

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 2017.11.15 15:07

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be190df2374d16f3c0ce536bf0c0

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра программной инженерии



Анализ финансово-экономических временных рядов: метод Бокса-Дженкинса

Методические рекомендации по выполнению семестровой работы для студентов экономических специальностей

Курск 2017

УДК 681.3

Составитель В.В. Ефремов, И.Н. Ефремова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии ЮЗГУ Е.И. Аникина

Анализ финансово-экономических временных рядов: метод Бокса-Дженкинса: Методические рекомендации по выполнению семестровой работы для студентов экономических специальностей/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.В. Ефремов, И.Н. Ефремова. Курск, 2017. 20 с.

Содержат формулировку заданий к семестровой работе, методические рекомендации по выполнению задания, а также требования к содержанию и оформлению отчёта.

Предназначены для студентов экономических специальностей

Текст печатается в авторской редакции.

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.
Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет
305040, Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Цель работы

Изучение и получение навыков применения метода Бокса – Дженкинса для анализа финансово-экономического временного ряда.

Краткие теоретические сведения

Для изучения дисциплины надо знать:

- основные понятия статистики: стат. Совокупность, выборка и т. д.
- Методы организации стат. Наблюдения.
- Основные статистики: средняя, дисперсия, медиана, методы их оценки: моменты, ММП и т. д.
- Основные законы распределения.
- Виды анализа статистических зависимостей и их характеристики: ковариация, корреляция, коэффициенты регрессии, методы из приближения: МНК и т. д.
- Порядок проверки статистических гипотез.
- Методы аппроксимации: ряды Фурье, полиномиальная, сплайны, вейвлеты и т. д.

Задачи анализа временных рядов

- выявление закономерности
- прогнозирование
- взаимосвязи (оценивание динамических моделей, отражающих краткосрочные и долгосрочные связи между экономическими переменными).

Временные ряды

В каких случаях данные необходимо рассматривать как временной ряд (time series).

В обычных экономических моделях значения переменной зависят от одновременного значения других, то есть от текущего состояния экономической системы. Для анализа временных рядов характерно наличие переменных с лагом (запаздыванием). Элементами таких моделей являются случайные функции. Типа $Y(t) = \xi(t) = f(X(t-\tau), Y(t-\tau), \varepsilon(t))$

Временной ряд — совокупность наблюдений экономической величины в различные моменты времени $t \in [1, T]$. Сетка времени, как правило, дискретная, равномерная. В каждый момент времени значение ряда рассматривается как случайная величина. Закон распределения со временем может меняться. Совокупность значения однотипных рядов при одном значении t называется сечением. Последовательность значений при фиксированном случае называется реализацией или траекторией временного ряда.

Наиболее полно временной ряд описывается совместной функцией распределения $F(x_{t_1}, x_{t_2}, \dots)$ или совместной плотностью (если она существует).

Для построения этой функции необходима выборка реализаций ВР. Как правило доступна одна реализация ВР. Причём основные характеристики ВР постоянно меняются. Так что в общем только по наблюдениям о ВР почти ничего нельзя сказать.

Если дополнительно известно, что ряд стационарный, можно сказать больше.

Строгая стационарность наблюдается, если $F(x_{t_1}, x_{t_2}, \dots) = F(x_{t_1+\Delta}, x_{t_2+\Delta}, \dots)$ для любых Δ .

Если случайный процесс строго стационарен, ни одна из его характеристик с течением времени не меняется.

У слабо стационарного процесса со временем не меняются матожидание, дисперсия, корреляционная и ковариационная функции.

Виды случайных процессов:

1. Белый шум (автокорреляция $\langle \rangle = 0$ только при аргументе 0 и равна D , $M=0$ WN) строго стационарен.
2. Нормальный (Гауссов). Белый шум: $WN(0, D)$
3. Случайное блуждание. $X_t = X_{t-1} + \varepsilon_t$ $M=X_0$, $D=tD(\text{epsilon})$ не стационарен. Ряд первых разностей — стационарный (WN)

Теорема Вольда. Всякий недетерминированный слабо стационарный случайный процесс можно представить как

$$X_t - M = \sum_{\tau=0}^{\infty} \psi_{\tau} \varepsilon_{t-\tau}, \text{ сумма модулей коэффициентов конечна.}$$

$$MA(q): X_t = \sum_{\tau=0}^q \beta_{\tau} \varepsilon_{t-\tau}.$$

Процессы скользящего среднего.

Процесс $M=0$, стационарный,

$$D = \sigma^2 \sum_{i=1}^q \psi_i^2, \quad Cov(\tau) = \sigma_\varepsilon^2 \sum_{i=0}^{q-\tau} \beta_i \beta_{i+\tau}, \quad \rho(\tau) = \frac{Cov(\tau)}{Cov(0)}, \quad Cov(>q)=0,$$

соответственно порядок можно определить по ковариационной функции.

Если значение случайного процесса определяется линейной комбинацией конечного числа его предыдущих значений и добавлением белого шума, такой процесс называется процессом авторегрессии порядка p и его общее уравнение имеет вид

$$AR(p): X_t = \sum_{i=1}^p \alpha_i X_{t-i} + \varepsilon_t.$$

В зависимости от коэффициентов этот процесс может быть стационарным и нестационарным. Условие стационарности — представимость в виде разложения Вольда $MA(\infty)$. Условие представимости: корни характеристического уравнения $\lambda^p - \alpha_1 \lambda^{p-1} - \dots - \alpha_p = 0$ по модулю меньше единицы. Иногда процессом $AR(p)$ называют только стационарный. Для стационарного $AR(p)$ $M=0$, автокорреляционная функция $\rho(\tau) = \alpha^\tau$, $Cov(\tau) = \rho(\tau)D$. На практике порядок определяется по частным автокорреляционным функциям.

$ARMA(p,q)$. Стационарность определяется только AR частью. Может быть представлен как $AR(\infty)$. Автокорреляционная функция ведёт себя как для AR при аргументе больше p .

$ARIMA(p,d,q)$ — класс нестационарных процессов, приводящихся к стационарным $ARMA(p,q)$ за d последовательных шагов взятия конечных разностей.

Анализ АРПСС проводится с помощью ЭВМ.

Идентификация модели: подход Бокса-Дженкинса.

1. Определить d добившись взятием конечных разностей стационарности ряда.
2. Определить p по ЧАКФ
3. Определить q по АКФ
4. Определить параметры модели с помощью соответствующего ПО

Критерии качества модели (используются для сравнения качества разных вариантов)

$$AIC(p, q) = \ln \hat{\sigma}^2 + 2 \frac{p+q}{T}, \hat{\sigma}^2 = \frac{SS}{T-p-q},$$

1. Критерий Акаике
SS- дисперсия остатков.

$$BIC(p, q) = \ln \hat{\sigma}^2 + \ln T \frac{p+q}{T}$$

2. Критерий Шварца

Оба критерия учитывают дисперсию остатков и количество параметров. Увеличение количества параметров снижает качество модели, поэтому при идентификации модели нужно учитывать, что модель должна быть экономной, то есть использовать минимально возможное количество параметров. Критерий Шварца во многих случаях предпочтителен.

Состоятельность модели определяется характером остатков — он должен представлять собой нормальный белый шум. Для проверки некоррелированности остатков используются:

1. Критерий Дарбина-Уотсона
2. Альтернативный критерий Дарбина
3. Критерий Бокса-Пирса
4. Критерий Бокса-Льюнга (Statistica)
5. Тест Бройша-Годфри (предпочтителен)

Для корректного выполнения численных процедур поиска значений параметров модели и вычисления критериев качества и состоятельности модели требуется, чтобы ряд остатков был нормально распределён. Для проверки нормальности распределения известно много критериев, например: Тест Харке-Бера.

Нестационарные ряды.

TS — ряд с детерминированным трендом. Нестационарен относительно матожидания. Конечная память о случайных возмущениях. Приводится к стационарному взятием конечной разности (дифференцированием) — если тренд полиномиальный или выделением тренда — в любом случае.

Если тренд линейный, то $X(t) = a + bt + \xi_t$, взятие конечной разности даёт $\Delta X(t) = X(t) - X(t-1) = a + bt + \xi_t - a - b(t-1) - \xi_{t-1} = b + (\xi_t - \xi_{t-1})$ стационарный ряд, или можно получить стационарный ряд, вычитая детерминированный тренд.

DS — ряд с интегрированием (типа случайного блуждания с

дрейфом). Нестационарен относительно дисперсии. Бесконечная память о случайных возмущениях. Приводится к стационарному дифференцированием.

Процесс случайного блуждания с дрейфом:
 $X(t) = \mu t + X(t-1) + \xi_t$. Взятие конечной разности даёт
 $\Delta X(t) = \mu t + X(t-1) + \xi_t - \mu(t-1) - X(t-1) = \mu + \xi_t$

Кажущиеся регрессии в DS

У обоих рядов есть линейный тренд, но они отличаются случайной частью. Процедуры восстановления исходного ряда должны быть разными. Если ряд DS анализировать как TS (спутать их по наличию тренда), детерминированный тренд будет значимым (вместо μ получим b), но восстановлен такой ряд будет неправильно.

1. Линейная регрессия случайного блуждания без дрейфа даёт статистически значимый коэффициент множественной детерминации.
2. С дрейфом коэффициент множественной детерминации будет ещё больше и будет стремиться к 1 с увеличением длины ряда.
3. Оценка дисперсии по одной реализации оказывается заниженной.
4. Остатки регрессии коррелированы с коэффициентом корреляции.
5. Т-статистика для проверки гипотезы о значимости коэффициента регрессии при времени смещена в сторону принятия гипотезы о наличии линейного тренда.
6. Независимые случайные блуждания демонстрируют высокую корреляционную зависимость.

Если ряд TS анализировать как DS, взятие конечной разности для такого ряда будет менее естественно, чем вычитание тренда, и может привести к большей дисперсии остатков, большему количеству оцениваемых параметров, и, как следствие, к меньшей адекватности модели, выражаемой ухудшением показателей AIC и BIC.

Критерий Дикки-Фуллера (DF-test, ADF-test) (unit root test) позволяет различить ряды этих двух типов.

Для применения ADF теста необходимо

1. Быть уверенным, что дисперсия процесса постоянна

(временной ряд — ARСС(p,q)).

2. Отсутствуют интервенции.
3. Дисперсия случайных приращений ξ_t постоянна. Для проверки гипотезы о наличии гетероскедастичности можно использовать тест Филлипса-Перрона (PP-тест), правда мощность его мала и на практике применяется он редко.
4. Правильно выбраны p и q.
5. Указать количество лагов — целая часть от $\sqrt[4]{N}$ или количество лагов, для которого все оценки коэффициентов при приращениях (для AR-части) будут статистически значимыми. Учитывая сложность однозначного определения количества лагов, доверяют обычно результатам теста, которые не меняются при некотором изменении количества лагов.

Процедура Доладо ADF теста.

1. Для модели

$$\Delta X(t) = a + bt + (\rho - 1)X(t-1) + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta X(t-i) + \xi_t$$

$$H_0: \rho = 1$$

проверяется гипотеза $H_1: \rho < 1$. Если $t < T_\tau$, нулевая гипотеза отвергается, ряд — TS. Если $t > T_\tau$, нулевая гипотеза не отвергается, переходим ко второму пункту.

$$\Delta X(t) = a + bt + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta X(t-i) + \xi_t$$

2. Для модели Проверяем
статистическую значимость коэффициента b. Если коэффициент значим, ряд — DS. Если нет — переходим к следующему шагу.

$$\Delta X(t) = a + (\rho - 1)X(t-1) + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta X(t-i) + \xi_t$$

3. Для модели

(ряд без тренда) выполняем ADF тест. Если $t < T_\mu$, нет единичного корня и нет тренда, ряд — TS. Если $t > T_\tau$, переходим к следующему шагу.

$$\Delta X(t) = a + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta X(t-i) + \xi_t$$

4. Для модели проверяем
значимость a. Если a не значимо, выполняем ADF-тест для

$$\Delta X(t) = (\rho - 1)X(t-1) + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta X(t-i) + \xi_t,$$

модели

используя критические значения τ_0

Задание.

1. Взять данные интересующего Вас временного ряда, например, на сайте Госкомстата, или где-либо ещё. Количество значений N должно быть не менее 50. Количество сезонных периодов – не менее $N/10$
2. Подобрать модель АРПСС(p,n,q).
3. Подобрать модель САРПСС(p,n,q)(P_s,N_s,Q_s).
4. Подобрать модель САРПСС(p,n,q)(P_s,N_s,Q_s) с интервенциями.
5. Проанализировать показатели качества модели.
6. Проанализировать остатки на предмет адекватности модели.
7. Проанализировать прогноз.

Порядок выполнения работы.

Анализ АРПСС проводится в программе Statistica. Данные импортировать или вбить в Statistica. Идентификация модели: Подход Бокса-Дженкинса.

1. Определить d добившись взятием конечных разностей стационарности ряда.
2. Определить p по ЧАКФ
3. Определить q по АКФ
4. Определить параметры модели с помощью соответствующего ПО

Анализ ряда с интервенциями см. в примере.

Вычислить АІС и ВІС для остационаренного ряда для $p < 3$, $q < 3$. Сформировать портфели моделей по обоим критериям.

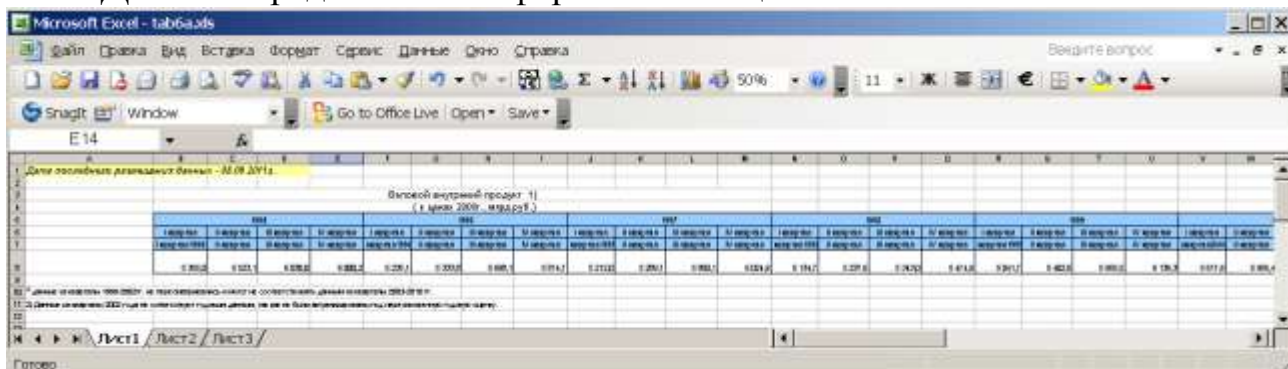
Проверить гипотезу о некоррелированности остатков (В Statistica используется критерий Бокса-Льюнга)

Проверить гипотезу о виде распределения.

Пример выполнения работы.

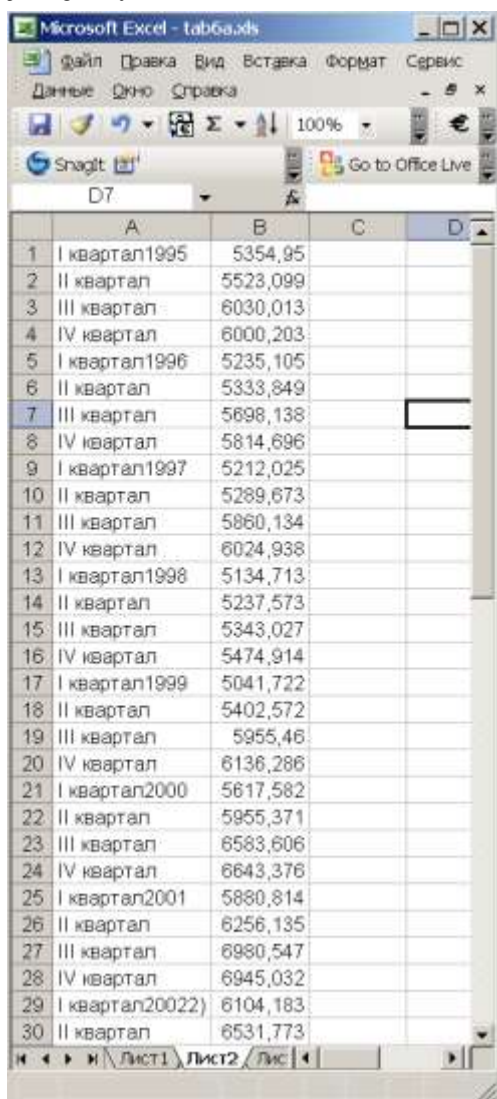
Рассмотрим официальные квартальные данные ВВП в постоянных ценах 2008 года за 1995-2011 годы:
http://www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/tabba.xls

Данные представлены в формате таблицы Excel.



The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a complex data table. The table has multiple columns, likely representing different quarters and years, and many rows of data. The interface includes the standard Excel menu bar and toolbar.

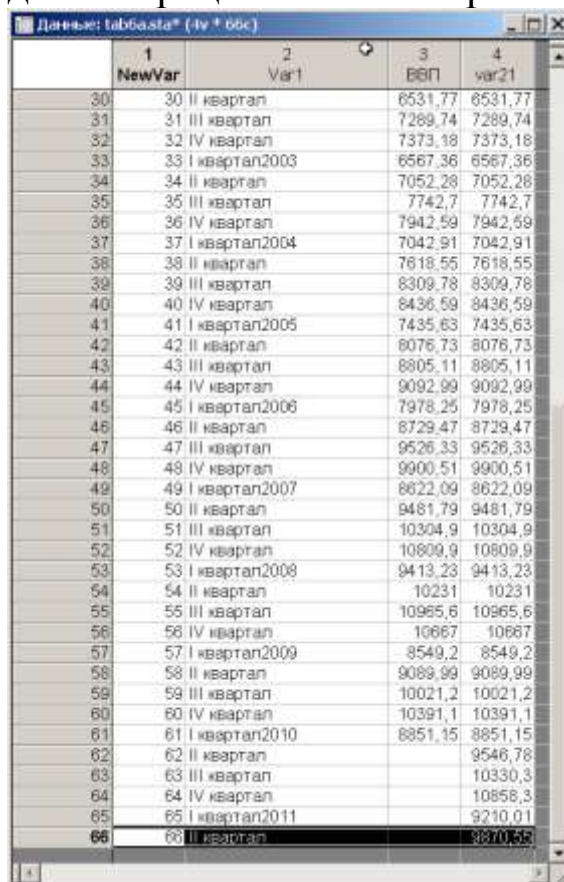
Для импорта в Statistica желательно, чтобы переменные располагались в столбцах. Транспонируем нужные строки на Лист2.



This screenshot shows a smaller Excel spreadsheet where data from the previous table has been transposed. The data is organized into two columns: 'A' and 'B'. Column 'A' contains quarter labels (e.g., 'I квартал1995'), and column 'B' contains the corresponding GDP values.

	A	B
1	I квартал1995	5354,95
2	II квартал	5523,099
3	III квартал	6030,013
4	IV квартал	6000,203
5	I квартал1996	5235,105
6	II квартал	5333,849
7	III квартал	5698,138
8	IV квартал	5814,696
9	I квартал1997	5212,025
10	II квартал	5289,673
11	III квартал	5860,134
12	IV квартал	6024,938
13	I квартал1998	5134,713
14	II квартал	5237,573
15	III квартал	5343,027
16	IV квартал	5474,914
17	I квартал1999	5041,722
18	II квартал	5402,572
19	III квартал	5955,46
20	IV квартал	6136,286
21	I квартал2000	5617,582
22	II квартал	5955,371
23	III квартал	6583,606
24	IV квартал	6643,376
25	I квартал2001	5880,814
26	II квартал	6256,135
27	III квартал	6980,547
28	IV квартал	6945,032
29	I квартал2002	6104,183
30	II квартал	6531,773

Импортируем в Statistica нужный лист и добавляем переменную с номеров наблюдения и переменную без 5 последних наблюдений для демонстрации качества прогноза.

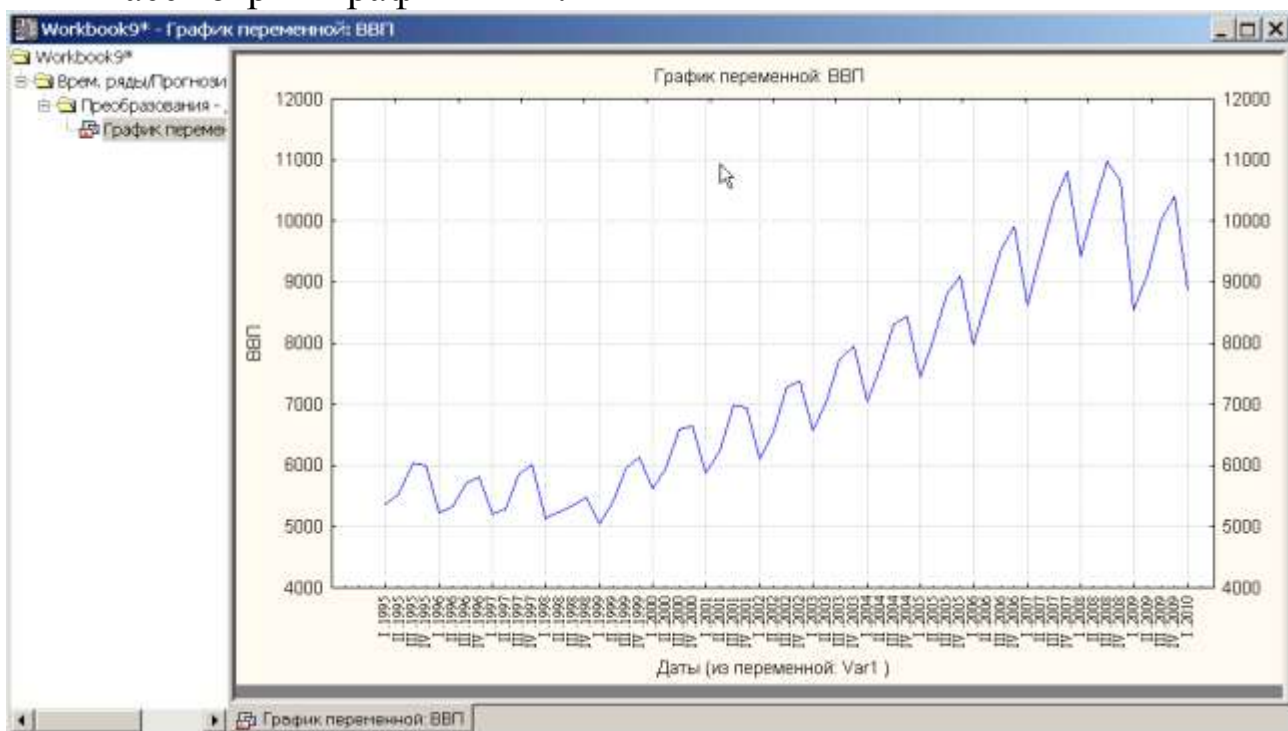


This screenshot shows a Statistica data table. The table has four columns: '1' (observation number), 'NewVar' (quarter), 'Var1' (GDP), and 'var21' (GDP with 5 observations removed). The data rows correspond to the transposed data from the Excel spreadsheet.

	1	2	3	4
	NewVar	Var1	ВВП	var21
30	30 II квартал	6531,77	6531,77	
31	31 III квартал	7289,74	7289,74	
32	32 IV квартал	7373,18	7373,18	
33	33 I квартал2003	6567,36	6567,36	
34	34 II квартал	7052,28	7052,28	
35	35 III квартал	7742,7	7742,7	
36	36 IV квартал	7942,59	7942,59	
37	37 I квартал2004	7042,91	7042,91	
38	38 II квартал	7618,55	7618,55	
39	39 III квартал	8309,78	8309,78	
40	40 IV квартал	8436,59	8436,59	
41	41 I квартал2005	7435,63	7435,63	
42	42 II квартал	8076,73	8076,73	
43	43 III квартал	8805,11	8805,11	
44	44 IV квартал	9092,99	9092,99	
45	45 I квартал2006	7978,25	7978,25	
46	46 II квартал	8729,47	8729,47	
47	47 III квартал	9526,33	9526,33	
48	48 IV квартал	9900,51	9900,51	
49	49 I квартал2007	8622,09	8622,09	
50	50 II квартал	9481,79	9481,79	
51	51 III квартал	10304,9	10304,9	
52	52 IV квартал	10809,9	10809,9	
53	53 I квартал2008	9413,23	9413,23	
54	54 II квартал	10231	10231	
55	55 III квартал	10965,6	10965,6	
56	56 IV квартал	10667	10667	
57	57 I квартал2009	8549,2	8549,2	
58	58 II квартал	9089,99	9089,99	
59	59 III квартал	10021,2	10021,2	
60	60 IV квартал	10391,1	10391,1	
61	61 I квартал2010	8851,15	8851,15	
62	62 II квартал	9546,78	9546,78	
63	63 III квартал	10330,3	10330,3	
64	64 IV квартал	10858,3	10858,3	
65	65 I квартал2011	9210,01	9210,01	
66	66 II квартал	8870,55	8870,55	

Выбираем «Временные ряды и прогнозирование» и добавляем все переменные для анализа.

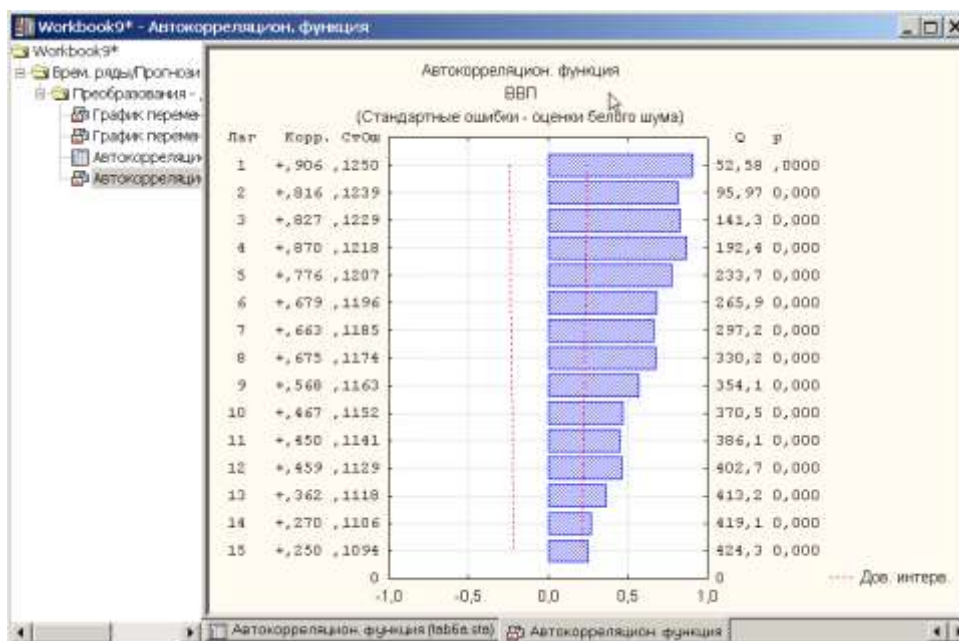
Рассмотрим график ВВП.



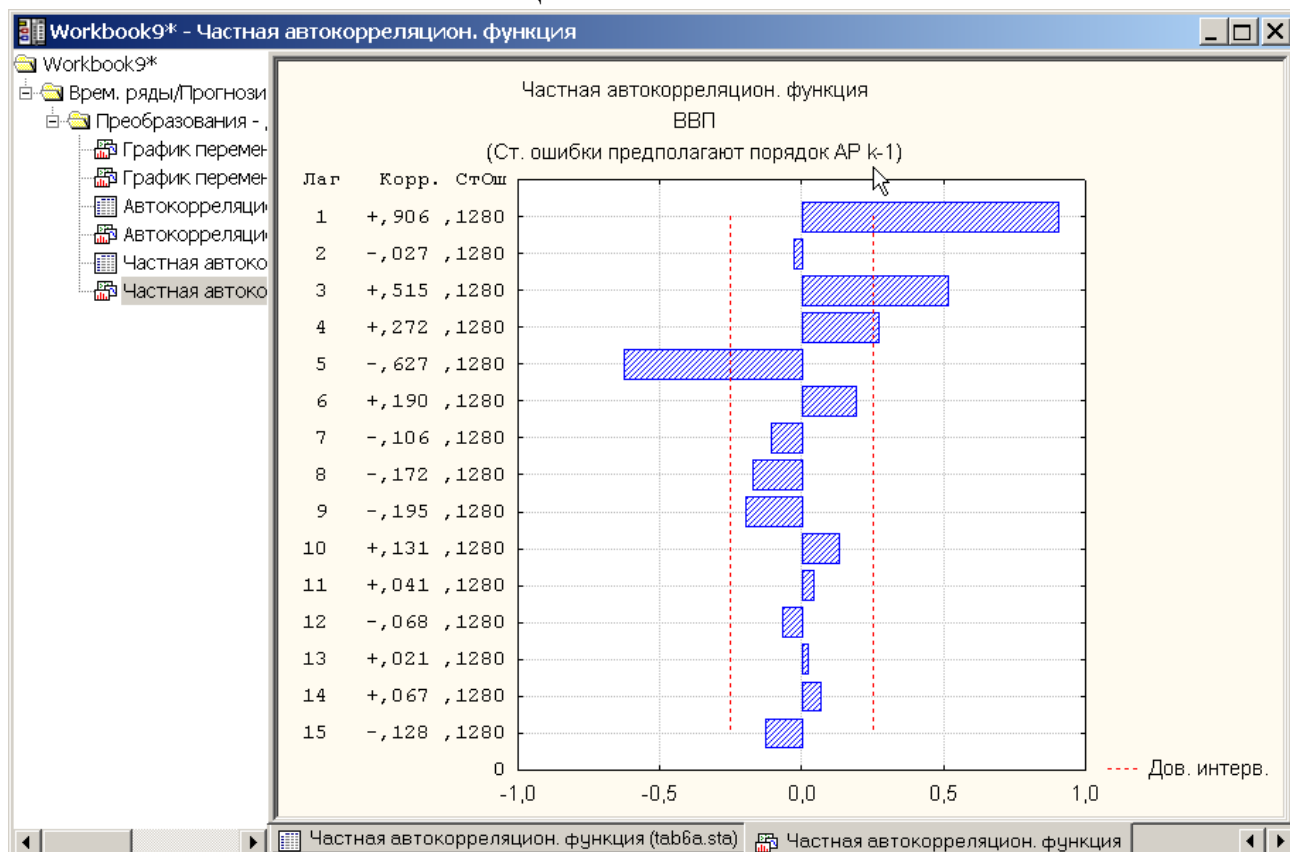
Ряд нестационарный, и имеет выраженную сезонную составляющую. Основная тенденция в данный период характеризуется ростом среднего значения. Растёт также амплитуда сезонных колебаний (наблюдается мультипликативный сезонный тренд).

Кроме того, наблюдаются, по крайней мере, 3 интервенции – точки, в которых параметры тенденции ряда существенно изменяются при изменении внешних обстоятельств. Первая наблюдается в 3-м квартале 1998 года и связана с дефолтом. Вторая наблюдается в 4-м квартале 1999 года и связана с изменением экономической политики правительством Примакова. Третья наблюдается во 4-м квартале 2008 и связывается, по-видимому, с экономическим кризисом.

Рассмотрим графики АКФ и ЧАКФ.



АКФ убывает, но каждые 4 года имеет локальный максимум за счёт сезонной составляющей.



ЧАКФ убывает, но имеет значительные размеры на лагах 1, 3 и 5.

Мультипликативный сезонный тренд часто встречается в финансово-экономических временных рядах и убирается логарифмированием ряда.

Преобразования переменных: tab6a.sta

OK (Преобразовать выделенную переменную)

Блок	Переменная	Длинное имя переменной (ряда)
L	NEWVAR	
L	VAR1	
L	ВВП	
L	VAR21	

Отмена

Опции

Число копий на переменную (ряд): 8

Сохранить переменные

Удалить

x=f(x) | Сглаживание | x=f(x,y) | Сдвиг | Разность, сумма | Фурье | Графики | Автокорреляции | Описательные

OK (Преобразовать выделенную переменную)

Преобразования

Прибавить константу ($x=x+C$) $C=$ 0,
 Вычесть среднее ($x=x-M$) $M=$ 0,

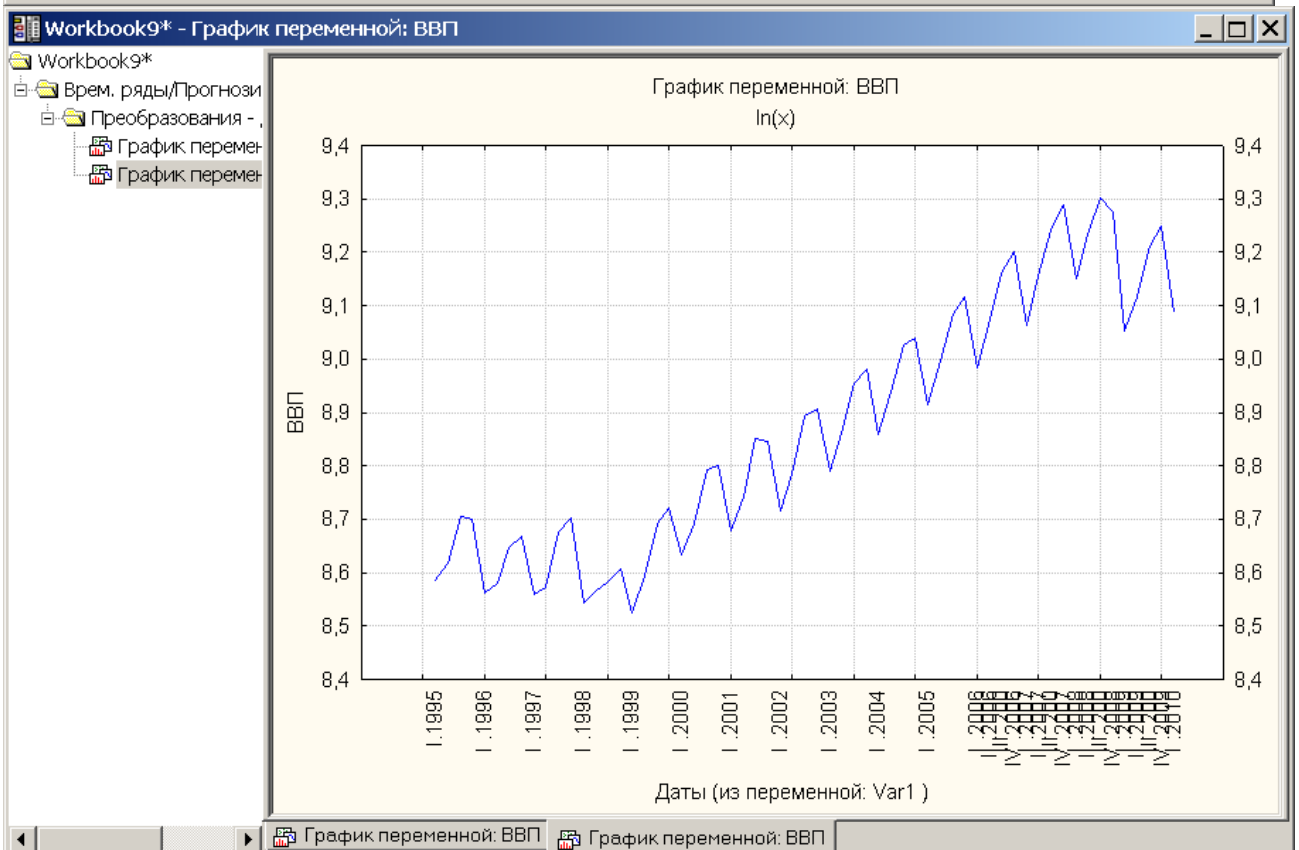
Степень ($x=x^{**}C$) $C=$ 2,00
 Стандартиз. ($x=(x-M)/SD$) $M=$ 0, $SD=$ 1,

Обратная степень ($x=x^{**}1/C$) $C=$ 2,00
 Оценить среднее (M) и станд. откл. (SD) из данных

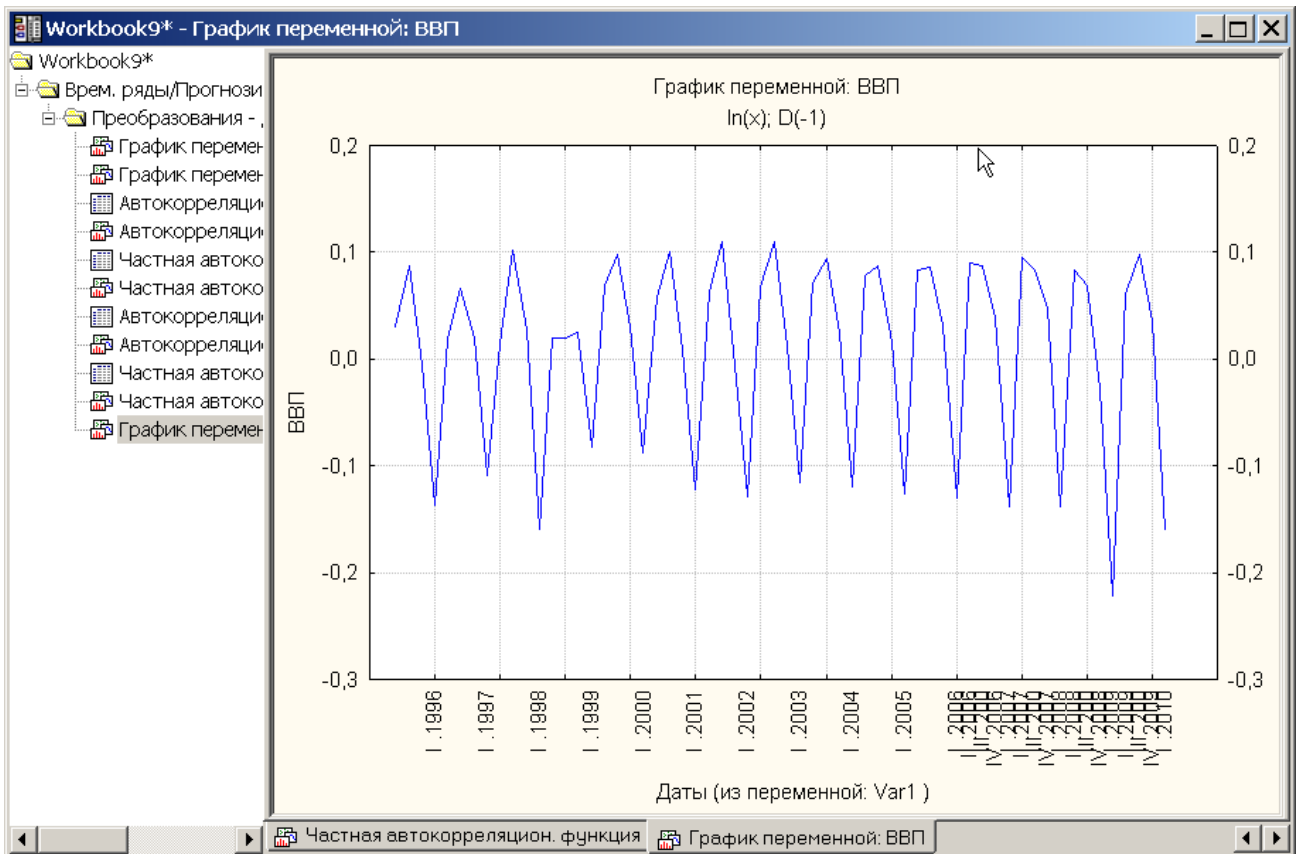
Натуральный логарифм ($x=\ln(x)$)
 Вычесть тренд ($x=x-(a+b*t)$) $a=$ 0, $b=$ 1,

Экспонента ($x=\exp(x)$)
 Автокорр. ($x=x-(a+b*x(\text{лаг}))$) $a=$ 0, $b=$ 1,

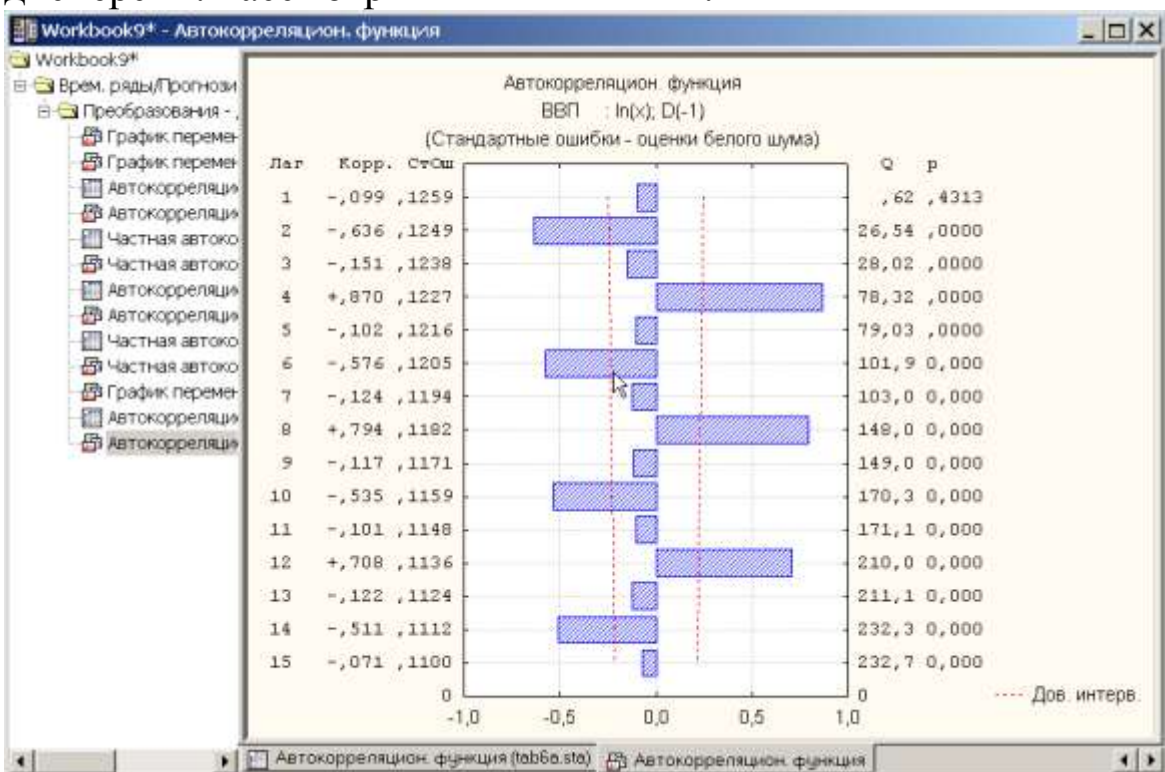
Оценить a/b из данных лаг= -1



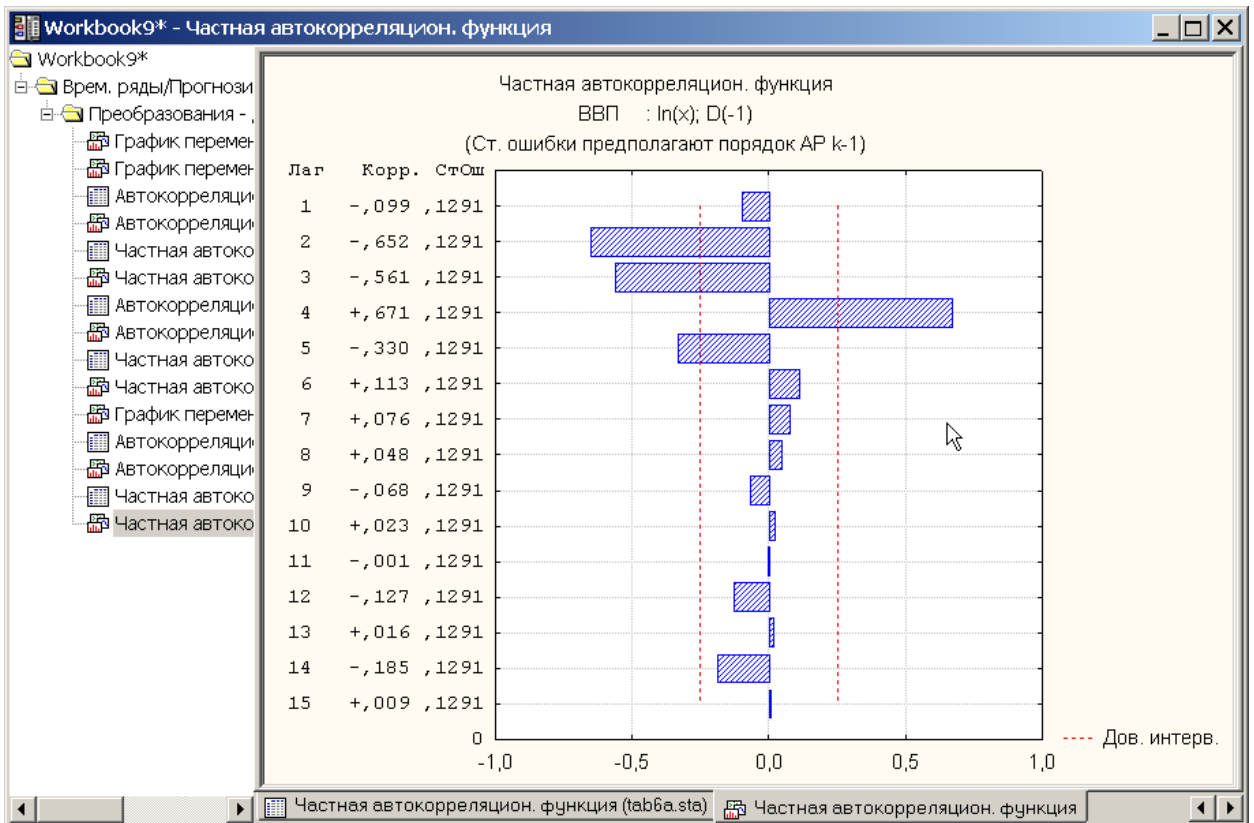
Уберём линейный тренд взятием конечной разности первого порядка с лагом 1.



Ряд выглядит стационарным относительно средней и дисперсии. Рассмотрим АКФ и ЧАКФ.



АКФ имеет явные выбросы с лагом 2, 4, 6 и т.д. «Физика процесса» очевидна: если сейчас значение ряда достигло локального максимума, через 2 значения будет минимум, через 4 – опять максимум.



У ЧАКФ кроме выброса на лаге 4 наблюдаются выбросы на лагах 2, 3, 5, возможно по тем же причинам.

Попробуем избавиться от сезонной составляющей взятием конечной разности первого порядка с лагом 4.

Преобразования переменных: tab6a.sta

OK (Преобразовать выделенную переменную)

Блок	Переменная	Длинное имя переменной (ряда)
L	NEWVAR	
L	VAR1	
L	ВВП	
L	VAR21	
	ВВП	$\ln(x)$
	ВВП	$\ln(x); D(-1)$

Число копий на переменную (ряд): 8 Сохранить переменные Удалить

x=f(x) Сглаживание x=f(x,y) Сдвиг Разность, сумма Фурье Графики Автокорреляции Описательные

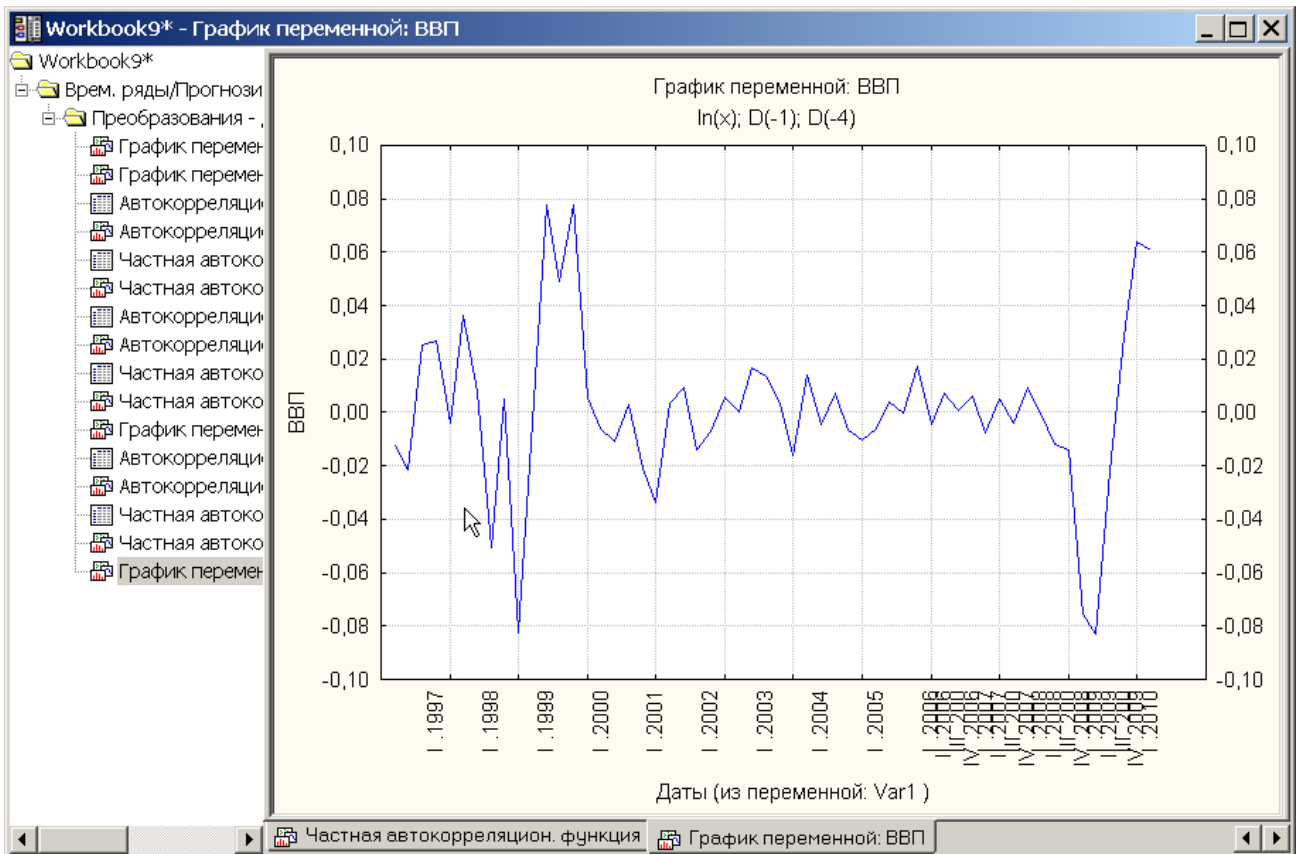
OK (Преобразовать выделенную переменную)

Преобразование

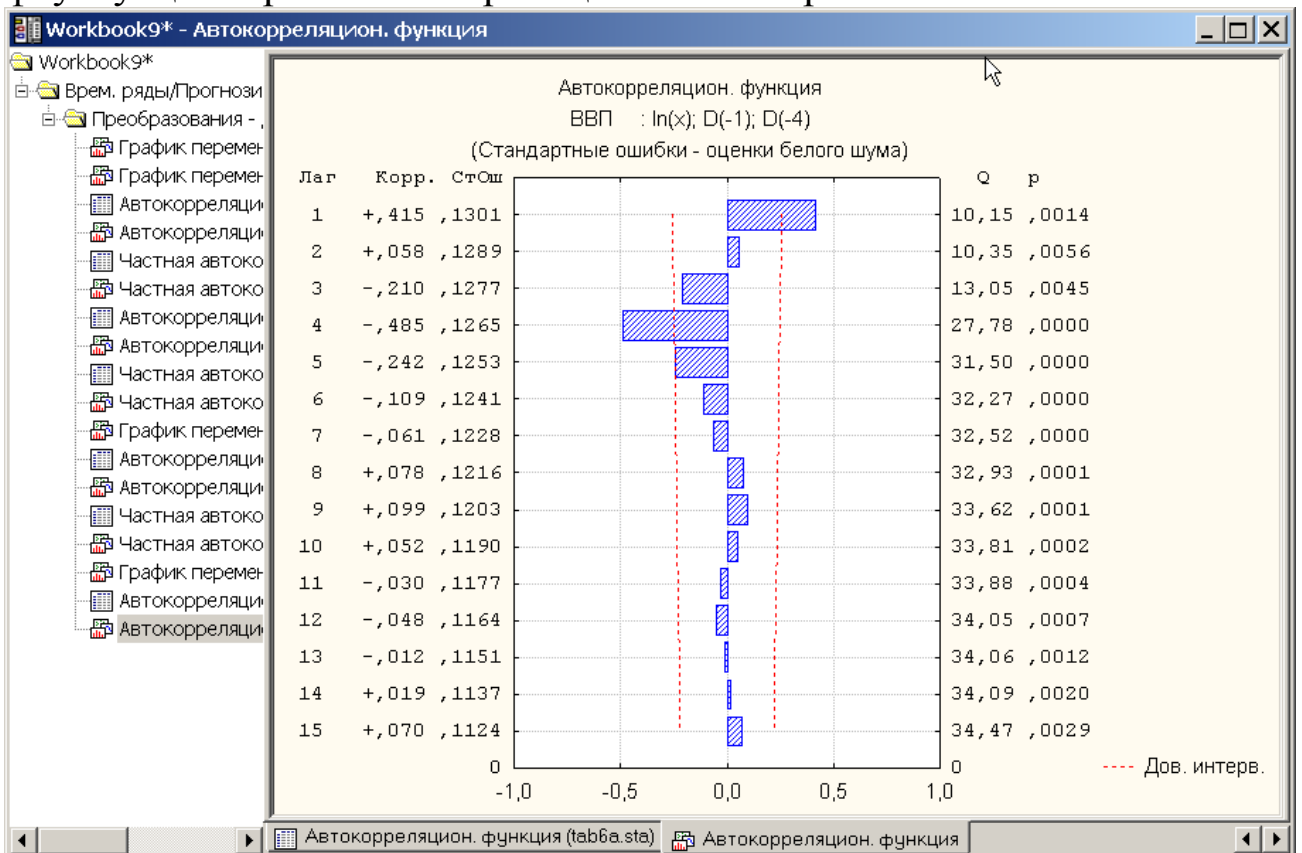
Разность ($x=x(x\text{лаг})$) лаг= 4

Сумма ($x=x(x\text{лаг})$) лаг= 1

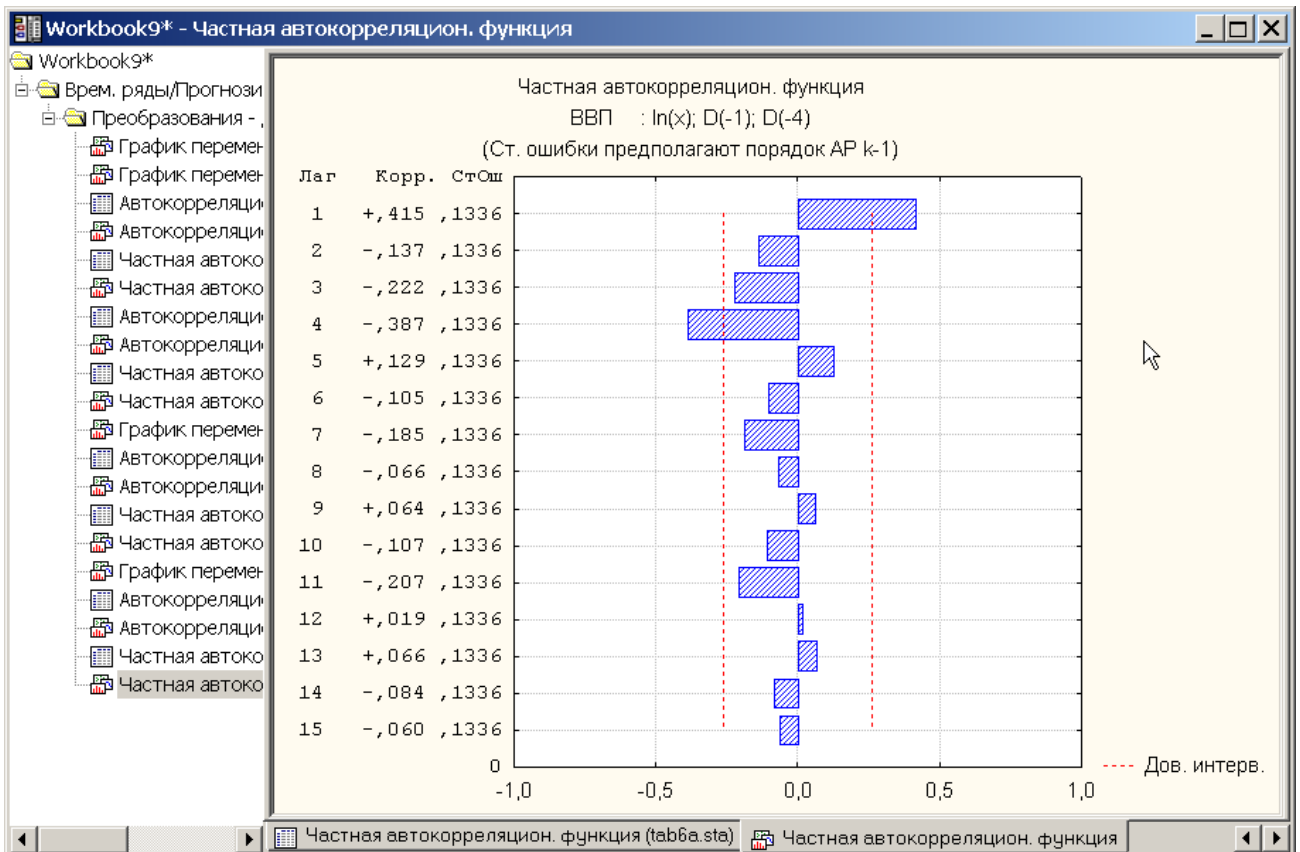
Пер. с начальными наблюдениями NEWVAR



Ряд напоминает «Белый шум», но наблюдаются значительные флуктуации в районе интервенций. Рассмотрим АКФ и ЧАКФ.



АКФ экспоненциально убывает, имея значительный выброс на лаге 4.



ЧАКФ ведёт себя аналогично. Попробуем модель АРСС (1,1,1).

Одномерная АРСС: tab6a.sta

OK (Начать оценивание параметров)

Блок	Переменная	Длинное имя переменной (ряда)
L	NEWVAR	
L	VAR1	
L	ВВП	
L	VAR21	

Число копий на переменную (ряд): 8

Сохранить переменные

Удалить

Быстрый | Дополнительно | Автокорреляции | Прогноз

Параметры модели АРСС

Оценить константу

Сезонный лаг: 4

р - авторегрессии: 1

Р - Сезонных: 1

q - скользящий сред.: 1

Q - Сезонных: 1

Метод оценивания

Приближенный (МакЛеода и Сейлза)

Кол-во итераций назад: 0

Точный (Меларда)

Преобразовать ряд перед анализом

Натур. логарифм

Возвести в степень: 2,0

Разность 1. Лаг: 1

Порядок разности: 1

2. Лаг: 4

Порядок разности: 1

Другие преобразования и графики

Опции оценивания

Максимальное число итераций: 50

Критерий сходимости (требуемая точность): ,00010

Максимальное число итераций назад: 10

Начальные значения

Указываем соответствующие параметры модели. Добавляем взятие натурального логарифма и конечных разностей первого порядка с лагами 1 и 4. Указываем сезонный лаг 4 и модель

сезонных колебаний с одним параметром авторегрессии и одним параметром скользящего среднего (для начала). Смотрим результат.

Переменная: ВВП
 Преобразования: $\ln(x), D(1), D(4)$
 Модель: $(1,1,1)(1,1,1)$ Сезонный лаг: 4
 Число набл.: 56 Начальная SS=,05311 Итоговая SS=,03186 (60,00%) MS=,00061
 Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скользя. средн.); выделение: $p < .05$
 p(1) q(1) Ps(1) Qs(1)
 Оценка: ,26794 -,1091 -,2300 ,37356
 Ст. ошиб.: ,28314 ,27779 ,33456 ,33059

Быстрый | Дополнительно | Просмотр | Распределение остатков | Автокорреляции

Оценки параметров | Печать результатов | Ковариации и корреляции параметров

Прогноз | Прогноз | График ряда и прогнозов

Число наблюдений: 4 | Начать с: 62 | Уровень доверия: ,9

Добавить прогнозы к исходному ряду при выходе

Альфа (выдел.): ,050

Ни один из найденных параметров не выглядит достоверным. Поэкспериментируем с другими значениями.

Переменная: ВВП
 Преобразования: $\ln(x), D(1), D(4)$
 Модель: $(1,1,0)(0,1,1)$ Сезонный лаг: 4
 Число набл.: 56 Начальная SS=,05311 Итоговая SS=,03223 (60,68%) MS=,00060
 Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скользя. средн.); выделение: $p < .05$
 p(1) Qs(1)
 Оценка: ,36136 ,56804
 Ст. ошиб.: ,13105 ,11656

Быстрый | Дополнительно | Просмотр | Распределение остатков | Автокорреляции

Оценки параметров | Печать результатов | Ковариации и корреляции параметров

Прогноз | Прогноз | График ряда и прогнозов

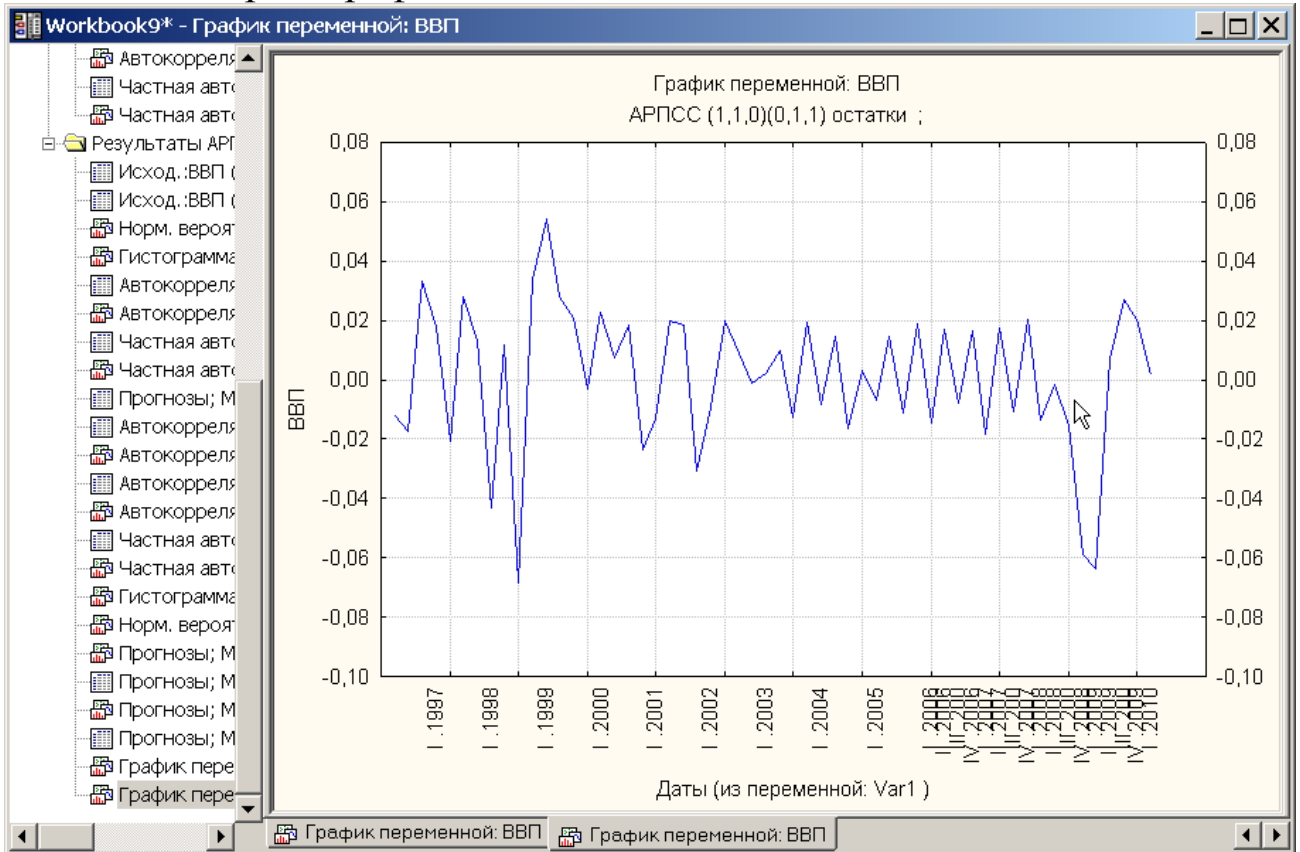
Число наблюдений: 4 | Начать с: 62 | Уровень доверия: ,9

Добавить прогнозы к исходному ряду при выходе

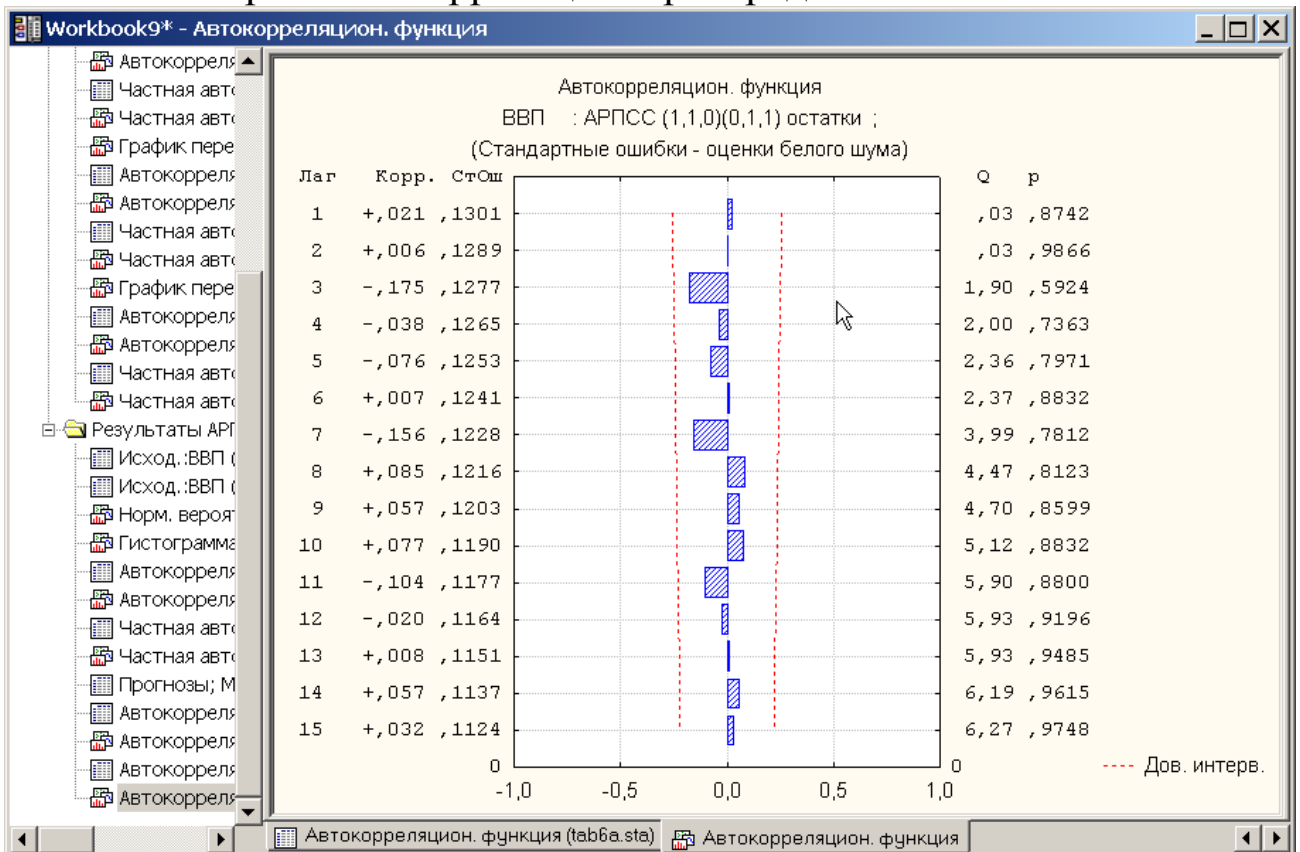
Альфа (выдел.): ,050

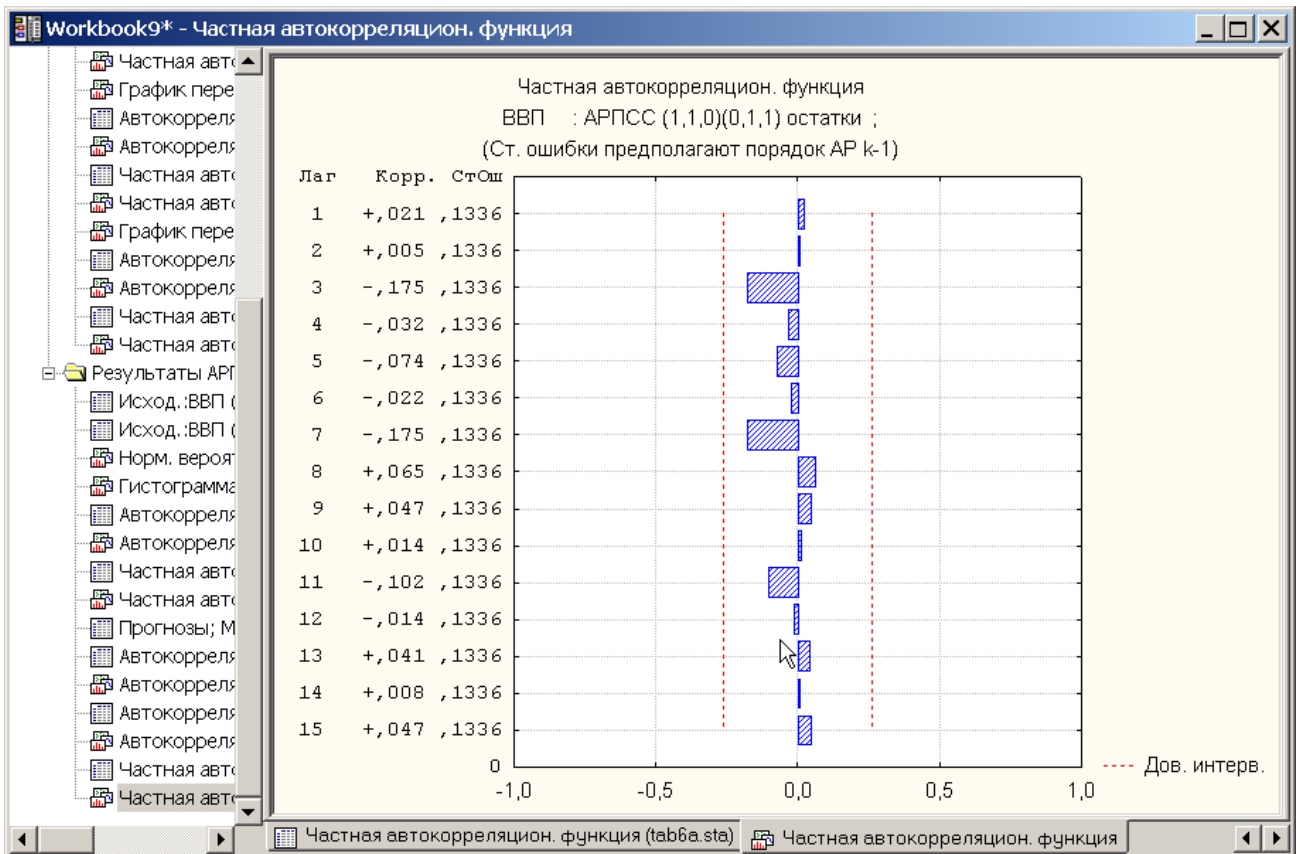
Модель с достоверными параметрами: АРПСС(1,1,0)(0,1,1) – один параметр авторегрессии для временного ряда и один параметр скользящего среднего для сезонной составляющей.

Рассмотрим график остатков

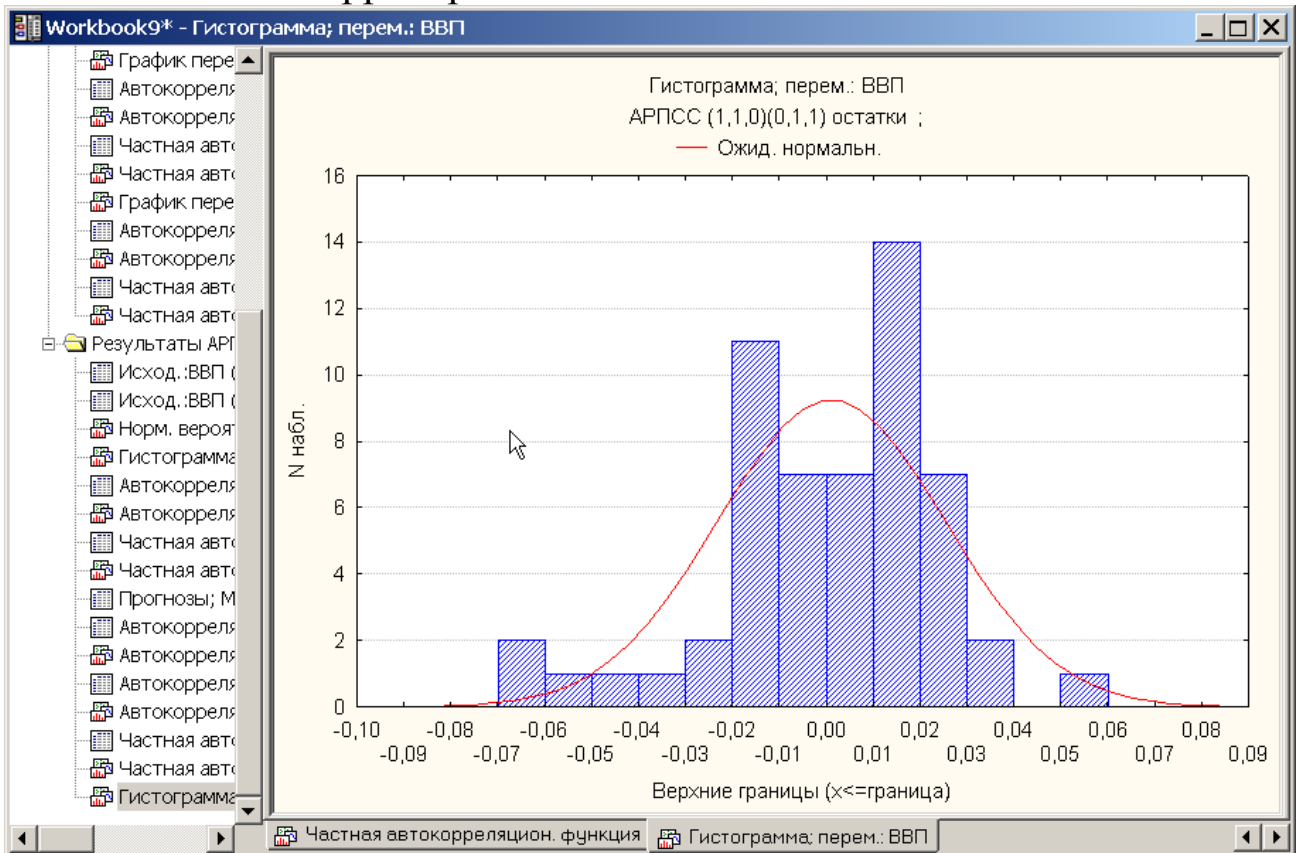


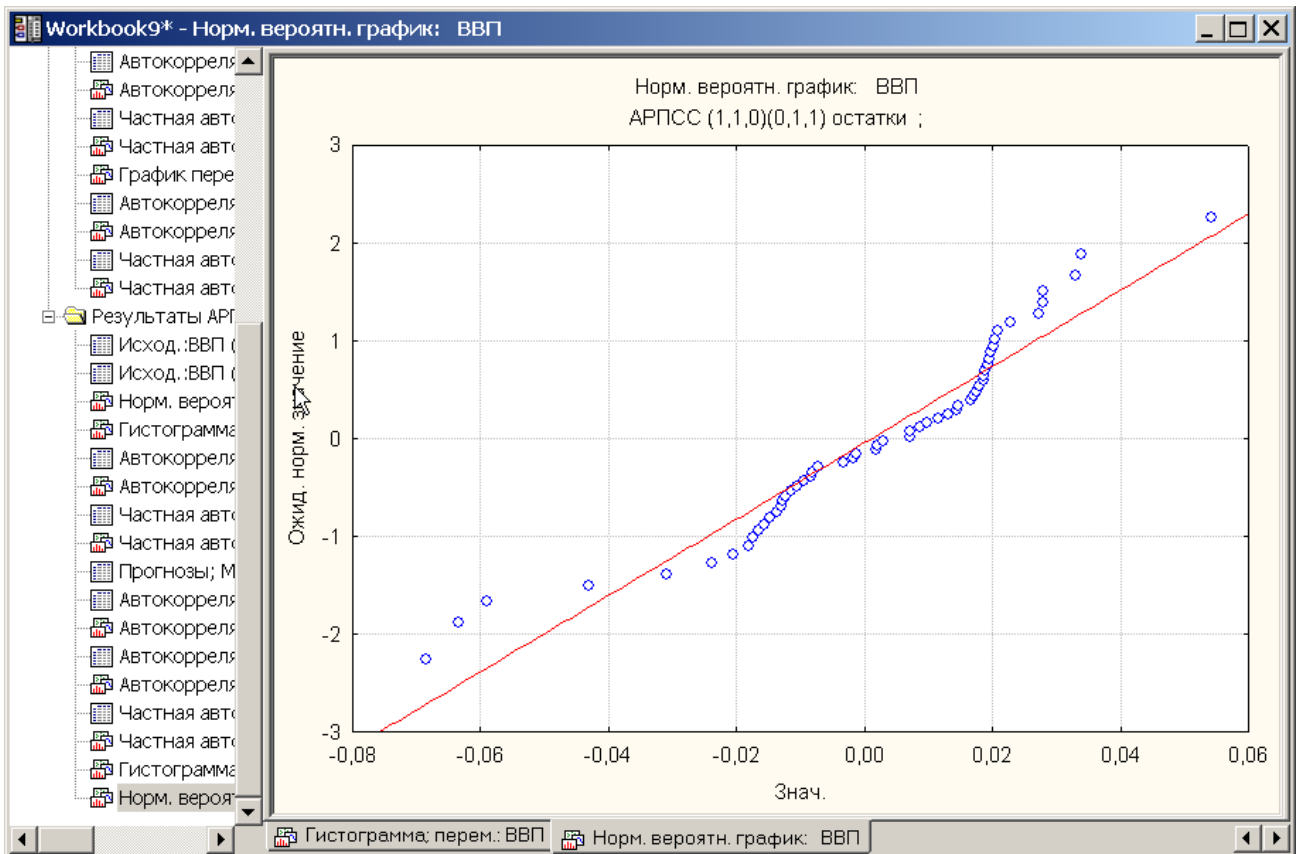
Наблюдаются заметный флуктуации в районе интервенций.
Рассмотрим автокорреляции и распределение остатков.





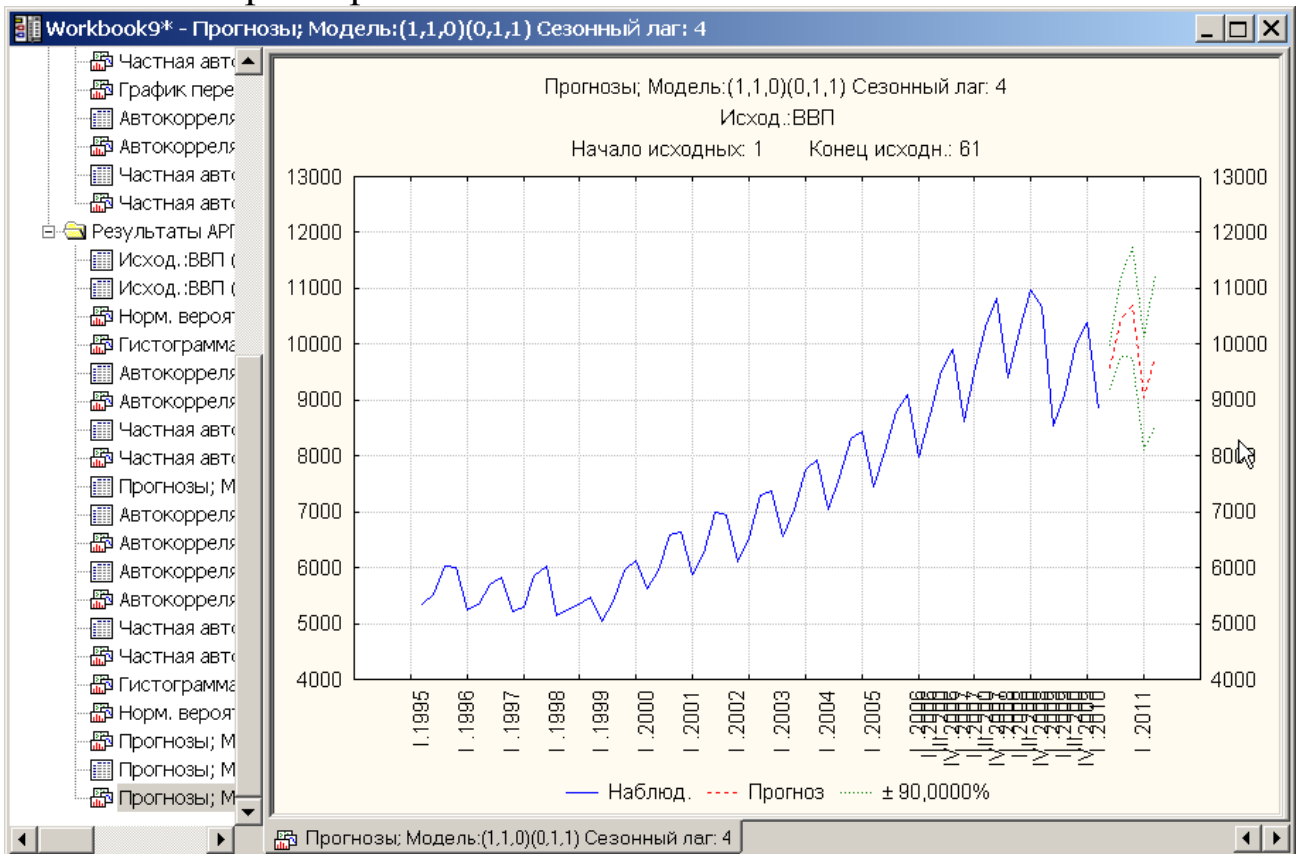
Остатки некоррелированы.

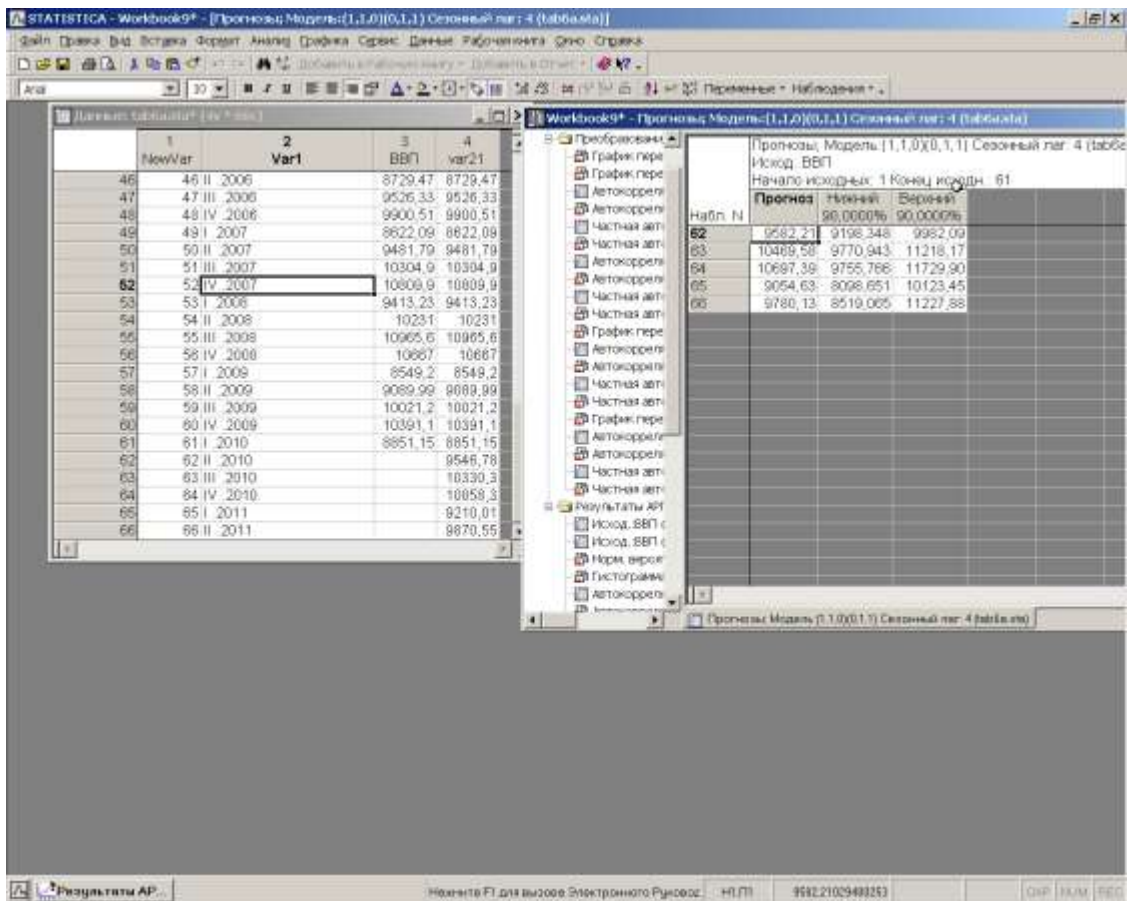




С известной натяжкой распределение остатков можно считать нормальным.

Рассмотрим прогноз.



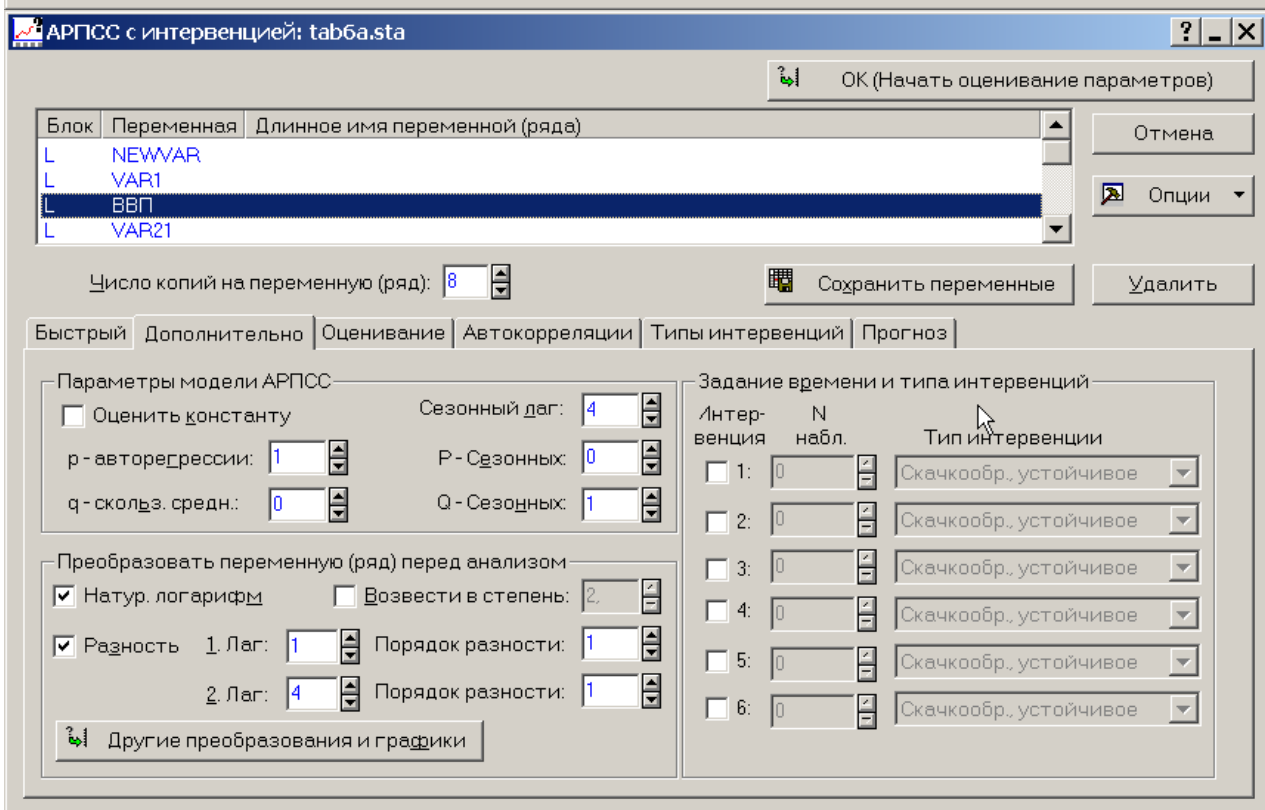
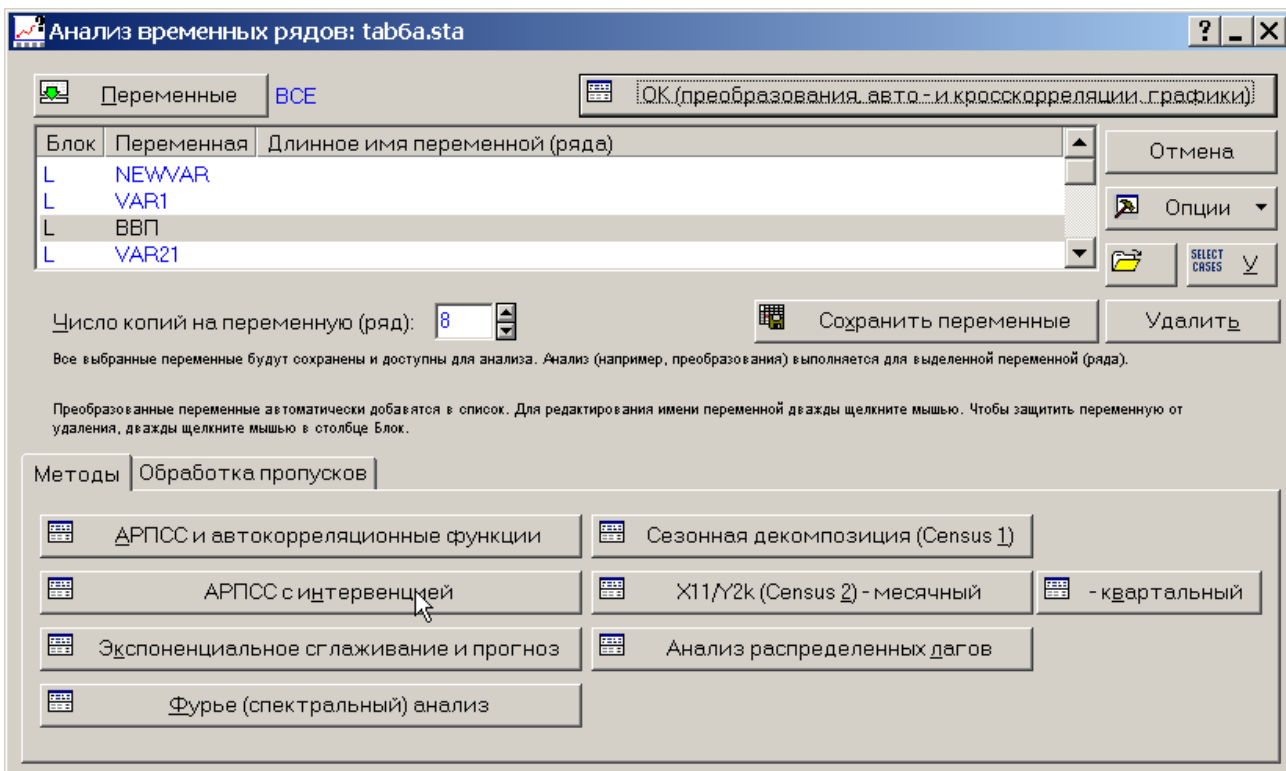


Прогноз на 5 ближайших значений укладывается в 90% доверительный интервал.

Пример анализа прерванного временного ряда (ряда с интервенцией).

В процессе анализа ВВП были отмечены три интервенции, но в классической модели АРСС они никак не были учтены.

Statistica позволяет учесть интервенции с помощью инструмента АРСС с интервенцией.



После выбора ряда и параметров АРПСС необходимо указать номер наблюдения и тип интервенции. Доступно три типа интервенции:

1. Скачкообразная устойчивая – когда фактор начал действовать резко и со временем его значение не снижается. Фактически это воздействие означает резкое и устойчивое изменение среднего значения ряда и

характеризуется одним параметром – сдвигом среднего.



2. Скачкообразная временная - когда фактор начал действовать резко и со временем его значимость снижается. Этот тип интервенции характеризуется двумя параметрами: величиной скачка и скоростью спада.



3. Постепенная устойчивая – когда фактор начинает действовать плавно и со временем его значение не снижается. Этот тип интервенции характеризуется двумя параметрами, определяющими скорость роста и сдвиг среднего, к значению которого асимптотически приближается величина фактора.



Первая интервенция наблюдается в 3-м квартале 1998 года (наблюдение №15) и носит скачкообразный устойчивый характер.

Вторая наблюдается в последнем квартале 1998 года –

наблюдение №16 и носит постепенный устойчивый характер.

Третья наблюдается во 4-м квартале 2008 – наблюдение №56 – постепенное устойчивое.

ARPCSS с интервенцией: tabba.sta

OK (Начать оценивание параметров)

Блок	Переменная	Длинное имя переменной (ряда)
L	NEWVAR	
L	VAR1	
L	ВВП	
L	VAR21	

Число копий на переменную (ряд): 8

Сохранить переменные

Удалить

Быстрый | Дополнительно | **Оценивание** | Автокорреляции | Типы интервенций | Прогноз

Параметры модели ARPCSS

Оценить константу

Сезонный лаг: 4

p- авторегрессии: 1 P-Сезонных: 0

q- скольз. средн.: 0 Q-Сезонных: 1

Преобразовать переменную (ряд) перед анализом

Натур. логарифм Возвести в степень: 2

Разность 1. Лаг: 1 Порядок разности: 1

2. Лаг: 4 Порядок разности: 1

Другие преобразования и графики

Задание времени и типа интервенций

Интервенция	N	Тип интервенции
<input checked="" type="checkbox"/> 1:	15	Скачкообр., устойчивое
<input checked="" type="checkbox"/> 2:	16	Постепенное, устойчивое
<input checked="" type="checkbox"/> 3:	56	Постепенное, устойчивое
<input type="checkbox"/> 4:	0	Скачкообр., устойчивое
<input type="checkbox"/> 5:	0	Скачкообр., устойчивое
<input type="checkbox"/> 6:	0	Скачкообр., устойчивое

Результаты анализа прерванных временных рядов: tabba.sta

Переменная: VAR21

Преобразования: $\ln(x), D(1), D(4)$

Модель: (1,1,0)(0,1,1) Сезон.: 4 Интервенции: 3

Число набл.: 61 Начальная SS=,05390 Итоговая SS=,01518 (28,16%) MS=,00028

Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05

р(1)	Qs(1)	Qm(1)	Qm(2)	Del(2)	Qm(3)	Del(3)
Оценка: -,1575	,50142	-,0643	,03010	,98517	-,0858	,51541
Ст. ошиб.: ,15211	,12515	,01518	,00714	,02132	,01380	,09323

Быстрый | Дополнительно | **Просмотр** | Распределение остатков | Автокорреляции

Оценки параметров

Печать результатов

При нажатии Отмена преобразованный ряд и остатки сохраняются

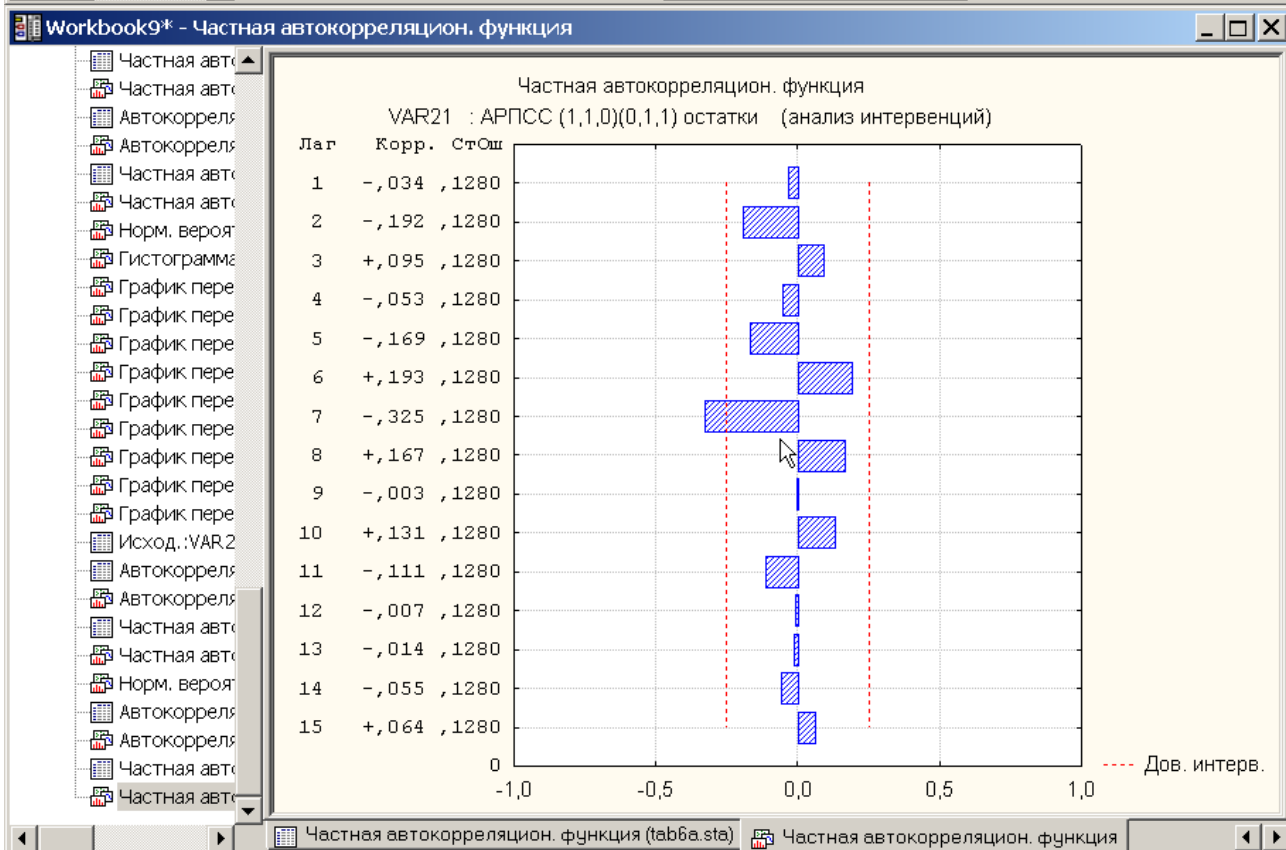
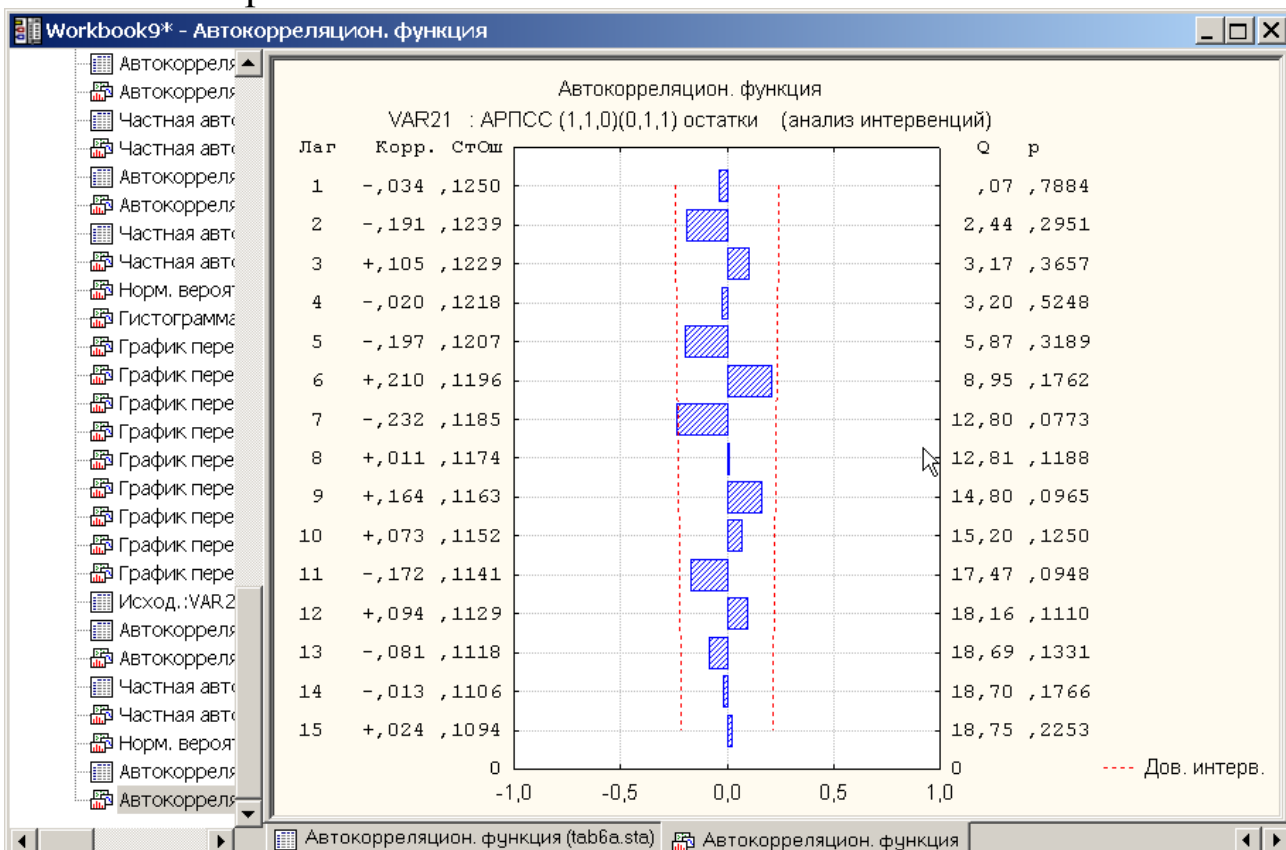
Отмена

Опции

Альфа (выдел.): .050

Параметры интервенций значимы с достоверностью 95%, но с учётом интервенций параметры самой модели перестали быть значимыми.

Рассмотрим АКФ и ЧАКФ.



Они имеют значимые выбросы, что указывает на коррелированность остатков.

Попробуем подобрать параметры модели так, чтобы значения

параметров были достоверны.

АРПСС с интервенцией: tabba.sta

OK (Начать оценивание параметров)

Блок	Переменная	Длинное имя переменной (ряда)
L	NEWVAR	
L	VAR1	
L	ВВП	
L	VAR21	

Число копий на переменную (ряд): 8

Сохранить переменные

Удалить

Быстрый | Дополнительно | **Оценивание** | Автокорреляции | Типы интервенций | Прогноз

Параметры модели АРПСС

Оценить константу

Сезонный лаг: 4

p- авторегрессии: 2 P-Сезонных: 0

q- скользя. средн.: 1 Q-Сезонных: 0

Преобразовать переменную (ряд) перед анализом

Натур. логарифм Возвести в степень: 2

Разность 1. Лаг: 1 Порядок разности: 1

2. Лаг: 4 Порядок разности: 1

Другие преобразования и графики

Задание времени и типа интервенций

Интервенция	N набл.	Тип интервенции
<input checked="" type="checkbox"/> 1:	15	Скачкообр., устойчивое
<input checked="" type="checkbox"/> 2:	16	Постепенное, устойчивое
<input checked="" type="checkbox"/> 3:	56	Постепенное, устойчивое
<input type="checkbox"/> 4:	0	Скачкообр., устойчивое
<input type="checkbox"/> 5:	0	Скачкообр., устойчивое
<input type="checkbox"/> 6:	0	Скачкообр., устойчивое

Результаты анализа прерванных временных рядов: tabba.sta

Переменная: VAR21

Преобразования: $\ln(x), D(1), D(4)$

Модель: $(2,1,1)(0,1,0)$ Интервенция: 3

Число набл.: 61 Начальная SS = 0,5390 Итоговая SS = 0,1513 (28,07%) MS = 0,0029

Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скользя. средн.); выделение: p < 0.05

	p(1)	p(2)	q(1)	Qm(1)	Qm(2)	Del(2)	Qm(3)	Del(3)
Оценка:	-0,8238	-0,5414	-0,5646	-0,0882	0,03840	0,89515	-0,0985	0,44638
Ст. ошиб.:	0,16366	0,13087	0,13948	0,01384	0,00688	0,07418	0,01089	0,06934

Быстрый | Дополнительно | **Просмотр** | Распределение остатков | Автокорреляции

Автокорреляции остатков

Автокорреляции

Стандартные ошибки белого шума

Частные автокорреляции

Число лагов: 15

Альфа (выдел.): 0,050

Достоверной оказалась модель АРПСС(2,1,1)(0,1,0), с тремя интервенциями. Это означает, что временной ряд описывается двумя параметрами авторегрессии и одним параметром скользящего среднего после логарифмирования и взятия конечной разности первого порядка с лагом 1 и конечной разности первого

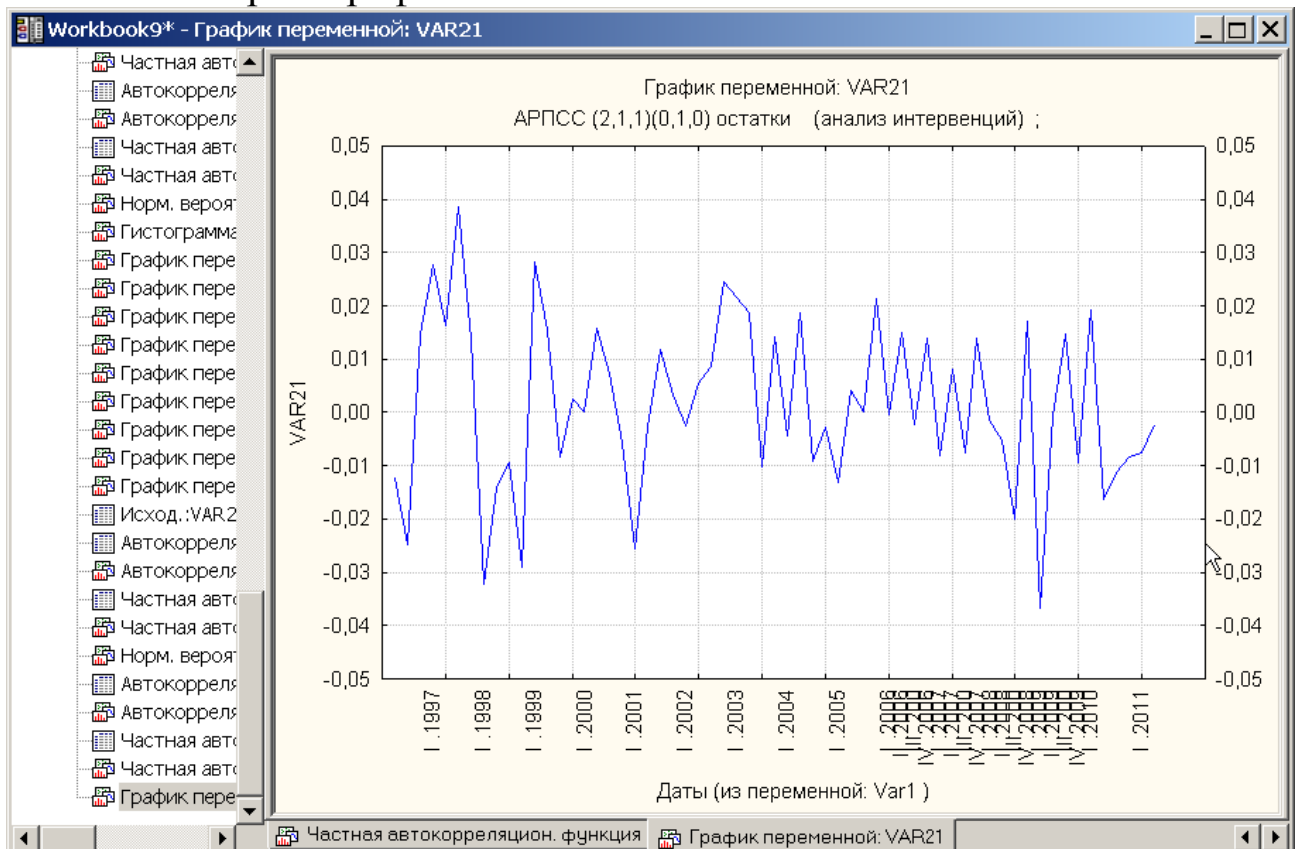
порядка с лагом 4. Сезонная составляющая учитывается только взятием конечной разности.

Workbook9* - Исход.:VAR21 (tab6a.sta)

Исход.: VAR21 (tab6a.sta)
 Преобразования: $\ln(x), D(1), D(4)$ (Прерванная АРПСС)
 Модель: $(2,1,1)(0,1,0)$ MS Остаток: ,00029

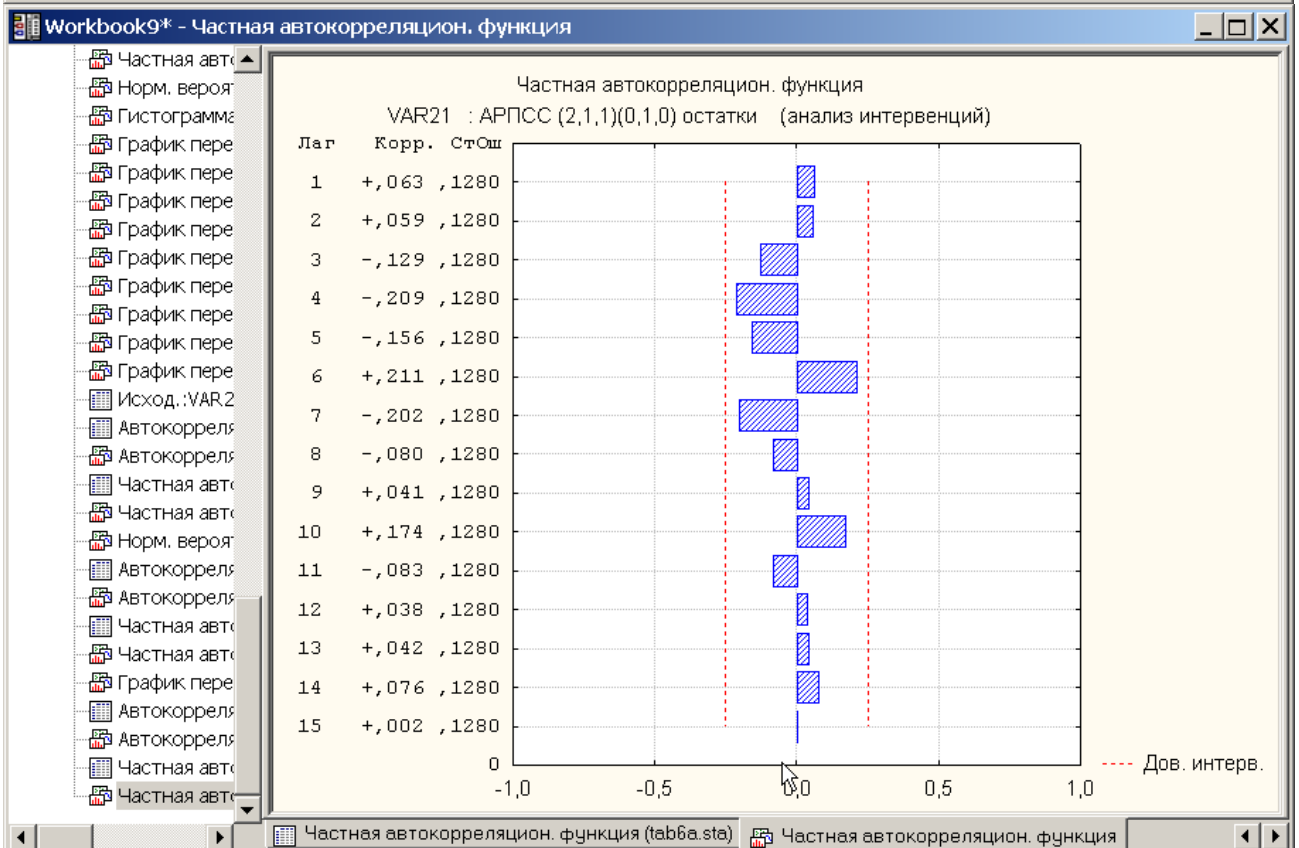
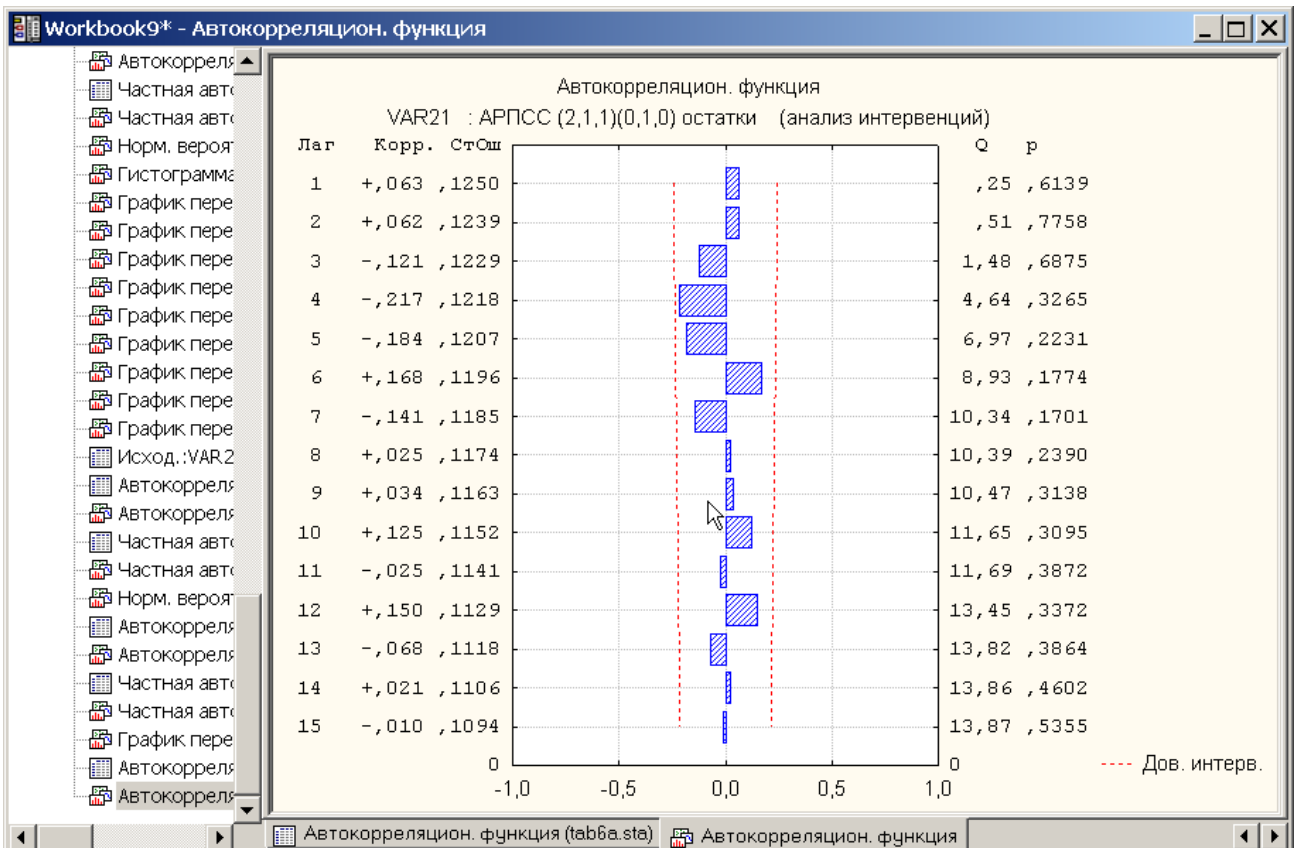
Параметр	Парам.	Асимпт. Ст. ошиб.	Асимпт. t (53)	p	Нижняя 95% дов.	Верхняя 95% дов.	Интерв. Набл. N	Интерв. Тип	Асимпт. Изменить
$\rho(1)$	-0,623776	0,163665	-5,03332	0,000006	-1,15205	-0,495506			
$\rho(2)$	-0,541447	0,130866	-4,13742	0,000126	-0,80393	-0,278963			
$\rho(1)$	-0,564577	0,139482	-4,04768	0,000169	-0,84434	-0,284812			
Омега(1)	-0,088210	0,013837	-6,37493	0,000000	-0,11596	-0,060457	15	ск/уст	
Омега(2)	0,038402	0,006879	5,58220	0,000001	0,02460	0,052201	16	пост/уст	
Дельта2)	0,895154	0,074183	12,06687	0,000000	0,74636	1,043946	16	пост/уст	0,366275
Омега(3)	-0,098491	0,010889	-9,04525	0,000000	-0,12033	-0,076651	56	пост/уст	
Дельта3)	0,446376	0,069344	6,43709	0,000000	0,30729	0,585463	56	пост/уст	-0,177902

Рассмотрим график остатков.



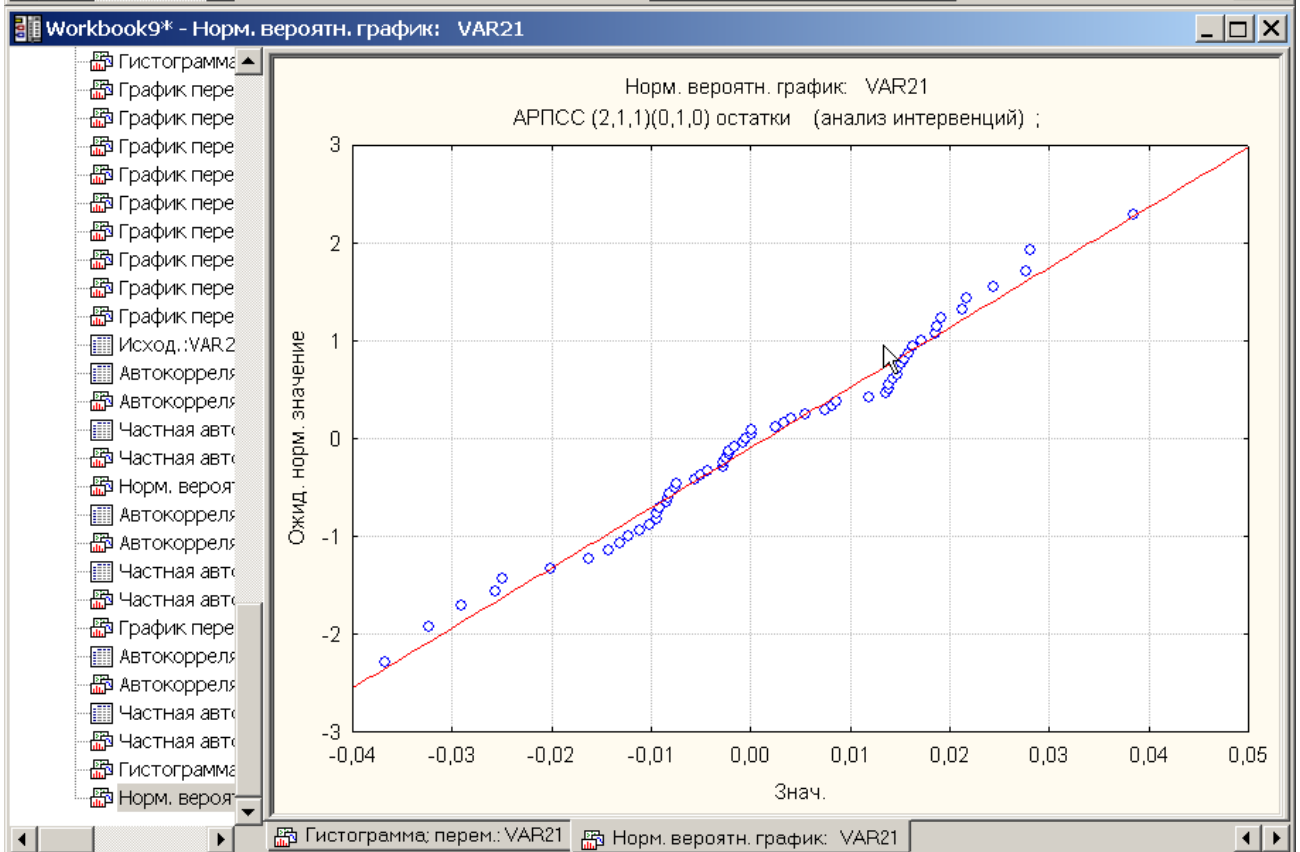
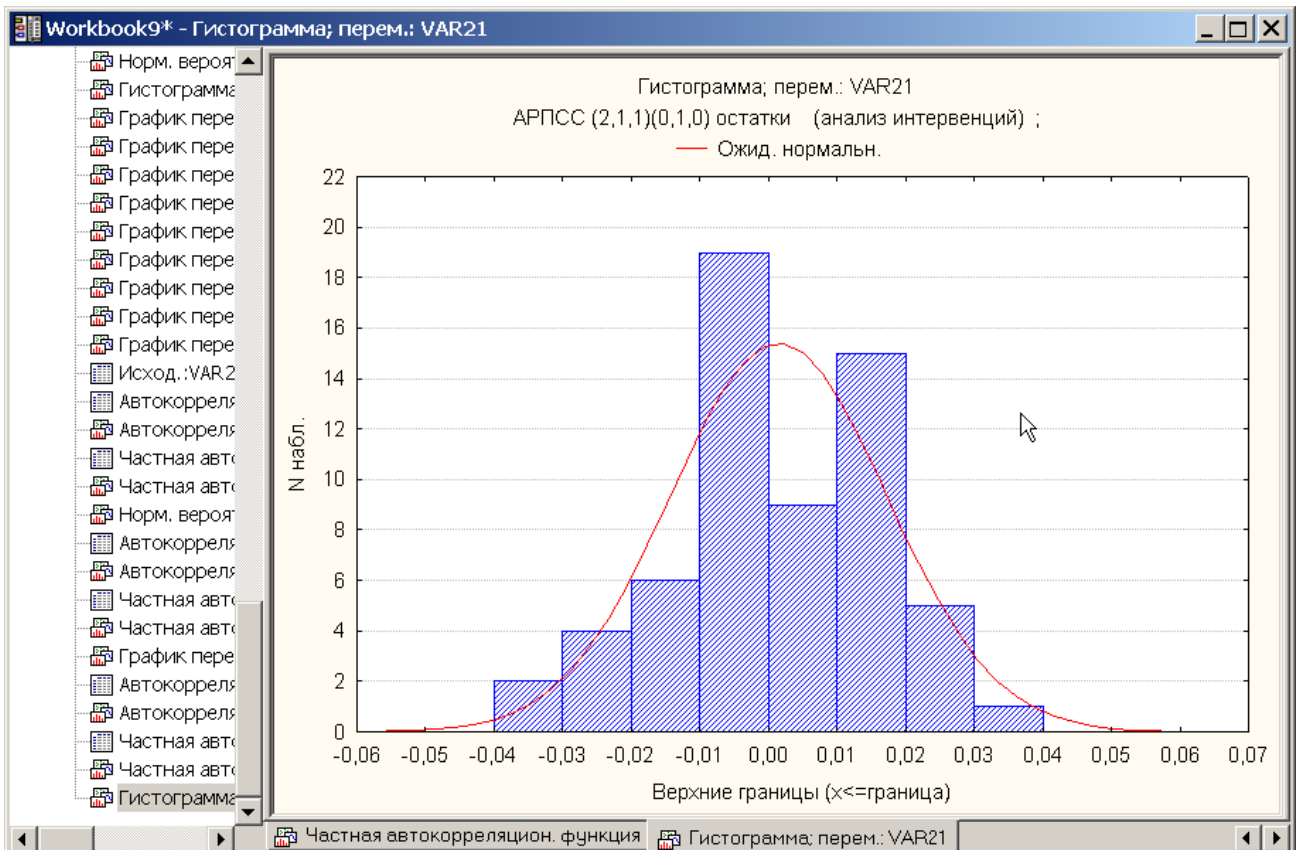
С известной «натяжкой» можно считать, что на всём интервале наблюдения характер ряда остатков существенно не меняется.

Рассмотрим АКФ и ЧАКФ.



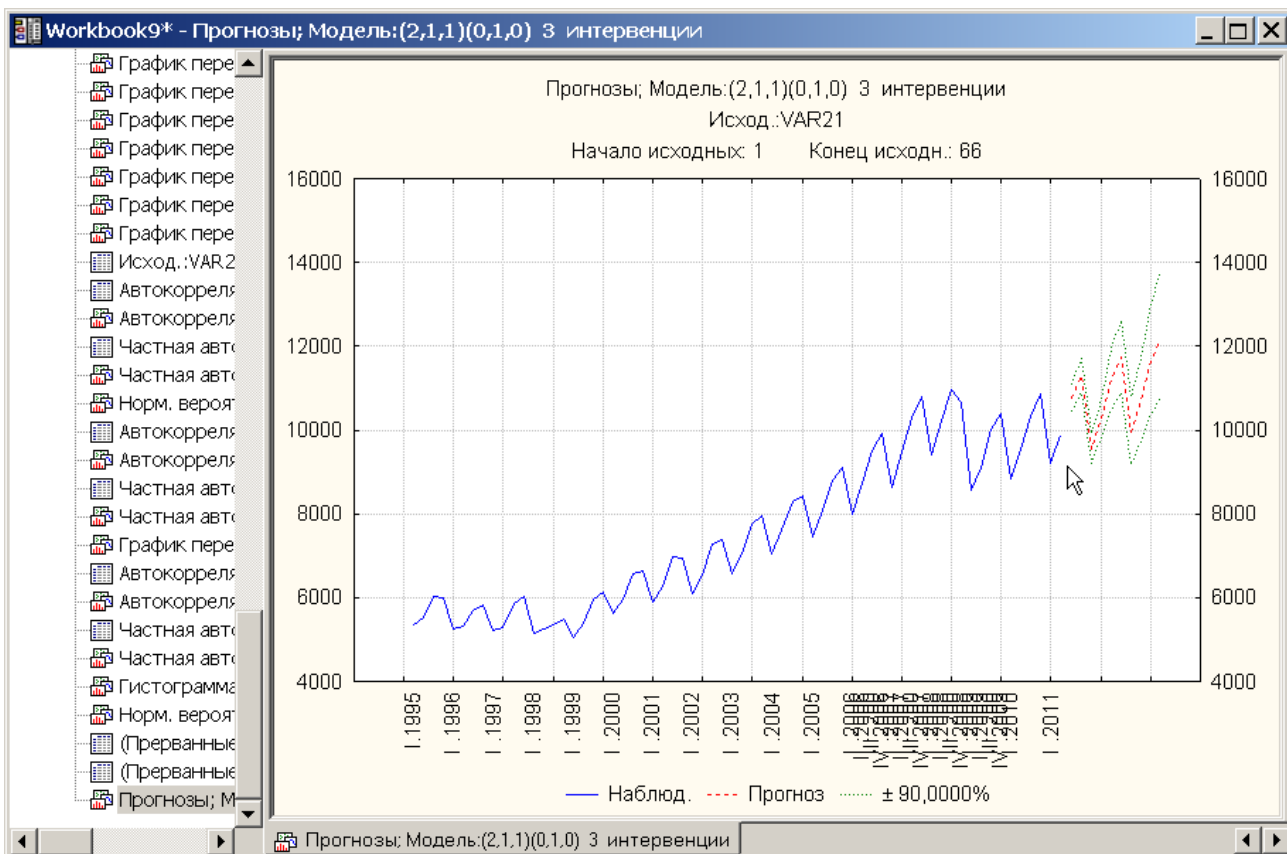
Достоверной коррелированности не наблюдается, ряд остатков можно считать белым шумом.

Рассмотрим распределение остатков.



Распределение остатков существенно не отличается от нормального.

Рассмотрим прогноз.



Workbook9* - Прогнозы; Модель:(2,1,1)(0,1,0) 3 интервенции (tab6a.sta)

Прогнозы; Модель:(2,1,1)(0,1,0) 3 интервенции (tab6a.sta)
Исход.:VAR21
Начало исходных: 1 Конец исходн.: 66

Набл. N	Прогноз	Нижний 90,0000%	Верхний 90,0000%
67	10766,13	10467,05	11076,31
68	11268,70	10899,35	11694,43
69	9555,14	9208,10	9917,16
70	10271,91	9832,58	10732,72
71	11187,65	10492,04	11931,22
72	11724,28	10886,16	12628,69
73	9935,24	9162,63	10774,35
74	10672,68	9743,83	11691,37
75	11623,05	10393,43	12999,44
76	12185,50	10749,49	13814,59

По сравнению с прогнозом, составленным без учёта интервенций, границы доверительного интервала сузились, то есть точность возросла.

Известно, что в III квартале 2011 года ВВП составил 10857, что хорошо соответствует прогнозу. В IV квартале Минэкономразвития официально прогнозирует ВВП на уровне около 11280 :-).

Оценка качества модели

Для сравнительной оценки качества моделей АРСС(p,q) для рядов, приведённых к стационарным, применяются информационный критерий Акаике

$$AIC(p,q) = \ln(SS) + 2(p+q)$$

и информационный критерий Шварца

$$SIC(p,q) = \ln(SS) + 2(p+q) \ln(N)$$

где N- количество наблюдений, SS — сумма квадратов остатков, p,q — параметры модели.

Наилучшей считается модель с минимальным значением критерия.

Если значения показателей качества моделей близки, можно выбрать портфель моделей. В качестве меры близости можно использовать $R = \frac{AIC(p_1, q_1) - AIC(p_2, q_2)}{AIC(p_1, q_1)}$, где $AIC(p_1, q_1)$ - значение АИС для наилучшей модели, и включать в портфель модели, для которых $R < \sqrt{IC}$.

В качестве примера проанализируем первую конечную разность курса доллара с 20.06.05 по 6.10.11. В Statistica подберём модели АРСС для $q < 3, p < 3$.

```

Переменная: ДОЛЛАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (0,1,1)
Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,712 (98,50%) MS=,03002
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
q(1)
Оценка: -,1210
Ст. ошиб.: ,02476
    
```

I



```

Переменная: ДОЛЛАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (0,1,2)
Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,695 (98,47%) MS=,03003
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
q(1) q(2)
Оценка: -,1226 -,0190
Ст. ошиб.: ,02534 ,02526
    
```

I



```

Переменная: ДОЛЛАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (0,1,3)
Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,682 (98,44%) MS=,03004
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
q(1) q(2) q(3)
Оценка: -,1227 -,0197 -,0168
Ст. ошиб.: ,02540 ,02535 ,02537
    
```



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (1,1,0)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,693 (98,46%) MS=,03001
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1)
Оценка: ,12399
Ст.ошиб.: ,02517



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (1,1,1)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,689 (98,45%) MS=,03002
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) q(1)
Оценка: ,21627 ,09389
Ст.ошиб.: ,24423 ,24972



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (1,1,2)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,385 (97,81%) MS=,02985
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) q(1) q(2)
Оценка: ,95768 ,84035 ,08487
Ст.ошиб.: ,02437 ,03543 ,02646



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (1,1,3)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,375 (97,79%) MS=,02986
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) q(1) q(2) q(3)
Оценка: ,95510 ,83947 ,09659 -,0153
Ст.ошиб.: ,02527 ,03565 ,03319 ,02665



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (2,1,0)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,690 (98,46%) MS=,03003
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) p(2)
Оценка: ,12299 ,00813
Ст.ошиб.: ,02538 ,02536



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (2,1,1)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,398 (97,84%) MS=,02986
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) p(2) q(1)
Оценка: 1,0471 -,0851 ,93287
Ст.ошиб.: ,03957 ,02698 ,03030



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (2,1,2)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,377 (97,80%) MS=,02986
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) p(2) q(1) q(2)
Оценка: ,81810 ,13184 ,70181 ,20979
Ст.ошиб.: ,26575 ,25153 ,26187 ,23732



Переменная: ДОЛПАРС
Преобразования: D(1)
Модель: (2,1,3)
Число набл.:1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,366 (97,77%) MS=,02987
Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
p(1) p(2) q(1) q(2) q(3)
Оценка: ,14870 ,77287 ,03204 ,77275 ,05667
Ст.ошиб.: ,24732 ,23681 ,24923 ,20256 ,03881



Переменная: ДОЛПАРС
 Преобразования: D(1)
 Модель: (3,1,0)
 Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,677 (98,43%) MS=,03004
 Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
 p(1) p(2) p(3)
 Оценка: ,12284 ,00603 ,01709
 Ст. ошиб.: ,02538 ,02564 ,02540



Переменная: ДОЛПАРС
 Преобразования: D(1)
 Модель: (3,1,1)
 Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,370 (97,78%) MS=,02986
 Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
 p(1) p(2) p(3) q(1)
 Оценка: 1,0405 -,1088 ,02546 ,92427
 Ст. ошиб.: ,04120 ,03665 ,02630 ,03297



Переменная: ДОЛПАРС
 Преобразования: D(1)
 Модель: (3,1,2)
 Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,369 (97,78%) MS=,02988
 Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
 p(1) p(2) p(3) q(1) q(2)
 Оценка: ,24021 ,74114 -,0528 ,12426 ,74953
 Ст. ошиб.: ,24118 ,25886 ,03925 ,23928 ,22371



Переменная: ДОЛПАРС
 Преобразования: D(1)
 Модель: (3,1,3)
 Число набл.: 1557 Начальная SS=47,422 Итоговая SS=46,365 (97,77%) MS=,02989
 Параметры (p/Ps-авторегрессии, q/Qs-скольз. средн.); выделение: p<.05
 p(1) p(2) p(3) q(1) q(2) q(3)
 Оценка: ,10565 ,78447 ,02776 -,0108 ,78068 ,08509
 Ст. ошиб.: ,51760 ,26396 ,28594 ,51653 ,21603 ,29625



Вычислим значения информационных критериев для всех вариантов и сформируем портфели моделей:

p	q	SS	AIC	BIC	Наилучшие	R(AIC)	R(BIC)
0	0	47,422	3,859086	3,859086		1487686	4382
0	1	46,712	3,845286	3,848722		32,10242	1,372615
0	2	46,695	3,846206	3,853079		65,7302	40,79677
0	3	46,682	3,847212	3,857521		143,853	1296,073
1	0	46,693	3,844879	3,848315	BIC	23,38778	1
1	1	46,689	3,846078	3,85295		59,47285	36,91302
1	2	46,385	3,84083	3,851139	AIC	1	9,009706
1	3	46,375	3,841899	3,855644		2,298249	300,5782
2	0	46,69	3,846099	3,852972		60,47282	37,53367
2	1	46,398	3,84111	3,851419		1,243779	11,20608
2	2	46,377	3,841942	3,855687		2,376719	310,841
2	3	46,366	3,842989	3,860171		5,371189	10197,19
3	0	46,677	3,847105	3,857414		132,344	1192,38
3	1	46,37	3,841791	3,855536		2,113209	276,3776
3	2	46,369	3,843054	3,860236		5,648661	10723,98
3	3	46,365	3,844252	3,864871		14,3573	395669,9
N=	1557		3,84083	3,848315		3,162278	

Портфель по критерию AIC включает в себя 5 моделей: {АРСС(1,2), АРСС(1,3), АРСС(2,1), АРСС(2,2), АРСС(3,1)}, по критерию BIC – 2: {АРСС(0,1), АРСС(1,0)}, причём портфели не пересекаются. Остальные модели вообще не имеет смысла рассматривать. Из портфеля можно исключить модели, для

которых значения параметров определены недостаточно достоверно. Это модели портфеля АИС АРСС(1,3), АРСС(2,2), АРСС(3,1). В портфеле по АИС остаётся две модели: {АРСС(1,2) и АРСС(2,1)}.

Относительно каждой модели, входящей в портфель, необходимо сделать выводы о её адекватности. Адекватность модели определяется показателями остатков: они должны быть некоррелированы, и это означает, что систематическая составляющая хорошо отражается моделью, и они должны быть нормально распределены, это означает, что все параметры модели рассчитаны корректно и степень их достоверности определена правильно.

В Statistica некоррелированность остатков определяется по АКФ и ЧАКФ на коррелограммах. Статистика также рассчитывает портмано-статистику — критерий Бокса-Льюнга. Этот критерий плохо работает для рядов АР.

В данном случае для модели АРСС(1,0) Статистика Бокса-Льюнга показывает, что мы не можем принять гипотезу о некоррелированности остатков.

Для проверки гипотезы о нормальности распределения берём ряд остатков и сравниваем его закон распределения с нормальным с помощью критерия Пирсона, критерия Колмогорова, критерия Харке-Берра или какого-либо ещё.

STATISTICA - [Workbook1* - Просмотр переменных: USD (Валюты)]

Файл Правка Вид Вставка Формат Анализ Графика Сервис Данные Рабочая книга Окно Справка

Добавить в Рабочую книгу Добавить в Отчет

Arial 10 B I U

Просмотр переменных: USD (Валюты)
АРПСС (1,1,0) остатки :

Наб.	Знач.
2	0.091800
3	-0.020983
4	0.066690
5	0.036678
6	-0.104955
7	0.030325
8	0.081068
9	-0.045129
10	0.044915
11	-0.005034
12	0.158000
13	-0.031991
14	0.004538
15	0.012128
16	-0.120650
17	-0.108732
18	-0.005687
19	0.097104
20	0.055145

Автом. Часть. Прос. Результаты

Автомкорреляцион. функция Просмотр переменных: USD (Валюты) Просмотр переменных: USD (Валюты)

Нажмиг Н1,П1 9,180000000000E-02 CAP NUM REC

В Statistica проверку нормальности можно выполнить, выбрав меню Анализ-Основные статистики и таблицы-Описательные статистики-Нормальность, указать там количество значений, критерии проверки

Описательные статистики: Таблица данных14

Переменные: Var1

Быстрый | Дополнительно | **Нормальность** | Диаграммы | Categ. графики | Опции

Распределение

Таблицы частот Гистограммы

Группировка

Число интервалов: 1557 Целые интервалы (категории)

Ожидаемые нормальные частоты

Критерий нормальности Колм.-Смирнова и Лиллиефорса

Критерий Шапиро-Уилка

Для выполнения подгонки к другим распределениям воспользуйтесь модулем Непараметрическая ст-ка, Анализ процессов или вероятностными графиками. Для подгонки распределений к цензурированным данным используйте модуль Анализ выживаемости.

Ствол и листья

Диаграмма ствол и листья Сжатые графики

Удаление ПД

Построчное Парное

Опции

Взвеш. момент

Ст. свободы В-1 N-1

SELECT CASES

Отмена

Выбрать Таблицы частот и получить результаты:

Таблица частот: Var1 (Таблица данных14)
 К-С d= 14003, p<.01 ;Лиллиефорса p<.01
 Шапиро-Уилка W= 82675, p=0.0000

Группа	Частота	Кумул. частота	Процент допуст.	Кумул. % допуст.	% всех наблюд.	Кумул. % от всех
-1,24500<x<=-1,24000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,24000<x<=-1,23500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,23500<x<=-1,23000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,23000<x<=-1,22500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,22500<x<=-1,22000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,22000<x<=-1,21500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,21500<x<=-1,21000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,21000<x<=-1,20500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,20500<x<=-1,20000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,20000<x<=-1,19500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,19500<x<=-1,19000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,19000<x<=-1,18500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,18500<x<=-1,18000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,18000<x<=-1,17500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,17500<x<=-1,17000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,17000<x<=-1,16500	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000
-1,16500<x<=-1,16000	0	0	0,000000	0,0000	0,000000	0,0000

Критерий Колмогорова-Смирнова с поправкой Лиллиефорса показывает нормальность распределения ($P < 0,1$).

Критерий Шапиро-Уилка W также показывает, что распределение величин остатков можно считать нормальным.

Библиографический список

1. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов: лекционные и методические материалы. //Экономический журнал ВШЭ. 2002. №1-4, 2003. №1.
2. Валентинов В. А. Эконометрика [Текст] : практикум. - 2-е изд. - М. : Дашков и К, 2009. - 436 с.
3. Кремер Н. Ш. Эконометрика [Текст] : учебник / под ред. Н. Ш. Кремера. - 2-е изд., стер. - М. : ЮНИТИ, 2008. - 311 с.
4. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. М.:ЮНИТИ-ЛАНА 2004.
5. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.:Мир 1976.