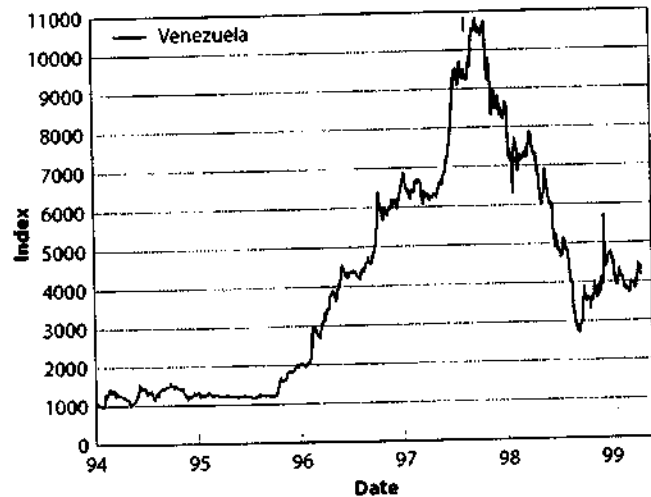


Рис. 122. Венесуэльский фондовый рынок как функция времени. Выделяется один пузырь с последующим очень сильным падением цен. Приблизительная дата – середина 1997 года. Источник [218].

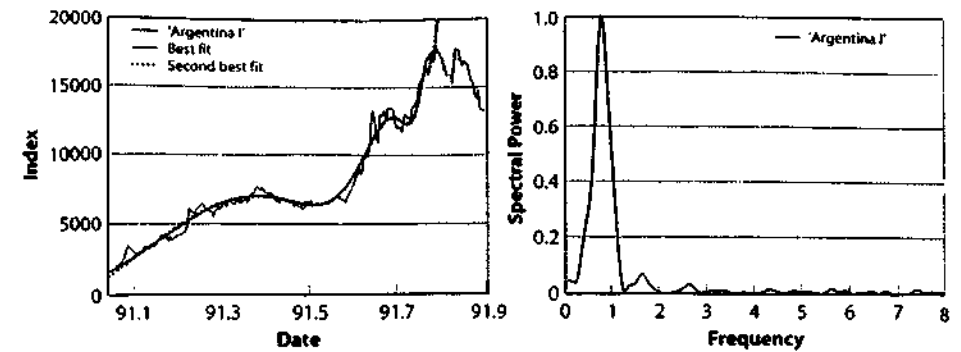


Рис. 123. Левый график: пузырь на аргентинском фондовом рынке в 1991 году. Основные параметры значений соответствуют уравнению (15) см. в Табл. 9. Правый график: в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

На Рис. 123 – Рис. 136 показаны соответствия для пузырей, отображенных на Рис. 117 – Рис. 122, а также спектральная периодограмма Ломба разницы между индексами и чистым степенным законом, который определяет силу логопериодического компонента. Качество этих соответствий довольно высокое. При этом и ускорение, и ускоряющиеся колебания достаточно четко зафиксированы формулой логопериодического степенного закона. Однако, эти соответствия все же не такого безупречного качества, как для основных финансовых рынков, описанных в главе 7, а также для фондового рынка России [221] (см. ниже).

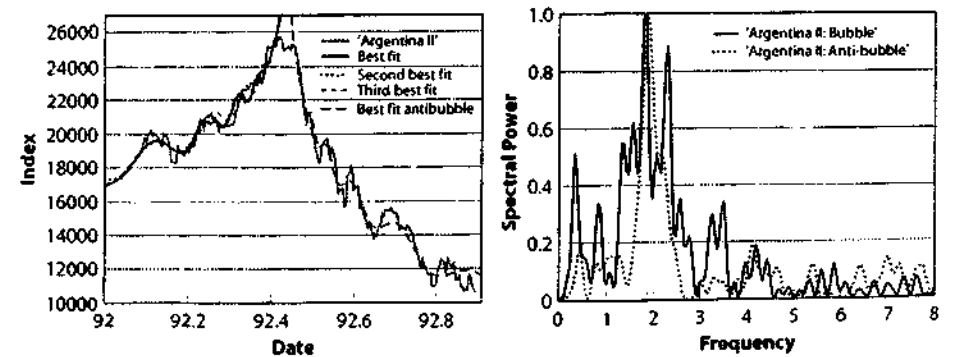


Рис. 124. Левый график: пузырь на аргентинском фондовом рынке и антипузырь в 1992 году. См. Табл. 9. Правый график: в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

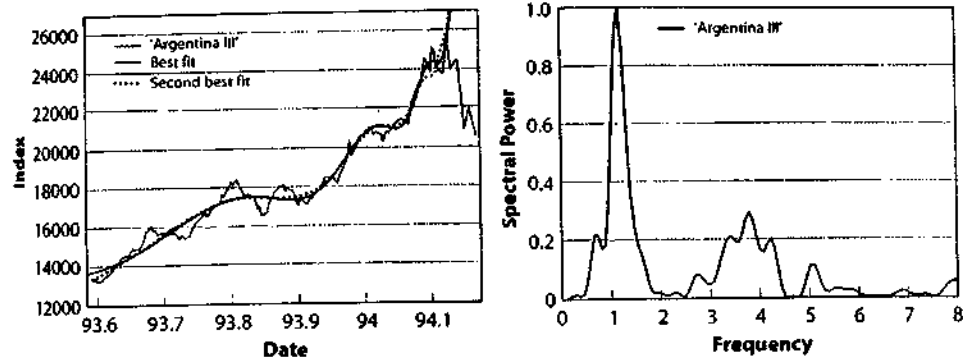


Рис. 125. Левый график пузырь на аргентинском фондовом рынке завершившийся в 1994 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

Разумным объяснением этому факту может послужить то, что это относительно небольшие по размеру рынки в терминах капитализации и числа инвесторов, и на них проявляются *эффекты конечного размера*, в техническом значении, которое используется в статистической физике [70]. Это, таким образом, может сглаживать сигналы из-за систематических искажений и нежелательных флуктуаций. Более подробно эта тема обсуждается в главах 5 и 6.

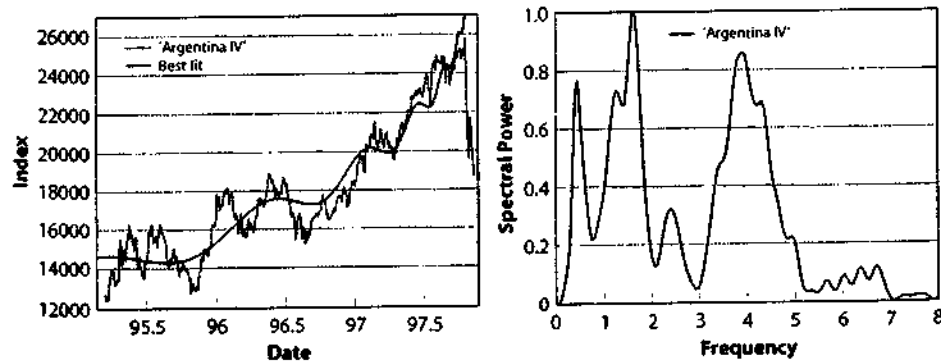


Рис. 126. Левый график пузырь на аргентинском фондовом рынке, закончившийся в 1997 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

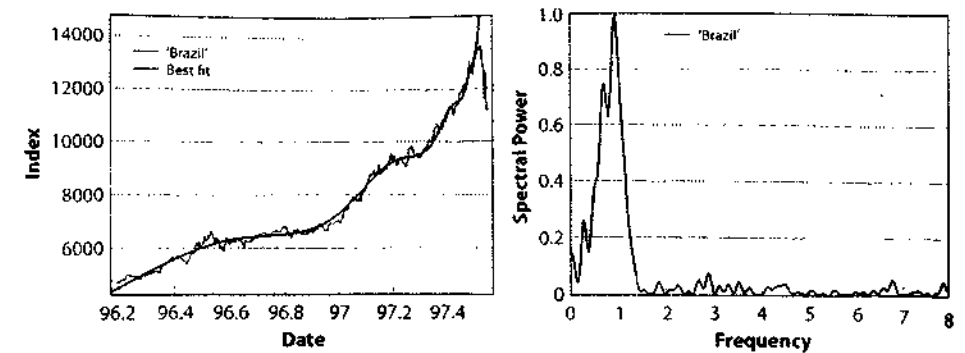


Рис. 127. Левый график пузырь на бразильском фондовом рынке, лопнувший в 1997 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

В Табл. 9, основные параметры соответствий даны как на начальные, так и на конечные даты пузырей, а масштаб краха/коррекции определяется как

$$\text{drop}\% = \frac{I(t_{\max}) - I(t_{\min})}{I(t_{\max})} \quad (16)$$

Здесь, t_{\min} определяется как дата после краха/коррекции, когда индекс $I(t)$ достигает своего минимального значения, прежде чем перейти на новое направление движения. Продолжительность краха/коррекции $t_{\max} - t_{\min}$, как правило, колеблется от нескольких дней (крах) до нескольких месяцев (менее резкая смена тренда).

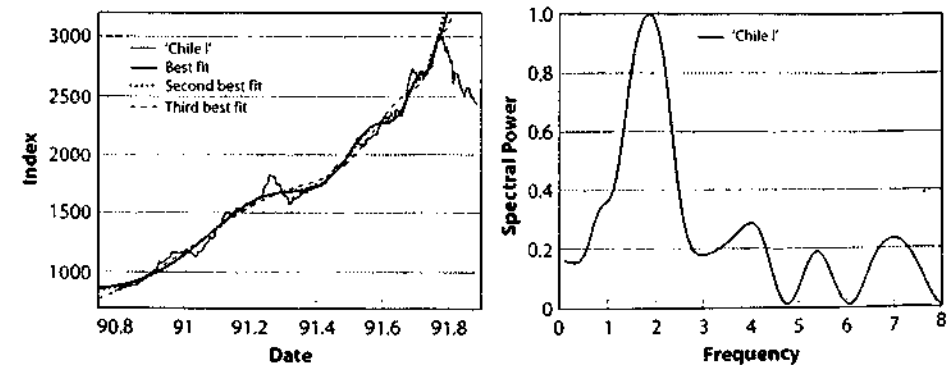


Рис. 128. Левый график пузырь на чилийском фондовом рынке, лопнувший в 1991 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

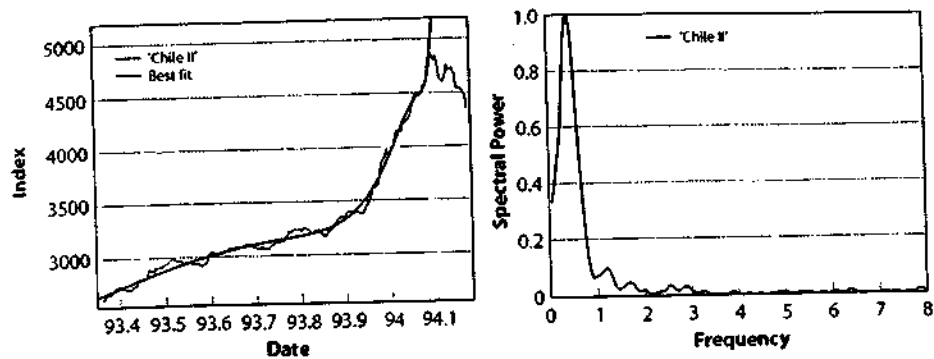


Рис. 129. Левый график: пузырь на чилийском фондовом рынке, лопнувший в 1993 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график: периодограмма Ломба колебательного компонента рыночной цены, приведенного на левом графике. Источник [218].

В Табл. 9 показано, что флуктуации значения параметров m_2 и ω , полученные для 11 латиноамериканских крахов весьма значительны. Нижние и верхние значения экспоненты m_2 составляют соответственно 0.12 и 0.62. Для ω , нижним значением является 2.9, а верхним – 11.4, что соответствует диапазону λ в интервале 1.8-8.8. Исключив два самых больших значения λ , мы сократим изменения до 2.8 ± 1.1 , что все еще значительно выше интервала 2.5 ± 0.3 , зафиксированного ранее для основных финансовых рынков, рассмотренных в главе 7.

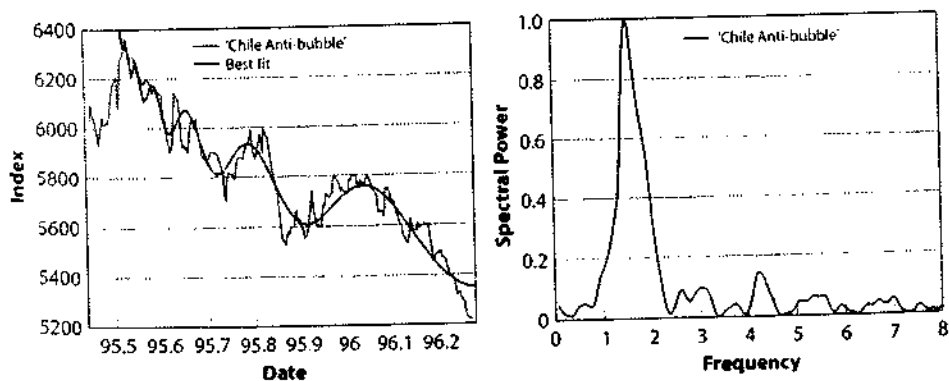


Рис. 130. Левый график: чилийский антипузырь, начавшийся в 1995 году, приведенный в соответствие с логопериодическим степенным законом, где $m_2=0,36$, $t_c=1995,51$, а $\omega=9,7$. Правый график: периодограмма Ломба осцилляционного компонента рыночной цены, приведенного на левом графике. Источник [218].

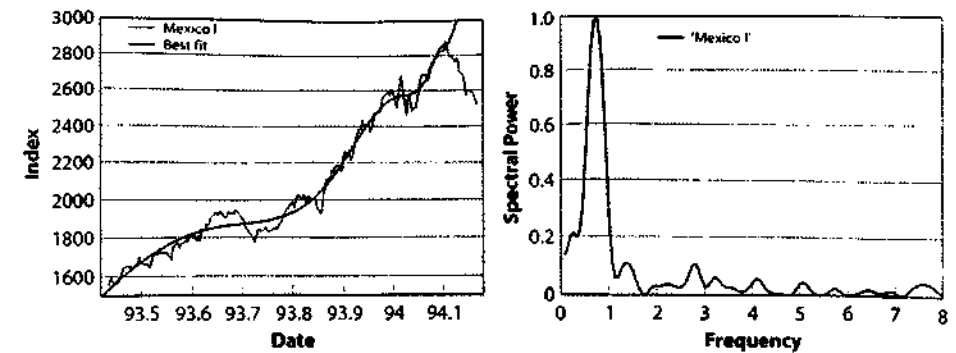


Рис. 131. Левый график: пузырь на мексиканском фондовом рынке, лопнувший в 1994 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график: периодограмма Ломба осцилляционного компонента рыночной цены, приведенного на левом графике. Источник [218].

Для проанализированных латиноамериканских рынков можно выделить три случая возникновения антипузырей; см. рисунки Рис. 124, Рис. 130 и Рис. 136. Интересно, что первому и последнему антипузырям предшествовали пузыри, что свидетельствует о качественной симметрии около сопоставимых критических времен t_c . Подобное поведение будет описано чуть ниже, в отношении российского фондового рынка в 1996-1997 годах [221].

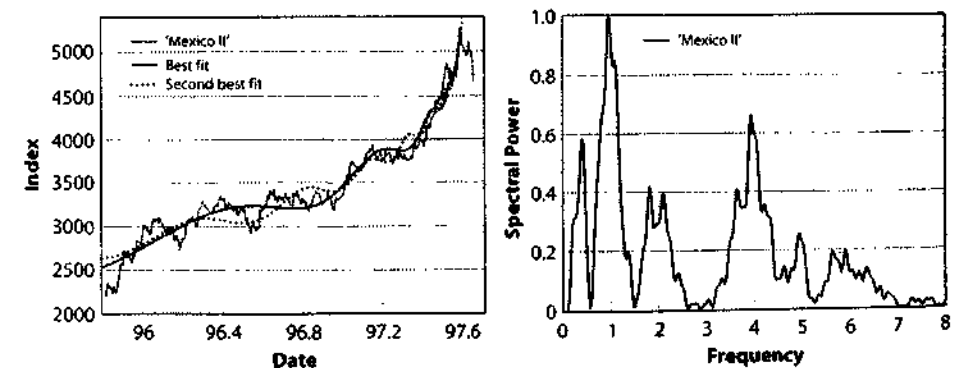


Рис. 132. Левый график: пузырь на мексиканском фондовом рынке, завершившийся в 1997 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график: в периодограмме Ломба используется только наилучшее соответствие. Источник [218].

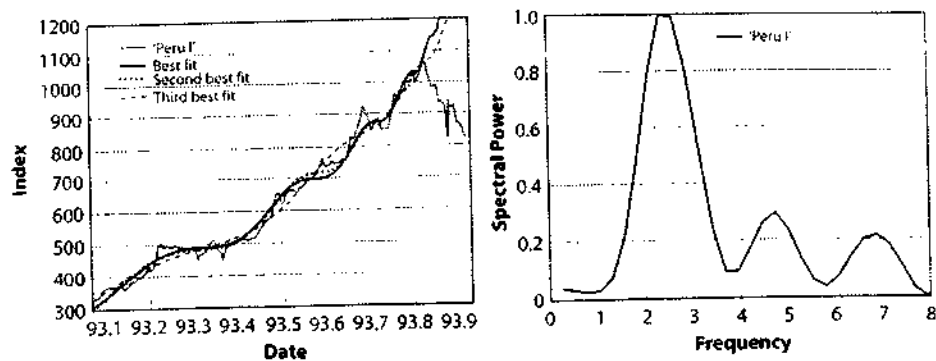


Рис. 133. Левый график: пузырь 1993 года на перуанском фондовом рынке. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график: периодограмма Ломба осцилляторного компонента рыночной цены, приведенного на левом графике. Источник [218].

Табл. 9. Характеристики крахов и соответствий различных спекулятивных пузырей на латиноамериканских рынках, приведших к вынужденным падениям цен в 1990-х годах.

Фондовый рынок	t_c	t_{max}	t_{min}	падение	m_2	ω	λ
Аргентина I	91.80	91.80	91.90	26%	0.37	4.8	3.7
Аргентина II	92.43	92.42	92.90	59%	0.22	11.4	1.7
Аргентина III	94.13	94.13	94.30	30%	0.19	7.2	2.4
Аргентина IV	97.89	97.81	97.87	27%	0.20	10.1	1.9
Бразилия	97.58	97.52	97.55	18%	0.49	5.7	3.0
Чили I	91.77	91.75	91.94	22%	0.50	7.2	2.4
Чили II	94.10	94.09	94.26	20%	0.30	2.9	8.8
Мексика I	94.10	94.09	94.30	32%	0.12	4.6	3.9
Мексика II	97.93	97.80	97.82	21%	0.50	6.1	2.8
Перу I	93.84	93.83	93.88	22%	0.62	11.2	1.8
Перу II	97.43	97.42	98.15	30%	0.14	14.0	1.6
Венесуэла	97.75	97.73	98.07	42%	0.35	3.9	5.0

t_c – это критическое время, предсказанное соответствием рыночного индекса уравнению (15). Когда существует множество соответствий, предпочтение отдается тому, в котором разница между t_c и t_{max} минимальна. Как правило, это считается наилучшим соответствием, но иногда также может быть и вторым соответствием. Также приводятся лучшие параметры значений m_2 , ω и λ . Соответствие выполняется до наступления времени t_{max} , момента, когда индекс рынка достиг своего максимального значения перед крахом. Снижение индекса в процентном соотношении вычисляется из общего объема потерь за период с t_{max} до t_{min} , когда, в результате краха, рынок достиг наименьшего уровня цен.

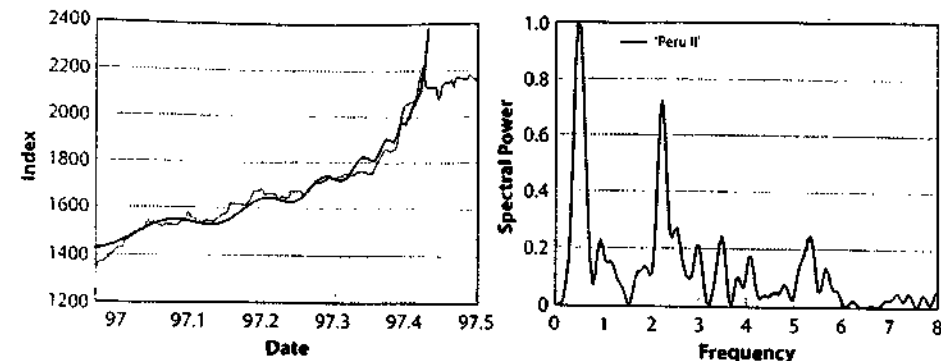


Рис. 134. Левый график: пузырь 1997 года на перуанском фондовом рынке. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график: периодограмма Ломба осцилляторного компонента рыночной цены, приведенного на левом графике. Источник [218].

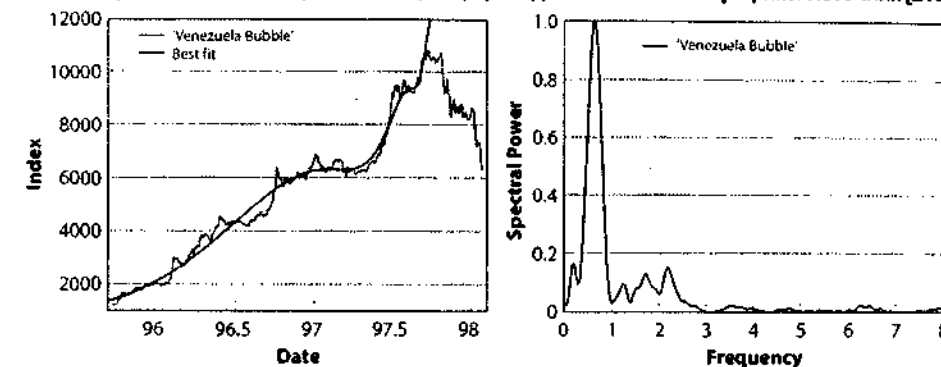


Рис. 135. Левый график: пузырь на венесуэльском фондовом рынке, лопнувший в 1997 году. Основные параметры значений соответствия см. в Табл. 9. Правый график: периодограмма Ломба осцилляторного компонента рыночной цены, приведенного на левом графике.

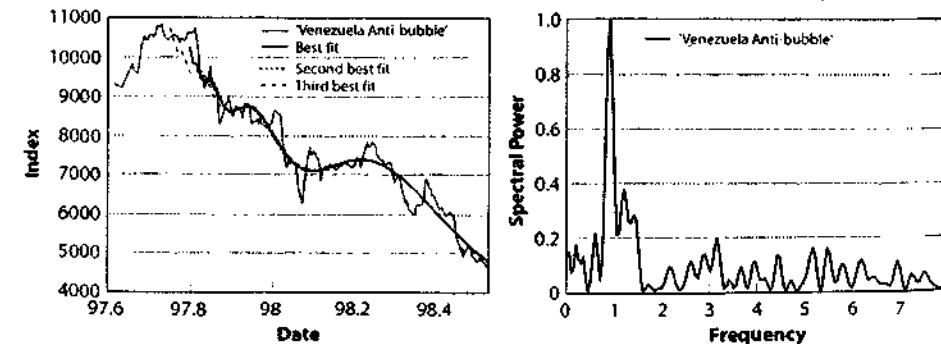


Рис. 136. Левый график: венесуэльский антипузырь, начавшийся в 1997 году, приведенный в соответствие с (15), где $m_2=0,58, 0,35$, $t_c=97,75, 97,75$, а $\omega=9,7, 3,9$ (два наилучших соответствия). Правый график: в периодограмме Ломба используется только лучшее соответствие. [218].

Азиатские рынки

На Рис. 137 – Рис. 141 эволюция пяти азиатских фондовых рынков (Индонезии, Кореи, Малайзии, Филиппин и Таиланда) представлена, как функция времени с 1990 года по февраль 1999 года.

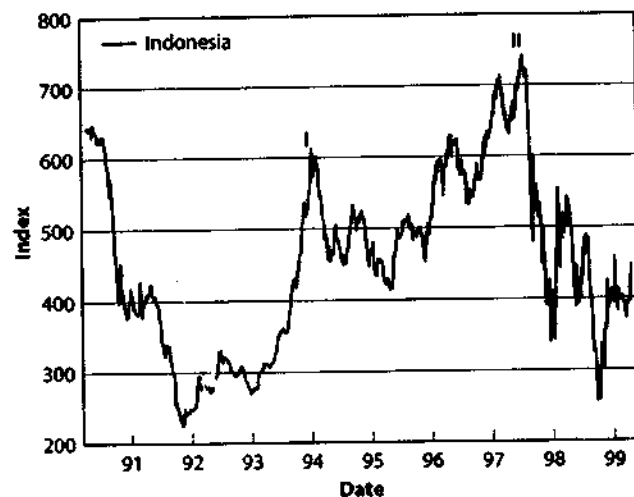


Рис. 137. Индонезийский фондовый рынок как функция времени. Отмечено два пузыря с последующим значительным падением цен. Приблизительные даты в хронологическом порядке: начало 1994 года (I) и середина 1997 года (II). Источник [218].

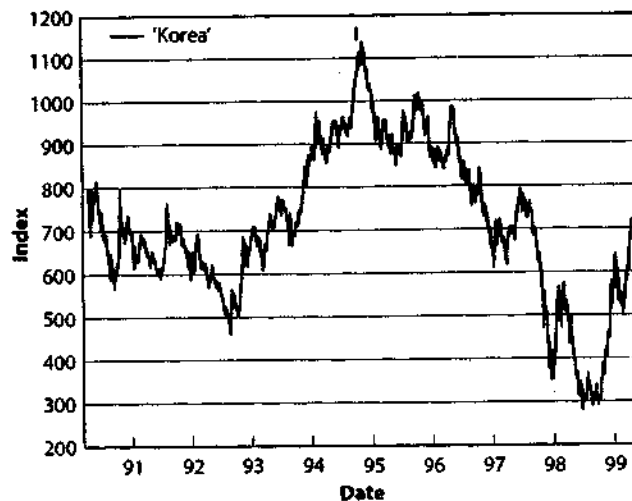


Рис. 138. Корейский фондовый рынок как функция времени. Зафиксирован один пузырь с последующим внушительным падением цен приблизительно в конце 1994 года. [218].

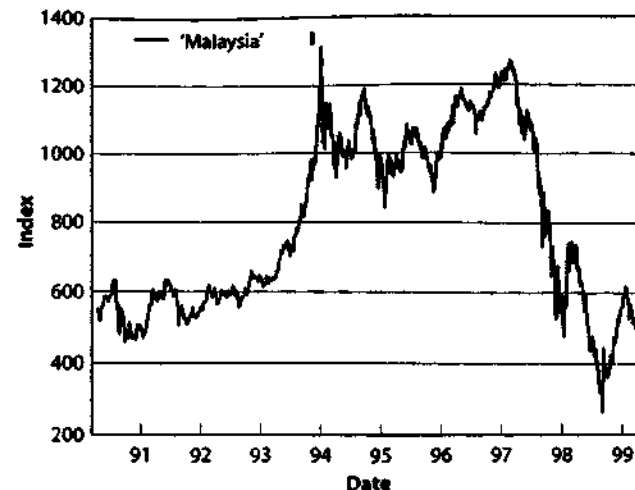


Рис. 139. Малазийский фондовый рынок как функция времени. Один продолжительный пузырь, завершившийся обвалом цен, появился в начале 1994 году. Источник [218].

Обнаружены два пузыря на индонезийском рынке и по одному на рынках Кореи, Малайзии, Филиппин и Таиланда. Все они закончились крахом или значительным падением, что и отображено на Рис. 137 – Рис. 141.

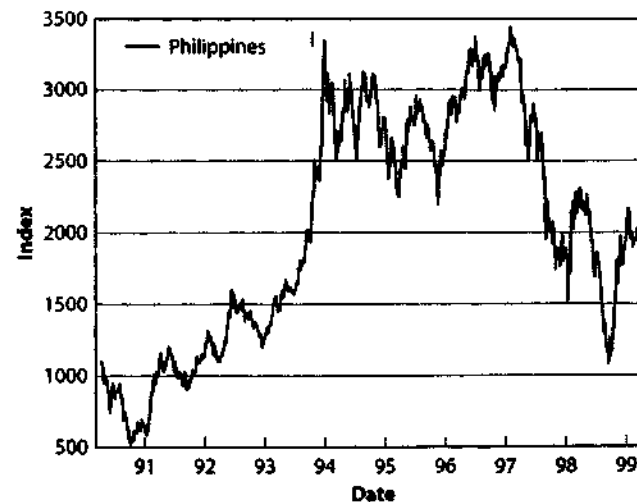


Рис. 140. Филиппинский фондовый рынок как функция времени. Зафиксирован один пузырь с последующим серьезным падением цен приблизительно в начале 1994 года. Источник [218].

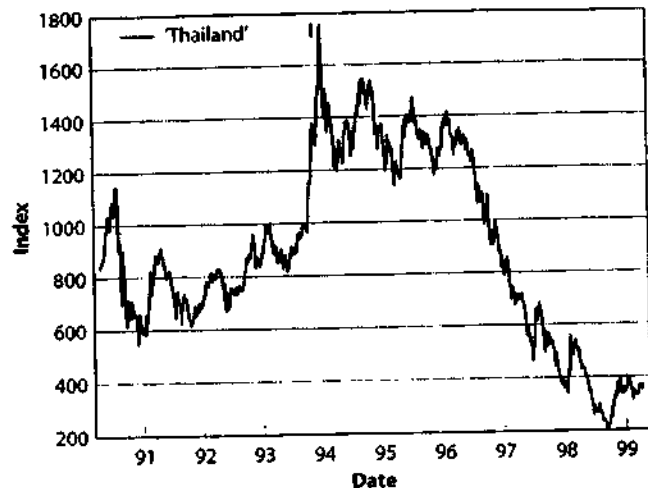


Рис. 141. Таиландский фондовый рынок как функция времени. Один пузырь с последующим сильным снижением цен появился в начале 1994 года. Источник [218].

На Рис. 142 – Рис. 147 показаны соответствия пузырям, отображенных на Рис. 137 – Рис. 141, а также спектральная периодограмма Ломба разницы между индексами и чистым степенным законом. Также как и на латиноамериканских рынках, наблюдаются более сильные флуктуации в значениях для экспоненты m_2 и угловой логочастоты ω по сравнению с основными финансовыми рынками.

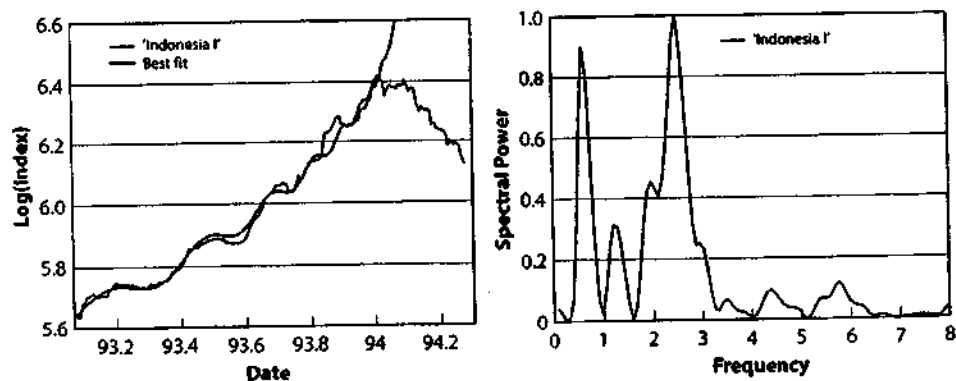


Рис. 142. Левый график индонезийский пузырь, закончившийся в январе 1994 года, с параметрами соответствия логопериодическому экспоненциальному закону: $m_2=0,44$, $t_c=1994,09$, а $\omega=15,6$. Правый график периодограмма Ломба колебательного компонента рыночной цены, приведенной на левом графике. Абсцисса является логочастотой f , где $f=\omega/2\pi$. Источник [218].

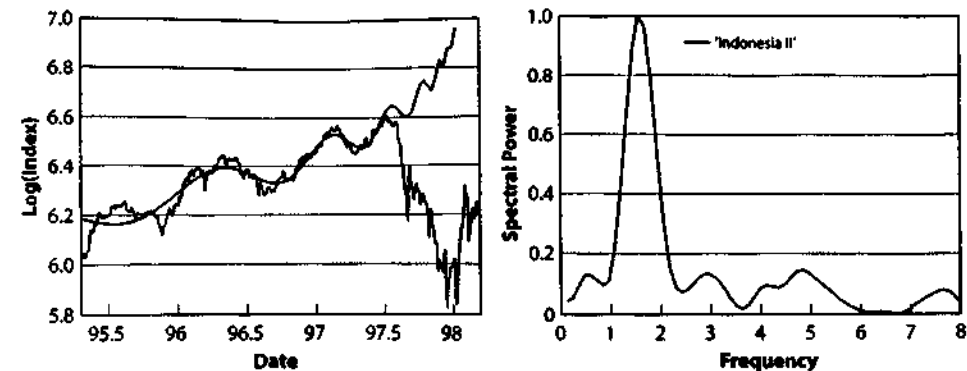


Рис. 143. Левый график индонезийский пузырь на фондовом рынке, закончившийся в 1997 году, с параметрами соответствия логопериодическому экспоненциальному закону: $m_2=0,23$, $t_c=1998,05$, а $\omega=10,1$. Правый график: периодограмма Ломба колебательного компонента рыночной цены, приведенной на левом графике. Источник [218].

Кризису не всегда предшествуют структуры логопериодического степенного закона. Например, логопериодическое поведение, предвещающее кризис в 1997 году, среди азиатских рынков отчетливо видно только на рынках Гонконга и Индонезии. Однако, подобное поведение очень ярко выражено на рынках в Аргентине, Бразилии, Мексике, Перу и Венесуэле, как было описано в предыдущем разделе.

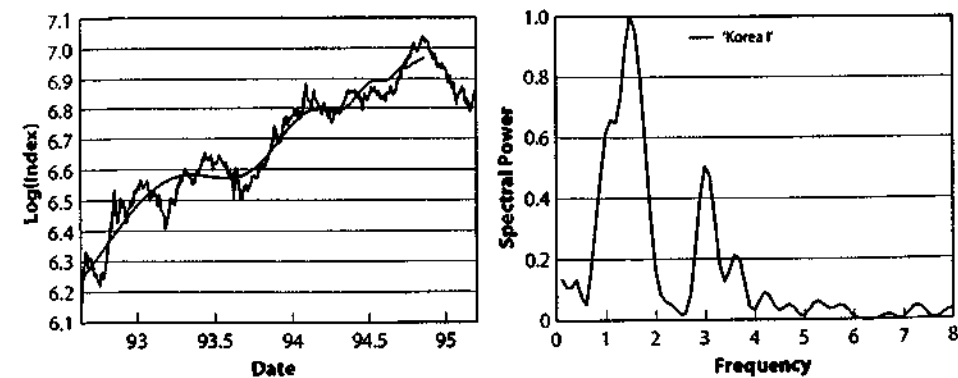


Рис. 144. Левый график корейский пузырь на фондовом рынке, закончившийся в 1994 году, и приведенный в соответствие по формуле логопериодического экспоненциального закона, где $m_2=1,05$, $t_c=1994,87$, а $\omega=8,15$. Правый график: периодограмма Ломба колебательного компонента рыночной цены, приведенной на левом графике. Источник [218].

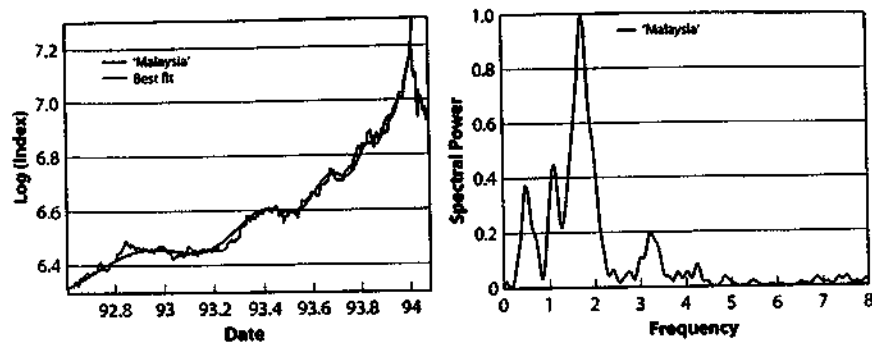


Рис. 145. Левый график: малазийский пузырь на фондовом рынке, закончившийся крахом в январе 1994 года, и приведенный в соответствие формуле логопериодического экспоненциального закона, где $m_2=0,24$, $t_c=1994,02$, а $\omega=10,9$. Правый график: периодограмма Ломба колебательного компонента рыночной цены, приведенной на левой панели. Источник [218].

Причина кроется в высокой степени взаимозависимости экономической и рыночной активности в этих многочисленных странах. Как следствие, адекватное моделирование требует многоаспектного подхода. Можно проследить, что подобные многоаспектные пузыри, являющиеся расширенными моделями того, что было представлено в главе 5, реализуются как в синхронизированные, так и в несинхронизированные крахи.

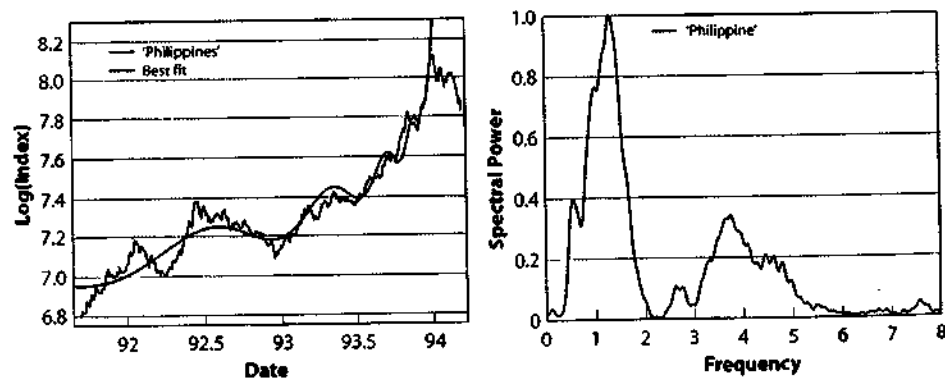


Рис. 146. Левый график: филиппинский пузырь на фондовом рынке, закончившийся крахом в январе 1994 года, и приведенный в соответствие формуле логопериодического экспоненциального закона, где $m_2=0,16$, $t_c=1994,02$, а $\omega=8,2$. Правый график: периодограмма Ломба колебательного компонента рыночной цены, приведенной на левом графике. Источник [218].

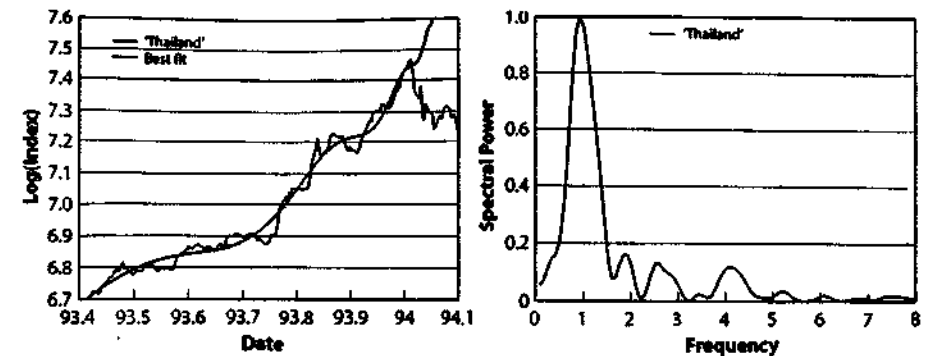


Рис. 147. Левый график: тайландский пузырь на фондовом рынке, закончившийся крахом в январе 1994 года, и приведенный в соответствие формуле логопериодического степенного закона, где $m_2=0,48$, $t_c=1994,07$, а $\omega=6,1$. Правый график: периодограмма Ломба осцилляционного компонента рыночной цены, приведенной на левом графике. Источник [218].

Вспомним, что кризис 1997 года начался в июле в юго-восточной Азии, когда иностранные банкиры, инвесторы, валютные спекулянты и аналитики рынка разуверились в способности Таиланда справиться с ухудшающейся экономической ситуацией с учетом роста торгового дефицита и международного долга, который к тому моменту достиг 50% от валового внутреннего продукта. На фоне падающих прибылей и увеличения числа банкротств компаний и финансовых учреждений юго-восточной Азии и Южной Кореи, иностранные инвесторы начали избавляться от региональных акций, а иностранные кредиторы перестали продлевать краткосрочные займы. После истощения своих валютных резервов в попытке противостоять спекулятивным атакам на бат, курс которого зависел от курса доллара США, правительство Таиланда имело мало шансов, но решилось ввести плавающий курс бата. Последовавший в результате этого обвал бата привел к целому ряду принудительных валютных девальваций, вскоре прокатившихся по таким странам как Индонезия, Малайзия и Филиппины, а затем распространившихся на Южную Корею и, в меньшей степени, на Сингапур, Тайвань и Японию.

Основные причины азиатского кризиса в 1997 году включали в себя следующее: чрезмерная зависимость бизнеса и банков от иностранных займов и, особенно, от краткосрочных кредитов; излишние инвестиции в недвижимость и слишком большие производственные мощности; неадекватный контроль со стороны финансовых институтов за размещением кредитов ненадежным компаниям под влиянием политических факторов; слишком обширные фискальные и макроэкономические политики в некоторых странах: ухудшающиеся условия торговли для стран, чья валюта была привязана к курсу американского доллара, укреплявшегося по отношению к японской йене.

Компании, банки, а также правительства недальновидно накапливали краткосрочные кредиты на необоснованных предположениях непрерывного роста. В середине 1990-х, подобная чрезмерность получила дополнительную подпитку от доступности дешевых иностранных капиталов, с процентными ставками, зачастую, значительно ниже, чем на внутренние кредиты. Подобный перекося является важным механизмом, способствующим развитию пузырей и вытекающих из них кризисам. В период формирования пузыря, азиатские правительственные учреждения прямо или косвенно гарантировали кредитные риски по иностранным займам, что привело к снижению процентных ставок по сравнению со ставками на внутренние кредиты (по иностранным кредитам требовалась меньшая компенсация, что уменьшало степень риска) [83]. Как следствие, появляется стимул брать кредиты из иностранных источников в больших масштабах: эти иностранные кредиты могут быть использованы по-разному внутри страны, чтобы обеспечить компенсацию, большую, чем стоимость кредита. Таким образом, огромные иностранные кредиты и чрезмерные инвестиции в недвижимое имущество, являются логическими последствиями того, что определенная валюта переоценена и доступны дешевые кредиты. Это провоцирует выдачу займов ненадежным местным банкам, всплеск активности на рынке жилья, в то время как темпы экономического роста значительно снижаются, а рост реального курса национальной валюты происходит на фоне ее ослабления.

По большей части излишества со стороны азиатских правительств, банков и корпораций могло бы и не возникнуть, если бы не влияние появившейся относительно недавно глобализации рынка ценных бумаг, а также ослабление существовавшего до этого контроля в азиатских странах над иностранными займами банков и корпораций. Согласно статистическим данным, до 1970 года 90% международных сделок приходились на торговые операции и только 10% – на движение капитала. В настоящее время, несмотря на значительное расширение мировой торговли, это соотношение изменилось на полностью противоположное: теперь 90% составляют транзакции, связанные с финансовыми потоками, напрямую не зависящими от торговли товарами и услугами. [96]. Большую часть этого потока капитала составляют крайне неустойчивые портфельные инвестиции и краткосрочные займы.

Внушительный отток инвесторским средств из сильной экономики США в поисках более высоких доходов, а также не уменьшающийся префицит торговли в Японии (Японские кредиты только в Азии увеличились с \$40 млрд. в 1994 году до \$265 млрд. в 1997 году, то есть до 40% от общего объема иностранного кредитования) способствовали опасному увеличению долга и избыточным производственным мощностям. В своем отчете перед Комитетом по банковским и финансовым услугам, управляющий ФРС Алан Гринспен сдержанно отметил: "Оглядываясь назад, становится ясно, что средства, вложенные в экономики этих стран значительно больше того, что можно было выгодно использовать, не слишком рискуя" [96].

Российский фондовый рынок

После падения СССР в декабре 1991 года, последовавшего за символическим разрушением Берлинской стены в 1990 году, российский фондовый рынок строился как развивающийся рынок, открытый для иностранных инвестиций. Таким образом, интересно проанализировать, присутствуют ли здесь структуры, обнаруженные на всех остальных развивающихся рынках. Исходя из универсальности поведения инвесторов, можно предположить, что ответ будет положительный. Послекризисный (1999 год) специальный репортаж в St. Petersburg Times особенно поучителен в отношении взаимодействия активной рекламы быстрых прибылей, например в сфере российских телекоммуникаций и в других государственных отраслях промышленности, и психологии политических и финансовых рисков, пронизывавших этот период хаоса [412]. На самом деле, в середине 1997 года, Россия получила доход от миллиардов долларов Международного Валютного Фонда (МВФ), Мирового Банка и двусторонней помощи (bilateral aid), что позволило Центральному Банку России накапливать резервы со скоростью \$1,5 млрд. в месяц. Российский фондовый рынок стал ведущим в мире среди фондовых рынков развивающихся стран, поскольку спекулянты стремились получить гигантские инвестиционные доходы. За этим скрывалась масса проблем [408]: коррупция в ходе нерыночной "приватизации" собственности инсайдерами; рост организованной преступности; надвигающийся полный коллапс российской экономики в 1998 году; увеличение торговли оружием, как средство получения твердой валюты; растущее отчуждение России от США, значительно изменившее тенденции, существовавшие в 1992 году. Полный экономический крах в 1998 году, последовавший за пузырем, принес боль, страдание и крушение надежд миллионам россиян.

Поскольку достаточно трудно получить достоверные сведения о российском фондовом рынке, полезно будет проанализировать четыре основных фондовых индекса России: Индекс Интерфакс российской торговой системы (IRTS), Индекс агентства Скейт-пресс и Москоу Таймс (ASPMТ), Общий индекс агентства Скейт-пресс (ASPGEN), и Индекс России банка КредитСвисс Фёрст Бостон (ROSI). Согласно общепринятому мнению, индекс ROSI – самый лучший из всех четырех. Поскольку российский фондовый рынок характеризуется высокой волатильностью, а компании входят и выходят из индексов, достаточно сложно получить общее представление о фондовом рынке. Использование четырех различных индексов несколько сглаживает проблему в случае, если результаты окажутся надежными.

На Рис. 148 представлен индекс ROSI, приведенный в соответствие с уравнением (15) за период времени [96,21 : 97,61]. Данный временной интервал выбран в соответствии с установленной датой начала формирования пузыря и его окончания, представленного максимальным значением индекса перед обвалом, так же как и при крахах на основных финансовых рынках, обсуждавшихся ранее. Для всех четырех индексов даты начала и окончания пузыря совпадают с разницей в один день.

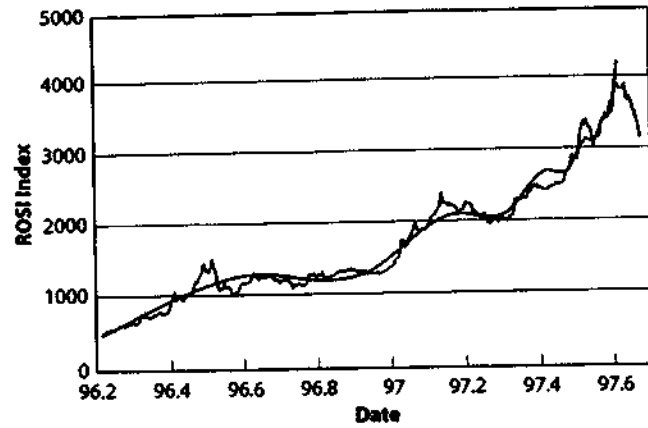


Рис. 148. Индекс ROSI, приведенный в соответствие уравнению (15). Значения параметров подгонки уравнением (15): $A_2 \approx 4254$, $B_2 \approx 3166$, $B_2C \approx 246$, $m_2 \approx 0.40$, $t_c \approx 97.61$, $\varphi \approx 0.44$, а $\omega \approx 7.7$. [221].

Как видно из Табл. 10, безразмерные параметры m_2 , ω , и λ , также как и предположительное время краха t_c для соответствия всех четырех индексов очень хорошо согласуются за исключением экспоненты m_2 , полученной по индексу ASPGEN. Фактически, значение, полученное для параметра предпочтительного коэффициента масштабирования, варьирует не более, чем на 5%, что говорит о том, что все четыре индекса демонстрируют высокую числовую стабильность.

Причины возникновения этого пузыря хорошо известны. В 1996 году крупные международные инвесторы (из Германии, США и Японии) начали вкладывать большие средства в российские рынки, полагая, что экономическая ситуация в стране наконец-то стабилизировалась. Это не имело ничего общего с правдой [206, 281], а было лишь верой и надеждой на новое благодатное для инвесторов место с высокими доходами, что привело к возникновению стадности и, впоследствии, пузыря. Это значит, что та же самая стадность, вызвавшая появление логопериодических пузырей на Уолл-Стрит (1929, 1987, 1998), в Гонконге (1997) и на рынке Форекс (1985, 1998), проявилась и на развивающемся рынке и принесла с собой логопериодические структуры степенного закона, характерные для мировых рынков. Тот факт, что последовательные значения λ , полученные для четырех российских фондовых индексов, сопоставимы со значениями, полученными для крахов на Уолл-Стрит, в Гонконге и на рынке Форекс, подтверждает данную интерпретацию. Более того, это также подкрепляет идею о том, что крах – это одно из наиболее драматичных поведений фондового рынка, как сложной самоорганизующейся системы.

Обнаружив явные доказательства присутствия логопериодических колебаний, показывающих ускорение по степенному закону и свидетельствующих об образовании пузыря на российском рынке, вполне естественно поискать возможные логопериодические признаки и в антипузыре, последовавшим за логопериодическим пузырем, описанным выше.

Табл. 10

Пузырь	t_c	t_{max}	t_{min}	падение	m_2	ω	λ	A_2	B_2	B_2C	Var
ASPMT	97.61	97.61	97.67	17%	0.37	7.5	2.3	1280	-1025	59.5	907
IRTS	97.61	97.61	97.67	17%	0.39	7.6	2.3	633	-483	38.8	310
ROSI	97.61	97.61	97.67	20%	0.40	7.7	2.3	4254	-3166	246	12437
ASPGEN	97.62	97.60	97.67	8.9%	0.25	8.0	2.2	2715	-2321	72.1	1940
Антипузырь	t_c	t_{max}	t_{min}	падение	m_2	ω	λ	A_2	B_2	B_2C	Var
ROSI	97.72	97.77	98.52	74%	0.32	7.9	2.2	4922	-3449	472	59891
Nikkei (15)	89.99	90.00	92.63	63%	0.47	4.9	3.6	10.7	-0.54	-0.11	0.0029
Nikkei (не линейн. логопериодич. уравнение)	89.97	90.00	95.51	63%	0.41	4.8	3.7	10.8	-0.70	-0.11	0.0600

t_c является прогнозируемым временем краха согласно соответствию рыночного индекса уравнению (15). Также приводятся и другие параметры предшествующего обвалу пузыря. Var ошибки представляет собой несоответствия между реальными данными и результатами подгонки, где единица измерения индекса Nikkei, где единица измерения, это [доллара]². Соответствие выполняется до момента достижения индексом максимального значения перед обвалом. Параметры t_c , m_2 , ω , и λ относятся к соответствию уравнению (15), где t_c и t_{min} являются границами интервала соответствия.

Как уже говорилось в главе 7, падение японского индекса Nikkei, начавшееся 1 января 1990 года и продолжающееся по сей день, может быть превосходно смоделировано при помощи степенного закона с элементами логопериодичности. На Рис. 149 антипузырь на индексе ROSI подогнан уравнением (15), где t_c и t взаимозаменены Симметрия относительно показателя t_c просто поразительна.

Возможно, покажется странным отстаивать присутствие предвещающих логопериодических структур степенного закона, когда можно убедительно доказать, что рынок в значительной мере отражает превратности российских политических институтов. Например, в случае с антипузырем, февраль-апрель 1998 года был восстановительным периодом, поскольку рынок характеризовался возвращением на него западных инвесторов после посткризисного затишья. Это могло произойти после рассмотрения динамики российских внешних резервов. Время прихода обратно в наибольшей степени можно объяснить политикой риска крупных инвесторов.

Следующее крупное падение фондового рынка России произошло в 1998 году, из-за того, что решение президента Ельцина отправить в отставку правительство Черномырдина дестабилизировало политическую ситуацию и привело к возникновению неуверенности. Политическая система пошатнулась еще больше, после того как Дума дважды отклонила кандидатов президента на должность премьер министра и оказалась на грани роспуска.

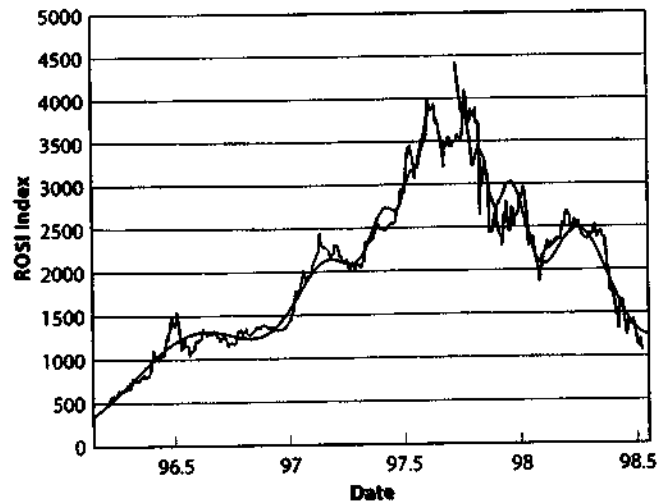


Рис. 149. Симметричный пузырь и антипузырь: вдобавок к растущей части индекса ROSI, взятой с Рис. 148, с тем же соответствием, мы приводим падающую часть графика, подогнанную под уравнение (15), с изменением $t-t$ на $t-t_c$. Значения параметров: $A_2 \approx 4922$, $B_2 \approx -3449$, $B_2 C \approx 472$, $m_2 \approx 0.32$, $t_c \approx 97.72$, $\phi \approx 1.4$, $\omega \approx 7.9$. Источник [221].

Обвал в августе 1998 года, имевший столь значительный резонанс на рынках во всем мире (см. главу 7), часто приписывался девальвации рубля и развитию событий на политической сцене в России. Хотя мы не склонны недооценивать

влияние "новостей", мы также полагаем, что на рынок постоянно обрушивается масса новостей, поэтому всегда можно обвинить в крахе одну из них, *постфактум*. Наоборот, мы рассматриваем реакцию рынка скорее как отражение его общей стабильности или нестабильности. Что касается краха в августе 1998 года, то к этому моменту рынок уже созрел для глобального кризиса и "новости" послужили определенным толчком. Если бы даже ничего не произошло в России, вероятнее всего, это случилось бы все равно, под влиянием других новостей [221] в течение месяца, что, похоже, является соответствующей продолжительностью существования рыночной нестабильности, связанной со взрывом пузыря.

Мы еще раз хотим подчеркнуть, что не надо путать системно нестабильную ситуацию с историческим событием, спровоцировавшим крах. Представьте себе линейку, поставленную на стол вертикально. Поскольку ее положение крайне неустойчиво, она вскоре упадет, и дуновение ветра или незначительное нарушение первоначальных условий не так уж важны. Что на самом деле важно, так это изначально нестабильное положение линейки. По нашему мнению, подобная ситуация складывается и в отношении крахов. Они возникают потому, что рынок достиг определенного уровня глобальной нестабильности. Конечно, всегда найдутся события, которые можно определить как толчок к началу движения рынка, но они всего лишь раскрывают нестабильность, а не являются ее глубинными причинами. Более того, политические события нужно также рассматривать как индикаторы состояния динамической системы, которая включает в себя рынок. В принципе, нет четкого разграничения воздействия различных событий. В частности, российский кризис 1997 года мог быть спровоцирован азиатскими крахами, но в большей степени, в этом виноват обвал банковской системы, которая в процессе формирования пузыря увеличила просроченную задолженность до \$19,2 млрд. [281].

Корреляции рынков: экономическое влияние и синхронизация коллапса пузыря

Общеизвестно, что крах в октябре 1987 года стал интернациональным событием, прокатившись за несколько дней по всем основным рынкам в мире [30]. Также часто обращается внимание на то, что менее крупные западноевропейские рынки, наряду с другими рынками в мире, находятся под влиянием доминирующих трендов на рынке США.

Однако есть примеры, доказывающие обратное. Так, примером явной синхронизации, не связанной с событиями в США, может послужить волна крахов/коррекций почти на всех развивающихся рынках в начале 1994 года. Эти крахи происходили с января по июнь 1994 года и затронули валютные рынки (Мексика, Южной Африки, Турции, Венесуэлы) и фондовые рынки (Чили, Венгрии, Индии, Индонезии, Малайзии, Филиппин, Польши, Южной Африки, Турции, Венесуэлы, Германии, Гонконга, Сингапура и Великобритании) [271]. В терминах описания пузырей, обсуждавшихся выше, фондовые рынки достигли соответствующего максимума в 1994,13 (Аргентина III), 1994,09 (Чили II), 1994,09

(Мексика I), 1993,83 (Перу), 1994,01 (Гонконг I), 1994,01 (Таиланд). Крахи были наиболее серьезными в странах Латинской Америки, при этом самый тяжелый был зафиксирован в Мексике. США при поддержке Канады и Европа дважды оказывали ей помощь, первый раз в апреле 1994 года, а затем в начале 1995 года, в размере \$50 млрд. [236].

Такая же волна крахов развилась в Таиланде и захлестнула весь мир. Эта серия крахов просматривается в приведенном ранее анализе разрывов пузырей. Наиболее значительными были следующие крахи пузырей: 1997,81 (Аргентина IV), 1997,51 (Бразилия), 1997,80 (Мексика II), 1997,42 (Перу II), 1997,73 (Венесуэла), 1997,60 (Гонконг III) и 1997,52 (Индонезия II). Эти максимумы и последующие резкие коррекции, спровоцированные отказом Таиланда от системы фиксированных валютных курсов после сильных атак на тайскую валюту. Когда рухнуло таиландское домино, еще три азиатских страны оказались втянутыми в этот водоворот: Филиппины, Индонезия и Малайзия. Ни в одной из этих стран ситуация не была столь катастрофической как в Таиланде, но их национальные валюты были привязаны к сильному доллару, поэтому они также получили серьезный удар.

Подобная финансовая инфекция основывается на том же механизме, что и тот, который ведет возникновению спекулятивных пузырей. Настроения инвесторов и кредиторов характеризуются сменой тенденций: когда все хорошо, они меньше думают о рисках и концентрируются на потенциальных прибылях. Когда же случается что-нибудь плохое, они вновь начинают беспокоиться по поводу рисков и комбинация надежды и жадности, которая вела рынок, вверх коллапсирует. Такая неожиданная смена психологии рынка в наши дни усилена за счет интернационализации инвестиций: те же управляющие фондами, которые начинали гореть на рынке в Таиланде, также имели денежные средства в Малайзии, в Индонезии и в других странах с развивающимися рынками. Кроме того, они обладают одинаковой информацией, поступающей из сходных источников. Как следствие, они совместно переоценивают риски, с которыми им приходится сталкиваться во всем мире, особенно там, где экономика и финансовая система напоминает Таиланд. В частности, реальная неблагоприятная экономическая ситуация и фундаментальные данные выходят на первый план, обнажая свои межнациональные экономические узы и взаимосвязи.

Эти каскадные обвалы имеют также простые технические объяснения. Основными игроками на развивающихся рынках являются хеджевые фонды и взаимные фонды. Первые берут займы в банках и используют эти кредиты для своих инвестиций. Если ценность этих инвестиций падает достаточно сильно, банк отзывает кредит и хеджевый фонд вынужден продавать и другие ценные бумаги, чтобы погасить кредит. Такой же механизм может затем начать действовать и на тех ценных бумагах, что были проданы, поскольку они также падают в цене из-за большого количества продаж. Инвестиционные фонды не используют кредиты для своих финансовых сделок, но им необходимо иметь запас наличности, на случай если мелкие инвесторы захотят получить назад свои деньги. Они формируют этот запас, продавая ценные бумаги стран, еще не затронутых кризисом.

Возможно, причины валютных крахов, таких как кризис азиатской валюты в 1997-98 гг., кроются во взаимосвязи структурной несбалансированности стран и их

слабой политики со сменой в ожиданиях рынка. Оба этих фактора усиливают друг друга, создавая источник нестабильности. Другими словами, кризис был вызван взаимным воздействием структурных недостатков и волатильностью международных рынков ценных бумаг, а также неадекватным контролем над банковским и финансовыми секторами и быстрым распространением кризиса по всем странам, связанным торговлей и общими источниками кредитов. Из сводки ежегодных данных для более, чем 100 развивающихся стран за период с 1971 года по 1992 год было обнаружено, что валютные крахи происходят чаще всего при низком росте объемов производства, высоком росте внутреннего кредита и высоких иностранных процентных ставках [141].

В теоретических предпосылках, разработанных в главе 5, можно выделить петлю обратной связи, посредством которой цены влияют на вероятность краха и наоборот. Чем выше цена, тем выше уровень опасности или вероятности краха. Этот процесс отражает феномен самореализующегося кризиса. Данная концепция в последнее время привлекает к себе большое внимание, в частности, в отношении крахов в семи странах (Мексика, Аргентина, Таиланд, Южная Корея, Индонезия, Малайзия и Гонконг) [245]. Все эти страны пережили суровую экономическую рецессию, более серьезную, чем что-либо происходившее в США после 1930 годов. Считается, что это произошло из-за процесса обратной связи, связанного с увеличением, а затем снижением доверия со стороны инвесторов на рынке. Игры с доверием вынудили правительства этих стран принять такие макроэкономические политики, которые лишь усугубили падение, вместо того, чтобы нейтрализовать его [245]. Например, когда разразился азиатский кризис, странам было сказано не сокращать процентные ставки, а поднимать их, чтобы убедить иностранных инвесторов оставить свои деньги на рынке и, тем самым, уменьшить падение валютного курса. Фактически же, этим странам посоветовали забыть о своей макроэкономической политике; вместо того, чтобы избежать или смягчить надвигающийся экономический обвал, им советовали придерживаться политики, которая, фактически, усугубляла их положение. И все это из-за опасений спекуляций. Таким образом, возможно, что утрата доверия к стране может привести к экономическому кризису, который оправдывает эту утрату доверия: страны могут становиться открытыми для того, что экономисты называют самореализующимися спекулятивными атаками. Если инвесторы поверят, что кризис может возникнуть при отсутствии определенных действий, они, несомненно, правы, так как они сами сгенерируют этот кризис. Другими словами, поскольку рост стран основывался на доступности иностранного капитала, азиатские страны столкнулись с ситуацией, когда приходится выбирать из двух зол: между экономической политикой, подстраховывающей финансовые рынки, и политикой, которая поможет улучшить состояние внутренней экономики и уменьшить социальную нестабильность. В первом случае, решение представляется верным для финансовых рынков. Второй вариант связан с проведением реформ МВФ во внутренней экономике и политической стабильностью затронутых кризисом стран.

В том же духе, Объединенный Экономический Комитет Конгресса США недавно опубликовал данные новых исследований, в ходе которых было обнаружено сочетание нестандартных предпосылок, являющихся ключевым

фактором, способствовавшим возникновению последних финансовых кризисов развивающихся экономик Азии [362]. Отчет, называющийся "Финансовые крахи на развивающихся рынках: предпосылки и МВФ", указывает на то, что предпосылки уна основе чрезмерных кредитов (возникающие как комбинация правительственных гарантий, рискованных возможностей кредитования и низкого уровня собственного капитала держателя акций) часто создают условия, ведущие к финансовому краху. Воздействие этих предпосылок похоже на проблемы, которые испытывала банковская индустрия США в 1980-х и в начале 1990-х годов. Исследование показывает, что недавнее кредитование МВФ и перспективы кредитования им в будущем способствуют усилению существующих деструктивных предпосылок и созданию дополнительной прослойки рискованных субсидий на международном уровне. Соответственно, возникает проблема морали: инвесторы идут на необоснованный риск, зная, что МВФ выступит в роли кредитора в случае крайней необходимости. Механизмы имитации и стадности, таким образом, полностью высвобождаются.

Еще одним ярким примером синхронизации между западноевропейскими рынками, не связанной с событиями в США, может послужить период, последовавший за крахами/коррекциями на большинстве развивающихся рынков в начале 1994 года. Этот период времени связан с резким ростом процентных ставок США. Тогда как индекс S&P упал меньше чем на 10% и восстановился в течение нескольких месяцев, влияние крахов развивающихся рынков на менее крупные западные фондовые рынки было значительно более глубоким. Потери ряда западных стран сопоставимы с минирецессией, где падения колебались от 18% (в Лондоне) до 31% (Гонконге) за период от пяти месяцев (в Лондоне) до 13 месяцев (в Мадриде), что показано в Табл. 11. Для каждого фондового рынка снижение логарифма индекса было вычислено в соответствии с уравнением логопериодического степенного закона. Все проанализированные спады на рисунках 8,34-8,37 могут быть охарактеризованы как антипузыри.

Табл. 11. Характеристики антипузырей 1994 года на западных фондовых рынках и в Гонконге, последовавших за коллапсом развивающихся рынков в 1994 году.

Фондовый рынок	t_c	t_{max}	t_{min}	Падение	m_2	ω	λ
Великобритания	94.08	94.09	94.48	18%	0.25	7.6	2.3
Гонконг	94.09	94.09	94.53	31%	0.03	11	1.8
Австралия	94.08	94.09	94.11	22%	0.46	8.0	2.2
Новая Зеландия	94.08	94.09	94.95	235	0.09	7.7	2.3
Франция	94.06	94.09	95.20	27%	0.51	12	1.7
Испания	94.08	94.09	95.23	27%	0.28	13	1.6
Италия	94.36	94.36	95.21	28%	0.35	9.2	2.0
Швейцария	94.08	94.08	94.54	22%	0.45	12	1.7

t_c - критическое время, предсказанное соответствием рыночного индекса уравнению (15). При наличии большого числа соответствий, выбирается соответствие с минимальной разницей между t_c и t_{max} . Как правило, это является наилучшим соответствием, но иногда бывает и вторым лучшим соответствием. Даются также и остальные параметры соответствия m_2 , ω и λ . Подгонка осуществляется, начиная со времени t_{max} , когда индекс достигает своего максимального значения перед падением, до времени t_{min} , обозначающего самое низкое значение индекса перед изменением тренда. Падение в процентном соотношении

вычисляется из общего объема потерь от t_{max} до t_{min} . Источник [218].

Из Табл. 11 видно, что значение предпочтительного коэффициента масштабирования $\lambda = e^{2m_2/\omega}$ очень хорошо согласуется с $\lambda \approx 2,0 \pm 0,3$. Это поразительно, учитывая, что все эти фондовые рынки находятся в абсолютно разных географических регионах (Европа, Азия и Тихий Океан). Что касается значения экспоненты m_2 , здесь, как обычно, колебания значительно больше. Однако, за исключением Новой Зеландии и Гонконга, мы получаем $m_2 \approx 0,4 \pm 0,1$, что опять-таки вполне хорошо соотносится с основными финансовыми рынками [209]. Амплитуда логопериодических колебаний прекрасно совпадает с $B_2 C \approx 0,03-0,04$, за исключением Лондона ($\approx 0,02$) и Милана ($\approx 0,05$).

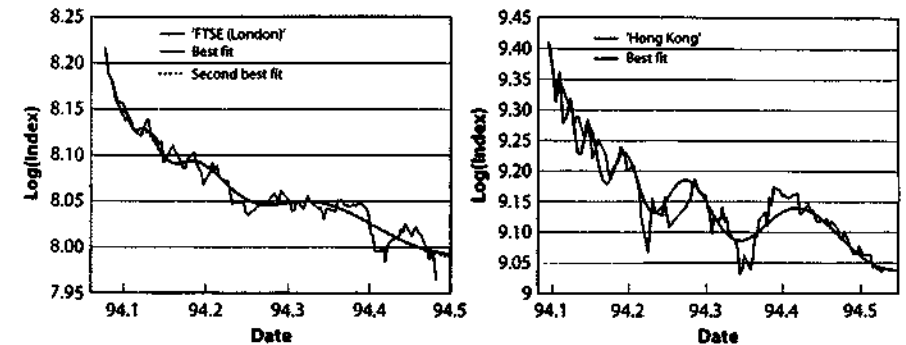


Рис. 150. Левый график: индекс FTSE (Лондон). Две линии представляют собой наилучшее и второе соответствие уравнению (15). Правый график: Гонконг. Обратите внимание на низкое значение экспоненты m_2 , приведенное в Табл. 11. Это, по-видимому, связано с недостаточностью выборки в первой части набора данных. Источник [218].

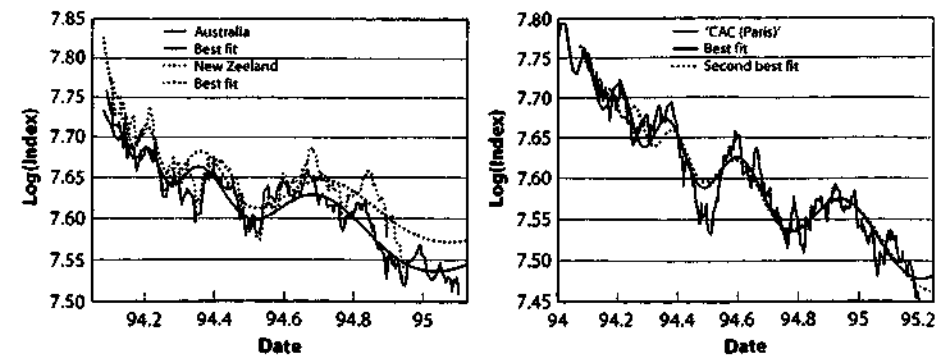


Рис. 151. Левый график: Индексы австралийского и новозеландского фондовых рынков. Правый график: французский индекс CAC-40. Две линии представляют собой наилучшее и

второе соответствия уравнению (15). Источник [218].

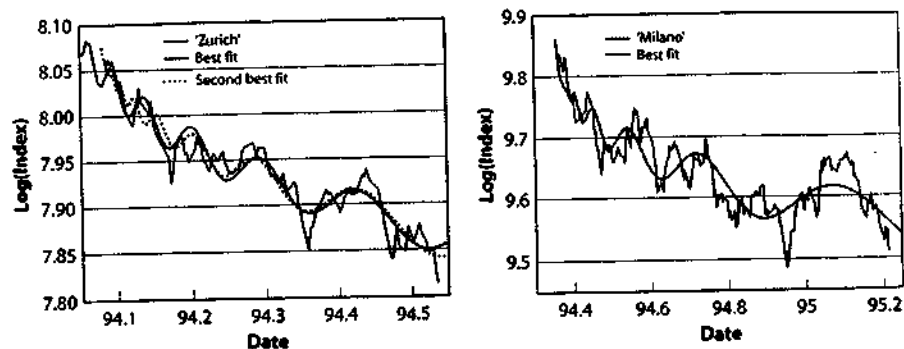


Рис. 152. Левый график: швейцарский фондовый индекс. Две линии представляют собой два наилучших соответствия с уравнением (15). Правый график: итальянский фондовый индекс. Источник [218].

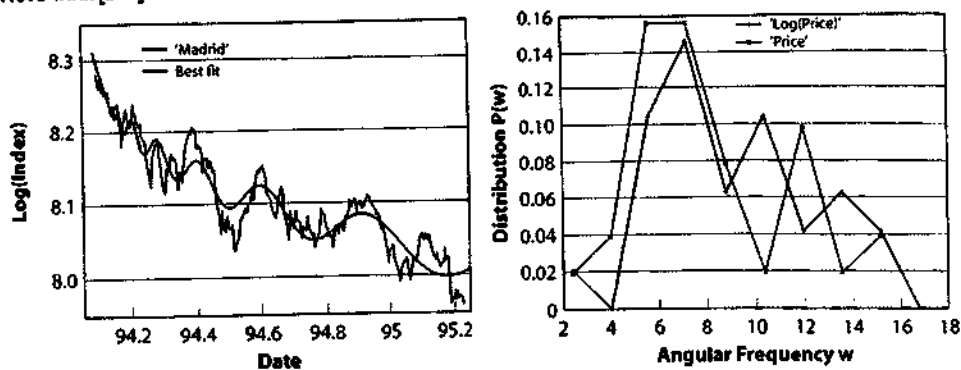


Рис. 153. Левый график: испанский (Мадрид) фондовый индекс. Правый график: распределение логопериодической угловой частоты ω для подгонок под предыдущие антипузыри, используя цену (пунктирная линия) или логарифм цены (непрерывная линия). Источник [218].

Предпосылки для смягчения кризисов

Некоторые известные экономисты, в частности Дж. Стиглиц (J.E. Stiglitz) и П. Кругман (P. Krugman), а также финансист Джордж Сорос (George Soros), утверждают, что рынки не должны быть предоставлены сами себе. Постулат свободного рынка предполагает, что рынки должны получить полную свободу, однако, это не всегда является правильным решением, поскольку не учитывает две ключевые проблемы: (1) склонность инвесторов развивать стратегии, ведущие к

дестабилизации фундаментальной основы рынка и (2) немоментальное устранение возможного дисбаланса между странами.

Сорос утверждал, что реальные международные финансовые рынки по своей сути волатильны и нестабильны, поскольку "участники рынка пытаются угадать будущее, которое, в свою очередь, формируется рыночными ожиданиями". Этот вопрос, безусловно, остается в центре дебатов, относительно того, могут ли местные и мировые рынки самостоятельно стабилизироваться после кризиса, подобного азиатскому краху в 1997. Так, чтобы оправдать вмешательство МВФ, Секретарь Казначейства США Рубин в январе 1998 года предостерегал, что мировые рынки в Азии не смогут стабилизироваться самостоятельно, и необходимо серьезное вмешательство МВФ и других международных организаций и правительств с целью предотвращения распространения кризиса на другие развивающиеся рынки Латинской Америки и Восточной Европы.

Аналогия с лесными пожарами хорошо иллюстрирует природу проблемы: во многих уголках мира, сухая погода приводит к возникновению множества крупных пожаров, иногда уносящих жизни пожарных и других людей, разрушая строения и лесные массивы. Принято считать, что выпас крупного рогатого скота, заготовки лесоматериалов и подавление пожаров за последние сто лет создали неестественные условия, такие как излишняя биомасса (слишком много деревьев без биологической вариативности и много мертвого древесного материала) и изменения в видовом разнообразии сосновых лесов, на западе США, в средиземноморских странах и других регионах. Подобные условия делают лес уязвимым для засухи, нашествий насекомых, эпидемий болезней и других лесных катастроф и, в частности, крупных пожаров [167]. Когда по западному региону США прокатилась волна разрушительных пожаров, вновь появилась заинтересованность в контроле горючих материалов для сокращения затрат на борьбу с пожарами и устранения повреждений от них. Наиболее частой техникой контроля горючих материалов является подавление пожара. Последние исследования, сопоставляющие южную Калифорнию, где такой контроль действует с 1900 года, с одной стороны, и Байя-Калифорнию (северная Мексика), где контроль вообще отсутствует (принцип "само прогорит"), с другой стороны, дали удивительные результаты [301, 308]: в Байя-Калифорнии отмечаются лишь относительно умеренные пожары, по сравнению со значительным распространением пожаров, в том числе и разрушительных, в южной Калифорнии. Выборочная ликвидация небольших пожаров (тех, которые можно контролировать) при нормальной погоде, ограничивает более крупные пожары лишь экстремальными погодными условиями. Это процесс, поощряющий широкомасштабность, высокую степень распространения и интенсивность. Обнаружено, что опасность подавления пожаров заключается в неизбежном возникновении мозаичного распределения хворостяного топлива и сразу больших пожаров, в противоположность естественной самоорганизации и незначительной мозаичности в самостоятельно прогоревших районах. Глядя правде в лицо, как ни парадоксально, верной стратегией для максимизации защиты собственности и экономии ресурсов при минимальных затратах является теория самостоятельного прогорания.

Данный вывод кажется правильным, когда регуляция объема горящих

материалов происходит естественным путем, согласующимся с динамикой пожаров. Другими словами, топливо-пожар образуют сложную нелинейную систему, как с отрицательной, так и с положительной обратной связью, которая может быть близкой к оптимальной: большее количество топлива благоприятно для пожаров; пожары уменьшают уровень топлива, но также могут и способствовать ускорению его последующей выработки; множество мелких пожаров создают естественный барьер для развития и распространения крупных пожаров; пожар помогает накапливать в почве полезные вещества; у пожаров есть и другие положительные моменты, например, некоторые виды сосны, в особенности польская сосна, являются поздноцветущими: их шишки раскрываются и распространяют семена только под действием огня. Возможность того, что комплексная нелинейная система будет оптимальной или будет близка к оптимальному решению, не раз обсуждалась в различных контекстах [97, 300, 404]. Можно упомянуть, к примеру, модель сети дефектов, влияющих друг на друга через эластичные деформации земной коры и разрывающихся во время землетрясения, и которые оказываются оптимальными геометрическими структурами, приспособившимися к тектоническим деформациям: они являются результатом глобальной проблемы математической оптимизации, которую динамика системы решает аналоговыми вычислениями, то есть, следуя своей самоорганизующейся динамике (в противоположность цифровым вычислениям, осуществляемым при помощи цифровых компьютеров). Один из уникальных уровней организации называется самоорганизованная критичность [26, 394]. Он и применялся, в частности, для объяснения распространения лесных пожаров [280].

Байя-Калифорния является ярким примером того, как самоорганизующийся режим системы топливо-огонь, оставленный без контроля, ведет к возникновению множества маленьких пожаров и сокращению крупных пожаров. Южная Калифорния иллюстрирует ситуацию, когда вмешательство в процесс производства топлива и его уничтожения пожарами приводит к распространению множества мелких и средних контролируемых пожаров, и еще большему числу крупных неконтролируемых пожаров.

Как же в эту картину вписываются фондовые рынки? Сторонники подхода "невмешательства" вооружаются сравнением двух Калифорний, но они забывают про важную деталь: фондовые рынки и экономики больше похожи на южную Калифорнию, чем на Байя-Калифорнию. Они не изолированы. Даже если правительство и регулирующие органы не вмешиваются, они испытывают на себе давление множества внешних экономических, политических и климатических факторов, которые оказывают на них определенное воздействие и также испытывают на себе воздействие со стороны рынка. Пример с пожарами помогает нам понять, что мы должны учитывать как самоорганизующуюся динамику комплекса топливо-огонь, так и различные экзогенные, случайные факторы, такие как погода, направление ветра, молнии и др.

Вопрос о том, полезны ли определенная регуляция, можно проинтерпретировать как вопрос о том, стоит ли оставить в покое пожары в Калифорнии. Поскольку управленческий подход не функционирует должным образом, возникает мнение, что вариант "невмешательства" будет более

приемлемым. На деле, политика "невмешательства" применялась в Парке Yellowstone, но от нее отказались после того, как в 1988 году там разразились крупные пожары. Стратегия "невмешательства" может оказаться нереалистичной с социальной точки зрения, потому что, давая возможность определенному пожару прогореть, мы создаем риски социальной нестабильности или эмоционального воздействия, последствия которых могут быть просчитаны на весьма краткосрочные перспективы (тогда как стратегия невмешательства в отношении лесных пожаров рассчитана на длительный период).

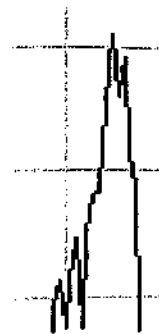
Мы полагаем, что большинство спонтанных событий на фондовых рынках, как и крупные финансовые крахи, на самом деле, можно рассматривать как реакцию самоорганизующейся системы на множественные внешние факторы в условиях ограничений. Внешнее воздействие является очень важным элементом, который необходимо учитывать, и который может модифицировать перспективы принципа "невмешательства". Например, во время последнего азиатского кризиса МВФ и правительство США считали, что контроль над международным движением капитала неэффективен и непрактичен. Дж. Стиглиц, главный экономист МВФ до 2000 года, доказывал, что в некоторых случаях ограничение краткосрочных потоков капитала в и из экономики развивающихся стран вполне обосновано. Он также отмечал тот факт, что развитые страны часто подталкивают развивающиеся страны к слишком быстрому прекращению регулирования своих финансовых систем. Сложной проблемой, как всегда, остается поощрение работы со странами, готовыми и способными предпринять резкие коррективные меры и сотрудничающими для поиска оптимальных решений, подходящих как для отдельно взятых стран, так и для функционирования мировых финансовых систем во время кризисов [81].

В 1987 году экономист, лауреат нобелевской премии, Джеймс Тобин (James Tobin) предложил два возможных пути реформирования международной валютной системы и контроля над мировой спекулятивной финансовой системой и "экономикой казино" [439].

1. Первый способ заключается в том, чтобы сделать валютные транзакции более дорогими, чтобы сократить мобильность капитала и уменьшить давление спекулятивных валютных обменных курсов. Этот подход, известный как "налог Тобина", нашел поддержку среди многих экономистов нового поколения в виде международного универсального налога на все спотовые конверсии одной валюты в другую, пропорционального размерам транзакции. Среди традиционных доводов против "налога Тобина" можно отметить такие как уменьшение ликвидности, невозможность сбора налога и поощрение оффшорных валютных операций.
2. Второй способ заключается в большей интеграции мировой экономики, подразумевающей наличие монетарного союза и Мирового Центрального Банка. Эта идея может привести к принятию Международной Валютной Единицы, управляемой Мировым Центральным Банком и основанной на равноценной корзине товаров в каждой стране. Стоимость этих корзин в национальной валюте будет определять относительные валютные курсы, которые, таким образом, будут зависеть от реальных экономических условий, а не от

кратковременных движений валют [439]. Другой формой реализации идеи интеграции может стать координация политики процентных ставок между США, Европейским Союзом и Японией, которая позволит странам достигать своих целей при помощи политики процентных ставок, и не испытывать дестабилизирующий эффект от следования монетарной политики, навязанной спекуляциями на валютных курсах. Еще одно предложение, заключающееся в том, чтобы создать услугу мирового валютного обмена "не для выгоды", чтобы осуществлять операции по обмену иностранных валют. Это может стать общественной услугой, возможно, находящейся под контролем группы правительств и Организации Объединенных Наций (ООН), чтобы создать небольшую конкуренцию частным валютным банкам и при участии ООН, МВФ и BIS (Банк международных расчетов) [439]. "Плата за останов торговли" на валютном рынке, аналогичная плате за прерывание на Уолл-Стрит, может быть использована в дополнение к прерыванию (останову) торговли (обычного явления на всех фондовых рынках) при возникновении спекулятивных атак на какую-либо валюту. Это могло бы представлять собой важную социальную инновацию, поскольку предоставляет правительствам и центральным банкам новый инструмент внутреннего макроэкономического управления, способный оградить их валюты и экономические системы от спекулятивных атак, не прибегая к повышению процентных ставок, что привело бы к спаду деловой и потребительской активности [439].

В настоящее время, похоже, что предложения и принимаемые меры, направленные на борьбу с рисками, угрожающими мировой финансовой системе, не имеют никаких реальных шансов на успех.



Глава №9 Предсказание пузырей, крахов и антипузырей

Природа предсказаний

Бег времени неумолимо переносит нас в неясное будущее. Предсказание будущего – это, наверное, самая трудная задача, которая пленяет воображение всех людей. Пророки на протяжении всей истории приводили в ужас или вдохновляли массы своими видениями. До недавнего времени, наука по большей части избегала этого вопроса, фокусируя свое внимание на предсказаниях другого рода, относящихся к ранее неизвестным явлениям, таким как предсказание Эйнштейном отклонения света гравитационным полем солнца, ускользающей частицы, названной Паули нейтрино, промежуточный бозон электрослабой теории Вайнберга (Weinberg) и Салама (Salam). Это лишь несколько примеров. Предсказания будущего, имеющие научную основу и использующие, как правило, компьютеризированные математические модели – более современное явление, которые все глубже проникают в современное общество, стремящееся контролировать окружающую среду и снижать степень рисков. В действительности, попытки прогнозировать будущее тщетны, поскольку ученые еще не открыли все физические законы. Кроме того, в характеристике систем и для настоящего, и для будущего остается значительная доля неопределенности, что в результате дает высокую степень неточности. Следовательно, хотя математическое моделирование и компьютерная симуляция делают возможными разумные прогнозы, они всегда остаются неточными; результаты, по определению, есть лишь модель реальности, а не сама реальность.

Предсказания разворотов трендов, изменений режима или "разрывов" невероятно сложны и ненадежны во всех реальных областях применений, таких

как экономика, финансы, погода и климат. Это, вероятно, самая сложная, но в то же время и самая интересная и полезная задача. Две известные стратегии моделирования, а именно аналитические теории и прямые числовые вычисления, приводящие к огромным алгебраическим системам, не способны предоставить эффективное решение большинства конкретных проблем. Этап моделирования разрывов страдает от большого количества разнообразных погрешностей, включая неверное описание модели и неточное числовое представление математической модели, что особенно важно для прогнозирования редких экстремальных ситуаций [232].

Следующий пример, позаимствованный из области климатологии, хорошо иллюстрирует данный вопрос. Принимая во внимание все большее единогласие в вопросе глобально потепления, поучительно вспомнить, что в 1970-х годах ученые были обеспокоены похолоданием на земле, которое, по прогнозам того времени, могло закончиться новым ледниковым периодом, похожим на тот, что был зафиксирован в 1400-1800, а возможно, и более суровым [61, 368, 429, 155]! Теперь, когда проблема глобального потепления является общепризнанной, оглядываясь в прошлое, мы понимаем, насколько недалековидными были эти прогнозы. По сути, в настоящие дни ситуация мало в чем изменилась: оценки незначительных изменений в будущем или прогнозы по темпам экономического роста достаточно хороши, но предсказания сильных рецессий и крахов почти всегда крайне ненадежны. Например, полное единодушие относительно реальности и значимости проблемы глобального потепления основывается на ярко выраженной тенденции в течение всего двадцатого века, которая, в конце концов, позволила преодолеть уровень неопределенности. Мы подчеркиваем, что этот консенсус касается не предсказания разворота или смены режима. Другими словами, ученые способны распознать тенденцию, если находятся внутри ее: нам понадобились данные за 100 лет, чтобы извлечь из них четкий сигнал о присутствующей тенденции глобального потепления. В противоположность этому, доступная на сегодняшний день ученым технология не подходит для прогнозирования большинства изменений трендов.

В сфере экономики и финансов, ситуация, возможно, еще хуже, поскольку ожидания людей, их жадность и страх переплетаются, создавая неопределенность в будущем. На тему предсказаний, управляющий Федеральными Резервами США Алан Гринспен [177] сказал: "Узнавайте все, что можно узнать, собирайте все имеющиеся данные, перемалывайте все цифры, прежде чем сделать предсказание или финансовый прогноз. И даже тогда примите и поймите, что никто не может предсказать будущее, когда оно зависит от людей. Поведение людей не изменилось; люди непредсказуемы. Если вы ошиблись, исправьте свои ошибки и двигайтесь дальше". Нечеткость, возникающая в результате ожиданий и подсчетов будущего, заложенных в сиюминутных решениях инвесторов, может быть обозначена в еще одной известной цитате Гринспена, выступавшего перед

Банковским Комитетом Сената 20 июня 1995 года: "Если то, что я говорю по этому поводу вам полностью понятно, значит я, вероятно, сделал ошибку".

Неточность предсказаний внутренне заключена в сложности задачи. Тем не менее, предсказания имеют определенную пользу. Например, прогнозы погоды далеко не всегда верны, но это все же лучше, чем полное неведение, поскольку, когда человек знает, чего можно ожидать в ближайшее время он предпринимает соответствующие меры. Предсказания можно сравнивать с наблюдениями и корректировать их, чтобы в будущем получать более точные результаты. Этот процесс называется ассимиляцией данных в прогноз. Таким образом, важно учитывать величину ошибки и оценивать степень неопределенности, связанной с тем или иным прогнозом: твердые значения в прогнозах обманчивы; только распределение вероятности несет в себе значимую информацию. Наводнение в Гранд Форкс, вызванное разливом северной части Красной реки, является хорошей иллюстрацией. Весной 1997 года, когда уровень воды в реке поднимался до своего рекордно высокого уровня, горожане и власти полагались на прогнозы ученых относительно максимального уровня воды. Прогнозируемые 49 футов внушили городу ложное чувство безопасности, поскольку прогноз был необоснованно четким. На самом деле, диапазон вероятностей был значительно больше; в конце концов, вода достигла уровня 54 фута, заставив 50,000 человек в спешке бросить свои дома. Если бы был рассмотрен полный спектр вероятностей и сценариев хода событий, возможно, были бы приняты контрмеры, и многим людям удалось бы сохранить свое имущество. В данном случае, важно то, что 49-ти футовый прогноз не был неправильным. Просто, к сожалению, отсутствовали возможные отклонения от наилучшего предположения. Вероятностный прогноз, допускающий хотя бы два исхода, был бы гораздо полезнее. Его можно было бы выразить как "существует 50% вероятности того, что уровень воды в реке не превысит 49-ти футового порога и 90% вероятности, что максимальный уровень составит 52 фута". Обратите внимание, что в первой части утверждения передается та же информация о наилучшем предположении (в общем смысле) относительно максимального уровня, тогда как вторая часть дает оценку степени неточности. В этом случае, в принципе, есть возможность взвесить стоимость мер, направленных на уменьшение риска, и отреагировать на любые приведенные отклонения от наилучшего предположения. Главное помнить о сосуществовании нескольких возможных сценариев (а не одного лучшего, или среднего) с определенной степенью вероятности.

То, насколько важно умение работать с несколькими сценариями, проиллюстрировано на Рис. 154, где представлена эволюция группы траекторий, подчиняющихся набору уравнений (теперь известному под названием системы Лоренца), предложенная метеорологом Лоренцом (Lorenz) [270] как пародия на атмосферную динамику.

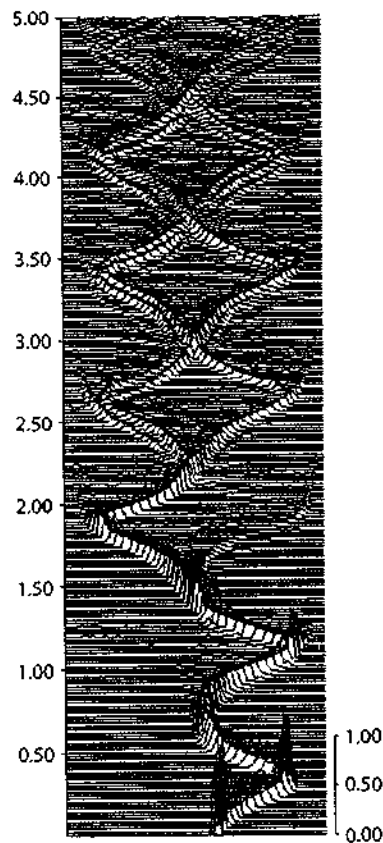


Рис. 154. Эволюция функции плотности вероятностей, представленная в проекции для переменной v в полной системе уравнений Лоренца, обеспечивающих упрощенную модель атмосферной динамики. Переменная v изображена вдоль горизонтальной оси так, что центром симметрии является начальное условие. Время t изображено вдоль вертикальной оси. По ходу увеличения времени (вверх), изначально "контрастное" распределение в $t=0$ расширяется, но затем демонстрирует повторное появление контрастности (на $t=0,4$), увеличиваясь и заостряясь. Позднее, распределение разбивается на две ветви: переменная v либо значительно выше, либо ниже изначального значения, тогда как прогноз в среднем предсказывает значение посередине, чего на самом деле, почти никогда не происходит. Это иллюстрирует фундаментальные ограничения прогнозов, основанных на одном репрезентативном значении. Источник [388].

Отметим, что изучение данной системы оказалось инструментом развития теории хаоса в 1970-ых и в 1980-ых годах. Вертикальная ось представляет собой ближайшее значение метеорологической переменной, скажем, скорости ветра v . Вертикальная ось есть время, которое в данном случае охватывает интервал от 0 до 5. Для каждого значения времени, третье измерение, в перспективе, показывает

распределение вероятностей скорости ветра v : максимум начального колоколоподобного распределения относится к наилучшим начальным предположением относительно текущего состояния системы. Ширина колоколообразной кривой дает оценку начальной неточности наших наблюдений: мы делаем первоначальное измерение скорости ветра, и при этом мы знаем, что любые измерения несут в себе определенную долю неточности, в данном случае, количественно определяемые при помощи вероятности того, что реальные условия отклоняются от наилучшей оценки, соответствующей вершине. Чтобы создать это распределение, 4096 начальных условий, выбранных наугад, просчитываются согласно уравнениям движения Лоренца. Таким образом, каждое из этих 4096 условий определяет вероятностную траекторию. В выбранный момент времени вычисляется значение v для каждой из траекторий, а объединение 4096 значений дает статистику, согласно которой можно построить распределение v . На начальных стадиях распределение расширяется: обратите внимание, что амплитуда пиков уменьшается, а распределение становится шире. Это говорит о том, что через некоторое время, степень неточности значения v начинает увеличиваться и, следовательно, утрачивает прогностическую способность. До времени $t=1,5$, можно увидеть чередующееся ухудшение и улучшение характеристик прогноза, поскольку функция распределения попеременно заостряется и расширяется. Это первый, довольно неинтуитивный урок: в хаотической динамике присутствуют периоды уменьшения неточности [388]. Расширение горизонтов прогноза не всегда ведет к деградации предсказания, что контрастирует со стандартным мнением относительно хаотической динамики. После отметки времени $t=1,5$, функция распределения распадается на две отдельные ветви. При $t=2,5$ уже четко видно, что скорость ветра будет иметь либо сильные положительные, либо отрицательные отклонения от первоначальной оценки, но оптимальный прогноз, составленный путем усреднения всех возможных траекторий, близок к первоначальному. Это и есть фундаментальный недостаток подобной стандартной техники предсказания в нелинейной системе [388], что подчеркивает необходимость учета распределений или набора сценариев, в отличие от среднего, сводного или репрезентативного прогноза. Во время $t=2,5$ ни одна отдельно взятая траектория не является надежным отражением сложности динамики. Из-за структуры динамики в данном примере, должны учитываться хотя бы два основных сценария.

Помнить о том, что предсказания по сути своей связаны с сопутствующей им неточностью, еще более важно, если принимать во внимание комбинацию неточности наблюдений и ошибку модели. Ошибка модели относится к тому факту, что, в общем, мы не знаем точных уравнений динамики системы, которую хотим прогнозировать. У нас есть лишь приблизительное представление о ее сложности, а модели, используемые для прогнозирования, всего лишь часть общего процесса. Данная ошибка модели определенно накладывает резкие ограничения на то, что мы можем сказать в отношении будущего системы. Работать с группой траекторий для каждой модели, где модель является частью группы моделей – один из способов

сократить эти фундаментальные ограничения [368].

Ниже дается описание того, как эти идеи могут быть применены к предсказаниям финансовых крахов. Различные модели относятся к различным реализациям теории критических точек с логопериодическим степенным законом. Для каждой модели будут сгенерированы отдельные сценарии, при помощи различных решений, полученных путем подбора соответствий.

Как разрабатывать и интерпретировать статистические тесты логопериодичности

Прежде чем рассматривать проблему предсказаний, необходимо вернуться к вопросу о возможной необъективности при подгонки финансовых временных рядов, представленных в главах 7 и 8. Выбирая временные окна на основе существования (1) изменения режима и ускорения роста рыночных цен и (2) краха или сильной коррекции в конце, мы, по чистой случайности, могли так сократить данные, что это, возможно, привело к соответствию с логопериодическим степенным законом. Данный вопрос должен подниматься всякий раз, когда какому-либо показателю присваивается статус индикатора с характеристиками предсказания. Для этого существует фундаментальное математическое обоснование: английский математик Ф. П. Рамси (F. P. Ramsey) доказал, что абсолютная беспорядочность невозможна [173, 172]. Всякий большой набор данных, типа рядов финансовых цен, или пунктов, или объектов, обязательно содержит устойчиво регулярные характеристики. Так, например, ночное небо заполнено созвездиями в виде прямых линий, четырехугольников и пятиугольников, имеющих наводящие названия, которые были придуманы древними астрономами, такие как Лев, Овен, или Скорпион. Может ли быть так, что подобные геометрические формы происходят от неизведанных космических сил? В 1928 году, Рамси доказал, что подобные модели присущи любой сложной структуре. Звезд на небе достаточно, чтобы найти там любую фигуру или модель. Взяв достаточно длинный ряд цифр, вы сможете отыскать там любую систему, например, ваш день рождения, или другое число, представляющее для вас интерес. На интуитивном уровне, можно определить, что довод, лежащий в основе этой теоремы, заключается в том, что набор случайных данных не был бы случайным, если в нем нельзя было бы обнаружить любую закономерность. Случайность в том и состоит, что может проявиться любая структура.

Соответственно, становится актуальным вопрос, сколько же понадобится звезд, чисел или фигур, чтобы гарантировать присутствие желаемой системы. Другими словами, какова вероятность обнаружения необходимой подструктуры в конкретном наборе данных? Поиск ответа на этот вопрос и есть область статистики и ее экономического приложения, эконометрии. Если можно доказать, что число звезд на небе, необходимое для получения какой-то определенной системы, немногим больше того, что можно наблюдать, возникает резонный вопрос, является ли присутствие этой самой системы в данном наборе звезд не только волей случая. Это и есть основы метода проверки статистической гипотезы, который выявляет так

называемые "уровни статистической достоверности": если уровень достоверности того или иного явления, скажем, 99%, это означает, что вероятность его случайного происхождения ничтожно мала, то есть 1 из 100.

В данном контексте, мы, прежде всего, ссылаемся на описание компьютерного эксперимента, приведенного в разделе главы 7 под названием "Медленный обвал в 1962 году, положивший конец буму электроники", в ходе которого пятьдесят 400-недельных временных интервалов за период с 1910 по 1996 год по индексу Дю-Джонса были выбраны случайным образом [209]. Этот эксперимент показывает, что траектории, параметры которых соотносятся с тремя крахами в 1929, 1962 и 1987 годах, вероятнее всего были не случайными совпадениями. Федженбаум (Fegenbaum) и Фронд (Fronnd) также рассматривали выбранные случайным образом временные окна на реальных данных и, в общем, не обнаружили присутствия логопериодичности в этих окнах, за исключением тех периодов, когда крахи были уже неизбежны [128]. Позднее, Федженбаум изучал первую производную по логарифму индекса S&P500 за период с 1980 по 1987 года и обнаружил, что нельзя отрицать наличие логопериодического компонента с уровнем достоверности 95% [127]: проще говоря, это означает, что вероятность случайного возникновения логопериодического компонента меньше, чем один к двадцати.

В целях дальнейшего тестирования надежности улучшенной гипотезы логопериодичности Йохансен, Ледуа (Ledoit) и я [209] проверяли, может ли нулевая гипотеза о том, что стандартная статистическая модель финансовых рынков, называемая GARCH(1,1) с распределением шума Стьюдента, "объяснить" наличие логопериодичности. Из 1000 сгенерированных наборов данных продолжительностью по 400 недель, которые были сгенерированы и проанализированы, только два 400-недельных интервала были расценены как реальные крахи при использовании GARCH(1,1) с распределением шума Стьюдента. Эти результаты соответствуют уровню достоверности 99,8%, что исключает вероятность того, что GARCH(1,1) с распределением шума Стьюдента намеренно сгенерировала логопериодичность. Мы не рассматриваем сам крах; наша задача всего лишь проверить может ли логопериодичность такой силы, как перед крахами в 1929 и 1987 годах быть сгенерирована при помощи одного из стандартных генераторов финансового временного ряда, активно используемого как теоретиками, так и практиками. Кроме того, необходимо добавить, что если бы даже два периода со значительным присутствием логопериодичности, полученные при помощи симуляции с использованием GARCH(1,1) с распределением шума Стьюдента не закончились крахами, у нас все равно есть повод еще раз убедиться в том, что поведение настоящих рынков трагически отличается от предсказанного одной из самых фундаментальных моделей финансовой индустрии. В самом деле, частота крахов в симуляции Монте-Карло была бы значительно ниже, чем частота крахов в реальной жизни и если один из наиболее часто используемых методов индустрии не способен воспроизвести отмеченную частоту крахов, то ученым есть над чем подумать и что обосновать. Для этого могут понадобиться новые концепции и методы.

Необходимо подчеркнуть, что наука не предоставляет правдивых данных: единственное, что можно делать, это строить модели и опровергать их на

определенном уровне статистической значимости. Те модели, которые не были опровергнуты в процессе противопоставления все большему количеству данных, приобретают статус теории (вспомните, например, квантовую механику, которая неоднократно тестируется). В данном контексте становится ясно, что в идеале, мы никогда не сможем "доказать" существование логопериодичности, как отличительной черты особых рыночных механизмов. Лучшее, что мы можем сделать, это одну за другой тестировать модели индустрии, чтобы проверить, создают ли они такие же структуры, как и те, что мы наблюдаем. Конечно же, было бы интересно протестировать более сложные модели таким же образом, как и GARCH(1,1) с распределением шума Стюдента. Однако, мы предупреждаем, что опровержение одной модели за другой все равно не докажет существования логопериодичности. Это за пределами возможностей статистического и эконометрического анализа. Если большое количество моделей не сможет "объяснить" зафиксированную логопериодичность, то это будет означать, что логопериодичность представляет собой важный факт, который необходимо понять.

Также вызывает опасения вероятность того, что такой интегрированный процесс как случайное блуждание, который суммирует случайные события во времени, может опять-таки случайно сгенерировать логопериодические структуры. На самом деле, Хуанг (Huang) и другие специально проверяли следующую проблему: При каких обстоятельствах интегрированный процесс может сгенерировать ложную логопериодичность? Ответ, полученный в результате длительных и тщательных тестов методом Монте-Карло, имеет двойное толкование. (1) Для более или менее регулярно выбираемых временных рядов таких, как в случае с финансовыми временными рядами, интеграл зашумленной логопериодической функции *разрушает* логопериодический сигнал! (2) Ложная логопериодичность в интегрированном процессе наблюдается только, когда скорости выборки (sampling rates) растут экспоненциально или как степенной закон $t_c \rightarrow t$. Название Монте-Карло подразумевает идею о том, что случайные (как в казино) ряды с определенными характеристиками используются для тестирования вероятности того, что возникновение определенной структуры всего лишь случайность: если такая вероятность очень мала, скорее всего, соответствующая структура не случайна. Следовательно, можно сделать вывод, что данная структура могла возникнуть под влиянием случайного набора воздействий, которые необходимо исследовать и использовать.

В конечном счете, только предсказания вперед могут продемонстрировать пользу от этой теории (см. раздел "Прямые предсказания" далее в этой главе), так что время покажет. Однако, множество примеров, приведенных в главах 7 и 8, а также анализ далее в этой главе, указывают на ее интересный предсказательный потенциал. Тем не менее, основной вопрос касается возможности использования надежной схемы прогнозирования крахов, если таковая существует. Предположим, что проявилось предсказание краха, в котором говорится, что, начиная с сегодняшнего дня, через один – два месяца произойдет крах с амплитудой 20%-30%. В данном случае возможна реализация как минимум трех сценариев [217]:

- Никто не верит в это предсказание, которое в данном случае становится бесполезным, и, в предположении, что оно было верным, рынок падает.

Можно рассматривать это как победу "предсказателей", но нам уже пришлось столкнуться с тем, что наше количественное предсказание изменения тренда индекса Nikkei [213, 216] было расценено критиками, как еще одно "везение", не имеющее никакой статистической значимости (см. далее раздел "Оценка статистической значимости прямых предсказаний" [216] и приведенный ниже альтернативный байесовский подход).

- Все верят предсказанию, начинается паника и в результате рынок падает. Таким образом, предсказание выглядит самореализованным и успех по большей части приписывается панике, а не реальной силе предсказания.
- Достаточное большое количество инвесторов полагают, что предсказание все же может оказаться правдивым и предпринимают соответствующие меры, выпуская пар из пузыря. Предсказание опровергается.

Ни один из этих сценариев не выглядит привлекательно. В первых двух случаях, краха не удалось избежать, а в последнем случае прогноз оказался несостоятельным, и, как следствие, теория выглядит ненадежно. Вероятно, это и есть неизбежная участь научных исследований систем, в которых присутствуют элементы обучаемости и возможности воздействия, в противоположность неизменным и безжизненным физическим законам природы. Более того, затрагивается важнейший вопрос о научной ответственности. Естественно, ученые несут ответственность за опубликование своих открытий. Однако, история говорит о том, что когда дело доходит до практического применения данных открытий в обществе, вопрос в значительной мере усложняется. Но мы полагаем, что более глубокое осознание потенциальной нестабильности рынка, затронутой, в частности, в нашем подходе, поможет построить более устойчивый и эффективный фондовый рынок.

Предпосылки для предсказания

Время переводится в десятичные годовые единицы: для невысоких лет, 365 дней = 1,00 года, что означает 1 день = 0,00274 года. Таким образом, 0,01 года = 3,65 дней, а 0,1 года = 36,5 дней или 5 недель. Например, 19 октября 1987 года соответствует 87,800.

Какова предсказательная возможность уравнения (15)

В Табл. 12 представлена сводка предсказательной возможности уравнения (15) для крахов на Уолл-Стрит в 1929, 1987 и 1998 годах, а также для крахов в 1987, 1994 и 1997 годах на фондовом рынке Гонконга, обвала доллара США в 1985 году и падения индекса Nasdaq в апреле 2000 года. Все эти крахи уже рассматривались подробно в главе 7.

Мы видим, что во всех девяти случаях падение рынка началось в промежуток времени между последней точкой и предсказываемым временем t_c . За исключением краха в октябре 1929 года, во всех случаях обвал рынка прекратился меньше чем через месяц после прогнозируемого t_c . Эти результаты говорят о том, что предсказание крахов при помощи уравнения (15) вполне возможно.

Табл. 12

Крах	t_c	t_{max}	t_{min}	падение	m_2	ω	λ
1929 (DJ)	30.22	29.65	29.87	47%	0.45	7.9	2.2
1985 (DM)	85.20	85.15	85.30	14%	0.28	6.0	2.8
1985 (CHF)	85.19	85.18	85.30	15%	0.36	5.2	3.4
1987 (S&P)	87.74	87.65	87.80	30%	0.33	7.4	2.3
1987 (HK)	87.84	87.75	87.85	50%	0.29	5.6	3.1
1994 (HK)	94.02	94.01	94.04	17%	0.12	6.3	2.7
1997 (HK)	97.74	97.60	97.82	42%	0.34	7.5	2.3
1998 (S&P)	98.72	98.55	98.67	19.4%	0.60	6.4	2.7
1999 (IBM)	99.56	99.53	99.81	34%	0.24	5.2	3.4
2000 (P&G)	00.04	00.04	00.19	54%	0.35	6.6	2.6
2000 (Nasdaq)	00.34	00.22	00.29	37%	0.27	7.0	2.4

t_c – критическое время, предсказанное соответствием финансового временного ряда уравнению (15). Даются также и остальные параметры соответствия m_2 , ω и λ . Соответствие осуществляется, начиная со времени t_{max} , когда индекс достигает своего максимального значения перед падением, до времени t_{min} , обозначающего самое низкое значение индекса перед изменением тренда. Падение в процентном соотношении вычисляется из общего объема потерь от t_{max} до t_{min} . Источник [218].

За какое время до краха можно обнаружить логопериодические структуры

Важно не только предсказывать будущие крахи, но также необходимо в дальнейшем проверить достоверность результатов. Очевидно, что если наличие логопериодических структур в данных были чистой случайностью, значения полученных параметров, должны сильно зависеть от величины временного интервала, использованного в подгонке. Систематическая процедура тестирования, описанная в [209], с использованием расширения второго порядка степени риска обвала [397] и 8-летнего временного интервала, предшествующего двум крахам в октябре 1929 года и в октябре 1987 года заключается в следующем.

Для каждого из этих двух крахов, временной интервал, используемый в подгонке, был сокращен путем удаления части данных, и процедура приведения в соответствие проводилась заново для усеченных наборов данных. В частности, логарифм индекса S&P500 был усечен до конечной даты примерно в 1985 году и подогнан. Затем, последовательно прибавлялось по 0,16 года и проводилось соответствие, пока полный временной интервал не был восстановлен. В Табл. 13 дается число минимумов, полученных для различных временных интервалов. Это число, в некоторой степени, достаточно произвольное, поскольку естественным образом зависит от числа точек, используемых в предварительном сканировании, а также от размера временного интервала, использованного для t_c . В частности, использовалось 40000 точек, а поиск по t_c проводился в выбранном интервале, начиная с 0,1 года после последней точки данных, и на 3 года вперед. Однако наибольший интерес представляет число решений в виде этих соответствий (каждое "решение" соответствует минимальной степени ошибки между реальными данными и теоретической функцией), при которых допустимые параметры обозначались как "физические", особенно для значений t_c , m_2 , ω и Δ , где Δ является

дополнительным временным параметром, определяющим размер критического диапазона. Основной вывод, который можно сделать, основываясь на данных из Табл. 13, состоит в том, что за год или более до краха, данные являются недостаточными для того, чтобы получить какие-либо убедительные результаты. Эта точка соответствует окончанию четвертой осцилляции. Приблизительно за год до краха, соответствие начинает фиксироваться на дате краха с увеличивающейся точностью. Фактически, в четырех из пяти последних временных интервалов, существует подгонка с t_c , которое отличается от реальной даты краха всего лишь на несколько недель.

Табл. 13

Конечная дата	Общий минимум	"Физический" минимум	t_c физического минимума
85.00	33	1	86.52
85.14	25	4	4 в [86.7: 87.8]
85.30	26	7	5 в [86.5: 87.0], 2 в [87.4: 87.6]
85.46	29	8	7 в [86.6: 86.9], 1 с 87.22
85.62	26	13	12 в [86.8: 87.1], 1 с 87.65
85.78	23	7	87.48, 5 в [87.0 – 87.25], 87.68
85.93	17	4	87.25, 87.01, 87.34, 86.80
86.09	18	4	87.29, 87.01, 86.98, 87.23
86.26	28	7	5 в [87.2: 87.4], 86.93, 86.91
86.41	24	4	87.26, 87.36, 87.87, 87.48
86.57	20	2	87.67, 87.34
86.73	28	7	4 в [86.8: 87.0], 87.37, 87.79, 87.89
86.88	22	1	87.79
87.04	18	2	87.68, 88.35
87.20	15	2	87.79, 88.03
87.36	15	2	88.19, 88.30
87.52	14	3	88.49, 87.92, 88.10
87.65	15	3	87.81, 88.08, 88.04

Число минимумов, полученных в результате приведения в соответствие различных усеченных версий временного ряда индекса S&P500, показанного на Рис. 92, с целью предсказания краха в октябре 1987-го с использованием процедуры, описанной в тексте. Обратите внимание, что предсказываемое время краха постепенно откладывается по мере увеличения конечной даты. Однако, правильное время краха определяется достаточно рано (в ретроспективе) и периодически повторяется по мере увеличения конечной даты. Источник [397].

Чтобы лучше изучить этот вопрос, в Табл. 14 приводятся соответствующие значения параметров трех других, имеющих отношение, переменных m_2 , ω и Δ . Сценарий сходен со сценарием для t_c . Это говорит о том, что процедура подгонки [397] достаточно устойчива, примерно за год до краха. Однако, если кто-либо

захочет на самом деле предсказать время краха, он столкнется с серьезным препятствием, так как процедура поиска соответствия выдает несколько возможных дат краха, даже для последнего набора данных.

Табл. 14

Конечная дата	t_c	m_2	ω	Δ_t
86.88	87.79	0.66	5.4	7.8
87.04	87.68, 88.35	0.61, 0.77	4.1, 13.6	12.3, 10.2
87.20	87.79, 88.03	0.76, 0.77	9.4, 11.0	10.0, 9.6
87.36	88.19, 88.30	0.66, 0.79	7.3, 12.2	7.9, 8.1
87.52	88.49, 87.92, 88.10	0.51, 0.71, 0.65	12.3, 9.6, 10.3	10.2, 9.8, 9.8
87.65	87.81, 88.08, 88.04	0.68, 0.69, 0.67	8.9, 10.4, 10.1	10.8, 9.7, 10.2

Приведены соответствующие значения параметров других трех переменных m_2 , ω и Δ_t для последних пяти временных интервалов, данных в Табл. 13. Источник [397].

Табл. 15

Конечная дата	t_c	m_2	ω	Δ_t
86.88	87.79	0.66	5.4	7.8
87.04	88.02	0.69	8.6	11.3
87.20	87.91	0.77	10.20	9.8
87.36	88.25	0.73	9.6	8.0
87.52	88.17	0.62	10.7	9.9
87.65	87.98	0.68	9.8	10.2

Усредненные значения параметров, приведенных в Табл. 14 Источник [397].

Усредненные значения различных минимумов для переменных m_2 , ω и Δ_t – наивное решение этой проблемы – приводятся в Табл. 15. Значения переменных m_2 , ω и Δ_t колеблется в пределах 20% по сравнению с наилучшим предсказанием, но прогноз по t_c почти не улучшился. Это объясняется тем, что соответствие вообще "проскакивает" действительную дату краха. Подобное "проскакивание" согласуется с моделью рационального ожидания пузыря и краха, описанной в главе 5. На самом деле, t_c не есть время краха, а лишь его наиболее вероятное значение, то есть, время, когда асимметричное распределение возможного времени краха достигает своего пика. Возникновение краха – это субъективное явление, вероятность которого растет по мере приближения ко времени t_c . Таким образом, мы ожидаем, что соответствия будут выдавать значения t_c , которые, по сути, близки, но систематично запаздывают по сравнению с реальным временем обвала: критическое время t_c включено в структуру логопериодического степенного закона пузыря, тогда как крах происходит под влиянием случайного толчка, при этом его вероятность растет по мере приближения ко времени t_c .

Подобная процедура использовалась для логарифма индекса Доу-Джонса перед крахом в 1929 году, показанного на Рис. 97. Результаты приводятся в Табл. 16, Табл. 17 и Табл. 18. В данном случае необходимо дождаться, пока до краха останется приблизительно четыре месяца, прежде чем подгонка зафиксирует дату краха, а в остальном, картина такая же, как и для краха в 1987 году. Причина того,

что соответствие фиксирует дату краха в 1929 году позднее, очевидно, в разнице во времени перехода Δ_t для двух крахов, что говорит о том, что перед обвалом в 1929 году по индексу отмечалось меньше четко обозначенных осцилляций.

Табл. 16

Конечная дата	Общий минимум	"Физический" минимум	t_c физического минимума
27.37	12	1	31.08
27.56	14	2	30.44, 30.85
27.75	24	1	30.34
27.94	21	1	31.37
28.13	21	4	29.85, 30.75, 30.72, 30.50
28.35	23	4	30.29, 30.47, 30.72, 30.50
28.52	18	1	31.3
28.70	18	1	31.02
28.90	16	4	30.40, 30.72, 31.07, 30.94
29.09	19	2	30.52, 30.35
29.28	33	1	30.61
29.47	24	3	29.91, 30.1, 29.82
29.67	23	1	29.87

Таблица, подобная Табл. 13, для краха в октябре 1929 года Источник [397].

Табл. 17

Конечная дата	t_c	m_2	ω	Δ_t
28.90	30.40, 30.72, 31.07, 30.94	0.60, 0.070, 0.70, 0.53	7.0, 7.6, 10.2, 13.7	12.3, 9.5, 9.0, 11.6
29.09	30.52, 30.35	0.54, 0.62	11.0, 7.8	12.6, 10.2
29.28	30.61	0.63	9.5	9.5
29.47	29.91, 30.01, 29.82	0.60, 0.677, 0.69	5.8, 6.2, 4.5	15.9, 11.0, 10.9
29.67	29.87	0.61	5.4	15.0

Таблица, аналогичная Табл. 14, для краха в октябре 1929 года Источник [397].

Табл. 18

Конечная дата	t_c	m_2	ω	Δ_t
28.90	30.78	0.63	9.6	10.6
29.09	30.44	0.58	9.4	11.4
29.28	30.61	0.63	9.5	9.5
29.47	29.94	0.65	5.5	12.6
29.67	29.87	0.61	5.4	15.0

Усредненные значения параметров, приведенных в Табл. 14 Источник [397].

Фейдженбаум подтвердил это, поскольку для краха в октябре 1987 года "за исключением последнего года данных, логопериодический компонент теряет статистическую значимость". Это не должно стать неожиданностью для специалистов по критическим явлениям, и наивно ожидать чего-либо другого.

Выявление степенного закона $B\lambda(t_c - t)^{m_2}$ действительно очень чувствительно к шуму и удаленности исследуемых данных от t_c .

Этот факт хорошо известен экспериментаторам и многим ученым, работающим над критическими явлениями, и вложившим много сил в разработку надежных экспериментов, способных исследовать систему настолько близко к критической точке t_c , насколько это возможно, чтобы получить надежные значения t_c и m_2 . Типичное эмпирическое правило заключается в том, что ошибка меньше 1% в определении t_c , может привести к 0.1%-ой ошибке в определении критической экспоненты m_2 . Хотя ситуация улучшается после добавления логопериодического компонента, поскольку подгонка может фиксироваться на осцилляциях, на качественном уровне проблема остается той же. Нахождение за год до критического времени соответствует ситуации, когда исследователь критических явлений будет пытаться получить надежные оценки для экспоненты m_2 и t_c , отбрасывая последние 15% данных, которые, конечно же, самые важные – задача становится почти невыполнимой.

Так что мы предупреждаем читателя, что игра в предсказания может оказаться рискованной и дезориентирующей: в данном случае затрагивается серьезная проблема оптимизации, требующая обширного тестирования, как на истории, так и в реальное будущее. Более того, рассмотренные здесь формулы, всего лишь приближения первого порядка, тогда как уже разрабатываются новые улучшенные методы, которые здесь не опубликованы. И, наконец, всегда нужно помнить, что существование краха, отчасти, остается на воле случая! Это согласуется с моделью рационального ожидания, описанной в главе 5.

Иерархия схем предсказания

Простой экспоненциальный закон

Концепция того, что крах связан с критической точкой, предполагает выполнение степенного закона

$$\log[p(t)] = A + B(t_c - t)^\beta \quad (17)$$

для цены или логарифма цены. Соответствие логарифму индекса S&P500 перед крахом в октябре 1987 года дает $t_c = 87,65$, $\beta = 0,72$, $\chi^2 = 107$, $A = 327$ и $B = -79$, при использовании данных за период с 1985,7 по 1987,65. Обратите внимание, что значение t_c , полученное в результате, полностью зависит от значений последних данных, использованных в подгонке. Причина в том, что информация о t_c в основном в них и содержится или зависит от ускорения в последних точках данных. В противоположность этому, логопериодические структуры содержат информацию о t_c в своих колебаниях, которые развиваются значительно раньше t_c .

Все попытки сделать предсказание, используя формулу (17) были неудачными, потому что практически невозможно отличить этот закон от некритического экспоненциального роста при зашумленных данных. Плавный рост, как (17) является, как хорошо известно, очень неудачным для определения времени

t_c в зашумленных временных рядах. Именно поэтому наши усилия при проведении опытов были направлены на логопериодические формулы.

Линейная логопериодическая формула

Здесь мы еще раз приводим уравнение (15), которое ранее использовалось для составления соответствий ценам финансового временного ряда в терминах логарифма цены:

$$\log[p(t)] = A + B(t_c - t)^\beta \{1 + C \cos[\omega \log(t_c - t) + \phi]\} \quad (18)$$

Оказывается, что для временной шкалы в два года или меньше, амплитуда колебаний цены недостаточно велика для выявления значительной разницы между степенью согласия для различных соответствий $p(t)$ и $\log[p(t)]$.

Для практической реализации подгонки такой формулы к финансовым временным рядам, очень важно особо отметить, что A , B и C вводятся линейно в уравнение, когда четыре переменных t_c , β , ω и ϕ уже определены и зафиксированы. Лучше всего определить их аналитическим путем, при помощи так называемого метода вычисления наименьших квадратов и вставки их в целевую функцию, чтобы вывести *концентрированную* целевую функцию, которая зависит только от t_c , β , ω и ϕ .

Из-за шумовой природы данных и того факта, что мы выполняем подгонку по четырем крайне нелинейным параметрам, следует, что существует несколько локальных минимумов. Наилучшей стратегией является выполнение первого поиска по сетке данных, а затем оптимизация (например Левенберга-Маркарда (Levenberg-Marquardt)) из всех локальных оптимизаций сетки. Наилучший результат, получающийся после схождения данных, принимается за глобальный оптимум.

Априорные ограничения накладываются на значения параметров, чтобы обеспечить их достоверность. Значение экспоненты β должно находиться в интервале от 0 до 1, чтобы цена увеличивалась и оставалась конечной. Более узкий диапазон $0,2 < \beta < 0,8$ представляется еще более предпочтительным, для того чтобы избежать осложнений, связанных с конечными точками интервала 0 и 1. Вспомним, что угловая логопериодическая частота ω определяет коэффициент масштабирования λ последовательных временных интервалов между локальными максимумами через следующее отношение: $\lambda = e^{2\pi i \omega}$. Опыт, накопленный в различных отраслях, а также некоторые теоретические аргументы говорят о том, что коэффициент λ должен, как правило, находиться в диапазоне 2-3. На практике же, мы использовали ограничения $5 < \omega < 15$, что соответствует $1,5 < \lambda < 3,5$. Очевидно, что t_c должно быть больше, чем последняя дата выборки данных, приводимых в соответствие. Для фазы ϕ нет значимых ограничений.

Нелинейная логопериодическая формула

Нелинейная логопериодическая формула используется в подгонке под самые длинные финансовые временные ряды, обсуждавшиеся в главах 7 и 8 [397].

$$\log[p(t)] = A + B \frac{(t_c - t)^\beta}{\sqrt{1 + \left(\frac{t_c - t}{\Delta_t}\right)^{2\beta}}} \left[1 + C \cos \left[\omega \log(t_c - t) + \frac{\Delta_\omega}{2\beta} \log \left(1 + \left(\frac{t_c - t}{\Delta_t}\right)^{2\beta} \right) \right] \right] \quad (19)$$

Использование того же метода наименьших квадратов, как и в линейной логопериодической формуле, позволяет отойти от линейных переменных A , B и C и образовать целевую функцию, зависящую только от t_c , β , ω и φ , как и раньше, а также от двух дополнительных параметров Δ_t и Δ_ω . Поскольку Δ_t представляет собой время перехода между двумя режимами, данный переход должен присутствовать в наборе данных, и поэтому мы устанавливаем для него временные рамки от 1 года до 20 лет. Как и прежде, нелинейность целевой функции приводит к возникновению множественных локальных минимумов, а предварительный поиск по сетке данных используется для определения начальных точек оптимизации.

Трансформация Шенка иерархии характеристического времени

Фундаментальная идея, стоящая за возникновением логопериодичности, заключается в существовании иерархии характеристической шкалы. Соответственно, любая логопериодическая структура подразумевает присутствие иерархии характеристической временной шкалы. Иерархия временной шкалы определяется положительным локальным максимумом такой функции, как $\log[p(t)]$. Она получается из

$$t_c - t_n = \tau \lambda^{\frac{n}{2}} \quad (20)$$

где

$$\tau \propto \exp \left(-\frac{\log \lambda}{2\pi} \tan^{-1} \frac{2\pi}{\beta \log \lambda} \right) \quad (21)$$

при

$$\lambda = e^{\frac{2\pi}{\omega}} \quad (22)$$

Расстояние между последовательными значениями t_n приближается к нулю, поскольку n увеличивается, и t_n переходит в t_c . Подобная иерархия шкалы $t_c - t_n$ не является универсальной и зависит от специфичности системы. Считается

универсальным соотношением $\frac{t_c - t_n + 1}{t_c - t_n} = \lambda^{\frac{1}{2}}$. Взяв три, полученных подряд значений параметра t_n , скажем, t_n , t_{n+1} , и t_{n+2} мы имеем

$$t_c = \frac{t_{n+1}^2 - t_{n+2}t_n}{2t_{n+1} - t_n - t_{n+2}} \quad (23)$$

К этому равенству применимо так называемая трансформация Шенка

(Shank), чтобы ускорить конвергенцию ряда. В случае точных геометрических рядов, трех значений вполне достаточно для того, чтобы точно сойтись на асимптотическом значении t_c . Обратите внимание, что это отношение является инвариантом по отношению к произвольному временному сдвигу. Кроме того, следующее время t_{n+3} предсказывается на основе первых трех значений при помощи

$$t_{n+3} = \frac{t_{n+1}^2 + t_{n+2}^2 - t_n t_{n+2} - t_{n+1} t_{n+2}}{t_{n+1} - t_n} \quad (24)$$

Слабое место данного метода заключается в идентификации характеристического времени t_n , которое может быть достаточно субъективным.

Применение к краху в октябре 1929 года

Рассматривая индекс Доу-Джонса невооруженным взглядом, мы можем попытаться определить "характеристическое" время как последовательные крупно структурированные локальные максимумы, образующие геометрический ряд. Мы предполагаем, что $t_1 = 1926,3$, $t_2 = 1928,2$, а $t_3 = 1929,1$. Подставив эти цифры в уравнение (23), мы получаем предсказание $t_c = 1929,91$. Этот прогноз не совпадает с реальной датой краха меньше, чем на месяц. Несмотря на положительный результат, данный метод все же несколько нестабилен, так как изменение на один месяц или 0,1 в параметрах t_1 , t_2 , и t_3 может отодвинуть прогнозируемую дату еще на месяц или более. Вот почему это может быть не более чем указание, к которому следует относиться с долей скептицизма. По сравнению с подгонкой полной математической формулой, этот метод фокусирует внимание лишь на специфичном времени n , вероятно, пропускает другую полезную информацию.

Применение к краху в октябре 1987 года

Рассматривая индекс S&P500, мы определяем характеристическое время как последовательные крупно структурированные локальные максимумы, образующие геометрический ряд. При этом $t_1 = 1986,5$, $t_2 = 1987,2$, а $t_3 = 1987,5$ или 1987,55. Подставив эти данные в уравнение (23), мы получаем прогноз $t_c = 87,725$ и 87,900 соответственно. Реальная дата краха находится между этими значениями – 87,800.

Прямые предсказания

Как мы уже говорили ранее, только предсказания вперед представляют собой надежное тестирование, позволяющее избежать многих ловушек, статистической субъективности и подтасовки данных.

Мы намерены изложить здесь предсказания вперед, сделанные А. Йохансеном и автором этой книги за последние несколько лет. В частности, мы проводили исследование нескольких основных индексов в реальном времени, в частности, непрерывно с 1996 года. Мы также предприняли попытки применить методологию, описанную выше, чтобы предсказать крах, сильную коррекцию или даже депрессию (названную в 7 главе антипузырем). В данном контексте, слово

"предсказание" используется в своем прямом значении, поскольку будущее неизвестно в то время, когда делается прогноз. Термин предсказание "вперед" еще раз подчеркивает этот факт. Напротив, так называемые ретроспективные предсказания делаются путем искусственного отсекаания части наиболее недавнего прошлого в зарегистрированном временном ряду, чтобы составить прогноз для этой отсеченной части прошлого. Подобные ретроспективные прогнозы, описанные в предыдущих разделах, очень полезны для проверки возможностей системы предсказания, позволяя проводить более быстрые и обширные тестирования, которые недоступны, если приходится долгое время ожидать подтверждения или опровержения результата прогноза. Но все же, они никогда в полной мере не воссоздают ситуации реальной жизни в реальном времени, как это делают предсказания вперед.

Мы описываем случаи, как успешных предсказаний, так и неудачных, чтобы предоставить читателю возможность делать самостоятельные выводы. Было сделано три успешных прогноза (крах на фондовом рынке США в 1998 году, на японском фондовом индексе Nikkei в 1999 году и на индексе Nasdaq в апреле 2000 года), а также два неудачных прогноза (крах на фондовом рынке США в 1997 году и на индексе Nasdaq в октябре 1999 года) и один наполовину успешный прогноз (по фондовому рынку США в октябре 1997 года).

Из всех успешных предсказаний, было опубликовано и публично объявлено только одно, по индексу Nikkei в 1999 году. Два остальных (фондовый рынок США, август 1998 года и Nasdaq апрель 2000 года) были сделаны за месяц до того, как крахи на самом деле произошли, но не были опубликованы.

Полууспешное предсказание относится к прогнозу краха на фондовом рынке США в октябре 1997 года, было зарегистрировано официальным агентством за месяц. Как было показано в главе 7, это предсказание может считаться полууспешным или полунепуспешным, кому как больше нравится, поскольку что-то на рынке все-таки произошло, так как затронуло инвесторов и комментаторов рынка. Основные рыночные индексы упали на 7% за день, о чем свидетельствуют многочисленные отчеты по этому событию. Однако, его масштабы не достаточно большие, чтобы это событие можно было бы рассматривать как крах, поскольку рынок быстро восстановил свой начальный уровень. Другие группы также анализировали это событие [129] и предсказывали его при помощи похожего логопериодического анализа.

Успешное предсказание возникновения антипузыря для индекса Nikkei в 1999

Следуя общим направлениям, описанным выше (см. также [214]), 25 января 1999 года было сделано публичное предсказание в виде препринта на Интернет-сервере в Лос-Аламосе, см. <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/9901268>. Данный препринт позднее был издан как [213]. В предсказании говорилось, что индекс Nikkei должен был восстановиться после своего 14-ти летнего минимума (13232,74 на 5 января 1999 года) и достичь отметки $\approx 20,500$ год спустя, что соответствует $\approx 50\%$ роста индекса. Это предсказание упоминалось в популярном журнале по физике за май 1999 года [413].

В частности, была выведена следующая формула, основанная на оценке

третьего порядка "Ландау" (Landau), обобщающем нелинейную логопериодическую формулу (19):

$$\log(p(t)) \approx A' + \frac{\tau^\alpha}{\sqrt{1 + \left(\frac{\tau}{\Delta_t}\right)^{2\alpha} + \left(\frac{\tau}{\Delta_t}\right)^{4\alpha}}} \times \quad (25)$$

$$\left\{ B' + C' \cos \left[\omega \log \tau + \frac{\Delta_\omega}{2\alpha} \log \left(1 + \left(\frac{\tau}{\Delta_t} \right)^{2\alpha} \right) + \frac{\Delta'_\omega}{4\alpha} \log \left(1 + \left(\frac{\tau}{\Delta_t} \right)^{4\alpha} \right) + \phi \right] \right\}$$

описывающей эволюцию во времени индекса Nikkei $p(t)$, где $\tau \equiv t - t_c$, а $t_c = 31$ декабря 1989 года, то есть время достижения индексом максимально рекордного уровня. Уравнение (25) было приведено в соответствие с индексом Nikkei за период времени с начала 1990 года до конца 1998 года, что в общей сложности составляет 9 лет. Продлив кривую за отметку 1998 года, мы получили количественное предсказание будущего развития данного индекса. Оригинальный график, опубликованный в [213], и ставший основой для предсказания, представлен на Рис. 115 в главе 7.

На Рис. 155 сравнивается реальная и прогнозируемая эволюция индекса на 1999 год и далее [216]. Индекс Nikkei не только испытал разворот тренда, но и количественные изменения совпадают с данными предсказания с впечатляющей точностью. В частности, прогноз роста индекса на 50% подтвердился полностью. Также абсолютно точно был предсказан еще один разворот тренда, появившийся в начале 2000 года, что также совпадает с прогнозируемым временем разворота. Предсказанный и фактически достигнутый максимум очень близки. Важно отметить, что ошибка между кривой и реальными данными не увеличилась после того, как последние данные за 1999 год были использованы в подгонке. Это говорит о том, что предсказание хорошо выполнялось более, чем в течение года. Более того, поскольку относительная ошибка между соответствием и действительностью находилась в пределах $\pm 2\%$ в течение 10-ти лет, не только предсказание было успешным, но и модель, лежащая в его основе.

Выполнение этого предсказания еще более удивительно, чем сравнение между кривой и данными, потому что оно включает прогноз изменения тренда: в то время, когда было опубликовано предсказание, рынок падал и не подавал никаких признаков возможного роста. Многие экономисты были настроены очень пессимистично и даже не могли себе представить, когда Япония и ее рынки начнут восстанавливаться. Например, известный экономист П. Кругман (P. Krugman) писал 14 июля 1998 года, во время банковского скандала:

"Основная проблема Японии в настоящий момент заключается в недостатке спроса – потребители и корпорации делают слишком много сбережений и берут слишком мало кредитов... Захват этих банков и введение более ответственной системы управления, если к чему и приведет, так это к дальнейшему сокращению расходов; и конечно, это не окажет на экономику

стимулирующего воздействия... В лучшем случае, этот шаг вернет экономику страны туда, где она находилась год назад – то есть в депрессию, но хоть не стремительный обвал" [247].

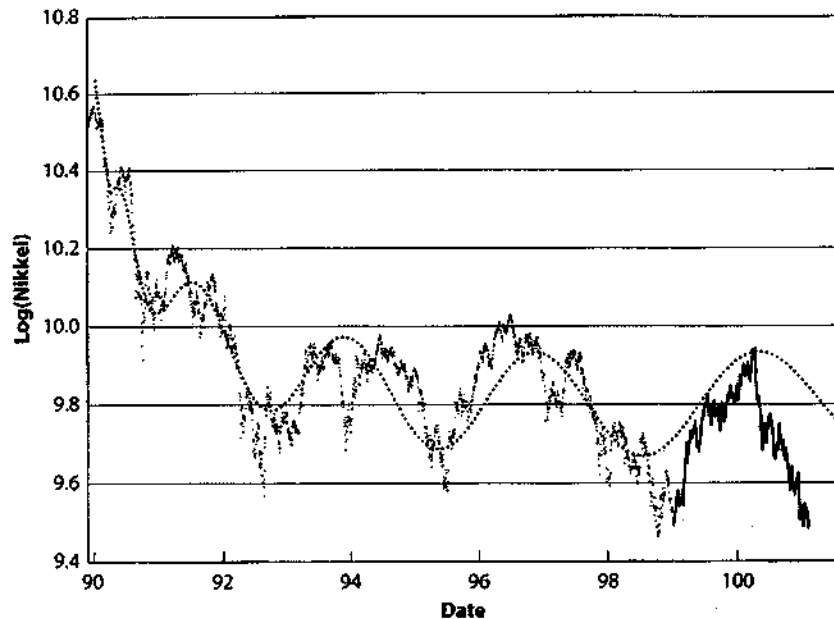


Рис. 155. Натуральный логарифм японского фондового индекса Nikkei после начала падения с 1 января 1990 года до февраля 2001 года. Непрерывная плавная линия есть нелинейная логопериодическая формула (25), выведенная в [213]. Она используется для того, чтобы адекватно соответствовать временному интервалу ≈ 9 лет, начиная с 1 января 1990 года. Данные по индексу разделены на две части. Пунктирная линия показывает данные соответствия с формулой (25), опубликованные в предсказании в январе 1999 года (см. Рис. 115). Ее продолжение в виде непрерывной линии отображает поведение индекса Nikkei после того, как предсказание было сделано. Источник [216].

Затем, 20 января 1999 года, Кругман писал: "Эта история становится похожей на трагедию. Великая экономика, которая не заслуживает такого падения и не должна его переживать, приближается к краю пропасти, а те, кто находятся у руля, не хотят сменить курс" [249]. Из 30-ти экономистов, опрошенных агентством Рейтер-с (одним из крупнейших провайдеров финансовой информации в мире) в октябре 1998 года, только двое прогнозировали рост японской экономики в 1998-99 финансовом году. На 1999-2000 год прогноз по росту составил всего лишь 0,1%. Большинство экономистов говорили: "порочный круг в экономике, вероятно, скоро не исчезнет, поскольку от правительства не ожидается никаких мер, направленных на стимулирование экономики... Экономисты обвиняли угасающий внутренний спрос, падение цен, снижение расходов на средства производства и проблемы безнадежных долгов в банковском секторе за то, что они тащили экономику вниз" [315].

В таком контексте мы предсказывали приблизительный рост рынка на 50% в течение последующих 12-ти месяцев, начиная с января 1999 года, допуская, что индекс Nikkei останется в пределах допустимого уровня ошибки соответствия. Предсказания изменений тренда исключительно сложны и ненадежны, особенно в линейной структуре авторегрессионных моделей, используемых в стандартных экономических анализах. Представляемая нелинейная структура хорошо приспособлена для прогнозирования изменений трендов, что ставит перед предсказателями куда более сложную задачу. Здесь мы рассматриваем наше предсказание изменения тренда в жестких рамках уравнения (25): тренды – это ограниченные периоды времени, характеризующиеся монотонным осцилляторным поведением, показанным на Рис. 155. Изменение тренда, таким образом, представляет собой пересечение локального минимума или максимума осцилляций. При помощи нашей формулы, кажется, удалось предсказать два изменения тренда, медвежьего на бычий в начале 1999 года и бычьего на медвежий в начале 2000 года.

Успешное предсказание краха индекса Nasdaq в апреле 2000 года

Это предсказание было сделано с применением уравнения (18). Последние данные, использованные в подгонке, относились к марту 2000 года. Прогнозируемое время краха согласно наилучшему соответствию приходилось на 2 мая 2000 года, согласно третьему лучшему соответствию – на 31 марта 2000 года. Второе лучшее соответствие имело низкое значение $\beta \approx 0,08$, поэтому не принималось во внимание. За исключением незначительного роста индекса 31 марта, а также 5, 6 и 7 апреля, начиная с 24 марта, закрытия индекса представляли собой непрерывное снижение и за неделю на 14 апреля, при закрытии в пятницу, Nasdaq потерял 25%. Следовательно, крах произошел примерно между предсказываемыми датами двух соответствий. Наилучшее соответствие приводится на Рис. 112 в разделе "Обвал индекса Nasdaq в апреле 2000 года" в главе 7.

В Табл. 8 представлены основные характеристики соответствия индекса Nasdaq, а также еще десяти случаев. Обратите внимание, что во всех случаях обвал рынка начинался в период времени между датой последних данных и прогнозируемым временем t_c . И везде, за исключением краха в октябре 1929 года и третьего лучшего соответствия индексу Nasdaq (в этом соответствии было $\omega/2\pi \approx 1$), падение рынка заканчивалось в среднем менее чем через месяц после времени t_c .

Рынок США, ложная тревога в декабре 1997

Шок на рынках США в конце октября 1997 года можно рассматривать как остановленный крах. Результаты частного опроса профессиональных трейдеров на самом деле говорят о том, что многие опасались краха в конце октября 1997 года. После этого события мы продолжали внимательно наблюдать за состоянием рынка, чтобы обнаружить возможное возобновление нестабильности. Анализ данных от 21 ноября 1997 года с использованием трех методов, основанных на логопериодической формуле (18), ее нелинейном расширении (19) и формуле Шенка (23), наводил на мысль о предсказании падения цен примерно в середине декабря 1997 года, с поправкой в две недели.

В Табл. 19 показана попытка предсказать критическое время t_c при помощи линейной логопериодической формулы с использованием данных, заканчивающихся "конечной датой", приведенной в соответствующей колонке таблицы, чтобы проверить надежность. Последняя "конечная дата" соответствует пятнице, 21 ноября 1997 года и включает значение индекса при закрытии в эту пятницу. Соответствие по данным до пятницы 21 ноября 1997 года обнаруживается десять решений. Первые восемь дают $25 \leq \omega \leq 38$, что представляет собой довольно большой диапазон. Поскольку большие значения ω относятся к частым колебаниям, существует опасность подгонки под "шум", то есть извлечение информации оттуда, где ее нет. Таким образом, полагаюсь, что в целях безопасности эти решения не стоит принимать во внимание. При этом все они указывали на $t_c = 98.6 \pm 0.1$. Два последних решения как раз приводятся в Табл. 19. Их квадрат ошибки χ^2 лишь на 7% выше самого наилучшего быстрого осциллирующего решения. Таким образом, χ^2 не является параметром, позволяющим оценить приемлемость или неприемлемость решения. Приняв два предсказания, полученных для прошедших дат 97.719¹ и 97.678¹ (верхний индекс ¹ означает, что здесь мы выбрали наилучшее соответствие формулы с данными), за значения, которые должны обрамлять реальное время t_c , мы получили $97.922 \leq t_c \leq 97.985$ что соответствует 3 декабря 1997 года $\leq t_c \leq 25$ декабря 1997 года.

Теперь, оглядываясь назад и зная, что произошло в августе 1998 года (см. раздел "Крах в августе 1998 года" в главе 7), становится ясно, что первые восемь лучших решений могли бы на самом деле быть важными, поскольку указывали на вероятные сценарии в более отдаленном будущем.

Табл. 19. Предсказания краха при помощи линейной логопериодической формулы (18) по индексу S&P500 с использованием временных интервалов начиная с 1994.9 до "конечной даты".

Конечная дата	t_c	β	ω	χ^2	A	B	C
97.8904 ¹	98.06	0.28	6.4	8.884	998	-858	0.105
97.8904 ²	98.04	0.25	6.1	8.886	989	-793	0.103
97.719 ¹	97.985	0.23	8.3	113.4	897	-622	0.026
97.678 ¹	97.922	0.24	7.9	108.8	838	-573	0.028
97.633 ¹	97.678	0.42	6.3	103.9	514	-280	0.054
97.633 ²	97.845	0.27	7.3	105.0	753	-499	0.032
97.588 ¹	97.796	0.30	7.0	102	670	-422	0.38
97.543 ¹	97.756	0.36	6.8	95.2	579	-337	0.046
97.498 ¹	97.702	0.44	6.4	90.3	501	-265	0.056
97.453 ¹	97.676	0.50	6.3	88.2	461	-227	0.061
97.408 ¹	97.674	0.52	6.2	88.7	452	-218	0.062
97.408 ²	97.864	0.74	16	160	414	-154	0.031
97.363 ¹	97.734	0.53	6.6	88.7	458	-217	0.059

Верхние индексы ¹ и ² относятся соответственно к наилучшему и второму лучшему соответствиям формулы с данными. Неопубликованные результаты, полученные в сотрудничестве с А. Йохансеном.

Табл. 20

Начальная дата	Конечная дата	t_c	β	ω	Δ_ω	Δ_t	χ^2	A	B	C
1991	97.8904 ¹	98.07	0.82	10.5	-11.2	5.2	0.02483	6.33	-0.338	-0.085
1991	97.678 ²	98.13	0.52	12.3	-58.6	29	0.02576	6.51	-0.510	-0.076
1991	97.678 ¹	97.948	0.73	8.9	-14.1	9.3	0.03916	6.26	-0.505	-0.091
1991	97.678 ²	97.942	0.61	9.1	-33.8	23.0	0.03930	6.33	-0.584	-0.089
1991	97.606 ¹	97.709	0.69				0.039	6.15		
1991	97.516 ¹	97.819	0.80				0.039	6.13		
1991	97.444 ¹	97.780	0.885				0.039	6.06		
1988	97.392 ¹	97.982	0.94				0.076	6.17		
1992.4	97.392 ²	97.990	0.48				0.102	9.83		
1995*	97.392 ¹	97.481	0.247				0.019	7.14		
1991	97.372 ¹	97.818	0.94				0.0393	6.05		
1987.9	97.304 ¹	98.788	0.86	9.9	-6.6	7.1	0.102	5.96	-1.34	0.066
1988	97.286 ¹	99.479	0.135	6.6	-14.9	10.4	0.088	17.0	-24.8	0.488
1992.2	97.268 ¹	98.962	0.39	8.5	-76.7	16.4	0.100	11.5	-4.63	0.034
1991	97.242 ¹	97.966	0.62	10.4	-20.2	9.5	0.016	6.73	-0.367	0.074
1988*	97.242 ²	98.280	0.84	12.6	-35.9	9.5	0.026	6.63	-0.212	0.113
1988	97.242 ¹	97.361	0.79	7.0	-34.1	13.9	0.026	6.46	-0.196	0.158
1991	97.229 ¹	97.894	0.925				0.03915	6.10		
1988*	97.215 ¹	98.229	0.88	12.6	-10.5	3.3	11.3	7.86	-1.73	0.055
1991	97.157 ¹	97.851	0.927				0.03935	6.08		
1991	97.085 ¹	98.412	0.43				0.0405	7.40		
1988	97.055 ¹	97.760	0.47	10.1	-15.9	7.5	23.2	6.26	-0.505	-0.091

Попытка предсказать крах при помощи нелинейной логопериодической формулы с использованием временного интервала от "начальной даты" до "конечной даты", чтобы построить соответствие логарифма индекса S&P500. Экспоненты ¹ указывают на порядок минимума, для одной и той же "конечной даты". Неопубликованные результаты, полученные в сотрудничестве с А. Йохансеном.

Это хороший урок, относящийся к Рис. 154: эволюция будущего может иметь несколько сценариев. Динамика фондового рынка выбирает один из них, но другая ветвь вероятно, появилась как модификация в результате различных возмущений, воздействующих на систему. Это возвращает нас в начало главы, где мы подчеркивали, как важно учитывать в предсказаниях множественность сценариев. Как упоминалось в различных контекстах в [6], предсказательные схемы и связанные с ними прогнозы, должны определяться в вероятностных терминах, допускающих множественность сценариев, развертывающихся на основе одного и того же развития в прошлом. В этом подходе глубоко заложено видение будущего, как набора потенциально возможных траекторий, которые в определенные моменты могут ветвиться. В какой-то момент, только одна основная траектория экстраполируется с высокой степенью вероятности из прошлого, ставя будущее в почти детерминистическую (хоть и возможно в нелинейной, хаотической манере) зависимость от прошлого. Иногда же, будущее гораздо менее определено, с множеством практически равнозначных вариантов. В этом случае, мы возвращаемся к картине случайных блужданий. Существование уникального будущего должно рассматриваться не как признак отдельной динамической системы, а как крушение большого распределения вероятностей. Эта концепция найдена, например, в известной Урновой проблеме Поля, рассмотренной в главе 4, где историческая траектория конвергирует в определенный исход, который, однако, контролируется исключительно совокупностью чисто случайных выборов; другой исход мог бы быть выбран историей с равной долей вероятности [20]. Очень важно рассматривать прогнозные схемы в основном как способ характеристики вероятностей для возможных конкурирующих сценариев. Эта точка зрения очень ярко отражена в известном научно-фантастическом произведении Азимова "Основание" [23, 22].

В Табл. 20 показана попытка предсказать критическое время t_c при помощи нелинейной логопериодической формулы (19) с использованием данных, начинающихся с "начальной даты" и заканчивающихся "конечной датой", приведенных в соответствующих колонках таблицы, чтобы проверить надежность. Вырисовывается четкое предсказание критического времени 1997.94 ± 0.01 . Некоторые соответствия дают значения t_c , очень близкие к "конечной дате", поэтому они не должны приниматься во внимание. Так происходит с рядами, отмеченными звездочкой *. Предсказание, которому мы отдали предпочтение давало $t_c \approx 12$ декабря 1997 года.

Последняя попытка заключалась в применении формулы Шенка (23). В данном случае, сложность представляло определение "характеристического" времени t_n . Для этого мы использовали последовательные "крупномодульные" локальные максимумы. Грубая оценка на глаз давала $t_1 = 94.05$, $t_2 = 96.15$, $t_3 = 97.1$. Подставив данные значения в (23), мы получили предсказание $t_c^{(1)} = 97.884$. Выражение (24) предсказывает $t_4 = 97.53$, тогда как мы наблюдали $t_4 = 97.55$, что было весьма неплохим подтверждением корректности. Используя t_1 , t_2 , t_3 , и t_4 в (23) получаем прогноз $t_c^{(2)} = 97.955$. Это было принято за предпочтительное значение, поскольку в данном случае использовалась логопериодичность за последние два

года, для которых отсутствует смещение логочастоты, описываемое нелинейной логопериодической формулой. И вновь прогноз сошелся на 15 декабря 1997 года, согласуясь с результатами двух предыдущих методов.

Фондовый рынок США, ложная тревога в октябре 1999

Следуя той же методологии, мы внимательно следили за несколькими фондовыми индексами США и обнаружили, что значительное логопериодическое поведение может быть зафиксировано в сентябре 1999 года, указывая на окончание пузыря в октябре 1999 года. Мировые рынки на самом деле находились в смятении после выступления Алана Гринспена, а индекс Доу-Джонса, впервые после 8 апреля 1999 года, упал ниже отметки 10,000 15 и 18 октября 1999 года. Однако, рынок рухнул, но очень быстро восстановил силы и возобновил бычий тренд. Оглядываясь назад, мы видим, что, как и в октябре 1997 года, это мог быть остановленный крах, оказавшийся предвестником того, что произошло в апреле 2000 года, что и было верно нами предсказано.

Статус прямых предсказаний в настоящее время

Только что мы подробно рассмотрели два из трех успешных предсказаний (крах на фондовом рынке США в августе 1998 года, антипузырь на японском фондовом индексе Nikkei в 1999 году и обвал индекса Nasdaq в апреле 2000 года) и два ошибочных предсказания (крах на рынке в США в декабре 1997 года и падение индекса Nasdaq в октябре 1999 года).

Далее следуют некоторые комментарии

Конечная вероятность того, что пузырь не закончится крахом

Мы еще раз подчеркиваем тот факт, что рынки приблизительно эффективны, и инвесторы стремятся использовать арбитражные возможности с целью получения выгоды, приводит к фундаментальному ограничению идеи о том, что крахи являются случайными событиями. Модель рационального ожидания, описанная в главе 5, объясняет, что лежит в основе подобного поведения. Эта модель говорит о том, что не следует ожидать, что все спекулятивные пузыри заканчиваются крахами: ключевой проблемой теории является тот факт, что всегда есть некоторая вероятность того, что пузырь плавно сойдет на нет, минуя крах. Таким образом, согласно этой теории, два ложных предсказания могли относиться как раз к таким случаям плавного окончания пузырей. Выборка не слишком большая, но при имеющейся информации, существование этих двух ложных предсказаний, интерпретированных в данном контексте, указывают на то, что общая вероятность краха, обусловленного наличием пузыря, приблизительно $3/5 = 60\%$. Таким образом, существует 40% вероятность пережить пузырь, избежав краха.

Другими словами, два случая того, что пузыри закончились без резкого обвала, полностью соответствует теории рациональных пузырей и крахов, разработанной в [221] и изложенной в главе 5. Это также демонстрирует сложность разработки схемы предсказания крахов, основанной на теории критической точки.

Согласно модели рационального ожидания, критическое время t_c не обязательно указывает на время краха, а лишь является наиболее вероятным моментом, когда этот крах может произойти.

Оценка статистической значимости прямых предсказаний

Статистическая достоверность "рулетки" крахов

Но давайте теперь проявим консерватизм и будем считать, что два ложных предсказания на самом деле были неудачами. Каким образом мы можем оценить статистическую значимость предсказаний? Сформулируем проблему более четко. Для начала разделим время на месячные интервалы и узнаем, какова вероятность того, что крах произойдет в тот или иной месячный промежуток времени. Пусть будет N месячных интервалов. Последний период выборки, на основе которой мы делали анализ, длился с января 1996 года по декабрь 2000 года, что соответствует $N = 60$ месяцев. За эти $N = 60$ месяцев произошло $n_c = 3$ краха, тогда как $N - n_c = 57$ месячных периодов без крахов. За этот пятилетний интервал времени, мы сделали $r = 5$ предсказаний и $k = 3$ из них были успешными, а $r - k = 2$ — ложными. Какова вероятность P_k того, что наш успех был случайным?

Этот вопрос имеет четкий математический ответ, и сводится к хорошо известной проблеме комбинаторики, ведущей к так называемой гипергеометрическому распределению.

Как объясняется в книге В. Феллера (Feller) [131], эта проблема похожа на такую игру: среди имеющегося количества N шаров n_c — красные, а $N - n_c$ — черные. Случайным образом выбирается группа из r числа шаров. Какова вероятность P_k того, что выбранная таким образом группа будет включать именно k красных шаров?

Чтобы продвинуться в решении этой задачи, нам надо определить количество $C(n, m)$, которое есть число определенных способов выбора m элементов среди n элементов, независимо от порядка выбора элементов m . Комбинаторный фактор $C(n, m)$ имеет простое математическое выражение $C(n, m) = n! / (m!(n - m)!)$ где $m!$, под названием факториал m , определяется как $m! = m \times (m - 1) \times (m - 2) \times \dots \times 3 \times 2 \times 1$. $C(n = 52, m = 13) = 635,013,559,600$ дает, например, число возможных вариантов сдачи при игре в бридж, а $C(n = 52, m = 5) = 2,598,960$ — число возможных сдач при игре в покер.

Теперь мы можем использовать $C(n, m)$, чтобы оценить вероятность P_k . Если среди r выбранных шаров есть k красных шаров, то $r - k$ — это число черных шаров. Таким образом, существует $C(n_c, k)$ различных вариантов выбора красных шаров и $C(N - n_c, r - k)$ вариантов выбора черных шаров. Общее число вариантов выбора r шаров из числа N есть $C(N, r)$. Следовательно, вероятность P_k того, что группа из r шаров, выбранных таким образом, будет состоять точно из k красных шаров есть произведение $C(n_c, k) \times C(N - n_c, r - k)$ числа способов, соответствующих выбору точно k красных шаров из r , деленное на общее число $C(N, r)$ возможных вариантов выбора r шаров (в данном случае мы просто используем, так называемое, "частотное" определение вероятности

определенного события как соотношения числа состояний, соответствующих данному событию, деленного на общее число событий):

$$P_k = \frac{C(n_c, k) \times C(N - n_c, r - k)}{C(N, r)} \quad (26)$$

P_k является, так называемой, гипергеометрической функцией. Чтобы оценить статистическую достоверность, мы должны задать несколько иным вопросом: какова вероятность P_k того, что среди r шаров есть хотя бы k^* красных шаров? Очевидно, ответ получается путем суммирования P_k по всем возможным значениям k , начиная с k^* и до максимального значения n_c и r . В самом деле, число красных шаров не может быть больше r и не может превышать общее число n_c имеющихся шаров.

В нашем случае, количество месячных интервалов $N = 60$, число n_c реальных крахов равно числу k верных предсказаний $n_c = k = 3$, $N - n_c = 57$, общее число сделанных предсказаний $r = 5$, а количество ошибочных предсказаний есть $r - k = 2$.

Так как $n_c = k$, $P_{k=3} = P_{k=3} = \frac{C(3,3) \times C(57,2)}{C(60,5)} = 0.03\%$: вероятность того, что

верные предсказания явились результатом случайного попадания составляет 0.03%, что соответствует очень сильной статистической значимости 99.97%. Отсюда, можно заключить, что даже при наличии небольшого числа случаев, наши результаты имеют большую значимость.

Чтобы понять насколько чувствительна данная оценка удачных и неудачных предсказаний, давайте представим, что вместо $k=3$ правильно предсказанных крахов, верными были только два из пяти сделанных предсказаний. Это соответствует $N=60$, $n_c=3$, $N-n_c=57$, $r=5$, $k=2$, а $r-k=3$. Вероятность

случайности данных результатов составляет $P_{k=2} = p_2 + p_3 = \frac{C(3,2) \times C(57,3)}{C(60,5)} +$

$\frac{C(3,3) \times C(57,2)}{C(60,5)} = 1.9\% + 0.03\%$; вероятность того, что результаты были

случайными все еще очень низкая и равна приблизительно 2%, что соответствует высокой статистической значимости 98%. Хотя и не столь впечатляюще, но два верных предсказания против трех ошибочных также характеризуются высокой степенью статистической значимости. Следовательно, можно сделать вывод о надежности наших достижений.

Что произойдет, если в следующем году мы сделаем еще одно предсказание, которое окажется неверным? В таком случае, достижения будут иметь следующий вид: $N = 2$, $n_c = 3$, $N - n_c = 69$, $r = 6$, $k = 3$, $r - k = 3$. Вероятность

случайных результатов тогда $P_{k=3} = \frac{C(3,3) \times C(69,3)}{C(72,6)} = 0.033\%$, что указывает на

незначительное снижение статистической значимости: три верных предсказания и три ошибочных за 72-месячный период остаются в высшей степени

неслучайными. Таким образом, мы доказываем неслучайность наших результатов и высокую степень их значимости.

Необходимо подчеркнуть, что это контрастирует с мнением, что три успеха и две неудачи или наоборот соответствует приблизительно вероятности один к двум, создающим впечатление, что мастерство предсказания ничем не отличается от угадывания краха при помощи подкидывания монеты. Подобное умозаключение было бы очень наивным, поскольку оно не учитывает основной элемент метода прогнозирования, который заключается в определении (короткого) временного окна (один месяц), когда крах наиболее вероятен: главная сложность в составлении предсказания – это, на самом деле, выделение нескольких месяцев из шестидесяти, когда существует риск краха.

Статистическая значимость отдельного успешного предсказания с точки зрения теоремы Байеса

Рассмотрим наше предсказание разворота тренда японского индекса Nikkei в январе 1999 года в период антипузыря. Это единичный случай предсказания фазы антипузыря. В рамках стандартного "частотного" подхода к проблеме вероятности [224] и установлению статистической достоверности, оно не имеет никакого веса и должно рассматриваться лишь как фантазии. Однако, "частотный" подход не в состоянии оценить качество столь уникального эксперимента в области предсказания глобального финансового индикатора. Теория Байеса является в данном случае более подходящим фундаментом. Согласно этой теории, вероятность того, что гипотеза верна, может быть оценена, несмотря на то, что это исключается толкованием стандартной формулировки частотного подхода, в которой говорится, что можно просчитать лишь вероятность того, что нулевая гипотеза неверна, что, однако, не доказывает, что верной является альтернативная (предварительные разъяснения см. также в [279, 98]). Мы представляем простое применение теоремы Байеса для того, чтобы дать качественную оценку воздействия, которое имело наше предсказание [216].

Байесовский взгляд на качество предсказания при данном одном успешном предсказании: можно подойти к проблеме значимости отдельного успешного предсказания, используя фундаментальный результат теории вероятности, известной как теорема Байеса. Согласно этой теореме

$$P(H_1 | D) = \frac{P(D | H_1) \times P(H_1)}{\sum_i P(D | H_i) P(H_i)} \quad (27)$$

где сумма знаменателя охватывает все различные, конфликтующие гипотезы. Другими словами, уравнение (27) дает оценку вероятности того, что гипотеза H_1 является верной при том, что данные D пропорциональны вероятности $P(D | H_i)$ данных, при условии, что гипотеза H_1 перемножена с предыдущими суждениями $P(H_i)$ в гипотезе H_i , разделенной на вероятность данных.

Рассмотрим наше предсказание разворота тренда по индексу Nikkei в январе

1999 года. В данном контексте, мы используем только две гипотезы H_1 и H_2 , что модель верна и что модель ошибочна. В качестве данных мы берем изменение медвежьего тренда на бычий. Теперь мы хотим оценить, насколько случайным было наше предсказание. Мы оцениваем общую атмосферу неверия в восстановление экономики Японии значением $P(D|H_2)=5\%$ вероятности того, что индекс Nikkei изменит тренд на фоне недоверия нашей модели. Мы оцениваем классический уровень достоверности $P(D|H_1)=95\%$ вероятности того, что индекс Nikkei изменит тренд на фоне доверия к нашей модели.

Давайте предположим, что согласно скептической теории Байеса, с предыдущими вероятностями (или суждениями) $P(H_i) = 10^{-n}$, $n \geq 1$, что наша модель верна. Из (27) мы получаем

$$P(H_1 | D) = \frac{0.95 \times 10^{-n}}{0.95 \cdot 10^{-n} + 0.05 \times (1 - 10^{-n})} \quad (28)$$

Для $n = 1$, мы видим, что последующее суждение в нашей модели увеличилось по сравнению с предыдущим на коэффициент ≈ 7 , соответствующий $P(H_1|D) \approx 70\%$. Для $n=2$, коэффициент увеличения ≈ 16 и, следовательно, $P(H_1|D) \approx 16\%$. Для больших значений n (очень скептический подход), мы видим, что последующее суждение в нашей модели было увеличено по сравнению с предыдущим на коэффициент $0.95/0.05 = 19$.

В качестве альтернативы рассмотрим нейтральный подход в теории Байеса, где предыдущее суждение $P(H_i) = 1/2$; то есть априори, оно указывает на то, что наша модель с равной вероятностью может быть как верной, так и ошибочной. В данном случае, предыдущее суждение превращается в последующее суждение равное

$$P(H_1 | D) = \frac{0.95 \cdot \frac{1}{2}}{0.95 \cdot \frac{1}{2} + 0.05 \cdot \frac{1}{2}} = 95\%. \quad (29)$$

Это означает, что этого единичного случая достаточно, чтобы убедить нейтрально настроенного сторонника теории Байеса.

Необходимо подчеркнуть, что это специфичное применение теоремы Байеса относится лишь к небольшой части модели – предсказанию разворота тренда. Она не устанавливает значимость количественного описания десятилетних данных при помощи предложенной модели в пределах относительного диапазона ошибки $\approx \pm 2\%$.

Диаграмма ошибок и процесс принятия решений

При оценке предсказаний и их влияния на принятие решений относительно инвестиций, необходимо взвешивать относительную стоимость ложных предсказаний по отношению к выгоде, получаемой от верных предсказаний.

Диаграмма Ньюмана-Пирсона (Neyman-Pearson), которая также называется диаграммой качества решений, используется для оптимизации стратегии принятия решений при помощи лишь статистики, лежащей в основе критерия. Предполагается, что набор событий или функция плотности вероятности действительны как для верных сигналов (крахов), так и для фонового шума (ложных предсказаний); В таком случае, подходящая статистика в основе критерия должна быть способна оптимально разграничивать их. Используя данную статистику (или дискриминирующую функцию), можно ввести разграничение, разделяющее область принятия гипотезы (с преобладанием верных предсказаний) от области непринятия гипотезы (с преобладанием ложных предсказаний). Диаграмма Ньюмана-Пирсона выстраивает контаминацию (ошибочно классифицированные события, то есть, расцененные как предсказания, на самом деле являющиеся ложными сигналами) против потерь (ошибочно классифицированные события, то есть, расцененные как фон или неверные сигналы), как доли общей выборки. Идеальная тестовая статистика соответствует диаграмме, где "принятие предсказания" выстраивается как функция "принятия ложных сигналов", в которой принятие близко к 1 для реальных сигналов и близко к 0 для ложных сигналов. Возможны несколько стратегий: "либеральная" стратегия отдает предпочтение минимальным потерям (то есть высокая степень принятия сигнала, то есть почти полное отсутствие пропусков реальных событий, но много ложных предсказаний), "консервативная" стратегия отдает предпочтение минимальной контаминации (то есть высокая степень чистоты сигнала и почти полное отсутствие ложных сигналов при множестве возможных пропущенных реальных событий).

Молчан (Molchan) показал, что задача предсказания того или иного события в непрерывное время может быть отображена по методике Ньюмана-Пирсона. Он ввел "диаграмму ошибок", которая выстраивает коэффициент непредсказания (число пропущенных событий, деленное на общее число событий за полный временной интервал) как функцию коэффициента тревожных сигналов (общее время тревожных сигналов, деленное на общее время, другими словами доля времени, когда мы заявляем о приближении краха) [303, 304]. Наилучший предсказатель соответствует точке, близкой к началу диаграммы с почти полным отсутствием непредсказаний и небольшим промежутком времени, объявленным опасным: другими словами, эта идеальная стратегия не пропускает ни одного события и не дает ложных сигналов тревоги! Эти размышления учат нас тому, что сделать предсказание это одно, а использовать его это совсем другое. Это связано с проблемой оптимального управления [303, 304].

Теория принятия решений предлагает полезный принцип решения данной проблемы. Пусть c_1 это неверное предсказание краха как не-краха, а c_2 это неверное предсказание не-краха (спокойного времени) как краха. Предположим, что обусловленная историческими данными о прошлом X , наша модель дает вероятность $\pi = Pr(Y=1|X)$ для возникновения краха ($Y=1$). Если крах происходит, средние затраты составляют $C_1 = c_2(1-\pi)$, что выражает вероятность неверного предсказания. Если крах не происходит, средние затраты составляют $C_2 = c_1\pi$, что выражает вероятность того, что крах все же был нами предсказан. Сравнив эти две

величины затрат, становится ясно, что $C_1 > C_2$, если $\pi < 1/(1+(c_1/c_2))$, а $C_1 < C_2$, если $\pi \geq 1/(1+(c_1/c_2))$. Таким образом, оптимальным предсказанием (с точки зрения минимизации общих ожидаемых затрат) является "крах" ($Y=1$), когда $Pr(Y=1|X) > 1/(1+(c_1/c_2))$, и "отсутствие краха" ($Y=0$), в обратном случае (см. также [345, стр. 19, 58]). Следовательно, если два возможных неверных предсказания одинаково дорого обходятся, $c_1/c_2=1$, мы бы предсказали, что крах произойдет при $Pr(Y=1|X) > 0.5$. Однако, если неверное предсказание краха в два раза дороже предсказания его отсутствия, $c_1/c_2=2$, оптимальным решением будет предсказание краха всякий раз, когда $Pr(Y=1|X) > 1/3$. Применяя подобную теорию принятия решений, мы можем сравнить результаты использования модели с данными и дать оценку успешности в предсказаниях. Ключевым моментом является то, что значение c_1/c_2 должно определяться независимо от данных и развития модели. Модель также должна предоставлять предсказания в вероятностных терминах. Таким образом, в данной области остается еще широкое поле для будущих исследований.

Практическое воздействие на различные торговые стратегии

Значительная часть профессиональных инвесторов и менеджеров и, в частности, менеджеров хеджовых фондов, используют разнообразные стратегии, чтобы улучшить качество своей работы. Очевидно, что два обширных класса стратегий, следование тренду и выбор времени для операций на рынке, выиграли бы от выявления предполагаемых надвигающихся крахов.

Фанг (Fung) и Хсайя (Hsieh) [147] недавно разработали полезную и простую классификационную схему стратегий, которую мы приводим здесь. Они учитывали так называемые стратегии долгосрочного инвестирования, выбора времени и следования тренду.

Инвесторы, выбирающие определенное время для своих операций, как и те, кто следует тренду на рынке, стремятся получить выгоду от движений цены. Грубо говоря, выбирающие время прогнозируют направление движения цены на акцию, покупая, чтобы зафиксировать рост цен, и продавая, чтобы зафиксировать падение цены. Следующие за трендом стремятся зафиксировать тенденцию на рынке, то есть последовательные корреляции в изменениях цены, заставляющую цену упорно двигаться в одном направлении в течение определенного временного интервала (для положительных корреляций цены).

Вот простая модель подобных стратегий. Пусть P_b , P_f , P_{max} и P_{min} будут изначальной ценой акции, конечной ценой акции, максимальной и минимальной ценой соответственно, достигнутой за определенный интервал времени. Давайте рассмотрим стратегии, которые реализуют одну сделку в течение данного временного интервала.

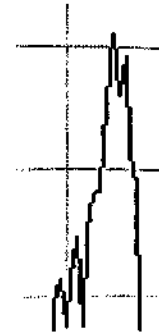
Стратегия инвестирования "купил-и-держи" состоит в покупке акции в начале по цене P_i и ее продаже в конце по цене P_f зарабатывая при этом, или теряя $P_f - P_i$. В данном примере, стратегия выбора времени для совершения операции заключается в попытках зафиксировать движения цены между P_i и

p_f . Если ожидается, что p_f будет выше (ниже), чем p_i , трейдер покупает (продает) акции. В конце периода, торговля изменяется на прямо противоположную, чтобы выйти из рынка. Таким образом, оптимальная окупаемость данной стратегии выжидания времени заключается в следующем: $p_f - p_i$, если $p_f > p_i$, или $p_i - p_f$, если $p_f < p_i$, что можно записать как $|p_f - p_i|$, где вертикальные линии означают абсолютное значение. Другими словами, такая идеальная стратегия выбора времени работает как электрический преобразователь, преобразующий негативные движения цены в положительную прибыль.

В данном примере, идеальная стратегия следования тренду стремится зафиксировать самые крупные движения цены за определенный интервал времени. Следовательно, оптимальная окупаемость – это $p_{max} - p_{min}$. Очевидно, что эта стратегия получит наибольшую пользу от предсказания краха.

Также необходимо отметить инвестиционные стратегии, использующие финансовые производные, такие как опционы "пут" и "колл". Опцион "пут" представляет собой естественный инструмент для подкрепления предсказания приближающегося краха. Вспомним, что опционы "пут" (известные также под названием опционы продажи) дают право (но не обязывают), полученное от противоположной стороны (скажем, банка), продавать акцию по предварительно выбранной цене, называемой ценой исполнения, за определенный период времени. Когда реальная рыночная цена акции падает намного ниже цены исполнения, опционы "пут" становятся очень ценными, поскольку инвестор может покупать акции на рынке по низкой цене и продавать их банку по высокой цене исполнения опциона, забирая, таким образом, разницу. Рычаг, заложенный в опционах "пут", берет свое начало из того обстоятельства, что начальная цена может быть очень низкой, если цена исполнения изначально выбирается как более низкая по сравнению с ценой основного финансового инструмента, поскольку трейдер ничего не выигрывает от продажи по цене ниже рыночной. Если крах возникает до того, как опцион достигает своего срока истечения и, как следствие, цена падает близко или ниже цены исполнения, изначально не имеющий практически никакой ценности опцион внезапно приобретает большую ценность. Его цена может подскочить на коэффициент, исчисляющийся сотнями для больших крахов, что соответствует потенциальным прибылям в десятки тысяч процентов! Но говорить об это значительно легче, чем делать, так как точный расчет времени имеет огромное значение.

По вполне понятным причинам, трейдеры относятся к своим торговым стратегиям как к собственности и неохотно делятся ими. Мы не являемся исключением: хотя мы очень подробно описывали нашу основную теорию, предоставляя четкие примеры ее реализации в прошлом, основной прогресс, достигнутый недавно, все еще остается нераскрытым. Недавние теоретические исследования говорят о том, что новые стратегии, развивающиеся одновременно с уже существующими, могут превзойти их, если будут использованы ограниченным количеством игроков.



Глава №10 2050: конец эры роста?

Рынки акций, экономика и население

Как будут вести себя мировые рынки акций через месяцы, годы, или даже десятилетия? Этот вопрос значит очень много для нашего экономического будущего и благосостояния. Как обсуждалось в предыдущих главах, страны во всем мире все больше и больше полагаются на рынок акций для пенсионного обеспечения своих стариков, для количественного определения стоимости компаний и для характеристики здоровья экономики вообще. Кроме того, рынок акций стал мощным двигателем и развитых, и развивающихся экономик, как основной источник ликвидности и капитала для инвестиций.

В конце двадцатого столетия, несколько авторов, ободренных, по-видимому, бесконечным бычьим рынком того времени, предположили, что индекс Доу-Джонса поднимется до 36,000 [158], 40,000 [118] или даже 100,000 [225] в следующие два или три десятилетия из ровного диапазона 10,000-11,000, в котором индекс находился с середины 1999 ко времени написания этой книги (середина 2001). Реалистичны ли эти предсказания или они раздуты? И вообще, какие возможные сценарии лежат перед нами?

Чтобы ответить на эти вопросы, мы обобщим наш подход к анализу финансовой информации также на экономические и демографические временные ряды данных по самым длинным масштабам времени, для которых доступны надежные данные. Объяснение для этого многостороннего подхода в том, что будущее рынка акций не может быть отделено от будущего экономики, которая непосредственно связана с производительностью рабочей силы и, следовательно, с динамикой населения. Это, естественно, приводит нас к более широкому вопросу – например, может ли существующий темп прироста человеческого населения и связанный с ним темп экономического развития продолжаться, ускоряясь, и далее, в неопределенном будущем. Или, как предупреждает растущее число ученых, развитие остановится катастрофически, если человечество окажется неспособным быстро достигнуть режима долгосрочного устойчивого развития?

Действительно, вопреки общему представлению, и глобальная человеческая популяция, и её экономическая продуктивность, росли быстрее, чем по экспоненте для большей части известной истории, и наиболее быстро в последние два столетия. Вспомним, что экспоненциальный рост соответствует постоянству коэффициента прироста, например процента по депозитному сертификату или правительственной облигации. Таким образом, более быстрый, чем экспоненциальный рост означает, что сам коэффициент прироста растет со временем (см. "Интуитивное объяснение создания сингулярности конечного времени в t_c " в главе 5). Ниже мы покажем, что

наблюдаемое ускорение темпов роста в одно и то же критическое время около 2050 года совпадает со спонтанным и очевидным расхождением похожих логопериодических моделей на трех комплексах данных: человеческое население, валовой национальный продукт и финансовые индексы. Этот результат можно объяснить взаимодействием между динамикой роста населения, капитала и технологий, производящих "взрыв" экономического производства, даже когда их отдельные индивидуальная динамика не имеет достаточно сильных положительных обратных связей, чтобы сделать то же самое без воздействия остальных факторов. Интересно, что в 1980х двое известных математиков и компьютерщиков, С. Юлам (S. Ulam) и Д. фон Ньютман (J. von Neumann) (отец современного компьютера, а также теории игр в экономике) осознавали такую возможность. Действительно, в [428], Юлам вспоминал беседу с Ньютоманом: "Однажды беседа сконцентрировалась на ускоряющемся прогрессе технологии и изменениях в человеческой жизни, который приближает к некоторой существенной точке перелома в истории расы, после которой человеческие дела, как мы их знаем, не могут продолжаться".

Огромный темп ускоренного роста, наблюдаемый до сих пор, привел к увеличению беспокойства о его устойчивости. Это также привело к повышающемуся беспокойству о том, что человеческая культура в результате может причинять серьезный и необратимый ущерб экосистемам и системам погоды в мире и так далее. С другой стороны, оптимисты ожидают, что инновационный дух человечества будет способен решить такие проблемы и экономическое развитие мира продолжится в виде последовательности революций, например, Интернета, биотехнологий и других, еще неизвестных значимых инноваций, заменяющих сельскохозяйственные, индустриальные, медицинские и информационные революции прошлого. Наблюдаемое ускорение экономического развития, кажется, поддерживает оптимистическую точку зрения.

Однако, очевидная спонтанная дивергенция около 2050 года, которую мы опишем ниже, имеет удивительное следствие, требующее пересмотра даже оптимистического представления, поскольку ускорение темпов роста эндогенно содержит собственный предел в форме сингулярности. Сингулярность – это математическая идеализация перехода к качественно новому поведению. Степень внезапности перехода к новому режиму может быть выведена из того факта, что максимум темпа прироста мирового населения был достигнут в 1970 году, приблизительно, 80 годами раньше прогнозируемого сингулярного времени, что составляет 4% от периода 2000 лет, в течение которых и рассматривается ускорение в дальнейшем изложении. Этот сдвиг времени сингулярности происходит, вероятно, из-за комбинации хорошо известных эффектов конечной размерности (finite-size effects) и эффектов торможения (drag effects), которые должны стать доминирующими вблизи сингулярности. Это предполагает, что мы уже вступили в зону перехода к новому режиму, что мы и обсудим более подробно в этой главе.

В качестве бонуса, мы также делаем предсказание, что американский рынок находится в фазе консолидации, или застоя, который может длиться до десяти лет. Этот период будет сопровождаться возобновлением ускоренного роста. Мы пытаемся обнаружить происхождение такого поведения на основе макроэкономических рассуждений.

Пессимистическая точка зрения "естественных" ученых

Быстрый рост мирового населения – это довольно новое явление, по сравнению со всей историей современного homo sapiens. Оценивается, что 2,000 лет назад население мира составляло, приблизительно, 300 миллионов. Потребовалось больше 1,600 лет для того, чтобы мировое население удвоилось до 600 миллионов, и с тех пор его рост ускорился. Популяция достигла 1 миллиарда в 1804 году, 2 миллиардов в 1927 (спустя 123 года), 3 миллиардов в 1960 (спустя 33 года), 4 миллиардов в 1974 (спустя 14 лет), 5 миллиардов в 1987 (13 годами позже) и 6 миллиардов в 1999 (12 годами позже) (см. Табл. 21).

Табл. 21

Год	Население (млрд.)	Источник
0	0,30	Durand
1000	0,31	Durand
1250	0,40	Durand
1500	0,50	Durand
1750	0,79	D & C
1800	0,98	D & C
1850	1,26	D & C
1900	1,65	D & C
1910	1,75	Interp.
1920	1,86	WPP63
1930	2,07	WPP63
1940	2,30	WPP63
1950	2,52	WPP94
1960	3,02	WPP94
1970	3,70	WPP94
1980	4,45	WPP94
1990	5,30	WPP94
1994	5,63	WPP94
1999	6,00	WPP94
2001	6,14	WPP01

Данные от департамента населения ООН. Durand: J.D. Durand, 1974. Исторические оценки населения мира (Университет штата Пенсильвания), D & C: ООН, 1973. Детерминанты и следствия трендов населения, т.1 (ООН, Нью-Йорк). WPP63: ООН, 1966. Перспективы мирового населения по оценке 1963 года (ООН, Нью-Йорк). WPP94: ООН, 1993. Перспективы мирового населения: 1994 (ООН, Нью-Йорк). Interp: интерполированная оценка.

Представители национальных академий наук со всего мира встретились в Нью-Дели в октябре 1993 на "Научной встрече в верхах" по проблемам мирового населения. Участники сделали заявление по проблемам народонаселения, подписанное представителями 58 академий и связанное с развитием, и, особенно, с определением плодородия и эффекта демографического роста на окружающую

среду и качество жизни. Заявление утверждало, что "продолжающийся прирост населения несет большой риск для человечества" и предложило демографическую цель: "По нашему суждению, способность человечества успешно справиться с его социальными и экономическими проблемами и проблемами окружающей среды потребует достижения нулевого прироста населения в пределах продолжительности жизни наших детей" и "человечество приближается к кризисной точке в переплетении проблем народонаселения, окружающей среды и своего развития, потому что Земля не безгранична" [366]. Соответственно, "Чрезмерное народонаселение мира способствует главной проблеме окружающей среды, включающей голод, разрушение дождевого леса, глобальное потепление, кислотные дожди, загрязнение воздуха, воды и даже эпидемию СПИДа" [366].

Существует много документированных случаев необратимого ущерба для экосистем, аномалий глобальной системы погоды, а также увеличивающаяся проблема серьезной нехватки воды. Экстраполируя существующие тренды, можно оценить, что к 2025 году две трети мирового населения будет жить в условиях, недостатка воды [119]. Все эти проблемы имеют один общий корень: быстро увеличивающееся народонаселение и связанное с этим экономическое развитие. Беспокойство по поводу размера и роста человеческой популяции разделяют многие ученые, представляющие естественные науки, включая Союз обеспокоенных ученых (имеет в своем составе 99 Нобелевских лауреатов), которые просят нации "стабилизировать население".

Оптимистическая точка зрения "социальных" ученых

Противоположного мнения придерживаются оптимисты, которые считают, что инновационный дух человечества будет способен решить проблемы, связанные с продолжающимся увеличением скорости роста [441, 380, 306]. Точнее, как мы уже говорили раньше, они полагают, что мировое экономическое развитие продолжится в виде последовательного разворачивания революций, например, Интернета, биотехнологий, и других пока еще неизвестных новшеств, заменяющих собой предшествующие сельскохозяйственные, индустриальные, медицинские и информационные революции прошлого.

Действительно, к 1990 году большинство профессиональных экономистов почти полностью отвернулось от предыдущих представлений о том, что прирост населения – это отрицательный фактор в экономическом развитии (см., однако, [94, 145, 99]). Фактически, они теперь полагают, что это – положительный фактор: большее количество людей подразумевает большее богатство, большее количество ресурсов и более здоровое окружение. Аргумент таков: "Дополнительные люди производят больше чем, они потребляют в долгосрочной перспективе и природные ресурсы – не исключение" [380, 306]. "Без исключения, все данные, имеющие отношение к проблеме, то есть, долгосрочные экономические тренды и соответствующие измерители дефицитности, такие как стоимость природных ресурсов в составе человеческого труда и их цена относительно заработной платы и других товаров, все данные говорят, что природные ресурсы стали теперь менее редкими, чем раньше" [380]. Практически по всем параметрам, оптимисты

доказывают, что ситуация улучшалась по сравнению с прошлыми десятилетиями и продолжит улучшаться в наступающих декадах [380, 306]:

1. **Загрязнение:** Загрязнение всегда было проблемой, начиная с начала времен, но теперь мы живем в более здоровой и менее грязной окружающей среде, чем в более столетия назад. Продолжительность жизни, которая является лучшим общим индикатором уровня загрязнения, заметно увеличилась и мировое население выросло.
2. **Продовольствие:** производство продовольствия на душу увеличилось за полвека, начиная со Второй Мировой войны. Голод прогрессивно уменьшился, по крайней мере, в прошлом столетии (определяется количественно в относительных величинах, как доля от всего населения). Существуют убедительные причины полагать, что человеческое питание продолжит улучшаться в будущем, даже несмотря на продолжающийся прирост населения.
3. **Земля:** количество сельскохозяйственной земли устойчиво увеличивалось и, вероятно, продолжит увеличиваться там, где это необходимо. Для богатых стран (Соединенные Штаты, например), количество культивируемой земли уменьшилось. Соответственно, доля земли, используемой для лесов, отдыха и живой природы в Соединенных Штатах быстро увеличилась!
4. **Природные ресурсы:** Наши запасы не исчерпаны в любом экономическом смысле, и при этом прошлый опыт не дает оснований ожидать, что природные ресурсы станут более редкими. Природные ресурсы постепенно станут менее дорогостоящими, следовательно, менее редкими, и составят меньшую долю в наших расходах в будущем. Прирост населения, вероятно, будет иметь благоприятное долгосрочное воздействие на ситуацию с природными ресурсами.
5. **Энергия:** отдаленное будущее нашего снабжения энергией, по крайней мере, столь же светло, как и для других природных ресурсов, хотя правительственное вмешательство может эпизодически повышать цены время от времени. Исчерпаемость здесь тоже не проблема. И долгосрочное воздействие дополнительных людей, вероятно, ускорит развитие поставок дешевой энергии, которая является почти неистощимой.
6. **Уровень жизни:** В краткосрочной перспективе, дополнительные дети подразумевают дополнительные затраты, это знают все родители. В более длинной перспективе, доход на душу, вероятно, будет выше для растущего населения, чем для стационарной популяции, и в более развитых, и в менее развитых странах.
7. **Человеческое размножение:** утверждение, что бедные и необразованные люди плодятся без ограничения, является, очевидно, неправильным, даже для беднейших и "наиболее примитивных" обществ [380, 306]. Богатые люди, которые полагают, что бедные не учитывают последствий наличия большего количества детей, просто высокомерны или не осведомлены, или и то, и другое.

8. **Будущий прирост населения:** Текущие тренды говорят, что даже притом, что общее население мира увеличивается, плотность населения на большей части поверхности Земли уменьшится. Это уже происходит в развитых странах. Хотя общее население развитых стран увеличилось с 1950 по 1990, степень урбанизации была достаточно высокой, чтобы плотность населения на большей части их земель (скажем, на 97% земли США) уменьшилась. По мере того, как бедные страны будут становиться более богатыми, они, конечно, испытают те же самые тенденции, постепенно оставляя большую часть земной поверхности менее населенной, как ни удивительно это может казаться.

Анализ более быстрого, чем экспоненциальный, роста населения, ВВП и финансовых индексов

Давайте начнем с модели экспоненциального роста Мальтуса, которая предполагает, что размер населения увеличивается с фиксированной пропорциональностью в течение данного периода времени, независимо от размера популяции и, таким образом, дает экспоненциальный рост. Возьмем, например, рост 2,31% в год или 23,1% в десятилетие, что соответствует небывалому пику темпов прироста населения, достигнутому в 1970. Это приводит к удвоению популяции в течение сорока восьми лет. Начиная с популяции, скажем 1000, население увеличивается в 1,231 раза после одного десятилетия с 1000 до 1231, далее в 1,231 раза и еще в 1,231 раза с 1000 = 1515 после двух десятилетий, и так далее. Как мы видим, такой экспоненциальный рост соответствует умножению населения на постоянный множитель, здесь 1,231, для каждой дополнительной единицы времени (здесь десять лет). Таким образом, это удобно визуализировать, представляя популяцию в таком масштабе, чтобы последовательные величины, умноженные на константу, отображались бы одинаковым расстоянием, что определяет так называемый "логарифмический масштаб", с которым мы уже несколько раз сталкивались в этой книге; мы будем использовать этот масштаб для всех рисунков, представленных ниже.

В мальтузианской экспоненциальной модели, таким образом, логарифм населения должен увеличиваться пропорционально или линейно со временем. Рис. 156 показывает оценку (ее логарифм) мирового населения (полученный от Департамента народонаселения ООН, отдел экономических и социальных проблем) как функцию времени. В отличие от ожидаемой мальтузианской прямой линии, мы ясно наблюдаем сильное восходящее искривление, характеризующее "суперпоказательное" поведение. Подобный, более быстрый, чем экспоненциальный рост также наблюдается в оценке ВВП (валовой национальный продукт) мира, сделанной ДеЛонгом (DeLong) в Отделе экономики в Университете Беркли [105], для периода от 0 до 2000 года.

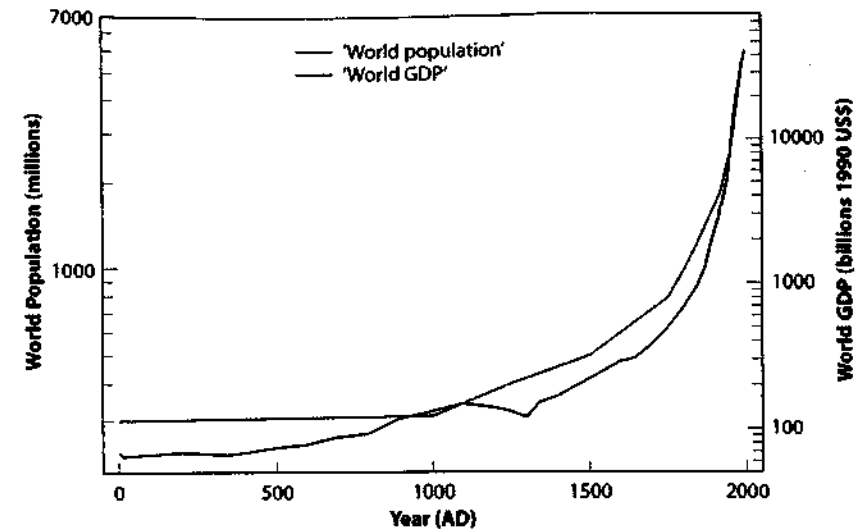


Рис. 156. Население мира и мировой ВВП (GDP) за более, чем 2000 лет от 0 до настоящего времени в логарифмическом масштабе, как функция времени (линейный масштаб). При этом прямая линия означала бы экспоненциальный рост. Восходящее искривление обоих временных рядов показывает, что их рост не может быть объяснен показательной моделью и "суперэкспоненциален".

Для более короткого периода времени, более быстрый, чем экспоненциальный рост также показан на Рис. 157 для некоторых финансовых индикаторов, таких как индекс DJIA с 1790 года, полученного от Фонда изучения циклов (www.cycles.org/cycles.htm), индекса S&P500 с 1871 и множества региональных и глобальных финансовых индексов с 1920, включая Латиноамериканский индекс, Европейский индекс, EAFE индекс и Мировой индекс. Последние пять финансовых индексов получены от Global Financial Data, Лос-Анджелес (www.globalfindata.com). Они показаны в виде своего логарифма функции от времени так, чтобы показательный рост характеризовался бы линейным увеличением.

Источник данных: Проанализированные здесь несколько наборов данных, отражают развитие человечества на Земле в терминах размера популяции и экономического роста.

- Данные о народонаселении планеты с 0 до 1998 были получены с вебсайта Департамента народонаселения Организации объединенных наций, отдел экономических и социальных проблем (<http://www.popin.org/pop> 1998/).
- ВВП мира с 0 до 1998 года, оценен Брэдфордом ДеЛонгом из Отдела экономики, Беркли [105], и передан нам Р. Хансоном (R. Hanson) [186].

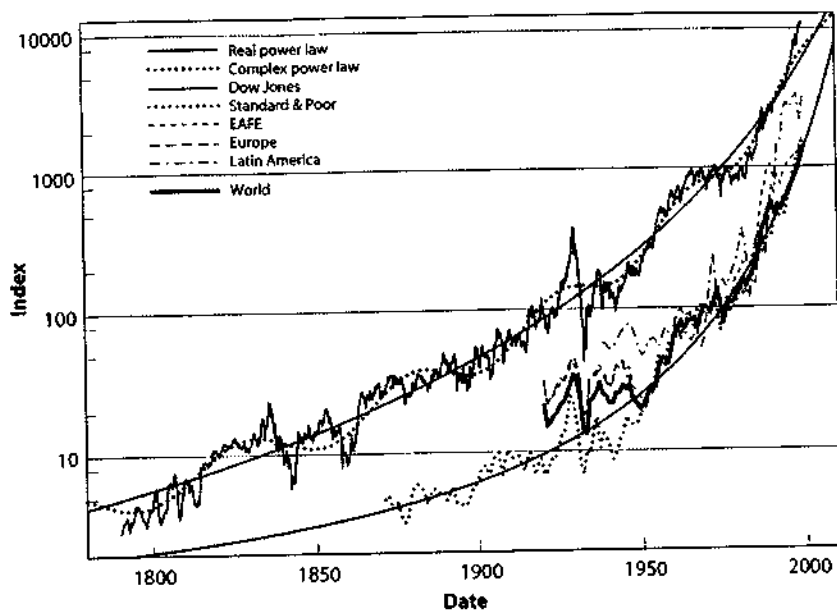


Рис. 157. Финансовые индексы в логарифмическом масштабе как функция времени (линейный масштаб). Два самых больших временных ряда, индекс Доу-Джонса, экстраполированный назад до 1790 и индекс S&P500 с 1871, подогнаны под степенной закон $A(t - t_0)^n$, показанный как непрерывные линии. Логопериодический закон (соответствующий комплексной экспоненте степенного закона) показан только для Доу-Джонса в виде прерывистой линии. Сложный анализ степенного закона предполагает резкий переход в районе 2050 [219]. EAFE – композитный индекс, группирующий Европу, Австралию и Дальневосточные страны. Обратите опять внимание на восходящее искривление, которое исключает показательный рост в пользу суперпоказательного ускорения.

- Финансовый ряд данных включает индекс DJIA с 1790 по 2000 год, S&P индекс с 1871 по 2000, а также множество региональных и глобальных индексов с 1920. DJIA был построен Фондом изучения циклов (<http://www.cycles.org/cycles.htm>). Это индекс DJIA с 1896 года, который экстраполировался назад до 1790 и далее. Другие индексы получены от Global Financial Data [159]. Эти индексы построены следующим образом. Для S&P данные с 1871 до 1918 получены от комиссии Коула (Cowles), которая ретроспективно рассчитывала данные, используя Коммерческую и Финансовую Хронику (Commercial and Financial Chronicle). С 1918 данные представляют собой композитный индекс (S&P) для акций. Другие индексы используют сведения об индексах от Global Financial Data с 1919 до 1969 и международные индексы Morgan Stanley Capital с 1970 до 2000. EAFE индекс включает Европу, Австралию и Дальний Восток. Индекс

Латинской Америки включает Аргентину, Бразилию, Чили, Колумбию, Мексику, Перу и Венесуэлу.

Демографы обычно строят отчеты о популяции, отфильтровывая данные по возрасту, стадии развития, региону и тому подобное. Группирование и управление для таких переменных, считается критическим для демографического развития и для любого надежного предсказания популяции. Здесь же мы предлагаем отличающуюся стратегию, основанную на агрегированных данных, что оправдывается следующей концепцией: чтобы получить значимое предсказание на агрегированном уровне, часто более уместно изучить агрегированные переменные вместо "локальных" переменных, которые могут пропустить общую картину, акцентировавшись на каких-либо специфических особенностях. Вот пример из материаловедения – предсказание отказа гетерогенных материалов, подвергнутых давлению, может быть выполнено двумя методами. Ученые-материаловеды часто анализируют в точных деталях форму волн акустической локации или других признаков повреждений, происходящих от микротрещин внутри материала. Однако, это очень мало помогает в предсказании полного отказа, который часто является обобщенным глобальным явлением [193], следующим из взаимодействий и взаимовлияний между многими различными микротрещинами, зарождающимися, растущими и разрушающимися в пределах материала. Этот пример, действительно, показывает, что объединение всей акустической локации в единственную агрегированную переменную значительно улучшает предсказание [215]. Точно так же экономическое и финансовое развитие США, Европы и других частей мира взаимозависимо из-за существования нескольких механизмов соприкосновения (обмен товарами, услугами, передача научных исследований, иммиграция и т.д.)

Более быстрый, чем экспоненциальный рост, наблюдаемый на Рис. 156 и Рис. 157 соответствует непостоянным темпам роста, которые увеличиваются пропорционально населению или размерам экономических факторов.

Предположим, например, что темп роста населения удваивается, когда население также удваивается. Для простоты, мы рассматриваем дискретные интервалы времени следующим образом. Начиная с популяции в 1000 человек, мы предполагаем, что население растет с постоянной скоростью 1% в год, пока не удвоится. Мы оцениваем время удвоения как пропорциональное темпу роста, то есть, приблизительно, $1/1\% = 1/0,01 = 100$ лет. В действительности, существует коэффициент мультипликативной коррекции, равный $\ln 2 = 0,69$, поэтому время удвоения равно $\ln 2 / 1\% = 69$ лет. Но мы опускаем этот фактор пропорциональности $\ln 2 = 0,69$ ради простоты усвоения. Учет этого фактора лишь умножает все нижеуказанные интервалы времени на 0,69, но не меняет выводов. Таким образом, при такой аппроксимации, первое время удвоения будет равно одному столетию.

Когда население достигает 2000, мы предполагаем, что темп роста удваивается до 2% и остается фиксированным, пока население снова не удваивается, достигая 4000. Это занимает лишь пятьдесят лет с таким 2% темпом роста. Когда население достигает 4000, темп роста удваивается до 4%. Поэтому время удвоения населения, приблизительно, делится на два, до двадцати пяти лет и сценарий продолжается с удвоением темпа роста, каждый раз, как население удваивается. Так как время удвоения приблизительно делится на два на каждом

шаге, мы получаем следующую последовательность (время = 0, население = 1000, темп роста = 1%), (время = 100, население = 2000, темп роста = 2%), (время = 150, население = 4000, темп роста = 4%), (время = 175, население = 8000, темп роста = 8%), и так далее. Мы наблюдаем, что интервал времени, необходимый для удвоения населения сжимается очень быстро с фактором 2 при каждом шаге. Таким же образом, как $1/2 + 1/4 + 1/8 + 1/16 + \dots = 1$, что было увековечено древними греками, как парадокс Зенона, бесконечная последовательность удвоения, таким образом, занимает конечное время, и популяция достигает бесконечности за конечное "критическое время", приблизительно равное $100 + 50 + 25 + \dots = 200$ (строгое математическое выражение требует формулировки понятия непрерывного времени, что не изменяет качественного содержания примера). Спонтанная сингулярность была создана увеличивающимся темпом роста!

Это весьма общий процесс, который применяется, как только темп роста должен быть умножен на некоторый коэффициент, больший, чем 1, в частности, когда популяция умножается на некоторую константу, также большую, чем 1. Такие спонтанные сингулярности весьма обычны в математических описаниях естественных и социальных явлений, даже если они часто выглядят, как чудовища. Они найдены во многих физических и природных системах. Например – потоки жидкостей, формирование черных дыр, разрывы структур, отказы материалов в моделях больших землетрясений и крахи финансовых рынков, как мы видели в предыдущих главах. Математика сингулярностей обычно применяется в физике фазовых переходов, для описания превращения льда в воду или перехода магнита в размагниченное состояние при росте температуры.

Эмпирическое определение существования сингулярности в динамике населения или экономических индексов опирается на способ, при котором они увеличиваются до критического момента времени. Оказывается, они это делают в самоподобной или фрактальной манере: для данного фиксированного сокращения дистанции до времени сингулярности, популяция умножается на данный фиксированный фактор. Повторение сокращения, чтобы приблизиться к сингулярности ведет к тому же самому умножению популяции на тот же самый фактор. Эти свойства описываются в соответствии с математическим законом, называемым степенным и уже обсуждался в предыдущих главах. Степенные законы описывают самоподобные геометрические структуры фракталов. Как мы видели в главе 6, фракталы – это геометрические объекты, имеющие структуру на всех масштабах, и которые описывают множество комплексных систем, типа изящно изрезанного побережья Бретани или Норвегии, иррегулярную поверхность облаков или переходящую структуру речной дельты. Экспонента степенного закона – так называемое фрактальная размерность, которая в данном контексте, количественно определяет правильную множественную (мультипликативную) структуру, проявляющуюся на популяции, на финансовых индексах и во временном развитии до момента сингулярности.

Если изобразить на графике логарифм популяции как функцию логарифма времени, начиная от сингулярности, то степенной закон будет изображен прямой линией. Это показано на Рис. 158 и Рис. 159 для мирового населения, мирового

ВВП и финансовых индексов, показанных на Рис. 156 и Рис. 157. Так как степенные законы, характеризующие население и экономический рост выражены как функция времени до сингулярности, то значения должны выбираться для этого критического времени. На Рис. 158 используется 2050 год, который близок к значению, полученному из более сложного статистического анализа, обсуждаемого ниже (см. также [219]). Для финансовых индексов, удаление средней инфляции в 4% (или её подобной величины) качественно не меняет результаты, но связанные с ней результаты будут количественно ненадежны, поскольку инфляция значительно изменяется в течение времени, причем с количественно эти изменения трудно поддаются оценке. Поправка на инфляцию означает вычитание линейного значения на графике, где логарифм цены представлен как функция времени. Таким образом, это не имеет принципиального воздействия на существование зарегистрированного нелинейного восходящего искривления, квалифицируемого как ускоренный супер-экспоненциальный процесс.

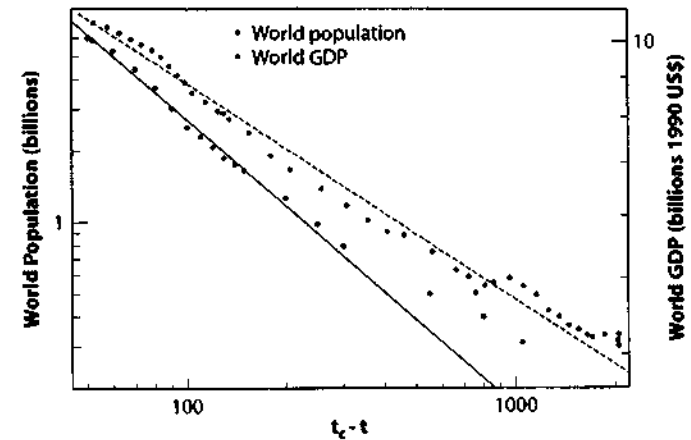


Рис. 158. Мировое население и мировой ВВП (в логарифмическом масштабе) как функция времени до критического момента $t_c = 2050$ (в логарифмическом масштабе), при этом время течет справа налево. Прямые линии – наилучшее совпадение данных со степенными законами (см. текст) и предполагают резкий переход в 2050 году.

Проблема удаления из тренда инфляции, чтобы получить постоянную стоимость доллара и индексов: Для Соединенных Штатов общепринято, что фактор инфляции, конвертирующий доллары США конца девятнадцатого столетия в конец двадцатого столетия – приблизительно равен 15: то есть 1\$ в 1870 равен, приблизительно, 15\$ в 1995-ом. Это немного, по сравнению с Францией, например, где конверсионный фактор – уже равен 20, для конвертирования франков 1959 года во франки 1995-го. Пример учета инфляции индекса ДПА с 1885 можно найти в [378]. Преобразование выполнено с использованием CPI (consumer price index – индекс потребительских цен). Проблема состоит в том, что определение и способ вычисления CPI сильно изменились со времени его создания. При его

появлении, это был индекс оптовых цен – довольно простой измеритель. Другой способ измерить инфляцию состоит в том, чтобы использовать стоимость золота в США. Доллары (приблизительно 300\$ за унцию в настоящее время, по сравнению с, приблизительно, 20\$ в конце девятнадцатого столетия, также дают фактор 15, упоминавшийся выше). Существует множество методов учета (детрендривания) инфляции и все они имеют преимущества и недостатки, которых мы хотели бы избежать.

Инфляция в Соединенных Штатах прошла несколько стадий:

1. До 1914, инфляция в среднем была по существу нулевой, кроме как в течение гражданской войны (знаменитые "зеленые баксы" "greenbacks").
2. С 1914 до 1921, была высокая инфляция, сопровождаемая дефляцией в 1921, затем снова высокая инфляция в течение депрессии 1929-1932, которая привела CPI обратно к его уровню до 1914 года.

3. С 1933 до настоящего времени, были некоторые сильные инфляционные периоды, связанные со Второй Мировой войной, Холодной войной, Корейской войной, Вьетнамской войной, а также с нефтяными потрясениями семидесятых.

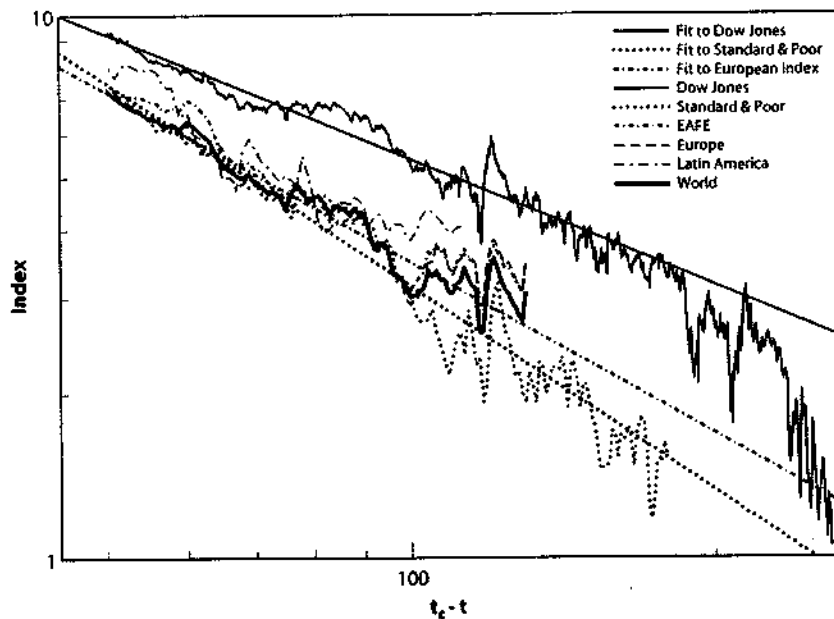


Рис. 159. Логарифм финансовых индексов как функция логарифма времени до критического момента $t_c = 2050$, при этом время течет справа налево. Прямые линии – наилучшее совпадение данных со степенными законами (см. текст) и предполагает резкий переход в 2050 году.

Таким образом, коэффициент 15 приблизительно соответствует среднему числу темпа ежегодной инфляции в 4% с 1933. Мы представляем на Рис. 160 долгосрочную эволюцию долга американского федерального правительства. Кажется, существует соотношение (с фактором 2, приблизительно) между ростом этого долга и темпом инфляции. Это соотношение особенно сильно во времена войн, когда инфляция галопирует и долг накапливается с большой скоростью. Предполагается, что инфляция – это простой способ для правительства увеличить налоговое бремя для финансирования своих расходов. Из-за сложности учета этих неустойчивых инфляционных периодов, мы не корректировали наши данные на инфляцию.

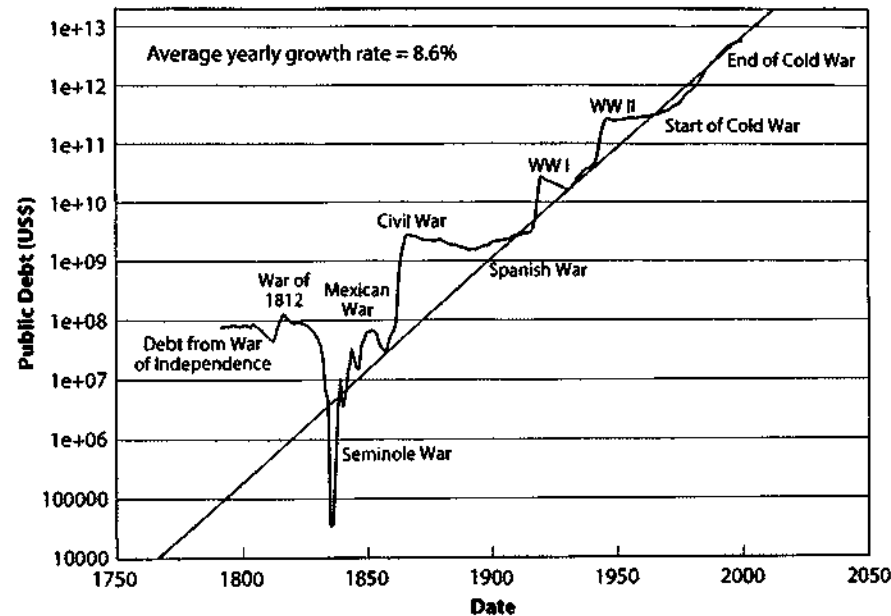


Рис. 160. Долг американского федерального правительства, начиная с войны за независимость, в логарифмическом масштабе как функция времени (линейный масштаб). Примечание: $1e+09$ соответствует \$1 миллиарду, а $1e+12$ соответствует 1 триллиону долларов. В 2000 году американский федеральный правительственный долг был, приблизительно, равен \$5,6 триллиона. Прямая линия соответствует среднему показательному закону с постоянным темпом роста 8.6% в год. Заметим, что американские войны совпадают с ростом долга во много раз. Войны США, кажется, являются главными крупномасштабными особенностями, объясняющими рост долга. Данные получены от Бюро Государственного долга (<http://www.publicdebt.treas.gov/opd/opd.htm#history>). Рисунок исследован и подготовлен Иохансеном (A.Johansen).

Улучшение анализа

Сингулярности комплексного степенного закона

Вывод, который можно извлечь из анализа предыдущей части заключается в том, что мировое население, такое как и главные экономические индексы, в среднем растут с ускоряющимися темпами роста, что совместимо с сингулярным поведением, происходящим в пределах конечного временного горизонта.

Сингулярности и бесконечности были проклятием в течение долгого времени, пока не стало понятно, что часто они являются хорошими математическими идеализациями многих естественных явлений. Они не существуют полностью в реальности; может наблюдаться только предшествующее ускорение, что может свидетельствовать о важном переходе. В настоящем контексте, их должно интерпретировать как своего рода "критическую точку", сигнализирующую о фундаментальном изменении режима. На этой точке анализа, все еще существует относительно большая неуверенность в определении критического времени t_c . Как можно заметить на рисунках, важная причина этого лежит в существовании больших флуктуаций вокруг среднего поведения степенного закона.

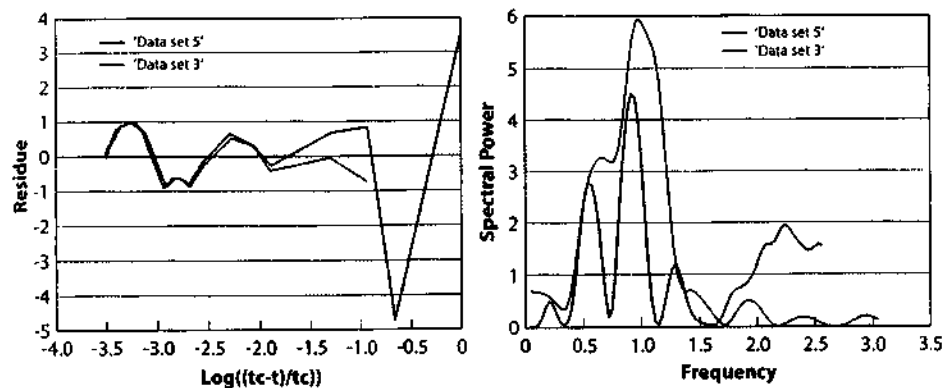


Рис. 161. 10.6. Левый график: Разница между наилучшей подгонкой простого степенного закона и данными о населении с 1250 до 1998 (обозначено набор данных 3) и с 1500 до 1998 (обозначено набор данных 5), выполненных для (а) проверки чувствительности гипотезы к той части демографических данных о прошлом, которая является наиболее ненадежной и (б) для обнаружения присутствия логопериодичности. Правый график: Спектр остатков при использовании техники периодограмм Ломба (Lomb periodogram). Для данных о популяции с 1500 до 1998 позиция пика соответствует угловой логарифмической частоте $\omega \approx 5,8$, которую нужно сравнить с $\omega \approx 6,5$, которая необходима для соответствия логопериодической формуле степенного закона. Для данных о популяции с 1250 до 1998, пик соответствует $\omega \approx 6,1$, которую нужно сравнить с $\omega \approx 6,5$, необходимой для соответствия логопериодической формуле степенного закона. Источник [219].

Математическая теория степенных законов, изложенная в главе 6, предлагает

эффективный путь учета этих флуктуаций, обобщая концепцию реальной экспоненты в комплексную экспоненту. Как мы видели, это ведет к, так называемым логопериодическим колебаниям, которые сопутствуют всему ускорению степенного закона. Фундаментально, это соответствует замене непрерывной самоподобной симметрии дискретной самоподобной симметрией. Например, в предыдущем примере, население удваивало темпы роста, каждый раз после того, как популяция удваивалась. В таком случае, динамика самоподобна только с учетом изменения масштаба времени и темпа роста, выполненном умножением на два. Это приводит к такой дискретности в ускорении популяции, что степенной закон модулируется шаговыми наклонами, происходящими при каждом умножении на коэффициент 2, то есть шагами, которые обычно пространственно разделены в логарифмическом представлении. В действительности, другие коэффициенты, кроме 2 могут быть выбраны динамикой. Кроме того, существует множество других, не принятых во внимание при анализе, эффектов, которые стирают некоторые из шагов, сглаживая логопериодические колебания, как показано на Рис. 157 пунктирными линиями для индекса DJIA. Непараметрический тест логопериодичности, показанный на Рис. 161, использует тот же самый подход, что и в главах 7 и 8. Можно наблюдать надежный логопериодический сигнал.

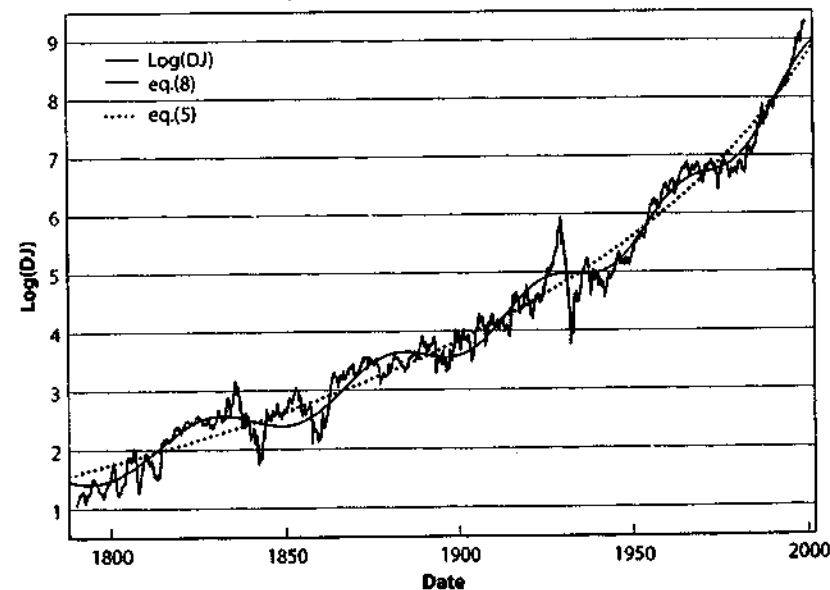


Рис. 162. Ломаная линия – (натуральный) логарифм ежемесячных котировок индекса DJIA с декабря 1790 до декабря 1999, уже показанных на Рис. 157. Восходящая прерывистая линия – наилучшая подгонка под уравнение простого степенного закона, дающее $\beta \approx 0,27$ (см. определение с выражением (18) и $t_c \approx 2068$). Осциллирующая сплошная линия – наилучшая подгонка под нелинейную логопериодическую формулу степенного закона (19), дающая экспоненту $\beta \approx 0,39$, $t_c \approx 2053$, $\omega \approx 6,5$ и $\Delta t \approx 171$. Источник [219].

Существуют фундаментальные причины для введения логопериодических коррекций и комплексных экспонент, происходящие из самой структуры теорий, описывающих фундаментальные частицы на микро уровне, с одной стороны, и организацию сложных систем, с другой. Снова примерами являются потоки жидкости, формирование черных дыр, отказы материалов и крахи финансовых рынков, как мы показали в главах 7-9. Присутствие логопериодических осцилляций, полученное из общих теоретических соображений, может обеспечить первый шаг для объяснения наблюдений вездесущих циклов в различных масштабах и в приросте населения, и в экономике. Анализ чувствительности степенного закона, показанный на Рис. 158 и Рис. 159, и логопериодический степенной закон, показанный для индекса Доу-Джонса на Рис. 157, также как и тесты статистической значимости, все они дают значительное уточнение положения критического времени t_c . Найдено, что оно лежит в диапазоне 2042-2062 годов, с вероятностью 70% [219].

Наилучшее решение уравнения (19) для 210 лет ежемесячных котировок показано на Рис. 162, а его параметрические значения даны в пояснении. Обратите внимание на близкое значение логарифмической угловой частоты $\omega \approx 6,5$ в сравнении с $\omega \approx 6,3$ для населения мира, также как значения для позиции сингулярности $t_c \approx 2053$ в сравнении с $t_c \approx 2056$ для населения. Кроме того, перекрытие временных шкал между этими двумя логарифмическими частотами $\Delta t \approx 171$ год прекрасно совместимо с полным рассматриваемым периодом времени в 210 лет.

Предсказание для наступающего десятилетия

Рис. 163 показывает экстраполяцию нелинейной логопериодической подгонки для индекса DJIA, показанной на Рис. 162 до критического времени $t_c \approx 2053$. Обратите внимание, что траектория DJIA начиная с последней, используемой в подгонке точки (декабрь 1999), замечательно хорошо следует за нашим предсказанием: логопериодическая подгонка предсказывает плато или замедление, которое может длиться около десяти лет и с середины 1999 индекс действительно находится в стагнации.

На Рис. 163, можно заметить пять других периодов стагнации DJIA. Они распадаются на два класса: (1) слабые колебания вокруг приблизительно постоянного уровня (1790-1810, 1880-1900, и 1970-1980), и (2) сильное ускорение, сопровождаемое крахом/депрессией, которое, в свою очередь, сопровождается восстановлением (1830-1850 и 1920-1945). Обратите внимание, что крах октября 1987 принадлежит режиму ускорения в этой крупномасштабной и крупнозернистой классификации. Десятилетие 2001-2010 будет в первом или во втором классе?

Это предсказание периода консолидации находится в соответствии с анализом В. Годли (W. Godley) [162], ученого из Института налогов и заслуженного профессора прикладной экономики в Университете Кембриджа, Англия. Годли исследовал причину заметного роста американской экономики в последнем десятилетии двадцатого столетия на основе анализа финансовой политики, внешней торговли и расходования частных средств и заимствований и нашел, что рост будет неустойчивым в течение следующего десятилетия.

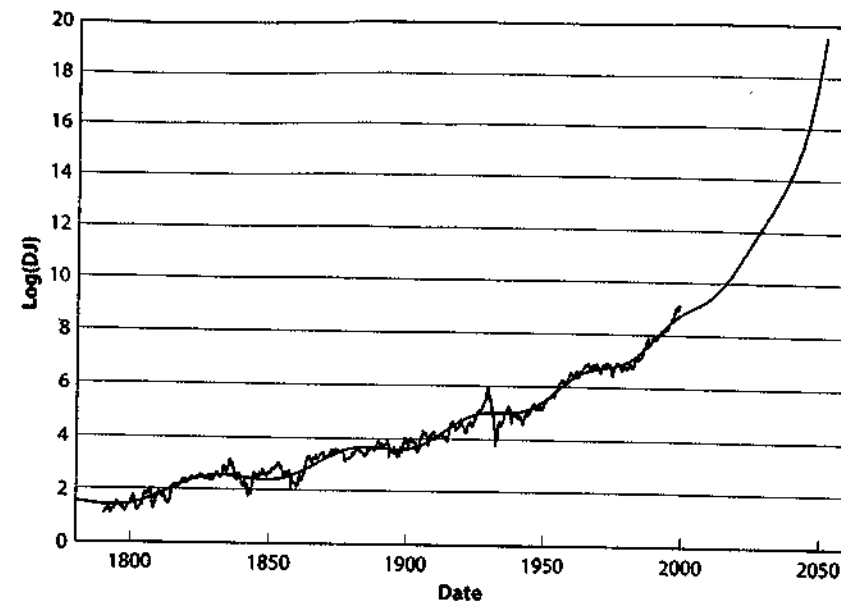


Рис. 163. Экстраполяция нелинейной логопериодической подгонки для индекса DJIA, показанной на Рис. 162 до критического времени $t_c \approx 2053$. Вертикальная ось – (натуральный) логарифм индекса DJIA. Обратите внимание, что реальная траектория DJIA начиная с последней, используемой в подгонке точки (декабрь 1999), замечательно хорошо следует за нашим предсказанием: логопериодическая подгонка предсказывает плато или замедление, которое может длиться около десяти лет; от середины 1999 до середины 2002 (время корректуры этой рукописи), DJIA флуктуировал между, приблизительно, 10000 и 11500 без явного восходящего тренда. Источник [219].

Чтобы понять аргументы Годли, давайте вспомним несколько основных принципов сохранения богатства и финансовых потоков. Мы все, даже подсознательно, знаем эти принципы, когда пробуем сбалансировать наши расходы и доходы. С точки зрения частного сектора в данной стране (потребители и компании), мы мгновенно становимся более богатыми на совокупном уровне

- если правительство тратит больше, и его расходы переходят в увеличивающийся доход для компаний и людей, и
- увеличивается экспорт в иностранные государства,

поскольку эти два процесса непосредственно перекачают фонды в экономику. Конечно, мгновенный измеритель расходов правительства, рассчитываемый как положительный поток фондов для частного сектора и домашних хозяйств в коротком масштабе времени, должен финансироваться заимствованием у населения (если возникает дефицит) и проценты по которому выплачиваются из налогов,

которые являются частью процесса, делающего нас более бедными на совокупном уровне. Таким образом, мы становимся беднее если

- увеличиваются налоги и
- увеличивается импорт, который мы должны оплатить иностранцам,

поскольку эти два процесса выкачивают фонды из экономики.

Если нет роста производительности в долгосрочной перспективе, то рост экономики измеряется, например, ВВП, который должен, таким образом, следовать один-в-один за ростом разности между количеством входящих (расходы правительства и экспорт) и исходящих (налоги и импорт) потоков. Годли показывает, что между 1961 и 1992 ВВП Соединенных Штатов действительно отслеживал этот чистый баланс притока фондов и их оттока с незначительными колебаниями. Но с начала 1992 до 1999, ВВП рос с темпом 3,3% в год, в то время как чистый баланс фондов повышался со скоростью только 0,6% в год. Чистые правительственные расходы и чистый экспорт с 1992, которые были намного более слабыми, чем в любой другой период с 1960, не могут быть причиной большого роста ВВП.

Годли [162] предположил, что рост ВВП подпитывался увеличивающимся частным финансовым дефицитом, то есть избытком личного потребления и жилищными инвестициями из персонального, доступного для потребления, дохода, который был намного большим, чем когда-либо прежде. Это увеличение частного дефицита может иметь две причины. Во-первых, дефицит частных домашних хозяйств может происходить из того факта, что он должен быть механически равен правительственному профициту (активному сальдо) плюс дефицит платежного баланса. И наоборот, положительный частный баланс равен правительственному дефициту плюс положительный баланс экспорт-минус-импорт. Интуитивно ясно, что эти общественный дефицит и профицит платежного баланса создают доход и финансовые активы для частного сектора, принимая во внимание, что профицит бюджета и дефицит платежного баланса изымают доход и уничтожают финансовые активы. Поскольку бюджетный баланс между 1992 и 1999 изменялся на самую большую величину, чем когда-либо прежде (по крайней мере, начиная с начала 1950-ых) и достиг профицита (2,2% ВВП в первом квартале 1999), и поскольку текущий платежный баланс ухудшился очень быстро, то как следствие – баланс частного сектора достиг рекордного дефицита (5,2% ВВП в первом квартале 1999) [162]. Увеличение частного дефицита может быть также измерено напрямую, сравнивая частные доходы и расходы: с 1993 повышение частных расходов увеличивалось намного быстрее, чем повышение доходов [162]. Данные показывают, что большую часть падения частного баланса и весь частный дефицит имели место в частном секторе, а не в бизнесе, который финансирует большинство своих инвестиций из внутренних фондов.

Таким образом, частный сектор в целом стал чистым заемщиком денег (или чистым продавцом финансовых активов) в рекордном и растущем масштабе. Ежегодная норма чистого заимствования повысилась, приблизительно, от 1% доступного дохода (\$40 миллиардов) в конце 1991 до 15% (более \$1 триллиона) в первом квартале 1999-го. Частный финансовый дефицит измеряется по степени превышения притока платежей в частный сектор, являющийся результатом

производства и продажи товаров и услуг над частными оплатами товаров, услуг и налогов, которые должны быть сделаны деньгами.

Прирост капитала на рынках акций, вероятно, был подпитан увеличением инвестиций на заимствованные средства и, возможно, также подпитывался увеличивающимся потреблением. Чтобы оказывать постоянное влияние, рынок акций должен продолжить повышаться в ускоряющемся темпе и быстрее, чем экспоненциальная кривая. Только более быстрый, чем экспоненциальный рост рынка акций создает у частных инвесторов чувство, что они становятся более богатыми. Они могут продать часть своих акций, не ощущая себя обедневшими, так как ускоряющийся рынок акций компенсирует эту продажу, все еще обеспечивая приток капитала. Например, если инвесторы привыкли к росту рынка акций на 10% в год, они ожидают, что их капитал учет этот рост от 100\$ до 110\$ через год. Если в течение следующего года, темп роста повышается до 20%, их прирост капитала будет 120\$, вместо ожидаемых 110\$. Они могут, таким образом, потратить 10\$ и у них не останется впечатления, что они проедают свой капитал. Это психологический процесс, связанный с учетом доходов и расходов на подсознательном уровне [423, 373] (см. секцию "Поведенческая экономика" в главе 4). С другой стороны, если нет ускорения цен рынка акций, прирост капитала создает лишь разовое дополнение к богатству, не изменяя будущий поток доходов. Если рынок не ускоряется, прирост капитала имеет лишь преходящий эффект на потребительские расходы. Но даже более быстро, чем экспоненциально ускоряющийся рынок неустойчив, как мы видели в предшествующих главах. Могут потребоваться годы для создания такого эффекта, когда большое повышение на рынке акций подожжет само себя, но в стратегическом периоде времени, скажем, от 5 до 10 лет, это обязательно произойдет [162].

Итак, рост ВВП и связанного с ним пузыря рынка акций может быть ассоциирован с несколькими неустойчивыми процессами в Соединенных Штатах [162]: (1) падение частных сбережений в более глубокую, чем когда-либо, отрицательную область, (2) повышение потока чистых заимствований частному сектору, (3) повышение темпов роста запасов реальных денег, (4) повышение стоимости активов со скоростью, которая далеко превышает рост прибыли (или ВВП), (5) увеличение бюджетного профицита, (6) повышение дефицита текущих счетов, (7) увеличение чистой иностранной задолженности Соединенных Штатов относительно ВВП.

Годли заключил [162], что если расходы прекратили бы подниматься относительно доходов и причиной этого были бы не налоговое послабление или резкое восстановление чистого экспорта, то стимул для дальнейшего расширения испарился и производство не росло бы достаточно быстро, чтобы предотвратить рост безработицы. Если, что кажется вероятным, частные расходы на некоторой стадии возвратились бы к нормальному соотношению с доходами, то, учитывая существующие фискальные планы, произошел бы серьезный и необычно длительный спад с большим ростом безработицы. Поскольку движущий момент экономики стал так зависеть от увеличения частных заимствований и прироста капитала, реальная экономика Соединенных Штатов обязана своим необычным расширением рынку акций. Крах в настоящее время, вероятно, имел бы намного больший эффект на производство и занятость, чем в прошлом [162].

Однако, есть один ключевой компонент, который не учитывался в этом анализе: прирост производительности. Вспомним, что производительность труда определяется, как реальная продукция, произведенная за час работы. Точно так же полный фактор производительности определяется как реальная продукция в единицу совокупности всех входных параметров. Полный фактор производительности отражает, частично, общую эффективность, с которой входные параметры преобразуются в продукцию. Это часто связывается с технологией, но также отражает и воздействие множества других факторов, подобных экономии на масштабе, любых неучтенных входных параметров, перераспределений ресурсов и так далее. Когда производительность растет, рост экономики (ВВП) может быть больше, чем рост разницы между количествами притекающими (расходы правительства и экспорт) и вытекающими (налоги и импорт), потому что большее количество продукции на единицу входного потока создает новое богатство на агрегированном уровне. Как следствие, представляется, что аргументы Годли нельзя применять напрямую.

Согласно официальной американской статистике производительности, подготовленной американским Бюро Трудовой Статистики (U.S. Bureau of Labor Statistics), среднее значение ежегодного прироста полного фактора производительности составило 2,7% между 1995 и 1999 (такая большая скорость роста подразумевает, что производительность увеличилась бы на 70% за 20 лет). Ясно, что скорость роста производительности может иметь огромный эффект на реальную продукцию и жизненный уровень. Рост производительности – это фундаментальная мера экономического здоровья и все главные измерители совокупной трудовой и полной производительности недавно показали улучшение после долгого периода вялости. Если это улучшение продолжится, сильный общий реальный рост и низкая инфляция могут продлиться, хотя краткосрочная привязка производительности к реальному доходу (и к выпущенной продукции, после очень короткого периода) – не столь сильна, так некоторые могли бы ожидать [415]. Исследование источников роста производительности предполагает, что главным источником лучшего совокупного поведения был замечательный рост сектора высоких технологий (аргумент Новой Экономики!). Недавнее изучение связи между информационной технологией и возрождением американской производительности в конце 1990-ых действительно показывает, что фактически все совокупное ускорение производительности может быть отнесено к отраслям промышленности, либо производящим информационные технологии, либо использующих их наиболее интенсивно, и, по существу, незначительным вкладом остальных отраслей промышленности, которые были мало вовлечены в революцию информационных технологий [416]. Более быстрый рост производительности в этом мощно растущем секторе напрямую добавлялся к совокупному росту, да и массивная волна инвестиций в капитал высоких технологий другими секторами была не менее важной.

Это оптимистичное представление, однако, должно быть умерено тем фактом, что рост американской производительности имеет сильную циклическую компоненту. И возвращаясь к аргументам Годли [162], недавно было показано, что многое во взлете роста производительности в конце 1990-ых – это скорее отражение укрепления совокупного спроса, а не фундаментальное улучшение в среднем или длинном периоде тренда производительности [165, 166]. Крушение Nasdaq в апреле

2000, который отражает коллапс пузыря Новой Экономики, конкретизирует факт, что много отраслей Новой Экономики были далеки от производства огромных будущих доходов, которые ожидалось от них.

Стареющие "бэбибумеры"

Суммирование мировой демографической структуры и ее финансовых активов одной отдельной статистикой, как мы делали до сих пор, ограничивает поле зрения и может пропустить важные аспекты проблемы. В частности, понимание экономических последствий демографического развития во всем мире в будущих десятилетиях, вероятно, требует, чтобы мы делали различие между разными сегментами популяции. Обычно это молодой сегмент, часть, "накапливающая активы" (типично, в диапазоне 40-65), и сегмент популяции возраста старше 65+. Эти части популяции оказывают различные воздействия при создании богатства, имеют различные уровни потребления, различный вес в обществе и у них очень разные инвестиционное поведение и потребности.

В частности, существует беспокойство, что старение "бэбибумеров", поколения, рожденного в два десятилетия после конца Второй Мировой Войны, не только ляжет огромным бременем на общество из-за пенсионных выплат, но и вызовет относительную переплавку рынка, поскольку они начнут в 2010-м десятилетии, продавать активы для финансирования своей пенсии. Чтобы оценить, какое это может иметь значение, давайте вспомним, что общественные и частные пенсионные фонды контролируют почти четверть материального богатства Соединенных Штатов, что является грубо эквивалентным жилому недвижимому имуществу всей страны. Они составляют большую часть текущих сбережений в стране, являются критическим компонентом пенсионных ресурсов домашних хозяйств и оказывают существенный эффект на подвижность и эффективность рынка труда. Все вместе они держат огромную долю всех обыкновенных акций. Схожие цифры можно наблюдать для наиболее развитых индустриальных стран Европы и Японии.

Уже ясно, что когда бэбибумеры уйдут на пенсию, система Социального обеспечения потребует решительных изменений, чтобы остаться платежеспособной. Испытает ли рынок акций подобную переплавку, когда бэбибумеры заберут свои активы из пенсионных фондов и планов [365]? Беспокойство состоит в том, что когда пенсионная система станет чистым продавцом активов, примерно, в третьем десятилетии столетия, это может вызвать снижение цен на акции.

Дж. Потерба (J. Poterba) [336] из Массачусетского технологического института приводит доводы, что такая простая логика неверна, потому что пренебрегает несколькими важными ракурсами проблемы. Во-первых, меньший спрос на финансовые активы может понизить цену, только если предложение остается относительно незадетым. Нереалистично предполагать, что предложение акций и облигаций останется фиксированным. Например, более сбалансированный бюджет позволит правительству выпускать меньшее количество облигаций. Во-вторых, и что более важно, большие демографические изменения могут иметь существенный эффект на экономические результаты и рост производительности, которые, в свою очередь, будут воздействовать на доходность активов. Как мы

указывали ранее в этой главе, величина таких косвенных эффектов может быть очень существенна и фактически вести к ускоренному росту экономики. Что может, таким образом, сокрушить любой прямой эффект, который структура населения может оказывать на доходность активов. В-третьих, возможная зависимость между доходностью активов и демографической структурой может быть ослаблена благодаря увеличивающейся интеграции мировых рынков капитала. Для открытых экономик, с существенными иностранными инвестициями, глобальная демографическая структура должна иметь значение. Наконец, эмпирические данные говорят, что активы продаются гораздо медленнее в течение пенсионных лет, чем они накапливаются в течение лет активной работы.

Если пенсия бэбибумеров не приведет к систематической переплавке, то стабильность рынков и их восприимчивость к внешним ударам может быть значительно задета. Воздействие бэбибумеров может также быть одним из компонентов в переходе в середине двадцать первого столетия, к другому режиму, который мы обсудим ниже.

Связанные работы и свидетельства

Другие авторы также указывали на суперэкспоненциальное ускорение человеческой деятельности. С.Капица [231] недавно проанализировал динамическую эволюцию человеческой популяции и совокупную, и региональную, и также зарегистрировал общее ускорение, делящееся до последнего времени, совместимое с сингулярностью степенного закона. Он ввел условный эффект насыщения, чтобы ограничить раздувание на том основании, что бесконечность невозможна. Обратите внимание, что мы, напротив, предпочитаем не добавлять каких-либо параметров, и интерпретируем приближающуюся сингулярность как свойство перехода. Используя данные Энциклопедии Кембриджа, Капица также доказал, что эпохи характеристических эволюций или изменений сжимаются как геометрический ряд. Другими словами, размеры эпохи приблизительно равноудалены в логарифме времени до настоящего, что согласуется с нашими собственными результатами [219].

При изучении важной стороны человеческой активности, связанной с научными исследованиями и разработками, А. ван Раан (A. van Raan) [436] нашел, что научное производство начиная с шестнадцатого века в Европе, ускорилось намного быстрее чем по экспоненте [436]. Более быстрый, чем экспоненциальный рост также происходит в вычислительной мощности, что измеряется развитием числа MIPS¹ на 1000\$ стоимости компьютера с 1900 до 1997 (см. Рис. 164). Таким образом, так называемый, закон Мура неверен, так как он подразумевает лишь экспоненциальный рост. Это более быстрое, чем экспоненциальное ускорение является аргументом в пользу перехода к новой эре около 2030 года, соответствующая эпохе, когда мы будем иметь технологические средства для создания сверхчеловеческого интеллект [438].

С более стандартной точки зрения макроэкономические модели также

¹ Million Instructions Per Second - миллион команд в секунду

предсказывают возможность ускоренного роста [352]. Возможно самая простая модель – это модель М.Кремера (M.Kremer) [243], который отметил, что почти всю человеческую историю технологический прогресс вел, главным образом, к увеличению населения скорее, чем к увеличению продукции, приходящейся на одного человека. Кремер развил простую модель, в которой экономическая продукция, приходящаяся на одного на человека, является равной постоянному фактору, умноженному на прожиточный минимум и, таким образом, принимается фиксированной. Совокупная продукция, как предполагается, увеличивается с технологией, знанием и рабочей силой (пропорциональной населению), например, пропорционально квадратному корню, таким образом, что умножение знания или рабочей силы на 4 ведет к умножению продукции лишь на 2. Темпы роста знания и технологии приняты пропорциональными населению. Относительно знания подразумевается, что большее население предлагает большее количество возможностей для обнаружения исключительно талантливых людей, которые будут делать важные инновации, и что новое знание получено благодаря использованию существующего знания. Результирующее уравнение для общего населения показывает темп роста, который пропорционален населению. Поскольку темп прироста населения растет как положительная степень населения, это дает сингулярность конечного времени из-за эффектов положительной обратной связи между населением/рабочей силой, технологией/знанием и продукцией. Кремер тестировал это предсказание, используя оценки населения, продленные назад на 1 миллион лет до н.э. археологами и антропологами: он показал, что темп прироста населения приблизительно линейно увеличивается с населением [243], в согласии с его предсказанием. Эта теория также предсказывает, в согласии с историческими фактами, что в исторические времена, когда регионы были разделены, технологический прогресс быстрее шел в областях с большими популяциями, что, таким образом, объясняет различия между Евразией/Африкой, Америками, Австралией и Тасманией. Наши результаты расширяют и улучшают его исследования, показывая логическую последовательность определения критического времени, не только для населения, но также и для мирового ВВП, и для главных финансовых индексов.

Мы также обобщили экономическую модель Кремера, комбинируя рабочую силу, капитал, технологии/инновации и продукцию/производство, чтобы показать, что сингулярности на конце временного интервала могут создаваться взаимодействием этих одновременно растущих переменных, даже если индивидуальные параметры не несут таких сингулярностей [219]. Это взаимодействие также объясняет наблюдение, что население и финансовые индексы имеют одно и то же приблизительное критическое время около 2050 года. Ключевой пункт этих моделей в том, что долгосрочный рост создается скорее эндогенно, чем случайным экзогенным техническим прогрессом. Таким образом, скорее, чем переживания от уменьшения доходов и зависимость от экзогенных инноваций, такой взгляд обеспечивает эндогенный механизм для долгосрочного роста, избегая как опасения уменьшения дохода на капитал, так и внутренне объясняя технологический прогресс.

Evolution of Computer Power/Cost

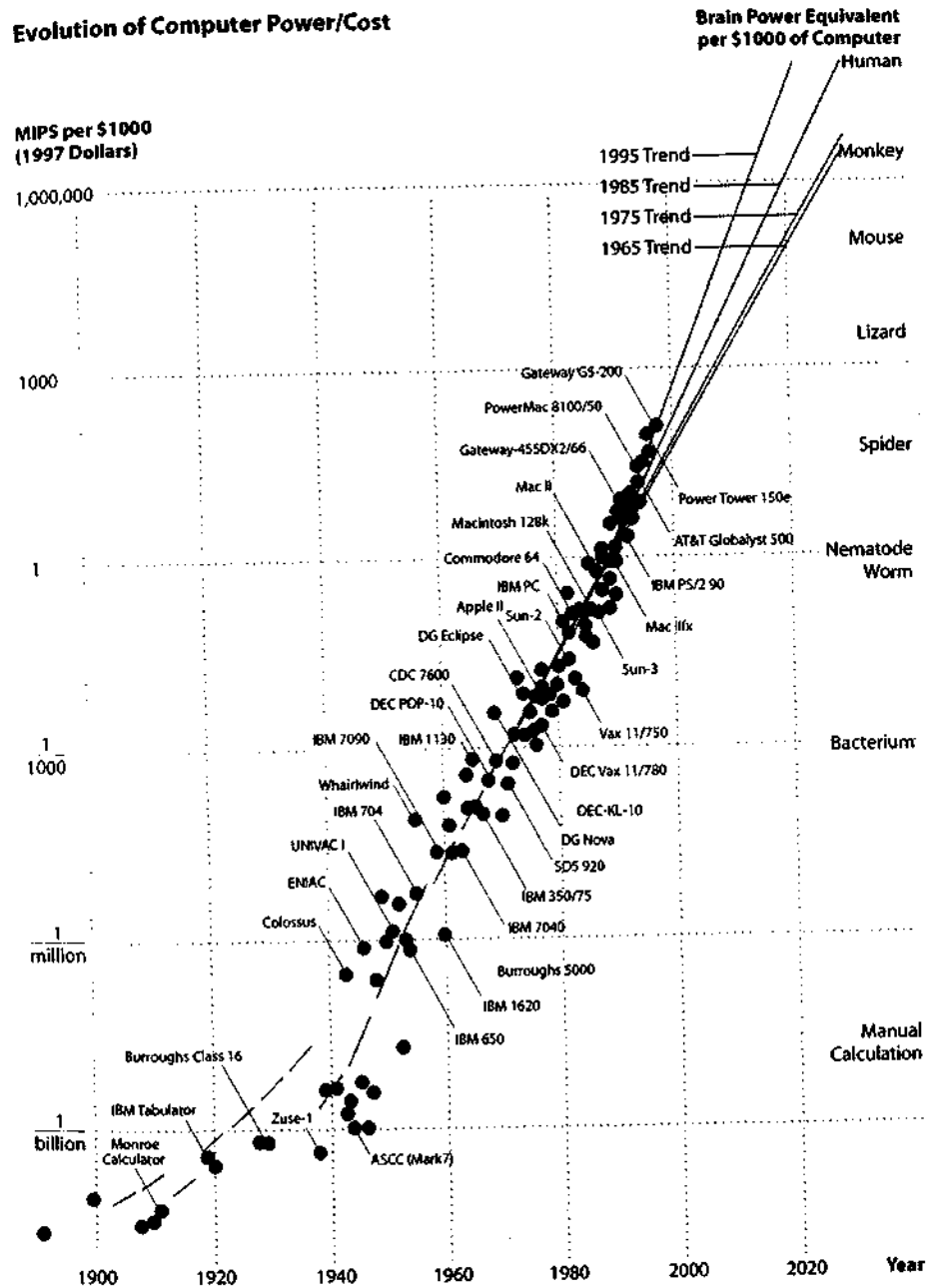


Рис. 164 Рис. 10.9. Более быстрый, чем экспоненциальный рост вычислительной мощности, иллюстрируемый эволюцией числа MIPS (миллион инструкций в секунду) на \$1000 стоимости компьютера с 1900 до 1997. Устойчивые усовершенствования механических и

электромеханических калькуляторов перед Второй Мировой Войной в тысячу раз увеличили скорость вычисления по сравнению с ручным методом с 1900 по 1940. Темп ускорился с появлением электронно-вычислительных машин во время войны, и годы с 1940 до 1980 показали увеличение в миллион раз. С тех пор, темп был даже еще быстрее. Это темп, который делает возможным подобных человеку роботов до середины двадцать первого века. Вертикальный масштаб логарифмический; основные деления представляют увеличение в тысячу раз в компьютерных показателях. Экспоненциальный рост выглядел бы как прямая линия, а восходящая кривая указывает на более быстрый, чем экспоненциальный рост, ускоряющийся темп инноваций. Суперпоказательный рост виден также в том факте, что предположительные экспоненциальные тренды, представленные как прямые линии, непрерывно увеличивались с 1965 до 1995. Уменьшенный спред данных в 1990-ых – вероятно результат усиленного соревнования: устаревающие механизмы быстро выбрасывались. Живые организмы, указанные на графике справа обеспечивают масштаб сравнения для эффективной мощности вычислений. Источник [307].

Дополнительный и очень простой подход состоит в том, чтобы включить обратную связь между населением и увеличением "несущей вместимости" Земли в пределах модели Мальтуса. Такая обратная связь возникает из-за технологического прогресса, типа использования инструментов и огня, развития сельского хозяйства, использования каменного угля и удобрений, а также перемещения в новые среды обитания и исчезновения ограничительных факторов с развитием вакцин, пестицидов, антибиотиков и так далее. Если несущая вместимость увеличивается достаточно быстро, в уравнениях получается сингулярность конечного времени. В действительности, сингулярность будет сглажена, потому что Земля – не бесконечна.

Логистическое уравнение прироста населения, с учетом положительной обратной связи с несущей вместимостью Земли: Как стандартная модель прироста населения, модель Мальтуса предполагает, что увеличение населения определяется фиксированной пропорцией r в течение данного периода времени независимо от размера населения и, таким образом, дает экспоненциальный рост. Логистическое уравнение пытается исправить результат в виде неограниченного показательного роста тем, что полагает несущую вместимость K конечной, поэтому население эволюционирует согласно

$$\frac{dp}{dt} = rp(t)[K - p(t)] \quad (30)$$

Несущая вместимость K не фиксирована и не имеет никакого простого соотношения с другими переменными, поскольку она зависит от структуры производства и потребления. Она зависит от изменяющихся взаимодействий между физической и биотической окружающей средой. Поскольку число несущей вместимости для людей однозначно занижается из-за трудностей в определении человеческих инноваций и биологических эволюций, Витусек (Vitousek) и другие [440] привели общий индекс текущей интенсивности воздействия людей на биосферу: полное чистое наземное первичное производство биосферы, в настоящее время, приспособленное для человеческого потребления – около 40%. Это создает масштаб для

человеческого присутствия на планете в перспективе [15].

Кохен (Cohen) и другие (см. [87] и ссылки там) выдвинули идеализированные модели, принимающие во внимание взаимодействие между человеческим населением $p(t)$ и соответствующей несущей вместимостью $K(t)$, предположив, что $K(t)$ увеличивается вместе с $p(t)$ из-за технологического прогресса, как объяснялось выше. Если $dK(t)/dt$ достаточно велико, чтобы быть больше, чем $dp(t)/dt$ во все времена, например, если $K \propto p^\delta$ при $\delta > 1$, то $p(t)$ взрывается к бесконечности в конечное время, создавая сингулярность. Действительно, в этом случае, фактор ограничения $-p(t)$ может быть опущен и (30) становится

$$\frac{dp}{dt} = r[p(t)]^{1+\delta} \quad (31)$$

где темп роста ускоряется со временем согласно $r[p(t)]^\delta$. Следствие ускорения по степенному закону темпов роста – это появление сингулярности конечного времени:

$$p(t) \propto (t_c - t)^\zeta, \text{ при } \zeta = -\frac{1}{\delta} \text{ и } t \text{ близко к } t_c \quad (32)$$

Уравнение (31), как считают, имеет "спонтанную" или "подвижную" сингулярность в критическое время t_c [37], критическое время t_c определяется постоянной интеграции, то есть начальным состоянием $p(t=0)$.

Недавно Ноталь (Nottale) (астрофизик), Шалин (Chaline) (палеонтолог) и Гроу (Grou) (экономист) [317, 318] независимо друг от друга применили логопериодический анализ к главным кризисам различных цивилизаций. Они, в-первых заметили, что исторические события, кажется, ускоряются. Это, фактически, предвиделось Мейером (Meyer), который использовал примитивную форму логопериодического анализа ускорения [295, 296]. Гроу [181] продемонстрировал, что экономическое развитие начиная с неолита, может быть описано в терминах различных доминирующих полюсов, которые подвергаются ускорению в модели кризис/не-кризис.

Вот количественный анализ Ноталем, Шалин и Гроу срединных дат главных периодов экономических кризисов в истории Западной цивилизации (согласно списку в [181, 52, 156]) (доминирующий полюс и дата дается в годах относительно Р.Х.): Неолит: -6500, Египет: -3000, Египет: -900, Греция: -100, Рим: +400, Византия: +800, Арабское завоевание: +1100, Южная Европа: +1400, Нидерланды: +1650, Великобритания: +1775, Великобритания: +1830, Великобритания: +1880, Великобритания: +1935, Соединенные Штаты: +1975. Логопериодическое ускорение с фактором масштаба $\lambda = 1,32 \pm 0,018$ сходится к $t_c = 2080 \pm 30$. Соглашение между данными и логопериодическим законом статистически существенно ($t_{\text{standard}} = 145$, вероятность того, что это случайность – гораздо меньше 0,01%). Поразительно, что этот независимый анализ, основанный на отличном наборе данных, дает критическое время, которое является совместимым с нашей собственной оценкой – 2050 ± 10.

Сценарии для "сингулярности"

Каковы возможные сценарии для будущего человечества в районе и после критического времени? Соответствуя вершине данного эссе, эта последняя часть главы является высоко спекулятивной по своей природе.

Коллапс

Современные мыслители предвидят наступление коллапса от таких катастроф как ядерная война, истощение ресурсов, экономический спад, экологические кризисы или социополитическая дезинтеграция (см. [419] и ссылки там).

В таких мрачных сценариях, человечество входит в серьезную рецессию, причиной которой будет медленная смерть его колыбели (Земли). В.Херн (W. Hern) [192] из Университета Колорадо в Валуе и другие ученые пошли еще дальше и сравнили человеческую особь с раком: сумма человеческих действий, рассматриваемых за прошедшие десять тысяч лет показывает все четыре главные характеристики злокачественного процесса: быстрый безудержный рост, вторжение и разрушение смежных тканей (экосистем), метастазы (колонизация и урбанизация) и дедифференциация (потеря различимости в индивидуальных компонентах также как и в общинах по всей планете).

Это беспокойство о размере человеческой популяции и ее росте разделяется многими учеными, как мы уже сказали в начале главы. Связанные с предсказанными кризисами из-за перенаселенности, возможные сценарии вовлекают в рассмотрение системное развитие терроризма и сегрегацию человечества, по крайней мере, на две группы – меньшинство богатых обществ, скрывающихся за крепостными стенами от толпы "ненмущих", бродящих снаружи этих стен. Это обсуждалось на недавнем семинаре Национальной Академии Наук Соединенных Штатов, где указывалось, что такое взаимодействие может происходить и в пределах развитых стран так же, как между ними и развивающимися странами.

В этом отношении, история сообщает нам, что цивилизации являются хрупкими, непостоянными вещами. Наша существующая цивилизация – относительно недавно рожденная, появилась следом за многими другими, которые уже умерли. Падение Римской империи является на Западе наиболее широко известным случаем краха. Хотя это лишь частный случай обычного процесса. Коллапс – это повторяющаяся особенность для человеческих сообществ. Археологические и исторические записи действительно переполнены свидетельствами доисторических, античных и досовременных социальных крахов. Эти крахи происходили достаточно внезапно и часто приносили с собой региональную заброшенность, замену одной основы пропитания другой (типа, смены агрокультуры пасторализмом) или преобразование до более низкоэнергетических социополитических организаций (типа, локального государства из межрегиональной империи).

Человеческая история в целом, по-видимому, характеризовалась непреклонным трендом к более высоким уровням сложности, специализации и

социополитического управления, к обработке больших количеств энергии и информации, формированию больших поселений и развитию более сложных и емких технологий [419]. Существует растущая область исследований, предполагающих, что сложность, вызванная высокой технологией, может уничтожить человечество. Например, майя с южной Петенской низменности доминировали над Центральной Америкой до девятого столетия. Они строили сложные системы ирригации, чтобы поддерживать своё быстро растущее население, которое было сконцентрировано в городах, увеличивающихся в размерах и мощи, украшенных храмами и дворцами, с процветающими искусствами и измененным ландшафтом, необходимым для посадки деревьев. Перенаселенность и чрезмерное упование на ирригацию были главными факторами, сделавшими майя уязвимыми: спусковым механизмом их краха, кажется, была длинная засуха, начавшаяся, приблизительно, в 840 году нашей эры (гипотеза В.Скарборо (Scarborough) археолога из Университета Цинциннати [90]). Среди множества факторов, типа войн и чумы, которые вносили свой вклад в гибель древних сообществ, кажется, двумя главными причинами являются: перенаселенность и нехватка пресной воды. Как следствие, цивилизация становилась уязвимой к бедам окружающей среды, например, длительной засухе или изменению климата [90]. Сами сообщества, кажется, вносят вклад в собственный упадок, поощряя рост своего населения до уровня, который несет семена их упадка благодаря чрезмерной эксплуатации земли (гипотеза С.Скарре (Scarre), археолога из Университета Кембриджа в Англии [90]). Точно так же, Аккадская империя в Месопотамии, Старое царство Египта, цивилизация Долины Инда в Индии и ранние общества в Палестине, Греции и Крите, все разрушились благодаря катастрофической засухе и охлаждению атмосферы между 2300 и 2200 до н.э.

Накопление палеоклиматических данных с высоким разрешением, которые обеспечивают независимые измерители времени, амплитуды и продолжительности прошлых климатических событий, показывает, что климат в течение прошедших 11000 лет был пронизан множеством климатических нестабильностей [449]. Засухи, длившиеся десятки и сотни лет и резко начинавшиеся, были беспрецедентны для опыта существовавших тогда сообществ и губительно подрывали их сельскохозяйственные фонды, потому что социальные и технологические новшества были недоступны, чтобы противостоять скорости, амплитуде и продолжительности изменения климатических условий. Эти климатические события были жесткими и подразумевали новые условия, которые были незнакомы жителям того времени и при этом такие условия сохранялись в течение десятилетий и столетий. Поэтому они были губительны и вели к социальному коллапсу, который является адаптивным ответом на непреодолимые по-другому кризисы [449].

Хочется верить, что современная цивилизация, с ее научной и технологической базой, ее энергетическими ресурсами и знанием экономики и истории, окажется способной пережить те кризисы, которые древние, и более простые общества, нашли непреодолимыми. Но насколько тверда эта вера ввиду того факта, что наша современная цивилизация достигла самого высокого уровня сложности, известного человечеству? Эта комплексность приходит с высокой

дифференциацией человеческой деятельности, сильной взаимозависимостью и уверенностью относительно достаточности ресурсов окружающей среды для того, чтобы прокормить концентрированные популяции. Эти компоненты, кажется, были корнями краха многих предыдущих цивилизаций. Таинтер (Tainter) [420] предположил, что уменьшение возможностей решения проблемы из-за её увеличивающейся сложности ограничило способность исторических сообществ решать свои задачи. Чтобы позволить современным обществам определить глобальные изменения, он предлагает поощрять и финансировать решение проблемы в контексте развивающейся сложности системы. Это предположение кажется противоположностью нашего предположения о наступающем кризисе, вызываемого ускорением прироста населения, питаемого связанным с ним экономическим ростом, которые оба основываются на разворачивающихся научных и технологических революциях. Ускорение инноваций – вот решение, которого требует Таинтер, чтобы избежать тупиков, сгубивших предыдущие цивилизации. Напротив, мы предполагаем, что это ускорение несет корни собственного краха в своем ядре.

Как можно примирить эти две точки зрения? Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны привлечь недавнее исследование по оптимизации/исправлению комплексных систем, с приложениями в эпидемиологии, аэронавтике и автомобильном проектировании, лесоводстве и изучении окружающей среды, Интернете и энергосистемах, которые несколько парадоксально предполагают развитие у сложных систем замечательной устойчивости, также как и хрупкости [71, 394]. Действительно, существует тенденция у связанных систем к обретению устойчивости против неопределенности в одной области, путем повышения чувствительности в других областях. Система может достичь устойчивости против общей неопределенности и при этом быть сверхчувствительной к недостаткам проектирования или редким событиям. Например, организмы и экосистемы показывают замечательную устойчивость к большим изменениям температуры, влажности, питательных веществ и к хищникам, но могут быть катастрофически чувствительны к крошечным пертурбациям разного вида, типа генетической мутации, экзотической особи или нового вируса.

В качестве иллюстрации, рассмотрим лес, в котором спонтанное возгорание (искра или молния) преимущественно происходит в некоторой части леса; другими словами, пространственное распределение искр – не гомогенно. Проблема управления состоит в том, чтобы придумать оптимальную конфигурацию пожарных стен-заслонов, которые обеспечат самую высокую возможную продуктивность леса, принимая во внимание стоимость построения и содержания пожарных заслонов в хорошем рабочем состоянии. Данной геометрической структуре пожарных заслонов соответствует определенный размер и определенное пространственное распределение защищенных областей или групп деревьев. Когда искры попадают на дерево в пределах группы, весь кластер деревьев, ограниченный пожарным заслоном, как предполагается, выгорает полностью. Другими словами, предполагается, что пожары останавливаются только пожарными заслонами.

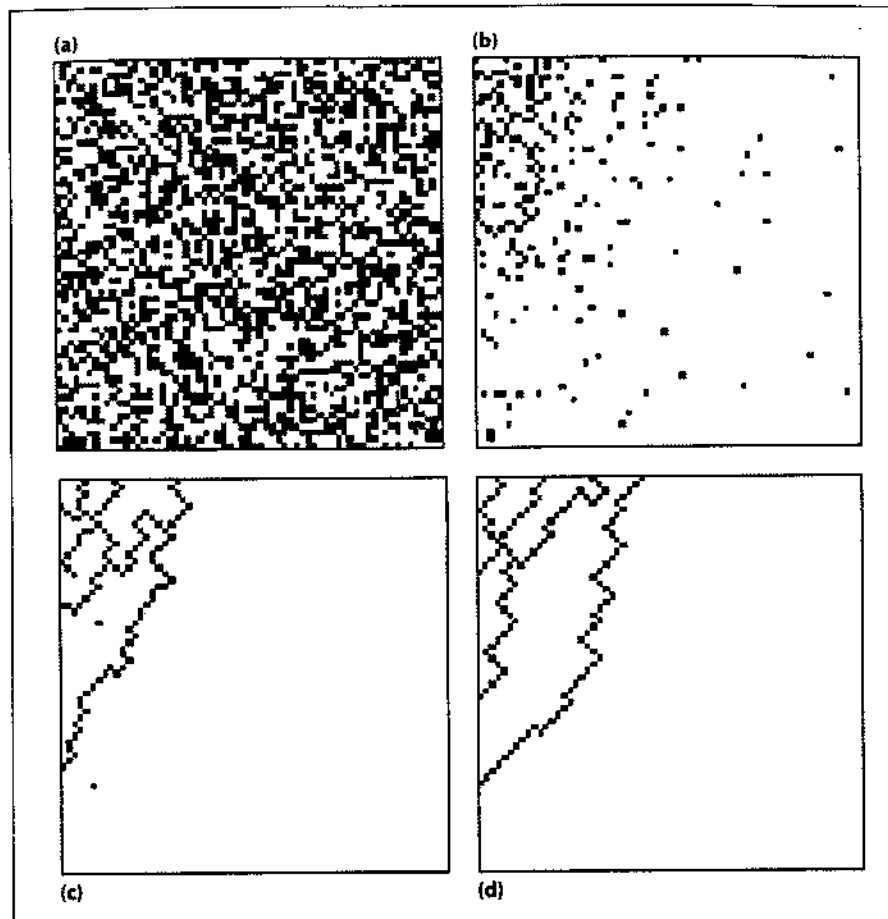


Рис. 165. Незанятые деревьями участки – черные, занятые – белые в системе $N=64$ на $N=64$ участков. Цель состоит в том, чтобы оптимизировать продуктивность этой модели леса, то есть оптимизировать число деревьев минус потери из-за пожаров. Предполагается, что искры более вероятны в левом верхнем углу. Оптимальные конфигурации деревьев четырех различных стратегий управления лесом сравниваются на различных панелях. На панели (а), деревья растут случайным образом на предварительно пустых участках. Оптимальная конфигурация деревьев соответствует, так называемой, перколяции (прореживанию) критической плотности. Это стратегия невмешательства. На панелях (b) - (d) оптимизация выполнялась путем вычисления каждого варианта выбора для дополнительного дерева, что давало результирующую среднюю доходность и, таким образом, взвешивало возможное будущее воздействие случайных искр. Увеличивающаяся степень сложности определялась от панели (b) к панели (d) в соответствии с "конструктивным параметром" D . D измеряет число конфигураций деревьев, которые рассматриваются после добавления нового дерева при вычислении оптимальной стратегии посадки деревьев. Панель (b) соответствует $D=2$, то есть исследуются только две позиции дерева и выбирается лучшая. Панель (c) соответствует $D=N=64$, а панель (d) соответствует $D=N^2=4096$, то есть изучаются все возможные позиции для

дополнительного дерева относительно их последствий при пожарной опасности. Это напоминает игру в шахматы, в которых D является числом комбинаций, которые игрок исследует. Обратите внимание, что по мере роста сложности D процесса оптимизации, оптимальный лес становится все более и более плотным, всего лишь с несколькими пустыми участками, которые организованы так, чтобы сформировать эффективный пожарный заслон. Эти пожарные заслоны были оптимизированы с тем расчетом, чтобы разъединить лес на оптимальный набор лесных кластеров, учитывая известное распределение опасных искр. Обратите внимание, что если бы искры внезапно стали бы более многочисленными в правом нижнем углу квадрата, то оптимальное решение (d) поведет себя катастрофически, иллюстрируя хрупкий характер этой оптимизации. Источник [72].

Мы можем, таким образом, повторно сформулировать оптимальное управление для леса так, чтобы строились те пожарные заслоны, которые максимизируют продуктивность после пожаров, то есть которые минимизируют среднее разрушительное воздействие пожаров, учитывая стоимость построения и содержания заслонов в хорошем рабочем состоянии.

При наличии гетерогенной пространственной плотности вероятности искр p , ясно, что плотность r пожарных заслонов пространственно не должна быть однородна: большее количество заслонов необходимо в чувствительных зонах, где искры более многочисленны. Плотность r заслонов не будет, таким образом, постоянна в оптимизационном процессе, но будет приспосабливаться к предопределенному распределению искр p . Это пространственное распределение искр p определяет вероятность p_i того, что искра зажжет пожар в данной области или кластере i , ограниченном пожарной стеной: p_i является суммой p в кластере. При неоднородном распределении искр, можно показать [71,394], что оптимизация продуктивности, то есть минимизация среднего размера пожара, с учетом стоимости пожарной стены, ведет к степенному распределению областей, разграниченных заслонами. Процесс оптимизации обеспечивает устойчивые результаты, несмотря на неопределенность, количественно определяемую вероятностями p_i . В примере для лесного пожара, оптимальное пространственное распределение заслонов является результатом взаимодействия между нашим априорным знанием неопределенности в распределении искр и убытков, вызванных пожарами. Решения устойчивы относительно существования неопределенности, то есть к тому факту, что мы детерминировано не знаем куда искры собираются упасть; мы знаем только их распределение вероятности.

Однако, оптимальная пространственная геометрия пожарных заслонов очень хрупка относительно ошибки в определении количества вероятностей p_i , то есть относительно моделирования ошибки, если использовать терминологию главы 9. Опасна не неопределенность, но ошибки в определении количества этой неопределенности: различные наборы p_i ведут к очень различному пространственному распределению пожарных заслонов. Таким образом, оптимизированная система заслонов будет хрупка, то есть плохо приспособлена даже к скромному, но долгосрочному пространственному перераспределению воспламеняющих искр [71, 394].

Следуя этой концепции, мы можем перефразировать проблему и говорить, что устойчивость нашего современного общества происходит из его адаптации к модели роста, полагающегося на последовательность технологических революций и

их приложений. Однако, наше общество может быть хрупким относительно глобального изменения, которое может потребовать другого динамического режима. Концепция критической сингулярности предполагает вдобавок, что эта хрупкость или восприимчивость к глобальным изменениям будет повышаться по мере оптимизации общества и увеличения его сложности. Следуя Таинтеру [420], мы, вероятно, должны разрабатывать решения для качественно отличных режимов. Эти решения не могут появляться спонтанно из ускоренного инновационного процесса и следующего из него роста, которые питаются сами собой, без исследования других динамических режимов.

Например, бедствие, которое особенно часто прогнозируют, заключается в будущем изменении климата, вовлекающем природные и антропогенные силы, из которых последние будут доминировать все больше и больше. Текущие оценки показывают, что мы можем их ожидать большими и быстрыми. Повысится глобальная температура, что вызовет изменение атмосферной циркуляции, ведущей к такому перераспределению осадков, которое трудно предсказать. Эти перемены затронут мировое население, которое, как ожидают, увеличится от, приблизительно, 6 миллиардов человек сегодня до, приблизительно, 10 миллиардов к 2050 году. Несмотря на технологические перемены, большинство населения продолжит самостоятельно заботиться о пропитании или будет земледельцами маленького масштаба, которые являются столь же уязвимыми к климатическим колебаниям, как и поздние доисторические/ранние исторические сообщества. Кроме того, во все более и более переполненном мире, поиск новой среды обитания в качестве адаптивного ответа будет невозможным. Мы, однако, имеем замечательное преимущество перед обществами из прошлого потому, что мы можем, некоторым образом, прогнозировать будущее. Мы должны использовать эту информацию, чтобы разрабатывать стратегии, минимизирующие воздействие изменения климата на общества, находящиеся в группе самого большого риска. Это потребует существенного международного сотрудничества, без которого двадцать первое столетие, вероятно, явится свидетелем беспрецедентных социальных разрушений [449].

Переход к устойчивости

Более оптимистическая перспектива состоит в том, что "экологические" действия будут увеличиваться в будущих десятилетиях, сглаживая переход к экологически интегрированной промышленности и человечеству. Существуют некоторые признаки того, что мы находимся на этом пути: в течение 1990-ых использование силы ветра росло с темпами 26% в год, а солнечного фотоэлектричества – 17% в год, по сравнению с ростом использования угля и нефти в 2%; правительства ратифицировали более 170 международных соглашений по окружающей среде, затрагивающие все вопросы, от лова рыбы до наступления пустынь.

Однако, существует и серьезное сопротивление, в особенности потому, что нет консенсуса по поводу серьезности ситуации, как это описано в подглаве "Оптимистическая точка зрения социальных ученых". Проблема не в том, что этот оптимистический взгляд является неправильным. С экономической точки зрения

такой оптимистический взгляд более правдоподобен. Проблема, поднимаемая анализом, представленным в [219] и др., заключается в том, что приближение к сингулярности конечного времени может быть удивительно быстрым, в течение нескольких десятилетий, предшествующих ей. В результате, линейные экстраполяции будут вводить в сильное заблуждение с катастрофическими последствиями. Наш анализ показывает, что "оптимистическая точка зрения" эндогенно содержит свою собственную смерть в форме предсказанной сингулярности, созданной как раз тем ускорением, которое питает оптимистическую точку зрения.

Переход к устойчивости состоит в эволюции от режима роста к сбалансированному симбиозу с природой и с ресурсами Земли. Это потребует перехода к обществу, основанному на знаниях и в котором знание, интеллектуальные, артистические и гуманистические ценности замещают поиски материального богатства. На самом деле, основное экономическое различие заключается в том, что знание, "не конкурирует" [350]: использование идеи или части знания в одном месте не препятствует её использованию в другом месте. Напротив, скажем, предмет одежды, используемый индивидуумом, делает невозможным ее одновременное использование кем-то еще. Только сделав акцент на неконкурирующих товарах, можно, в конечном счете, ограничить грабеж планеты. Стимулы, которые необходимы людям для работы и для того, чтобы находить смысл их жизни, должны быть найдены вне материального богатства и мощи. Некоторые, так называемые "примитивные" общества, кажется, способны эволюционировать в такое состояние.

Множество исследователей и экологических групп проповедуют переход от наших существующих энергетических систем, с доминирующим использованием нефти, газа и угля, которые являются неустойчивыми, к более прямому использованию солнечной энергии в форме излучения, ветра, океанских приливов и производства биомассы (см., например, [148,149,151] и ссылки там). Устойчивое производство продовольствия и биомассы зависит от ряда критических компонентов, которые включают в себя качество почвы, качество воды и ее адекватное количество, климат, качество воздуха, технологии сельского хозяйства, технологии удобрений, биотехнологии и биологическую вариативность. Новые достижения в биотехнологии растений должны быть использованы для выгоды увеличивающегося населения развивающихся стран, поскольку достижения в производстве продовольствия, обеспеченные "зеленой" революцией, достигли своего потолка, в то время как мировое население продолжает увеличиваться [91].

Существует также глобальная проблема эрозии почвы, поскольку почти 1% всемирного запаса высококачественной почвы теряется ежегодно [151] (при такой скорости, половина почвы будет потеряна меньше, чем за 70 лет). Эрозию почвы можно предотвратить интеллектуальным использованием воды и растительности. Качество почвы – это также критическая проблема: почва – очень сложный материал, сформированный воздействием атмосферы, гидросферы и биосферы на каменные материалы, что называется общим термином "погодные условия". Чтобы преобразовать в почву ее родительскую скалу, из которой она произошла, потребуется много десятилетий и тысячелетий. Существует потребность во

всеобщей химии почвы с развитием нового сельского хозяйства, основанного на разнообразии и интеграции методов для различных типов полей. Вода и почва тесно связаны. Управление водными запасами требует интеграции знаний из почти всех наук и инжиниринга, главными из которых являются методы устойчивой социологии и экономики [148,149,151].

Извлечение руд и очистка полезных ископаемых производят огромные количества ядовитых элементов и загрязнений, таких как мышьяк, галогены (фтор, хлор и бромиды), ртуть, свинец, сера и кремний. Мы нуждаемся в новых инженерных технологиях, чтобы выбирать необходимые материалы с минимальным уроном для окружающей среды. Поскольку 75% населения индустриальных стран живут в городах, существует обширная проблема управления отходами, включая технологии, ведущие к массовому воздушному и водному загрязнению. Мы нуждаемся в качественном управлении источниками сырья и технологиями рециркуляции. Чтобы создать действительно устойчивые системы, все люди должны быть образованы и должны понимать систему поддержания нашей жизни [150].

Наконец, и не меньше всего, мы нуждаемся в воле, чтобы действовать, а не заниматься очковирательством [264]. Триумф экономического роста не оставил времени, чтобы не беспокоиться об окружающей среде. Для главных транснациональных корпораций в отраслях сырья, энергии, химикалий и агропромышленности нет достаточных рыночных рычагов, чтобы конкретно работать в направлении устойчивости [145] до тех пор, пока услуги, действительно предлагаемые окружающей средой, не оцениваются адекватно и не вставляются в бухгалтерский баланс.

Экосистемы -- это основной капитал: при должном управлении, они обеспечивают поток жизненных товаров и услуг [99]. Ценность природы включает в себя производство товаров (типа даров моря и древесины), процессы поддержания жизни (типа опыления, воздушной и водной очистки, стабилизации климата, уменьшение наводнений и засух, контроля над вредителями, производства плодородных почв) и условий жизни (типа отдыха, красоты и чистоты неба). Кроме этого, экосистемы имеют ценность в терминах сохранения возможностей (типа консервации генетического разнообразия для будущего использования). Если взять другой пример, то экономическая стоимость части тропического леса Амазонки не ограничивается его финансовой стоимостью как склада будущих фармацевтических препаратов или как места для экологического туризма. Эта "используемая" стоимость может быть лишь маленькой частью должным образом определенной экономической оценки. За десятилетия, экономисты осознали важность "неиспользуемой" стоимости удобств окружающей среды, типа заповедных областей или исчезающих особей. Но публичный характер этих товаров делает особенно трудным количественное определение их стоимостей опытным путем, поскольку не существует рыночных цен [145]. Действительно, экосистемы, относительно других форм капитала, плохо поняты, едва проверены и (во многих случаях) подвергаются быстрой деградации и истощению.

Приводились доводы, что процесс экономической оценки может улучшать управление [99]. Индивидуумы и сообщества уже неявно оценивают стоимость

природы в коллективном принятии решения, слишком часто рассматривая услуги экосистемы как "бесплатные". До недавнего времени, это было, в общем, безопасно делать: собственно говоря, капитал экосистемы был избыточен и воздействия экономической деятельности были минимальны. Капитал экосистемы становится все более недостаточным, и теперь важно понимать и как оценивать экосистемы, и ограничения таких оценок [145]. Констанца (R. Costanza) из Университета штата Мэриленд и двенадцать соавторов предприняли одну из наиболее спорных, недавних попыток объединить экономику и экологию, чтобы получить полную монетарную стоимость всемирных "экологических услуг и природного капитала" [94]: они получили число в 33 триллиона долларов в год, которое превышает сумму всемирных валовых национальных продуктов. Констанца и др. описали \$33 триллиона в год как "минимальную оценку" для "текущей экономической стоимости" 17-ти экосистемных услуг (от атмосферного газового регулирования до "культурная стоимость") суммирующих более, чем 16 типов экосистем (от открытого океана до городских центров). Эта работа подняла большую волну критики, от "серьезной недооценки бесконечности" от Томана (M. Toman) из Resources for the Future, до "неприменимости, поскольку неоклассическая экономика измеряет стоимость в контексте определенного обмена". В представлении неоклассической экономики бессмысленно спрашивать какова стоимость услуг всемирной экосистемы. Связанное с этим требование заключается в том, что можно оценить только маленькое (или "маржинальное") изменение текущих условий. Однако, по нашему мнению является важным то, что этот порядок исследования корректирует результат лишь на 1% ВВП или даже меньше для стоимости экосистемы, которую многие могли бы предположить. В общем, лучше иметь это число, чем не иметь никакого, поскольку это может способствовать дальнейшей интеграции устойчивости окружающей среды в индустриальный и экономический подходы.

Возобновление ускоряющегося роста при переходе фундаментальных барьеров

Новый режим, подразумеваемый сингулярностью конечного времени может возобновить гонку за рост, даже с более сильным ускорением, увеличенным за счет новых открытий, которые позволят человечеству полностью эксплуатировать обширные ресурсы океанов (пока, в основном, неиспользуемые) или даже ресурсы других планет, особенно, находящихся вне нашей солнечной системы. Условия для этого весьма подходящие. Для достижения планет требуются новые способы намного более быстрого передвижения, а также революции в нашем контроле над неблагоприятными биологическими эффектами космоса на людей с его нулевой гравитацией и высокой радиацией. Новые лекарства и генная инженерия могут подготовить людей к трудностям космоса, ведя к новой эре улучшенного ускоренного роста после периода консолидации, которая достигнет высшей точки в новой сингулярности конечного времени, вероятно, через столетия в будущем.

Темпы роста компьютерной мощи (см. Рис. 164), сопровождаемого совсем недавним появлением крупномасштабного использования Интернета, делает более вероятным развитие человеческих взаимодействий с компьютерами и сетями, чем с любыми другими машинами. Винге (V Vinge) [438] заслуженный профессор

кафедры математических наук в Государственном университете Сан-Диего и автор книг научной фантастики, предполагает, что ускорение технологического прогресса послужит причиной создания объектов с большим, чем у человека интеллектом, еще до 2030 года. Он исследовал несколько путей, которыми наука может достичь этого крупного достижения:

- Могут быть разработаны компьютеры, которые будут "бодрствующими" и сверхчеловечески интеллектуальными. (До настоящего времени, было много споров относительно того, можем ли мы создать машинный человеческий эквивалент. Но если ответ – "да, мы можем", то тогда можно не сомневаться, что вскоре могут быть созданы более интеллектуальные существа.)
- Большие компьютерные сети (и связанные с ними пользователи) могут "проснуться", как сверхчеловеческие интеллектуальные создание.
- Компьютерно-человеческие интерфейсы могут стать настолько близкими, что пользователи могут резонно рассматриваться как интеллектуальные сверхчеловеки.
- Биологическая наука может обеспечить средства, способные улучшить естественный человеческий интеллект.

Винге использовал слово "сингулярность" весьма адекватно настоящему контексту, чтобы описать точку, где наши старые модели должны быть отвергнуты и в результате этого перехода к сверхчеловеческому интеллекту будет править новая реальность. Если направлять прогресс будет сверхчеловеческий интеллект, то этот прогресс будет гораздо более быстрым и, вероятно, повлечет создание еще более интеллектуальных объектов в еще более коротком масштабе времени. В эволюционном прошлом, животные приспосабливались к проблемам и делали изобретения, а мир действовал как свой стимулятор в случае естественного отбора на временной шкале в масштабах миллионов лет. Сверхчеловеческий интеллект может привести к решительному ускорению естественной эволюции, выполняя моделирование с намного более высокими скоростями. Развитие, которое как думали прежде, было возможным в "миллион лет" (если вообще когда-либо) может произойти в этом или в следующем столетии [438]. Это ускоренная эволюция может иметь тревожные последствия. Сверхчеловечески интеллектуальные машины могут перестать быть "инструментами" человечества, как люди не являются инструментами для кроликов или птичек или шимпанзе. Будут ли они обращаться с нами более лобезно чем, мы обращаемся с животными?

Существует несколько аргументов, противостоящих возможностям человеческого интеллекта и сознания, не говоря уже о сверхчеловеческом. Пенроуз (Penrose), профессор физики и математики в Университете Оксфорда, развивает аргумент, основанный на теореме неполноты Гёделя, говоря, что механизм сознания вовлекает квантовые гравитационные явления, действующие через микротрубки в нейронах [331]. Сирл (Searle), профессор философии в Беркли, считает, что синтаксическая манипуляция формальными символами в компьютерах, сама по

себе не составляет семантику [367]. Компьютеры – это бессмысленные манипуляторы символами и они не понимают того, что "говорят". Надо отметить, что биологический натурализм Сирла не означает, что мозг и только мозг может являться причиной сознания. Сирл осторожно указывает, что в то время как кажется, будто некоторые мозговые функции достаточны для создания сознательных состояний, наш текущий уровень нейробиологических знаний предотвращает нас от заключения, что они являются необходимыми для возникновения сознания.

Существует также возможность, что вычислительная компетентность отдельных нейронов может быть гораздо выше, чем предполагается сейчас. Если так, то наши существующие компьютерные аппаратные средства ЭВМ могут быть на целых десять порядков слабее мощности "оборудования", которое мы носим в наших головах. Если это правда (или в данном смысле, если критические аргументы Пенроуза или Сирла имеют силу), мы никогда не сможем увидеть сингулярность [438]. Но если технологическая сингулярность может произойти, она произойдет. Винге утверждает, что мы не можем предотвратить сингулярность, и что ее появление является неизбежным следствием природной конкуренции людей и возможностей, свойственных технологии.

В этом сценарии, центральной особенностью сильных сверхчеловеческих объектов будет, вероятно, их способность общаться в различных диапазонах, включающие в себя каналы более высокие, чем речь или письменные сообщения. Что происходит, когда части это могут быть скопированы и объединены, когда размер самосознания может расти или сжиматься, чтобы приспособиться к природе решаемой проблемы? [438] Вот, вероятно, существенные способности сильного сверхчеловечества, со временем, ускоренным так сильно, что оно становится бесконечным и со способностью поистине знать друг друга и понимать самые глубокие тайны.

Увеличение склонности к эмуляции рыночного подхода

Распространение нашего анализа финансовых рынков на общую демографическую, экологическую и экономическую структуру было необходимым шагом потому, что в долгосрочном масштабе времени, их будущее и, в частности, наступление финансовых крахов не может быть отделено от множества других компонентов того мира, в котором они "живут".

Мы хотели бы заключить это эссе указанием на то, что экономика в целом, взаимно и поступательно подражает поведению рынков акций. В своем выступлении по монетарной политике в феврале 2001 года, Алан Гринспен, председатель Федеральной резервной системы США, высказал аргумент: "Те же самые силы, которые усилили рост в структурной производительности, по-видимому, также ускоряют темп циклического регулирования". Другими словами, недавний рывок в производстве – это только вопрос шустрых фирм, отражающих ускорение, связанное с информационной технологией и быстрое перемещение, чтобы избавиться от избыточных материальных запасов [250]. Такая более быстрая подстройка содержит предостережение: инвестиционные решения фирм начинают подражать переменчивому поведению финансовых инвесторов. Гринспен

суммировал это следующим образом: " Ускорение корректировки появляющихся несоответствий в целом выгодно... Но более быстрый процесс подстройки поднимает некоторые флаги предупреждения ..., флаги, кажется, находятся на более близком расстоянии друг с другом, чем это было в прошлых десятилетиях. "

Это подразумевает, что растущая часть экономики может начать действовать подобно финансовому рынку, со всеми вытекающими возможностями, подобными потенциалу для пузырей и паники. Действительно, Крутман (Krugman) утверждал, что находясь далеко от создания более устойчивой экономики, быстрые ответные реакции сегодняшних корпораций делают их инвестиции в оборудование и программное обеспечение уязвимым к самонаполняемому пессимизму, который обычно был характерен только для инвестиций в бумажные активы, подобные акциям [250]. Типичное поведение состоит в том, что компании резко перекраивают свои инвестиционные планы, не потому, что они уже испорчены, а потому что развивающийся климат опасений убедил менеджеров, что было бы "благоразумно быть благоразумным". И так как инвестиции одной компании – это продажи другой компании, такое сокращение может приводить к тем самым резким спадам, каких менеджеры и опасались [250]. Мы утверждаем, что, аналогично, оптимистические взгляды на будущее могут постепенно трансформироваться в самонаполняемые пузыри, которые определяют стратегии корпораций, их инвестиционные и кадровые цели. Если пузыри раздуваются слишком сильно или слишком долго, они могут коллапсировать в "крахи".

Таким образом, являясь далеко не событиями прошлого, спекулятивное и самозаполняющееся поведения пузыря и антипузыря, возможно, соблазняют занять всё большую и большую часть экономической и человеческой деятельности. Явления и лежащие в их основе механизмы, обсуждаемые в этой книге, могут, таким образом, относиться ко всё большей и большей части человеческой деятельности. Понимайте их происхождение и будьте готовы к их малозаметным, но существенным предвестникам!



Ссылки и библиография

1. Adam, M. C. and Szafarz, A. (1982). Speculative bubbles and financial markets, *Oxford Economic Papers* 44, 626-640.
2. Agent-Based Computational Economics, <http://www.econ.iastate.edu/ustats/face.htm>.
3. Allen, R. and Gale, D. (1999). Bubbles, crises, and policy, *Oxford Review of Economic Policy* 15 (3), 9-18.
4. Allen, F. and Gale, D. (2000). Bubbles and crises, *Economic Journal* 110 (460), 236-255.
5. Ales, R. A. (1976). Sonar for generalized target description and its similarity to animal echolocation systems, *Journal of the Acoustic Society of America* 59, 97-105.
6. Andersen, J. V., Gluzman, S., and Sornette, D. (2000). Fundamental framework for technical analysis, *European Physical Journal B* 14, 579-601.
7. Anderson, P. W. (1972). More is different, *Science* 177, 393-396.
8. Anderson, P. W., Arrow, K. J., and Pines, D., Editors (1988). *The economy as an evolving complex system* (Addison-Wesley, New York).
9. Andrade, R. R. S. (1999). Thermodynamical behavior of aperiodic Ising models on hierarchical lattices, *Physical Review E* 59, 150-157.
10. Andreassen, P. B. and Kraus, S. J. (1990). Judgmental extrapolation and the salience of change, *Journal of Forecasting* 9, 347-372.
11. Ang, J. S. (1978). A note on the leverage effect on portfolio performance measures, *Journal of Financial & Quantitative Analysis* 13, 567-571.
12. Arifani, J.-C., Le Floch, C., and Sornette, D. (1999). Prediction de la rupture de reservoirs composites de haute pression a l'aide de l'emission acoustique, *Contrôle Industriel* 220, 43-45.
13. Arifani, J.-C., Le Floch, C., Sornette, D., and Souillard, B. (1995). Universal log periodic correction to renormalization group scaling for rupture stress prediction from acoustic emissions, *Journal of Physics I France* 5, 631-638.
14. Amodeo, A., Bacy, E., Graves, P. V., and Muzy, J.-F. (1995). Characterizing long-range correlations in DNA sequences from wavelet analysis, *Physical Review Lett.* 74, 3233-3236.
15. Arrow, K., Boin, B., Costanza, R., Dasgupta, P., Folke, C., Holling, C. S., Jansson, B.-O., Levin, S., Meler, K.-G., Perings, C., and Pimentel, D. (1995). Economic growth, carrying capacity and the environment, *Science* 268, 520-521.
16. Arrow, K. J. and Debreu, G. (1954). Existence of an equilibrium for a competitive economy, *Econometrica* 22, 265-290.
17. Arthur, B. W. (1994). Inductive reasoning and bounded rationality (The El Farol Problem), *American Economic Review (Papers and Proceedings)* 84.
18. Arthur, W., Lane, D., and Durlauf, S., Editors (1997). *The economy as an evolving complex system II* (Addison-Wesley, Redwood City).
19. Arthur, W. B. (1987). Self-reinforcing mechanisms in economics, *Center for Economic Policy Research* 111, 1-20.
20. Arthur, W. B., Ermoliev, Y. M., and Kaniovsky, Y. M. (1984). Strong laws for a class of path-dependent stochastic processes with applications, in *Proceedings of the International Conference on Stochastic Optimization*, A. Shiyayev and R. Wets, editors (Springer-Verlag, New York), pp. 287-300.
21. Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., Palmer, R., and Taylor, P. (1997). Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market, in *The Economy as an Evolving Complex System II*, W. Arthur, D. Lane, and S. Durlauf, editors (Addison-Wesley, Redwood City).
22. Asimov, I. (1982). *The Foundation Trilogy: Three Classics of Science Fiction* (Doubleday, Garden City, New York).
23. Asimov, I. (1983). *Foundation* (Ballantine Books, New York).
24. Assoe, K. G. (1996). Regime-switching in emerging stock market returns, *Multinational Finance Journal* 2, 101-132.
25. Bachelier, L. *Théorie de la spéculation, 1900*, *Annales de l'Ecole Normale Supérieure* (translated in the book *Random Character of Stock Market Prices*); *Théorie des probabilités continues, 1906*, *Journal des Mathématiques Pures et Appliquées*; *Les Probabilités cinématiques et dynamiques, 1913*, *Annales de l'Ecole Normale Supérieure*.
26. Bak, P. (1996). *How Nature Works: The Science of Self-Organized Criticality* (Copernicus, New York).
27. Bak, P., Norrelykke, S. R., and Shubik, M. (1999). Dynamics of money, *Physical Review E* 60, 2528-2532.
28. Barlevy, G. and Veronesi, P. (2000). Rational panics and stock market crashes, Working paper, <http://gsb.uchicago.edu/>.
29. Barnsley, M. (1988). *Fractals Everywhere* (Academic Press, Boston).
30. Baro, R. J., Fama, E. F., Fiechel, D. R., Meltzer, A. H., Roll, R., and Telsor, L. G. (1989). *Black Monday and the Future of Financial Markets*, R. W. Kamphuis, Jr., R. C. Kormendik, and J. W. H. Watson, editors (Mid American Institute for Public Policy Research, Inc. and Dow Jones-

- Inwin, Inc. Toronto, Canada).
31. Barton, C. C. and La Pointe, P. R. (1995). *Fractals in the Earth Sciences* (Plenum Press, New York, London).
 32. Basle Committee on Banking Supervision (1997). *Core Principles for Effective Banking Supervision*, Basle, September 1997. The Basle Committee on Banking Supervision is a Committee of banking supervisory authorities which was established by the central bank Governors of the Group of Ten countries in 1975. It consists of senior representatives of bank supervisory authorities and central banks from Belgium, Canada, France, Germany, Italy, Japan, Luxembourg, Netherlands, Sweden, Switzerland, United Kingdom and the United States. It usually meets at the Bank for International Settlements in Basle, where its permanent Secretariat is located.
 33. Balagel, V and Muvar, A. (2000). Some analyses of Erdos collaboration graph, *Social Networks* 22, 173-186.
 34. Bates, D. S. (1991). The crash of '87: Was it expected? The evidence from options markets, *Journal of Finance* 46, 1009-1044.
 35. Batten, D. S. (1981). Foreign exchange markets: The dollar in 1980, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review* 63, 22-30.
 36. Bauer, R. J. and Dahlquist, J. R. (1999). *Technical Market Indicators, Analysis and Performance* (Wiley, New York).
 37. Bender, C. and Orszag, S. A. (1978). *Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers* (McGraw-Hill, New York), p. 147.
 38. Benford, E. (1938). The law of anomalous numbers, *Proceedings of the American Philosophical Society* 78, 551-572.
 39. Bikhchandani, S., Hirshleifer, D., and Welch, I. (1992). A theory of fads, fashion, custom, and cultural change as informational cascades, *Journal of Political Economy* 100, 982-1026.
 40. Black, F. (1986). Noise, *Journal of Finance* 41, 529-543.
 41. Black, E. and Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy* 81, 637-659.
 42. Blackmore, S. (2000). *The Meme Machine* (Oxford University Press, Oxford, U.K.).
 43. Blanchard, O. J. (1979). Speculative bubbles, crashes and rational expectations, *Economics Letters* 3, 387-389.
 44. Blanchard, O. and Fischer, S. (1989). *Lectures on Macroeconomics* (MIT Press, Cambridge, MA).
 45. Blanchard, O. J. and Watson, M. W. (1982). Bubbles, rational expectations and speculative markets, in *Crisis in Economic and Financial Structure: Bubbles, Bursts, and Shocks*, P. Wachtel, editor (Lexington Books, Lexington, MA).
 46. Bollerslev, T., Chou, R. Y., and Kroner, K. R. (1992). ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence, *Journal of Econometrics* 51, 5-59.
 47. Bonanno, G. and Zeeman, E. C. (1988). Divergence of choices despite similarity of characteristics: An application of catastrophe theory, *European Journal of Operational Research* 36, 379-392.
 48. Boissevain, J. and Mitchell, J., Editors (1973). *Network Analysis: Studies in Human Interaction* (Mouton, The Hague).
 49. Bouchaud, J.-P. and Cont, R. (1998). A Langevin approach to stock market fluctuations and crashes, *European Physics Journal B* 6, 543-550.
 50. Bouchaud, J.-P. and Potters, M. (2000). *Theory of Financial Risks: From Statistical Physics to Risk Management* (Cambridge [England], New York, Cambridge University Press).
 51. Bouchkova, M. K. and Megginson, W. L. (2000). Privatization and the rise of global capital markets, *Financial Management* 29 (4), 31-75.
 52. Braudel, R. (1979). *Civilisation matérielle, économie et capitalisme* (A. Colin, Paris, France).
 53. Brock, W., Lakonishok, J., and LeBaron, B. (1992). Simple technical trading rules and the stochastic properties of stock returns, *Journal of Finance* 47, 1731-1764.
 54. Brock, W. A. (1993). Pathways to randomness in the economy: Emergent nonlinearity and chaos in economics and finance, *Estudios Economicos* 8, 3-55.
 55. Brock, W. A. and Hommes, C. H. (1997). A rational route to randomness, *Econometrica* 65, 1059-1095.
 56. Brock, W. A. and Hommes, C. H. (1998). Heterogeneous beliefs and routes to chaos in a simple asset pricing model, *Journal of Economic Dynamics and Control* 22, 1235-1274.
 57. Brock, W. A. and Hommes, C. H. (1999). Rational animal spirits, in *The Theory of Markets*, P. J. J. Herings, G. van der Laan, and A. J. J. Talman, editors (North-Holland, Amsterdam), pp. 109-137.
 58. Brock, W. A. and LeBaron, B. D. (1996). A dynamic structural model for stock return volatility and trading volume, *Review of Economics & Statistics* 78, 94-110.
 59. Broglia, R. A., Terasaki, J., and Giovanardi, N. (2000). The Anderson-Goldstone Nambu mode in finite and in infinite systems, *Physics Reports* 335, 2-18.
 60. (The) Bubble Project at <http://s.dal.ca/~cmonell/bubble.html>.
 61. Budyko, M. I. (1969). The effect of solar radiation variations on the climate of the earth, *Tellus* 21, 611-619.
 62. Burgess, C. P. (2000). Goldstone and pseudo-Goldstone bosons in nuclear, particle and condensed-matter physics, *Physics Reports* 330, 194-261.
 63. Cai, J. (1994). A Markov model of switching-regime ARCH, *Journal of Business & Economic Statistics* 12, 309-316.
 64. Callen, E. and Shapiro, D. (1974). A theory of social imitation, *Physics Today* July, 23-28.
 65. Camerer, C. (1992). The rationality of prices and volume in experimental markets, *Organizational Behavior & Human Decision Processes* 51, 237-272.
 66. Camerer, C. and Lovelock, D. (1999). Overconfidence and excess entry: An experimental approach, *American Economic Review* 89, 306-318.
 67. Camerer, C. and Weigelt, K. (1991). Information mirages in experimental asset markets, *Journal of Business* 64, 463-93.
 68. Campbell, J. Y., Lo, A. W., and MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. (Princeton University Press, Princeton, NJ).
 69. Carbonara, P. (1998). What is the intrinsic value? *Money* 28, 133.
 70. Cardy, J. L. (1998). Finite-size scaling (North-Holland, New York).

71. Carlson, J. M. and Doyle, J. (1999). Highly optimized tolerance: A mechanism for power laws in designed systems, *Physical Review E* 60, 1412-1427.
72. Carlson, J. M. and Doyle, J. (2000). Highly optimized tolerance: Robustness and design in complex systems, *Physical Review Letters* 84, 2529-2532.
73. Chaitin, G. J. (1987). *Algorithmic Information Theory* (Cambridge University Press, Cambridge, New York).
74. Chaline, J., Nottale, L., and Grou, P. (1999). L'aire de la vie a-t-elle une structure fractale? *Comptes Rendus l'Academie des Sciences, Paris* 328, 717-726.
75. Challet, D. Minority Games web page: <http://www.unifr.ch/econophysics/minority/minority.html>.
76. Challet, D., Chessa, A., Marsili, M., and Zhang, Y.-C. (2001). From minority games to real markets, *Quantitative Finance* 1 (1), 168-176.
77. Challet, D. and Zhang, Y.-C. (1997). Emergence of cooperation and organization in an evolutionary game, *Physica A* 246, 407-18.
78. Challet, D. and Zhang, Y.-C. (1998). On the minority game: Analytical and numerical studies, *Physica A* 256, 514-532.
79. Chan, N. T., LeBaron, B., Lo, A. W., and Poggio, T. (1999). Agent-Based Models of Financial Markets: A Comparison with Experimental Markets, Working paper, MIT, Cambridge, MA; preprint at <http://cyber-exchange.mit.edu/>.
80. Chauvet, M. (1998). An econometric characterization of business cycle dynamics with factor structure and regime switching, *International Economic Review* 39, 989-996.
81. Check, T. J. and Stern, E. (2000). Financial crises in the emerging markets: The roles of the public and private sectors, *Current Issues in Economics and Finance* (Federal Reserve Bank of New York) 6 (13), 1-6.
82. Chen, J. (1999). When the bubble is going to burst, *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 2, 285-292.
83. Chen, J. (2000). Credit Distortion and Financial Crisis, Working paper, National University of Singapore.
84. Chen, N.-E., Cury, C. J., and Haugen, R. A. (1995). Stock volatility and the levels of the basis and open interest in futures contracts, *Journal of Finance* 50, 281-300.
85. Chiang, R., Liu, P., and Okunev, J. (1995). Modeling mean reversion of asset prices towards their fundamental value, *Journal of Banking & Finance* 19, 1327-1340.
86. Christie, A. A. (1982). The stochastic behavior of common stock variances: Value, leverage and interest rate effects, *Journal of Financial Economics* 10, 407-432.
87. Cohen, J. E. (1995). Population growth and Earth's human carrying capacity, *Science* 269, 341-346.
88. Coleman, P. H. and Pietronero, L. (1992). The fractal structure of the universe, *Physics Reports* 213, 311-389.
89. Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Applications, Computing and Communications in the Extreme Research for Crisis Management and Other Applications, Steering Committee, Workshop Series on High Performance Computing and Communications, Computer Science and Telecommunications Board, National Academy Press, Washington, D.C., 1990.
90. Conference on "The Collapse of Complex Societies," San Francisco, Feb. 2001.
91. Conway, G. and Toomasson, G. (1999). Feeding the world in the twenty-first century, *Nature* 402, c55-c58.
92. Cootner, P. H., Editor (1987). *The Random Character of Stock Market Prices* (Cambridge, MA, MIT Press).
93. Cosmides, L. and Tooby, J. (1994). Better than rational-evolutionary psychology and the invisible hand, *American Economic Review* 84, 327-332.
94. Costanza, R., d'Arge, R., deGroot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. N., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., and van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature* 387, 253-260.
95. Cox, J. C., Ingersoll, J. E., and Ross, S. A. (1985). A theory of the term structure of interest rates, *Econometrica* 53, 385-407.
96. Cronin, R. P. (1998). Asian Financial Crisis: An Analysis of U.S. Foreign Policy Interests and Options, Foreign Affairs and National Defense Division, <http://www.fas.org/man/crs/crs-asia.htm>.
97. Crutchfield, J. P. and Mitchell, M. (1995). The evolution of emergent computation, *Proceedings of the National Academy of Science, U.S.A.* 92, 10742-10746.
98. D'Agostini, G. (1999). Teaching statistics in the physics curriculum: Unifying and clarifying role of subjective probability, *American Journal of Physics* 67, 1260-268.
99. Daily, G. C., Scharqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., Folke, C., Jansson, A., Jansson, B.-O., Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Miller, K.-G., Simpson, D., Starrett, D., Tilman, D., and Walker, B. (2000). The value of nature and the nature of value, *Science* 289, 395-396.
100. Darke, P. R. and Freedman, J. L. (1997). Lucky events and beliefs in luck: Paradoxical effects on confidence and risk-taking, *Personality & Social Psychology Bulletin* 23, 378-388.
101. Davis, D. and Holt, C. (1993). *Experimental Economics* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
102. Dawkins, R. (1990). *The Selfish Gene* (Oxford University Press, Oxford, U.K.).
103. De Bandt, O. and Hartmann, P. (November, 2000). Systemic Risk: A survey, *Financial Economics and International Macroeconomics*, ECB Discussion paper series No.35, European Central Bank.
104. De Bondt, W. F. M. and Thaler, R. H. (1995). Financial decision-making in markets and firms: A behavioral perspective, in *France, R. A. Jarow, V. Maksimovic, and W. T. Ziemba, editors, Handbooks in Operations Research and Management Science* 9, 385 (Elsevier Science, Amsterdam, New York).
105. DeLong, J. B. (1998). Estimating World GDP, One Million B.C.-Present. Working paper available at <http://econIGI.berkeley.edu/TCEH/1998/DraftWorldGDP/Estimating-WorldGDP.html>.
106. Derida, B., De Seze, L., and Itzykson, C. (1983). Fractal structure of zeros in hierarchical models, *Journal of Statistical Physics* 33, 559-569.

107. Devenow, A. and Welch, I. (1996). Rational herding in financial markets, *European Economic Review* 40, 603-616.
108. Dzhahkhalsh, H. and Demiguo-Kunt, A. (1990). On the presence of speculative bubbles in stock prices, *Journal of Financial & Quantitative Analysis* 25, 101-112.
109. Diba, B. T. and Grossman, H. I. (1998). Explosive rational bubbles in stock prices? *American Economic Review* 78, 520-530.
110. Driffill, J. and Sola, M. (1998). Intrinsic bubbles and regime-switching, *Journal of Monetary Economics* 42, 357-373.
111. Drozdz, S., Ruf, F., Speth, J., and Wojcik, M. (1998). Imprints of log-periodic self-similarity in the stock market, *European Physical Journal* 10, 589-593.
112. Dubrulle, B., Grenier, F., and Sornette, D., Editors (1997). *Scale Invariance and Beyond* (EDP Sciences and Springer-Verlag, Berlin).
113. Dunbar, N. (1998). Plugging the holes in Black-Scholes, *Financial Products* 84, 14-18.
114. Dunning, T. J. (1860). *Trades' Unions and Strikes: Their philosophy and intention*, J. Dunning, London.
115. Dupuis, H. (1997). Un krach avant Novembre, *Tendances*, September 18, p.6.
116. Dyson, E. (1988). *Infinite in All Directions* (Penguin, London), pp. 258-259.
117. Edgar, G. A., Editor (1993). *Classics on Fractals* (Addison-Wesley, Reading, MA).
118. Elias, D. (1999). *Dow 40,000: Strategies for Profiting from the Greatest Bull Market in History* (McGraw-Hill, New York).
119. Energy and Natural Environment Panel (2000). *Stepping Stones to Sustainability*, The Office of Science and Technology, Department of Trade and Industry, United Kingdom, <http://www.foresight.gov.uk/>.
120. Evans, G. W. (1991). Pitfalls in testing for explosive bubbles in asset prices, *American Economic Review* 81, 922-930.
121. Evans, P. (1986). Is the dollar high because of large budget deficits? *Journal of Monetary Economics* 18, 227-249.
122. Fama, E. E. (1991). Efficient capital markets, 2, *Journal of Finance* 46, 1575-1617.
123. Farmer, J. D. (1998). *Market Force, Ecology and Evolution*, Preprint available at adap.org/9812005.
124. Farmer, J. D. and Joshi, S. (2000). The price dynamics of common trading strategies, to appear in the *Journal of Economic Behavior and Organization*; e-print at <http://ocw.mit.edu/econ/condrad0012419>.
125. Feather, N. T. (1968). Change in confidence following success or failure as a predictor of subsequent performance, *Journal of Personality and Social Psychology* 9, 38-46.
126. Feder, J. (1988). *Fractals* (Plenum Press, New York).
127. Feigenbaum, J. A. (2001). A statistical analysis of log-periodic precursors to financial crashes, *Quantitative Finance* 1, 346-360.
128. Feigenbaum, J. A. and Freund, P. G. O. (1996). Discrete scale invariance in stock markets before crashes, *International Journal of Modern Physics B* 10, 3737-3745.
129. Feigenbaum, J. A. and Freund, P. G. O. (1998). Discrete scale invariance and the "second Black Monday," *Modern Physics Letters B* 12, 57-60.
130. Feldman, R. A. (1982). Dollar appreciation, foreign trade, and the U.S. economy, *Federal Reserve Bank of New York Quarterly Review* 7, 1-9.
131. Feller, W. (1971). *An Introduction to Probability Theory and Its Applications*, Vol. I (Wiley, New York), section 6 of chapter 2.
132. Fernando, C. S. and Herring, R. J. (2001). Liquidity shocks, systemic risk, and market collapse: Theory and application of the market for perps, Working paper of the Financial Institutions Center at the Wharton School of the University of Pennsylvania, Philadelphia, 01.34.
133. Fieleke, N. S. (1985). Dollar appreciation and U.S. import prices, *New England Economic Review* (Nov/Dec), 49-54.
134. Fisher, I. (1961). *The Theory of Interest as determined by impatience to spend income and opportunity to invest* I. A. M. Kelley, editor, New York.
135. Flood, R. P. and Hodrick, R. J. (1990). On testing for speculative bubbles, *Journal of Economic Perspectives* 4, 85-101.
136. Folkerts-Landau, D., Mathieson, D. J., and Schinasi, G. J. (1997). *World Economic and Financial Surveys on International Capital Markets Developments, Prospects and Key Policy Issues*, International Monetary Fund (available at <http://www.imf.org/external/pubs/ft/cm/97/cm/moon.htm>).
137. Forsythe, R., Palfrey, T. R., and Plott, C. R. (1982). Asset valuation in an experimental market, *Econometrica* 50, 537-567.
138. *Foundation for the Study of Cycles*, <http://www.cycles.org/>.
139. Frankel, J. A. and Froot, K. A. (1988). Chartists, fundamentalists and the demand for dollars, *Greek Economic Review* 10, 49-102.
140. Frankel, J. A. and Froot, K. A. (1997). Chartists, fundamentalists, and trading in the foreign exchange market, *American Economic Review* 80, 181-185.
141. Frankel, J. A. and Rose, A. K. (1996). Currency crashes in emerging markets: An empirical treatment, *Journal of International Economics* 41, 351-366.
142. *Friedberg Mercantile Group, The Collapse of Wall Street and the Lessons of History*, <http://www.usastores.com/Consensus/longterm/fried.htm>.
143. Friedman, D. and Sunder, S. (1994). *Experimental Methods: A primer for Economists* (Cambridge University Press, New York).
144. Froot, K. A. and Obstfeld, M. (1991). Intrinsic bubbles: The case of stock prices, *American Economic Review* 81, 1189-1214.
145. Fullerton, D. and Stavins, R. (1998). How economists see the environment, *Nature* 365, 433-134.
146. Fung, W. and Hsieh, D. A. (2000). Measuring the market impact of hedge funds, *Journal of Empirical Finance* 7, 1-36.
147. Fung, W. and Hsieh, D. A. (2001). The risk in hedge fund strategies: Theory and evidence from trend followers, *The Review of Financial Studies* 14, 313-341.
148. Fyfe, W. S. (1998). Towards 2050: The past is not the key to the future Challenges for the science of geochemistry, *Environmental Geology* 33, 92-95.

149. Fyfe, W. S. (1999). Clean energy for 10 billion humans in the 21st century: Is it possible? *International Journal of Coal Geology* 40, 85-90.
150. Fyfe, W. S. (1999). Needed universal education and new systems for a positive 21st century, *Ecosystem Health* 5, 181-182.
151. Fyfe, W. S. (2000). Truly sustainable development for a positive future: the role of the earth sciences, *Trends in Geochemistry* 1, 125-132.
152. Galbraith, J. K. (1997). *The Great Crash, 1929* (Houghton Mifflin, Boston).
153. Garber, P. M. (2000). *Famous First Bubbles: The Fundamentals of Early Manias* (MIT Press, Cambridge, MA).
154. Gauerndorfer, A. (2000). Endogenous fluctuations in a simple asset pricing model with heterogeneous agents, *Journal of Economic Dynamics & Control* 24, 799-831.
155. Ghil, M. and Childress, S. (1987). *Topics in Geophysical Fluid Dynamics: Atmospheric Dynamics, Dynamo Theory and Climate Dynamics* (Springer-Verlag, New York, Berlin, London, Paris, Tokyo).
156. Gilles B. (1982). *Histoire des techniques* (Gallimard, Paris).
157. Gillette, D. and DeMas, R. (1992). *Psycho-Economics: Studies in Decision Making, Classroom Experiments*, Newsletter published by Department of Economics, Management and Accounting, Marietta College, Marietta, Ohio, Fall 1992, 1, pp. 1-5.
158. Glassman, J. K. and Hassett, K. A. (1999). *DOW 36,000: The New Strategy for Profiting from the Coming Rise in the Stock Market* (Times Books, London).
159. *Global Financial Data*, Fremont Villas, Los Angeles, CA 90042. The data used are free samples available at <http://www.globalfindata.com/>.
160. Glosten, L. R., Jagannathan, R., and Junkle, D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks, *Journal of Finance* 48, 1779-1801.
161. Gluzman, S. and Yukalov, V. I. (1998). Booms and crashes in self-similar markets, *Modern Physics Letters B* 12, 575-587.
162. Godley, W. (1999). *Seven Unsustainable Processes (Medium Term Prospects and Policies for the United States and the World)*, Special report of The Jerome Levy Economics Institute, available at <http://www.levy.org/docs/srep07/sevenproc.html>.
163. Goldberg, J. and von Nitzsch, R. (2001). *Behavioral Finance*, translated by A. Morris (Wiley, Chichester, U.K., New York).
164. Goldenfeld, N. (1992). *Lectures on Phase Transitions and the Renormalization Group* (Addison-Wesley, Reading, MA).
165. Gordon, R. J. (1999). *Has the New Economy Rendered the Productivity Slowdown Obsolete?*, Manuscript, Northwestern University, Evanston, IL.
166. Gordon, R. J. (2000). Does the New Economy measure up to the great inventions of the past?, *Journal of Economic Perspectives* 14, 49-74.
167. Gorte, R. W. (1995). *Forest Fires and Forest Health*, Congressional Research Service Report, The Committee for the National Institute for the Environment, Washington, D.C.
168. Gould, S. J. and Eldredge, N. (1977). Punctuated equilibria: The tempo and mode of evolution reconsidered, *Paleobiology* 3, 115-151.
169. Gould, S. J. and Eldredge, N. (1993). Punctuated equilibrium comes of age, *Nature* 366, 223-227.
170. Graham, B. and Dodd, D. L. (1934). *Security Analysis*, 1st ed. (McGraw-Hill, New York).
171. Graham, J. R. (1999). Herding among investment newsletters: Theory and evidence, *Journal of Finance* 54, 237-268.
172. Graham, R. L., Rothschild, B. L., and Spencer, J. H. (1990). *Ramsey Theory*, 2nd ed. (Wiley, New York).
173. Graham, R. L. and Spencer, J. H. (1990). *Ramsey theory*, *Scientific American* July, 112-117.
174. Grant, J. L. (1990). Stock return volatility during the crash of 1987, *Journal of Portfolio Management* 16, 69-71.
175. Gray, S. F. (1996). Regime-switching in Australian short-term interest rates, *Accounting & Finance* 36, 65-88.
176. Greenspan, A. (1997). *Federal Reserve's semiannual monetary policy report*, before the Committee on Banking, Housing, and Urban Affairs, U.S. Senate, February 26.
177. Greenspan, A. (1998). Is there a new economy? *California Management Review* 41 (1), 74-85.
178. Grossman, J. The Erdos Number YrJed, <http://www.acs.oxiana.edu/grossman/erdosyrj.html>.
179. Grossman, J. W. and Ion, P. D. E. (1995). On a portion of the well-known collaboration graph, *Congressus Numerantium* 108, 129-131.
180. Grossman, S. and Stiglitz, J. E. (1980). On the impossibility of informationally efficient markets, *American Economic Review* 70, 393-398.
181. Grou, P. (1987, 1995). *L'aventure economique* (L'Harmattan, Paris), p. 160.
182. Guare, J. (1990). *Six Degrees of Separation: A Play* (Vintage, New York).
183. Guild, S. E. (1931). *Stock Growth and Discount Tables* (Financial publishers).
184. Hamilton, J. B. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle, *Econometrica* 57, 357-384.
185. Hamilton, J. D. (1986). On testing for self fulfilling speculative price bubbles, *International Economic Review* 27, 545-552.
186. Hanson, R. (2000). *Could It Happen Again? Long-Term Growth as a Sequence of Exponential Modes*, Working paper available at <http://hanson.gmu.edu/longgrow.html>.
187. Hardouvelis, G. A. (1988). Evidence on stock market speculative bubbles: Japan, the United States, and Great Britain, *Federal Reserve Bank of New York Quarterly Review* 13, 4-16.
188. Harris, L. (1997). Circuit breakers and program trading limits: what have we learned?, in *The 1987 Crash, Ten Years Later: Evaluating the Health of the Financial Markets*, published in Volume II of the annual *Brookings-Wharton Papers on Financial Services* (The Brookings Institution Press, Washington, D.C.).
189. Heath, C. and Gonzalez, R. (1995). Interaction with others increases decision confidence but not decision quality: Evidence against information collection views of interactive, decision making, *Organizational Behavior & Human Decision Processes* 61, 305-326.
190. Heath, C. and Tversky, A. (1991). Preference and belief: Ambiguity and competence in choice under uncertainty, *J. Risk Uncertainty* 4, 5-28.
191. Hebing, D., Farkas, I., and Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic, *Nature* 407, 487-490.

192. Hem, W. M. (1993). Is human culture carcinogenic for uncontrolled population growth and ecological destruction? *BioScience* 43, 768-773.
193. Hennann, H. J. and Roux, S., Editors (1990). *Statistical Models for the Fracture of Disordered Media* (North-Holland, Amsterdam, New York).
194. Hill, T. P. (1995). Base-invariance implies Benford's law. *Proc. Amer. Math. Soc.* 123, 887-895.
195. Hill, T. P. (1998). The first digit phenomenon. *American Scientist* 86, 358-363.
196. Hill, T. P. (1995). A statistical derivation of the significant-digit law. *Statistical Science* 10, 354-363.
197. Hoffman, E. (1991). *Bibliography of Experimental Economics*, Department of Economics, University of Arizona, Tucson, 1991.
198. Holland, J. H. (1992). Complex adaptive systems. *Daedalus* 121, 17-30.
199. Holmes, P. A. (1995). How fast will the dollar drop? *Nation's Business* 73, 16.
200. Hommes, C. H. (2001). Financial markets as nonlinear adaptive evolutionary systems. *Quantitative Finance* 1, 149-167.
201. Hsieh, D. A. (1989). Testing for nonlinear dependence in daily foreign exchange rates. *Journal of Business* 62, 339-368.
202. Hsieh, D. A. (1995). Nonlinear dynamics in financial markets: evidence and implications. *Financial Analysts Journal* July-August, 55-62.
203. Huang, Y., Johansen, A., Lee, M. W., Saleur, H., and Sornette, D. (2000). Artificial log-periodicity in finite-size data: Relevance for earthquake aftershocks. *Journal of Geophysics Research* 105, 25451-25471.
204. Huberman, G. and Pegev, T. (2001). Contagious speculation and a cure for cancer: A nonevent that made stock prices soar. *Journal of Finance* 56, 387-396.
205. Ide, K. and Sornette, D. (2002). Oscillatory finite-time singularities in finance, population and rupture. *Physica A*, 307 (1-2), 63-106.
206. Infiltrator, M. D. (1998). Russia: Lessons of the economic collapse. *New York Times*, Aug. 8; Paper presented to the World Bank, Sept. 4.
207. Investment Company Institute. <http://www.ici.org/about/ici.html>.
208. Johansen, A. (1997). *Discrete Scale Invariance and Other Cooperative Phenomena in Spatially Extended Systems with Threshold Dynamics*, Ph.D. Thesis, Niels Bohr Institute, available on <http://www.nbi.dk/johansen/pub.html>.
209. Johansen, A., Ledoit, O., and Sornette, D. (2000). Crashes as critical points. *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 3, 219-255.
210. Johansen, A. and Sornette, D. (1998). Evidence of discrete scale invariance by canonical averaging. *International Journal of Modern Physics C* 9, 433-47.
211. Johansen, A. and Sornette, D. (1998). Stock market crashes are outliers. *European Physical Journal B* 1, 141-143.
212. Johansen, A. and Sornette, D. (1999). Critical crashes. *Risk* 12 (1), 91-94.
213. Johansen, A. and Sornette, D. (1999). Financial "anti-bubbles": Log-periodicity in gold and Nikkei collapses. *International Journal of Modern Physics C* 10, 563575.
214. Johansen, A. and Sornette, D. (1999). Modeling the stock market prior to large crashes. *European Physical Journal B* 9, 167-174.
215. Johansen, A. and Sornette, D. (2000). Critical ruptures. *European Physical Journal B* 18, 163-181.
216. Johansen, A. and Sornette, D. (2000). Evaluation of the quantitative prediction of a trend reversal on the Japanese stock market in 1999. *International Journal of Modern Physics C* 11, 359-364.
217. Johansen, A. and Sornette, D. (2000). The Nasdaq crash of April 2000: Yet another example of log-periodicity in a speculative bubble ending in a crash. *European Physical Journal B* 17, 319-328.
218. Johansen, A. and Sornette, D. (2001). Bubbles and anti-bubbles in Latin-American, Asian and Western stock markets: An empirical study. *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 4 (6), 853-920.
219. Johansen, A. and Sornette, D. (2001). Finite-time singularity in the dynamics of the world population and economic indices. *Physica A* 294, 465-502.
220. Johansen, A. and Sornette, D. (2001). Large stock market price drawdowns are outliers. *Journal of Risk* 4 (2), 69-110 (2002).
221. Johansen, A., Sornette, D., and Ledoit, O. (1999). Predicting financial crashes using discrete scale invariance. *Journal of Risk* 1, 5-32.
222. Johansen, A., Sornette, D., Wakita, G., Tsunogai, U., Newman, W. I., and Saleur, H. (1996). Discrete scaling in earthquake precursory phenomena: Evidence in the Kobe earthquake, Japan. *Journal of Physics I, France* 6, 1391-1402.
223. Johnson, S. (2001). *Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities* (Scribner, New York).
224. Jeffreys, H. (1961). *Theory of Probability*, 3rd ed. (Oxford University Press, Oxford, U.K.).
225. Kadlec, C. W. (1999). *Dow 100,000: Fact or Fiction* (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ).
226. Kagel, J. and Roth, A., Editors (1995). *Handbook of Experimental Economics* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
227. Kahneman, D., Knetsch, J. K., and Thaler, R. (1986). Fairness as a constraint on profit seeking: Entitlements in the market. *American Economic Review* 76, 447-464.
228. Kahneman, D., Knetsch, J. L., and Thaler, R. H. (1986). Fairness and the assumptions of economics/comments. *Journal of Business* 59, S285-300, S329-S354.
229. Kalyvitis, S. and Pittis, N. (1994). Testing for exchange rate bubbles using variance inequalities. *Journal of Macroeconomics* 16, 359-367.
230. Kaminsky, G. and Peruga, R. (1991). Credibility crises: The dollar in the early 1990s. *Journal of International Money & Finance* 10, 170-192.
231. Kapitzka, S. P. (1996). Phenomenological theory of world population growth. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk* 166, 63-80.
232. Kaplun, W. J. (1992). *The Heavens Are Falling: The Scientific Prediction of Catastrophes in Our -me* (Plenum Press, New York).
233. Keller, E. F. (1965). *Reflections on Gender and Science* (Yale University Press, New Haven, CT).
234. Keller, E. F. and Segel, L. (1970). Initiation of slime mold aggregation viewed as an instability. *Journal of Theoretical Biology* 26 399-415.
235. Keynes, J. M. (1936). *The General Theory of Employment, Interest and Money* (Harcourt, Brace, New York), chapter 12.
236. Kindleberger, C. P. (2000). *Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises*, 4th ed. (Wiley, New York).

237. Kindleberger, C. P. (2000). Review of Peter M. Garber's "Famous First Bubbles: The Fundamentals of Early Manias," *Economic History Services*, Aug. 15, <http://www.ehnet/bookreviews/library/0281.shtml>.
238. Kirman, A. (1991). Epidemics of opinion and speculative bubbles in financial markets. In *Money and Financial Markets* M. Taylor, editor (Macmillan, New York).
239. Kleidon, A. W. (1995). Stock market crashes. In *Finance*, R. A. Jarrow, V. Maksimovic, and W. T. Ziemba, editors, *Handbooks in Operations Research and Management Science* 9, 465-495 (Elsevier Science, Amsterdam and New York).
240. Knetter, M. M. (1994). Did the strong dollar increase competition in U.S. product markets? *Review of Economics & Statistics* 76, 192-195.
241. Koller, T. and Zane, D. W. (2001). What happened to the bull market? *The McKinsey Quarterly Newsletter* 4 (August), <http://www.mckinseyquarterly.com>.
242. Koumos, G. and Saidi, R. (1995). The leverage effect in individual stocks and the debt to equity ratio. *Journal of Business Finance & Accounting* 22, 1063-1075.
243. Kremer, M. (1993). Population growth and technological change: One million B.C. to 1990. *Quarterly Journal of Economics* 108, 681-716.
244. Krugman, P. (1996). *The Self Organizing Economy* (Blackwell, Malden, MA).
245. Krugman, P. (1998). The confidence game: How Washington worsened Asia's crash. *The New Republic*, October 5, available at <http://web.mit.edu/krugman/www>.
246. Krugman, P. (1998). I know what the hedges did last summer. *Fortune*, December issue, available at <http://web.mit.edu/krugman/www/files.html>.
247. Krugman, P. (1998). A bridge to nowhere? July 14. *Shizuoka Shimbun*, available at <http://web.mit.edu/krugman/www/bridge.html>.
248. Krugman, P. (1999). A monetary fable. *The Independent*, Eprint at <http://web.mit.edu/krugman/www/coyle.html>.
249. Krugman, P. (1999, January 20). Japan heads for the edge. *Financial Times*, available at <http://web.mit.edu/krugman/www/sakibab.html>.
250. Krogman, P. (2001). Fleckonings. *The New York Times*, March 4.
251. Laboratory for Financial Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, <http://cyber-exchange.mit.edu/>.
252. L'vov, V. S., Pomyalov, A., and Proccacia, I. (2001). Outliers, Extreme Events and Multiscaling. *Physical Review E* 6306, 6118, U158-U166.
253. Laherrere, J. and Sornette, D. (1998). Stretched exponential distributions in Nature and Economy: "Fat tails" with characteristic scales. *European Physical Journal B* 2, 525-539.
254. Laibson, D. (1997). Golden eggs and hyperbolic discounting. *Quarterly Journal of Economics* 112, 443-77.
255. Laibson, D. (1998). Life-cycle consumption and hyperbolic discount functions. *European Economic Review* 42, 861-871.
256. Lamont, O. (1988). Earnings and expected returns. *The Journal of Finance* LIII, 1563-1587.
257. LeBaron, B. (2000). Agent based computational finance: suggested readings and early research. *Journal of Economic Dynamics and Control* 24 (5-7), 679-702.
258. LeBaron, B., Arthur, W. B., and Palmer, R. (1999). Time series properties of an artificial stock market. *Journal of Economic Dynamics and Control* 23, 1487-1516.
259. Le Bras, H. (1996). *Rumeur, troublante verité du faux* (Rumeurs, troubling truth of the false) (Editions Odile Jacob, Paris).
260. Lee, C. M., Myers, J., and Swaminathan, B. (1999). What is the intrinsic value of the Dow? *Journal of Finance* 54, 1693-1741.
261. Leeson, R. (1999). The Decline and Fall of Breton Woods. Working Paper No. 178, Economics Department, Murdoch University, Perth, Western Australia, E-print at <http://deco.murdoch.edu.au/teach/econs/wps/178.html>.
262. Levy, M., Levy, H., and Solomon, S. (1995). Microscopic simulation of the stock market-the effect of microscopic diversity. *Journal de Physique* 15, 1087-1107.
263. Levy, M., Levy, H., and Solomon, S. (2000). *The Microscopic Simulation of Financial Markets: From Investor Behavior to Market Phenomena* (Academic Press, San Diego).
264. Lewis, S. (2000). Politics, resources and the environment: A witches brew? In *Malthus and the Third Millennium*, W. Chesworth, M. R. Moss, and V. G. Thomas, editors, *The Kenneth Hammond Lectures on Environment, Energy and Resources*, Faculty of Environmental Sciences, University of Guelph, CBC Ideas, Toronto, ON, Canada.
265. Liggett T. M. (1985). *Interacting Particle Systems* (Springer-Verlag, New York).
266. Liggett, T. M. (1997). Stochastic models of interacting systems. *The Annals of Probability* 25, 1-29.
267. Lillo, F. and Mantegna, R. N. (2000). Symmetry alteration of ensemble return distribution in crash and rally days of financial markets. *European Physical Journal B* 15, 603-606.
268. Linher, J. (1965). The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics* 47, 13-37.
269. Lloyd, J. N. and Kotz, S. (1977). *Um Models and Their Application: An Approach to Modern Discrete Probability Theory* (Wiley, New York).
270. Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of Atmospheric Science* 20, 130-141.
271. Lovell, J., Neu, C. R., and Tong, D. (1998). *Financial Crises and Contagion in Emerging Market Countries*, RAND publication, Santa Monica, CA.
272. Lowenstein, R. (2001). Exuberance is rational. *New York -mes*, February 11.
273. Lux, T. (1995). Herd behavior, bubbles and crashes. *Economic Journal: The Journal of the Royal Economic Society* 105, 881-896.
274. Lux, T. (1998). The socio-economic dynamics of speculative markets: Interacting agents, chaos, and the fat tails of return distributions. *Journal of Economic Behavior & Organization* 33, 143-165.
275. Lux, T. and Marchesi, M. (1999). Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market. *Nature* 397, 498-500.

276. Lux, T. and Marchesi, M. (2000). Volatility clustering in financial markets: a microsimulation of interacting agents, *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 3, 675-702.
277. MacArthur Jr., J. (1997). Grace Community Church in Panorama City, CA. Sermon transcribed from the tape, GC 90-164, titled "Gambling: The Seductive Fantasy, Part 1" (Word of Grace, Panorama City, CA).
278. MacDonald, R. and Torrance, T. S. (1988). On risk, rationality and excessive speculation in the Deutschmark-US dollar exchange market. Some evidence using survey data, *Oxford Bulletin of Economics & Statistics* 50, 107-123.
279. Malakof, D. (1999). Bayes offers a 'new' way to make sense of numbers, *Science* 286, 1460-1464; A brief guide to Bayes theorem, *Science* 286, 1461.
280. Malamud, B. D., Moren, G., and Turcotte, D. L. (1996). Forest fires: An example of self-organized critical behavior, *Science* 281, 1840-1842.
281. Malki, E. (1999). The Financial Crisis in Russia, *exp-mac9901001*.
282. Malkiel, B. G. (1999). *A Random Walk Down Wall Street* (Norton, New York).
283. Mandelbrot, B. B. (1967). How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension, *Science* 155, 636-638.
284. Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature* (Freeman, San Francisco).
285. Mandelbrot, B. B. (1999). A multifractal walk down Wall Street, *Scientific American* 280, 70-73 (February).
286. Mantegna, R. N., Buldyrev, S. V., Goldberger, A. L., Havlin, S., and Stanley, H. E. (1995). Systematic analysis of coding and non-coding sequences using methods of statistical linguistics, *Physical Review E* 52, 2939-2950.
287. Mantegna, R. and Stanley, H. E. (2000). *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York).
288. Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment* (Wiley, New York).
289. Mauboussin, M. J. and Hill, R. (1999). *Rational Exuberance? Equity research report of Credit Suisse First Boston*, January 26.
290. Maug, E. and Naik, N. (1995). Herding and Delegated Portfolio Management: The Impact of Relative Performance Evaluation on Asset Allocation, Working paper, Duke University, Durham, NC.
291. McCarty, P. A. (1986). Effects of feedback on the self-confidence of men and women, *Academy of Management Journal* 29, 840-847.
292. Meakin, P. (1996). *Fractals, Scaling, and Growth Far from Equilibrium* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York).
293. Merton, R. (1973). An intertemporal capital asset pricing model, *Econometrica* 41, 867-888.
294. Merton, R. C. (1990). *Continuous-Time Finance* (Blackwell, Cambridge, U.K.).
295. Meyer, R. (1947). *L'accélération évolutive. Essai sur le rythme évolutif et son interprétation quantique* (Librairie des Sciences et des Arts, Paris).
296. Meyer, F. (1954). *Problématique de l'évolution* (Presses Universitaires de France, Paris).
297. Milgram, S. (1997). The small world problem, *Psychology Today* 2, 60-67.
298. Miller, M. (1991). *Financial Innovations and Market Volatility* (Basil Blackwell, Cambridge, MA).
299. Miller, M. H. and Modigliani, F. (1961). Dividend policy, growth and the valuation of shares, *Journal of Business* 34, 411-433.
300. Miltenberger, P., Sornette, D., and Vanneste, C. (1993). Fault self-organization as optimal random paths selected by critical spatio-temporal dynamics of earthquakes, *Physics Review Letters* 71, 3604-3607.
301. Minnich, R. A. and Chou, Y. H. (1997). Wildland fire patch dynamics in the chaparral of southern California and northern Baja California, *International Journal of Wildland Fire* 7, 221-248.
302. Modigliani, F. and Miller, M. H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment, *American Economic Review* 48, 655-689.
303. Molchan, G. M. (1990). Strategies in strong earthquake prediction, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 61, 84-98 (1990).
304. Molchan, G. M. (1997). Earthquake prediction as a decision-making problem, *Pure and Applied Geophysics* 149, 233-247 (1997).
305. Montroll, E. W. and Badger, W. W. (1974). *Introduction to Quantitative Aspects of Social Phenomena* (Gordon and Breach, New York).
306. Moore, S. and Simon, J. (2000). *It's Getting Better All the Time: 100 Greatest Trends of the Last 100 Years* (Cato Institute, Washington, D.C.).
307. Moravec, H. (1996). *ROBOT. - Mere Machine to Transcendent Mind* (Oxford University Press, Oxford, UK).
308. Moreno, J. M., Editor (1998). *Large Forest Fires* (Backhuys, Leiden).
309. Morris, C. R. (1999). *Money, Greed, and Risk: Why Financial Crises and Crashes Happen* (Times Books, London).
310. Moss de Oliveira, S., de Oliveira, P. M., and Stauffer, D. (1999). *Evolution, Money War and Computers* (Teubner, Stuttgart-Leipzig).
311. Mulligan, C. B. and Sala-i-Martin, X. (2000). Extensive margins and the demand for money at low interest rates, *Journal of Political Economy* 108, 961-991.
312. Nature.com (1999). *Nature Debates. Is The Reliable Prediction of Individual Earthquakes a Realistic Scientific Goal?* <http://helix.nature.com/debates/earthquake/>
313. Newman, M. E. J. (2001). The Structure of Scientific Collaboration Networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 98, 404-409.
314. Newman, M. E. J. (2001). Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamental results-art. no. 016131, *Physical Review E* 64(01), U249. U255; II. Shortest paths, weighted networks, and centrality; art. 016132, *Physical Review E* 64(01), U256-U261.
315. Nishikawa, Y. (1998, October 16). Japan economy seen shrinking 1.6%, *Financial Express*, 1998 Indian Express Newspaper (Bombay) Ltd., available at <http://www.financialexpress.com/fe/daily/1998/10/16/28955054.html>.
316. Nison, S. (1991). *Japanese Candlestick Charting Techniques* (New York Institute of Finance, New York).
317. Nottale, L., Chaline, J., and Grou, P. (2000). *Les arbres de l'évolution* (Hachette Littérature, Paris).
318. Nottale, L., Chaline, J., and Grou, P. (2000). On the fractal structure of evolutionary trees. In *Fractals 2000 in Biology and Medicine*,

- Proceedings of Third International Symposium, Ascona, Switzerland, March 8-11, 2000, G. Losa, editor (Birkhauser Verlag, Basel).
319. O'Brien, J. and Srivastava, S. (1991). Dynamic stock markets with multiple assets, *Journal of Finance* 46, 1811-1838.
320. Obstfeld, M. and Rogoff, K. (1986). Ruling out divergent speculative bubbles, *Journal of Monetary Economics* 17, 349-362.
321. Onsager, L. (1944). Crystal statistics. I. A two-dimensional model with an order-disorder transition, *Physics Review* 65, 117-149.
322. Oreskes, N., Shrader-Frechette, K., and Belitz, K. (1994). Verification, validation and confirmation of numerical models in the Earth Sciences, *Science* 263, 641-646; The meaning of models-response, *Science* 264, 331-331.
323. Orléan, A. (1984). Mimétisme et anticipations rationnelles: une perspective keynésienne, *Recherches Economiques de Louvain* 52 (I), 45-66.
324. Orléan, A. (1986). L'auto-référence dans la théorie keynésienne de la spéculation, *Cahiers d'Economie Politique* 14-15.
325. Orléan, A. (1989). Comportements mimétiques et diversité des opinions sur les marchés financiers, in *Théorie économique et crises des marchés financiers*, H. Bourguinat and P. Artus, editors (Economica, Paris), chapitre III, pp. 45-5.
326. Orléan, A. (1989). Mimetic contagion and speculative bubbles, *Theory and Decision* 27, 63-92.
327. Orléan, A. (1991). Disorder in the stock market (in French), *La Recherche* 22, 668-672.
328. Orléan, A. (1995). Bayesian interactions and collective dynamics of opinion-Herd behavior and mimetic contagion, *Journal of Economic Behavior & Organization* 28, 257-274.
329. Palmer, R., Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., and Taylor, P. (1994). Artificial economic life-A simple model of a stock market, *Physica D* 75, 264-274.
330. Pandey, R. B. and Stauffer, D. (2000). Search for log-periodicity oscillations in stock market simulations, *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 3, 479-82.
331. Penrose, R. (1989). *The Emperor's New Mind* (Oxford University Press, Oxford, UK).
332. Pesenti, P. and Tilla, C. (2000). The economics of currency crises and contagion: An introduction, *Economic Policy Review* 6, Federal Reserve Bank of New York, September, 3-16.
333. Plott, C. R. and Sunder, S. (1982). Efficiency of experimental security markets with insider information: An application of rational-expectations models, *Journal of Political Economy* 90, 663-698.
334. Plott, C. R. and Sunder, S. (1988). Rational expectations and the aggregation of diverse information in laboratory settings, *Econometrica* 56, 1085-1118.
335. Porter, D. P. and Smith, V. L. (1995). Futures contracting and dividend uncertainty in experimental asset markets, *Journal of Business* 68, 509-541.
336. Poterba, J. M. (2001). Demographic structure and asset returns, *The Review of Economics and Statistics* 83, 565-584.
337. Poters, M., Cont, R., and Bouchaud, J.-P. (1998). Financial markets as adaptive ecosystems, *Europhysics Letters* 41, 239-244.
338. Press, W. H., Teubinsky, S. A., Vetterlong, W. T., and Flannery, B. P. (1994). *Numerical Recipes in Fortran* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K.).
339. Quinn, D. (1999). *Beyond Civilization: Humanity's Next Great Adventure* (Harmony Books, New York).
340. Quinn, S. R. and Harvey, J. T. (1998). Speculation and the dollar in the 1980s, *Journal of Economic Issues* 32, 315-323.
341. Rachevsky-Reich, B., Ben-Shaul, I., Chan, N. T., Lo, A. W., et al. (1999). GEM: A global electronic market system, *Information Systems* 24, 495-518.
342. Renshaw, E. (1990). Some evidence in support of stock market bubbles, *Financial Analysts Journal* 46, 71-73.
343. Richardson, L. E. (1981). The problem of confluency. An appendix of statistics of deadly quarrels, *General Systems Yearbook* 6, 139-187.
344. Fichtebacher, K. (2000/2001). *The Fichtebacher Letter*, August 2000 and March 2001, the Fleet Street group, Baltimore, MD.
345. Ripley, B. D. (1996). *Pattern Recognition and Neural Networks* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K.).
346. Roberts, J. C. and Casore, C. H. (1972). The effects of conformity, information, and confidence upon subjects' willingness to take risk following a group discussion, *Organizational Behavior & Human Performance* 8, 384-394.
347. Roby, T. B. and Carterette, T. (1965). *The Measurement of Confidence and Trust*, United States Air Force Electronic Systems Division Technical Documentary Report 65-299, 27.
348. Roehner, B. M. and Sornette, D. (1998). The sharp peak-flat trough pattern and critical speculation, *European Physical Journal B* 4, 387-399.
349. Roehner, B. M. and Sornette, D. (2000). "Thermometers" of speculative frenzy, *European Physical Journal B* 16, 729-739.
350. Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change, *Journal of Political Economy* 98, S71-S102.
351. Romer, C. D. (1990). The great crash and the onset of the great depression, *Quarterly Journal of Economics* 105, 597-624.
352. Romer, D. (1996). *Advanced Macroeconomics* (McGraw-Hill, New York).
353. Ross, S. A. (1976). The arbitrage theory of capital asset pricing, *Journal of Economic Theory* 13, 341-360.
354. Rubinstein, M. (2001). Rational markets: Yes or no? The affirmative case, *Financial Analysts Journal* 57, 15-29.
355. Saleur, H., Sammis, C. G., and Sornette, D. (1996). Discrete scale invariance, complex fractal dimensions and log-periodic corrections in earthquakes, *Journal of Geophysics Research* 101, 17661-17677.
356. Saleur, H. and Sornette, D. (1996). Complex exponents and log-periodic corrections in frustrated systems, *Journal de Physique I France* 6, 327-355.
357. Samuelson, P. A. (1965). Proof that properly anticipated prices fluctuate randomly, *Industrial Management Review* 6, 41-49.
358. Samuelson, P. A. (1973). Proof that properly discounted present values of assets vibrate randomly, *The RAND Journal of Economics* 4, 369-374.
359. Santoni, G. J. (1987). The great bull markets 1924-29 and 1982-87: Speculative bubbles or economic fundamentals? *Federal Reserve Bank*

- of St. Louis Review 68,16-30.
360. Sato, A. H. and Takayasu, H. (1998). Dynamic numerical models of stock market price: From microscopic determinism to macroscopic randomness, *Physica A* 250, 231-252.
361. Savoy, C. and Beitel, P. (1997). The relative effect of a group and group/individualized program on state anxiety and state self-confidence, *Journal of Sport Behavior* 20, 364-376.
362. Saxton, J. (1998). Financial Crises in Emerging Markets: Incentives and the IMF, <http://www.house.gov/jec/inf/incentiv.htm>.
363. Schaller, H. and van Norden, S. (1997). Regime switching in stock market returns, *Applied Financial Economics* 7, 177-191.
364. Scharfstein, D. and Stein, J. (1990). Herd behavior and investment, *American Economic Review* 80, 465-79.
365. Schieber, S. J. and Shoven, J. B. (1997). *Public Policy Toward Pensions* (MIT Press, Cambridge, MA).
366. Science Summit on World Population: A Joint Statement by 58 of the World's Scientific Academies (1994). *Population and Development Review* 20 233-238.
367. Searle, J. R. (1990). Minds, brains, and programs, in *The Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 3 (Cambridge University Press, Cambridge, U.K.). Reprinted in *The Minds I* (1981), D. R. Hofstadter and D. C. Dennett, editors (Basic Books, New York).
368. Sellers, W. D. (1969). A climate model based on the energy balance of the earth-atmosphere system, *Journal of Applied Meteorology* 8, 392-400.
369. Sharp, G. L., O'Leary, B. L., and Penrod, S. D. (1988). Performance feedback improves the resolution of confidence judgments, *Organizational Behavior & Human Decision Processes* 42, 271-283.
370. Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk, *Journal of Finance* 19, 425-442.
371. She, Z. S. (1998). Universal law of cascade of turbulent fluctuations, *Progress of Theoretical Physics Supplement* 130, 87-102.
372. Shleifer, H. (2000). *Beyond Greed and Fear: Understanding Behavioral Finance and the Psychology of Investing* (Harvard Business School Press, Boston, MA).
373. Shleifer, H. M. and Thaler, R. H. (1988). The behavioral life-cycle hypothesis, *Economic Inquiry* 26, 609-643.
374. Shiller, R. J. (1989). *Market Volatility* (MIT Press, Cambridge, MA).
375. Shiller, R. J. (2000). *Irrational Exuberance* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
376. Shleifer, A. (2000). *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance* (Oxford University Press, New York).
377. Sieck, W. and Yates, J. F. (1997). Exposition effects on decision making: Choice and confidence in choice, *Organizational Behavior & Human Decision Processes* 70, 207-219.
378. Siegel, J. J. (1998). *Stocks for the Long Run*, 2nd ed. (McGraw-Hill, New York).
379. Simon, H. (1982). *Models of Bounded Rationality*, Vols. 1 and 2 (MIT Press, Cambridge, MA).
380. Simon, J. L. (1996). *The Ultimate Resource 2?* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
381. Sircar, K. R. and Papaniolou, G. (1998). General Black-Scholes models accounting for increased market volatility from hedging strategies, *Applied Mathematical Finance* 5, 45-62.
382. Slater, M. D. and Rouner, D. (1982). Confidence in beliefs about social groups as an outcome of message exposure and its role in belief change persistence, *Communication Research* 19, 597-617.
383. Small, P. (2000). *The Entrepreneurial Web* (Addison-Wesley, Reading, MA).
384. Smith, A. (1776). *An inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (Printed for W. Strahan and T. Cadell, London); (1805) 5th ed. with notes, supplementary chapters, and a life of Dr. Smith, by William Playfair (Printed for T. Cadell and W. Davies, London).
385. Smith, J. Q., Harrison, P. J., and Zeeman, E. C. (1981). The analysis of some discontinuous decision processes, *European Journal of Operational Research* 7, 30-43.
386. Smith, L. A. (2000). Disentangling uncertainty and error: On the predictability of nonlinear systems, in *Nonlinear Dynamics and Statistics*, A. Mees, editor, (Birkhauser, Boston), chapter 2.
387. Smith, L. A., Fournier, J.-D., and Spiegel, E. A. (1996). Lacunarity and intermittency in fluid turbulence, *Physics Letters A* 114, 465-468.
388. Smith, L. A., Ziehmann, C., and Fraedrich, K. (1999). Uncertainty dynamics and predictability in chaotic systems, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 125, 2855-2886.
389. Smith, V. L. (1982). Microeconomic systems as an experimental science, *American Economic Review* 72, 923-965.
390. Smith, V. L. (1991). *Papers in Experimental Economics* (Cambridge University Press, New York).
391. Smith, V. L. (1996). The handbook of experimental economics, *Journal of Economic Literature* 34, 1950-1952.
392. Sornette, D. (1998). Discrete scale invariance and complex dimensions, *Physics Reports* 297, 239-270.
393. Sornette, D. (1999). Complexity, catastrophe and physics, *Physics World* 12 (N12), S7-S7.
394. Sornette, D. (2000). *Critical Phenomena in Natural Sciences, Chaos, Fractals, Self organization and Disorder: Concepts and Tools*, Springer Series in Synergetics (Springer-Verlag, Heidelberg).
395. Sornette, D. (2000). Stock market speculation: Spontaneous symmetry breaking of economic valuation, *Physica A* 284, 355-375.
396. Sornette, D. and Andersen, J. V. (2002). A nonlinear super-exponential rational model of speculative financial bubbles, *International Journal of Modern Physics C* 13 (2), 171-186.
397. Sornette, D. and Johansen, A. (1997). Large financial crashes, *Physica A* 245, 411-422.
398. Sornette, D. and Johansen, A. (1998). A hierarchical model of financial crashes, *Physica A* 261, S81-S98.
399. Sornette, D. and Johansen, A. (2001). Significance of log-periodic precursors to financial crashes, *Quantitative Finance* 1 (4), 452-471.
400. Sornette, D., Johansen, A., Amedeo, A., Muzy, J.-E., and Saeur, H. (1996). Complex fractal dimensions describe the internal hierarchical

- structure of DLA, *Physical Review Letters* 76, 251-254.
401. Sornette, D., Johansen, A., and Bouchaud, J.-P. (1996). Stock market crashes, precursors and replicas, *Journal de Physique I, France* 6, 167-175.
402. Sornette, D. and Knopoff, L. (1997). The paradox of the expected time until the next earthquake, *Bulletin of the Seismological Society of America* 87, 789-798.
403. Sornette, D. and Malevergne, Y. (2001). From rational bubbles to crashes, *Physica A* 299, 40-59.
404. Sornette, D., Millenberger, P., and Vanneste, C. (1994). Statistical physics of fault patterns self-organized by repeated earthquakes, *Pure and Applied Geophysics* 142, 491-527.
405. Sornette, D. and Sornette, C. G. (1995). Complex critical exponents from renormalization group theory of earthquakes: Implications for earthquake predictions, *Journal de Physique I, France* 5, 607-619.
406. Sornette, D., Stauffer, D., and Takayasu, H. (2002). Market fluctuations: Multiplicative and percolation models, size effects and predictions, chapter 14 of "Theories of disaster: Scaling laws governing weather, body and stock market dynamics," A. Bunde, J. Kropp, and H.-J. Schellnhuber, editors, Springer Proceedings of Facets of University: Climate, Biodynamics and Stock Markets, Giessen University, June 1999, Eprint at <http://ocw.mit.edu/ocw/cond-mat/9909439>.
407. Soros, G. (1998). *Toward a global open society*, *Atlantic Monthly* 22.
408. Speaker's Advisory Group on Russia (1998). *Russia's Road to Corruption*, Report available at <http://policy.house.gov/russia/content.html>.
409. Stanley, H. E. and Ostrowsky, N., Editors (1986). *On growth and form: Fractal and non-fractal patterns in physics* (M. Nijhoff, Dordrecht, the Netherlands and Boston).
410. Stanley, H. E. and Ostrowsky, N., Editors (1988). *Random fluctuations and pattern growth: Experiments and models* (Kluwer, Dordrecht, the Netherlands and Boston).
411. Stanley, T. D. (1994). Silly bubbles and the insensitivity of rationality testing: An experimental illustration, *Journal of Economic Psychology* 15, 601-620.
412. *St. Petersburg Times* (1999). Post-crisis special '99, Timeline of economic collapse.
413. Stauffer, D. (1999). Monte-Carlo-Simulation mikroskopischer Bosermodele, *Physikalische Blätter* 55, 49.
414. Stauffer, D. and Aharony, A. (1994). *Introduction to Percolation Theory*, 2nd ed. (Taylor & Francis, London).
415. Steindl, C. and Sirch, K. J. (2001). *Productivity: What Is it, and Why Do We Care about It?* Working paper of the Federal Reserve Bank of New York.
416. Stroh, K. J. (2001). *Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do the Industry Data Say?* Working paper of the Federal Reserve Bank of New York.
417. Svenson, O. (1981). Are we less risky and more skillful than our fellow drivers? *Acta Psychol.* 47, 149-188.
418. Tacoma Narrows Bridge historical film footage showing in 250 frames (10 seconds) the maximum torsional motion shortly before failure of this immense structure, <http://cee.carleton.ca/Exhibits/TacomaNarrows/>.
419. Tainter, J. A. (1988). *The Collapse of Complex Societies* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York).
420. Tainter, J. A. (1995). Sustainability of complex societies, *Futures* 27, 397-407.
421. Takayasu, H., Miura, H., Hirabayashi, T., and Hamada, K. (1982). Statistical properties of deterministic threshold elements-The case of the market price, *Physica A* 184, 127-134.
422. Tesar, L. T. and Werner, I. M. (1997). *The Internationalization of Securities Markets Since the 1987 Crash*, Papers presented at the October 1997 conference, published in Vol. II of the annual Brookings-Wharton Papers on Financial Services, <http://wdrsenel.wharton.upenn.edu/wfoc/papers/97/b6.html>.
423. Thaler, R. H. (1985). Mental accounting and consumer choice, *Marketing Science* 4, 199-214.
424. Thaler, R. H., Editor (1993). *Advances in Behavioral Finance* (Russell Sage Foundation, New York).
425. Thaler, R. H. and Johnson, E. J. (1990). Gambling with the house money and trying to breakeven: The effects of prior outcomes on risky choice, *Management Science* 38, 643-60.
426. Toner, J. and Tu, Y. H. (1998). Flocks, herds, and schools: A quantitative theory of flocking, *Physical Review E* 58, 4828-4858.
427. Trueman, B. (1994). Analyst forecasts and herding behavior, *The Review of Financial Studies* 7, 97-124.
428. Ulam, S. (1959). Tribute to John von Neumann, *Bulletin of the American Mathematical Society* 64, 1-49.
429. U.S. Committee of the Global Atmospheric Research Program (1975). *Understanding Climatic Change: A Program for Action* (National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C.).
430. U.S. Postage Release No. 99-045, May 21, 1999.
431. Van Norden, S. (1996). Regime switching as a test for exchange rate bubbles, *Journal of Applied Econometrics* 11, 219-251.
432. Van Norden, S. and Schaller, H. (1993). The predictability of stock market regime: Evidence from the Toronto Stock Exchange, *Review of Economics & Statistics* 75, 505-510.
433. Vandewalle, N., Ausloos, M., Boveroux, P., and Minguet, A. (1998). How the financial crash of October 1997 could have been predicted, *European Physical Journal B* 4, 139-141.
434. Vandewalle, N., Ausloos, M., Boveroux, P., and Minguet, A. (1999). Visualizing the log-periodic pattern before crashes, *European Physical Journal B* 9, 355-359.
435. Vandewalle, N., Boveroux, P., Minguet, A., and Ausloos, M. (1998). The crash of October 1987 seen as a phase transition: Amplitude and universality, *Physica A* 255, 201-210.
436. van Paan, A. F. J. (2000). On growth, ageing and fractal differentiation of science, *Scientometrics* 47, 347-362.

437. Varian, H. R. (1989). Difference of opinion in financial markets, in *Financial Risk: Theory, Evidence and Implications*, Proceedings of the Eleventh Annual Economic Policy Conference of the Federal Reserve Bank of St. Louis, Courtenay C. Stone, editor (Kluwer, Boston).
438. Vinge, V. (1993). The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era, available at <http://www.alexph.se/Trans/Global/Singularity/sing.html>, presented at the VISION-21 Symposium sponsored by NASA Lewis Research Center and the Ohio Aerospace Institute, March 30-31, 1993.
439. Visser, W. (1997). Can the casino economy be tamed? *Money Values*, <http://sane.org.za/moneyvalues/27-Oct-1997.html>.
440. Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., and Matello, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems, *Science* 277, 494-499.
441. von Foerster, H., Mora, P. M., and Amiot, L. W. (1961). Population density and growth, *Science* 133, 1931-1937.
442. Von Neumann, J. (1938/1968). Über ein ökonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes (English translation, 1968, A Model of General Economic Equilibrium), in *Readings in Mathematical Economics*, Peter Newman, editor (John Hopkins University Press, Baltimore), pp. 221-229.
443. Von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1947). *Theory of Games and Economic Behavior* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
444. Voss, R. F. (1992). Evolution of long-range fractal correlations and 1/f noise in DNA base sequences, *Phys. Rev. Lett.* 68, 3805-3808.
445. Watts, D. J. (1999). *Small Worlds* (Princeton University Press, Princeton, NJ).
446. Weber, M. and Camerer, C. E. (1998). The disposition effect in securities trading: An experimental analysis, *Journal of Economic Behavior & Organization* 33, 167-184.
447. Weierstrass, K. (1895). Über continuirliche functionen eines reellen arguments, die für keiner Werth des letzteren einen bestimmten differential-quotienten besitzen, *Mathematische Werke* (Mayer & Müller, Berlin). (Proof first given in 1872.)
448. Weinberg, S. (1996). *The Quantum Theory of Fields* (Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York).
449. Weiss, H. and Bradley, R. S. (2001). What drives societal collapse? *Science* 291, 609-610.
450. Welch, I. (1992). Sequential sales, learning, and cascades, *Journal of Finance* 47, 695-732; see also <http://welch.som.yale.edu/cascades> for an annotated bibliography and resource reference on "information cascades."
451. Welch, I. (2000). Herding among security analysts, *Journal of Financial Economics* 58 (3), 369-396.
452. Weron, R. (2000). Energy price risk management, *Physica A* 285, 127-134.
453. West, K. D. (1987). A specification test for speculative bubbles, *Quarterly Journal of Economics* 102, 553-580.
454. White, E. N. (1996). Stock market crashes and speculative manias. In *The International Library of macroeconomic and financial history* 13. An Elgar Reference Collection, Cheltenham, U.K. and Brookfield, MA.
455. White, E. N. and Pappoport, P. (1995). The New York stock market in the 1920s and 1930s: Did stock prices move together too much?, in *Anglo-American Financial Systems: Institutions and Markets in the Twentieth Century*, M. Bordo and R. Sylla, editors (Burr Ridge Irwin), pp. 299-316.
456. Wigner, E. P. (1960). The (unreasonable) effectiveness of mathematics, *Communications in Pure and Applied Mathematics* 13, February.
457. Williams, J. B. (1938). *The Theory of Investment Value* (Harvard University Press, Cambridge, MA).
458. Wilson, K. G. (1979). Problems in physics with many scales of length, *Scientific American* 241 (2), 158-179.
459. Wu, Y. (1995). Are there rational bubbles in foreign exchange markets? Evidence from an alternative test, *Journal of International Money & Finance* 14, 27-16.
460. Youssefmir, M., Huberman, B. A., and Hogg, T. (1998). Bubbles and market crashes, *Computational Economics* 12, 97-114.
461. Zajdenweber, D. (2000). *Economie des extremes*, collection Nouvelle Bibliotheque Scientifique (Flammarion Editor, Paris).
462. Zaslavsky, G. M. (2000). Multifractal kinetics, *Physica A* 288, 431-43.
463. Zwiebel, J. (1995). Corporate conservatism and relative compensation, *Journal of Political Economy* 103, 125.