

На правах рукописи

Марьясов Денис Александрович

**АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВОГО РЫНКА НА
ОСНОВЕ МОДЕЛИ ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ХАОСА**

Специальность: 05.13.01. - Системный анализ, управление и обработка информации (отрасль: экономика).

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Томск 2007

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор В.П. Григорьев

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор Ф.П. Тарасенко

доктор физико-математических наук,
профессор Б.М. Шумилов

Ведущая организация: Новосибирский государственный
технический
университет.

Защита состоится «23» мая 2007 г. в 15⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.269.06 в Томском политехническом университете по адресу: 634034, г. Томск, ул. Советская, 84, институт «Кибернетический центр» ТПУ.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета по адресу: 634034, г. Томск, ул. Белинского, 53.

Автореферат разослан «20» апреля 2007 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент

_____ М.А. Сонькин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы

Финансовые рынки чрезвычайно динамичны. Многолетний опыт подтверждает, что они во многом являются основой рыночной экономики. Со стремлением России влиться в мировое экономическое сообщество началась бурная биржевая деятельность, появилось большое количество лиц, заинтересованных в исходах торгов. Чем дольше развивается эта отрасль человеческой деятельности, тем богаче становится инструментальный багаж. Ценовая динамика находится под пристальным вниманием не только аналитиков, брокеров, банкиров, но и все больше ученых, как в России, так и за рубежом пытаются разработать достоверные теории, объясняющие и предсказывающие поведение биржевых характеристик. Новые результаты, сливаясь в единое целое, обеспечивают широкий выбор методов анализа и прогноза финансовых рынков.

Моделирование нерегулярного поведения на фондовых, фьючерсных рынках, рынках ценных бумаг и облигаций основывается на нескольких альтернативных подходах. Основные методики делятся на стохастические (традиционные)¹ и основанные на положениях теории синергетики (например, теория детерминированного хаоса)². Так,

¹ Franses P.H., Time series models for business and economic forecasting. – Cambridge University Press, 1998. – 280 p.

Mills T.C. The econometric modelling of financial time series. – Cambridge University Press, 1993. – 247 p.

Ширяев А.Н. Стохастические проблемы финансовой математики // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 1994, - Т. 1, - вып. 5. – С. 780 -820.

² Barnett W.A. and Hinich M. Has chaos been discovered with economic data? // Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics. – 1993. – Oxford: Oxford University Press. – P. 254 – 265.

Oxley L. Economics on the Edge of Chaos: How does economics deal with complexity and the implications for systems management. – University of Canterbury. New Zealand. – 2004.

Ruth M., Hannon B. Modeling dynamic economic systems. Springer-Verlag New York, Inc., 1997.

нерегулярное поведение для систем, не являющихся стохастическими, объясняется как результат сложных нелинейных взаимодействий внутренних параметров этих систем (детерминистский подход). Теория хаоса зачастую бывает более успешной в объяснении поведения временных характеристик, нежели введение случайных переменных. Согласно теории хаоса введение в модель теоретически оправданных нелинейностей может объяснить экономические флуктуации более успешно, нежели использование случайных переменных. Применение описанных подходов не ново в экономике, однако финансовым рынкам не уделялось должного внимания, и они на сегодня остаются недостаточно изученными.

В настоящей работе представляются результаты применения теории детерминированного хаоса к моделированию различных видов финансового рынка и разработанный программный продукт для обработки биржевой информации и визуализации полученных результатов.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка универсальной модели, ее модификаций и комплекса программ для анализа и прогноза биржевой динамики финансовых рынков. В связи с этим в работе поставлены следующие задачи.

1. Построить математическую модель для анализа и прогноза параметров финансового рынка. Выяснить возможность описания такой моделью динамики реальных экономических процессов.

2. Построить модификации модели для анализа и прогнозирования основных показателей, «японских свечей» и двухпараметрических индикаторов.

Дмитриева Л.А., Куперин Ю.А., Сорока И.В. Методы теории сложных систем в экономике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://is2001.icapec.ru/thesis/7.html>, свободный.

Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. – М.: Мир, 2000. – 332 с.

3. Исследовать модель методами качественной теории дифференциальных уравнений для определения корреляции трендовых составляющих и рассчитанных траекторий особых точек.

4. Разработать методы прогноза и адаптации модели.

5. Провести исследование применимости алгоритмов к анализу и прогнозированию временных рядов различных видов финансового рынка.

6. Создать программный продукт, объединяющий все модификации представляемой модели, схемы адаптации и результаты качественного исследования.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовался ряд методов. Среди них методы спектрального и корреляционного анализа. При разработке модели решалась задача восстановления динамических уравнений процессов из временных рядов. При построении прогноза и схемы адаптации использовались известные экономико-математические и статистические методы. Для восстановления значений производных, решения систем алгебраических и дифференциальных уравнений использовались прямые и численные математические методы. В ходе исследования, для реализации поставленных задач были разработаны ряд алгоритмов и комплекс программ для расчета значений переменных и параметров, визуализации информации и объединения всех составляющих работы в единое целое. Представляемый программный продукт реализован в пакете инженерных расчетов MatLab. Для различных видов рынков применялись специфические методы технического анализа.

Для проведения исследования выбраны следующие данные: фьючерсные контракты на кофе, сою, кукурузу (Coffee, Soybeans, Corn Continues); фьючерсные контракты долгосрочных облигаций US T-bond; котировки акций зарубежных компаний IBM, Microsoft, Novell, American

Airlines, Delta Airlines; котировки акций российских компаний Сибнефть, Сбербанк России, Лукойл, АвтоВАЗ; контракты на валюту; мировые фондовые индексы; двухпараметрические индикаторы.

Научные положения выносимые на защиту.

1. Обобщенная модель финансового рынка на основе теории детерминированного хаоса. Ее модификации для анализа и прогнозирования переменных различных видов рынка (фондовый, фьючерсный, валютный, облигаций и других ценных бумаг).

2. Новые методы построения прогноза и адаптации модели финансового рынка, заключающиеся в выделении в исходных данных трендовых и хаотических составляющих с пошаговым пересчетом коэффициентов при появлении новых данных.

3. Метод предсказания поведения трендовых составляющих временных рядов, основанный на их корреляции с траекториями рассчитанных особых точек системы дифференциальных уравнений.

4. Комплекс программ, реализующий алгоритмы построения прогноза и адаптации системы финансового рынка.

5. Результаты анализа и прогнозирования финансового рынка на основе разработанных методов и модификаций модели.

Научная ценность и новизна.

1. Проводимые исследования показали применимость теории детерминированного хаоса к моделированию динамики показателей финансового рынка. В результате построена обобщенная модель объекта со сложным поведением в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений, решения которой при определенных условиях имеют хаотический характер. Модификации модели позволяют получать прогностические значения основных биржевых показателей (первичных и вторичных) при ограниченности исходной информации для конкретных

видов финансового рынка (фондового, фьючерсного, рынков валют, облигаций и других ценных бумаг). Структура уравнений модели обоснована согласно теории детерминированного хаоса. Параметры модели имеют содержательный экономический смысл.

2. Разработаны методы адаптации модели для учета гиперчувствительности хаотических систем к малым изменениям, на основе поступающей со временем информации и уточнении прогностического значения на каждом последующем шаге.

3. Предложен метод предсказания моментов смены направления тренда на основе его корреляции с траекторией координат особых точек.

Практическая значимость. Представлены нелинейная модель для исследования и прогноза динамики биржевых характеристик и методика предсказания поведения трендовых составляющих временных рядов на основе корреляции с траекториями восстановленных особых точек. Универсальность формы модели и последовательности получения прогностических реализаций позволяет рассчитывать в реальном времени, без богатого ретроспективного материала прогностические реализации. Приводятся практические результаты проводимого исследования для различных отечественных и зарубежных финансовых рынков. Разработан комплекс программ для конечного пользователя (при помощи пакета инженерных расчетов MatLab), реализующий поставленные задачи.

Публикации и апробация результатов работы. Основные результаты настоящей диссертации опубликованы в 10 работах.

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на: Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» – Томск, 2003; III Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и

математическое моделирование» – Анжеро-Судженск, 2004; II Всероссийской конференции студентов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук»– Томск, 2005; The 9th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology “KORUS – 2005” – Новосибирск, 2005; Международной научно-практической конференции «Средства и системы автоматизации» – Томск, 2005.

Внедрение результатов диссертационной работы. Ряд результатов, выводов и рекомендаций настоящей диссертации использованы в работе ЗАО «ИК «Норд-Инвест», ООО «Прогресс-Система» и в учебном процессе на кафедре ПМ ТПУ.

Личный вклад автора. Изложенные в диссертации результаты получены на равных правах с к.т.н., доцентом каф. ПМ, АВТФ, ТПУ Козловских А.В.. Эти результаты являются следствием множества численных экспериментов, для проведения которых автором создано программное обеспечение. Совместно с научным руководителем д.ф.-м.н., профессором, зав. кафедрой ПМ, АВТФ, ТПУ Григорьевым В.П. проведена интерпретация и экономическая трактовка полученных результатов.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Материал изложен на 134 страницах, содержит 1 таблицу, 25 рисунков и 12 приложений. Список цитируемой литературы содержит 135 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы: обоснована ее актуальность, сформулированы цели, задачи исследования, выносимые на защиту положения, показана научная новизна, и практическая значимость

работы, приведены основные результаты апробации работы и краткое содержание диссертации.

В первой главе приводится структурное описание финансового рынка, проанализирован опыт моделирования и прогнозирования динамики исследуемого процесса в рамках двух существующих подходов к решению этой проблемы.

Таким образом, с точки зрения стохастического подхода все модели носят вероятностный характер. Основное положение этого подхода состоит в том, что ценовые колебания являются «серийно независимыми», поэтому данные о прошлых ценах не могут использоваться для достоверных прогнозов о динамике цен в будущем. Другими словами, движение цен случайно и непредсказуемо.

Чаще всего случайность определяется неспособностью установить систематические модели или закономерности в динамике цен. Тот факт, что закономерности не обнаружены, не доказывает, что их не существует. Поэтому, другой подход, названный детерминированным хаосом, в котором провозглашается зависимость и закономерность получаемых данных от предыдущей ретроспективы, объясняет нерегулярное поведение в системах, не являющихся стохастическими, как результат сложных нелинейных взаимодействий внутренних параметров данных систем.

Для анализа и прогнозирования показателей финансовых рынков успешно используются методы технического и фундаментального анализов. В основе технического анализа лежит графический анализ биржевых данных в прошлом и настоящем. Фундаментальный анализ – один из методов, основанный на трактовке макроэкономических, политических показателей, состояния отраслей и конкретных эмитентов. Оба подхода следует рассматривать в совокупности, вследствие отсутствия однозначности в интерпретации графической информации и субъективности выбора макроэкономических показателей.

Стохастическая природа рынков в целом может быть поставлена под сомнение. Представленная работа выполнена в рамках технического анализа, с целью описать сложное поведение рынка на основе исторической ретроспективы и с учетом внутреннего взаимодействия при помощи систем нелинейных дифференциальных уравнений, решение которых при определенных условиях приводят к хаотическим явлениям, которые не являются стохастическими, хотя их внешние проявления очень схожи.

Во второй главе описывается построение математической модели и ее модификаций на основе теории детерминированного хаоса. Исследования³ показали наличие детерминированной хаотической компоненты во временных рядах биржевой информации. В зависимости от вида рынка выбираются наиболее значимые переменные. Очевидно, что определяющей позицией в формировании прогнозируемой величины имеет ее предыстория. Нельзя отрицать, что один параметр влияет на формирование другого в явном виде. Так, например, повышение объема торгов приводит к падению цен и наоборот. Другие связи не столь явны, но могут вносить свой вклад.

Многолетние наблюдения показали, что взаимосвязь параметров также имеет большое значение. Поскольку влияние параметров на формирование прогнозируемых величин считается равнозначным⁴, нелинейные составляющие определим в виде суммы перекрестных произведений, где каждая из переменных входит только в первой степени.

Система уравнений модели финансовых рынков, учитывающая описанные факторы и представленная в матричной форме, имеет вид:

³ Ситникова О.В. Математическая модель динамики фьючерсных контрактов на основе методов теории детерминированного хаоса: дис. ... канд. тех. наук : 05.13.01 : защищена 19.05.04 / Ситникова Оксана Валерьевна. – Томск, 2004. – 138 с.

⁴ Лоренц Эд. Н. Детерминированное непериодическое течение // Странные аттракторы. – М.: Мир, 1981. – С. 59 – 76.

$$\frac{d\bar{Y}}{dt} = A_{n \times n} \bar{Y} + \bar{F} + \bar{Z}, \quad (1)$$

где \bar{Y} – вектор неизвестных (выходные переменные), $A_{n \times n}$ – матрица неизвестных коэффициентов линейной части модели (в общем случае зависящих от времени), \bar{F} – вектор нелинейных составляющих, \bar{Z} – вектор внешних воздействий, зачастую не может быть выделен в явном виде и тогда предполагается, что внешние воздействия найдут отражение в откликах системы \bar{Y} . Для простоты исследования значение вектора входных воздействий \bar{Z} сведем к 0.

Структура модельных уравнений выбрана из содержательных экономических соображений и согласуется с эмпирическими исследованиями теории технического анализа. Параметры модели имеют определенный экономический смысл. В качестве переменных модели могут выступать цены открытия, закрытия, максимальная и минимальная, объем торгов, «открытый интерес», курсы валют, значения индикаторов, мировые фондовые индексы.

Для прогнозирования параметров финансовых рынков были разработаны модификации модели (1) из трех уравнений «с полной матрицей» и «с диагональной матрицей» неизвестных коэффициентов линейной части модели, которая позволяет прогнозировать основные биржевые показатели. Модификации для прогнозирования «японских свечей» несколькими альтернативными методиками выбора фазовых переменных при неизменной технологии поиска прогностических реализаций (совокупность m систем из n уравнений каждая). Модификации модели (1) для исследования двухпараметрических индикаторов (два уравнения в системе с различными видами матрицы неизвестных коэффициентов при линейных составляющих).

В третьей главе отражены методы восстановления производных, решения систем алгебраических и нелинейных дифференциальных

уравнений, качественного исследования системы нелинейных дифференциальных уравнений, а также определение корреляции трендов и траекторий особых точек.

Вектор первых производных может быть найден разными способами. Если временные ряды имеют длину вблизи минимальной (три значения уровня ряда), то производные вычисляются методом конечных разностей. Если же длина временного ряда составляет более 4-5 значений, целесообразнее использовать сплайны. Значения параметров модели (1) могут быть найдены из системы алгебраических уравнений прямыми методами. Значения переменных в прогнозируемой точке модели находится при помощи численных методов интегрирования.

Для более детального исследования представленной модели рынка, основанной на системе нелинейных дифференциальных уравнений, применялись методы качественной теории дифференциальных уравнений. Для модификации «с диагональной матрицей» линейных членов модель (1) выглядит следующим образом:

$$\mathbf{A}_{3 \times 3} = \begin{pmatrix} a_1(t) & 0 & 0 \\ 0 & b_2(t) & 0 \\ 0 & 0 & c_3(t) \end{pmatrix}, \quad \bar{Y} = \begin{pmatrix} Y_1(t) \\ Y_2(t) \\ Y_3(t) \end{pmatrix},$$

$$\bar{F} = \begin{pmatrix} a_4(t)Y_1(t)Y_2(t) + a_5(t)Y_1(t)Y_3(t) \\ b_4(t)Y_1(t)Y_2(t) + b_6(t)Y_2(t)Y_3(t) \\ c_5(t)Y_1(t)Y_3(t) + c_6(t)Y_2(t)Y_3(t) \end{pmatrix}$$

Система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dY_1(t)}{dt} = a_1(t)Y_1(t) + a_4(t)Y_1(t)Y_2(t) + a_5(t)Y_1(t)Y_3(t), \\ \frac{dY_2(t)}{dt} = b_2(t)Y_2(t) + b_4(t)Y_1(t)Y_2(t) + b_6(t)Y_2(t)Y_3(t), \\ \frac{dY_3(t)}{dt} = c_3(t)Y_3(t) + c_5(t)Y_1(t)Y_3(t) + c_6(t)Y_2(t)Y_3(t), \end{cases}$$

Известно, что для системы дифференциальных уравнений первого порядка $\frac{d\bar{Y}}{dt} = f(\bar{Y})$, точки равновесия определяются равенством:

$$\frac{d\bar{Y}}{dt} = 0 \text{ или } f(\bar{Y}_e) = 0, \quad (2)$$

где \bar{Y} – вектор состояния системы.

Решениями этой системы уравнений (2) является пять точек равновесия в каждый момент времени:

$$\begin{aligned} O_1 &= [0, 0, 0], \text{ – тривиальное решение} \\ O_2 &= \left[0, -\frac{c_3}{c_6}, -\frac{b_2}{b_6} \right], O_3 = \left[-\frac{c_3}{c_5}, 0, -\frac{a_1}{a_5} \right], O_4 = \left[-\frac{b_2}{b_4}, -\frac{a_1}{a_4}, 0 \right], \\ O_5 &= \left[\frac{a_1 b_6 c_6 - a_4 b_6 c_3 - a_5 b_2 c_6}{a_4 b_6 c_5 + a_5 b_4 c_6}, \frac{a_5 b_2 c_5 - a_5 b_4 c_3 - a_1 b_6 c_5}{a_4 b_6 c_5 + a_5 b_4 c_6}, \frac{a_4 b_4 c_3 - a_1 b_4 c_6 - a_4 b_2 c_5}{a_4 b_6 c_5 + a_5 b_4 c_6} \right], \end{aligned} \quad (3)$$

где a_i, b_i, c_i ($i=1,6$) – коэффициенты модели на рассматриваемом временном интервале. Характер точек равновесия подтверждает, что финансовые рынки носят неустойчивый характер (т.к. действительная часть хотя бы одного собственных чисел является положительной), т.е. подвержены внешним случайным воздействиям, следовательно долгосрочные прогнозы являются менее надежными и значительные преимущества имеют прогнозы краткосрочные.

Сравним траектории координат особых точек (точек равновесия) с движения переменных. Поскольку случайные воздействия на реальные экономические характеристики имеют достаточно сильное влияние, то траектории изменения переменных финансовых рынков сильно изломаны. Это мешает определению корреляции между траекториями особых точек и реальными траекториями биржевой информации. Поэтому имеет смысл провести корреляцию траекторий особых точек со сглаженными экономическими характеристиками. Таким образом, реальную

информацию (\bar{Y}) можно представить в виде суммы двух составляющих: трендовой (\bar{T}) и хаотической (\bar{H}):

$$Y_k = T_k + H_k, \quad k = \overline{1,3}, \quad (4)$$

где k - номер фазовой координаты. Формой трендовой составляющей будет некоторая сглаженная кривая, не учитывающая резких кратковременных выбросов.

Четвертая глава содержит схемы построения прогноза, схемы адаптации, примеры применения модели, методику предсказания смены направления движения трендовых составляющих и исследование качества прогноза.

На первом этапе построения точечного прогноза определяются неизвестные параметры системы. Коэффициенты модели в общем случае зависят от времени, но предположительно остаются неизменными на некотором временном интервале τ . Причем τ достаточно мало. Вообще количество точек рассмотрения вычисляется по формуле:

$$\tau = \frac{p}{n},$$

где p – число неизвестных коэффициентов, n – число неизвестных прогностических переменных.

Для нахождения неизвестных параметров модель (1) рассматривается в фиксированные моменты времени $t - \tau, \dots, t - 1, t$. Решая систему из p алгебраических уравнений, находят значения параметров модели (1) и считается, что они останутся постоянными на шаге прогнозирования (от t до $t + 1$). Далее, решая задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями в точке t , находятся \bar{Y}_p – вектор прогностических значений в точке $t + 1$.

Особенность хаотических систем состоит в их гиперчувствительности к точности задания параметров и начальных условий. Поэтому краткосрочное прогнозирование экономических показателей наиболее качественно осуществляется с помощью непрерывно подстраиваемых моделей, которые позволяют учитывать временную ценность информации.

Алгоритм разработанной схемы адаптации модели:

1. Разделение реальных данных на две составляющие: трендовую (T_k) и хаотическую (H_k), перейдем от одной системы дифференциальных уравнений (1) к совокупности двух систем дифференциальных уравнений, форма которых останется неизменной. Переменными первой системы будут трендовые составляющие прогнозируемых параметров, а второй – соответствующие хаотические составляющие.

2. Нахождение прогностических значений осуществляется по схеме с учетом последних полученных реальных значений временных рядов переопределением коэффициентов на каждом шаге прогноза для каждой системы отдельно. Для этого рассмотрение модели (1) происходит в следующие фиксированные моменты времени $t - \tau + 1, \dots, t, t + 1$, т.е. осуществляется перенос отсчета времени на один интервал вперед. Ищутся неизвестные параметры модели. Решается задача Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений при начальных условиях в точке $t + 1$, находится вектор прогностических значений в точке $t + 2$ и т.д.

3. Применение формулы (4), т.е. сложение двух прогностических составляющих (прогностической трендовой и прогностической хаотической), получение итогового суммарного прогностического значения переменных.

Таким образом, согласно разработанной схеме адаптации на каждом шаге осуществляется обновление параметров модели и начальных условий с учетом развития событий, что позволяет применять модель в

реальном времени, разделение переменных на две составляющие повышает качество прогноза и отодвигает горизонт прогнозирования. Полученные результаты, представлены на рис. 1.

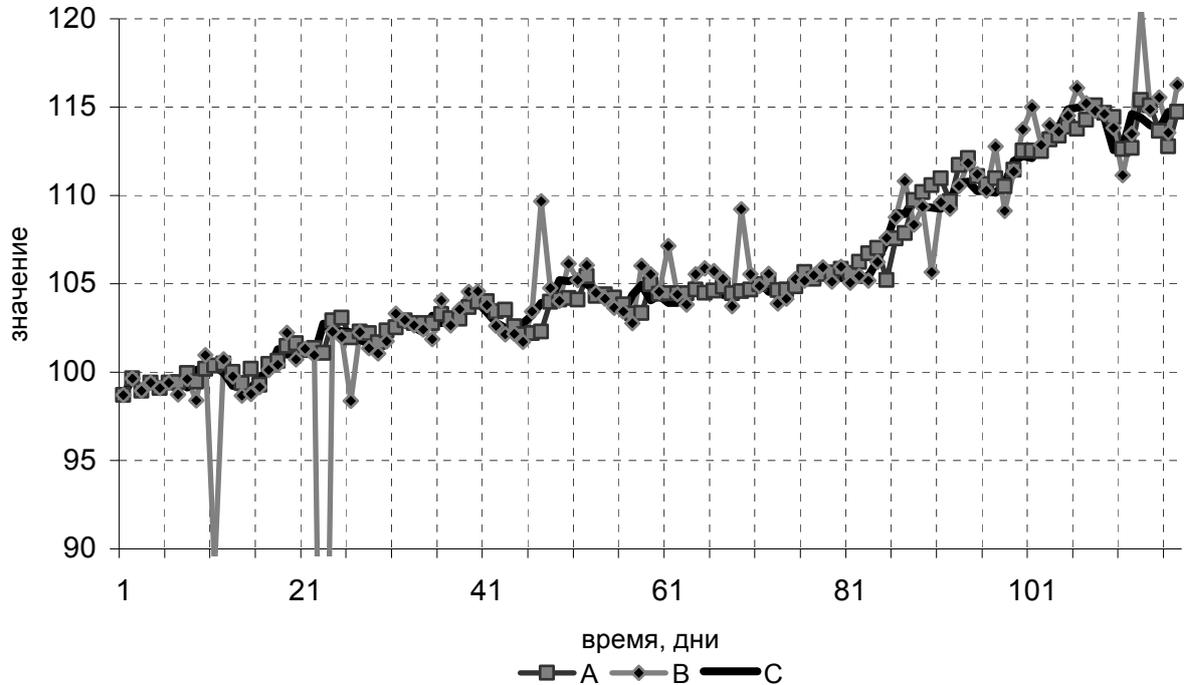


Рис. 1. Результаты прогнозирования цены (А – схема адаптации с разделением переменных на составляющие, В – схема адаптации без разделения на составляющие, С – реальные данные).

Применение к сглаженным рядам (трендам) качественной теории дифференциальных уравнений, позволяет найти особые точки и построить траектории, образованные координатами особых точек для трендовой составляющей. Для решения этой задачи использованы результаты качественного исследования модели (1). Анализ динамики пяти точек равновесия системы (1) показал, что среди них особо выделяется одна – O_5 .

Результаты проведенных экспериментов приведены на рис. 2. Из анализа полученных результатов следует, что существует взаимосвязь между траекториями особых точек и реальными значениями трендовых составляющих. Наиболее интересным результатом в этом плане является

возможность предсказания смены направления тренда по поведению особых точек.

Действительно, моментам времени, в которых траектории особых точек резко (скачком) меняют значения, соответствуют точки на реальной трендовой кривой, в которых, можно утверждать, что через некоторое время произойдет изменение направления тренда на противоположное или поменяется скорость изменения.

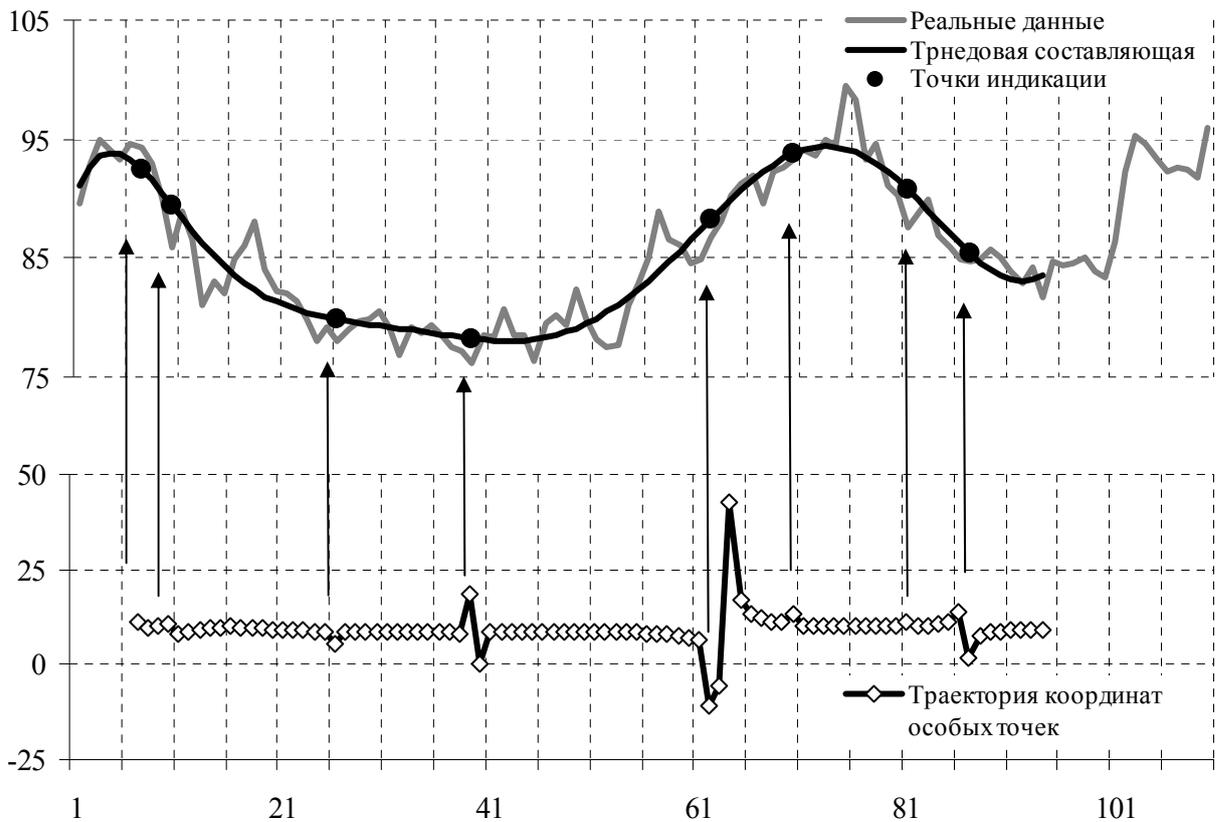


Рис. 2. Определение корреляции особых точек с трендовыми составляющими.

Было замечено, что когда на траектории координат особых точек происходит выброс только в вверх (вниз), то этот момент может быть расценен как сигнал к изменению скорости движения. В случае, когда наблюдались парные выбросы вверх-вниз (вниз-вверх), такие моменты зачастую предсказывали скорую смену тенденции на противоположную. Причем, время до реального изменения варьировалось несколькими днями (от 3 до 10). Использование такого метода можно представить как новый

своеобразный индикатор, который потенциально должен улучшить качественную сторону прогноза.

В работе также проведено исследование качества разработанной модели, показавшее, что модель является адекватной цели моделирования – получение достоверного прогноза изменения рыночных характеристик.

Пятая глава посвящена вопросам разработки и создания комплекса программ для анализа и прогноза биржевой информации, визуализации информации, формирования целостного восприятия описанного подхода. В предлагаемом программном продукте реализованы возможности исполняемого приложения для конечного пользователя, графический интерфейс, отвечающий требованиям простоты, целостности и дружелюбности, включены все рассмотренные модификации, методы адаптации и прогноза и метод определения моментов смены тренда на основе корреляции траекторий координат особых точек с трендовыми составляющими временных рядов.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе в целом.

В приложениях приведены материалы, позволяющие более полно осветить и представить результаты проделанной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработана обобщенная модель для прогноза и анализа параметров финансовых рынков на основе методов теории детерминированного хаоса, которая обеспечивает получение прогностических значений без наличия длительной ретроспективы.

2. Представлены модификации модели, которые могут быть использованы для прогноза

– основных параметров финансовых рынков;

- «японских свечей»;
- двухпараметрических индикаторов.

Все модификации построены согласно описанной модели, содержательная сторона описывающих систем зависит от способа задания линейных и нелинейных составляющих, количества уравнений и самих прогнозируемых параметров.

3. Предложены схемы построения прогноза и адаптации модели (на основе разделения временных рядов на составляющие: трендовую и хаотическую). Новая схема адаптации позволяет отодвинуть «горизонт прогноза» и использовать модель и ее модификации для прогноза динамики показателей в реальном времени.

4. Качественный анализ модели позволил разработать метод предсказания поведения трендовых составляющих временных рядов, основанную на их корреляции с траекториями восстановленных особых точек соответствующей линеаризованной системы, что позволяет диагностировать вход системы в зону смены тенденций.

5. Разработан комплекс программ, реализующий алгоритмы построения прогноза, адаптации. В представляемом программном продукте представлены все описанные модификации и дополнительные инструменты качественного анализа, которые представляют собой синтез методов технического анализа и традиционных методов прогнозирования.

6. Проведен статистический анализ результатов исследования временных рядов на основе разработанных модификаций модели и дополнительных инструментов с использованием данных с различных рынков.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Марьясов Д.А. Разработка и исследование динамической модели индикаторов для прогноза тенденций цен акций на фондовом

рынке // «Современное развитие и применение математических методов»: Сборник статей студентов и аспирантов. – Томск, 2002. С. 23 – 28.

2. Марьясов Д.А. Использование современного математического пакета MatLab в прикладных исследованиях динамики рынка ценных бумаг // «Молодежь и современные информационные технологии»: Тезисы докладов конференции. – Томск, 2003. С. 35 – 36.

3. Марьясов Д.А. Сравнительный анализ моделей прогноза биржевой информации при помощи нелинейной динамики // «Информационные технологии и математическое моделирование»: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Анжеро-Судженск, 2004. С. 144 – 146.

4. Григорьев В.П., Козловских А.В., Марьясов Д.А. Исследование математической модели фьючерсных рынков // Рынок ценных бумаг. – 2005, №9 (288). С 38 – 42.

5. Maryasov D.A. Qualitative Research of Mathematical Model for Future Markets and Prediction Opportunity of Trends Changing // “KORUS – 2005”: Proceedings of The 9th Korea-Russia International Symposium on Science and Technology. – Novosibirsk, 2005. P. 89 – 92.

Марьясов Д.А. Качественное исследование математической модели фьючерсного рынка и возможность предсказания смены тренда // «KORUS – 2005»: Труды 9-го корейско-российского международного симпозиума по науке и технологии. – Новосибирск, 2005. С. 89 – 92.

6. Марьясов Д.А. Возможность предсказания смены трендов при помощи качественного исследования математической модели фьючерсных рынков // «Перспективы развития фундаментальных наук»: Труды II Всероссийской конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2005. С. 244 – 246.

7. Григорьев В.П., Козловских А.В., Марьясов Д.А. Разработка схемы адаптации динамической модели фьючерсных рынков на основе

анализа финансовых характеристик // Дайджест-Финансы, ИД «Финансы и кредит». – 2005, №8 (128). С 7 – 10.

8. Козловских А.В., Марьясов Д.А. Прогноз изменения цен фондового рынка на основе сравнения радиус-векторов в квазифазовом пространстве нелинейной модели и в пространстве состояний реальных данных // «Средства и системы автоматизации»: Труды международной научно-практической конференции. – Томск, 2005.

9. Григорьев В.П., Козловских А.В., Марьясов Д.А. Качественное исследование системы дифференциальных уравнений модели динамического хаоса и корреляция особых точек с трендами // Известия Томского политехнического университета. – 2006, – Т. 309, №2. С. 12 – 17.

10. Григорьев В.П., Козловских А.В., Марьясов Д.А. Пакет прикладных программ для анализа и прогноза биржевой информации // Известия Томского политехнического университета. – 2006, – Т. 309, №7. С. 200 – 204.