

**СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ,
СОЦИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ**

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВОЙНОГО АУКЦИОНА

И.С. Меньшиков, О.Р. Меньшикова, А.Н. Чабан
Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Под информационной эффективностью рынка понимают его способность приходить к равновесию, агрегируя информацию, распределенную по отдельным участникам. Информация участника состоит из априорной, которой участник обладает до начала торговой сессии, и уточненной, которая возникает за счет наблюдения за ходом торгов. Обычно считается, что априорная информация участника непротиворечива, но не полна, в то время как совокупная информация всех участников дает возможность точно оценить стоимость рыночных продуктов (товаров или ценных бумаг), что и происходит во время торгов, если рынок эффективен.

Данные условия информированности легко воспроизвести на лабораторном рынке в компьютерном классе, снабженном специальной экспериментальной торговой системой. В лаборатории экспериментальной экономики МФТИ с участием студентов ФУПМ в 2004 была проведена серия экспериментов по информационной эффективности на базе финансовой торговой системы FTS, разработанной Дж. О'Брайеном и С. Шриваставой из университета Карнеги Меллон, США [1]. Аналогичные эксперименты проводились с участием студентов МГИМО и слушателей Центра переподготовки персонала ЦБ РФ.

Проведенные эксперименты в целом подтвердили способности участников к успешному выявлению информации в ходе торгов. Такой эффект для лабораторных рынков наблюдался и ранее, однако полноценного теоретического объяснения этого эффекта пока не существует.

Одним из авторов в [2] был предложен следующий план исследования данного явления, основанный на гипотезе Герберта Саймона об ограниченной рациональности. Суть гипотезы состоит в том, что можно предполагать достаточно простую модель поведения участников, но при этом они будут сходиться к тому же равновесию. Конечно, если поведение участников будет слишком нерациональным, то сходимость рынков к равновесию исчезнет, однако и слишком сложной модели поведения не требуется.

В качестве вариантов модели поведения могут быть использованы стратегии автоматической торговли (роботы), которые студентам ФУПМ в рамках курса по экспериментальной экономике предлагалось написать и использовать в автоматическом режиме на учебных торговых сессиях после того, как они лично приняли участие в соответствующих лабораторных рынках.

После формирования популяции роботов (формализованных моделей поведения), достаточной для проявления эффекта выявления информации, можно переходить к задаче настройки параметров по результатам лабораторных рынков.

Первоначально (см. [2]) предполагалось использовать однородную популяцию роботов с одинаковой моделью поведения, однако проведенные эксперименты показали существенное влияние психологического типа участника на его поведение во время экспериментов. В связи с этим все участники до торговой сессии проходили компьютерное тестирование по методикам из [2]. Учет психологических типов важен как при подготовке участников экспериментов, так и при выделении параметров индивидуального поведения. Наиболее существенными параметрами оказались: активность действий и отношение к риску.

После каждого эксперимента остается хронометрическая запись действий всех участников, а также вся дополнительная информация, которая позволяет полностью воспроизвести ход торгов и дать оценку каждому действию каждого из участников.

Все действия участников в данных экспериментах можно разделить на следующие категории:

1. ошибка, т.е. заведомо неудачное действие, ведущее к потерям,
2. использование ошибки другого участника с выигрышем для себя,
3. действие с допустимым риском, принесшее выигрыш,
4. действие с допустимым риском, принесшее проигрыш.

Нужно отметить, что несмотря на подробный инструктаж до эксперимента и относительно несложные условия самой торговой сессии полностью избавиться от ошибок части участников эксперимента так и не удастся. Одна из причин этого явления состоит в том, что пока участники наших лабораторных рынков не были финансово мотивированы. Мировой опыт проведения экспериментов показал, что даже небольшая финансовая мотивация, когда участник получает вознаграждение пропорционально набранному в эксперименте очкам, существенно дисциплинирует участников, и ошибки практически исчезают. При большом проценте ошибок слабых участников, сильным участникам нет смысла рисковать, пока можно заработать на использовании чужих ошибок.

Первые две категории действий практически исчезают, если увеличить количество попыток, из которых состоит каждый эксперимент. Только после этого начинается реальное выявление информации. Здесь можно говорить об ограниченной рациональности участников в том смысле, что каждый из них пользуется некоторым эвристическим правилом для решения двух основных задач: (1) задача прогноза стоимости торгуемого актива; (2) использование прогноза для получения выигрыша.

Для контроля навыков решения задачи прогноза торги на некоторое время приостанавливались, и участникам предлагалось записать свой прогноз. После окончания попытки фиксировалось количество участников, сделавших правильный прогноз. Постепенно количество участников, сделавших правильный прогноз возрастало.

Для успешного использования прогноза, участнику нужно его сделать раньше других, иначе на правильном прогнозе ничего не заработаешь. Тут возникает дилемма: дать прогноз как можно раньше и на этой основе попытаться заработать, либо не спешить с прогнозом. Эту дилемму каждый участник решает для себя самостоятельно.

На модельном уровне априорная информация участника представляется как вероятностное распределение (на конечном множестве сценариев). Торговые действия (заявки на покупку или продажу и заключенные сделки) можно рассматривать как дополнительные наблюдения, которые позволяют пересчитать априорное распределение с учетом новой информации. Однако такой пересчет возможен лишь в предположении о хотя бы ограниченной рациональности других участников. Например, участник может совершить (и такие примеры имеются) ошибку, которую нельзя однозначно отнести к первой категории, но которая может дезориентировать рынок как ложный сигнал. Другой пример, когда продвинутый участник эксперимента намеренно подает своими торговыми действиями ложные сигналы рынку, чтобы попытаться получить на этом выигрыш. Нужно, правда, отметить, что хотя такие попытки в наших экспериментах были, они крайне редко приводили к успеху.

Итак, на модельном уровне информированность участника в виде субъективного вероятностного распределения на множестве сценариев определяет его действия. Наблюдения за действиями всего рынка модифицируют информированность участников. Под сходимостью рынка в слабом смысле понимается сходимость цен сделок к равновесию с рациональными ожиданиями (как если бы вся приватная информация стала бы общедоступной). Под сходимостью в сильном смысле понимается сходимость субъективных распределений всех участников к такому, когда истинному сценарию приписывается вероятность 1. Проверить это можно, остановив торги за несколько секунд до окончания и попросить всех «проголосовать» за то, какой сценарий реализуется. Сильная сходимость соответствует единогласному голосованию за истинный сценарий.

Работа поддержана грантом РФФИ № 04-01-00562.

Литература

1. Дж. О'Брайен, С. Шривастава «Финансовый анализ и торговля ценными бумагами», из-во «Дело», 1995.
2. И.С. Меньшиков, А.В. Першин "Информационная эффективность двойного аукциона", изд-во ВЦ им. А.А. Дородницына РАН, 2002.
3. О.Р. Меньшикова «Использование психологических тестов для повышения эффективности обучения по программе FAST», Соционика, психология и межличностные отношения, май-июнь, 2001.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕНАРИЯ ПЕРЕХОДА К ХАОСУ В МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Ю.В. Огинова

Московский физико-технический институт (государственный университет)

В настоящее время существуют различные точки зрения на число и характер сценариев перехода к хаосу. Пока традиционным является положение как минимум о трех различных сценариях. О них можно прочесть, например, в [1-4].

Однако исследования, проводимые в последние годы в лаборатории нелинейной и хаотической динамики Института системного анализа РАН и на кафедре нелинейных динамических систем Московского государственного университета, показывают, что в нелинейных диссипативных динамических системах, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями, реализуется один универсальный сценарий перехода к хаосу [5]. Показано, что система переходит к хаосу через каскады бифуркаций удвоения периода (каскад Фейгенбаума), субгармонический и затем гомоклинический каскады мягких бифуркаций устойчивых предельных циклов. Каскад Фейгенбаума можно обнаружить во многих нелинейных динамических системах, имеющих хаотическое поведение. Этот каскад приводит к возникновению нерегулярного аттрактора Фейгенбаума. Как правило, каскад Фейгенбаума является начальной стадией других, более сложных каскадов бифуркаций, ведущих к возникновению более сложных хаотических аттракторов. При дальнейшем увеличении бифуркационного параметра в системе происходит рождение устойчивых предельных циклов любого периода в соответствии со сценарием, найденным Шарковским [6]. Им было доказано, что существует отношение, которое упорядочивает циклы по величине их периода следующим образом:

$$1 \triangleleft 2 \triangleleft 2^2 \triangleleft 2^3 \triangleleft \dots \triangleleft 2^2 \cdot 7 \triangleleft 2^2 \cdot 5 \triangleleft 2^2 \cdot 3 \triangleleft \dots$$

$$\dots \triangleleft 2 \cdot 7 \triangleleft 2 \cdot 5 \triangleleft 2 \cdot 3 \triangleleft \dots \triangleleft 9 \triangleleft 7 \triangleleft 5 \triangleleft 3. (1)$$

Первое соотношение в этом ряду означает, что если одномерное непрерывное отображение имеет цикл удвоенного периода, то оно имеет и простой цикл. Самым сложным в этом ряду является цикл периода три. Существование такого цикла означает также и существование любого цикла любого периода из ряда (1).

Оказалось [5], что не только порядок Фейгенбаума, но и порядок Шарковского имеет место для типичного каскада бифуркаций устойчивых циклов нелинейных динамических систем, описываемых дифференциальными уравнениями.

В работе представлено численное исследование трехмерной системы дифференциальных уравнений, моделирующей замкнутую трофическую цепь в экологии.

$$\begin{aligned} dx/dt &= x (-0,1 - \alpha(-C + x + y + z) - y / (5 + x)) \\ dy/dt &= y (-0,2 + x / (5 + x) - z / (5 + y)) (1) \\ dz/dt &= z (-0,2 + y / (5 + y)). \end{aligned}$$

Данная система частично исследована в [2]. Здесь x , y и z есть биомассы трех различных видов, C – бифуркационный параметр, обозначающий суммарное количество вещества в экосистеме, остающееся постоянным. Численные расчеты проводились с использованием метода Рунге-Кутты 4-го порядка. Значение параметра $\alpha = 0,34$. С увеличением параметра C в системе наблюдался каскад бифуркаций удвоения периода, после которого был получен аттрактор Фейгенбаума. При дальнейшем увеличении бифуркационного параметра C в системе возникают циклы различных периодов, перемежающихся с полностью хаотизированными траекториями. При значении $C = 38,629$ был найден цикл периода три. Это является подтверждением наличия порядка Шарковского и в этой системе. При дальнейшем увеличении C можно наблюдать каскад бифуркаций удвоений периода цикла периода три (и, скорее всего, всех остальных циклов периодов в порядке (1)). Таким образом, данное исследование подтверждает гипотезу единого и единственного сценария перехода к хаосу в нелинейных диссипативных системах дифференциальных уравнений.

Литература

1. *Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б.* Современные проблемы нелинейной динамики. - М.: Едиториал УРСС, 2002, 360 с.
2. *Свирижев Ю.М.* Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 368 с.
3. *Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003, 320 с.
4. *Чуличков А.И.* Математические модели нелинейной динамики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 296 с.
5. *Магницкий Н.А., Сидоров С.В.* Новые методы хаотической динамики. - М.: Едиториал УРСС, 2004, 320 с.
6. *Шарковский А.Н.* Существование циклов непрерывного преобразования прямой в себя. // Укр. мат. журн., 1964, т. 26 No 1, с. 61-71.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ С БЕЗУСЛОВНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ

Е.В.Бурнаев
drazil@list.ru

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Большинство подходов к моделированию экономических временных рядов основано на предположении, что вероятностные свойства процесса, лежащего в основе данного временного ряда, не зависят от времени. Хотя это предположение и весьма полезно для построения простейших моделей, на практике оно не всегда дает удовлетворительные результаты. В большинстве случаев в экономике временные ряды являются нестационарными (имеют изменяющиеся во времени моменты второго порядка). В работе предложена модель с безусловной нестационарной дисперсией, отражающая эволюционирование экономики во времени. Применение “стационарных” инструментов (например, выборочной ковариации) вызывает появление “ложных” особенностей у нестационарных временных рядов и, поэтому, не имеет смысла. Предложенная в работе модель ясно это показывает.

Процесс с безусловной нестационарной дисперсией. $X_{t,T}$ - процесс с безусловной нестационарной дисперсией, если он представим в виде $X_{t,T} = \sigma(t/T)Y_t, t = 0, \dots, T-1$, где $\sigma(z) \geq 0, z \in [0,1]$ - детерминированная функция - безусловная дисперсия, $Y_t, t = 0, 1, \dots$ - стационарный процесс с нулевым средним и единичной дисперсией, T - длина известной реализации $X_{t,T}$. В определение процесса используется подход, называемый переградуировкой времени. Он определяет две временные шкалы: $t \in [0, T-1]$ и $z \in [0,1]$, между которыми есть взаимнооднозначное соответствие $z = t/T$. Переградуировка времени позволяет сделать вывод об асимптотических свойствах функции $\sigma(z)$. Действительно, допустим, что на некотором малом интервале длины $\tau < 1$ функция $\sigma(z)$ постоянна. Тогда её значение можно оценить, используя $\tau \cdot T$ значений $X_{t,T}$. Поэтому, если T возрастает, увеличивается и количество значений ряда $X_{t,T}$ для оценки $\sigma(z)$ на этом интервале.

Предположение 1. $\exists L > 0: |\sigma^2(z_1) - \sigma^2(z_2)| \leq L|z_1 - z_2|; 0 < L, 0 \leq z_1, z_2 < 1$.

Предложение 1. Будем оценивать $\sigma(z), z \in [0,1]$ в точках $z = t/T$ как $\hat{\sigma}^2(t/T) = X_{t,T}^2$.

Утверждение 1. $E\{\hat{\sigma}^2(t/T)\} = \sigma^2(t/T), Var\{\hat{\sigma}^2(t/T)\} = \sigma^2(t/T)(\zeta_2 - 1)$, где ζ_2 - эксцесс $X_{t,T} \Rightarrow \hat{\sigma}^2(t/T)$ - несмещенная, но не состоятельная оценка, поэтому её надо сгладить.

Тест на стационарность ковариационной последовательности (CUSUM тест)

$H_0: X_t$ - процесс со стационарной ковариационной последовательностью. Пусть

$\gamma_j^{X^2}, j = 0, \dots$ - ковариационная последовательность ряда $X_t^2, \nu = \gamma_0^{X^2} + 2 \sum_{j=1}^{\infty} \gamma_j^{X^2}$,

$\tilde{\sigma}^2 = T^{-1} \sum_{t=0}^{T-1} (X_t - \bar{X})^2$. Оценка ν есть $\hat{\nu} = \hat{\gamma}_0^{X^2} + 2 \sum_{j=1}^l (1 - j/(l+1)) \hat{\gamma}_j^{X^2}$, где

$\hat{\gamma}_j^{X^2} = T^{-1} \sum_{t=0}^{T-1-j} X_t^2 X_{t+j}^2 - (\bar{X^2})^2, \bar{X^2} = T^{-1} \sum_{t=0}^{T-1} X_t^2, l = O(T^{1/4})$. Тогда в условиях

гипотезы H_0 для статистики $\psi(r) = 1/\sqrt{T\nu} \cdot \sum_{t=0}^{[Tr]} (X_t^2 - \tilde{\sigma}^2)$, $r \in (0,1)$ выполняется, что $P(\psi(r) \leq c) = P(\xi(r) \leq c)$, где $\xi(r) \sim N(0, r \cdot (1-r))$ (см. [1]). Пусть $c_\alpha^+(r)$ и $c_\alpha^-(r)$ есть α -квантили распределения $N(0, r \cdot (1-r)), r \in (0,1)$. Если $\psi(r)$ содержится в доверительном интервале $[c_\alpha^-(r), c_\alpha^+(r)]$, то H_0 не отклоняется с уровнем значимости α . Если $\psi(r)$

пересекает кривую $c_{\alpha}^{+}(r)$ или $c_{\alpha}^{-}(r)$, то H_0 отклоняется. В этом случае определим число $\delta = \max_{r \in (0,1)} (|\psi(r)| - c_{\alpha}^{+}(r))$.

Исследуемые ряды финансовых индексов.

DJI-30. Industrial Dow Jones – 30. Данные с 27.12.1993 по 19.03.2004 (2595 отсчетов).

Nas-100. Nasdaq -100. Данные с 27.12.1993 по 19.03.2004 (2595 отсчетов).

SP-500. S&P – 500. Данные с 27.12.1993 по 19.03.2004 (2595 отсчетов).

Алгоритм обработки временного ряда.

1) Из исследуемого ряда необходимо удалить тренд. Для рядов индексов делается преобразование $X_t = \ln(D_t / D_{t-1})$, где D_t - значение индекса.

2) К ряду $X_{t,T}$ применяется CUSUM тест, подсчитывается его эмпирический эксцесс.

3) Оценивается нестационарная дисперсия $\hat{\sigma}^2(t/T)$ (см. предложение 1).

4) Определяется нормированный временной ряд $\hat{X}_{t,T} = X_{t,T} / \hat{\sigma}(t/T)$.

5) К нормированному ряду $\hat{X}_{t,T}$ применяется CUSUM тест, подсчитывается его эксцесс.

При применении CUSUM теста уровень значимости равнялся $\alpha = 0.01$, $l = 20$. Результаты представлены в таблице 1. Если тест не отвергал H_0 , то это отмечалось символом “st”, в противном случае в таблице указывалось значение числа δ .

	CUSUM ($X_{t,T}$)	эксцесс $\varsigma_2(X_{t,T})$	CUSUM ($\hat{X}_{t,T}$)	эксцесс $\varsigma_2(\hat{X}_{t,T})$
DJI-30	1.154	5.84	st	3.36
Nas-100	2.007	5.29	st	2.95
SP-500	1.485	5.17	st	3.08

Таблица 1. Результаты расчетов

Обсуждение результатов.

Для всех рядов CUSUM тест отверг гипотезу о стационарности. Для нормированных рядов опытные данные гипотезе о стационарности не противоречат. Это подтверждает правомерность предложенной модели. Подсчитанный для нормированных рядов эксцесс показывает, что только для первого ряда распределение имеет тяжёлые хвосты.

Объяснение эмпирических фактов на основе предложенной модели.

Эмпирически выявлено, что у финансовых рядов есть следующие особенности:

1) эмпирическая функция распределения имеет “тяжелые” хвосты, 2) выборочная корреляция незначительна, 3) выборочная корреляция квадратов членов ряда значительна, 4) наблюдается кластеризация дисперсии. Левый столбец рисунка 3 прекрасно иллюстрирует перечисленные особенности финансовых рядов. Правый столбец рисунка 3 показывает, что на самом деле эти особенности являются следствием применения “стационарных” инструментов (таких, как выборочная ковариация) к анализу нестационарного ряда. Предложенная модель с безусловной нестационарной дисперсией даёт до некоторой степени эвристическое объяснение этому факту.

Предположение 2. Пусть $Y_t \sim AR(1)$, то есть $Y_t = \alpha Y_{t-1} + \varepsilon_t$, где $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2)$, $|\alpha| < 1$.

Утверждения 2, 3, 4 можно доказать и для более общих стационарных процессов Y_t .

Утверждение 2. Пусть $\mu_{2,T}^X = 1/T \cdot \sum_{t=0}^{T-1} X_{t,T}^2$ и $\mu_{4,T}^X = 1/T \cdot \sum_{t=0}^{T-1} X_{t,T}^4$ - выборочные второй и четвертый моменты, соответственно. Тогда

$$E\{\mu_{4,T}^X\} = 3 \cdot (E\{\mu_{2,T}^X\})^2 + 3/T \cdot \sum_{t=0}^{T-1} (\sigma^2(t/T) - 1/T \cdot \sum_{s=0}^{T-1} \sigma^2(s/T))^2.$$

Таким образом, только для процесса с постоянной дисперсией $\varsigma_2 = E\{X_{t,T}^4\} / (E\{X_{t,T}^2\})^2 = 3$.

Поэтому “тяжёлые” хвосты распределения есть следствие изменяющейся дисперсии.

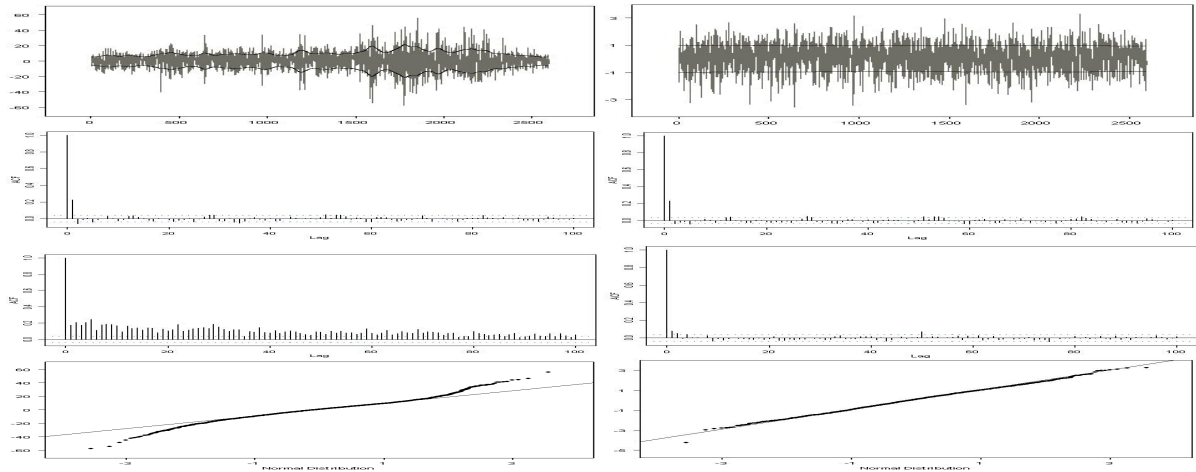


Рис.3. Левый столбец, сверху вниз: ряд X_t (Nas-100) с оценкой дисперсии $\hat{\sigma}_t$, выборочная корреляция X_t , выборочная корреляция X_t^2 , квантиль-квантиль график X_t .

Правый столбец, сверху вниз: ряд $\hat{X}_t = X_t/\hat{\sigma}_t$ с оценкой дисперсии, выборочная корреляция $\hat{X}_t$, выборочная корреляция $\hat{X}_t^2$, квантиль-квантиль график $\hat{X}_t$.

Утверждение 3. Пусть $\hat{\gamma}_j^X = T^{-1} \sum_{t=0}^{T-1-j} X_{t,T} X_{t+j,T} - (\bar{X})^2$ - выборочная ковариация X_t , тогда $E\{\hat{\gamma}_j^X\} = \rho(j) + O(j(j+T)/T^2)$, $\rho(j) + O(1/T^2)$, где $\rho(j)$ - корреляция процесса Y_t . Значит, выборочная ковариация действительно очень быстро спадает до нуля.

Утверждение 4. Пусть $\hat{\gamma}_j^{X^2}$ - выборочная ковариация ряда $X_{t,T}^2$. Тогда

$$E\{\hat{\gamma}_j^{X^2}\} = T^{-1} \sum_{t=0}^{T-1} (\sigma^2(t/T) - T^{-1} \sum_{s=0}^{T-1} \sigma^2(s/T)) + 2T^{-1} \rho^2(j) \sum_{t=0}^{T-1} \sigma^4(t/T) + O(j/T).$$

Следовательно, из-за первого слагаемого (оно равно нулю, только если дисперсия постоянна) корреляция квадратов членов ряда $X_{t,T}$ значительна и не спадает до нуля. Поскольку $\text{cov}\{X_{t,T}^2, X_{t+j,T}^2\} = 2\sigma^4(t/T)\rho^2(j) + O(j/T)$, то второе слагаемое искажает информацию о реальной локальной ковариации ряда $X_{t,T}^2$, усредняя её по времени.

Кластеризация дисперсии является одним из свойств предложенной модели.

Заключение. В работе предложен метод для моделирования финансовых временных рядов в случае, если предположение о постоянстве ковариационной последовательности отвергается тестом. Для этого определяется процесс, составленный из стационарного процесса, модулируемого зависящей от времени дисперсией. В модели необходима оценка безусловной дисперсии. Предложенный метод оценки требует выбора параметра для сглаживания. Эмпирические исследования показали, что модель дает устойчивые результаты по отношению к выбору параметра для сглаживания. На основе модели, было предложено теоретическое объяснение некоторым известным особенностям финансовых рядов. По всей видимости, “тяжелые” хвосты эмпирического распределения, незначительные корреляции между членами ряда и значительные корреляции между квадратами членов ряда – эффекты, вызванные применением “стационарных” инструментов (например, выборочной ковариации) к анализу нестационарных рядов. Опытные данные подтвердили это предположение. Лишь в случае нормированного ряда DJI-30 эксцесс оказался значительно больше 3. Одна из причин этого – слишком грубая оценка нестационарной дисперсии.

Литература

1. A.R. Pagan, G.W. Schwert “Testing for covariance stationarity in stock market data”, Econ. Letters, 33:165-170, 1990.

АППРОКСИМАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА С ПОМОЩЬЮ ЛОКАЛЬНО СТАЦИОНАРНОГО ВЕЙВЛЕТ ПРОЦЕССА

Е.В.Бурнаев
drazil@list.ru

Московский физико-технический институт (государственный университет)

В работе исследован подход к анализу нестационарного временного ряда, который заключается в аппроксимации этого ряда стационарной моделью на основе вейвлетов и переградуировки времени в пределах небольшого отрезка наблюдений.

Дискретные стационарные вейвлеты. Пусть $h = \{h_k\}_{k \in \mathbb{Z}}$ и $g = \{g_k\}_{k \in \mathbb{Z}}$ - вейвлет и масштабный фильтры соответственно (см. [2]). Пусть H, G и Z - низкочастотный, высокочастотный и нулевой операторы соответственно, так что для последовательности $\{u_n\}_{n \in \mathbb{Z}} \rightarrow (Hu)_{k \in \mathbb{Z}} = \sum_{n \in \mathbb{Z}} h_{n-k} u_n$, $(Gu)_{k \in \mathbb{Z}} = \sum_{n \in \mathbb{Z}} g_{n-k} u_n$, $(Zu)_{2k} = u_k$ и $(Zu)_{2k+1} = 0$. Пусть оператор $H^{[r]}$ отличается от оператора H тем, что имеет веса $Z^r h$, то есть $h_{2^r j}^{[r]} = h_j$, $h_k^{[r]} = 0$ для k не кратного 2^r . Аналогично определяется оператор $G^{[r]}$. Тогда вейвлет коэффициенты масштаба $j \leq -1$ последовательности $\{u_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ равны $\bar{d}_j = G^{[-j-1]} H^{[-j-2]} \dots H^{[0]} \bar{u} = \bar{W}_j \bar{u}$, где $\bar{u} = \{u_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ и $\bar{d}_j$ - вектора, а $\bar{W}_j$ - матрица. Так определяется дискретное стационарное вейвлет преобразование (ДСВП). Если длина $\{u_n\}_{n \in \mathbb{Z}}$ равна N , то для вейвлетов с компактным носителем матрица $\bar{W}_j$ имеет размеры $N \times N$. У ДСВП строки матрицы $\bar{W}_j$ отличаются друг от друга циклическим сдвигом на 1. Обозначим ψ_j - вектор ненулевых элементов первой строки матрицы $\bar{W}_j$, $\psi_{j,k}$ - k -й элемент вектора, а $\psi_{j,k}(t) = \psi_{j,k-t} - k$ -й элемент вектора, сдвинутый на целое число t . Для вейвлета Хаара $\psi_{-1} = (1/\sqrt{2}; -1/\sqrt{2})$, $\psi_{-2} = (1/2; 1/2; -1/2; -1/2)$, и.т.д. Элементы вектора $\psi_j, j = -1, -2, \dots$ получаются по формуле $\psi_{j,k} = \sum_n g_{k-2^n} \tilde{h}_{j,n}$, где $\tilde{h}_{j-1,n} = \sum_k h_{n-2^k} \tilde{h}_{j,k}$ и $\tilde{h}_{-1,k} = h_k$.

Локально стационарный вейвлет процесс (ЛСВ процесс). Последовательность дважды индексированных стохастических процессов $X_{t,T}$ принадлежит классу локально стационарных вейвлет процессов в смысле среднего квадратичного, если

$$X_{t,T} = \sum_{j=-\infty}^{-1} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} w_{j,k;T} \psi_{j,k}(t) \xi_{j,k}$$
 где $\xi_{j,k}$ - одинаково распределенные случайные величины с нулевым средним значением и $\text{cov}(\xi_{j,k}, \xi_{l,n}) = \delta_{j,l} \delta_{k,n}$. Считаем, что доступна реализация $X_{t,T}$ с $t = 0, \dots, T-1$, которая соответствует $J(T) = [\log_2 T]$ масштабам.

Вейвлет спектр. Постулируется существование липшицевой функции $S_j(z)$ - вейвлет спектр масштаба $j \in \mathbb{Z}^-$, обладающей следующими свойствами. $S_j(z) = S_j(0)$ для $z < 0$, $S_j(z) = S_j(1)$ для $z > 1$, $\sum_{j=-\infty}^{-1} S_j < \infty$. Для константы Липшица $\hat{L}_j$ выполняется, что $\exists \hat{L}_0 : \forall j \leq -1 \rightarrow \hat{L}_j 2^{-j} \leq \hat{L}_0$. Для $\forall k : k/T \in [0,1) \forall j \in \mathbb{Z}^- \exists C_j, \sum_{j \in \mathbb{Z}^-} C_j < \infty \rightarrow \sup_k |S_j(k/T) - w_{j,k;T}^2| \leq C_j / T$. $S_j(k/T) \approx w_{j,k;T}^2$ - измеряет мощность процесса на масштабе j и местоположении k . В определение $S_j(z)$ использовалось понятие переградуировки времени $z = k/T \in [0,1)$, $k = 0, \dots, T-1$. При $T \rightarrow \infty$ мы получаем всё

возрастающее количество информации о локальной структуре $S_j(k/T)$, что позволяет определить асимптотические свойства изменяющихся во времени моментов второго порядка. По заданному ЛСВ процессу вейвлет спектр определяется однозначно (см. [3]). Предложено более общее, чем в [3], определение ЛСВ. Это дало возможность включить в класс ЛСВ процессов некоторые полезные виды нестационарных процессов.

Локальная автоковариация (ЛАКФ). Пусть $c_T(z, \tau) = \text{cov}(X_{[zT],T}; X_{[zT]+\tau,T})$, $\tau \in Z$,

$z \in [0,1)$. Определим локальную автоковариацию как $c(z, \tau) = \sum_{j=-\infty}^{-1} S_j(z) \Psi_j(\tau)$, где $\Psi_j(\tau) = \sum_k \psi_{j,k}(0) \psi_{j,k}(\tau)$.

Утверждение 1. $\|c_T(z, \tau) - c(z, \tau)\|_{l_\infty} = O(T^{-1} \log_2 T)$. Между ЛАКФ и вейвлет спектром есть взаимно-однозначное соответствие $S_j(z) = \sum_l A_{j,l}^{-1} \sum_\tau c(z, \tau) \Psi_l(\tau) \forall j \in Z^-$, где $A_{j,l}^{-1}$ - элемент обратной матрицы к матрице $A = (A_{j,l})_{j,l=-1,-2,\dots}$ с $A_{j,l} = \sum_\tau \Psi_j(\tau) \Psi_l(\tau)$.

Вейвлет передиограмма.

Предложение 1. Оценка вейвлет спектра масштаба j в точке k/T , $k = 0, \dots, T-1$, $j = -1, \dots, -J(T)$ дается вейвлет передиограммой $I_{k,T}^j = \left(\sum_{t=1}^T X_{t,T} \psi_{j,k}(t) \right)^2$.

Утверждение 2. $E\{I_{k,T}^j\} = \sum_{i=-\infty}^{-1} S_i(k/T) A_{i,j} + O(2^{-j} T^{-1} \log_2 T)$,

$\text{cov}\{I_{p,T}^j, I_{q,T}^l\} = 2 \left[\sum_\tau c((p+q)/2T, \tau) \sum_s \psi_{j,p}(s-\tau) \psi_{l,q}(s) \right]^2 + O(2^{-(j+l)} T^{-1} \log_2(T))$.

Таким образом, $\bar{S}_j(k/T) = \sum_{i=-J(T)}^{-1} I_{k,T}^i A_{ji}^{-1}$ есть несмещенная оценка спектра в точках $z = k/T$. Для состоятельной оценки функцию $\bar{S}_j(z)$ надо сгладить.

Сглаживание вейвлет передиограммы.

1. Постановка задачи. Дано n зашумленных значений функции $f: y_i = f(t_i) + z_i, i = 1, \dots, n$, где $t_i = i/n, z_i \sim N(0, \sigma^2)$. Априорно известно, что f лежит в некотором классе функций F . Требуется найти такую оценку $\hat{f}$, что $\hat{f} = \arg \inf_{\hat{f}} \sup_{f \in F} R(\hat{f}, f)$, где $R(\hat{f}, f) = E \|\hat{f} - f\|_{L_2}^2$. Оказывается верно (см. [1])

Утверждение 3. Пусть F - шар в пространстве Бесова $B_{p,q}^\sigma$ с $\sigma \geq 1/p$ и $1 \leq p, q \leq \infty$, $f \in F$. Тогда $R(\hat{f}, f) \propto n^{-r}$, где $r = (2\sigma)/(2\sigma + 1), n \rightarrow \infty$.

2. Алгоритм сглаживания: **1)** Считаются коэффициенты дискретного вейвлет преобразования (ДВП, см. [2]) n зашумленных значений функции f .

2) Вейвлет коэффициенты подвергаются нелинейной пороговой классификации, то есть если θ_i - i -й вейвлет коэффициент, то его пороговая оценка есть $\delta^{ht}(\theta_i) = \{0, |\theta_i| < \delta; \theta_i, |\theta_i| \geq \delta\}$ или $\delta^{st}(\theta_i) = \text{sign}\{\theta_i\}(|\theta_i| - \delta)_+$, где δ - пороговое значение.

3) Делается обратное вейвлет преобразование.

Алгоритм не дает наилучшую скорость сходимости в смысле утверждения 3. Скорость сходимости будет “почти наилучшей” - она пропорциональна $\ln(n)n^{-r}$ (см. [1]).

3. Определение величины порога. Для сглаживания будем использовать ДВП с ортонормальным вейвлет базисом $\{\tilde{\varphi}_{l_0,m}(z), \tilde{\psi}_{l,m}(z)\}$ пространства $L_2[0,1]$, где $\tilde{\psi}_{lm}(z) = 2^{l/2} \tilde{\psi}(2^l z - m), l = l_0, \dots, J(T), l_0$ - самый грубый масштаб, $m = 0, \dots, 2^l - 1, z \in [0,1)$. Эмпирические вейвлет коэффициенты равны $\tilde{\alpha}_{l,m}^j = 1/T \sum_{k=0}^{T-1} \bar{S}_j(k/T) \tilde{\psi}_{l,m}(k/T)$, при этом $\bar{S}_j(k/T) = \sum_l \sum_m \tilde{\alpha}_{l,m}^j \tilde{\psi}_{l,m}(k/T), k = 0, \dots, T-1$, где $\tilde{\psi}_{l_0,m} = \tilde{\varphi}_{l_0,m}$.

Предположения: 1) $\sup_{1 \leq t_1 < \infty} \left\{ \sum_{t_2, \dots, t_k=1}^{\infty} \left| \text{cum}(X_{t_1}, \dots, X_{t_k}) \right| \right\} \leq C_1^k (k!)^{1+\gamma}$ для $\forall k = 2, \dots$ и

некоторого $C_1, \gamma \geq 0$. **2)** $TV_{[0,1]} \{S_j(z)\} \leq C_2, \|S_j(z)\|_{L_\infty} \leq C_3$. **3)** для $\forall r > m$ $\tilde{\varphi}_{l_0,m}(z)$ образует r -регулярный кратномасштабный анализ (см.[2]).

Утверждение 4. Пусть выполняются предположения с первого по третье. Тогда

$E\{\tilde{\alpha}_{lm}^j\} = \alpha_{lm}^j + O(2^{l/2+j} \cdot T^{-3/2} \cdot \log_2 T)$. Если $\xi_{j,k} \sim N(0,1)$, то равномерно по m

$$\sigma_{l,m}^2 = \text{var}\{\tilde{\alpha}_{l,m}^j\} = 2 \cdot \sum_{i,r=-J(T)}^{-1} A_{j,i}^{-1} A_{j,r}^{-1} \cdot \int_0^1 \int_0^1 \left(\sum_{n=-\infty}^{-1} S_n \left(\frac{z_1 + z_2}{2} \right) \sum_{t,s} \Psi_n([(z_2 - z_1) \cdot T] + t - s) \psi_{l,t} \psi_{r,s} \right)^2 \times \\ \times \tilde{\psi}_{l,m}(z_1) \tilde{\psi}_{l,m}(z_2) dz_1 dz_2 + O(2^{l+j} T^{-2} \log_2 T)$$

Если $\exists \tilde{C} > 0: \sigma_{l,m}^2 \geq \tilde{C} \cdot T^{-1}$, то $|cum_p \{\tilde{\alpha}_{l,m}^j / \sigma_{l,m}\}| \leq \tilde{C}_1^{2p} (2p!)^{1+\gamma} (2^{l/2} (1/T))^{(p-4)/2}$

при $\forall p \geq 5$ равномерно по $(l, m) \in \Lambda_T$, где $\Lambda_T = \{(l, m) \mid 2^l \leq CT^{1-\alpha}, m \in (0, \dots, 2^l - 1)\}$ для подходящих $0 < \tilde{C}_1, C < \infty$ и $0 < \alpha \leq 1/3$.

Пусть некоторое $C_0 > 0$, $\sigma_T = \max \left\{ \max_{(l,m) \in \Lambda_T} \{\sigma_{l,m}\}, C_0 T^{-1/2} \right\}$ и $\theta_{l,m} \sim N(0, \sigma_T^2 - \sigma_{l,m}^2)$.

Утверждение 5. Если выполнены предположения 1-3, то

$P(\pm((\tilde{\alpha}_{l,m}^j + \theta_{l,m}) - \alpha_{l,m}^j) / \sigma_T \geq x) = (1 - \Phi(x)) \cdot (1 + o(1))$ равномерно по $(l, m) \in \Lambda_T$ для $-\infty < x \leq \Delta_\gamma$, где $\Delta_\gamma = o(\Delta^{1/(3+4\gamma)})$ и $\Delta = T^{\alpha/2} (\ln T)^{-1}$.

Таким образом, модель с нормальным шумом правомерна.

Предложение 2. В качестве порогового значения δ берем $\delta^2 = 2 \cdot T^{-1} \cdot \ln^2(T) \text{var}\{\tilde{\alpha}_{lm}^j\}$.

Утверждение 6. Пусть $\tilde{f}$ - зашумленная функция f , $\delta(\tilde{f})$ - оценка f согласно алгоритму. Если $f(z) = S_j(z) \in F$ - шар в пространстве Бесова $B_{p,q}^\sigma$ и выполняются предположения 1-3, то для порогового значения из предложения 2 выполняется, что $\sup_{f \in F} \left\{ E \|\delta(\tilde{f}) - f\|_{L_2[0,1]}^2 \right\} = O((T^{-1} \ln(T))^{2\sigma/(2\sigma+1)})$.

Значит, удалось получить “почти наилучшую” скорость сходимости.

Оценка ЛАКФ.

Предложение 3. $\hat{c}(k/T, \tau) = \sum_{j=-J(T)}^{-1} \hat{S}_j(k/T) \Psi_j(\tau)$, $k, \tau = 0, \dots, T-1$ - оценка ЛАКФ, где $\hat{S}_j(k/T)$ - несмещенная и сглаженная оценка вейвлет спектра.

Утверждение 7. $E \|\hat{c}(z, \tau) - c(z, \tau)\|_{L_2[0,1]}^2 = o(1), T \rightarrow \infty$.

Если $\forall j \in Z^-, j < -J(T) \exists z_j \in [0,1]: S_j(z_j) = 0$, то

$$E \|\hat{c}(z, \tau) - c(z, \tau)\|_{L_2[0,1]} = O(\log_2^2 T \cdot (T^{-1} \cdot \ln T)^{2/3}).$$

Заключение. В работе рассмотрена теория, позволяющая аппроксимировать нестационарный временной ряд с помощью локализованных по времени и масштабу вейвлет - блоков. Подход позволяет оценить, как ковариационная последовательность изменяется по времени. Удастся оценить вейвлет спектр, который показывает, какие масштабы и в какой период времени активны (каждый масштаб соответствует определенному интервалу частот).

Литература

1. D.L. Donoho, I.M. Johnstone “Minimax estimation via wavelet shrinkage”, Tech.rep.No.402, Department of Statistics, Stanford University, 1992
2. S. Mallat “A wavelet tour of signal processing”, Academic Press, 1998.
3. R. von Sachs, G.P. Nason, G. Kroisandt “Adaptive estimation of the evolutionary wavelet spectrum”, Tech. rep. 516, Dep. of Stat., Stanford University, CA, 1997.

НЕКОТОРЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛТЕРОВИЧА – ХЕНКИНА.

М.И. Рыкова

m_m@mail.ru

Российский университет дружбы народов

В.М. Полтеровичем и Г.М. Хенкиным была предложена модель технологического развития отрасли [1]. В модели отрасль представлена распределением предприятий по уровням технологической эффективности. Развитие отрасли описывается динамикой этого распределения. В качестве меры эффективности можно взять прибыль, дополнительный выпуск на единицу мощности, удельную зарплату и т.п. Уровни эффективности представлены дискретной величиной n , принимающей любые целые значения. $F_n(t)$ - доля предприятий, находящихся в момент времени t на уровнях с номерами не выше n . Считается, что каждая фирма, желая увеличить свою эффективность, может в каждый момент времени переходить только на ближайший более высокий уровень эффективности. Тогда убывание $F_n(t)$ происходит лишь за счет перехода предприятий n -го уровня на $(n+1)$ -й. Пусть в каждый момент времени доля $\varphi(F_n)$ фирм переходит с уровня n на уровень $n+1$. Функция $\varphi: [0,1] \rightarrow R^1$ описывает интенсивность перехода на следующий уровень эффективности. Следующая система дифференциально-разностных уравнений описывает динамику распределения предприятий по уровням эффективности

$$dF_n / dt = \varphi(F_n)(F_{n-1} - F_n), \quad -\infty < n < \infty \quad (1)$$

Задача состоит в исследовании этой системы дифференциально-разностных уравнений с начальными условиями, удовлетворяющими неравенствам

$$0 \leq F_n(0) \leq 1, \quad \sum_{-\infty}^0 F_n(0) < \infty, \quad \sum_0^{\infty} (1 - F_n(0)) < \infty. \quad (2)$$

В.М. Полтеровичем, Г.М. Хенкиным и А.А. Шананиным в работах [1], [2] эта задача была аналитически исследована для различных видов функции интенсивности φ и выдвинута гипотеза для общего случая.

В этой работе представлен ряд вычислительных экспериментов, проведенных с целью проверки гипотезы. Они позволяют также сделать дополнительные предположения об асимптотическом поведении решений задачи Коши (1), (2) при $t \rightarrow \infty$.

Решение системы (1) называется волной, если $F_n(t) = F(n - ct - d)$, где c – скорость волны, d – сдвиг фаз. Введем функцию $\Psi(z) = \int_0^z \frac{dx}{\varphi(x)}$, $z \in [0;1]$. Пусть $\Psi_0(z)$ будет

верхней границей выпуклой оболочки множества $W = \{(z, v): v \leq \Psi(z), 0 \leq z \leq 1\}$;

$Conv W = \{(z, v): v \leq \Psi_0(z), 0 \leq z \leq 1\}$.

Множество $E = \{z: \Psi(z) < \Psi_0(z), 0 \leq z \leq 1\}$ - открыто и представляет собой объединение интервалов вида: $[0, b)$, (a_i, b_i) , $(a, 1]$ или $[0, 1]$. Пусть множество E состоит из конечного числа интервалов. Предположим что φ дифференцируемая на $[0, 1]$. Множество $E' = [0, 1] \setminus E$ - объединение конечного множества сегментов. Предполагаем, что E' не содержит внутренних изолированных точек. Пусть $b_0 = 0$, $b_N = 1$ и $b_i, i = 1, \dots, N-1$ концы всех этих интервалов внутри $[0, 1]$. Для каждого $\sigma_i = [b_i, b_{i+1}] \subset E'$ определим функцию, которую будем называть диффузией:

$$\Psi_i(n/t) = \begin{cases} b_i & \text{при } n \leq \varphi(b_i)t; \\ \varphi^{-1}(n/t), & \text{при } \varphi(b_i)t < n < \varphi(b_{i+1})t; \\ b_{i+1}, & \text{при } n \geq \varphi(b_{i+1})t. \end{cases}$$

Для каждого $\sigma_i \subset E$ существует соответствующая волна F^i со скоростью c_i .

$$\text{Если } N > 1 \text{ и } i \geq 1 \text{ тогда } c_i^{-1} = \frac{1}{b_{i+1} - b_i} \int_{b_i}^{b_{i+1}} \frac{dF}{\varphi(F)}.$$

Гипотеза состоит в том, что асимптотическое поведение решений (1), (2) выглядит как волна для множеств $\{(n,t) | F_n(t) \in \sigma_i\}$ если $\sigma_i \in E$ и как диффузия $\Psi_i(n,t)$ если $\sigma_i \in E'$.

Определим следующее семейство функций

$$\tilde{F}_n(t, \delta_1, \dots, \delta_N) = \sum_{\sigma_i \subset E} F^i(n - c_i t - \gamma_i \ln t + \delta_i) + \sum_{\sigma_i \in E'} \Psi_i(n/t) - \sum_{i=1}^{N-1} b_i,$$

$$\text{где } \gamma_i = \frac{1}{b_{i+1} - b_i} \left(\frac{\varphi(b_i)}{\varphi'(b_i)} - \frac{\varphi(b_{i+1})}{\varphi'(b_{i+1})} \right)$$

Пусть σ_0 и $\sigma_{N-1} \subset E'$. В этом случае гипотеза формулируется следующим образом.

Гипотеза. Если F_n решение (1), (2), тогда существуют $\delta_i, i=1, \dots, N$ такие, что

$$\sup_n |F_n(t) - \tilde{F}_n(t, \delta_1, \dots, \delta_N)| \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty.$$

Результаты вычислительных экспериментов.

1. Исследуется случай такой последовательности смены типов динамики распределения на интервалах σ_i : диффузия, волна, диффузия. Приведем два примера.

Будем рассматривать решения системы (1) с начальными условиями:

$$F_i(0) = \begin{cases} i/30, & i=0, 1, \dots, 30, \\ 1, & i=30, \dots \end{cases} \quad (\text{A})$$

1.1. Пусть $\varphi(x) = 4(x-0,1)^3 - 3(x-0,1)^2 + 0,48(x-0,1) + 0,2$ - кубическая парабола, $x \in [0; 1]$.

Согласно определению множества E , получаем $E = \sigma_2 = (b_1, b_2)$, где $b_1 \approx 0,086685$ и $b_2 \approx 0,60615$. Для σ_2 существует волна F со скоростью $c \approx 0,1930682134$.

Экспериментально полученная зависимость $\delta(t) = n(t) - ct - \gamma \ln t$, где $\gamma = -0,05708713$, при $F_n(t) \approx 0,1$ и при $F_n(t) \approx 0,3$ ($0,1$ и $0,3 \in \sigma_2$) показывает, что с течением времени $\delta(t)$ стремиться к некоторой константе.

1.2. Пусть $\varphi(x) = 5(x-0,8)(x-0,2)(x-0,5) + 0,5$, $x \in [0; 1]$. Найдем $E = \sigma_2 = (b_1, b_2)$, где $b_1 \approx 0,2$ и $b_2 \approx 0,8$. Для σ_2 существует волна F со скоростью $c \approx 0,497165$. Для этой функции $\varphi(x)$ экспериментальная зависимость $\delta(t) = n(t) - ct - \gamma \ln t = n(t) - ct$, где $\gamma = 0$, при $F_n(t) \approx 0,5$ ($0,5 \in \sigma_2$) показывает, что с течением времени $\delta(t)$ стремиться к константе.

В рассмотренном случае результаты согласуются с гипотезой.

2. Исследуется случай со следующей последовательностью смены участков динамики: диффузия, волна, диффузия, волна, диффузия.

Рассмотрим функцию $\varphi(x) = 10(x-0,5)^5 - 2,5(x-0,5)^3 + 1,44(x-0,5) + 0,1$, $x \in [0; 1]$.

Будем исследовать решения системы уравнений (1) с начальными условиями: (A) и (B), (C), (D), (E):

$$F_i(0) = \begin{cases} i/30, & i/30 \in \sigma_1 \cup \sigma_3 \cup \sigma_4 \cup \sigma_5, \\ 0,1 + i/150, & i/30 \in \sigma_2, \\ 1, & i=30, \dots \end{cases} \quad (\text{B}); \quad F_i(0) = \begin{cases} i/30, & i/30 \in \sigma_1 \cup \sigma_2 \cup \sigma_3 \cup \sigma_5, \\ 0,6 + i/180, & i/30 \in \sigma_4, \\ 1, & i=30, \dots \end{cases} \quad (\text{C})$$

$$F_i(0)=\begin{cases} i/30, & i/30 \in \sigma_1 \cup \sigma_2 \cup \sigma_3 \cup \sigma_5, \\ 0.61, & i/30 \in \sigma_4, \\ 1, & i=30, \dots \end{cases} \quad (D); \quad F_i(0)=\begin{cases} i/30, & i/30 \in \sigma_1 \cup \sigma_3 \cup \sigma_4 \cup \sigma_5, \\ 0.11, & i/30 \in \sigma_2, \\ 1, & i=30, \dots \end{cases} \quad (E)$$

В этом случае $E = \sigma_2 \cup \sigma_4 = (b_1, b_2) \cup (b_3, b_4)$, где $b_1 \approx 0,08$; $b_2 \approx 0,4573$; $b_3 \approx 0,5426$; $b_4 \approx 0,92$. Для $\sigma_2, \sigma_4 \subset E$ существуют волны со скоростями $c_2 \approx 0,094048$ и $c_4 \approx 0,10595$. Экспериментально получена зависимость $\delta(t) = n(t) - c_2 t - \gamma_2 \ln t$, где $\gamma_2 = -0.02572849$, при $F_n(t) \approx 0.35$ ($0.35 \in \sigma_2$, σ_2 - участок первый волны), при начальных условиях (А), (С) и (D). Рисунок 1 показывает, что при изменении начальных условий на участке второй волны, значения функции $\delta(t)$ при $t \rightarrow \infty$ тоже меняются. Поэтому можем предположить, что возникающая в асимптотике первая волна зависит от начальных условий на участке второй волны.

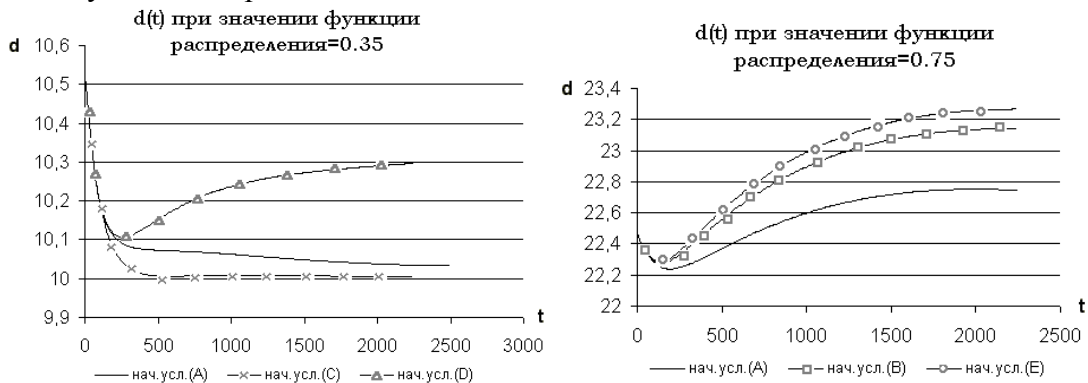


Рис. 1. Рис. 2.

Рассмотрим другую экспериментально полученную зависимость: $\delta(t) = n(t) - c_4 t - \gamma_4 \ln t$, где $\gamma_4 = 0.028987348$, при $F_n(t) \approx 0.75$ ($0.75 \in \sigma_4$, σ_4 - участок второй волны), при начальных условиях (А), (В) и (Е). Из рисунка 2 видно, что при изменении начальных условий на участке первой волны, изменяются и значения функции $\delta(t)$ при $t \rightarrow \infty$. Это позволяет предположить, что возникающая в асимптотике вторая волна зависит от начальных условий на участке первой волны.

Из исследований второго случая можно сделать следующие предположения: при $t \rightarrow \infty$ существуют зависимости первой волны решения от изменения начальных условий на участке второй волны и второй волны от изменения начальных условий на участке первой волны. Если рассматривать экономическую интерпретацию этого явления, то можно ожидать, что на распределение предприятий по уровням технологической эффективности одного технологического уклада, будет влиять распределение предприятий по уровням эффективности не только опережающего его технологического уклада, но и отстающего.

Автор выражает благодарность В.А. Спиваку чьи численные исследования стимулировали проведение описанных выше экспериментов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (код проекта 02-01-00854).

Литература

1. Henkin G.M., Polterovich V.M. A difference-differential analogue of the Burgers equation and some models of economic development.//Discrete and Continuous Dynamical Systems. Vol.5,N.4(1999) pp.697-728.
2. Henkin G.M., Shananin A.A. Asymptotic behavior of solutions of the Cauchy problem for Burgers type equations// Journul Mathematique Pure et Appliquee, 2004

МОДЕЛИ ВТОРИЧНОГО РЫНКА ТОВАРОВ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

А.Ю. Флёрова

flerova@ccas.ru

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

Известный экономист Рональд Коуз предположил [1], что монополист, производящий товары длительного пользования, теряет свою монопольную власть, т.к. произведенные в текущий момент товары конкурируют с товарами, произведёнными ранее. Исследование рынка товаров длительного пользования необходимо для совершенствования антимонопольного законодательства и формирования политики государственного регулирования на этом рынке. Основная задача этой работы – проанализировать построение модели оптимального поведения монополиста на рынке товаров длительного пользования, учитывающие возможность перепродажи.

Пусть в период времени $[0, T]$ предприятие производит и реализует один вид товаров длительного пользования. Обозначим через $X(t)$ запас товара, находящийся в собственности репрезентативного потребителя и через $p(t)$ – цену товара в момент времени t . В начальный момент времени величина запаса равна X_0 . Изменение запаса происходит в результате покупки новых товаров в объёме $u(t)$.

Пусть $N(t)$ – накопленный доход предприятия за время t . Считаем, что издержки производства линейно зависят от выпуска, q – себестоимость единицы товара. Полученный доход хранится на банковском счете и по нему начисляется процент по ставке r . Без ограничения общности можем предположить, что $N(0) = 0$.

Поведение потребителя будем описывать с помощью функции полезности, производная которой равна $f(X)$. Будем считать, что выполняется Закон Спроса, т.е. функция $f(X)$ убывает по X .

В работах [2], [3] вторичный рынок товаров длительного пользования описывается следующим образом. Предположим, что мы заняли сумму $p(t)dX$ и приобрели в момент времени t дополнительное количество товара длительного пользования dX , использовали его в течение периода времени dt , получив услуги, ценностью $f(X(t))dtdX$, продали в момент времени $t + dt$ по цене $p(t + dt)$ и вернули долг с процентами $(1 + rdt)p(t)dX$. Авторы работ [2] и [3] считают, что экономический результат такой операции во избежание арбитража должен быть равен нулю: $f(X(t))dt + p(t + dt) - (1 + rdt)p(t) = 0$, т.е. условие отсутствия арбитража выглядит следующим образом:

$$\dot{p} = rp - f(X). \quad (1)$$

Но это равенство не совсем корректно: оно справедливо только в случае, если $u(t) > 0$. При $u(t) = 0$ нет оснований полагать, что равенство (1) будет выполняться. Однако должно выполняться следующее неравенство:

$$\dot{p} - rp + f(X) \leq 0. \quad (2)$$

Таким образом, условие отсутствия арбитража может быть записано следующим образом: $\dot{p} - rp + f(X) \leq 0$, $(\dot{p} - rp + f(X)) \cdot u = 0$. Для того чтобы учесть условие (2), введём дополнительное управление $v \geq 0$, такое что $\dot{p} = rp - f(X) - v$.

Итак, рассмотрим задачу максимизации прибыли монополиста в конечный момент времени. Эта задача представляет собой задачу оптимального управления:

$$\begin{aligned} N(T) &\rightarrow \max, \\ \dot{N}(t) &= u(t)(P(t) - q) + rN(t), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\dot{X}(t) = u(t),$$

$$\dot{p}(t) = rp - f(X) - v;$$

с ограничениями на управления

$$u(t) \geq 0,$$

$$v(t) \geq 0, \quad (4)$$

$$u \cdot v = 0;$$

и начальными условиями

$$N(0) = 0,$$

$$X(0) = X_0; \quad (5)$$

$$p(0) = p_0. \quad (6)$$

Нетрудно заметить, что множество управлений неограничено, поэтому нельзя ожидать, что задача оптимизации имеет решение в классе обычных управлений с непрерывными траекториями. При этом основное условие оптимальности – принцип максимума – в своей классической форме оказывается неприменим – ведь он требует, чтобы оптимальное управление существовало.

В таких случаях оптимальное управление следует искать [4] в классе импульсных функций вида $u(t) = w(t) + \sum_{i=0}^k c_i \delta(t - s_i)$, где $w(t)$ – суммируемая функция (обычная составляющая управления), $s_0, \dots, s_k$ – моменты приложения импульсов из промежутка времени $[0; T]$, $\delta(t - s_i)$ – дельта-функция Дирака, сосредоточенная в момент s_i , $c_0, \dots, c_k$ – величины импульсов.

Для нахождения оптимального управления используется необходимое условие оптимальности – принцип максимума для импульсных процессов [5].

Теорема.

Пусть $\hat{X}$ является решением следующего уравнения:

$$rq - f(X) = 0. \quad (7)$$

Тогда оптимальное управление в задаче (3)-(6) существует и имеет вид

$$u(t) = (\hat{X} - X_0)_+ \delta(t),$$

а соответствующая ему траектория выглядит следующим образом:

$$X(t) = \begin{cases} X_0, & \text{при } t = 0; \\ \max \{ \hat{X}, X_0 \}, & \text{при } 0 < t \leq T. \end{cases}$$

Таким образом, траектории решений задачи оптимального управления (3)-(6) имеют магистраль $\hat{X}$, которая является магистралью в сильнейшей форме (о понятии магистрали см., например, [6]). Подчеркнем, что в задаче (3)-(6) $\hat{X}$ является особой траекторией, соответствующей особому управлению $u = 0$.

Попытки построить подобную модель были сделаны в работах Кана [7] и Осадчего [2]. В этих работах получено отличное от (7) уравнение для оптимальной траектории. Дело в том, что в поставленной ими задаче оптимального управления отсутствует начальное условие (6), хотя с нашей точки зрения оно не менее существенно, чем начальное условие (5). Из-за этого при решении задачи оптимизации

возникают иные условия трансверсальности и особый режим $\hat{X}_1$ является решением уравнения $rq - f(X) + f'(X)(X - X_0) = 0$. Но в начальный момент времени возможен скачок, поэтому $\hat{X}_1 \neq X_0$, и полученная в этих работах траектория не совпадает с $\hat{X}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 05-01-00942-а); при поддержке программы фундаментальных исследований ОМН РАН №3 «Вычислительные и информационные проблемы решения больших задач»; по программе государственной поддержки ведущих научных школ (код проекта НШ -1843.2003.1); при поддержке программы фундаментальных исследований РАН № 16 «Математическое моделирование и интеллектуальные системы».

Литература

1. *Coase R.H.* Durability and monopoly // *J. Law and economics*. 1972. V. 15. P. 143-149.
2. *Осадчий М.С.* Динамическая монополия и конкуренция на рынке товаров длительного пользования // *Сибирский журнал индустриальной математики*. Октябрь-декабрь, 2002. том V. № 4 (12). С. 92-109.
3. *Thepot J.* A direct proof of the Coase conjecture // *J. Math. Economics*. 1998. V. 29. P. 57-66.
4. *Дыхта В.А.* Необходимые условия оптимальности импульсных процессов при ограничениях на образ управляющей меры // *Изв. вузов: Математика*. – 1996. – №12. – С. 1-9.
5. *Дыхта В.А., Самсонок О.Н.* Оптимальное импульсное управление с приложениями. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. – 256 с.
6. *Ашманов С.А.* Введение в математическую экономику. М.:Наука, 1984, 294 с.
7. *Kahn C.* Durable goods monopolist and consistency with increasing costs // *Econometrica*. 1986. V. 54, N 2. P. 275-294.

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПО ВРЕМЕНИ СТРЕМЛЕНИЕ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ТИПА ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ С ИСКУССТВЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ К УДАРНОЙ ВОЛНЕ ИЛИ ВОЛНЕ РАЗРЯЖЕНИЯ

А.В. Гасников

jane-home@mtu-net.ru

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Исследуется асимптотическое поведение решений задачи Коши (далее з.К.) в полуплоскости $t \geq 0$ для уравнений вида (1) и (2) при $t \rightarrow \infty$

$$\frac{\partial \eta(u_\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial \varphi(u_\varepsilon)}{\partial x} = \varepsilon \frac{\partial^2 u_\varepsilon}{\partial x^2}, \quad 0 < \varepsilon \leq \varepsilon_0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta(u)}{\partial t} + \frac{\partial \varphi(u)}{\partial x} = 0, \quad (2)$$

$$u|_{t=0} = u_0(x). \quad (3)$$

При этом предполагается, что функции $\eta(u)$, $\varphi(u)$, определенные на $I = [-M, M]$, дважды непрерывно дифференцируемы, $\eta(u)$ - строго монотонная функция. Начальная функция $u_0(x)$ ограничена ($|u_0(x)| \leq M$) и измерима по Лебегу.

Под решением з.К. для уравнения (1) с начальной функцией $u_0(x)$ понимается такая функция $u_\varepsilon(t, x)$, у которой в полуплоскости $t > 0$ существуют непрерывные производные, входящие в (1); при подстановке $u_\varepsilon(t, x)$ при $t > 0$ в (1) получим тождество; $u_\varepsilon(t, x)$ удовлетворяет начальному условию (3) в слабом смысле [2], [5]. Оказывается, что так поставленная з.К. имеет и притом единственное решение [1, стр.80, 92], [5]. Для уравнения (2) з.К. можно ставить по-разному [1, стр.65, 91], [5] при этом решение будет одно и то же. Ограничимся наиболее простой постановкой: $u(t, x)$ - решение з.К. (2), (3) $\Leftrightarrow u(t, x)$ - есть предел почти всюду последовательности по ε $u_\varepsilon(t, x)$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ и любом фиксированном $t > 0$, где $u_\varepsilon(t, x)$ - решение з.К. для (1) с той же начальной функцией. Можно показать, что з.К. (2), (3) имеет и притом единственное (с точностью до множества точек меры ноль) решение [1, стр.77-92], [5].

Будем дальше (теоремы 1-4) считать, что

$$u_0(x) \rightarrow u_+ \text{ при } x \rightarrow \infty, \quad u_0(x) \rightarrow u_- \text{ при } x \rightarrow -\infty. \quad (4)$$

Под волновым решением $\tilde{u}_\varepsilon(s)$ уравнения (1) мы будем понимать функцию, которая

1) удовлетворяет следующим условиям на ∞ :

$$\tilde{u}_\varepsilon(s) \rightarrow u_+ \text{ при } s \rightarrow \infty \text{ и } \tilde{u}_\varepsilon(s) \rightarrow u_- \text{ при } s \rightarrow -\infty;$$

2) $\exists k : \tilde{u}_\varepsilon(x - kt)$ является решением уравнения (1).

Оказывается, что при условии

$$\text{Если } u_- > u_+, \text{ то } \frac{\varphi(u) - \varphi(u_-)}{\eta(u) - \eta(u_-)} < \frac{\varphi(u_+) - \varphi(u_-)}{\eta(u_+) - \eta(u_-)} \text{ при } u \in (u_+, u_-). \quad (5)$$

$$\text{Если } u_- < u_+, \text{ то } \frac{\varphi(u) - \varphi(u_-)}{\eta(u) - \eta(u_-)} > \frac{\varphi(u_+) - \varphi(u_-)}{\eta(u_+) - \eta(u_-)} \text{ при } u \in (u_-, u_+).$$

существует однопараметрическое семейство волновых решений $\tilde{u}_\varepsilon(x - kt - c)$ (параметр c), более того, решение з.К. (1), (3) при больших t близко к некоторому решению уравнения (1) вида волны.

Теорема 1. Пусть выполняется условие (5) и для начальной функции существуют интегралы

$$\int_{-\infty}^0 (\eta(u_0(x)) - \eta(u_-)) dx \text{ и } \int_0^{\infty} (\eta(u_0(x)) - \eta(u_+)) dx. \quad (6)$$

Тогда решение з.К. (1), (3) равномерно относительно x стремится при $t \rightarrow \infty$ к решению уравнения (1) вида $\tilde{u}_\varepsilon(x - kt)$, где $k = \frac{\varphi(u_+) - \varphi(u_-)}{\eta(u_+) - \eta(u_-)}$, а $\tilde{u}_\varepsilon(s)$ удовлетворяет равенству

$$\int_{-\infty}^{\infty} (\eta(\tilde{u}_\varepsilon(s)) - \eta(u_0(s))) ds = 0. \quad (7)$$

Равенство (7) определяет функцию $\tilde{u}_\varepsilon(s)$ однозначно.

Если для $u_0(x)$ выполнены дополнительно условия:

$$\left| \int_{-\infty}^x (\eta(u_0(\xi)) - \eta(u_-)) d\xi \right| < M_1 e^{-\alpha_1 x} \text{ и } \left| \int_x^{\infty} (\eta(u_0(\xi)) - \eta(u_+)) d\xi \right| < M_1 e^{\alpha_1 x}$$

при некоторых постоянных $\alpha_1 > 0$ и $M_1 > 0$, то

$$|u_\varepsilon(x, t) - \tilde{u}_\varepsilon(x - kt)| < M_2 e^{-\alpha_2 t}$$

для всех x и t , где $\alpha_2 > 0$ и $M_2 > 0$ - некоторые постоянные.

Следующая теорема утверждает, что решение з.К. (2), (3), при сделанных нами предположениях, стремится к ударной волне при $t \rightarrow \infty$.

Теорема 2. Пусть выполнены условия (5), (6). Тогда решение з.К. (2), (3) стремится к функции $\tilde{u}(x - kt)$, где $\tilde{u}(\xi)$ равна u_- при $x < x_0$ и $\tilde{u}(\xi)$ равна u_+ при $x > x_0$, а x_0 определяется равенством

$$\int_{-\infty}^{x_0} (\eta(u_0(x)) - \eta(u_-)) dx + \int_{x_0}^{\infty} (\eta(u_0(x)) - \eta(u_+)) dx = 0$$

и $k = \frac{\varphi(u_+) - \varphi(u_-)}{\eta(u_+) - \eta(u_-)}$. Стремление $u(t, x)$ к пределу равномерно по x для любого $\delta > 0$

вне полосы $|x - kt - x_0| < \delta$.

Пусть

$u_+ > u_-$ и $\varphi(\eta^{-1}(y))$ - выпукла или $u_+ < u_-$ и $\varphi(\eta^{-1}(y))$ - вогнута. (8)

Обозначим через $H(\xi)$ функцию, заданную равенством

$$\xi = \frac{\varphi'(H(\xi))}{\eta'(H(\xi))},$$

при $\frac{\varphi'(u_-)}{\eta'(u_-)} \leq \xi \leq \frac{\varphi'(u_+)}{\eta'(u_+)}$, равную u_- при $\xi \leq \frac{\varphi'(u_-)}{\eta'(u_-)}$ и u_+ при $\xi \geq \frac{\varphi'(u_+)}{\eta'(u_+)}$. В приводимых ниже теоремах 3 и 4, рассматривается случай стремления решения к волне разряжения.

Теорема 3. Пусть выполняется условие (8) и $u_\varepsilon(t, x)$ - решение з.К. (1), (3). Тогда

$H\left(\frac{x}{t}\right) - u_\varepsilon(t, x) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow \infty$ равномерно относительно x и ε ($0 < \varepsilon \leq \varepsilon_0$).

Теорема 4. Пусть выполняется условие (8) и $u(t, x)$ - решение з.К. (2), (3). Тогда

$$\left| H\left(\frac{x}{t}\right) - u(t, x) \right| \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty \text{ равномерно относительно } x.$$

В основном результаты этой работы есть обобщения результатов работы [3], где $\eta(u) = u$. Однако возникла необходимость доказать ряд свойств решения з.К. (1), (3), полученных ранее для случая $\eta(u) = u$ [2], [4]. Наиболее интересные из них см. ниже.

Теорема (О сохранении монотонности). Если $u_0(x)$ - невозрастающая (неубывающая) функция x ($-\infty < x < \infty$), то для всех x и $t \geq 0$

$$\frac{\partial u_\varepsilon(t, x)}{\partial x} \leq 0 \left(\frac{\partial u_\varepsilon(t, x)}{\partial x} \geq 0 \right).$$

Теорема (О поведении производной). Пусть $\varphi(\eta^{-1}(y))$ - выпуклая (вогнутая) по y функция на $\eta(I)$. Тогда для всех x и $t \geq t_0 > 0$

$$\frac{\partial u_\varepsilon}{\partial x} \leq \frac{E}{t} \left(\frac{\partial u_\varepsilon}{\partial x} \geq -\frac{E}{t} \right),$$

где E не зависит от ε , но, вообще говоря, зависит от t_0 , а t_0 - произвольное сколь угодно маленькое положительное число.

Доказательство получено исходя из обобщенного нелинейного принципа максимума.

Теорема (Обобщенный квазилинейный принцип максимума). Пусть $u(t, x)$ - непрерывная функция в полуплоскости $t \geq 0$, имеющая при $t > 0$ непрерывные производные $\frac{\partial u(t, x)}{\partial x}$, $\frac{\partial^2 u(t, x)}{\partial x^2}$, $\frac{\partial u(t, x)}{\partial t}$ и такая, что при $u(t, x) \leq 0$ выполняется неравенство

$$L^1_\varepsilon u(t, x) = \varepsilon(t, x) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - r(t, x) \frac{\partial u}{\partial t} + a(t, x) \frac{\partial u}{\partial x} + c(t, x)u + b(t, x)u^2 \leq 0,$$

где $c(t, x) \leq 0$, $r(t, x) \geq \tilde{r} > 0$, $b(t, x) \geq 0$, $\varepsilon(t, x) \geq 0$ - ограниченная функция при всех $0 \leq t \leq T$ для любого фиксированного T , $a(t, x)$ - ограниченная сверху при $x > 0$ и ограниченная снизу при $x < 0$ и при всех $0 \leq t \leq T$ для любого фиксированного T .

Если $u(t, x) \geq A(t)\sqrt{x^2 + 1}$, где $A(t)$ - непрерывная функция, и $u(0, x) \geq 0$, то $u(t, x) \geq 0$ в полуплоскости $t \geq 0$.

Работа выполнена при финансовой поддержки РФФИ № 05-01-00942.

Литература

1. Труды С.Н. Кружкова, М., ФИЗМАТЛИТ, 2000, 334стр.
2. О.А. Олейник, Разрывные решения нелинейных дифференциальных уравнений, УМН XII, вып. 3 (75), (1957), 3-73.
3. А.М. Ильин и О.А. Олейник, Асимптотическое поведение решений задачи Коши для некоторых квазилинейных уравнений при больших значениях времени, Матем. сб. 51 (93):2 (1960), 191-216.
4. О.А. Олейник, О построении обобщенного решения задачи Коши для квазилинейного уравнения первого порядка путем введения "исчезающей вязкости", УМН XIV, вып. 2 (86), (1959), 159-164.
5. О.А. Олейник, Краевые задачи для уравнений с частными производными с малым параметром при старших производных и задача Коши для нелинейных уравнений в целом, докторская дисс., М., (1954), 45-182.

ОПЫТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЫЧИСЛИМОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ

Н.Н. Оленёв, И.Г. Пospelов, А.С. Стариков

starikovbox@mail.ru

Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Тридцать лет в отделе «Математическое моделирование экономических систем», который возглавляет академик РАН А.А. Петров, развивается новое научное направление «Системный анализ развивающейся экономики». В рамках этого направления накоплен достаточно большой опыт моделирования рыночной, плановой и переходной экономики, в совокупности воспроизводящих все основные качественные особенности развития экономики соответствующего типа и позволяющие анализировать возможности государственного регулирования экономики. Параллельно этому направлению и в основном на Западе развивается возникшее на полтора десятка лет раньше другое направление в прикладной экономике, основанное на вычислении общего равновесия - «Computable General Equilibrium» (CGE) моделирование - и применяемое в основном к задачам государственного регулирования экономики. Поэтому интересно попробовать построить модель вычислимого общего равновесия и идентифицировать ее по статистическим данным современной экономики России.

Важную группу CGE моделей составляют модели вальрасовского типа, основная цель использования которых состоит в получении количественной оценки последствий изменений экзогенных переменных модели на распределение ресурсов и экономическое благосостояние. Особое внимание в моделях такого типа уделяется результатам налоговой политики и политики в области международной торговли. В последнее время при разработках CGE моделей вальрасовского типа наблюдается отклонение от теории общего равновесия Вальраса с целью получения более реалистичной модели экономики. Например, академик РАН В.Л.Макаров в 1997 году разработал первую в России CGE модель RUSEC [1], которая содержит элементы теоретико-игрового описания, допускает две системы цен, основано на описании деятельности экономических агентов. Если рассматривать систему материальных и финансовых балансов, описанных в [2], не как основу для построения модели, а как отдельную модель с заданными параметрами распределения материальных и финансовых запасов, то ее тоже можно отнести к данной группе моделей.

Так и поступим. Будем считать, что в экономике России выделено N производителей (секторов экономики), использующих в производстве труд, капитал и промежуточную продукцию. Производители поставляют продукцию на внутренний рынок, внешний рынок, а также на рынок промежуточной продукции. Домашние хозяйства предлагают труд и потребляют конечную продукцию. Торговый посредник занят перераспределением материальных и финансовых потоков. Банковская система выпускает денежные средства под золото-валютные резервы, формируемые за счет экспорта, выдает кредиты производителям с целью извлечения банковской прибыли. Правительство собирает налоги (с домашних хозяйств - подоходный налог, а с производителей - единый социальный налог, налог на прибыль, налог на добавленную стоимость и акцизы). Считаем, что свои цены формируются на каждом рынке каждой продукции и изменение цен обратно пропорционально изменению запасов соответствующих продуктов.

Для учета реального положения дел, мы предполагаем, что произведенный продукт производители делят на легальный и теневой, который не облагается налогами. В результате у производителя оказывается два вида денег – «белые» и «черные».

«Черные» деньги могут отмываться, а запас неотмытых денег подвергается штрафным санкциям – «налогообложению» теневого сектора. У потребителя все деньги считаются «белыми», а свой доход потребитель делят по заданным нормам потребления легальных и теневых продуктов всех секторов.

В результате создана вычислимая математическая модель – система равенств и дифференциальных уравнений, описывающая динамику изменения экономических показателей для системы. В пределе в данной системе устанавливается равновесие, поэтому она может быть отнесена к классу CGE моделей.

Критерием качества идентификации параметров модели является количественное соответствие основных макроэкономических показателей статистическим показателям российской экономики за период с начала 1995 года и до конца 2003 года. При этом все реальные показатели выражены в постоянных ценах 2000 года. Решение системы получено с привлечением современных вычислительных и программных средств.

Большое количество неизвестных из статистики параметров вычислимой модели определяем косвенным образом, сравнивая выходные временные ряды переменных модели с доступными статистическими временными рядами. Также, как и в [3], в качестве критериев близости расчетного и статистического временных рядов используем коэффициент корреляции Пирсона и индекс несовпадения Тэйла.

В настоящее время модель откалибрована недостаточно точно. В перспективе полученную модель предполагается декомпозировать по секторам модели так, чтобы параметры каждого сектора можно было идентифицировать формально с помощью параллельных вычислений на кластерной системе (см.[3]).

Качественная идентификация модели даст надежду, что она может давать качественно верные результаты, такие как, например, характер влияния налогообложения на макроэкономические показатели, на показатели экономических агентов – производителей, потребителей, бюджет.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 04-01-00606, 04-07-90346); при поддержке программы фундаментальных исследований ОМН РАН №3 «Вычислительные и информационные проблемы решения больших задач»; по программе государственной поддержки ведущих научных школ (код проекта НШ - 1843.2003.1); при поддержке программы фундаментальных исследований РАН № 16 «Математическое моделирование и интеллектуальные системы».

Литература

3. В.Л. Макаров "Вычислимая модель российской экономики (RUSEC)", / Препринт # WP/99/069/ - М.: ЦЭМИ РАН, 1999.
4. И.Г. Поспелов "Моделирование экономических структур", М.: Фазис, 2003. 194 с.
5. Н.Н. Оленев "Параллельные вычисления для идентификации параметров в моделях экономики" // Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах. Материалы четвертого Международного научно-практического семинара и Всероссийской молодежной школы. – Самара, 2004. – с. 204-209.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МАРКЕТИНГЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

С.С. Семавина

svetka@mail.mipt.ru

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Математическое моделирование в маркетинге в настоящее время уже достаточно развито. В данной работе рассматриваются маркетинговые модели в области информационных технологий, в частности, для компаний, производящих программное обеспечение. В условиях развития информационных технологий все более быстрыми темпами и высочайшей конкуренции проблема создания математического базиса для маркетинговой деятельности компании становится особенно интересной.

Можно выделить несколько отличий маркетинга программного обеспечения от маркетинга в других областях. Главное отличие заключается в том, что программное обеспечение является не материальной, но интеллектуальной собственностью, ценность которой оценить довольно сложно. Отсюда возникают проблемы ценообразования. Себестоимость в данном случае определяется, как правило, исключительно трудовыми затратами, в некоторых случаях также прямыми затратами - на печать дисков, литературы. Сложен также вопрос определения ценности продукта для клиентов и вопрос определения оптимальных путей развития продукта. Зачастую развитие программного обеспечения идет по пути усложнения и увеличения числа функций, в этих условиях клиенту достаточно сложно оценить необходимость тех или иных функций, а производителю – ценность продукта для клиента. Отдельно встает вопрос о целесообразности проведении маркетинговых исследований и методов оценки результатов, которые, впрочем, в этой области достаточно стандартны. Достаточно сложно оценить объем рынка для определенного вида программного обеспечения или услуг в области информационных технологий. В связи с тем, что программное обеспечение легко копируется, перед фирмой встает проблема лицензирования продукта. Встает выбор между различными существующими видами лицензирования программных продуктов, определяющими такие параметры, как возможность использования продукта одним/группой пользователей, открытость или закрытость исходного текста, возможность или невозможность дальнейшего распространения или доработки. Вслед за проблемой лицензирования возникает проблема компьютерного пиратства, влияющая на объем продаж продукта фирмы. Появляются различные средства защиты от копирования, использования на большем числе машин, чем разрешено производителем и т.п.

В соответствии с этими отличиями в существующие модели для обеспечения маркетинговой деятельности вносятся поправки и дополнения, которые и описываются в данном докладе. Рассматриваются модели сбора и обработки маркетинговой информации, модели определения оптимальной стоимости продукта, учитывающие различные виды лицензирования, оценка спроса.

Литература

1. «Технология маркетинга на фирме. Экономический аспект». О.В.Хомяченко. Кафедра инновационного менеджмента, 1997 г.
2. «Теория и методы принятия решений». О.И.Ларичев. М.:Логос, 2000 – 296 с.:ил
3. «Маркетинг менеджмент». Филип Котлер. Издательство: Питер, 2001 г., 752 стр.

ПРИВЕДЕНИЕ КРАТКИХ СПЕЦИФИКАЦИЙ К ТИПОВОМУ ВИДУ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЙСКУРАНТОВ.

А. М. Ашихмин

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Рассматривается задача ведения базы данных в реальном времени в системе учёта товаров торгующей фирмы. Поставщики товаров предоставляют фирме преЙскуранты на свои товары, причём ассортименты товаров поставщиков во многом пересекаются. Проблема заключается в том, что каждый поставщик имеет свой формат описания товара (для человека разница невелика, для машины – существенна). Задача осложняется ещё и тем, что различные товары могут иметь очень схожие описания.

Более детально задачу можно сформулировать следующим образом. Для новых товаров найти соответствие имеющимся товарам в собственной базе данных. Если такого соответствия нет, необходимо определить группу (по нашей классификации, классификация поставщика может отличаться), определить значения характеристик товара, переформатировать описание под наш шаблон и полученное описание занести в базу данных.

Отсутствие подобного анализа часто приводит к тому, что товары залёживаются на складах, будучи учтены при получении без какой-либо систематизации. Другая ситуация: предприятие вынуждено закупать какие-либо материалы, несмотря на то, что они были закуплены некоторое время назад, но учтены в другой форме. Актуальность проблемы несомненна и результаты её решения будут использованы на практике.

В работе системы используются алгоритмы обучения на примерах. При высокой степени уверенности система может не запрашивать помощи у человека.

Основная идея предлагаемого решения задачи состоит в разбиении текстового описания товара на ключевые фрагменты, соответствующие его характеристикам. При этом возникают следующие проблемы: чёткое разбиение исходного описания на ключевые фрагменты; обеспечение взаимно однозначного соответствия характеристик и ключевых фрагментов; проблема идентификации товаров по их характеристикам.

Обработку текстового описания товара, поданного на вход системы, предлагается разбить на следующие подзадачи: лексический анализ [1], выделение ключевых фрагментов, определение характеристик и сравнение товаров по характеристикам.

Для решения проблем, связанных с многовариантным или неправильным написанием, предлагается (на стадии выделения ключевых фрагментов) использовать взвешенное расстояние Левенштейна ([2], [3]). В работе предложена процедура настройки (обучения) параметров взвешенного расстояния Левенштейна на основе примеров и контрпримеров.

Литература

- [1]. Ахо, Альфред, В., Сети, Рави, Ульман, Джеффри, Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.
- [2]. Левенштейн В. И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов. Докл. АН СССР, 163, №4, 845-848. – 1965.
- [3]. Fu K. S., Lu S. Y. A clustering procedure for syntactic patterns, IEEE Trans. Syst., Man., Cybern., SMC-7, 734-742. – 1977.
- [4]. Харалик Р. Структурное распознавание образов: гомоморфизмы и размещения. – Кибернетический сборник: Пер. с англ. – 1982. - № 19. – С. 170-199.

где $r_i = r_{i-1}$ и $r_0 = 1$

С использованием найденных из системы (5) значений оценок коэффициентов $a_1 \dots a_k$ на основании выражения (2) сформируем процесс скользящего среднего m – го порядка $CC(m)$: $y_t - a_1 y_{t-1} - \dots - a_k y_{t-k} = u_t = e_t - b_1 e_{t-1} - b_2 e_{t-2} \dots - b_m e_{t-m}$ (6)

где u_t – фактическая ошибка, являющейся оценкой ошибки ξ_t , e_t – фактическая ошибка, значение которой используется вместо истинной ошибки ε_t при оценке коэффициентов скользящего среднего. Для определения оценок $b_1 \dots b_m$ применяются нелинейные методы оценивания.

Эти методы можно рассмотреть как следствие более общих результатов теории прогнозирования, полученных Г. Валдом, Н. Винером, А. Колмогоровым. В их основе лежит идея представления прогнозного значения рассматриваемого процесса, описываемого моделями типа $APCC(k,m)$, в виде условного математического ожидания, зависящего от известных в момент $T, T-1, \dots$ его значений в прошлом, и ошибки, выражаемой текущими предшествующими значениями «белого шума».

Рассмотрим наиболее «популярную» модификацию моделей авторегрессии – скользящего среднего $APCC(1,1)$, т.е. прогнозирование на один шаг вперед, которая широко используется в практике экономических исследований. Обзор экономических прогнозных исследований свидетельствует, что многофакторные экономические модели, как правило, используются при разработке так называемых краткосрочных, и в крайнем случае, среднесрочных прогнозов (5 – 10 временных точек (лет)).

При прогнозировании на 2010 год социально-экономической и демографической ситуации в области, за базу (базовой точкой) был взят 2001 год. Следовательно, прогноз совершен на 9 точек вперед с использованием модели $APCC(9,9)$, которая является комбинацией моделей $AP(9)$ и $CC(9)$. Вместе с тем оценка дисперсий таких прогнозов представляет собой достаточно сложную проблему, корректное решение которой в аналитическом виде еще не получено. В соответствии с ними, дисперсия прогноза на s , где $(s = 1, 2, 3 \dots n)$ точек вперед с использованием модели $APCC(k,m)$ должна быть определена как математическое ожидание квадрата ошибки прогноза: $Y_{T+s} = (1-\alpha^s)\mu + \alpha^s \varepsilon_{T+s} + (\alpha_1 - \beta_1)\varepsilon_{T+s-1} + \dots + \alpha_1^{s-2}(\alpha_1 - \beta_1)\varepsilon_{T+1} - \alpha_1^{s-1}\varepsilon_T$ (прогнозное значение), и дисперсия прогноза: $\sigma^2(Y_{T+s}) = M[\Delta y_T(s)]^2 = M[y_{T+s} - y_T(s)]^2 = M\{[1-(a_1+\Delta a_1) - \dots - (a_k+\Delta a_k)]y_T^{s-1} + (a_k+\Delta a_k)(y_T^{s-k} + \Delta y_T^{s-k}) - (b_1+\Delta b_1)\varepsilon_{T-s-1} - \dots - (b_m+\Delta b_m)\varepsilon_{T-s-m} - [(1-a_1 - \dots - a_k)y_T^{s-1} + a_1 y_T^{s-1} + \dots + a_k y_T^{s-k} - b_1 \varepsilon_{T-s-1} - \dots - b_m \varepsilon_{T-s-m}]\}^2$ где символ Δx – ошибка переменной x .

Для $APCC(9,9)$ прогнозное значение выглядит сл. образом:

$$Y_{T+s} = (1-\alpha^9)\mu + \alpha^9 \varepsilon_{T+9} + (\alpha_1 - \beta_1)\varepsilon_{T+8} + \alpha_1(\alpha_1 - \beta_1)\varepsilon_{T+7} + \dots + \alpha_1^7(\alpha_1 - \beta_1)\varepsilon_{T+1} - \alpha_1^8 \varepsilon_T \quad (S=9).$$

В заключении я бы хотел отметить результаты, перспективы развития некоторых отраслей промышленности, экономики и социально – демографические показатели, спрогнозированные с помощью модели $APCC(k,m)$ по Воронежской области на 2010 год.

К 2010 г. численность городского населения составит 1446,2 тыс. человек т.е. уменьшится в 1,04 раза по сравнению с 2001 годом из-за отмечающейся тенденции естественной убыли населения за последующие годы, численность сельского населения составит 815,4 тыс. человек т.е. уменьшится в 1,1 раз по сравнению с 2001 г. Также увеличится число родившихся и умерших на 1000 человек населения в 1,2 раза.

Численность безработных составит 160,7 тыс человек т.е. увеличится по сравнению с 2001 г. в 1,5 раза, численность занятых в экономике составит 1201,9 тыс. человек т.е. увеличится в 1,1 раза, ЭАН составит 1362,6 тыс. чел т.е. увеличится по сравнению с 2001 г. 1,15 раза, экономически неактивное население составит 951,05 тыс чел т.е. увеличится по сравнению с 2001 г. в 1,07 раза. Продолжительность жизни в 2010 г. составит: у мужчин – 54 лет, когда в 2001 г. – 59 лет, у женщин – 72, когда в 2001 – 73 лет.

ВРП области к 2010 г. в текущих ценах составит 145476,5 млн. рублей т.е. увеличится в 2,8 раза по сравнению с 2000 г., а в сопоставимых ценах 117250,6 млн руб т.е.

увеличится в 2,7 раза по сравнению с 2000 г. ВРП на душу населения к 2010 г. составит 60874,6 тыс. руб. т.е. увеличится в 2,8 раза.

Число предприятий к 2010 г. составит 62911,7 т.е. увеличится по сравнению с 2001 г. в 1,5 раза. Электроэнергия к 2010 г. будет вырабатываться 10,1 млрд кВт.ч. т.е. увеличится по сравнению с 2001 г. в 1,09 раза. Экскаваторы будут производиться 141,25 шт. т.е. производство увеличится в 1,08 раза по сравнению с 2001 г. Автошины – 2,9 млн шт. т.е. увеличится в 1,45 раза по ср. с 2001 г. и минеральное удобрение – 1311,5 тыс. т.е. производство к 2010 г. увеличится по сравнению с 2001 г. в 2,26 раза.

Площадь жилья на одного жителя области к 2010 г. будет приходиться 21,1 м² т.е. уменьшится по сравнению с 2001 г. в 1,03 раза. Наличие квартирных телефонных аппаратов на 1000 чел. городского населения к 2010 г. составит 331,1 шт. т.е. увеличится в 1,4 раза по сравнению с 2001 г. Наличие квартирных телефонных аппаратов на 1000 чел. сельского населения к 2010 г. составит 172,2 шт. т.е. увеличится в 1,5 раза по сравнению с 2001 г.

Оборот розничной торговли составит 98303,25 млн руб. т.е. увеличится в 2,5 раза по сравнению с 2001 г.

Некоторые сельскохозяйственные и животноводческие показатели к 2010 г. снизятся. Крупный рогатый скот снизится в 2,08 раза т.е. составит в 2010 г. 294,6 тыс. голов, а зерно снизится по сравнению с 2001 г. в 1,4 раза и к 2010 г. составит 1685,5 млн.т. Картофель составит 1077,6 млн.т. т.е. увеличится в 1,27 раза по сравнению с 2001 г. а овощи составят 299,85 т.е. увеличится в 1,4 раза по сравнению с 2001 г.

К 2010 году номинальный средний размер месячной пенсии составит 2820,1 рублей, а реальный – 2280,02 рублей. Номинальный средний душевой денежный доход составит 5063,2 рублей, а реальный – 4438,75 руб. Номинальная средняя месячная заработная плата к 2010 составит 4874,8 руб, а реальная – 4026,3руб. Величина прожиточного минимума к 2010 году составит 3853,5 рублей т.е. увеличится в 2,6 раза по сравнению с 2001 годом.

Также хочу отметить, что прогноз социально – демографического положения и перспектива развития той или иной специализирующейся отрасли экономики Воронежской области являются не утешительной т.е. высокая смертность (постоянно сохраняющаяся естественная убыль начиная с 1997 г. по 2010 г.), увеличение численности безработных и экономически неактивного населения (нехватка рабочей силы) очень негативно влияют на производство и на всю экономику области в целом. Поэтому отмечаю не выгодное положение Воронежской области в 2010 году. Я уверен, что такая же ситуация отмечается и в других областях России, что усугубляет уже давно существующую проблему не равномерного развития регионов России (экономического районирования). Для решения этой проблемы (для выхода из сложившейся ситуации) необходима грамотная региональная политика т.е. разработка и реализация региональных программ экономического и социального развития.

Литература

1. Н.П. Тихомиров, Эконометрика. М.: Экзамен 2002
2. Ежегодный статистический сборник за 1996 – 2001 гг.
3. Регионы России (статистический сборник) 2000 – 2002 гг.
4. Р.А. Шмойлова, Общая теория статистики. М.: МЕСИ 2001

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ	3
О РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ С МОНОТОННЫМИ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОПЕРАТОРАМИ	4
А.А.ФОНАРЁВ	4
ЛИТЕРАТУРА.....	6
СЛАБАЯ ВЫПУКЛОСТЬ МНОЖЕСТВ ПО ВИАЛЮ И ЧЕБЫШЕВСКИЙ СЛОЙ	7
Г.Е. ИВАНОВ	7
О НЕКОТОРЫХ ТОПОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ Р-МНОЖЕСТВ	10
М.В. БАЛАШОВ,	10
ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ НА РАБОТУ СЕРДЦА МАГНИТНЫХ БУРЬ.....	11
В.В. МАРТЫНОВ.....	11
О СВОЙСТВЕ ЗАЖАТОСТИ В ВЫПУКЛЫХ КОМПАКТАХ	12
И. И. БОГДАНОВ.....	12
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	13
КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ В СЕТЯХ MICROSOFT	14
А.К. Коньков, А.И. Милославский, М.А. Телицын, А.А.Царин, К.А.Коньков	14
ПРИМЕНЕНИЕ ПОДСТАНОВКИ ЛАНДАУ И МЕТОДА ПРЯМЫХ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ	16
С. А. КОМАРОВ	16
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ СПУСКАЕМЫХ АППАРАТОВ НА БАЗЕ МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	19
П.А. НОВИКОВ	19
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ФРОНТА ГОРЕНИЯ В ТРУБАХ	21
Д.А. ПОГИБЕЛЬСКИЙ	21
ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФОВ ВЫПОЛНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ.....	23
Е.А.ШАТОХИН	23
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЕНИЯ ТЕРМОЯДЕРНЫХ DT _x -МИШЕНЕЙ С ВОСПРОИЗВОДСТВОМ ТРИТИЯ	25
В.В. ШЕПЕЛЕВ, А.М. ОПАРИН	25
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ LOGISTIC.	26
А.В. ГАВРИН	26
РИСУНОК 1.....	26
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА ОКОЛО ТЕЛА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ.....	28
КОЧКИН Д.В., ШЕВЕЛЕВ Ю.Д.	28
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН В НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ СО СЛУЧАЙНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ	29
М.Н. АНТОНЕНКО, И.С.ПОПОВ.....	29
СЕКЦИЯ ИНФОРМАТИКИ.....	30
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМАХ СЕТОЧНО-ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ	31
П. И. АГАПОВ	31
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ПЕРФОРИРОВАННЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕЛАХ	32
Ф.Б. ЧЕЛНОВ	32
НОВОСТНАЯ МАШИНА. СОБЫТИЙНЫЕ МОДЕЛИ АНАЛИТИЧЕСКИХ ОТЧЁТОВ.....	33
БУРЛЮК И.Г.	33
НОВОСТНАЯ МАШИНА. СЕМАНТИЧЕСКИЕ ПРОФИЛИ ТЕКСТОВ И КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ АНАЛИТИЧЕСКИХ ОТЧЁТОВ.....	34
БУРЛЮК К.Г.	34

РЕГУЛИРОВКА ПОТОКА ПРИ СЖАТИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ВИДЕО ИЗОБРАЖЕНИЙ.	35
Быстров С.В. Кухаренко Б.Г.	35
О РАЗНОСТНЫХ МЕТОДАХ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ. Одномерный случай.	36
Васильев М.О.	36
УВЕРЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИНХРОННЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ С ГЛОБАЛЬНЫМ ТАКТИРОВАНИЕМ.	38
Е.А. Визгалов	38
РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ МОДЕЛИ КОНТРОЛЯ ПАМЯТИ В ЯДРЕ LINUX.	39
Емельянов П.В., Коротаев К.С., Лунев Д.В.	39
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ СЕРВЕРА, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ РАБОТЫ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ.	40
Кальметьев И.Р., Киряшов С.Е.	40
МОДЕЛЬ ПОЛНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ АДРЕСНЫХ ПРОСТРАНСТВ ЯДРА И ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ 32- БИТНЫХ АРХИТЕКТУР С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕАЛЬНО ВОЗМОЖНЫХ НАГРУЗОК НА КРУПНЫХ СЕРВЕРАХ.	41
К. С. Коротаев, П.В. Емельянов.	41
ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В ЯДРО LINUX БЕЗ ПЕРЕЗАГРУЗОК ДЛЯ ИСПРАВЛЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ И ОШИБОК БЕЗОПАСНОСТИ “НА ЛЕТУ”.	42
К.С. Коротаев, А.В. Савочкин.	42
АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ.	43
А.Г. Тормасов, И.В. Луковников	43
МЕТОДЫ ОПЕРИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫМ КОДОМ В СРЕДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ .NET ПРИЛОЖЕНИЙ	45
А.А. Лунев, Д.Ю. Омельченко, В.Л. Пидоненко	45
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ АСИНХРОННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.	46
А. А. Лунев, Д. Ю. Омельченко, В. Л. Пидоненко.	46
ПРИНЦИПЫ АСИНХРОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ АППАРАТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ БПФ.	47
Лялин А.С.	47
ПОРТИРОВАНИЕ BERKELEY PACKET FILTER В LINUX.	49
А.А. Маликов, А.В. Гладков	49
СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕННОМ ХРАНИЛИЩЕ ДАННЫХ	50
А. Л. Миркин	50
МОДЕЛЬ СИТУАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА, УПРАВЛЯЕМОГО СОБЫТИЯМИ, НА ПРИМЕРЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ФРЕСК ДИОНИСИЯ ФРЕПОНТОВА МОНАСТЫРЯ	51
Л.И. Коновалова, К.В. Новик	51
ПОСТРОЕНИЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПО ДИСКРЕТНЫМ ДАННЫМ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ЯЗЫКЕ VHDL-AMS	52
Е.Ю. Панищев	52
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТРАКЦИИ КОЖНЫХ РАН.	54
Р.А. Пашков.	54
РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ПОИСКА ФАЙЛА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЕ, ИСПОЛЬЗУЮЩЕЙ N-к СХЕМУ ПРИ ХРАНЕНИИ.	55
В.А.Петров	55
ПОСТРОЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ TCP СЕРВЕРОВ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕВЫХ СИСТЕМ.	56

В.М. ПИМЕНОВ	56
ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ СЕРВЕРОВ.....	57
А.С. ПРОКОПЕНКО, В.Н. ТАРАСОВ	57
ПОДКЛЮЧЕНИЕ МОДУЛЕЙ ЯДРА LINUX ИЗ ПРОСТРАНСТВА ЯДРА.....	58
Е.Д. ПРОТАСЕНКО, С.В. МУСИЕНКО, П.В.ЕМЕЛЬЯНОВ	58
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПОВЕДЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ КОНФЛИКТА И ФРУСТРАЦИИ	59
Д.Ю. РЯЗАНОВ, Е.А. ФАЙДЫШ	59
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ VNC-СИСТЕМ	62
Е. В. СОКОЛОВ, Е. А. ЦВЕТКОВ	62
МЕТОД ПРЕДСКАЗАНИЯ НЕТРИВИАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ СТОКА РЕК В ОЗ. БАЙКАЛ. 63	63
С.Н. НЕЧУЙВИТЕР, К.В. СУХОМЛИН.....	63
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ СРЕДАХ.....	64
Внуков Д.Ю.....	64
МЕТОД ТРАССИРОВКИ ЛУЧЕЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	65
КОЛЕСНИКОВ Д.Е.....	65
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ СОУДАРЕНИЙ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ (SPH-метод)	66
ПОТАПОВ А.П.	66
ОЦЕНКИ ВНЕШНИХ СИТУАЦИЙ В МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ.	67
ТЁМИН Л.В.	67
ПОРТИРОВАНИЕ SNOOP DEVICE С FREEBSD НА LINUX.....	69
Ю.В. ТИМЕНКОВ	69
ИЕРАРХИЧЕСКОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРОЦЕССОРА	70
С.Ю. УЛАНОВ	70
КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТОВ С ПОМОЩЬЮ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ, ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРОВ СОВМЕСТНО ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ТЕРМИНОВ	71
М.М. ШМУЛЕВИЧ	71
ПОСТРОЕНИЕ ДЕТЕКТОРОВ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.....	72
А. Ю. СОЛОДОВЩИКОВ.....	72
ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕПОЧЕЧНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	74
М. Ю. КУДРИН.....	74
СЕКЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ.....	75
О ПАРАЛЛЕЛЬНОМ АЛГОРИТМЕ РАСЧЕТА ЭФФЕКТОВ ЭМГ	76
А. В. ТОЛСТОБРОВ	76
РАЗНОСТНЫЕ СХЕМЫ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ТИПА “РЕАКЦИЯ- ДИФфуЗИЯ-КОНВЕКЦИЯ” И ИХ ПРИЛОЖЕНИЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ДИНАМИКИ РОСТА ТРОМБА.	78
Куриленко И. А.	78
МЕТОД СКВОЗНОГО СЧЕТА ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ТЕЧЕНИЙ В КАНАЛЕ С РАЗРЫВОМ СЕЧЕНИЯ	79
М.А. МАКОВСКИЙ, А.Ю. СЕМЕНОВ	79
СКВОЗНОЕ ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРАВНЕНИЙ АКУСТИКИ С РАЗРЫВНЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ	81
В.Д. ИВАНОВ, Д.В. МЯСНИКОВ, А.Ю. СЕМЕНОВ	81
МОДИФИКАЦИЯ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МГД ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ.....	84
И. В. КОВАЛЕНКО, Ю. И. ПАХОМОВ	84

РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ РОСТА ЗЛОКАЧЕСТВЕННОЙ ОПУХОЛИ	86
Т. П. ПИМЕНОВА, А. И. ЛОБАНОВ	86
ПРОСТЕЙШАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТРОМБОЛИТИКА В ФИБРИНОВОМ СГУСТКЕ	87
В. О. САВРАЕВА	87
К ВОПРОСУ АСИМПТОТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛОСКОГО ТЕЧЕНИЯ КУЭТТА- ПУАЗЕЙЛЯ	90
И.Г. ПРОЦЕНКО, К.В. ГУЗАЕВА	90
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОСНОВ УПРАВЛЕНИЯ.....	93
АЛГОРИТМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РЕСТАРТОВ В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.	94
Б.В. ГРЕЧУК, М.Г. ФУРУГЯН	94
РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЖЕСТКОГО РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ПАМЯТИ.	97
Д.С. ГУЗ, М.Г. ФУРУГЯН	97
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ N РАБОТ НА M ПРОИЗВОЛЬНЫХ ПРОЦЕССОРАХ	100
Д.В. КРАСОВСКИЙ, М.Г. ФУРУГЯН	100
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПОТОКОМ	103
Е. В. ТОЛСТОВ	103
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХЗВЕННОЙ СХЕМЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	105
М.С. СОБОЛЕВ	105
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ОШИБОК ПРИ АНАЛИЗЕ СЛАБО СТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ.....	106
Ю.К. УРАЗЛИН	106
АТРИБУТИРОВАНИЕ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА МЕТОДАМИ ТЕОРИИ РАСПОЗНАВАНИЯ.....	108
В.К. ЛЕОНТЬЕВ, Д.А. БЕРЕСНЕВ.....	108
РАСЧЁТ СТРАХОВОГО ТАРИФА ДЛЯ ВОЗМЕЩЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ИЗНОСА АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНОМ ПРОИСШЕСТВИИ (ДТП)	110
О.Г. ГОРБАЧЁВ, А.Х. ПШИХАЧЕВ	110
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ВЕБ - ИНТЕРФЕЙС В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	111
А.В.МИНОГИН	111
ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СРЕДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ	112
С.А. АЛЁШИН.....	112
ЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ: ИССЛЕДОВАНИЕ БАРЬЕРНО-ГРАДИЕНТНОГО МЕТОДА С ВИДОИЗМЕНЕННЫМ УСЛОВИЕМ НАХОЖДЕНИЯ ВЕКТОРА ДВОЙСТВЕННЫХ ПЕРЕМЕННЫХ.....	114
М.В. ВТЮРИНА	114
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА	117
РАСЧЕТ РАЗРЫВНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕЧЕНИЙ СЖИМАЕМОГО ГАЗА С ВЫДЕЛЕНИЕМ ОСНОВНЫХ РАЗРЫВОВ И ВЫПОЛНЕНИЕМ ДОСТАТОЧНЫХ УСЛОВИЙ УСТОЙЧИВОСТИ МЕТОДОМ ОБОБЩЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК	118
А.В. БИДЕРМАН	118
КОМПЛЕКС ПРОГРАММ NuanSe для анализа аэроакустических сигналов и МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ СКОРОСТИ.....	119
И.А. БОРОВСКАЯ, Т.К. КОЗУБСКАЯ	119
ТРЕХМЕРНАЯ СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ РОСТА ОПУХОЛИ В ТКАНИ.	121

С. А. АСТАНИН	121
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ДВИЖУЩЕЙСЯ СРЕДЕ С УЧЕТОМ РЕЛАКСАЦИИ ПОТОКА ТЕПЛА И ОБЪЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.	123
Е.В. СЕВЕРИНА	123
ДИНАМИЧЕСКАЯ БАЛАНСИРОВКА ЗАГРУЗКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОТОКА ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ, НЕОДНОРОДНЫХ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ ЗАДАНИЙ НА СИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ПАМЯТЬЮ	126
Е.Н. ГОЛОВЧЕНКО	126
СЕКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ И ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ	128
АЛГОРИТМ ВЫБОРА СХЕМЫ ВНЕШНИХ ЗАИМСТВОВАНИЙ	129
Н.Н. МОРОЗОВА	129
МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ КАПИТАЛА БАНКА	131
В.А. ВЯЗГИН, А.В. ТИХВИНСКИЙ	131
ЛИТЕРАТУРА	132
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГРУЗОВЫХ И ПАССАЖИРСКИХ ПОТОКОВ В ГОРОДЕ И РЕГИОНЕ	133
А.Е. АЛЕКСАНДРОВА	133
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ОБОРАЧИВАЕМОСТИ ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ	134
О.А. ЗОЛОТАРЕВА	134
ЧЕЛОВЕК КАК ПРОИЗВОДЯЩАЯ СИСТЕМА	135
С.В. ЛУНЯКОВА	135
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МАРКЕТИНГЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	137
С.С. СЕМАВИНА	137
ОЦЕНКА СТАВКИ ДИСКОНТИРОВАНИЯ КОМПАНИИ НА ОСНОВЕ ПУБЛИЧНО ДОСТУПНОЙ ИНФОРМАЦИИ	138
В.С. РОМАНОВ	138
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ	140
Е.В. ПАВЛОВА	140
СЕКЦИЯ СИСТЕМНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ	143
ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРОТОКОЛ СОХРАНЕНИЯ/ВОССТАНОВЛЕНИЯ SPMD ПРОГРАММ В СРЕДЕ PARJAVA	144
Г. А. ЛЕОНТЬЕВ	144
АЛГОРИТМЫ ПЕРЕКОДИРОВАНИЯ И ХИНТИРОВАНИЯ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕМОТКИ ВПЕРЕД/НАЗАД	147
О.А. ОКСЮК	147
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ (ЭМИ КВЧ) НА СОЛЕВЫЕ РАСТВОРЫ	148
Р.В. ДРОЗДОВ	148
НЕЙРОКАЛИБРОВКА СТЕРЕОПАРЫ	150
О.С. КИРЕЕВ	150
МЕТОДЫ DATA MINING	152
Ю.Н. МАНОЙЛО	152
СЕКЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭКОНОМИКЕ, СОЦИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ	153
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВОЙНОГО АУКЦИОНА	154

И.С. Меньшиков, О.Р. Меньшикова, А.Н. ЧАБАН.....	154
ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕНАРИЯ ПЕРЕХОДА К ХАОСУ В МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	156
Ю.В. ОГИНОВА	156
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЯДОВ С БЕЗУСЛОВНОЙ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ДИСПЕРСИЕЙ	158
Е.В.Бурнаев	158
АППРОКСИМАЦИЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ВРЕМЕННОГО РЯДА С ПОМОЩЬЮ ЛОКАЛЬНО СТАЦИОНАРНОГО ВЕЙВЛЕТ ПРОЦЕССА.....	161
Е.В.Бурнаев	161
НЕКОТОРЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛТЕРОВИЧА – ХЕНКИНА.....	164
М.И. РЫКОВА.....	164
МОДЕЛИ ВТОРИЧНОГО РЫНКА ТОВАРОВ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	167
А.Ю. ФЛЁРОВА	167
АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПО ВРЕМЕНИ СТРЕМЛЕНИЕ РЕШЕНИЙ УРАВНЕНИЙ ТИПА ЗАКОНОВ СОХРАНЕНИЯ С ИСКУССТВЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ К УДАРНОЙ ВОЛНЕ ИЛИ ВОЛНЕ РАЗРЯЖЕНИЯ	170
А.В. ГАСНИКОВ.....	170
ОПЫТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЫЧИСЛИМОЙ МОДЕЛИ ЭКОНОМИКИ.....	173
Н.Н. ОЛЕНЁВ, И.Г. ПОСПЕЛОВ, А.С. СТАРИКОВ.....	173
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МАРКЕТИНГЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	175
С.С. СЕМАВИНА	175
ПРИВЕДЕНИЕ КРАТКИХ СПЕЦИФИКАЦИЙ К ТИПОВОМУ ВИДУ В ЗАДАЧЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЙСКУРАНТОВ.	176
А. М. АШИХМИН	176
ЛИТЕРАТУРА.....	176
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО – ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	177
А.Л. АРУТЮНОВ.....	177
СЕКЦИЯ ДИНАМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	180
УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛОЖЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ СПУТНИКА, ПОДВЕРЖЕННОГО ДЕЙСТВИЮ ГРАВИТАЦИОННОГО И АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО МОМЕНТОВ, НА КРУГОВОЙ ОРБИТЕ	181
А.А. ДЕГТЯРЕВ.....	181
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭФФЕКТОВ В МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ	182
И.Е. ЗАРАМЕНСКИХ	182
МАГНИТНАЯ СИСТЕМА ОРИЕНТАЦИИ МАЛОГО СПУТНИКА, СТАБИЛИЗИРУЕМОГО СОБСТВЕННЫМ ВРАЩЕНИЕМ	183
А.А.ИЛЬИН, М.Ю. ОВЧИННИКОВ, В.И.ПЕНЬКОВ	183
РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАССИВНОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ ДЛЯ НАНОСПУТНИКА ТНС-0	185
Н.В.КУПРИЯНОВА	185
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ШЕСТЬЮ МАГНИТНЫМИ КАТУШКАМИ ДЛЯ ИМИТАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ	186
А.С.СЕРЕДНИЦКИЙ, А.М.ОВЧИННИКОВ	186
ВЛИЯНИЕ СЛАБЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ДВУХ СПУТНИКОВ....	187
С. С. ТКАЧЕВ.....	187

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ДВИЖЕНИЙ СПУТНИКОВ С МАГНИТНЫМИ СИСТЕМАМИ ОРИЕНТАЦИИ	188
Н.В. ТРЕТЬЯКОВА.....	188
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИМИТАТОРА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ	189
Е. А. ЦВЕТКОВ	189
СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СИНЕРГЕТИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ	190
ТЕОРИЯ РЕФЛЕКСИИ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ: РОЛЬ СОЗНАНИЯ В ПРЕОДОЛЕНИИ ИРРАЦИОНАЛЬНЫХ УСТАНОВОК И ПОСТУПКОВ НА ПРИМЕРЕ СТОКГОЛЬМСКОГО СИНДРОМА	191
С.А. АНИСИМОВА	191
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОНОПОЛИСТИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	193
А.В. ЧЕРНЫХ.....	193
ПРОГРАММНЫЕ ЭЛЛИПТИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ	194
В.М. ГУРЬЕВА, Ю.Б. КОТОВ, И.А. ЭССЕЛЕВИЧ.....	194
СТРАННЫЕ АТТРАКТОРЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.....	196
А.Р. ХАНОВ, Г.Г. МАЛИНЕЦКИЙ.....	196
СТОЙКОСТЬ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ, НАХОДЯЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.....	197
А.А. КОЧКАРОВ.....	197
ПРИМЕНЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	198
Я.С. ПЕРКАТЫЙ, Н.А. МИТИН	198
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В ЭКОНОМИКЕ.....	199
М.В. САХНЕНКО	199
СОДЕРЖАНИЕ	201

В сборнике трудов XLVI научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». Часть VII. Математика, управление, экономика. – М.–Долгопрудный: МФТИ, 2003 г. на стр. 76, первую, вторую и третью строки сверху, вместо:

«Гамильтоновы циклы в торической решетке.

А.В. Алтухов.

Московский физико-технический институт»

следует читать:

«Гамильтоновы циклы в торической решетке.

В.К.Леонтьев.

Вычислительный центр РАН».

Редколлегия сборника приносит извинения за допущенную ошибку.