

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

**А.Г.РЕННЕР, Л.М. ТУКТАМЫШЕВА, Е.Н. СЕДОВА,
О.И. БАНТИКОВА**

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ БОКСА-ДЖЕНКИНСА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 33:519.8 (07)
ББК 65.050.03 я7
М74

Рецензент

кандидат экономических наук, доцент М.А.Жук

Реннер А.Г.

М74

Моделирование и прогнозирование на основе моделей Бокса-Дженкинса [Текст]: методические указания к лабораторному практикуму и самостоятельной работе студентов/ А.Г. Реннер, Л.М. Туктамышева, Е.Н. Седова, О.И. Бантикова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 53 с.

Методические указания содержат описание работы по моделированию и прогнозированию на основе моделей Бокса-Дженкинса, варианты индивидуальных заданий для проведения лабораторной работы. Методические указания предназначены студентам специальности 080116, и других экономических специальностей, изучающих дисциплины «Методы социально-экономического прогнозирования», «Эконометрика», «Эконометрическое моделирование» и др.

ББК 65.050.03 я7

© Реннер А.Г., 2008
© Туктамышева Л.М., 2008
© Седова Е.Н., 2008
© Бантикова О.И., 2008
© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	5
1 Описание лабораторной работы №2 «Моделирование и прогнозирование на основе моделей Бокса-Дженкинса».....	6
2 Постановка задачи.....	6
3 Порядок выполнения работы.....	6
3.1 Порядок выполнения работы в пакете EViews 3.1.....	6
3.2 Порядок выполнения работы в пакете Statistica 7.0.....	25
4 Содержание письменного отчета.....	50
5 Вопросы к защите.....	50
Список использованных источников.....	51
Приложение А.....	52
Исходные данные для анализа.....	52

Введение

Реальные временные ряды, встречающиеся в экономике, редко бывают стационарными. Их нестационарность чаще всего проявляется в наличии зависящей от времени неслучайной составляющей. В подобных случаях говорят о нестационарности на уровне первых моментов, или о нестационарных однородных временных рядах. Модели для прогнозирования таких временных рядов были предложены Дж. Боксом и Г. Дженкинсом и получили название моделей авторегрессии-проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС(p,d,q)-модели). В моделях АРПСС(p, d, q) используются идеи о возможности приближенно трансформировать нестационарные временные ряды в стационарные путем перехода от исходного ряда к его разностям соответствующего порядка d. Полученный, таким образом, стационарный ряд можно описать моделями авторегрессии, скользящего среднего или авторегрессии скользящего среднего.

Практически во всех имеющихся эконометрических пакетах реализована возможность прогнозирования на основе моделей Бокса-Дженкинса, отличие только в наборе используемых статистик для проверки адекватности моделей. В методических указаниях рассматриваются процедуры прогнозирования на основе моделей Бокса-Дженкинса в ППП EViews, Statistica, SPSS.

1 Описание лабораторной работы №2 «Моделирование и прогнозирование на основе моделей Бокса-Дженкинса»

Цель работы заключается в выработке навыков моделирования и прогнозирования на основе моделей Бокса-Дженкинса.

Лабораторная работа включает следующие этапы:

- постановку задачи;
- ознакомление с порядком выполнения работы в ППП EViews, Statistica, SPSS;
- выполнение индивидуальных заданий на компьютере и анализ результатов;
- подготовку письменного отчета с выводами по работе;
- защиту лабораторной работы.

Лабораторная работа рассчитана на 2 часа.

2 Постановка задачи

По данным Приложения А:

- 1 провести анализ компонентного состава временного ряда;
- 2 построить модель АРПСС(p,d,q);
- 3 исследовать адекватность модели;
- 4 осуществить прогнозирование на 3 периода.

3 Порядок выполнения работы

3.1 Порядок выполнения работы в пакете EViews 3.1

Пусть y_t - нестационарный временной ряд со стационарными разностями d-го порядка. Модель АРПСС(p, d, q) записывается в следующем виде:

$$\Delta^d y_t = \alpha_1 \Delta^d y_{t-1} + \alpha_2 \Delta^d y_{t-2} + \dots + \alpha_p \Delta^d y_{t-p} + \varepsilon_t - \beta_1 \delta_{t-1} - \beta_2 \delta_{t-2} - \dots - \beta_q \delta_{t-q}, \quad (3.1)$$

где $\Delta^d y_t$ - d-ая последовательная разность ряда с уровнями y_t ;

$$t = d + k + 1, d + k + 2, \dots, T \quad (k = \max\{p, q\}).$$

Наиболее распространена в экономических исследованиях модель АРПСС(p, d, q) со значением параметров, не превышающих 2, при этом искомые параметры p, q определяют соответственно порядок авторегрессионной составляющей и порядок скользящего среднего, d - порядок интегрирования.

Для x_t и y_t можно рассмотреть модели стационарных временных рядов:

- модель скользящего среднего

$$CC(q) \in MA(q): x_t = \delta_t - \beta_1 \delta_{t-1} - \beta_2 \delta_{t-2} - \dots - \beta_q \delta_{t-q}, \quad (3.2)$$

где $t = d + q + 1, d + q + 2, \dots, T$

- модель авторегрессии

$$AP(p) \in AR(p): x_t = \alpha_1 x_{t-1} + \alpha_2 x_{t-2} + \dots + \alpha_p x_{t-p} + \delta_t, \quad (3.3)$$

где $t = d + p + 1, d + p + 2, \dots, T$

- модель авторегрессии скользящего среднего

$$APCC(p, q) \in ARIMA(p, q): x_t = \alpha_1 x_{t-1} + \alpha_2 x_{t-2} + \dots + \alpha_p x_{t-p} + \delta_t - \beta_1 \delta_{t-1} - \beta_2 \delta_{t-2} - \dots - \beta_q \delta_{t-q}, \quad (3.4)$$

где $t = d + k + 1, d + k + 2, \dots, T$ ($k = \max\{p, q\}$)

Выбор модели основывается на основе расчета информационных критериев и на анализе автокорреляционной, частной автокорреляционной функции (АКФ, ЧАКФ).

Методологию Бокса-Дженкинса можно также использовать для моделирования поведения временных рядов с ярко выраженной сезонной компонентой. Сезонная модель обозначается АРПСС(p,d,q)(Ps,Ds,Qs), где Ps – сезонный параметр авторегрессии, Ds – порядок сезонной разности, Qs – сезонный параметр скользящего среднего.

Продемонстрируем процедуру прогнозирования на основе АРПСС(p,d,q)-модели, используя информацию о среднемесечном индексе Доу-Джонса (y_t) за период с января 2000 г по май 2005 г в пакете EViews 3.1.

Сразу отметим, что поскольку задачей в предлагаемом примере является прогнозирование индекса Доу-Джонса на 3 периода времени вперед, то при открытии данных нужно задать конечную дату с учетом длины интервала прогнозирования (то есть интервал не 2000:01 2005:5, а 2000:01 2005:08 в нашем случае).

Окно с частью данных для анализа представлено на рисунке 3.1.

The screenshot shows the EViews software window titled 'Series: Y Workfile: UNTITLED'. The window contains a table with the following data:

Y	
2000:01	222.3400
2000:02	222.2400
2000:03	221.1700
2000:04	218.8800
2000:05	220.0500
2000:06	219.6100
2000:07	216.4000
2000:08	217.3300
2000:09	219.6900
2000:10	219.3200
2000:11	218.2500
2000:12	220.3000
2001:01	222.5400
2001:02	223.5600
2001:03	223.0700
2001:04	

Рисунок 3.1 – Вид рабочего окна EViews с частью исходных данных

При необходимости изменения имени ряда можно воспользоваться кнопкой **Name - Имя** (не более 16 символов). Если нужно использовать не весь временной ряд, а только его часть, например, начиная с января 2001 года, то это можно указать в специальном окне после нажатия кнопки **Sample - Выборка**.

Кнопка меню **Edit+/- - Правка+/-** включает/выключает возможность непосредственного редактирования данных в рабочем окне. Ввод новых данных в ячейку заканчивается нажатием **Enter**. Кнопка меню **Label+/- - Метка+/-** выводит на экран (либо убирает с экрана) информацию о времени создания ряда, времени его изменения и т.д.

Первым этапом при определении компонентного состава временного ряда является построение графика исходного временного ряда. Для этого выберем пунктом **Line Graph - Линейный график** из меню **View - Вид** окна с данными временного ряда. По оси абсцисс будет отложено время (или номер наблюдения), по оси ординат – значения временного ряда (рисунок 3.2).

Для сохранения построенного графика как отдельного объекта EViews нужно нажать кнопку **Freeze - Фиксировать** – появится окно графика исследуемого ряда. После изменения имени данного объекта при помощи кнопки **Name - Имя** график сохраняется в окне рабочего файла EViews.

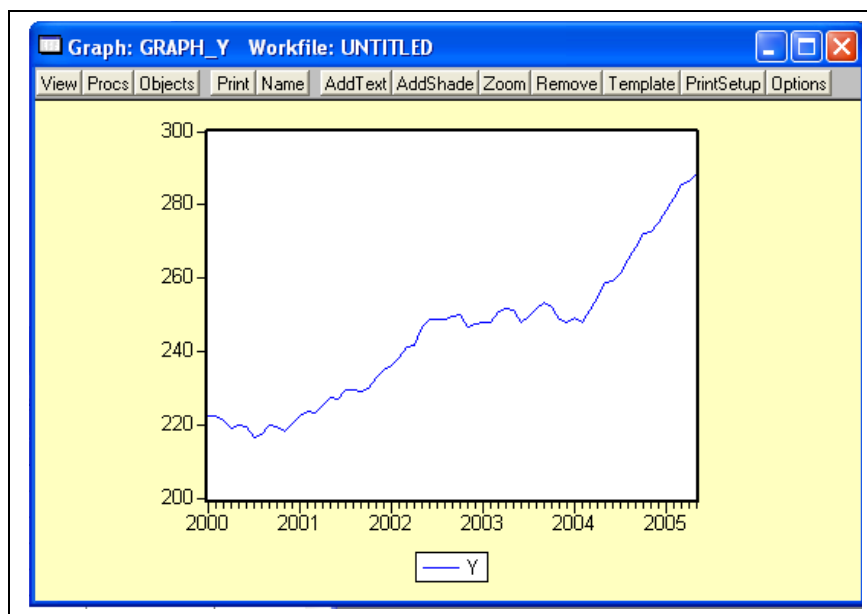


Рисунок 3.2 – График индекса Доу-Джонса в EViews

Пункты меню **Procs- Действия** окна графика позволяют настроить вид графика.

Для построения графика временного ряда можно также воспользоваться меню **Object/New Object – Объект/Новый объект** Главного меню EViews, выбрав в появившемся окне **Graph - График** в качестве типа создаваемого объекта и задав имя ряда, график которого необходимо построить.

Вид графика позволяет предположить наличие в данных возрастающего тренда. Данное предположение можно проверить как с помощью специальных критериев, так и на основе анализа выборочной автокорреляционной функции ряда – она позволяет в частности, определить, насколько рассматриваемый ряд близок к стационарному. Автокорреляции стационарного ряда затухают с ростом лага

Для построения коррелограммы выберем пункт меню **View/Correlogram – Вид/Коррелограмма**. В поле **Correlogram of...** появившегося окне можно задать построение коррелограммы как для исходных уровней ряда (опция **Level**), так и для ряда первых (**1st difference**) или вторых (**2nd difference**) разностей. Число лагов, для которых будут рассчитаны коэффициенты автокорреляции, задается в поле **Lags to include** (рисунок 3.3).

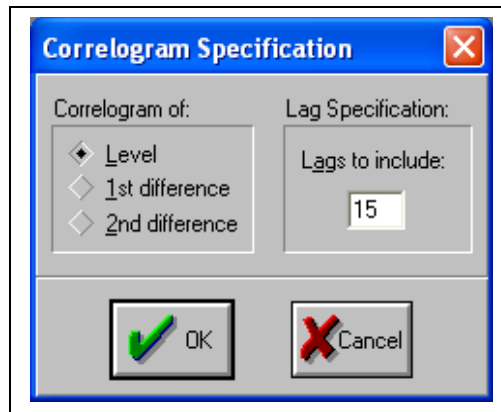


Рисунок 3.3 – Окно задания параметров построения коррелограммы

После нажатия ОК, появляется следующий график (рисунок 3.4)

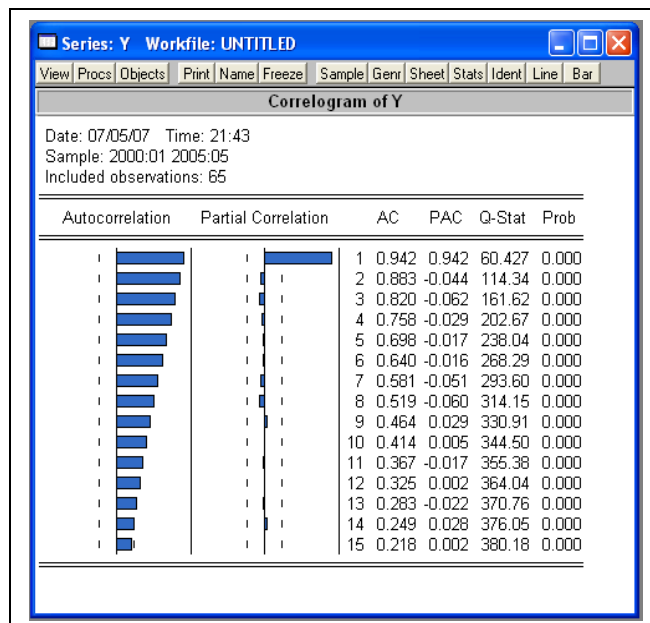


Рисунок 3.4 – Выборочная автокорреляционная и частная автокорреляционная функции

В столбцах Autocorrelation и Partial Correlation представлены графики выборочных автокорреляционной и частной автокорреляционной функций с соответствующими доверительными интервалами (пунктирные линии), которые равны двум стандартным отклонениям и вычисляются как $\pm 2/\sqrt{T}$ ¹ (в пакете EViews АКФ и ЧАКФ строятся одновременно по умолчанию). Если k-ое значение выборочной автокорреляционной (либо частной автокорреляционной) функции находится внутри данного интервала, то можно говорить о том, что коэффициент автокорреляции k-ого порядка приблизительно на уровне значимости $\alpha = 0,05$ незначимо отличается от нуля.

¹ T – длина временного ряда

В столбцах АС и РАС приведены численные значения выборочных автокорреляционной и частной автокорреляционной функций соответствующего порядка, информация о котором приведена в третьем столбце таблицы.

В столбцах Q-stat и Prob приведены значения Q-статистики Льюнга-Бокса (формула 3.5) и уровень значимости p для нее.

Выдвигается нулевая гипотеза $H_0: \sum_{j=1}^k r_j^2 = 0$ (нет автокорреляции порядка меньшего или равного k).

Альтернативная гипотеза имеет вид $H_1: \sum_{j=1}^k r_j^2 > 0$ (есть автокорреляция порядка меньшего или равного k)

Для проверки нулевой гипотезы используется статистика Льюнга-Бокса порядка k (формула (3.5)):

$$Q_{LB}(k) = T(T+2) \sum_{j=1}^k \frac{r_j^2}{T-j}, \quad (3.5)$$

где T – длина временного ряда;

r_j – оценка коэффициента автокорреляции j -ого порядка.

Если тест Льюнга-Бокса применяется непосредственно к временному ряду, то статистика (3.5) асимптотически распределена по закону χ^2 с k степенями свободы, а если k остаткам моделей типа АРПСС(p, d, q), то асимптотически по закону χ^2 с $(k - p - q)$ степенями свободы.

Как видно из автокорреляционной функции ряда и коррелограммы, исследуемый ряд нестационарен, т.к. автокорреляционная функция не имеет тенденции к затуханию. Наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции первого порядка – 0,942, что также подтверждает наличие трендовой компоненты. Таким образом, мы имеем дело с нестационарным временным рядом.

Будем использовать методологию Бокса-Дженкинса и, поскольку ряд нестационарный, строить модель в классе моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA (p, d, q)).

Для определения порядка разности d сначала проверим, не является ли стационарным ряд первых разностей. Для этого снова воспользуемся пунктом меню **View/Correlogram – Вид/Коррелограмма**. В поле **Correlogram of.../Коррелограмма для...** зададим построение коррелограммы для ряда первых разностей, отметив опцию **1st difference/1-ые разности**. Нажав на кнопку **ОК**, получим оценки автокорреляционной и частной автокорреляционной функций (рисунок 3.5):

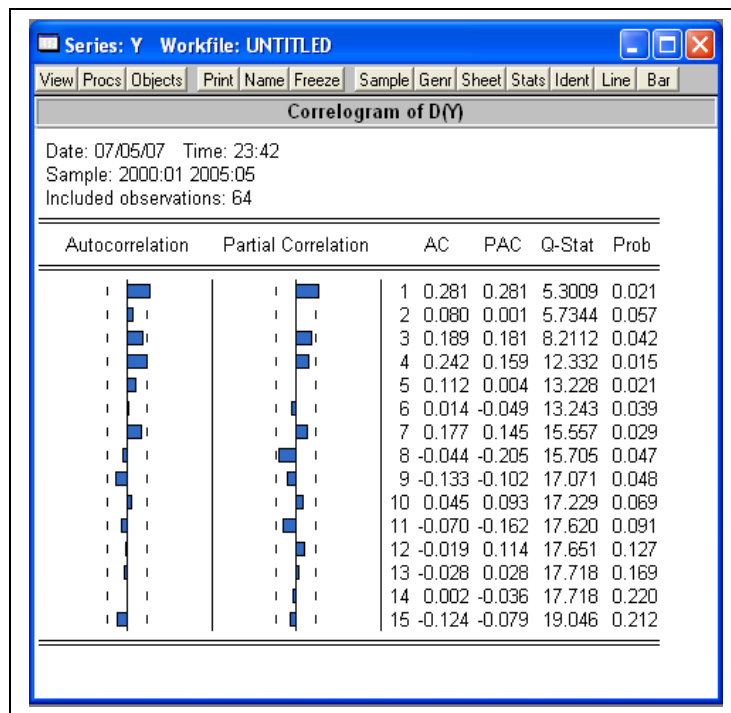


Рисунок 3.5 – Выборочная автокорреляционная и частная автокорреляционная функции ряда первых разностей

Для ряда первых разностей автокорреляционная функция плавно убывает, значительно отличен от нуля только коэффициент автокорреляции 1-го порядка, то есть ряд стационарен. Поэтому мы можем принять $d=1$.

Отметим, что по виду автокорреляционной и частной автокорреляционной функций мы заранее можем предположить количество параметров модели АРПСС. Поскольку и АКФ, и ЧАКФ имеют выброс только на лаге 1, то, скорее всего, искомая модель АРПСС будет содержать не более 1 авторегрессионного (скользящего среднего) составляющего.

В нашем случае будем оценивать параметры модели АРПСС (1,1,0). Это значит, что мы взяли величину разностей равную 1, с одним параметром авторегрессии и без параметров скользящего среднего.

Оценить указанную модель в пакете EViews можно как используя главное меню программы, так и командную строку.

Воспользуемся главным меню Eviews и выберем **Quick/Estimate equation – Быстрый доступ/Оценить уравнение**. В появившемся окне в настройках оценивания **Estimation settings** в поле **Method/Метод** выберем **LS** (least squares/метод наименьших квадратов). В поле **Equation Specification/Спецификация уравнения** запишем через пробел имя зависимой переменной (имя моделируемого ряда), затем зарезервированный параметр c (если в модели необходимо учесть константу) и необходимое количество параметров авторегрессии и скользящего среднего (рисунок 3.6). В данном случае у нас всего один параметр авторегрессии, поэтому запишем $ar(1)$. В общем случае необходимое количество параметров авторегрессии записывается через пробел как $ar(k)$, где k – порядок авторегрессии. Для

параметров скользящего среднего используются обозначения $ma(k)$. Отметим, что для взятия первых разностей используется команда $d(x)$, где x – имя ряда, для которого будут взяты первые разности. Для взятия вторых разностей можно применить эту команду дважды.

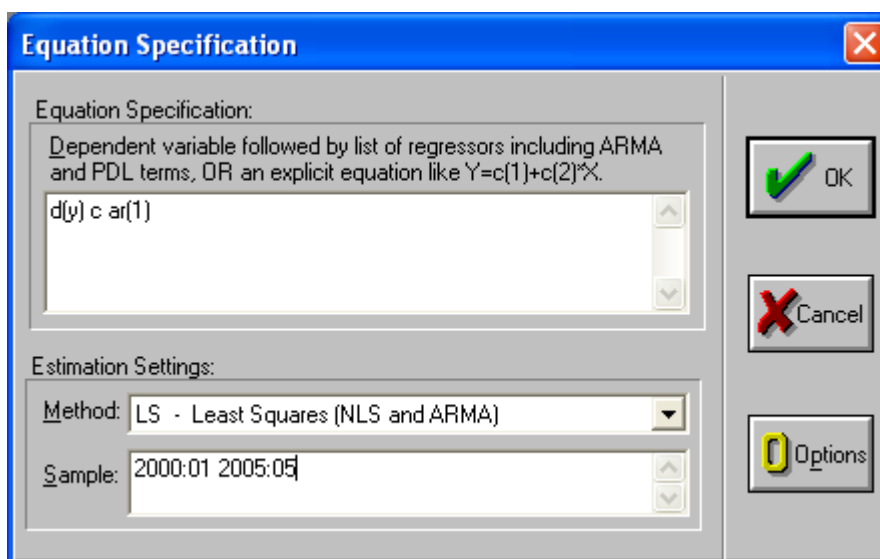


Рисунок 3.6 – Задание спецификации модели и выбор метода оценивания

Запуск процедуры оценивания производится нажатием кнопки ОК.

Получить оценки коэффициентов модели можно и с использованием командной строки. Для этого необходимо набрать в ней команду следующего вида (рисунок 3.7):

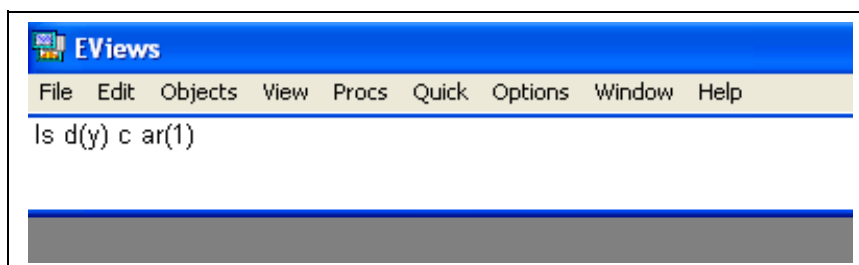
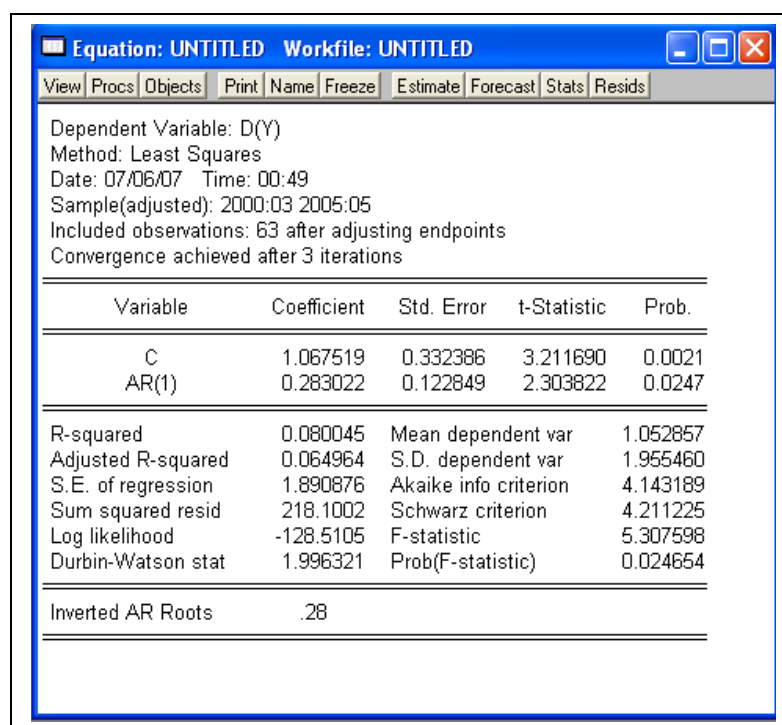


Рисунок 3.7 – Использование командной строки

Запуск команды на выполнение производится нажатием **Enter**. Результаты расчетов приведены в виде отчета на рисунке 3.8. Для оценивания модели использовался итерационный метод, сходимость была достигнута после 3 итераций.

В столбце Variable указаны имена оцениваемых параметров модели, в столбце Coefficients приведены оценки этих параметров, в столбце Std. Error – асимптотическая стандартная ошибка оценок, в столбце t-Statistic – значения t-критерия, в столбце Prob. – вероятности принятия нулевой гипотезы о незначимости параметра.



Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.067519	0.332386	3.211690	0.0021
AR(1)	0.283022	0.122849	2.303822	0.0247

R-squared	0.080045	Mean dependent var	1.052857
Adjusted R-squared	0.064964	S.D. dependent var	1.955460
S.E. of regression	1.890876	Akaike info criterion	4.143189
Sum squared resid	218.1002	Schwarz criterion	4.211225
Log likelihood	-128.5105	F-statistic	5.307598
Durbin-Watson stat	1.996321	Prob(F-statistic)	0.024654

Inverted AR Roots	.28
-------------------	-----

Рисунок 3.8 – Результаты оценивания модели АРПСС(1,1,0) в пакете EViews

В нижней части окна приводятся значения статистик и критериев, позволяющих судить о качестве оцененной модели и сравнивать модель с другими.

R-squared – оценка коэффициента детерминации. Отметим, что если для оценивания модели применяется не метод наименьших квадратов, то коэффициент детерминации необязательно будет находиться в пределах от 0 до 1.

Adjusted R-squared – скорректированный коэффициент детерминации, значение которого не превышает соответствующих значений обычного коэффициента детерминации и могут быть отрицательными, если модель плохо специфицирована.

S.E. of regression – стандартная ошибка модели, которая находится по формуле 3.6

$$S.E. = \sqrt{\frac{e^T e}{T - k}}, \quad (3.6)$$

где e - вектор остатков модели;

T - длина временного ряда;

$k = (p + q)$ - количество оцениваемых параметров модели.

Sum squared resid – сумма квадратов остатков модели.

Log likelihood – логарифм функции правдоподобия, который вычисляется в предположении нормального характера распределения остатков модели как (формула (3.7)):

$$l = -\frac{T}{2} \ln | \Sigma | + \log(2\pi) + \log \frac{e^T e}{T}, \quad (3.7)$$

где e - вектор остатков модели;
 T - длина временного ряда.

Durbin-Watson stat – значение статистики Дарбина-Уотсона для остатков модели.

Mean dependent var – среднее значение зависимой переменной.

S.D. dependent var – стандартное отклонение зависимой переменной.

Akaike info criterion – значение информационного критерия Акаике, который используется для выбора лучшей модели из некоторого набора альтернативных моделей и рассчитывается по формуле 3.8:

$$AIC = -2 \ln l + 2k, \quad (3.8)$$

где l - логарифм функции правдоподобия;
 T - длина временного ряда;
 k - количество оцениваемых параметров модели.

Критерий Акаике смещен в сторону выбора перепараметризированной модели.

Schwarz criterion - значение информационного критерия Шварца (байесовского критерия Шварца), которое рассчитывается по формуле 3.9:

$$BIC = -2 \ln l + k \ln T, \quad (3.9)$$

где l - логарифм функции правдоподобия;
 T - длина временного ряда;
 k - количество оцениваемых параметров модели.

Асимптотически состоятельный информационный критерий Шварца всегда выбирает лучшую модель с числом параметров, не превышающим число параметров в модели, которая была выбрана по критерию Акаике. Наилучшей признается модель, значение информационных критериев для которой наименьшее.

F-statistic – значение F-статистики для проверки гипотезы о незначимости модели в целом.

Prob (F-statistic) – вероятность нулевой гипотезы о незначимости модели в целом.

Inverted AR Roots – обратные АР-корни. Для стационарного процесса авторегрессии корни характеристического многочлена лежат внутри единичного круга (по модулю меньше 1).

Как видно из рисунка 3.8, построенная модель значима ($p=0,025<0,05$), оба коэффициента (константа и параметр авторегрессии) также значимы ($p=0,002<0,05$ и $p=0,025<0,05$).

Нажатие на кнопку меню **Resids** выводит график наблюдаемых и модельных значений зависимой переменной, а также график остатков модели (рисунок 3.9):

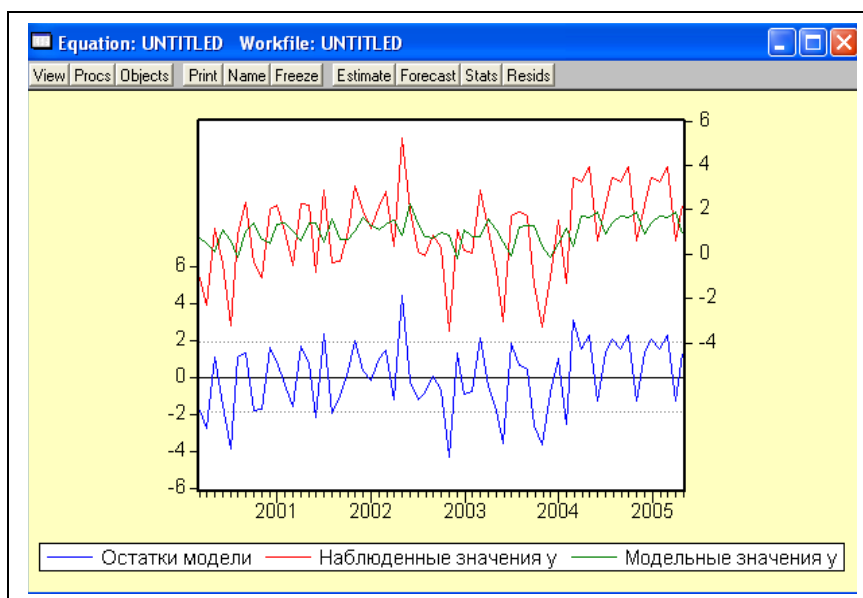


Рисунок 3.9 – График наблюдаемых и модельных значений индекса Доу-Джонса и остатков модели АРСС(1,1,0)

Для построения отдельного графика остатков модели нужно воспользоваться пунктом меню **View/Actual, Fitted, Residual/Residual Graph** – Вид/ Наблюдаемые значения, Модельные значения, Остатки модели/ График остатков модели, а для получения численных значений наблюдаемых и модельных значений зависимой переменной и численных значений остатков модели – пунктом **View/Actual, Fitted, Residual/Actual, Fitted, Residual Table**– Вид/ Наблюдаемые значения, Модельные значения, Остатки модели/ Таблица наблюдаемых, модельных значений и остатков модели.

Теперь необходимо проверить, что остатки δ_t являются белым шумом.

Для проведения теста на нормальный характер распределения остатков модели выберем пункт **View/ Residual tests/Normality test** - Вид/ Тестирование остатков/Проверка нормальности (рисунок 3.10)

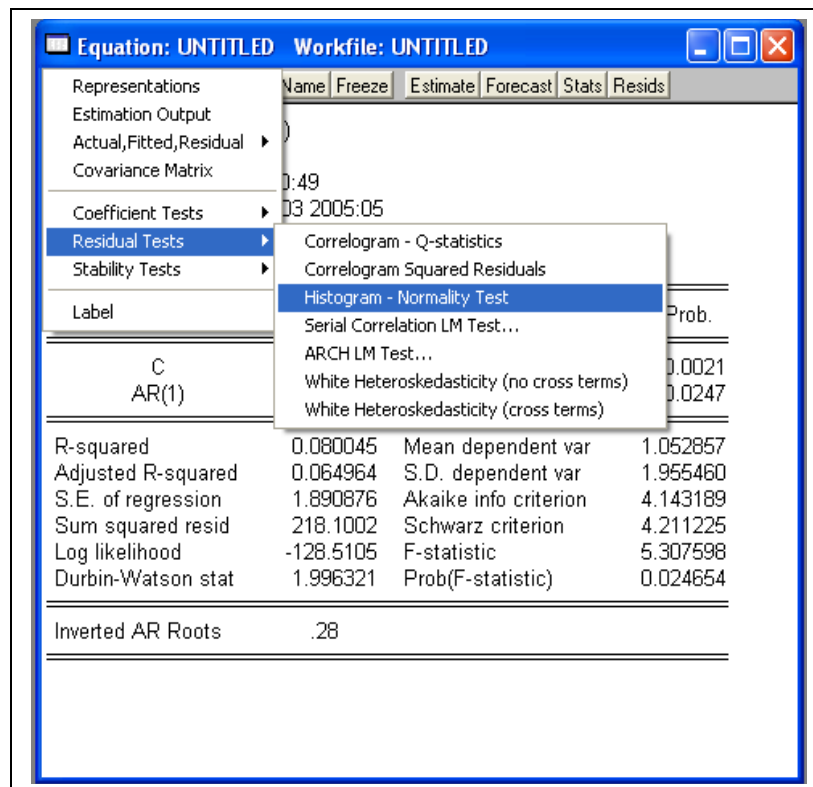


Рисунок 3.10 – Выбор пунктов меню для проверки нормального характера распределения остатков модели

На экране появится окно, содержащее гистограмму распределения остатков модели, оценки основных характеристик этой случайной величины, включая оценку коэффициента асимметрии (Skewness) и эксцесса (Kurtosis), а также рассчитанное значение статистики Харке-Бера и значимость нулевой гипотезы о нормальном характере распределения остатков (рисунок 3.10).

Статистика Харке-Бера проверяет значимость различий ассиметрии и эксцесса исследуемой и нормально распределенной случайной величины (формула (3.10)):

$$Jarque - Bera = \frac{T - k}{6} \frac{J^2}{I} + \frac{(K - 3)^2}{4} \frac{U}{I}, \quad (3.10)$$

где S – оценка коэффициента асимметрии;

K – оценка коэффициента эксцесса;

T – длина временного ряда;

k – количество оцениваемых параметров в модели.

Напомним, что для нормально распределенной случайной величины, асимметрия $S = 0$ и эксцесс $K = 3$.

Статистика (3.10) в условиях справедливости нулевой гипотезы о нормальном характере распределения остатков распределена по закону χ^2 с 2 степенями свободы.

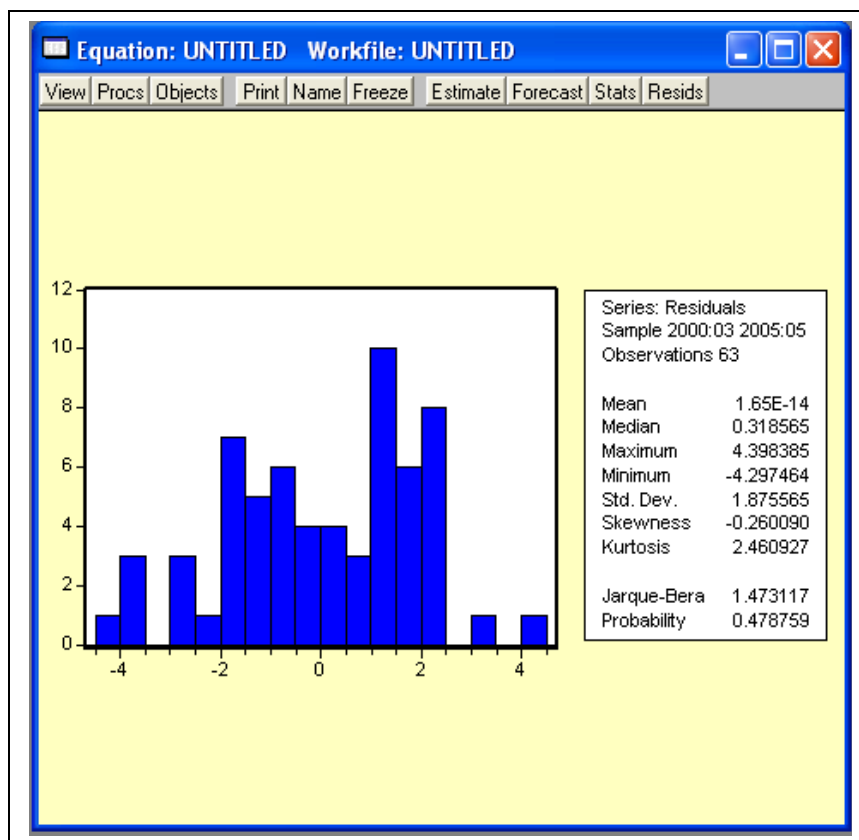


Рисунок 3.11 - Гистограмма распределения остатков модели

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что распределение остатков модели не отличаются от нормального, так как значимость нулевой гипотезы ($p=0,479$) больше, чем заданный уровень значимости 0,05.

В пакете EViews также есть возможность построения для остатков модели графика Квантиль-Квантиль, позволяющего сравнивать распределения двух случайных величин (например, распределение исследуемой случайной величины и нормального распределения). Если исследуемая случайная величина распределена нормально, то все значения на графике должны попасть на одну линию (линию подгонки). Таким образом, чем меньше точки на графике отклоняются от одной прямой, тем меньше распределение случайной величины отличается от нормального.

Для построения такого графика сначала нужно сохранить остатки модели в отдельную переменную с помощью пункта меню **Procs/Make Residual Series...** - Действия/Создать ряд остатков модели, задав в появившемся окне имя переменной, в которую будут сохранены остатки модели. Затем в окне появившейся переменной выбрать пункт меню **View/Distribution Graphs/Quantile-Quantile** – Вид/Графики распределений/Квантиль-Квантиль, а затем в окне QQ Plot выбрать в качестве квантилей теоретического распределения квантили нормального распределения (**Normal distribution**) (рисунки 3.12 и 3.13).

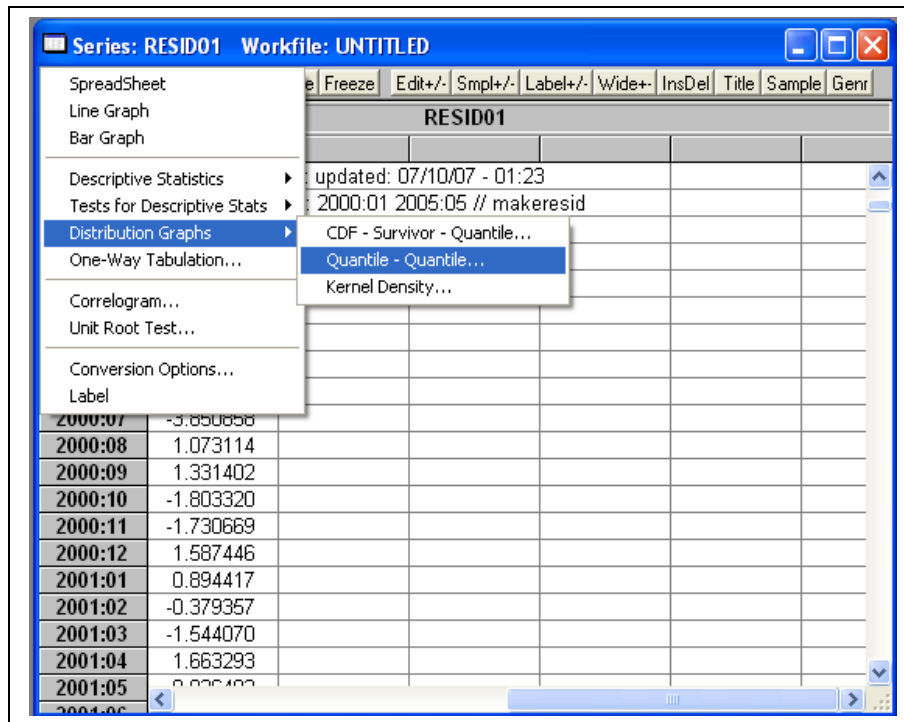


Рисунок 3.12 – Выбор пунктов меню для построения графика квантиль-квантиль

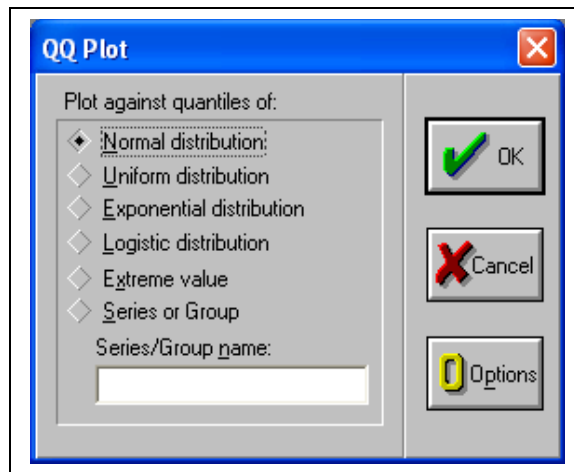


Рисунок 3.13 – Выбор распределения для построения графика квантиль-квантиль

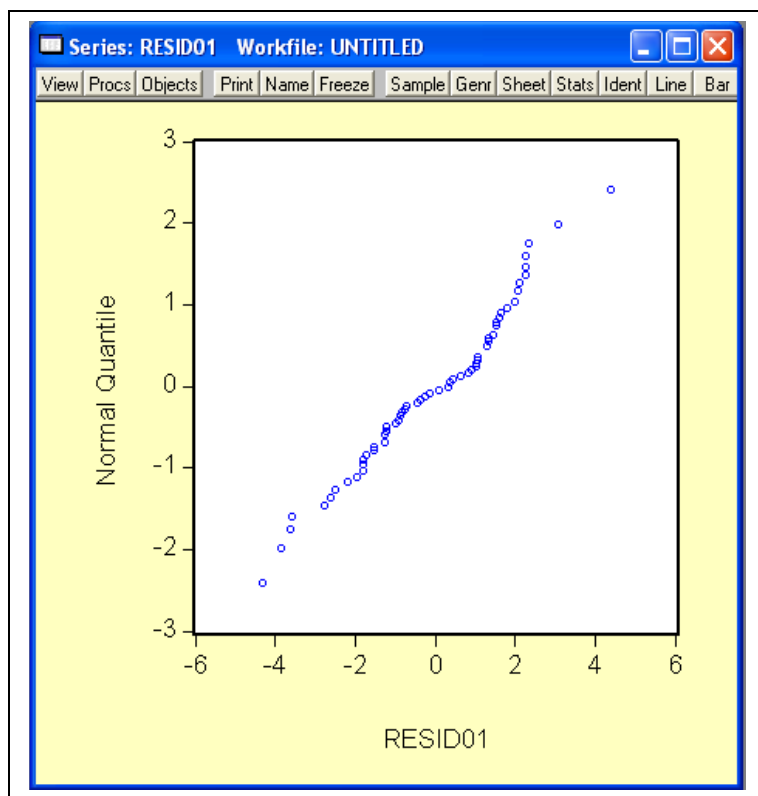


Рисунок 3.14 – График квантиль-квантиль остатков модели АРСС(1,1,0)

Как видно из рисунка 3.14, все точки графика располагаются практически на одной прямой, что говорит о близости распределения остатков модели к нормальному закону распределения.

Приступим к исследованию некоррелированности остатков модели. Для этого найдем оценку автокорреляционной и частной автокорреляционной функций δ_t , воспользовавшись пунктом меню **View/Residual tests/Correlogram – Q-statistics – Вид/ Тестирование остатков/ Коррелограмма – Q-статистики** окна с результатами (рисунок 3.15).

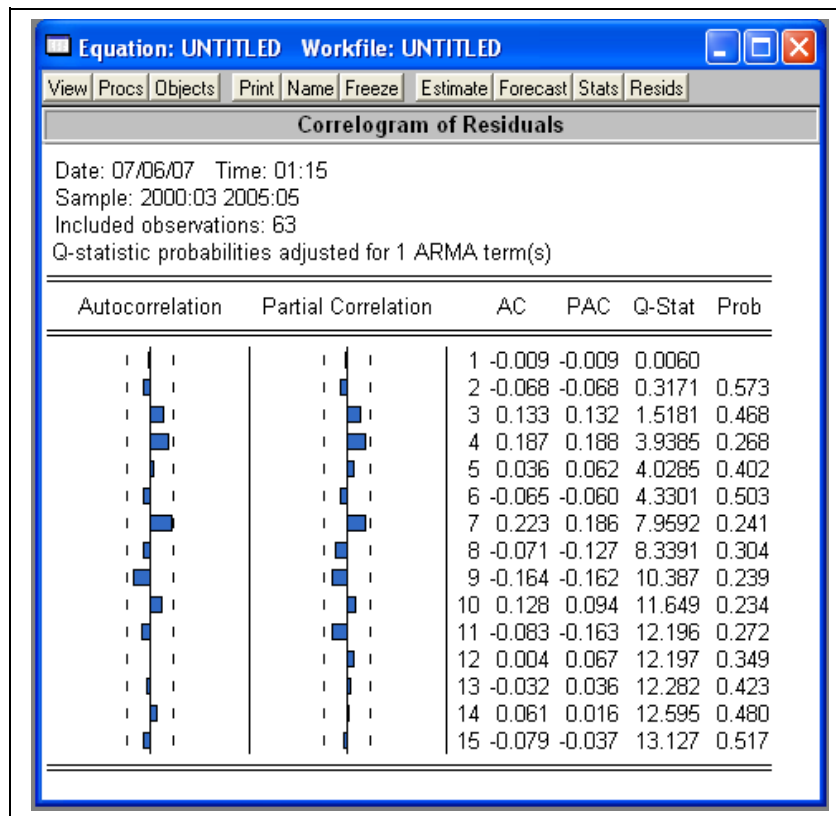


Рисунок 3.15 - Выборочная автокорреляционная и частная автокорреляционная функции остатков модели АРСС(1,1,0)

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что остатки некоррелированы.

Так как остатки нормально распределены и некоррелированы, то можно переходить к прогнозированию.

Таким образом, оценка модели АРСС(1,1,0) выглядит следующим образом (рисунок 3.8):

$$\Delta \hat{Y}_t = 1,068 + 0,283 \Delta Y_{t-1}$$

$$\hat{Y}_t = 1,068 + 1,283 Y_{t-1} - 0,283 Y_{t-2}, \quad \text{где } t = 3, \dots, T$$

Для прогнозирования воспользуемся пунктом меню **Procs/Forecast – Действия/Прогноз** окна с оценками коэффициентов модели. В появившемся окне (рисунок 3.16) в поле **Forecast of/Прогноз** выберем прогнозирование самой переменной (индекс Доу-Джонса), в поле **Method/Метод** выберем **Dynamic/Динамический**, в полях **Series names/Имена серий** укажем имя переменной, в которую будут сохранены прогнозные значения (**Forecast name**) и, при необходимости, имя переменной, в которую будут сохранены стандартные ошибки прогноза (**S.E. (optional)**). В поле **Output/Вывод** укажем, что необходимо построить отобразить прогноз на графике (**Do graph**) и вывести численные значения прогноза (**Forecast evaluation**). Поскольку нам необходимо получить прогноз на 3 периода вперед, то в поле **Sample range for forecast** укажем период с июня 2005 г по август 2005 г (2005:6 2005:8).

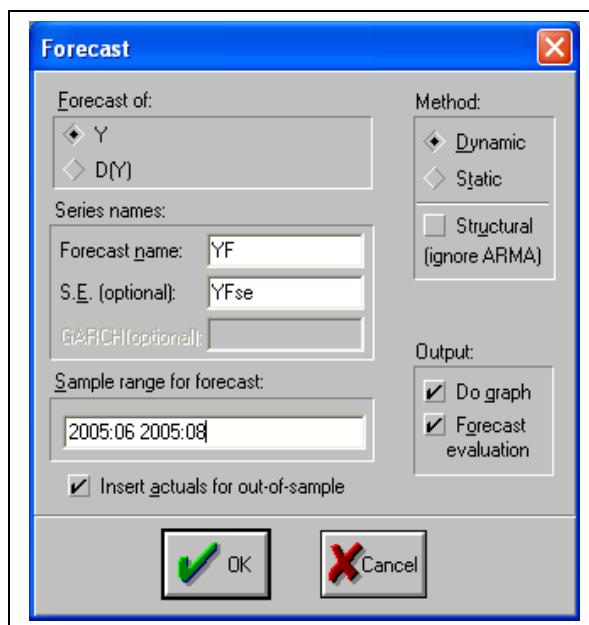


Рисунок 3.16 – Вид окна задания параметров прогнозирования

После нажатия кнопки ОК появится график прогнозных значений и 95% доверительные интервала прогноза.

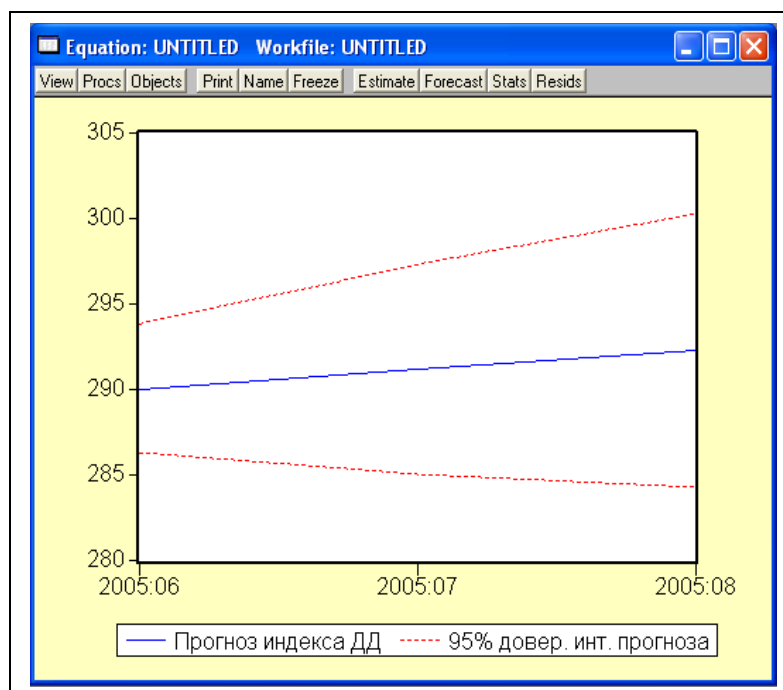


Рисунок 3.17 – График прогнозных значений индекса Доу-Джонса за период с июня 2005 г по август 2005 г

В рабочем файле EViews также появятся новые переменные, содержащие численные значения прогноза (yf) и стандартные ошибки прогноза ($yfse$). Для их просмотра нужно сделать двойной щелчок левой кнопкой мыши по названию соответствующей переменной (рисунок 3.18).

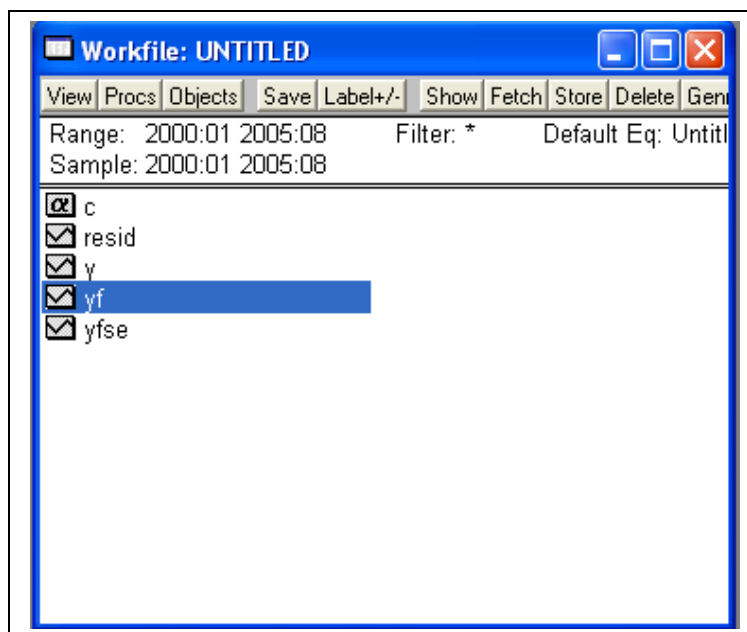


Рисунок 3.18 – Вид рабочего файла EViews после добавления переменных, содержащие численные значения прогноза и стандартных ошибок прогноза

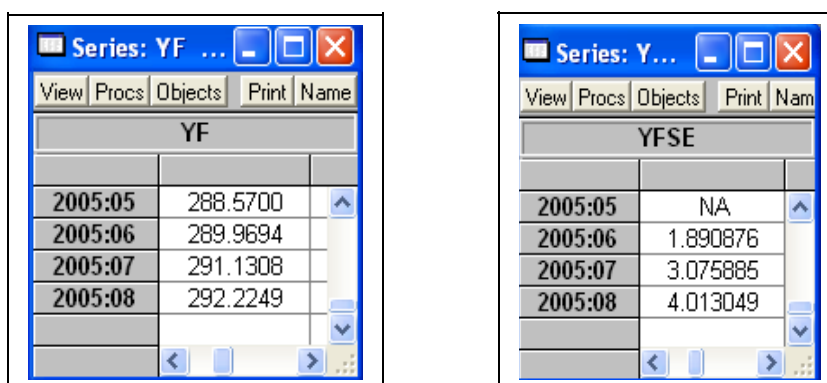


Рисунок 3.19 – Результаты прогнозирования индекса Доу-Джонса: прогноз (слева) и стандартная ошибка прогноза (справа)

Если нужно отобразить на одном графике наблюдаемые и прогнозные значения индекса Доу-Джонса вместе с 95% доверительными интервалами для прогноза, то нужно использовать пункт главного меню программы **Quick/Show – Быстрые действия/Показать**. В появившемся окне через пробел введем названия переменных (формулы допускаются), которые мы хотим отобразить (рисунок 3.20).

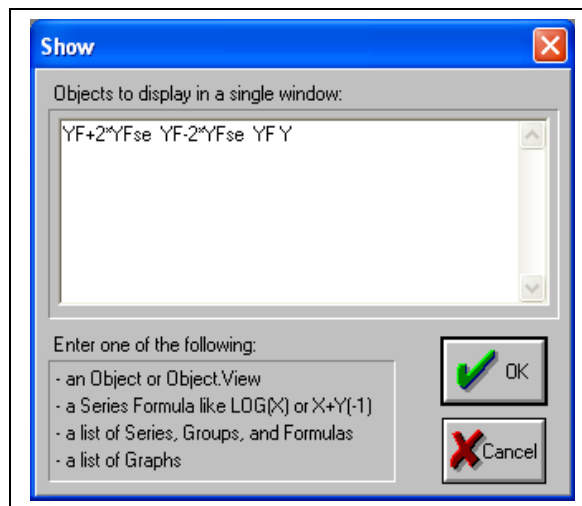


Рисунок 3.20 – Ввод названий переменных, которые нужно вывести в отдельном окне

Здесь использованы следующие обозначения:

- **YF+2*YFse** – имя новой переменной, содержащей значения верхней границы доверительного интервала для прогноза (будут рассчитаны по указанной формуле);
- **YF-2*YFse** – имя новой переменной, содержащей значения нижней границы доверительного интервала для прогноза (будут рассчитаны по указанной формуле);
- **YF** – имя переменной, содержащей прогнозные значения индекса Доу-Джонса;
- **Y** – имя переменной, содержащей наблюдаемые значения индекса Доу-Джонса.

После нажатия кнопки **OK** появится окно следующего вида (рисунок 3.21):

obs	YF+2*YFSE	YF-2*YFSE	YF	Y
2000:01	NA	NA	222.3400	222.3400
2000:02	NA	NA	222.2400	222.2400
2000:03	NA	NA	221.1700	221.1700
2000:04	NA	NA	218.8800	218.8800
2000:05	NA	NA	220.0500	220.0500
2000:06	NA	NA	219.6100	219.6100
2000:07	NA	NA	216.4000	216.4000
2000:08	NA	NA	217.3300	217.3300
2000:09	NA	NA	219.6900	219.6900
2000:10	NA	NA	219.3200	219.3200
2000:11	NA	NA	218.2500	218.2500
2000:12	NA	NA	220.3000	220.3000
2001:01	NA	NA	222.5400	222.5400
2001:02	NA	NA	223.5600	223.5600
2001:03	NA	NA	223.0700	223.0700
2001:04	NA	NA	225.3600	225.3600
2001:05				

Рисунок 3.21 – Вид окна с наблюдаемыми, прогнозными значениями индекса Доу-Джонса и доверительными интервалами

Для построения графика выберем пункт меню **View/Graph/Line – Вид/График/Линия**. График наблюдаемых, прогнозных значений индекса Доу-Джонса вместе с 95%-ми доверительными интервалами для прогноза приведен на рисунке 3.22.

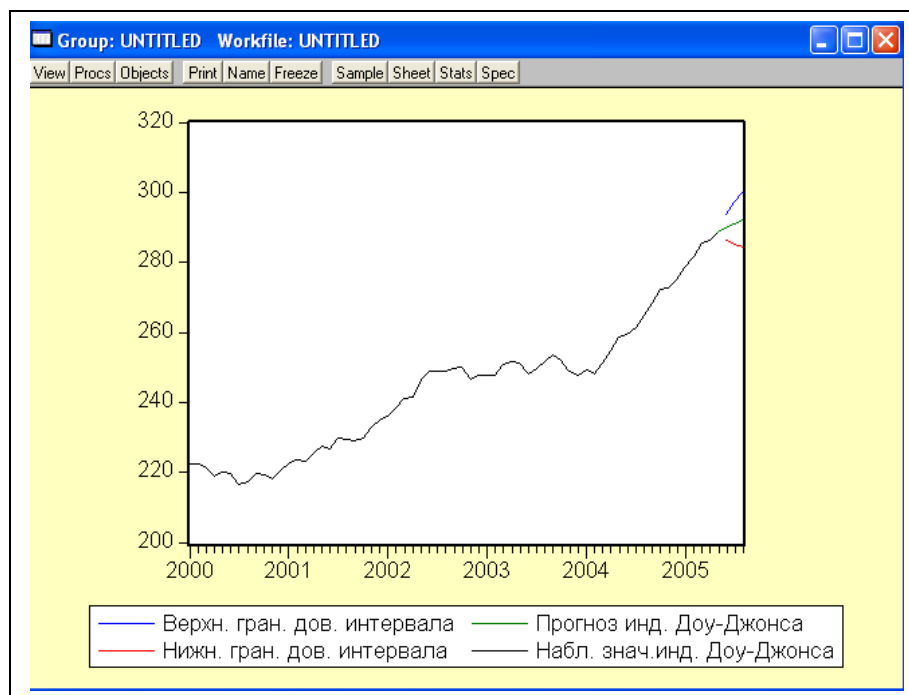


Рисунок 3.22 – График наблюдаемых, прогнозных значений индекса Доу-Джонса вместе с 95%-ми доверительными интервалами для прогноза

Таким образом, согласно прогнозу, до конца прогнозируемого периода сохранится возрастающая тенденция индекса Доу-Джонса и к концу прогнозируемого периода он составит 292,225 пункта, или с надежностью 95% будет находиться в интервале $292,225 \pm 24,013$, то есть от 284,199 до 300,251 пункта.

3.2 Порядок выполнения работы в пакете Statistica 7.0

Рассмотрим процедуру прогнозирования на основе АРПСС(p,d,q)-модели, используя информацию о среднемесечном индексе Доу-Джонса (y) за период с января 2000 г по май 2005 г в пакете Statistica 7.0.

Окно с частью данных для анализа представлено на рисунке 3.23.

	1 y	2 Var2	3 Var3	4 Var4	5 Var5	6 Var6	7 Var7
1	222,34						
2	222,24						
3	221,17						
4	218,88						
5	220,05						
6	219,61						
7	216,4						
8	217,33						
9	219,69						
10	219,32						
11	218,25						
12	220,3						
13	222,54						
14	222,55						

Рисунок 3.23 – Исходные данные

Первым этапом при определении компонентного состава временного ряда является построение графика исходного временного ряда. Для построения графика в меню системы открыть **Statistics – Критерии, Дополнительные линейные/нелинейные модели** (рисунок 3.24).

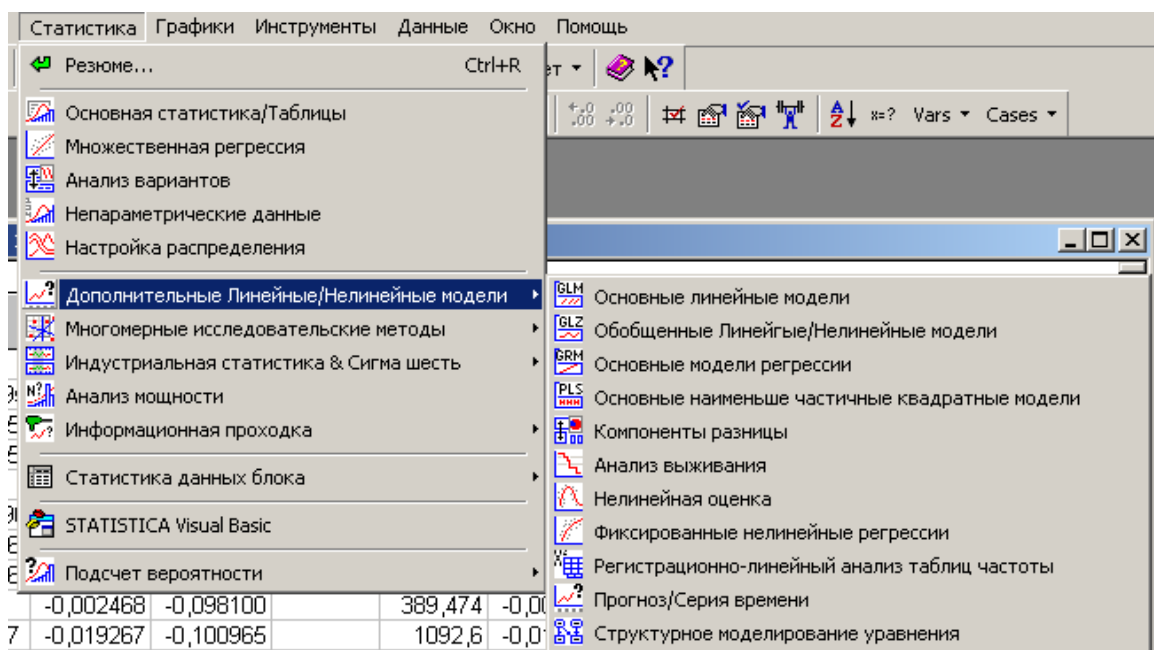


Рисунок 3.24 – Выбор пункта меню для построения модели АРПСС

Выбрать в появившемся меню строку **Time Series Analysis/Forecasting - Анализ временных рядов и прогнозирование**. На экране откроется окно (рисунок 3.25).

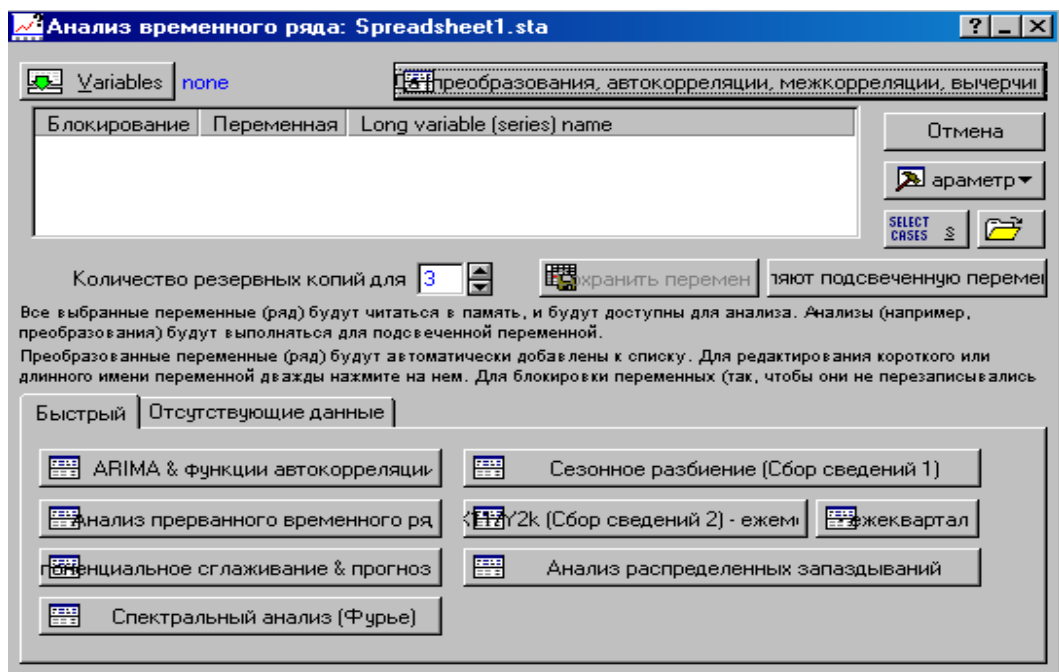


Рисунок 3.25 – Выбор пунктов меню для построения модели АРПСС

В окне, представленном на рисунке 3.25 выбирается пункт **ARIMA & autocorrelation functions – АРПСС и функции автокорреляции**. Для задания переменной воспользуемся кнопкой **Variables/Переменные** из панели **ARIMA & autocorrelation functions – АРПСС и функции автокорреляции** (рисунок 3.26)

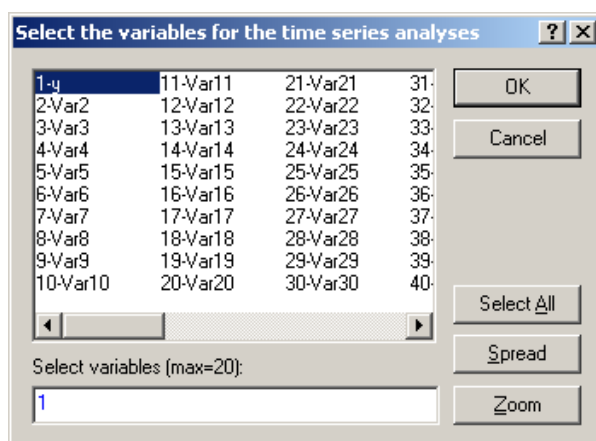


Рисунок 3.26 – Выбор переменной для построения модели АРПСС

После выбора переменной необходимо щелкнуть на кнопке **ОК**, вновь окажемся в панели модуля **ARIMA & autocorrelation functions – АРПСС и функции автокорреляции** (рисунок 3.27).

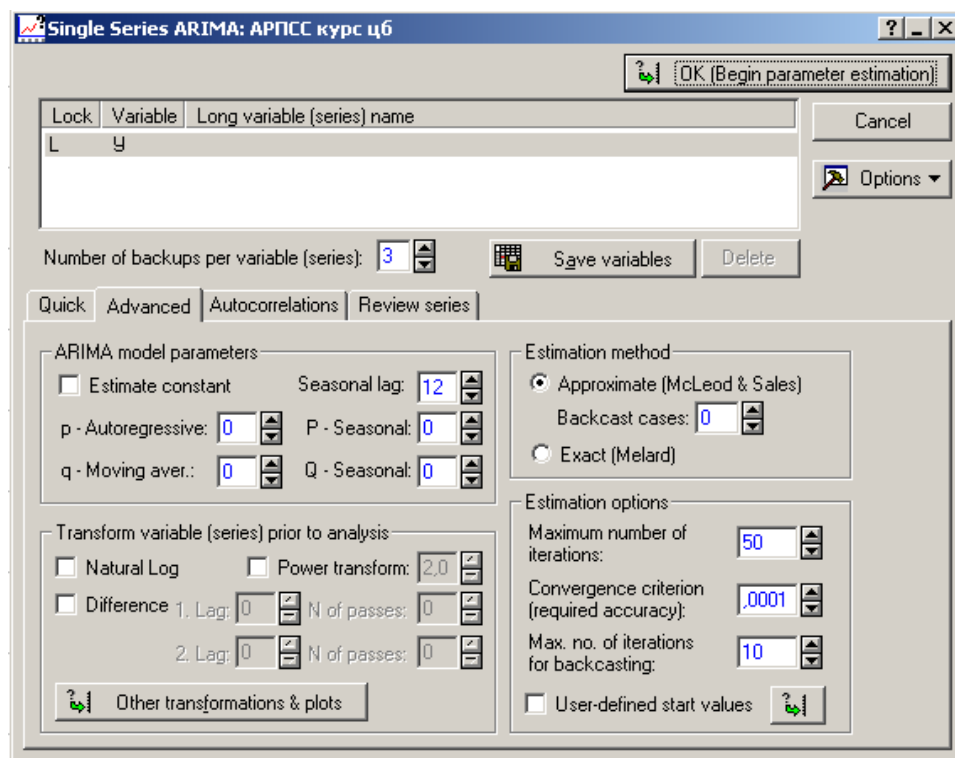


Рисунок 3.27 - Окно модуля ARIMA & autocorrelation functions – АРПСС и функции автокорреляции

Для построения графика, отображающего динамику изменения показателя выберем опцию **Review series/Показ переменной** - нажав кнопку **Review highlighted variable/Показ высвеченной переменной** – получим график ряда y_t (рисунок 3.28).

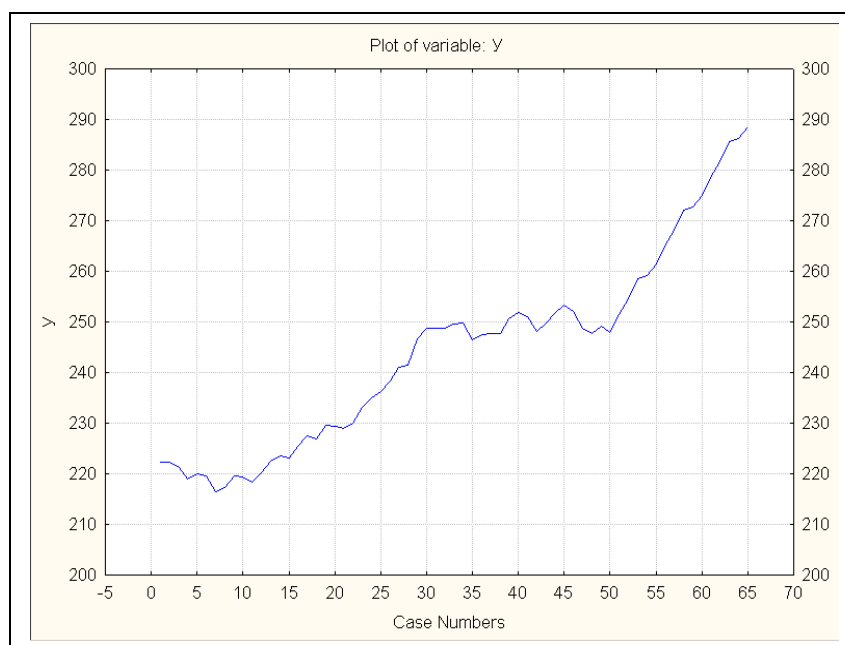


Рисунок 3.28 – Динамика индекса Доу-Джонса

Из рисунка 3.28 можно предположить наличие в данных возрастающего тренда. Построим выборочную автокорреляционную функцию. Нажатие на кнопку **Advanced** позволяет перейти к окну функциональных возможностей модуля **ARIMA & autocorrelation functions – АРСС и функции автокорреляции**. В окне **Autocorrelations–Автокорреляция**. Для этого необходимо щелкнуть мышкой по кнопке **Autocorrelations** в окне рисунка 3.27. В появившемся окне можно установить уровень значимости в опции **p-level for highlighting** и порядок автокорреляции в опции **Number of lags**. Нажатие на кнопку **Autocorrelations/Автокорреляция** даст оценку автокорреляционной функции (рисунок 3.29).

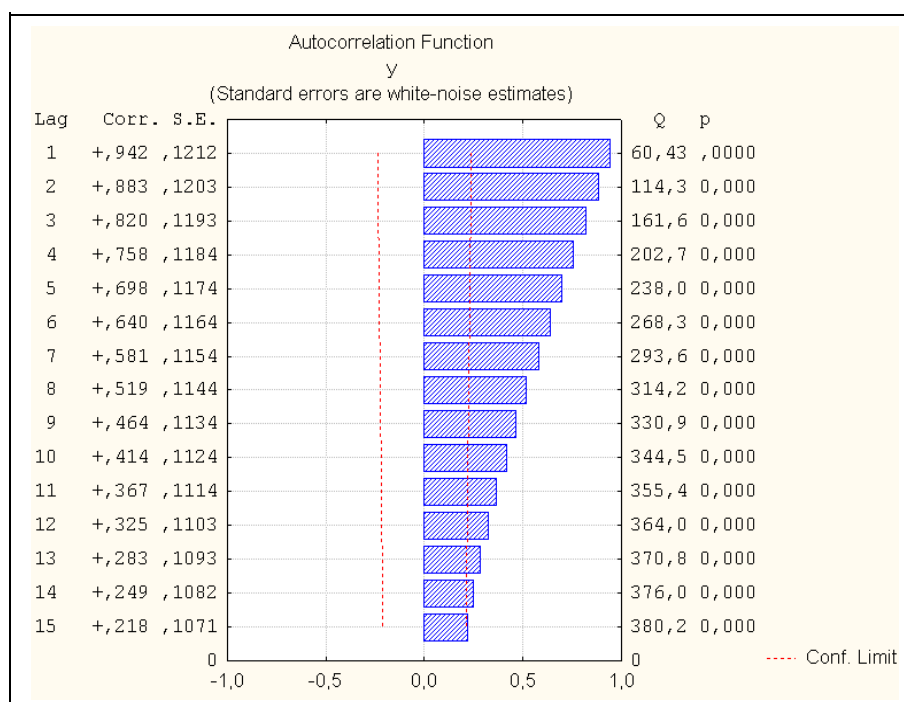


Рисунок 3.29 – Выборочная автокорреляционная функция

Коэффициенты автокорреляции 1,2, 3 и т.д. порядков значимо отличны от нуля, автокорреляционная функция убывает медленно. Это указывает на верность предположения о наличии тренда. Таким образом, мы имеем дело с нестационарным временным рядом.

Будем использовать методологию Бокса-Дженкинса и, поскольку ряд нестационарный, строить модель в классе моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (АРСС (p,d,q)).

Для определения порядка разности d необходимо вернуться к окну функциональных возможностей **ARIMA & autocorrelation functions – АРСС и функции автокорреляции** нажать на кнопку **Other transformation&plots/Другие преобразования и графики** и в появившемся окне (рисунок 3.30) выбрать **Difference, Integrate/ Взятие разности, суммирование**

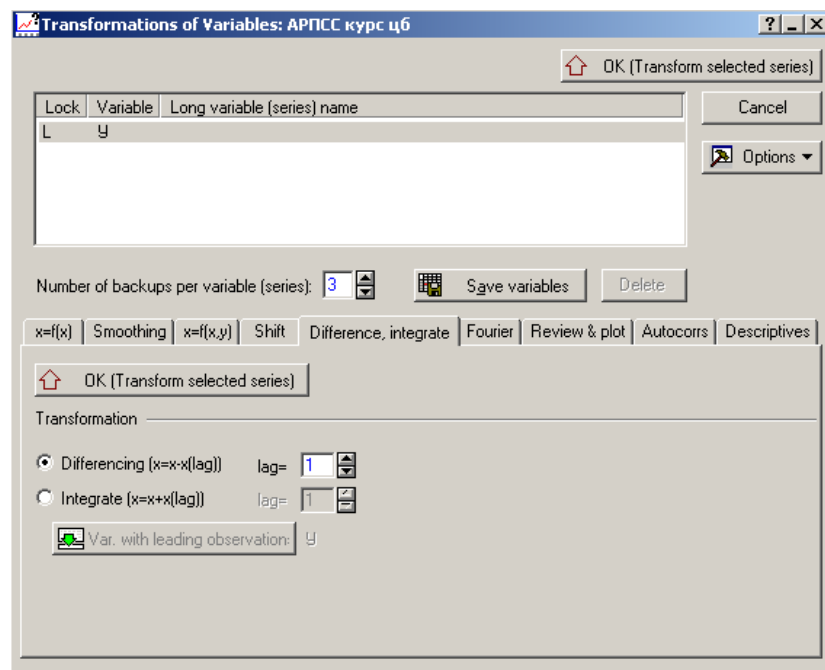


Рисунок 3.30 – Окно преобразования данных

Установим флажок в поле **Difference / Взятие разности** модуля **Difference, Integrate/ Взятие разности, суммирование**, лаг возьмем равным единице. Нажав на кнопку **ОК** получим график первых разностей (рисунок 3.31).

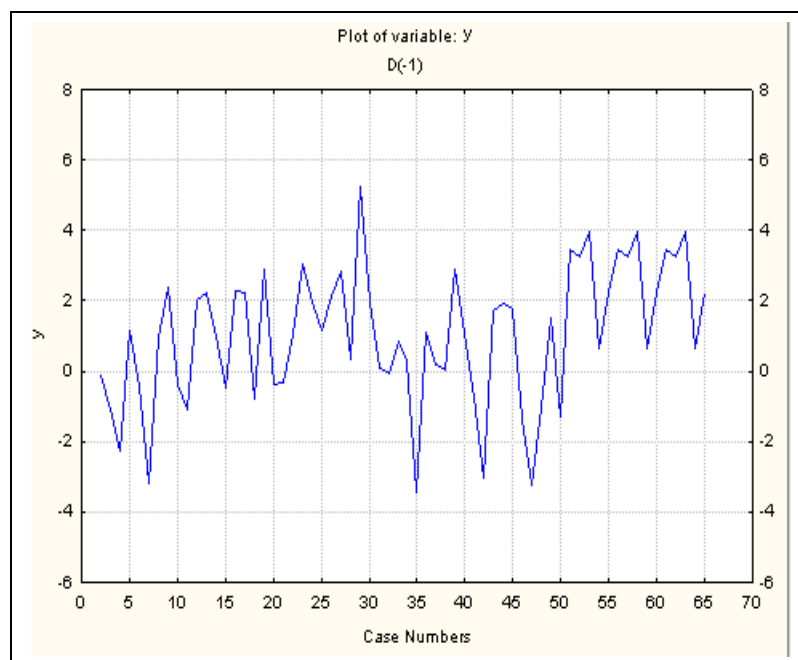


Рисунок 3.31 – График первых разностей исходного временного ряда

Оценим выборочную автокорреляционную и частную автокорреляционную функции ряда первых разностей, нажав на кнопку

Autocorr в окне рисунка 3.30. В появившемся окне выберем **Autocorrrelations-Автокорреляции** (рисунок 3.32).

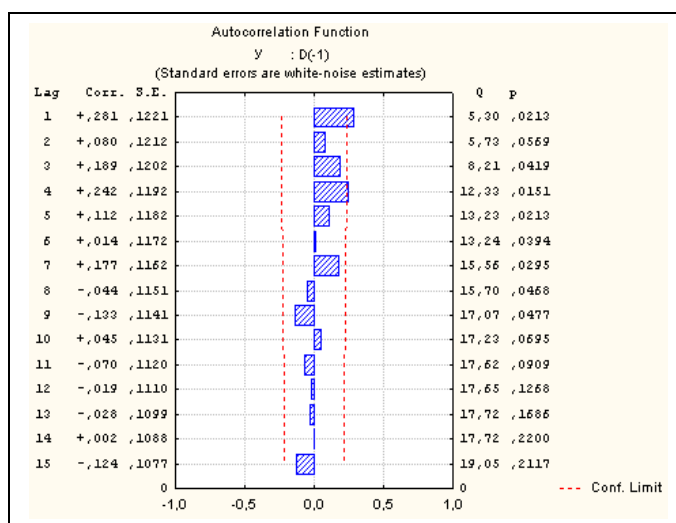


Рисунок 3.32 – Выборочная автокорреляционная функция ряда первых разностей

Для ряда первых разностей автокорреляционная функция плавно убывает, значимо отличен от нуля только коэффициент автокорреляции первого порядка, то есть ряд стационарен. Поэтому мы можем принять $d=1$. Для определения порядков авторегрессии и скользящего среднего проанализируем частную автокорреляционную функцию, рисунок 3.33.

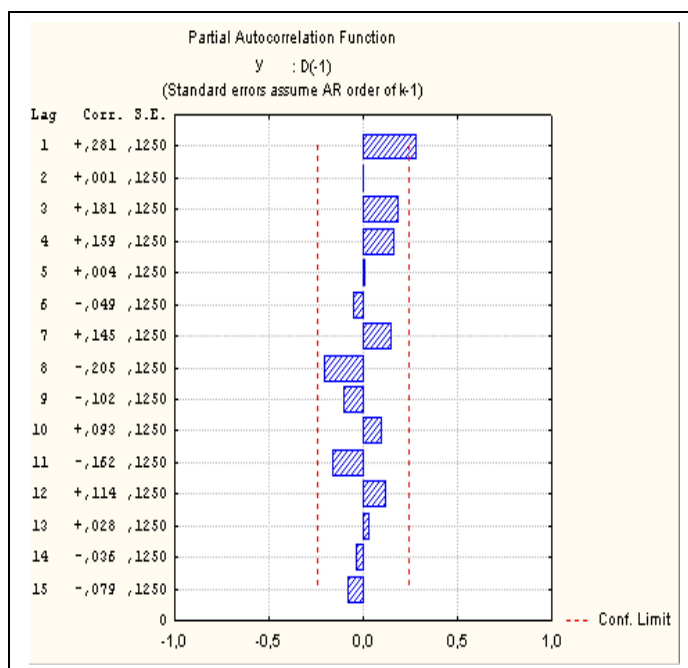


Рисунок 3.33 – Выборочная частная автокорреляционная функция ряда первых разностей

Значимо отличны от нуля коэффициенты автокорреляции и частной автокорреляции первого порядка, следовательно, порядок авторегрессии равен 1. Вернувшись к окну функциональных возможностей **ARIMA & autocorrelation functions – АРПСС и функции автокорреляции** (рисунок 3.27) устанавливаем необходимые параметры. Для исходного ряда выбираем порядок разности равный единице, устанавливается флажок для оценивания константы в поле **Estimate constant**. Порядок авторегрессии выберем равным единице, установив соответствующее число в поле **p-Autoregressive**, как показано на рисунке 3.34.

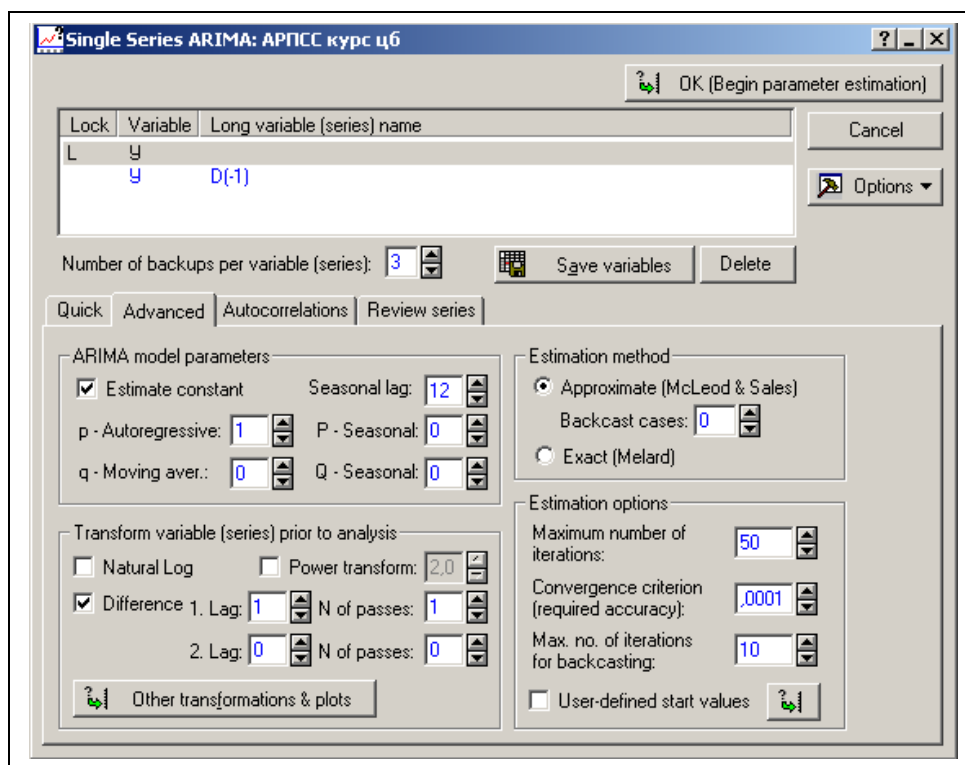


Рисунок 3.34 – Выбор оцениваемых параметров

Нажав кнопку **ОК**, получим результаты расчетов в виде отчета (рисунок 3.35).

Paramet.	Param.	Asympt. Std.Err.	Asympt. t(62)	p	Lower 95% Conf	Upper 95% Conf
Constant	1,032551	0,328207	3,146033	0,002542	0,376474	1,688628
p(1)	0,282910	0,123221	2,295949	0,025072	0,036594	0,529226

Рисунок 3.35 – Результаты оценивания модели АРПСС(1,1,0)

Далее можно приступить к исследованию остатков модели АРПСС(1,1,0). Остатки исследуются в специальном окне **Review&residuals – Показ остатков**. В данном окне представлена возможность визуального представления остатков модели, а также исходных и модельных значений.

Для проведения теста на нормальный характер распределения остатков, необходимо щелкнуть на кнопке **Review residual/показ остатков** и скопировать столбец **Residual** в окно с исходными данными. Затем в меню системы **Statistica** выберем пункт **Distribution Fitting**. На экране появится окно (рисунок 3.36):

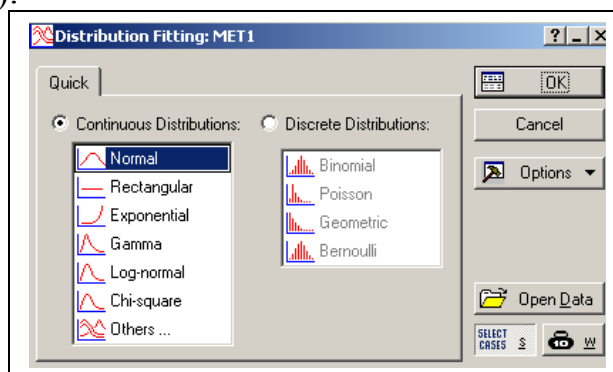


Рисунок 3.36 - Выбор вида распределения остатков

В появившемся окне выберем распределение **Normal – Нормальное** и щелкнем по кнопке **ОК** (рисунок 3.37).

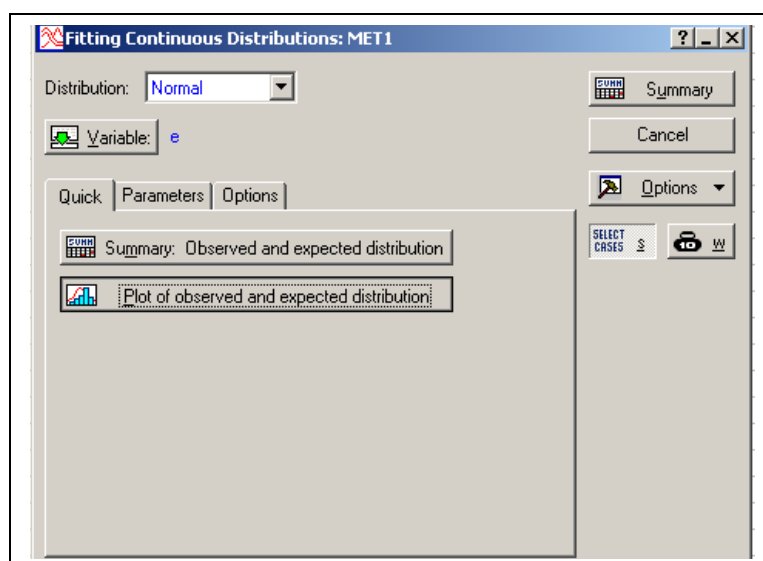


Рисунок 3.37 - Выбор пунктов для построения гистограммы остатков

В данном окне сначала необходимо выбрать переменные, используя кнопку **Variable**. Кроме того, в данном модуле, используя кнопку **Parameters – Параметры**, можно изменить количество интервалов, верхнюю и нижнюю границы интервалов и т.д. Для получения графика нормального распределения, нажмем по кнопке **Plot of observed and expected distribution**.

На экране появится окно (рисунок 3.38), содержащее гистограмму распределения, значение χ^2 – критерия, степени свободы, значимость нулевой гипотезы.

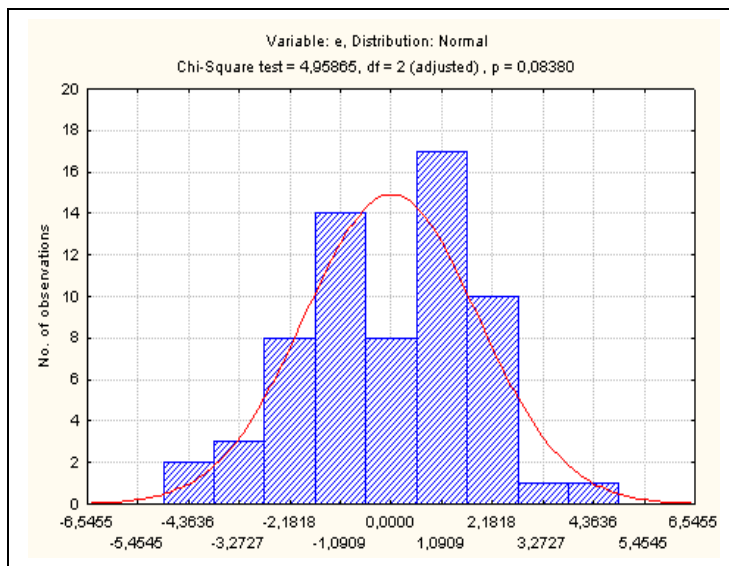


Рисунок 3.38 - График распределения остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что распределение остатков не отличаются от нормального, так как значимость нулевой гипотезы ($p=0,08$) больше, чем заданный.

Далее можно приступить к исследованию некоррелированности остатков модели. Для этого вернемся к окну анализа **Single Series ARIMA** (рисунок 3.34). Нажав кнопки **Autocorrrelations-Автокорреляции** и **Partial autocorrrelations - Частные автокорреляции** получим графики АКФ и ЧАКФ (рисунки 3.39-3.40).

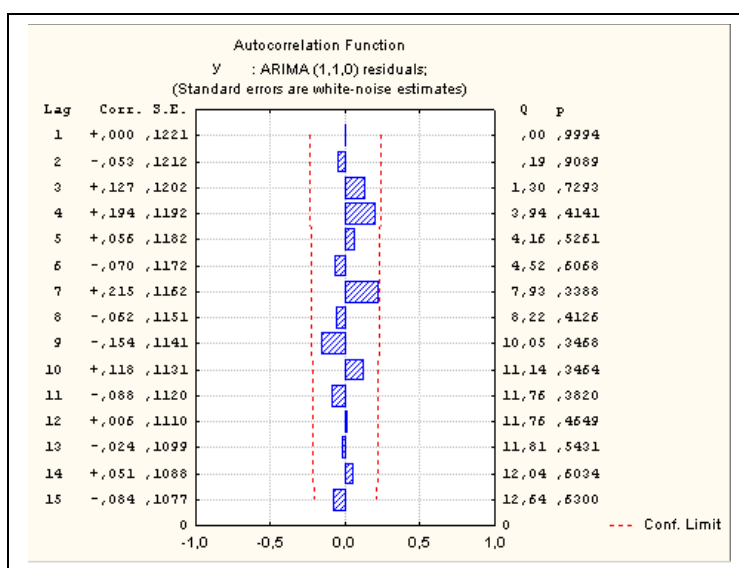


Рисунок 3.39 – Оценка автокорреляционной функции остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что остатки некоррелированы. Значимость коэффициентов автокорреляции проверяется на основе расчета Q-статистики Бокса-Льюнга, значения которого приводятся вместе со значениями значимости нулевой гипотезы. Нажатие на кнопку **Partial Autocorrelations – Частная Автокорреляция** даст оценку частной автокорреляционной функции.

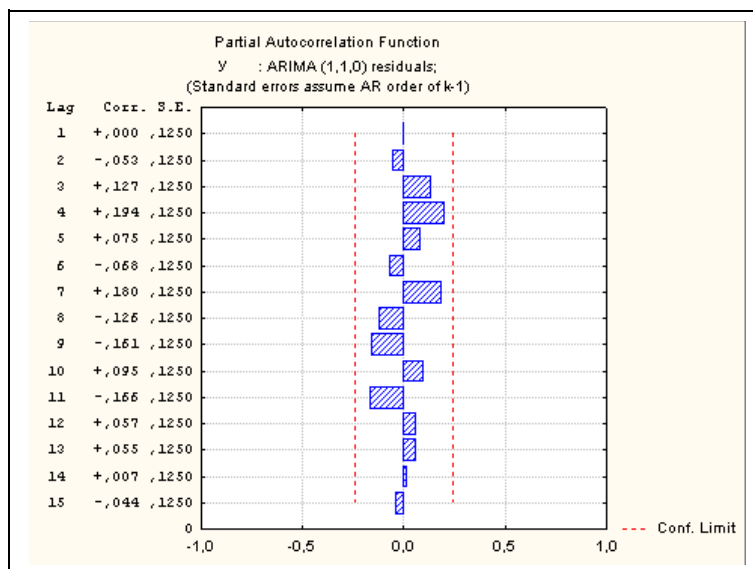


Рисунок 3.40 – Оценка частной автокорреляционной функции остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что остатки некоррелированы. Так как остатки нормально распределены и некоррелированы, то можно переходить к прогнозированию. Вернемся к окну с результатами оценивания модели АРПСС(1,1,0) (рисунок 3.41).

Input: Y (АРПСС курс цб)						
Transformations: D(1)						
Model:(1,1,0) MS Residual=3,5391						
Paramet.	Param.	Asympt. Std.Err.	Asympt. t(62)	p	Lower 95% Conf	Upper 95% Conf
Constant	1,032551	0,328207	3,146033	0,002542	0,376474	1,688628
p(1)	0,282910	0,123221	2,295949	0,025072	0,036594	0,529226

Рисунок 3.41 – Результаты оценивания модели АРПСС(1,1,0)

Оценка модели АРПСС(1,1,0) выглядит следующим образом:

$$\Delta \hat{Y}_t = 1,033 + 0,283\Delta Y_t$$

Возвращаясь к исходным данным, получим:

$$\hat{Y}_t = 1,033 + 1,283Y_{t-1} - 0,283Y_{t-2}, \quad \text{где } t = 3, \dots, T$$

Для прогнозирования индекса Доу-Джонса перейдем к окну результатов оценивания модели (рисунок 3.34), нажав на кнопку **Advanced**. Появится окно, представленное на рисунке 3.42.

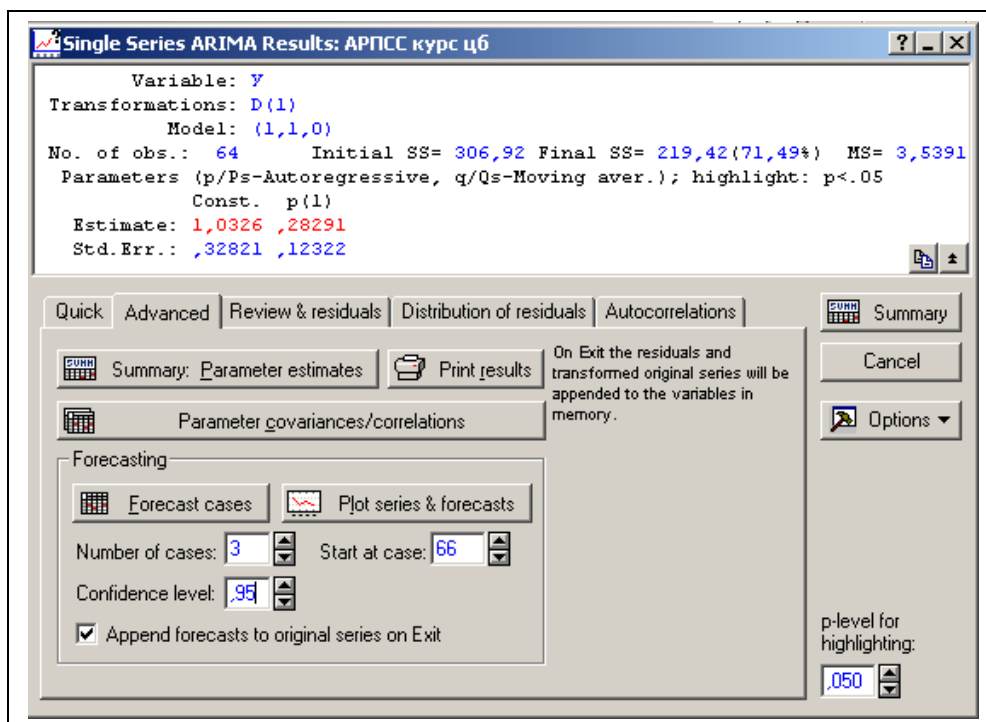


Рисунок 3.42 – Выбор параметров прогнозирования

В поле **Forecasting** представлены возможности выбора периода упреждения – кнопка **Number cases/Число наблюдений**, уровня надежности – **Confidence level/Уровень надежности**. Нажав на кнопку **Forecast cases/Прогнозные значения** можно получить значения точечного и интервального прогнозов, как это представлено на рисунке 3.43.

Forecasts; Model:(1,1,0) Seasonal lag: 12 (АРПСС курс цб)					
Input: Y					
Start of origin: 1 End of origin: 65					
CaseNo.	Forecast	Lower 95,0000%	Upper 95,0000%	Std.Err.	
66	289,9442	286,1836	293,7047	1,881242	
67	291,0733	284,9564	297,1903	3,060046	
68	292,1332	284,1528	300,1137	3,992263	

Рисунок 3.43 – Результаты прогнозирования индекса Доу-Джонса

График прогнозных значений можно получить, нажав на кнопку **Plot series& Forecast/график значений и прогноз** (рисунок 3.44).

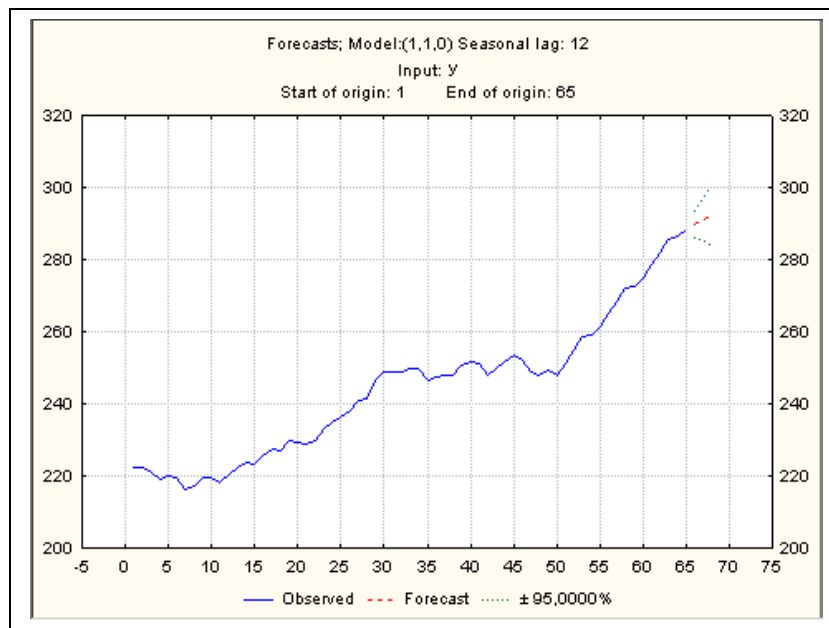


Рисунок 3.44 – Прогноз индекса Доу-Джонса

Согласно прогнозу индекс Доу-Джонса к концу прогнозируемого периода должен составить 292,13 пункта, или с надежностью 95% находится в интервале 284,15-300,11 пункта.

3.3 Порядок выполнения работы в пакете SPSS

Рассмотрим процедуру прогнозирования на основе АРПСС(p,d,q)-модели, используя информацию о среднемесечном индексе Доу-Джонса (y) за период с января 2000 г по май 2005 г в пакете SPSS 13.0.

Окно с частью данных для анализа представлено на рисунке 3.45.

25:	y	var	var	var	var	var	var
1	222,34						
2	222,24						
3	221,17						
4	218,88						
5	220,05						
6	219,61						
7	216,40						
8	217,33						
9	219,69						
10	219,32						
11	218,25						
12	220,30						
13	222,54						
14	223,56						
15	223,07						
16	225,36						

Рисунок 3.45 – Вид редактора данных SPSS с частью исходных данных

Первым этапом при определении компонентного состава временного ряда является построение графика исходного временного ряда. Для этого выберем пункт **Graphs/Line- Графики/Линия**, в появившемся окне отметим, что данные представляют собой значения наблюдений, в нашем случае, временного ряда (**Values of individual cases**) и нажмем кнопку **Define/Определить** (по умолчанию кнопка **Simple/Простая** уже выделена) (рисунок 3.46):

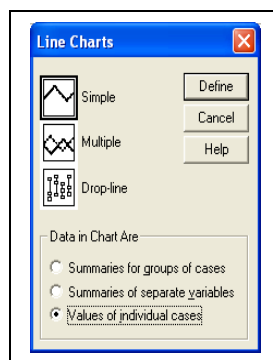


Рисунок 3.46 – Вид панели выбора типа графика

В появившемся окне необходимо задать переменную, для которой будет построен график. Выберем из списка в левой части окна переменную *y* и кнопкой слева от поля **Line Represents** перенесем переменную в него. Полученный график индекса Доу-Джонса изображен на рисунке 3.47.

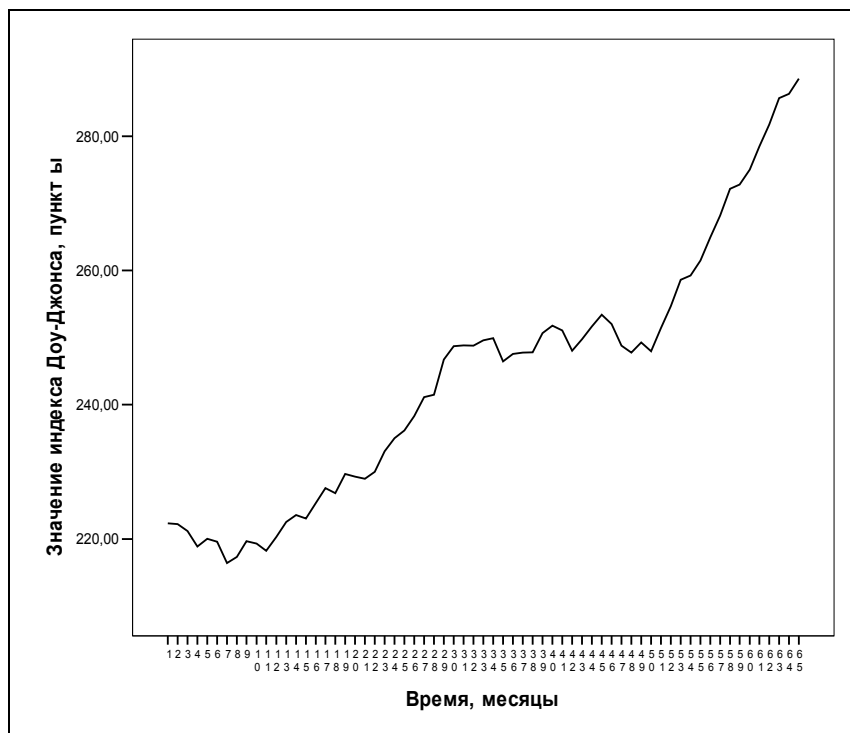


Рисунок 3.47 – Динамика индекса Доу-Джонса

Из графика можно предположить наличие в данных возрастающего тренда. Построим выборочную автокорреляционную функцию исходного ряда, выбрав пункт меню **Graphs/Time Series/Autocorrelations** – **Графики/Временные ряды/Автокорреляции**. В появившемся окне в поле **Variables/Переменные** с помощью кнопки со стрелкой перенесем переменную *y*, автокорреляционная функция для которой должна быть построена (рисунок 3.48).

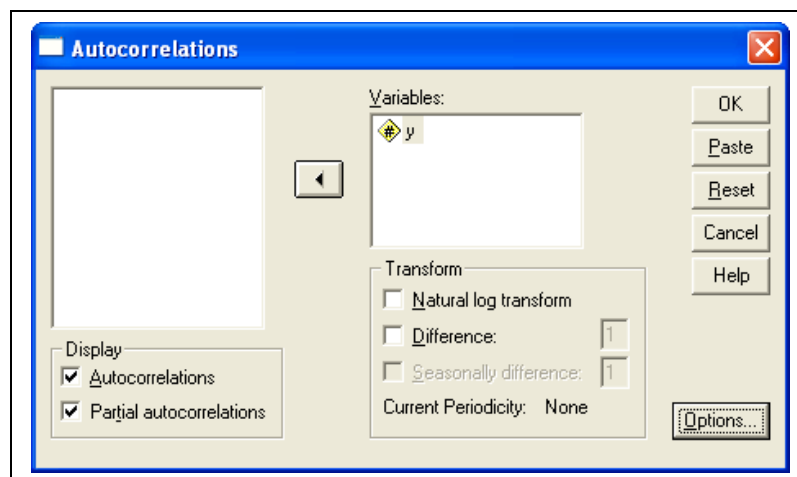


Рисунок 3.48 – Вид окна настроек для оценивания автокорреляционной функции

Нажатие на кнопку **Options/Опции** позволяет задать в появившемся окне максимальное количество лагов, для которых будут рассчитаны коэффициенты автокорреляции (рисунок 3.49).

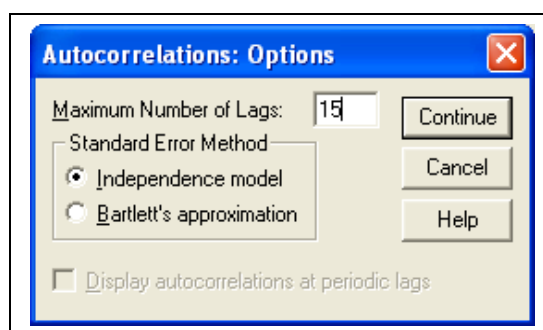


Рисунок 3.49 – Выбор числа лагов для расчета автокорреляционной функции

После нажатия на кнопки **Continue** и **OK** в окне SPSS Viewer появится график выборочной автокорреляционной функции (рисунок 3.50)

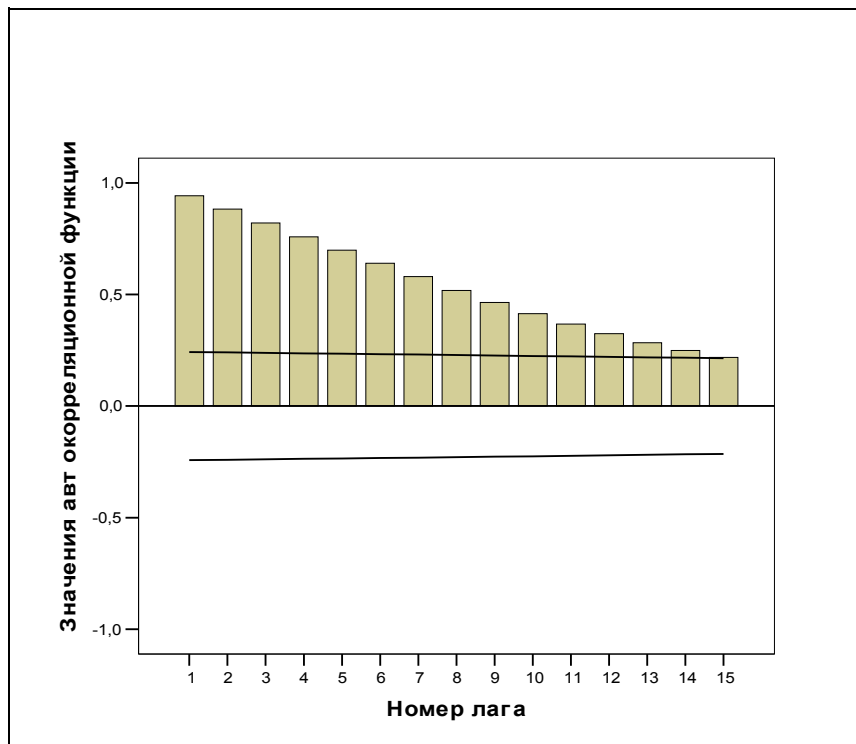


Рисунок 3.50 – Выборочная автокорреляционная функция

Как видно из коррелограммы, исследуемый ряд нестационарен, т.к. автокорреляционная функция не имеет тенденции к затуханию. Наиболее высоким оказался коэффициент автокорреляции первого порядка – 0,942, что также подтверждает наличие трендовой компоненты. Таким образом, мы имеем дело с нестационарным временным рядом.

Будем использовать методологию Бокса-Дженкинса и, поскольку ряд нестационарный, строить модель в классе моделей авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (ARIMA (p,d,q)).

Для определения порядка разности d сначала проверим, не является ли стационарным ряд первых разностей. Для этого снова воспользуемся пунктом меню **Transform/Create Time Series – Преобразования/Создать временные ряды** (рисунок 3.51). В выпадающем списке **Function/Функция** выберем преобразование **Difference/Разности**, в поле **Order/Порядок** зададим порядок разностей 1. Зададим имя новой переменной y1 и нажмем кнопку **Change/Изменить** (по умолчанию SPSS дает названия преобразованным переменным по своему правилу). Нажмем **ОК**. В редакторе данных появится новая переменная с заданным именем y1.

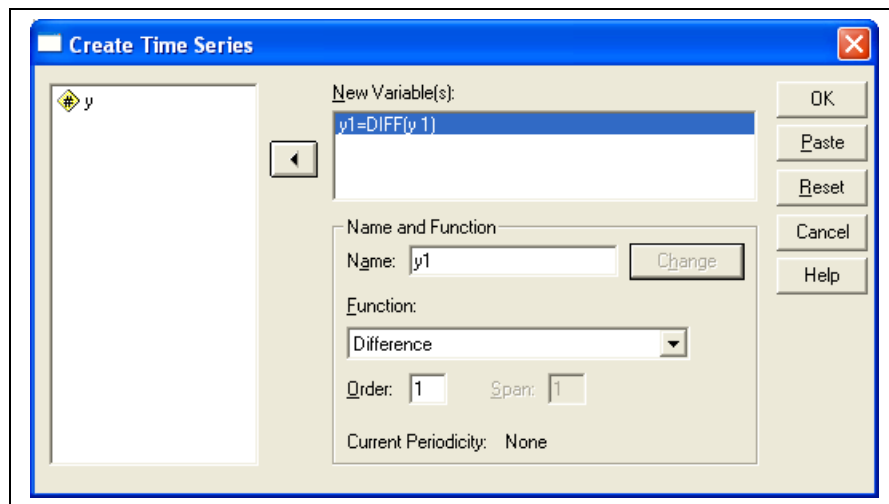


Рисунок 3.51 – Вид окна для взятия разностей

Построим график ряда первых разностей с помощью **Graphs/Line-Графики/Линия**. Нажатие на кнопку **ОК** дает следующий график (рисунок 3.52).

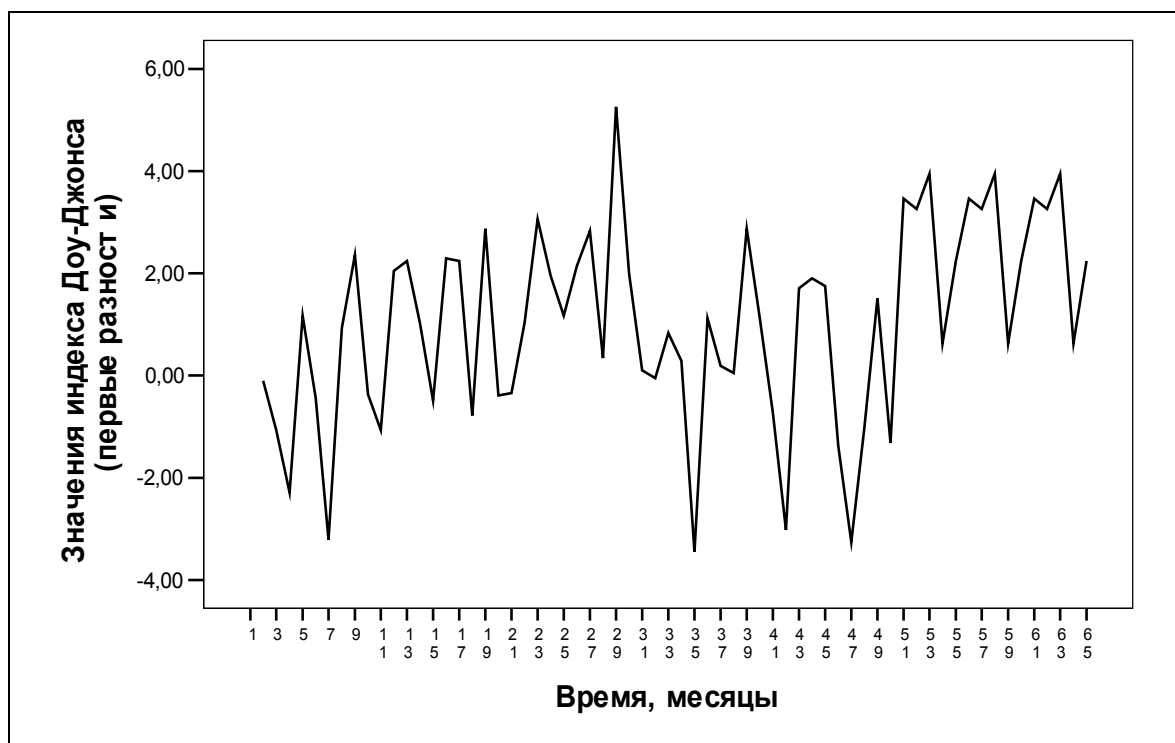


Рисунок 3.52 – График первых разностей исходного временного ряда

По графику трудно заподозрить наличие тренда в ряду первых разностей. Для подтверждения этого оценим выборочную автокорреляционную функцию ряда первых разностей с помощью **Graphs/Time Series/Autocorrelations – Графики/Временные ряды/Автокорреляции** (рисунок 3.53).

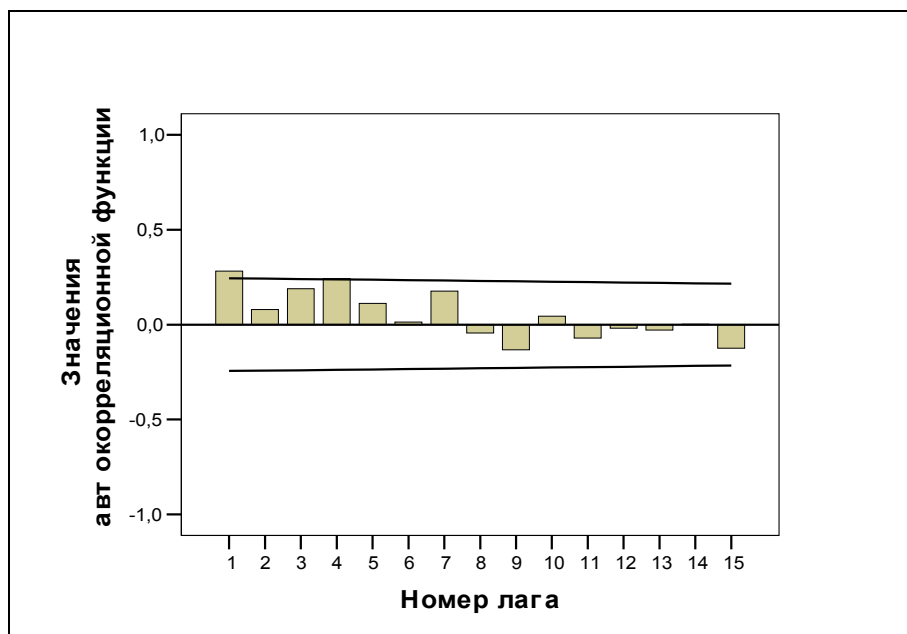


Рисунок 3.53 – Выборочная автокорреляционная функция ряда первых разностей

Для ряда первых разностей автокорреляционная функция плавно убывает, значимо отличен от нуля только коэффициент автокорреляции первого порядка, то есть ряд стационарен. Поэтому мы можем принять $d=1$.

Для определения порядков авторегрессии и скользящего среднего проанализируем частную автокорреляционную функцию (рисунок 3.54).

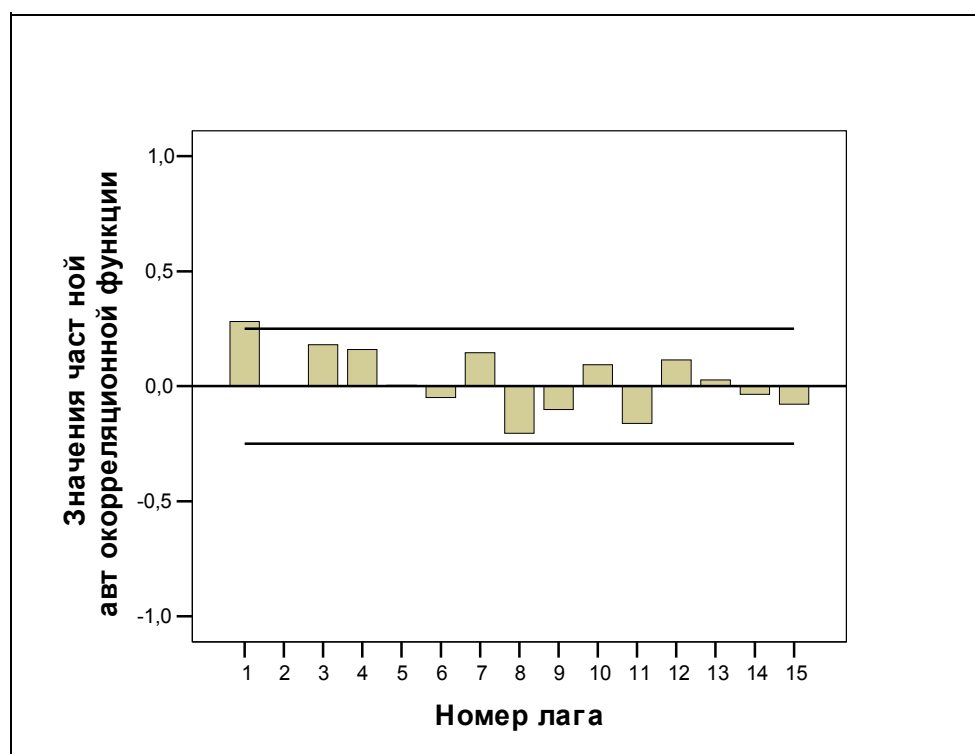


Рисунок 3.54 – Выборочная частная автокорреляционная функция ряда первых разностей

По виду автокорреляционной и частной автокорреляционной функций мы заранее можем предположить количество параметров модели АРПСС. Поскольку и АКФ, и ЧАКФ имеют выброс только на лаге 1, то, скорее всего, искомая модель АРПСС будет содержать не более 1 авторегрессионного (скользящего среднего) составляющего.

В нашем случае будем оценивать параметры модели АРПСС (1,1,0). Это значит, что мы взяли величину разностей равную 1, с одним параметром авторегрессии и без параметров скользящего среднего.

Выберем пункт главного меню **Analyze/Time Series/ARIMA** – **Анализ/Временные ряды/АРПСС**. В появившемся окне в поле **Dependent/Зависимая переменная** выберем переменную *y*, для оценивания константы устанавливаем флажок в поле **Include constant in model** – **Включить константу в модель**, порядок разности в поле **Difference** – **Разности** устанавливаем равным 1, число параметров авторегрессии в поле **Autoregressive** – **Авторегрессия** устанавливаем равным 1, число параметров скользящего среднего (поле **Moving Average** – **Скользящее среднее**) равно 0 (рисунок 3.55).

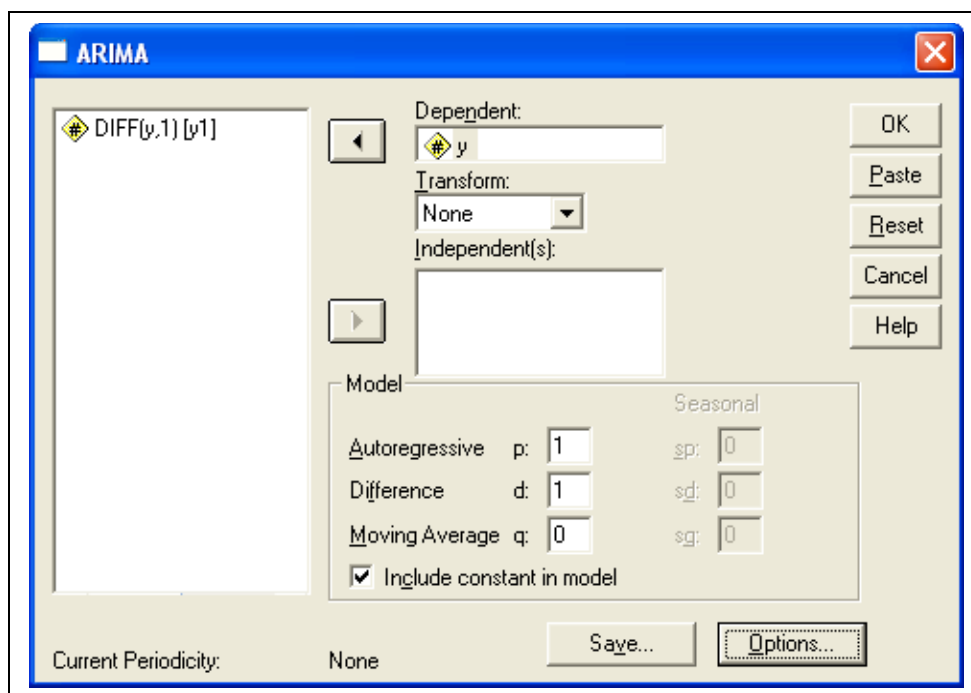


Рисунок 3.55 – Выбор оцениваемых параметров модели АРПСС(1,1,0)

Поскольку нашей задачей является построение прогноза индекса Доу-Джонса на 3 периода времени вперед, то при задании параметров АРПСС-модели нужно сразу указать и интервал прогнозирования (по умолчанию прогнозирование не делается). Для этого нажмем на кнопку **Save...-Сохранить...**. Появится окно следующего вида (рисунок 3.56):

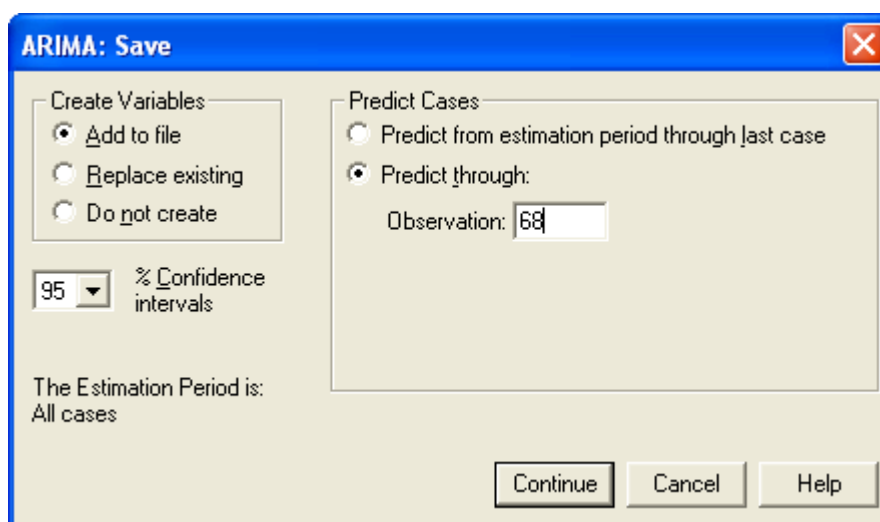


Рисунок 3.56 – Окно настроек прогнозирования

В выпадающем списке **%Confidence intervals** выберем надежность (в %), с которой будут построены доверительные интервалы для прогноза (90%, 95% или 99%). В поле **Predict Cases-Прогнозирование** выберем опцию **Predict through-Прогнозировать до** и в поле **Observation-Номер наблюдения** введем 68 (65(длина ряда)+3(интервал упреждения)).

После нажатия на кнопки **Continue/Продолжить** и **OK** в окне SPSS Viewer появятся окна с результатами оценивания: оценки коэффициентов модели и их стандартные ошибки (окно **Parameter Estimates**, рисунок 3.57) и остаточная сумма квадратов, значения информационных критериев и другие показатели, характеризующие качество модели (окно **Residual Diagnostics**, рисунок 3.58).

Parameter Estimates					
		Estimates	Std Error	t	Approx Sig
Non-Seasonal Lags	AR1	,280	,122	2,294	,025
Constant		1,035	,325	3,190	,002

Melard's algorithm was used for estimation.

Рисунок 3.57 – Результаты оценивания модели АРПСС(1,1,0)

Отметим, что в пакете SPSS для выбора наилучшей модели по критериям Акаике и Шварца нужно выбирать модель, которой соответствуют наибольшие значения критериев.

Кроме того, если процесс оценивания коэффициентов модели сошелся, то в редакторе данных появятся новые переменные: FIT (содержит модельные значения y), ERR (содержит остатки модели), LCL (содержит значения нижней границы доверительного интервала для модельных значений y), UCL (содержит значения верхней границы доверительного

интервала для модельных значений y) и SEP (содержит значения стандартной ошибки для модельных значений y).

Residual Diagnostics	
Number of Residuals	64
Number of Parameters	1
Residual df	62
Adjusted Residual Sum of Squares	219,604
Residual Sum of Squares	219,604
Residual Variance	3,537
Model Std. Error	1,881
Log-Likelihood	-130,281
Akaike's Information Criterion (AIC)	264,562
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	268,880

Рисунок 3.58 – Результаты расчета показателей качества АРПСС-модели

Приступим к исследованию остатков модели АРПСС(1,1,0). В пакете SPSS для проверки гипотезы о нормальном характере распределения случайной величины можно воспользоваться графиками квантиль-квантиль (на графике строится зависимость между наблюдаемыми квантилями и квантилями теоретического распределения) и вероятность-вероятность (на графике строится зависимость между наблюдаемой функцией распределения и теоретической функцией распределения для оценки подгонки теоретического распределения к наблюдаемым данным.).

Для построения графика квантиль-квантиль выберем пункт меню **Graphs/Q-Q – Графики/К-К**. На экране появится окно (рисунок 3.59). В появившемся окне в поле **Variables/Переменные** занесем переменную ERR_1, в поле **Test Distribution/Проверка распределения** выберем распределение **Normal – Нормальное** и щелкнем по кнопке **ОК**. График квантиль-квантиль для остатков АРПСС-модели изображен на рисунке 3.60.

Как видно из рисунка 3.60, все точки графика располагаются практически на одной прямой, что говорит о близости распределения остатков модели к нормальному.

Для построения графика вероятность-вероятность необходимо воспользоваться пунктом меню **Graphs/P-P–Графики/В-В**. Настройки аналогичны.

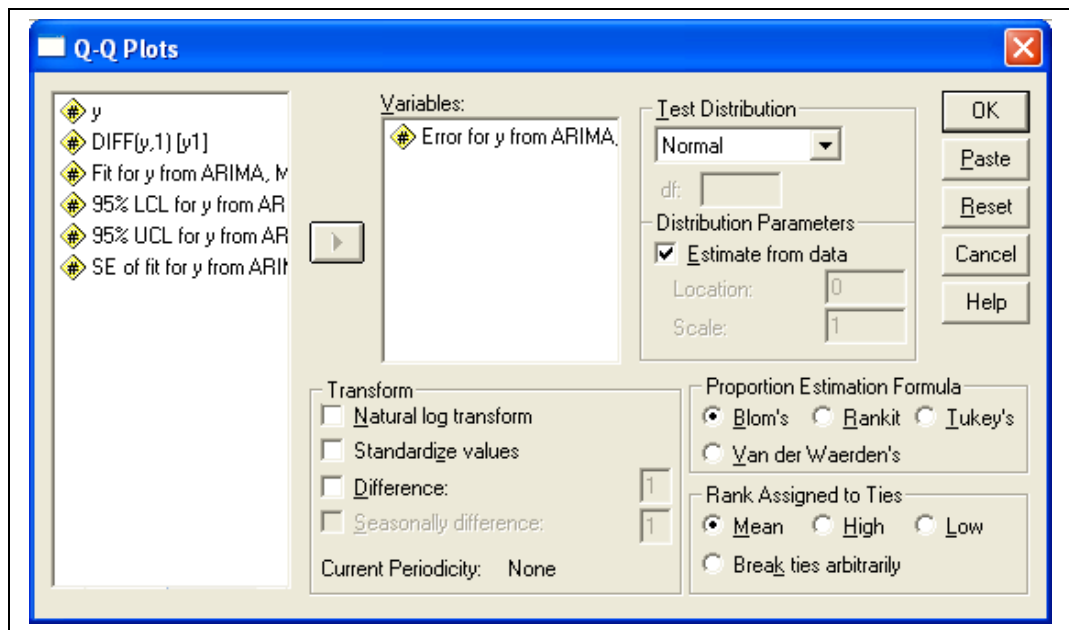


Рисунок 3.59 – Вид окна настроек для проверки нормального характера распределения остатков с помощью графика квантиль-квантиль

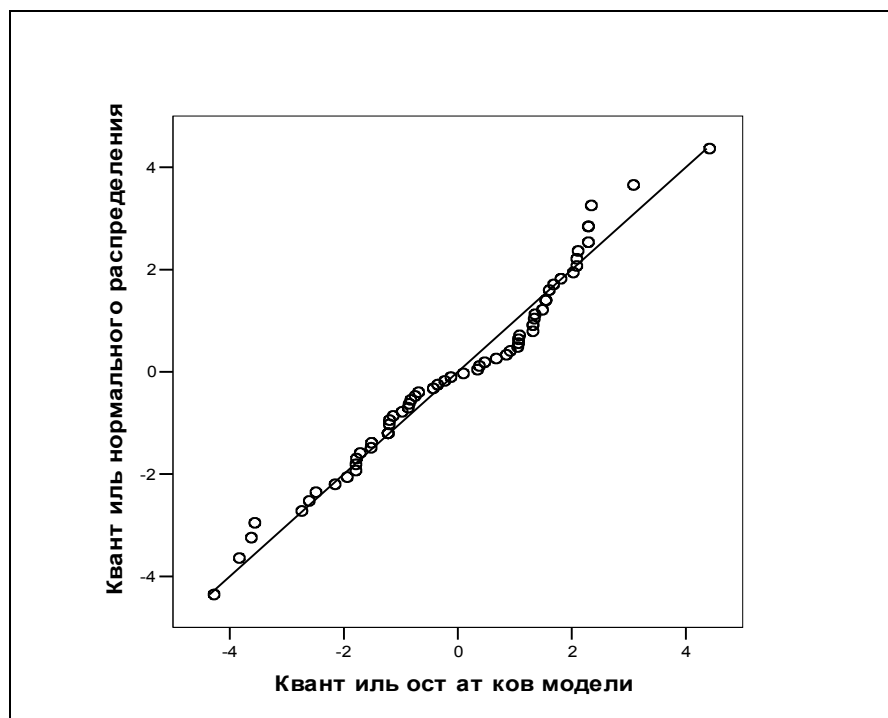


Рисунок 3.60 – Проверка нормального характера распределения остатков с помощью графика квантиль-квантиль

Далее можно приступить к исследованию некоррелированности остатков модели. Для этого найдем оценки автокорреляционной и частной автокорреляционной функции остатков (рисунки 3.61 и 3.62).

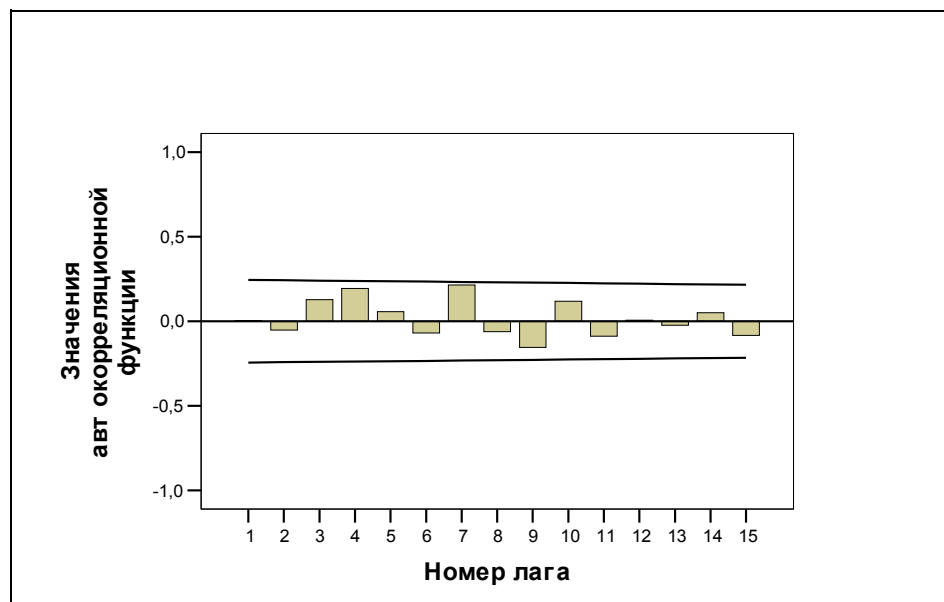


Рисунок 3.61 – Оценка автокорреляционной функции остатков

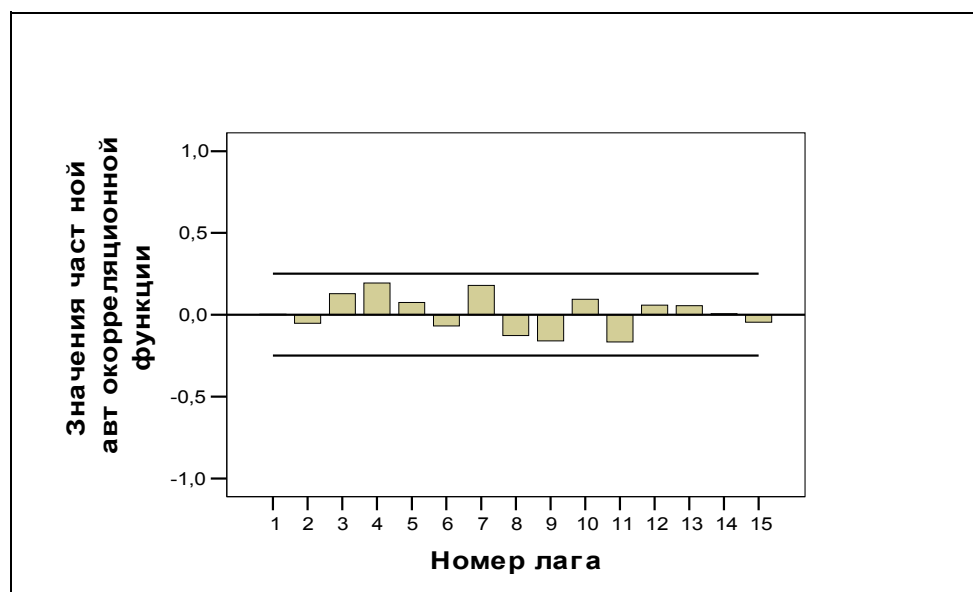


Рисунок 3.62 – Оценка частной автокорреляционной функции остатков

На уровне значимости 0,05 можно принять нулевую гипотезу о том, что остатки некоррелированы. Так как остатки нормально распределены и некоррелированы, то можно переходить к прогнозированию.

Оценка модели АРПСС(1,1,0) выглядит следующим образом:

$$\Delta \hat{Y}_t = 1,035 + 0,280 \Delta Y_t$$

$$\hat{Y}_t = 1,035 + 1,280 Y_{t-1} - 0,280 Y_{t-2}, \quad \text{где } t = 3, \dots, T$$

Прогнозные значения вместе со стандартной ошибкой прогноза и 95% доверительными интервалами уже сохранены в редакторе данных (рисунок 3.63).

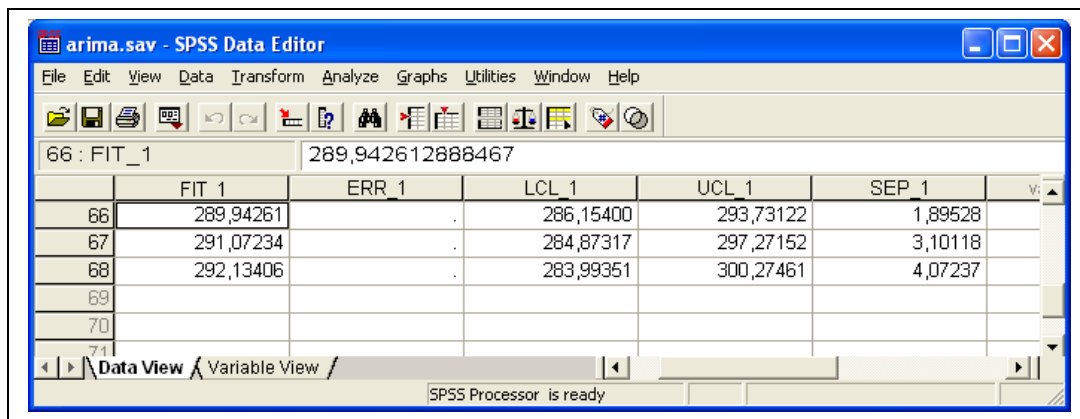


Рисунок 3.63 – Результаты прогнозирования индекса Доу-Джонса

Для построения графика наблюдаемых и прогнозных значений индекса Доу-Джонса выберем пункт меню **Graphs/Line – Графики/Линия**, затем **Multiple/Несколько**. В поле **Line Represent** занесем переменные *y*, FIT, LCL и UCL (рисунок 3.64). При этом если нас интересуют модельные значения и доверительные интервалы только для прогнозного периода, то нужно перед построением графика удалить из редактора данных значения переменных FIT, CLC, UCL для 1-65 моментов времени.

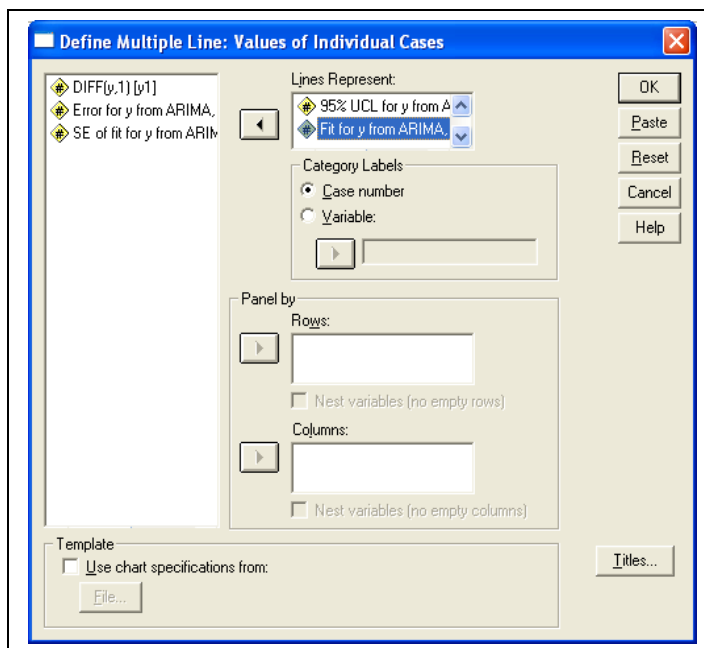


Рисунок 3.64 – Выбор переменных для построения графика прогнозных значений индекса Доу-Джонса

После нажатия кнопки ОК на экране появится график (рисунок 3.65).

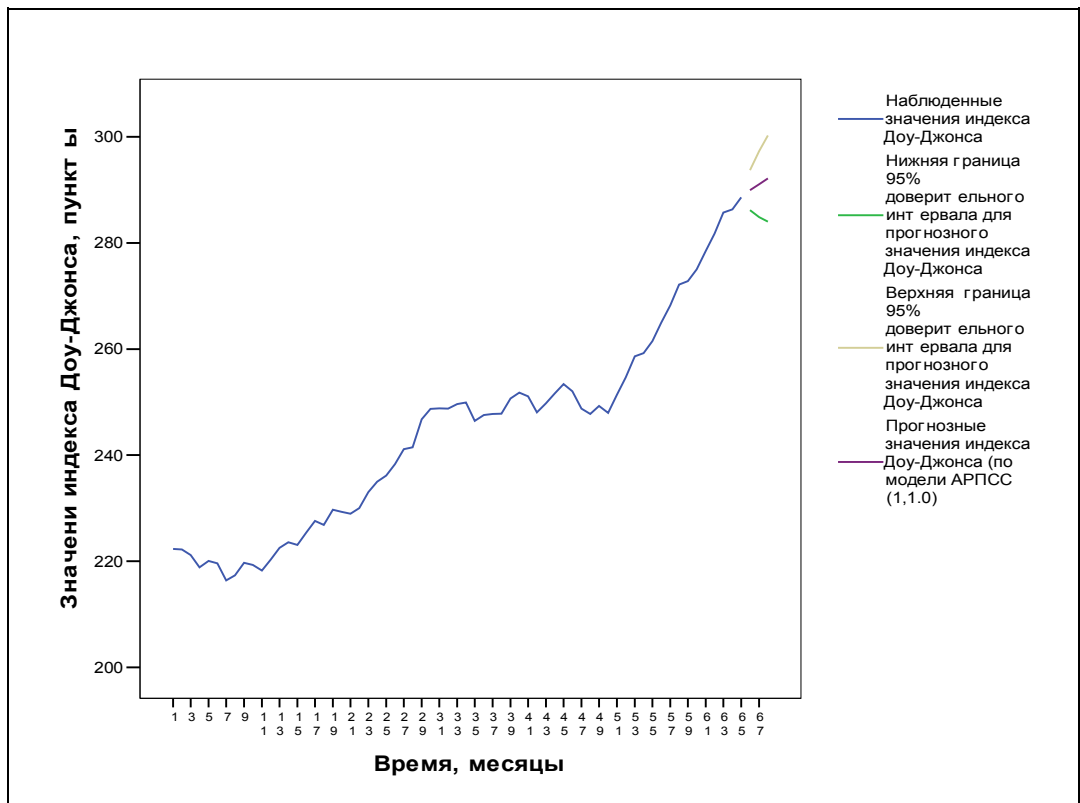


Рисунок 3.65 – График наблюдаемых, прогнозных значений индекса Доу-Джонса вместе с 95%-ми доверительными интервалами для прогноза

Согласно прогнозу индекс Доу-Джонса к концу прогнозируемого периода должен составить 292,13 пункта, или с надежностью 95% будет находиться в интервале 283,99-300,27 пункта.

4 Содержание письменного отчета

Отчет должен быть оформлен на листах формата А4 с титульным листом, оформленным соответствующим образом и содержать следующее:

- 1 постановку задачи с вариантом выборок;
- 2 краткое изложение теории по моделям АРПСС(p, d, q);
- 3 результаты компьютерной обработки данных;
- 4 анализ полученных результатов;
- 5 выводы по полученным результатам.

5 Вопросы к защите

- 1 Дайте определение стационарного временного ряда
- 2 Сформулируйте теорему Вальда о представлении слабо стационарного процесса в виде линейной комбинации белых шумов.
- 3 Как определяется порядок интеграции d в моделях АРПСС(p, d, q)?
- 4 Как на основе анализа АКФ и ЧАКФ определить порядки авторегрессии и скользящего среднего p и q ?
- 5 Запишите в общем виде модель АРПСС(p, d, q) с использованием и без использования операторов сдвига и операторных полиномов.
- 6 Какими методами оцениваются параметры моделей АР? СС? АРПСС?
- 7 Как осуществляется прогнозирование на основе АРПСС-моделей?
- 8 С какой целью при моделировании временных рядов с помощью АРПСС-моделей используются информационные критерии?
- 9 Общий принцип построения информационных критериев. Какие информационные критерии Вам известны?
- 10 Как проверить адекватность АРПСС-модели?
- 11 В каком случае оцененная АРПСС-модель непригодна для прогнозирования?
- 12 Интерпретация R^2 в моделях АРПСС.
- 13 Сформулируйте укрупненный алгоритм построения АРПСС-модели.
- 14 Модель авторегрессии 1-го порядка и ее свойства (математическое ожидание, дисперсия, коэффициент автокорреляции k -го порядка).
- 15 В чем заключается условие стационарности для процесса авторегрессии 1-го порядка? p -порядка?
- 16 Поясните понятие «двойственности» представления временного ряда в виде процессов АР и СС.
- 17 Как взаимосвязаны между собой процессы АР(p) и СС(q)?
- 18 В чем заключается условие обратимости для процессов скользящего среднего q -порядка?

Список использованных источников

- 1 **Айвазян С.А.** Прикладная статистика и основы эконометрики. учебник для ВУЗов / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с. - ISBN 5-238-00304-8
- 2 **Бокс Дж.,** Анализ временных рядов, прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. – М. : Мир. Вып. 1, 2, 1974.
- 3 **Чураков Е.П.** Математические методы обработки экспериментальных данных в экономике: учеб. пособие / Е.П. Чураков. – М. : Финансы и статистика, 2004. – 240 с.: ил. – ISBN 5-279-02745-6.
- 4 **Тихомиров Н.П.** Эконометрика: учебник / Н.П. Тихомиров, Е.Ю. Дорохина – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 512 с.
- 5 **Лукашин Ю.П.** Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учеб. пособие для вузов / Ю. П. Лукашин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.: ил-ISBN 5-279-02740-5.
- 6 Методическое пособие по использованию Eviews [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.xion.ru/downloads/e4_avr_Tur.zip

Приложение А (Обязательное)

Исходные данные для анализа

Таблица А.1 – Выборочные данные по курсам ценных бумаг

Кварталы	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
I 1997	37,26	17,92	48,73	17,69	73,2	239,11	22,06	238,81	21,46	73,50
II 1997	73,11	32,58	84,55	30,95	93,77	232,83	34,16	231,55	31,60	95,05
III 1997	38,93	51,36	45,76	33,72	99,17	210,83	32,29	211,07	32,78	98,93
IV 1997	70,39	113,09	60,38	32,16	64,4	262,04	29,99	263,32	32,54	63,12
I 1998	10,99	137,24	35,7	93,02	123,83	227,14	2,23	228,34	4,63	122,63
II 1998	66,99	151,01	87,01	86,57	64,98	245,74	0,14	247,47	3,61	63,25
III 1998	64,81	157,07	85,94	101,94	150,11	233,99	1,09	231,81	3,28	152,29
IV 1998	107,93	236,49	143,51	118,75	110,68	237,94	20,97	237,71	20,50	110,91
I 1999	45,85	223,48	33,28	106,07	113,11	233,33	6,43	234,43	8,62	112,01
II 1999	99,16	282,3	133,64	124,24	110,92	234,13	13,29	233,04	11,12	112,01
III 1999	87,87	284,93	112,82	125,72	72,66	215,21	10,61	214,52	9,23	73,35
IV 1999	88,45	328,65	72,74	126,31	95,85	212,45	1,2	210,76	2,18	97,54
I 2000	63,85	406,55	103,65	134,17	119,01	211,86	14,68	210,01	10,99	120,86
II 2000	105,66	367,87	124,23	157,67	114,24	266,59	4,43	265,61	2,47	115,22
III 2000	105,62	370,08	124,49	173,4	120,64	249,84	4,29	249,07	2,74	121,41
IV 2000	129,29	430,08	170,27	158,34	86,98	295,14	28,64	293,02	24,40	89,10
I 2001	132,7	395,57	161,13	230,67	135,56	249,39	15,39	248,82	14,25	136,13
II 2001	137,93	428,27	181,21	235,01	132,91	292,3	23,44	291,90	22,63	133,31
III 2001	137,84	490,12	150,95	213,47	121,16	262,41	5,84	262,54	6,11	121,03
IV 2001	158,59	502,39	197,75	285,03	112,34	311,71	30,6	311,34	29,87	112,71
I 2002	154,43	528,37	176,88	199,19	119,13	272,09	46,37	271,76	45,72	119,46
II 2002	174,3	592,22	199,82	268,18	126,83	256,52	24,95	256,15	24,21	127,20
III 2002	183,7	594,53	244,2	287,37	102,94	286,45	0,86	287,79	3,55	101,60
IV 2002	162,16	599,75	189,02	292,67	112,14	292,77	28,89	292,68	28,72	112,23
I 2003	191,31	625,82	208,4	307,94	138,96	290,8	28,4	290,61	28,03	139,15
II 2003	226,16	681,13	211,19	310,86	103,24	306,45	31,72	305,94	30,69	103,75
III 2003	262,08	731,02	258,91	347,52	160,03	303,12	31,21	301,15	27,27	162,00
IV 2003	291,44	694,18	321,57	355,1	138,28	355,63	23,02	354,76	21,29	139,15
I 2004	272,92	745,36	293,26	357,05	98,78	354,3	12,64	356,68	17,39	96,40
II 2004	302,23	790,22	333,6	348,87	149	380,25	13,69	380,90	15,00	148,35
III 2004	323,66	772,85	283,81	389,7	124,27	362,29	4,33	363,95	7,65	122,61
IV 2004	382,3	869,02	375,38	383,26	148,74	382,19	13,62	383,80	16,84	147,13
I 2005	377,94	871,44	363,82	402,61	142,25	368,14	46,5	368,68	47,58	141,71
II 2005	409,12	878,85	404,27	432,87	170,11	375,11	10,23	376,01	12,03	169,21
III 2005	418,23	898,02	434,47	432,19	157,76	403,62	5,08	401,70	1,24	159,68
IV 2005	475,85	932,06	482,71	426,01	133,88	446,38	4,35	446,30	4,18	133,96
I 2006	452,06	938,44	479,89	468,04	154,38	407,3	13,92	406,78	12,87	154,90
II 2006	528,85	944,7	542,7	470,03	141,17	431,81	13,03	431,13	11,68	141,85
III 2006	561,82	1013,3	589,11	483,11	158	502,04	78,1	501,66	77,34	158,38
IV 2006	582,46	1052,46	607,87	495,3	178,5	487,48	11,39	486,72	9,87	179,26

Таблица А.2 – Выборочные данные по курсам ценных бумаг

месяцы	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
сен.03	37,26	17,92	48,73	17,69	73,2	239,11	22,06	238,81	21,46	73,50
окт.03	73,11	32,58	84,55	30,95	93,77	232,83	34,16	231,55	31,60	95,05
ноя.03	73,11	32,58	84,55	30,95	93,77	232,83	34,16	231,55	31,60	95,05
дек.03	38,93	51,36	45,76	33,72	99,17	210,83	32,29	211,07	32,78	98,93
январ.04	70,39	113,09	60,38	32,16	64,4	262,04	29,99	263,32	32,54	63,12
февр.04	10,99	137,24	35,7	93,02	123,83	227,14	2,23	228,34	4,63	122,63
мар.04	66,99	151,01	87,01	86,57	64,98	245,74	0,14	247,47	3,61	63,25
апр.04	64,81	157,07	85,94	101,94	150,11	233,99	1,09	231,81	3,28	152,29
май.04	107,93	236,49	143,51	118,75	110,68	237,94	20,97	237,71	20,50	110,91
июн.04	45,85	223,48	33,28	106,07	113,11	233,33	6,43	234,43	8,62	112,01
июл.04	99,16	282,3	133,64	124,24	110,92	234,13	13,29	233,04	11,12	112,01
авг.04	87,87	284,93	112,82	125,72	72,66	215,21	10,61	214,52	9,23	73,35
сен.04	88,45	328,65	72,74	126,31	95,85	212,45	1,2	210,76	2,18	97,54
окт.04	63,85	406,55	103,65	134,17	119,01	211,86	14,68	210,01	10,99	120,86
ноя.04	105,66	367,87	124,23	157,67	114,24	266,59	4,43	265,61	2,47	115,22
дек.04	105,62	370,08	124,49	173,4	120,64	249,84	4,29	249,07	2,74	121,41
январ.05	129,29	430,08	170,27	158,34	86,98	295,14	28,64	295,14	28,64	86,98
февр.05	129,29	430,08	170,27	158,34	86,98	295,14	28,64	293,02	24,40	89,10
мар.05	132,7	395,57	161,13	230,67	135,56	249,39	15,39	248,82	14,25	136,13
апр.05	137,93	428,27	181,21	235,01	132,91	292,3	23,44	291,90	22,63	133,31
май.05	137,84	490,12	150,95	213,47	121,16	262,41	5,84	262,54	6,11	121,03
июн.05	158,59	502,39	197,75	285,03	112,34	311,71	30,6	311,34	29,87	112,71
июл.05	154,43	528,37	176,88	199,19	119,13	272,09	46,37	271,76	45,72	119,46
авг.05	174,3	592,22	199,82	268,18	126,83	256,52	24,95	256,15	24,21	127,20
сен.05	174,3	592,22	199,82	268,18	126,83	256,52	24,95	256,52	24,95	126,83
окт.05	183,7	594,53	244,2	287,37	102,94	286,45	0,86	287,79	3,55	101,60
ноя.05	162,16	599,75	189,02	292,67	112,14	292,77	28,89	292,68	28,72	112,23
дек.05	191,31	625,82	208,4	307,94	138,96	290,8	28,4	290,61	28,03	139,15
январ.06	226,16	681,13	211,19	310,86	103,24	306,45	31,72	305,94	30,69	103,75
февр.06	262,08	731,02	258,91	347,52	160,03	303,12	31,21	301,15	27,27	162,00
мар.06	291,44	694,18	321,57	355,1	138,28	355,63	23,02	354,76	21,29	139,15
апр.06	291,44	694,18	321,57	355,1	138,28	355,63	23,02	355,63	23,02	138,28
май.06	272,92	745,36	293,26	357,05	98,78	354,3	12,64	356,68	17,39	96,40
июн.06	302,23	790,22	333,6	348,87	149	380,25	13,69	380,90	15,00	148,35
июл.06	323,66	772,85	283,81	389,7	124,27	362,29	4,33	363,95	7,65	122,61
авг.06	382,3	869,02	375,38	383,26	148,74	382,19	13,62	383,80	16,84	147,13
сен.06	377,94	871,44	363,82	402,61	142,25	368,14	46,5	368,68	47,58	141,71
окт.06	377,94	871,44	363,82	402,61	142,25	368,14	46,5	368,14	46,50	142,25
ноя.06	409,12	878,85	404,27	432,87	170,11	375,11	10,23	376,01	12,03	169,21
дек.06	418,23	898,02	434,47	432,19	157,76	403,62	5,08	401,70	1,24	159,68

Продолжение таблицы А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
январь.07	475,85	932,06	482,71	426,01	133,88	446,38	4,35	446,30	4,18	133,96
февраль.07	452,06	938,44	479,89	468,04	154,38	407,3	13,92	406,78	12,87	154,90
март.07	528,85	944,7	542,7	470,03	141,17	431,81	13,03	431,81	13,03	141,17
апрель.07	528,85	944,7	542,7	470,03	141,17	431,81	13,03	431,13	11,68	141,85
май.07	561,82	1013,3	589,11	483,11	158	502,04	78,1	501,66	77,34	158,38
июнь.07	582,46	1052,46	607,87	495,3	178,5	487,48	11,39	486,72	9,87	179,26
июль.07	598,25	1110,8	610,98	499,9	184,56	511,45	12,05	500,05	10,2	184,32
август.07	600,25	1090,5	589,11	495,3	178,5	487,48	11,39	487,48	11,39	178,50
сентябрь.07	599,45	1099,6	607,87	499,9	184,56	511,45	12,05	500,05	10,2	184,32
октябрь.07	601,08	1100,98	610,98	495,3	178,5	487,48	11,39	487,48	11,39	178,50
ноябрь.07	603,5	1120,44	589,11	499,9	184,56	511,45	12,05	511,45	12,05	184,56