

Правительство Российской Федерации

**Государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования**

**Государственный университет – Высшая школа
Экономики**

Нижегородский филиал

Факультет экономики

Программа дисциплины

Анализа временных рядов

для направления 080100.62 «Экономика»
подготовки бакалавра

Автор А.Г. Максимов, к.ф.-м.н., доцент

Рекомендована УМС

Секция «Экономика»

Председатель

_____ С.Ю. Хасянова

« ____ » _____ 2009г.

Одобрена на заседании кафедры

Экономической теории и эконометрики

Зав. кафедрой

_____ А.М.Силаев

« ____ » _____ 2009 г.

Утверждена УМС филиала

Председатель

_____ Л.Г. Макарова

« ____ » _____ 2009г.

Нижегород, 2009 г.

Пояснительная записка *

Аннотация:

Анализ временных рядов – это важнейший раздел эконометрической науки, один из наиболее трудных ее разделов, которому уделяется очень большое внимание в образовательных программах ведущих мировых университетов. По своему содержанию анализ временных рядов тесно связан с экономической теорией, а при ориентации на анализ финансово-экономических временных рядов - и с теорией финансовых рынков. Методы теории временных рядов находят непосредственное приложение при прогнозировании социально-экономических и финансовых показателей и при оценке фондовых активов.

Курс «Анализ временных рядов» предназначен для студентов 4 курса бакалавриата. Он построен по образцам аналогичных курсов ведущих западных университетов, опирается на основные современные учебники. Основные требования к студентам: студенты должны предварительно прослушать общий курс эконометрики и все предшествующие ему математические курсы.

Курс состоит из лекций и семинарских занятий. На протяжении всего времени обучения от студентов требуется интенсивная работа по моделированию и анализу временных рядов с использованием компьютера (пакет *Eviews* v.3.1 и выше). В курсе используются многочисленные примеры реальных социально-экономических и финансовых рядов, и демонстрируются возможности изучаемого математического аппарата.

Учебная задача курса: Студент должен изучить математические методы, используемые при работе с временными рядами, уметь применять их к конкретным временным рядам, использовать в работе компьютер.

Тематический план учебной дисциплины

Название темы	Всего часов по дисциплине	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
		Лекции	Сем. и практ. занятия	
1. Временные ряды и случайные процессы	6	2		4
2. Стохастические разностные уравнения	4	2		2
3. Обратимость и слабая стационарность случайных процессов	10	3	2	5
4. Автокорреляционная (ACF) и частная автокорреляционная (PACF) функции случайного процесса	31	6	5	20
5. Методология моделирования и прогнозирования временных рядов Бокса-Дженкинса (ARIMA)	27	6	6	15
Контрольная работа	14	4		10
6 Анализ моделирование нестационарных временных рядов (TS иDS-ряды ADF-тест)	26	6	6	14
7. Коинтеграционный анализ	13	2	3	8
8. Многомерные модели временных рядов	18	4	4	10
Итого	146	35	21	90

* Программа составлена на основе программы курса Анализ временных рядов М.Ю.Турунцева, ГУ-ВШЭ

Формы контроля знаний студентов

Основная форма контроля – письменный экзамен в конце семестра (4 академических часа), включающий решение задач. В качестве промежуточных форм контроля предусмотрены одна контрольная работа (4 академических часа) и одно домашнее задание (самостоятельная исследовательская работа) в течение семестра.

Методика формирования результирующей оценки: Результирующая оценка складывается на 20% из оценки за домашнее задание (самостоятельной исследовательской работы), на 25% за контрольную работу и на 55% из экзаменационной работы.

Содержание программы

1. Временные ряды и случайные процессы. Потребность в разумно простой модели для прогнозирования, интерпретации и проверки гипотез, связанных с экономическими временными рядами. Понятие случайного процесса. Случайные процессы стационарные в узком смысле и стационарные в широком смысле. Понятие об операторе запаздывания и его свойствах. Теорема Вольда. ([1], 2002, №1, стр. 85-93).
2. Стохастические разностные уравнения. Понятие решения разностного уравнения, различные способы построения решений. Характеристическое уравнение и его корни. (Лит-ра: Enders, ch.1.)
3. Обратимость и слабая стационарность случайных процессов. Определение обратимого дискретного случайного процесса, условия обратимости дискретного случайного процесса. Определение слабо стационарного дискретного случайного процесса, условия слабой стационарности дискретного случайного процесса. Связь между слабой стационарностью случайных процессов и устойчивостью решения разностного уравнения. Примеры: процесс белого шума, процессы авторегрессии с ошибками в форме скользящего среднего ARMA(p,q). ([1], 2002, №1, стр.93-99, 107-109.)
4. Автокорреляционная (ACF) и частная автокорреляционная (PACF) функции случайного процесса. Определения ACF и PACF случайного процесса. Метод Юла-Уокера. ([1], 2002, №1, стр. 99-107.)
5. Методология моделирования и прогнозирования временных рядов Бокса-Дженкинса. Процедура Бокса – Дженкинса построения модели ARMA (4 этапа). Эргодические случайные процессы. Проверка гипотез о равенстве нулю автокорреляций и частных автокорреляций. Статистики Бокса – Пирса и Льюнга – Бокса. Оценивание моделей ARMA(p,q). Информационные критерии Акаике и Шварца. Тесты Бройша-Годфри, Харке-Бера Понятие об ARCH-тесте. Использование моделей ARMA(p,q) для прогнозирования. Дисперсия ошибки прогнозирования. Аддитивная и мультипликативная модели сезонности. ([1], 2002, №1, стр. 110-115, №2, стр. 251-266, №4, стр.498-501.)
6. Моделирование нестационарных временных рядов. Случайные процессы, являющиеся стационарными около детерминированного тренда, и стационарные в разностях случайные процессы. Процесс случайного блуждания (с дрейфом) и его автокорреляции. Модели ARIMA(p,d,q). Построение прогнозов для нестационарных временных рядов и поведение дисперсии ошибки прогнозирования в зависимости от выбранной модели. Методы удаления тренда. Тесты Дикки – Фуллера на наличие единичных корней; использование датчиков случайных чисел для составления статистических таблиц. Обобщенные тесты Дикки – Фуллера. Мощность тестов Дикки – Фуллера. Процедура Доладо-Дженкинсона-Сосвилла-Риверо. Случай нескольких единичных корней. Анализ временных рядов, содержащих структурные изменения. ([1], 2002, №2, стр. 267-273, №3, стр. 379-400.)
7. Коинтеграционный анализ. Кажущаяся регрессионная зависимость. Процедура Энгла-Гренджера и модель коррекции ошибками (ECM).([1], 2003, №1, стр. стр.79-82, 89-93.)
8. Многомерные модели временных рядов. Модели векторной авторегрессии: определение, условия стационарности. Причинность по Гренджеру. Векторные модели коррекции ошибками

(VECM). Тестирование коинтеграции: понятие о тесте Йохансена. ([1] , 2002, №4, стр. 513-522, 2003, №1, стр. 82-89, 93-97.)

Литература

Основная

1. Канторович Г.Г. «Лекции по курсу «Анализ временных рядов», Экономический журнал ВШЭ, №№1-4, 2002, №1, 2003 (Электронный вариант выдается преподавателем)

Литература, покрывающая основные разделы курса

2. W.Enders Applied Econometric Time Series. - N.Y., Wiley, 1995.

3. 2. Т. Mills The Econometric Modelling of Financial Time Series. - Cambridge Univ. Press, 1993.

Дополнительная литература

4. . A.Banerjee, J.Dolado, J.W.Galbraith, D.F.Hendry Co-integration, error-correction, and the econometric analysis of non-stationary data. - N.Y., Oxford Univ. Press, 1993.

5. . W.A.Fuller Introduction to Statistical Time Series. - 2nd ed., N.Y., Wiley, 1996.

6. . A.C.Harvey Time Series Models. - 2nd edition, Harvester Wheatsheaf, 1993.

7. . J.Johnston, J.DiNardo Econometric Methods. - 4th ed., N.Y., McGraw-Hill, 1997.

8. . G.S.Maddala Introduction to Econometrics. - Macmillan Publ. Co., 1992.

9. . S.Makridakis, S.C.Wheelwright, V.E.McGee Forecasting: Methods and Applications. - N.Y., Wiley, 1983.

Источники статистических данных

1. Сайт Росстата www.gks.ru

2. Сайт Центрального банка России www.cbr.ru

3. Сайт статистики валютных курсов www.oanda.ru

4. «Экономический журнал ВШЭ» (продолжающееся издание). Статистический раздел.

5. «Обзор экономики России» (продолжающееся издание Рабочего центра экономических реформ при правительстве РФ и Российско-европейского центра экономической политики). Статистическое приложение.

6. «Российская экономика: прогнозы и тенденции» (продолжающееся издание Центра анализа данных кафедры статистики ГУ-ВШЭ).

Тематика заданий по формам контроля

Примерный вариант контрольной работы:

Задание 1

Рассмотрим эксперимент по подбрасыванию правильной монеты (т.е. монеты, при подбрасывании которой «орел» и «решка» выпадают с равной вероятностью). Предположим, вы выигрываете \$1, если выпадает «орел», и проигрываете \$1, если выпадает «решка». Пусть ε_t показывает исход события, произошедшего в момент t , (т.е. для момента t , ε_t может принимать только два значения: либо +\$1, либо -\$1). Для каждого момента времени t обозначим среднее значение событий, произошедших в моменты $t-3, \dots, t$ как w_t , где:

$$w_t = \frac{1}{4} \varepsilon_t + \frac{1}{4} \varepsilon_{t-1} + \frac{1}{4} \varepsilon_{t-2} + \frac{1}{4} \varepsilon_{t-3}.$$

А). Покажите, что ε_t является процессом белого шума.

Б). Найдите математическое ожидание, дисперсию и автоковариационную функцию процесса w_t . Является ли данный процесс слабо стационарным? К классу каких процессов относится данный процесс в терминах ARMA(p, q)?

Задание 2

Пусть $\varepsilon_t \sim WN(0, \sigma_\varepsilon^2)$ и $v_t \sim WN(0, \sigma_v^2)$ взаимно некоррелированные процессы белого шума (т.е. $corr(\varepsilon_r, v_s) = 0$ для любых r и s) и

$$\begin{aligned} y_t &= x_t + \varepsilon_t, \\ x_t &= \phi x_{t-1} + v_t, \end{aligned}$$

где $|\phi| < 1$. Покажите, что процесс y_t является слабо стационарным.

Задание 3. РЕШИТЕ ЛЮБОЕ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ЗАДАНИЙ 3а или 3б.

Задание 3а

Может ли автокорреляционная функция случайного процесса иметь вид:

$$\rho_s = \begin{cases} 0, & s = 1, \\ 0,8, & s = 2, \\ 0, & s \geq 3. \end{cases}$$

Поясните Ваши выводы. Выведите все необходимые формулы.

ИЛИ

Задание 3б

Для процесса следующего вида:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} - \alpha_2 y_{t-2} + \varepsilon_t, \text{ где } \varepsilon_t \sim WN(0, 1).$$

А). Найдите два первых значения частной автокорреляционной функции и значения

коэффициентов (α_i), если известно, что $\rho_1 = \frac{13}{14}$; $\rho_2 = \frac{113}{140}$; $E(y)=2$.

Б). Найдите дисперсию случайного процесса из пункта А.

Замечание: в задании необходимо вывести все формулы, которые вы используете его для решения.

Задание 4. РЕШИТЕ ЛЮБОЕ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ЗАДАНИЙ 4а или 4б или 4в.

Задание 4а

Опишите подробно первый этап процедуры Бокса-Дженкинса. В том числе, опишите подробно свойства (S)ACF и (S)PACF процессов ARIMA (p, d, q) в зависимости от значений p, d, q , а также какими способами можно проверить гипотезу о равенстве значений выборочной автокорреляционной функции нулю.

ИЛИ

Задание 4б

Опишите подробно второй этап процедуры Бокса-Дженкинса. То есть напишите, какие вы знаете способы оценки моделей ARMA(p, q) и каковы свойства этих оценок. Покажите на примере процесса MA(1), что условие обратимости модели скользящего среднего играет существенную роль (какую?) при оценивании таких моделей.

ИЛИ

Задание 4в

Опишите подробно третий этап процедуры Бокса-Дженкинса. То есть опишите все критерии и тесты (а также их свойства, распределения и т.д.), которые используются на данном этапе.

Задание 5

Пусть дан случайный процесс $y_t = 2 + 0,5y_{t-1} + \varepsilon_t + 0,8\varepsilon_{t-1}$ и известно, что $y_{100} = 2$, и $\varepsilon_t \sim WN(0, 1)$. Для данного случайного процесса:

А). Выведите формулы прогнозов в момент времени $T=100$ на 1, 2, 3 шага вперед и вычислите соответствующие прогнозные значения.

Б). Покажите, что $\lim_{h \rightarrow \infty} f_{T,h} = E(y_t)$.

В). Выведите формулы для ошибки прогнозирования $e_{100,h}$ на 1, 2, 3 шага вперед.

Вычислите соответствующие ошибки, если известно, что $y_{101} = 3,15$, $y_{102} = 4,7$ и $y_{103} = 3,85$.

Г). Вычислите дисперсию ошибки прогнозирования $e_{100,h}$ на 1, 2, 3 шага вперед.

Задание 6

На рисунке 1 представлена коррелограмма некоторого случайного процесса ($T=100$). Ответьте на следующие вопросы:

А). К какому типу процессов относится данный процесс в терминах $ARIMA(p, d, q)$? Поясните ваши выводы.

Б). Можем ли мы сказать, что данный процесс является белым шумом? Почему?

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Образец экзаменационной работы:

Задание 1

Рассмотрим случайные величины $\dots, Z_{-1}, Z_0, Z_1, Z_2, \dots$. Известно, что

$$\forall i \in Z: E(Z_i) = 0$$

$$Var(Z_i) = \sigma^2$$

$$\forall i \neq j (i, j \in Z): Cov(Z_i, Z_j) = 0$$

Является ли случайный процесс $\dots, Z_{-2}, Z_{-1}, Z_0, Z_1, Z_2, Z_3, \dots$ слабо стационарным? Почему?

РЕШИТЕ ЛЮБОЕ ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ЗАДАНИЙ (2а ИЛИ 2б ИЛИ 2в):

Задание 2а

Обсудите следующие проблемы: *случайные процессы со стохастическим трендом* и *случайные процессы с детерминированным трендом*

ИЛИ

Задание 2б

Обсудите следующие проблемы: *кажущаяся регрессия* и *коинтеграция*

ИЛИ

Задание 2в

Обсудите следующие проблемы: *случайные процессы с единичным корнем* и *случайные процессы, стационарные около тренда со структурным сдвигом*.

Задание 3

Для некоторого временного ряда y_t ($T=95$) получена следующая модель (в скобках стандартные ошибки коэффициентов):

$$\Delta y_t = 0,98 - 0,01t - 0,06 y_{t-1} - 0,61 \Delta y_{t-1} + e_t$$

(0,28) (0,01) (0,02) (0,08)

На уровне значимости 5% проверьте гипотезу о том, что ряд y_t содержит стохастический тренд, против альтернативной гипотезы о том, что ряд содержит детерминированный тренд.

Задание 4

В таблицах 1-9 приложения 2 приведены оценки ряда моделей для некоторого временного ряда y_t с января 1999 по октябрь 2006 г. Используя процедуру Доладо-Дженкинсона-Сосвилла-Риверо, выберите модель, наиболее адекватно описывающую данный временной ряд. Подробно поясните Ваш выбор. Выпишите итоговую модель.

Задание 5

А). Дайте определение коинтегрированных случайных процессов.

Б). Опишите процедуру Энгла-Гренджера на наличие коинтеграции.

В). В таблице приведены результаты теста Дикки-Фуллера для остатков модели долгосрочной взаимосвязи 3 макроэкономических рядов, являющихся интегрированными первого порядка:

Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(RESID01)				
Sample(adjusted): 1999:02 2006:08				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
RESID01(-1)	-0.305699	0.077552	-3.941858	0.0002
R-squared	0.146997	Mean dependent var		-0.000248
Adjusted R-squared	0.146997	S.D. dependent var		0.015142
S.E. of regression	0.013985	Akaike info criterion		-5.690739
Sum squared resid	0.017602	Schwarz criterion		-5.663147
Log likelihood	259.9286	Durbin-Watson stat		2.121111

Можно ли говорить о том, что рассматриваемая долгосрочная связь между этими рядами, действительно существует? Обоснуйте свой ответ.

Задание 6

Проверьте стационарность процесса, заданного уравнением

$$w_t = \Phi_1 w_{t-1} + \Phi_2 w_{t-2} + \varepsilon_t,$$

Здесь $w_t = (x_t, y_t, z_t)$, ε_t – трехмерный белый шум с единичной ковариационной матрицей, а матрицы коэффициентов имеют следующий вид:

$$\Phi_1 = \begin{pmatrix} -0,5 & 0 & 0 \\ 0 & -0,3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \Phi_2 = \begin{pmatrix} 0,5 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Задание 7

Дана следующая модель:

$$y_t = \varphi y_{t-1} + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Известно, что $x_t \sim I(1)$, $\beta_0 + \beta_1 \neq 0$ и $-1 < \varphi < 1$.

а). Перепишите данную модель в виде модели коррекции ошибками

$$\Delta y_t = \alpha_0 \Delta x_t + \alpha_1 (y_{t-1} - \alpha_2 x_{t-1}) + \varepsilon_t$$

и выразите $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ через $\varphi, \beta_0, \beta_1$. Покажите, что $y = \alpha_2 x$ является долгосрочным равновесием в данной модели и что модель может быть интерпретирована как модель коррекции

ошибками (в том смысле, что любое отклонение модели корректируется в сторону равновесного уровня).

б). Покажите, что $y_t \sim I(1)$, но $y_{t-1} - \alpha_2 x_{t-1}$ является стационарным. Как называется подобная ситуация?

в). Предположим теперь, что $\phi = 1$ и $\beta_0 = \beta_1 = 0$. Что может произойти, если Вы попытаетесь оценить модель

$$y_t = \alpha + \beta x_t + \varepsilon_t?$$

Приложения

Приложение 1: Таблицы критических значений распределения Дикки-Фуллера

Размер выборки	Вероятность меньшего значения							
	0,01	0,025	0,05	0,10	0,90	0,95	0,975	0,99
τ_0								
25	-2.66	-2.26	-1.95	-1.60	0.92	1.33	1.70	2.16
50	-2.62	-2.25	-1.95	-1.61	-0.91	1.31	1.66	2.08
100	-2.60	-2.24	-1.95	-1.61	-0.90	1.29	1.64	2.03
250	-2.58	-2.23	-1.95	-1.62	-0.89	1.29	1.63	2.01
500	-2.58	-2.23	-1.95	-1.62	-0.89	1.28	1.62	2.00
∞	-2.58	-2.23	-1.95	-1.62	-0.89	1.28	1.62	2.00
τ_μ								
25	-3.75	-3.33	-3.00	-2.62	-0.37	0.00	0.34	0.72
50	-3.58	-3.22	-2.93	-2.60	-0.40	-0.03	0.29	0.66
100	-3.51	-3.17	-2.89	-2.58	-0.42	-0.05	0.26	0.63
250	-3.46	-3.14	-2.88	-2.57	-0.42	-0.06	0.24	0.62
500	-3.44	-3.13	-2.87	-2.57	-0.43	-0.07	0.24	0.61
∞	-3.43	-3.12	-2.86	-2.57	-0.44	-0.07	0.23	0.60
τ_τ								
25	-4.38	-3.95	-3.60	-3.24	-1.14	-0.80	-0.50	-0.15
50	-4.15	-3.80	-3.50	-3.18	-1.19	-0.87	-0.58	-0.24
100	-4.04	-3.73	-3.45	-3.15	-1.22	-0.90	-0.62	-0.28
250	-3.99	-3.69	-3.43	-3.13	-1.23	-0.92	-0.64	-0.31
500	-3.98	-3.68	-3.42	-3.13	-1.24	-0.93	-0.65	-0.32
∞	-3.96	-3.66	-3.41	-3.12	-1.25	-0.94	-0.66	-0.33

Приложение 2

Таблица 1

Dependent Variable: D(Y)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	0.000484	0.000538	0.901161	0.3700
D(Y(-1))	1.388259	0.094120	14.74990	0.0000
D(Y(-2))	-0.436179	0.095466	-4.568952	0.0000
R-squared	0.877213	Mean dependent var	4.257674	
Adjusted R-squared	0.874422	S.D. dependent var	2.773570	
S.E. of regression	0.982869	Akaike info criterion	2.835729	

Sum squared resid	85.01073	Schwarz criterion	2.918505
Log likelihood	-126.0257	Durbin-Watson stat	1.836474

Таблица 2

Dependent Variable: D(Y)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.001818	0.000784	-2.318336	0.0228
D(Y(-1))	1.300160	0.090611	14.34887	0.0000
D(Y(-2))	-0.445904	0.088907	-5.015420	0.0000
C	1.044990	0.273983	3.814071	0.0003
R-squared	0.894803	Mean dependent var	4.257674	
Adjusted R-squared	0.891175	S.D. dependent var	2.773570	
S.E. of regression	0.914962	Akaike info criterion	2.703092	
Sum squared resid	72.83252	Schwarz criterion	2.813460	
Log likelihood	-118.9907	F-statistic	246.6726	
Durbin-Watson stat	1.949845	Prob(F-statistic)	0.000000	

Таблица 3

Dependent Variable: D(Y)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	-0.005468	0.006596	-0.829033	0.4094
D(Y(-1))	1.288414	0.093381	13.79745	0.0000
D(Y(-2))	-0.422270	0.098819	-4.273176	0.0000
C	0.925201	0.349066	2.650502	0.0096
@TREND(1999:01)	0.018128	0.032520	0.557425	0.5787
R-squared	0.895181	Mean dependent var	4.257674	
Adjusted R-squared	0.890306	S.D. dependent var	2.773570	
S.E. of regression	0.918608	Akaike info criterion	2.721464	
Sum squared resid	72.57032	Schwarz criterion	2.859423	
Log likelihood	-118.8266	F-statistic	183.6164	
Durbin-Watson stat	1.929377	Prob(F-statistic)	0.000000	

Таблица 4

Dependent Variable: Y				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Y(-1)	2.388744	0.094108	25.38295	0.0000
Y(-2)	-1.824438	0.187650	-9.722555	0.0000
Y(-3)	0.436179	0.095466	4.568952	0.0000
R-squared	0.999942	Mean dependent var	223.4216	
Adjusted R-squared	0.999940	S.D. dependent var	127.3726	
S.E. of regression	0.982869	Akaike info criterion	2.835729	
Sum squared resid	85.01073	Schwarz criterion	2.918505	
Log likelihood	-126.0257	Durbin-Watson stat	1.836474	

Таблица 5

Dependent Variable: Y				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.044990	0.273983	3.814071	0.0003
Y(-1)	2.298342	0.090756	25.32444	0.0000

Y(-2)	-1.746064	0.175890	-9.927044	0.0000
Y(-3)	0.445904	0.088907	5.015420	0.0000
R-squared	0.999950	Mean dependent var		223.4216
Adjusted R-squared	0.999948	S.D. dependent var		127.3726
S.E. of regression	0.914962	Akaike info criterion		2.703092
Sum squared resid	72.83252	Schwarz criterion		2.813460
Log likelihood	-118.9907	F-statistic		581360.4
Durbin-Watson stat	1.949845	Prob(F-statistic)		0.000000

Таблица 6

Dependent Variable: Y				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.925201	0.349066	2.650502	0.0096
@TREND	0.018128	0.032520	0.557425	0.5787
Y(-1)	2.282945	0.095212	23.97744	0.0000
Y(-2)	-1.710683	0.187651	-9.116307	0.0000
Y(-3)	0.422270	0.098819	4.273176	0.0000
R-squared	0.999950	Mean dependent var		223.4216
Adjusted R-squared	0.999948	S.D. dependent var		127.3726
S.E. of regression	0.918608	Akaike info criterion		2.721464
Sum squared resid	72.57032	Schwarz criterion		2.859423
Log likelihood	-118.8266	F-statistic		432565.9
Durbin-Watson stat	1.929377	Prob(F-statistic)		0.000000

Таблица 7

Dependent Variable: D(Y)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(Y(-1))	1.390345	0.093992	14.79216	0.0000
D(Y(-2))	-0.422324	0.094120	-4.487071	0.0000
R-squared	0.876080	Mean dependent var		4.257674
Adjusted R-squared	0.874687	S.D. dependent var		2.773570
S.E. of regression	0.981831	Akaike info criterion		2.822937
Sum squared resid	85.79524	Schwarz criterion		2.878121
Log likelihood	-126.4436	Durbin-Watson stat		1.825768

Таблица 8

Dependent Variable: D(Y)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.556006	0.179163	3.103352	0.0026
D(Y(-1))	1.338196	0.091301	14.65696	0.0000
D(Y(-2))	-0.462530	0.090793	-5.094349	0.0000
R-squared	0.888304	Mean dependent var		4.257674
Adjusted R-squared	0.885765	S.D. dependent var		2.773570
S.E. of regression	0.937429	Akaike info criterion		2.741059
Sum squared resid	77.33196	Schwarz criterion		2.823835
Log likelihood	-121.7182	F-statistic		349.9259
Durbin-Watson stat	1.911340	Prob(F-statistic)		0.000000

Таблица 9

Dependent Variable: D(Y)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.081132	0.293529	3.683224	0.0004
@TREND	-0.008640	0.003874	-2.230113	0.0283
D(Y(-1))	1.307389	0.090369	14.46719	0.0000
D(Y(-2))	-0.457881	0.088834	-5.154317	0.0000
R-squared	0.894344	Mean dependent var		4.257674
Adjusted R-squared	0.890700	S.D. dependent var		2.773570
S.E. of regression	0.916956	Akaike info criterion		2.707446
Sum squared resid	73.15029	Schwarz criterion		2.817813
Log likelihood	-119.1888	F-statistic		245.4750
Durbin-Watson stat	1.958157	Prob(F-statistic)		0.000000

Приложение 3: Таблица критических значений теста Энгла-Гренджера

Спецификация уравнения остатков	1%	5%	10%
$\Delta u_t = \gamma u_{t-1} + \varepsilon_t$	-4,07	-3,37	-3,03
$\Delta u_t = \gamma u_{t-1} + \sum_{n=1}^4 c_n \Delta u_{t-n} + \varepsilon_t$	-3,77	-3,17	-2,84

Автор программы

А.Г.Максимов.