

Санкт-Петербургский государственный университет
Факультет прикладной математики - процессов управления
Кафедра высшей математики

Федорова
Елена
Константиновна

Моделирование и краткосрочное
прогнозирование курсов валют

Заведующий кафедрой,
д.ф.-м.н., профессор

Камачкин А.М.

Научный руководитель,
к.ф.-м.н., доцент

Евстафьева В.В.

Рецензент,
д.ф.-м.н., профессор

Прасолов А.В.

Санкт-Петербург
2008

Оглавление

Введение	3
Глава 1 Построение моделей для курса доллара	6
1.1 Подбор трендовой модели	6
1.2 Адаптивные модели	14
1.2.1 Модель $AR(p)$	14
1.2.2 Модель $ARPCSS(p, d, q)$	17
1.3 Сравнение моделей и построение прогноза	22
Глава 2 Построение моделей для курса евро	25
2.1 Трендовая модель	26
2.2 Идентификация модели $ARPCSS(p, d, q)$	30
2.3 Выбор лучшей прогнозирующей модели	31
Заключение	34
Приложения	35
Приложение 1 Исходные данные	35
Приложение 2 Код программы <code>H&LSeries.exe</code>	37
Приложение 3 Модели для курса доллара	39
Приложение 4 Модели для курса евро	40
Приложение 5 Список терминов	41
Список литературы	42
Предметный указатель	43

Введение

Данная работа посвящена анализу и моделированию динамики курсов доллара и евро по отношению к рублю. Эта задача представляет огромный интерес и актуальна для российской экономики и России в целом. Тесные экономические и культурные связи, существующие между Россией, Америкой и Европой, дают основание предположить, что «укрепление» курса европейской валюты и резкое падение курса доллара могут иметь достаточно ощутимые последствия для нашей страны [1].

Начиная с 2002 года и по настоящее время евро играет все большую роль на валютном рынке: «инвесторы уходят от доллара», увеличивая оборот и спрос на евро [2], что оказывает давление на курс американской валюты, а также евро становится одной из ведущих валют, используемых в международной торговле [3].

Все популярнее евро и как резервная валюта стран. Например, Центробанк Объединенных Арабских Эмиратов переводит до 10% своих резервов из долларов в евро, а средства Стабилизационного фонда Российской Федерации размещаются согласно следующей валютной структуре: доллар и евро – по 45%, фунт – 10% [4].

В настоящее время большое число экономических исследований проводится с помощью методов корреляционного и регрессионного анализа [5-7], которые используются и для решения поставленной задачи. Существует много книг и учебных пособий по математической статистике и эконометрике, в которых как в теории, так и на примерах описаны основные эконометрические и статистические методы. Центральной проблемой эконометрики является построение моделей, описывающих реальные экономические процессы, и их дальнейшее использование для построения прогноза. Одной из основных проблем, возникающих в подобных исследованиях, является то, что модели оказываются неэффективными для долгосрочного прогноза.

Целью работы является проведение анализа рядов, составленных по ежедневным данным ЦБРФ о курсах доллара и евро по отношению к рублю за период с 01 февраля по 07 декабря 2006 года. Исходные данные представлены в приложении 1. По этим данным требуется построить модели, адекватно описывающие динамику рядов, рассчитать точечные и интервальные прогнозы на несколько рабочих дней, оценить точность построенных моделей, сравнивая прогнозные и фактические значения.

В первой и второй главах проведен анализ рядов, построены их математические модели. Для этого использованы модель АРПСС (авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего) [5], авторегрессионная модель [6], а также подобран полиномиальный тренд. Здесь же проверена значимость коэффициентов регрессионных моделей с помощью критерия Стьюдента [8], полученные модели исследованы на адекватность и точность, а также проведена проверка предпосылок регрессионного анализа. Существует множество методов, критериев и тестов для проверки предпосылок, в данной работе используются ранговый коэффициент корреляции Спирмена для проверки наличия гетероскедастичности в остатках [6], тест Дарбина-Уотсона и h -критерий Дарбина на наличие автокорреляции [9], а также критерий «восходящих и нисходящих» серий для проверки случайности выборки остатков [8]. Для облегчения вычислений, последний критерий реализован в среде Borland C++Builder 6, код программы представлен в приложении 2.

Построение моделей проводится в программах STATISTICA 6.0 (модель АРПСС) и Microsoft Excel (авторегрессия, полиномиальная модель, а также тесты и проверка по критериям). Описательные статистики, полученные в ходе построения моделей, представлены в приложениях 3 и 4.

В конце приведен список литературы, использованной для изучения рассматриваемых методов, а также предметный указатель, который поможет ориентироваться в работе.

Результаты дипломной работы докладывались на XXXIX Международной научной конференции аспирантов и студентов «Процессы управления и устойчивость», СПбГУ, ПМ-ПУ, 2008 и опубликованы в [11].

Глава 1 Построение моделей для курса доллара

В первую очередь приведем график исходных данных, он имеет вид:

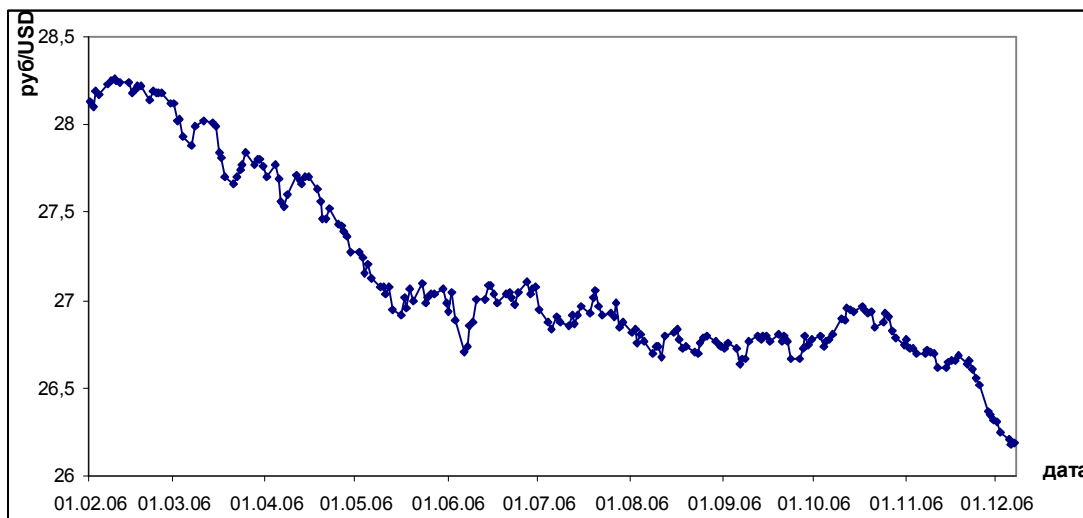


Рис. 1. График исходных данных для курса доллара.

Рассматриваемый ряд характеризуется убывающей тенденцией, содержащей большое количество скачков, что свойственно курсам валют.

Начнем с подбора тренда для данного ряда.

1.1 Подбор трендовой модели

При добавлении линий тренда к графику исходных данных видно (см. рис. 2.), что линейный тренд и полиномиальный тренд четвертой степени наиболее точно соответствуют тенденции исследуемого ряда.

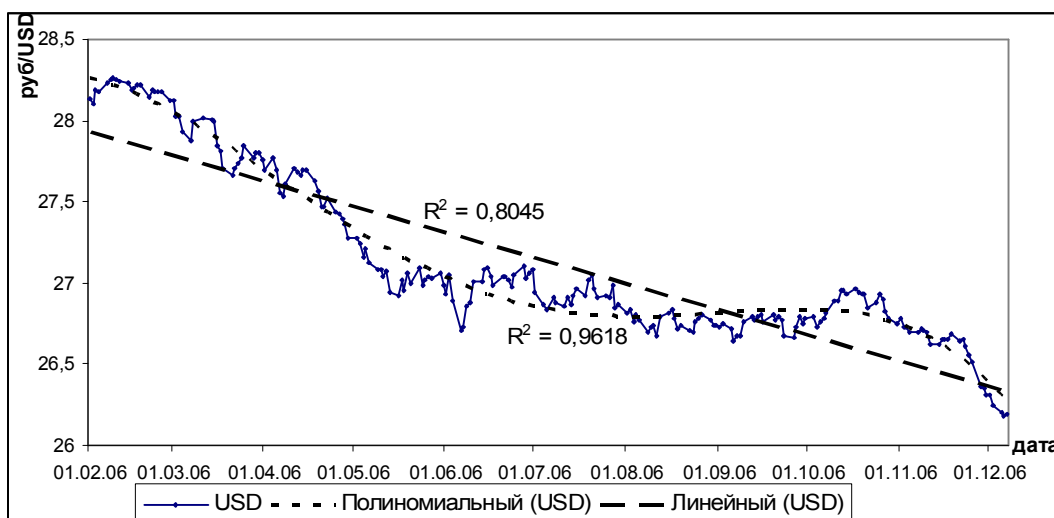


Рис. 2. График линейной и полиномиальной моделей для курса доллара.

Используем критерий Стьюдента для проверки значимости коэффициентов моделей.

Критерий Стьюдента: Если для коэффициента a_i выполняется неравенство $|t_{a_i}| > t_{табл}$, то гипотеза о незначимости коэффициента a_i отвергается, т.е. коэффициент значим, $i = \overline{0, k}$, где k - количество регрессоров.

Определяется фактическое значение t -критерия Стьюдента $t_{a_i} = \frac{a_i}{S_{a_i}}$, которое затем сравнивается с табличным значением при заданном уровне значимости λ , в ходе исследования будем рассматривать $\lambda = 0,05$, и числе степеней свободы $n - k - 1$ (n - длина выборки, k - порядок регрессии).

$$S_{a_0} = \sqrt{\frac{S^2 \sum t^2}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}}, \quad S_{a_1} = \sqrt{\frac{n S^2}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}},$$

где $S^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n - k - 1}$ - остаточная дисперсия, t - фактор времени.

Для обеих моделей все коэффициенты регрессии значимы (см. приложение 3) и модели имеют вид:

линейная регрессия

$$\hat{Y}_t = 27,9331 - 0,00735 \cdot t, \quad (1)$$

полиномиальный тренд 4-го порядка

$$\hat{Y}_t = 28,286 - 0,0068 \cdot t - 0,0003 \cdot t^2 - 2,91 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 - 7,5439 \cdot 10^{-9} \cdot t^4. \quad (2)$$

Коэффициенты детерминации для моделей (1) и (2) равны соответственно $R^2 \approx 0,8045$ и $R^2 \approx 0,9618$. Т.е. обе модели хорошо ($R^2 \geq 0,75$) описывают ряд, но полиномиальная модель четвертого порядка имеет гораздо большую точность, что естественно. При рассмотрении полиномов более высокого порядка можно заметить, что с увеличением степени полинома, величина коэффициента детерминации практически не меняется: для полиномиальных моделей 5-й и 6-й степеней коэффициент детерминации равен 0,9618 и 0,9699 соответственно. Таким образом, будем рассматривать модель (2).

После построения модели необходимо проверить 5 предпосылок регрессионного анализа [6]: случайный характер остатков модели, равенство нулю математического ожидания остатков, отсутствие автокорреляционной

зависимости в остатках, гомоскедастичность дисперсии остатков, подчинение остатков нормальному закону распределения. При выполнении всех пяти предпосылок оценки коэффициентов регрессии будут обладать свойствами несмещенности, эффективности и состоятельности.

График остатков представлен на рис. 4.

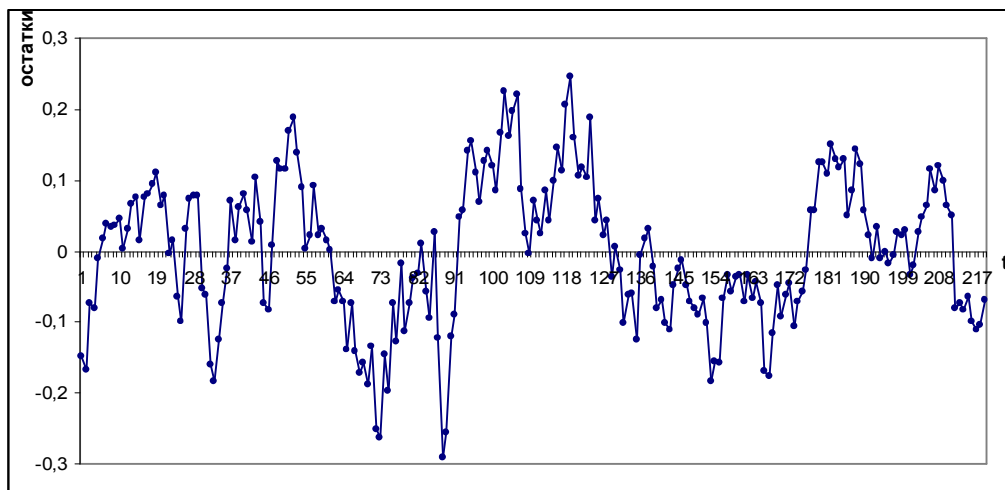


Рис. 4. График остатков модели (2)

1. Математическое ожидание остатков имеет значение $M(E_t) = -4,7 \cdot 10^{-15}$ близкое к нулю. Отличие от нуля обусловлено погрешностью вычислений.

2. Остатки принадлежат интервалу $[-3S; 3S] = [-0,31; 0,31]$, где S - стандартная ошибка регрессии [7], следовательно, на данном этапе нельзя отклонить гипотезу о нормальном распределении остатков. Вычислим коэффициенты асимметрии $Ass = \frac{M(E^3)}{(S^2)^{3/2}}$ и эксцесса $Ex = \frac{M(E^4)}{(S^2)^2}$, и воспользуемся статистикой Бера-Жарка, которая выражается следующей формулой:

$$W = n \left(\frac{Ass^2}{6} + \frac{(Ex - 3)^2}{24} \right), \text{ где } n - \text{объем выборки.}$$

Статистика W подчиняется распределению $\chi^2(2)$ при справедливости гипотезы о нормальности распределения.

Значение статистики принимает значение $W = 1,52$, что меньше квантили распределения $\chi^2(2)$ равной 5,99, следовательно, принимаем гипотезу о нормальном распределении остатков.

3. Для проверки остатков на случайность используем критерий «восходящих и нисходящих» серий.

Критерий «восходящих и нисходящих» серий состоит в проверке двух условий:

$$\begin{cases} v(n) > \left[\frac{1}{3}(2n-1) - 1,96\sqrt{\frac{16n-29}{90}} \right], \\ \tau_{\max}(n) < \tau_0(n), \end{cases} \quad \tau_0(n) = \begin{cases} 5, & \text{если } n \leq 26, \\ 6, & \text{если } 26 < n \leq 153, \\ 7, & \text{если } 153 < n \leq 1170. \end{cases} \quad (3)$$

где n – длина ряда, $v(n)$ – число серий, $\tau_{\max}(n)$ – максимальная длина серии.

Для того чтобы облегчить вычисления по данному критерию, написана программа N&LSeries.exe в среде Borland C++Builder 6. Код программы приведен в приложении 2.



Рис. 3. Реализация программы N&LSeries.exe

На рис. 3. приведен результат использования указанной программы для проверки по критерию ряда остатков E , где $E_t = Y_t - \hat{Y}_t$.

Таким образом, **выборка остатков неслучайна.**

4. Для проверки наличия гетероскедастичности используем ранговый коэффициент корреляции Спирмена.

Ранговый коэффициент корреляции Спирмена рассчитывается по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (4)$$

где d – абсолютная разность между рангами значений Y_t и $|E_t|$, n – длина выборки.

Для рассматриваемого ряда остатков $\rho = -0,0306$. Оценим статистическую значимость ρ с помощью t -критерия: $t_\rho = \rho\sqrt{n-1} \approx -0,451$. Сравним эту величину с табличной t_λ при уровне значимости $\lambda = 0,05$. Получаем $t_\rho < t_\lambda \approx 1,97$, следовательно, принимается гипотеза об отсутствии гетероскедастичности остатков.

5. Для проверки наличия автокорреляции в остатках воспользуемся критерием Дарбина-Уотсона.

Критерий Дарбина-Уотсона:

Рассчитывается значение критерия по формуле:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^n (E_t - E_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n E_t^2}. \quad (5)$$

Рассчитанное значение DW сравнивается с нижним d_u и верхним d_s критическими значениями критерия, определяемыми по статистическим таблицам.

Делается вывод об автокорреляции:

- если $0 \leq DW < d_i$ – положительная автокорреляция и гипотеза об отсутствии автокорреляции отвергается;
- если $d_i \leq DW < d_a$ или $4 - d_a \leq DW < 4 - d_i$, то нельзя сделать определенный вывод об автокорреляции;
- если $d_a \leq DW < 4 - d_a$, то гипотеза об отсутствии автокорреляции принимается;
- если $4 - d_i \leq DW \leq 4$ – отрицательная автокорреляция, гипотеза об отсутствии автокорреляции отвергается;
- если $DW = 2$, то автокорреляция отсутствует.

Используя формулу (5) получаем $DW \approx 0,309$. Сравнивая рассчитанную величину DW с нижним значением критерия $d_n \approx 1,7$, делаем вывод – в остатках присутствует **положительная автокорреляция**.

Для того чтобы избавиться от автокорреляционной зависимости, попробуем улучшить модель (2), построив для ряда E модель авторегрессии $AR(p)$, где p – параметр, определяющий порядок авторегрессии.

Порядок модели $AR(p)$ определяется исходя из внешнего вида графиков автокорреляционной (АКФ) и частной автокорреляционной (ЧАКФ) функций ряда E .

Вычислим коэффициенты автокорреляции уровней ряда по формуле:

$$r_i = \frac{\sum_{t=i+1}^n (E_t - \bar{E}_1)(E_{t-i} - \bar{E}_2)}{\sqrt{\sum_{t=i+1}^n (E_t - \bar{E}_1)^2 \sum_{t=i+1}^n (E_{t-i} - \bar{E}_2)^2}}, \quad (6)$$

где E_t – значения ряда E , $\bar{E}_1 = \frac{\sum_{t=2}^n E_t}{n-1}$, $\bar{E}_2 = \frac{\sum_{t=2}^n E_{t-1}}{n-1}$.

А также вычислим коэффициенты частной автокорреляции, по формулам:

$$\Phi_{11} = r_1; \quad \Phi_{22} = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2}; \quad \dots; \quad \Phi_{ll} = \frac{r_l - \sum_{j=1}^{l-1} \Phi_{l-1;j} r_{l-j}}{1 - \sum_{j=1}^{l-1} \Phi_{l-1;j} r_j}. \quad (7)$$

АКФ и ЧАКФ ряда E представлены на рис. 5. АКФ экспоненциально убывает и имеет достаточно много положительных значений, но, начиная со второго, коэффициенты автокорреляции незначимы, их величина вероятнее всего обусловлена «распространением» автокорреляции при лаге 1, что подтверждается графиком ЧАКФ, из которого видно, что значимым является лишь значение ЧАКФ при лаге 1. Следовательно, для ряда E будем строить модель $AR(1)$ в виде:

$$\hat{E}_t = b_0 + b_1 \cdot E_{t-1} \quad (8)$$

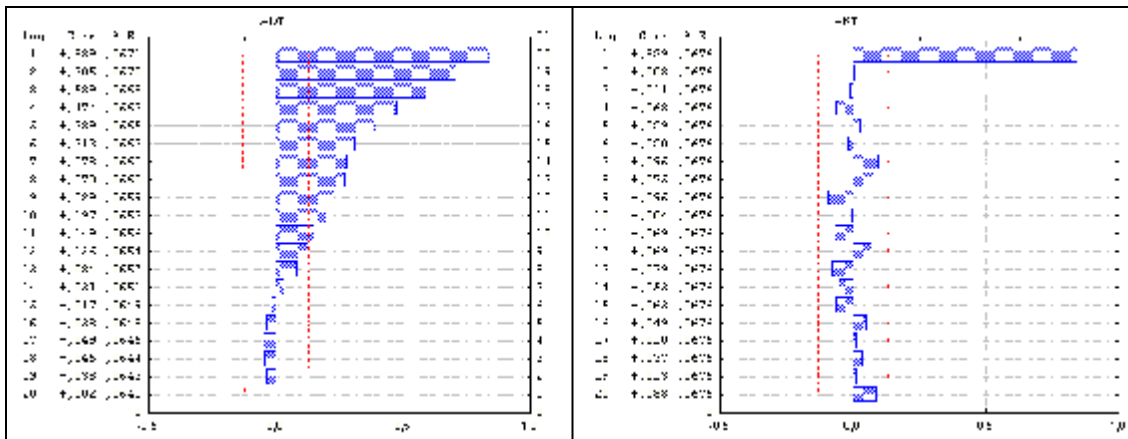


Рис. 5. АКФ и ЧАКФ ряда E .

Построение модели проводилось в программе STATISTICA 6.0. Оценка параметров проведена с помощью приближенного метода максимального правдоподобия. Получена следующая модель:

$$\hat{E}_t = -0,005 + 0,8456 \cdot E_{t-1} \quad (9)$$

Проверка коэффициентов модели по критерию Стьюдента показала, что свободный коэффициент модели незначим, но, из экономических соображений, не принято удалять из моделей свободный член. Поэтому будем анализировать модель вида (9).

Теперь объединим модели (2) и (9) и построим график получившейся модели (см. рис. 6):

$$\tilde{Y}_t = 28,281 - 0,0068 \cdot t - 0,0003 \cdot t^2 - 2,91 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 - 7,5439 \cdot 10^{-9} \cdot t^4 + 0,8456 \cdot E_{t-1}. \quad (10)$$

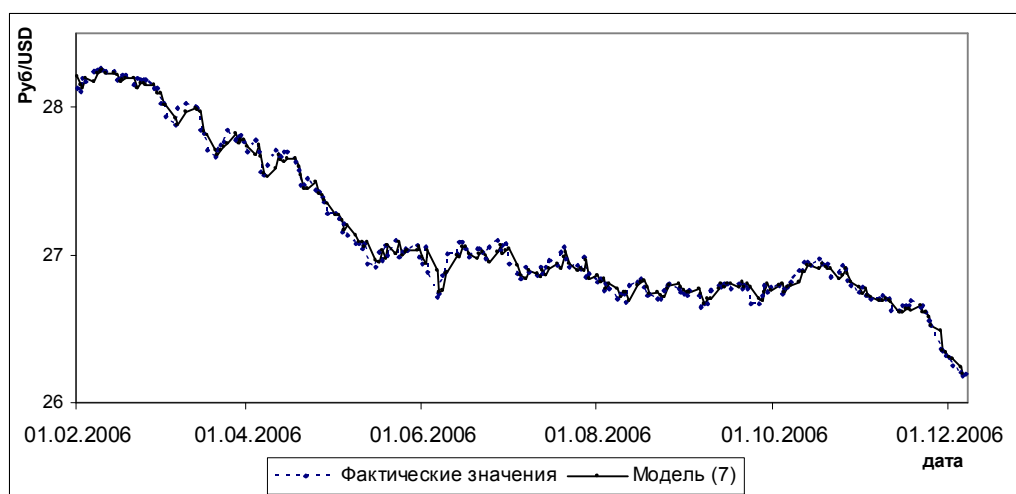


Рис. 6. График модели (10) и фактических значений курса доллара

Анализ остатков модели (10) показал, что ряд остатков удовлетворяет всем пяти предпосылкам регрессионного анализа.

Проверим уравнение (10) на значимость по F -критерию Фишера [6].

F -критерий Фишера:

С F -критерием связана величина, называемая числом степеней свободы, которая показывает, сколько независимых отклонений от n возможных требуется для образования данной суммы квадратов.

Формула для вычисления F -распределения со степенями свободы $f_1 = k$; $f_2 = n - k - 1$ имеет вид:

$$F = \frac{Q_R/k}{Q_e/(n-k-1)}, \quad (11)$$

где k – порядок регрессии, n – длина ряда, $Q_R = \sum_{i=1}^n (\bar{Y} - \tilde{Y}_i)^2$, $Q_e = \sum_{i=1}^n (Y_i - \tilde{Y}_i)^2$.

Для модели (10) значение критерия Фишера (11) равно $F \approx 3816$, что во много раз больше табличного значения $F_{табл} \approx 2,256$, следовательно, построенное уравнение (10) значимо.

Коэффициент детерминации получившейся модели равен $R^2 \approx 0,99$, что говорит о высокой точности приближения построенной модели к исходному ряду данных, всего 1% приходится на ошибку.

1.2 Адаптивные модели

Перед построением адаптивных моделей необходимо еще раз обратиться к исходным данным. В нашем ряде отсутствуют значения за выходные дни, то есть построение адаптивных моделей для ряда такого вида невозможно, так как адаптивные модели предполагают наличие зависимости текущего значения от одного и нескольких предыдущих. В качестве недостающих значений будем использовать значения, лежащие на прямой, соединяющей значения курса доллара за последний день текущей недели и первый день следующей недели. Такое решение возникшей проблемы не окажет существенного влияния на уравнение регрессии.

Добавленные значения выделены цветом в приложении 1.

1.2.1 Модель $AR(p)$

Приступая к построению модели $AR(p)$ для исходного ряда, определим ее порядок, используя коэффициенты корреляции (6) и частной автокорреляции (7) уровней ряда. Для наглядности, приведем графические представления АКФ и ЧАКФ на рис. 7.

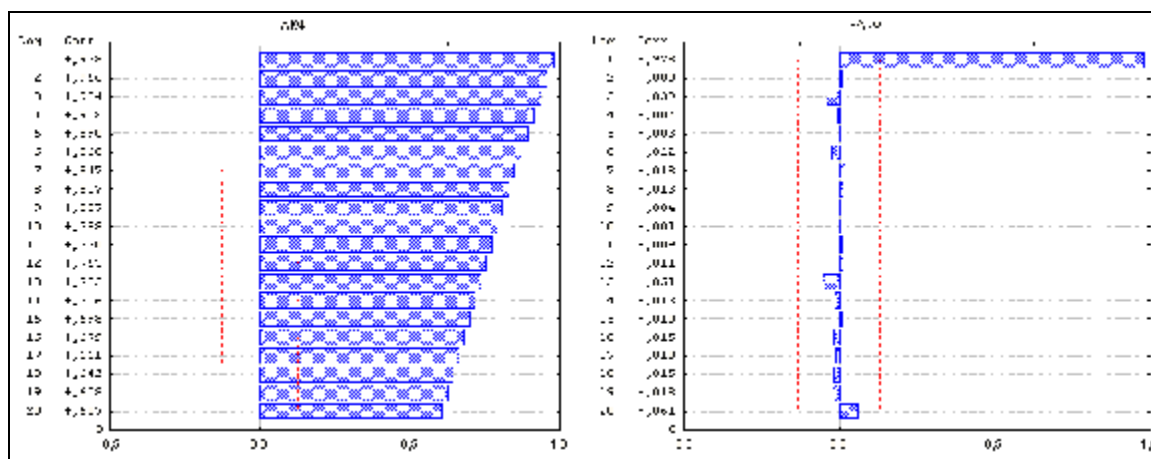


Рис. 7. АКФ и ЧАКФ для курса доллара

АКФ медленно монотонно убывает и наибольшее значение принимает на первом лаге. ЧАКФ подтверждает, что значения АКФ, начиная со 2-го лага, обусловлены корреляцией на 1-м лаге. Следовательно, будем строить модель $AR(1)$ в виде:

$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 \cdot Y_{t-1}$$

Несмотря на то, что по критерию Стьюдента свободный член является незначимым ($|t_{расч}^{b_0}| = 0,9269 < t_{табл} = 1,97$, см. приложение 3), мы не удаляем его из уравнения регрессии, и оно имеет вид:

$$\hat{Y}_t = 0,1895 + 0,9927 \cdot Y_{t-1} \quad (12)$$

Коэффициенты модели найдены по методу максимального правдоподобия.

График полученной модели представлен на рис. 8.

Коэффициент детерминации для модели (12) имеет очень высокое значение, $R^2 \approx 0,98$, следовательно, модель на 98% точно описывает ряд и всего 2% приходится на ошибку. Значение F -распределения для данной модели равно $F \approx 17361$, что больше табличного значения $F_{табл} \approx 3,88$, следовательно, уравнение (12) значимо в целом.

Вычислим значение средней относительной ошибки аппроксимации построенной модели по формуле [6]:

$$A = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right| \cdot 100\% . \quad (13)$$

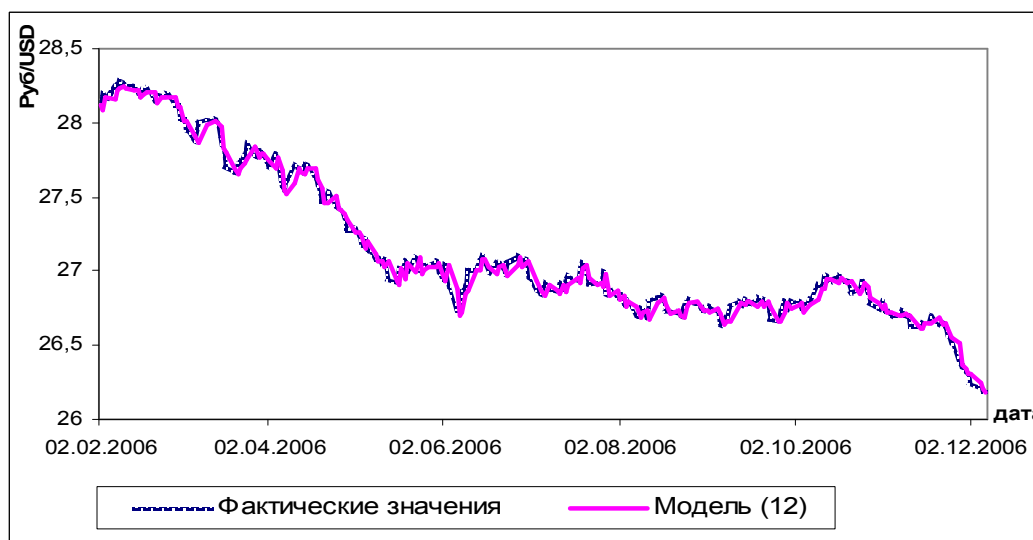


Рис. 8. График модели AR(1) для курса доллара

Получаем, что для модели (12) $A = 0,16627\%$, что говорит о хорошей точности уравнения регрессии, так как значение A в пределах 5-7% говорит о хорошем подборе модели к исходным данным.

Проверим, выполняются ли предпосылки регрессионного анализа для остатков модели (12).

На рис. 9 изобразим график и АКФ остатков.

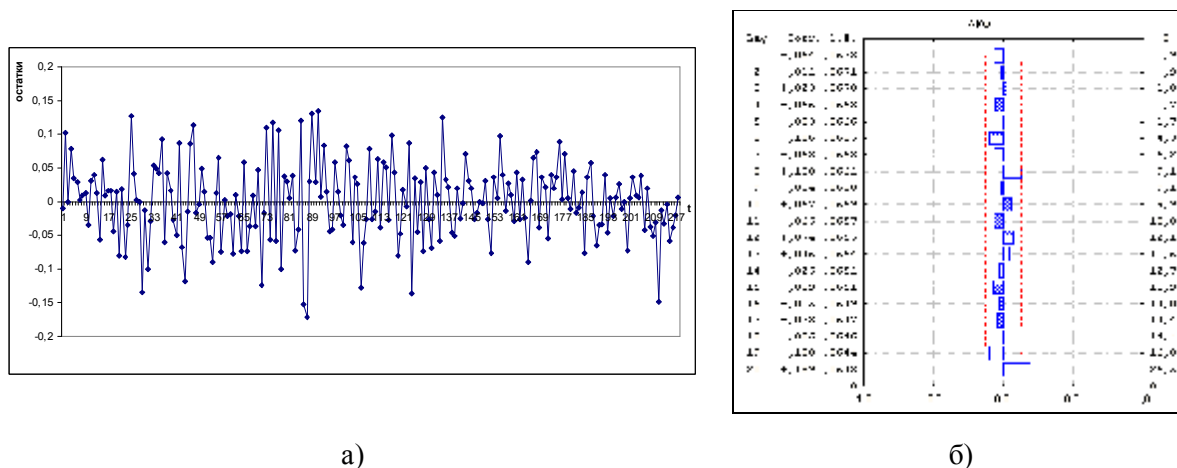


Рис. 9. а – остатки модели (12), б – АКФ остатков модели (12)

1. Математическое ожидание равно $M = 19 \cdot 10^{-12}$.
2. Остатки принадлежат промежутку $[-3S; 3S] = [-0,172; 0,172]$, следовательно, нет оснований отвергнуть гипотезу о нормальном распределении остатков. Проверка нормальности остатков с помощью статистики Бера-Жарка показала, что значение W выходит за границы критической области, следовательно, гипотеза о нормальности распределения отвергается.

3. Гипотеза случайности остатков принимается, так как неравенства (3) выполняются и имеют вид $149 > 132,91$, $4 < 7$.

4. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена, рассчитанный по формуле (4) равен $\rho = 0,0873$. Значение t -статистики: $t_\rho = \rho\sqrt{n-1} \approx 1,28$, $t_\rho < t_\lambda \approx 1,97$, следовательно, принимается гипотеза об отсутствии гетероскедастичности остатков.

5. Для проверки наличия автокорреляции в остатках воспользуемся h -критерием Дарбина. Рассматриваемый ранее критерий Дабрина-Уотсона не может использоваться в данном случае, так как его применение предполагает отсутствие лаговых переменных в правой части модели.

h – критерий Дарбина:

Значение критерия вычисляется по формуле:

$$h = \left(1 - \frac{DW}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{n}{1 - nS_{b_1}^2}}, \quad (14)$$

где DW вычисляется по формуле (5), $S_{b_1}^2 = \frac{nS^2}{n\sum Y_t^2 - (\sum Y_t)^2}$.

В случае, если $-1,96 < h < 1,96$, то гипотеза об отсутствии автокорреляции остатков принимается.

В нашем случае, $h \approx -0,956$, $-1,96 < h < 1,96$, следовательно, в остатках нет автокорреляционной зависимости.

Итак, проверка показала, что одна из предпосылок регрессионного анализа, а именно, предпосылка о нормальности распределения остатков, нарушается. Вообще говоря, для авторегрессионных моделей выполнение этой предпосылки не является обязательным. Необходимым является то, чтобы получившийся ряд остатков являлся «белым шумом». Для того чтобы это проверить, можно протестировать выборочную автокорреляцию с помощью

Q-статистики Бокса-Пирса [6]: $Q_k = n \sum_{i=1}^k r_i^2$. Если рассматриваемый ряд является «белым шумом», то Q -статистика имеет χ^2 -распределение с k степенями свободы.

В нашем случае, Q -статистика принимает значения от 0 до 26 для лагов с 1 по 20. Эти значения не превосходят критических значений статистики χ^2 на 5%-ом уровне значимости. Следовательно, процесс является «белым шумом».

1.2.2 Модель АРПСС(p, d, q)

Третья модель, которая рассматривается в данной главе – Авторегрессия Проинтегрированного Скользящего Среднего (АРПСС). Данный метод чрезвычайно популярен во многих приложениях, и практика подтвердила его мощность и гибкость.

Общая модель АРПСС включает как параметры авторегрессии, так и параметры скользящего среднего. Имеется три типа параметров модели: па-

параметр авторегрессии (p), порядок разности (d), параметр скользящего среднего (q). В обозначениях модель записывается как АРПСС (p, d, q). В общем виде эта модель записывается следующим образом:

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q},$$

где $w_t = \nabla^d Y_t$, $\nabla^d Y_t = (1 - B)^d Y_t$ - разностный оператор со сдвигом назад ∇ , B - оператор сдвига назад, определяемый как $B Y_t = Y_{t-1}$, соответственно $B^m Y_t = Y_{t-m}$, a_t - случайный импульс или «белый шум» [5].

Основными инструментами идентификации порядка модели являются графики АКФ и ЧАКФ [10].

Проанализируем АКФ и ЧАКФ рассматриваемого ряда. Их графические представления уже были приведены на рис. 7.

При построении модели АРПСС (p, d, q) в первую очередь необходимо проверить рассматриваемый ряд на стационарность. Признаками нестационарности являются: наличие тренда, гетероскедастичность, изменяющаяся автокорреляция. График АКФ, представленный на рис. 7, позволяет предположить, что это авторегрессионный процесс с коэффициентом b_1 близким к 1, т.е. нестационарный процесс, поскольку АКФ убывает очень медленно [6].

Одним из способов приведения ряда к стационарному виду является дифференцирование ряда [10]. Рассмотрим ряд, полученный из исходного ряда взятием разности 1-го порядка.

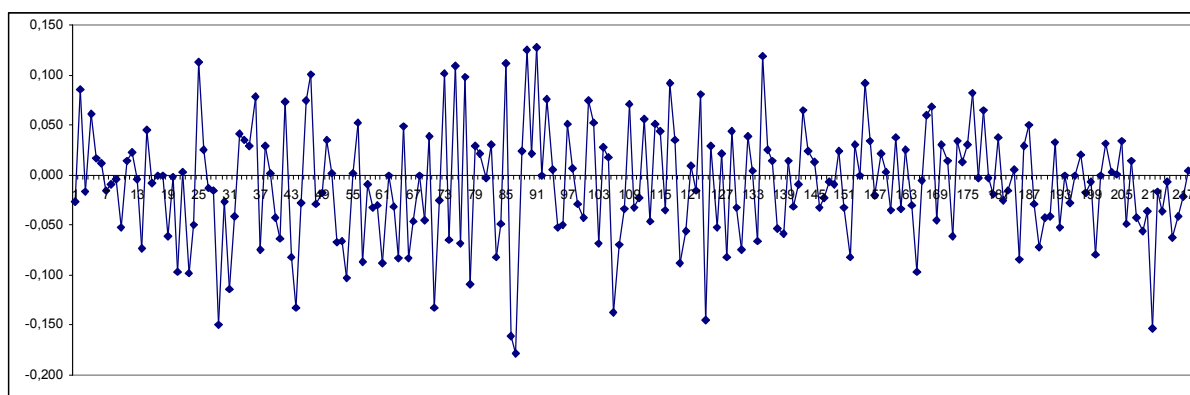


Рис. 10. Продифференцированный ряд курса доллара

Глядя на рис. 10 можно заметить, что полученный с помощью дифференцирования ряд уже больше похож на стационарный – в нем отсутствует тренд.

Проверку ряда на стационарность можно провести с помощью **интеграционной статистики Дарбина-Уотсона (IDW)** [6]. Значение статистики

$$IDW = \frac{\sum (Y_t - Y_{t-1})^2}{\sum (Y_t - \bar{Y})^2},$$

где \bar{Y} – среднее значение ряда.

Рассчитанные значения IDW-статистики сравниваются с критическими. Для нашего ряда значение интеграционной статистики равно $IDW \approx 1,91$. Сравнивая полученное значение с верхним критическим значением статистики $IDW_U \approx 1,6$, принимаем гипотезу о стационарности ряда.

Таким образом, исходный ряд приведен к стационарному виду взятием разности первого порядка, следовательно, $d = 1$.

Внешний вид АКФ и ЧАКФ (рис. 11.) дают основание предположить, что полученный дифференцированием ряд является «белым шумом». проверим это. Q-статистика принимает значения от 1 до 168 для лагов с 1 по 215. Эти значения не превосходят критических значений статистики χ^2 на 5%-ом уровне значимости. Следовательно, процесс является «белым шумом».

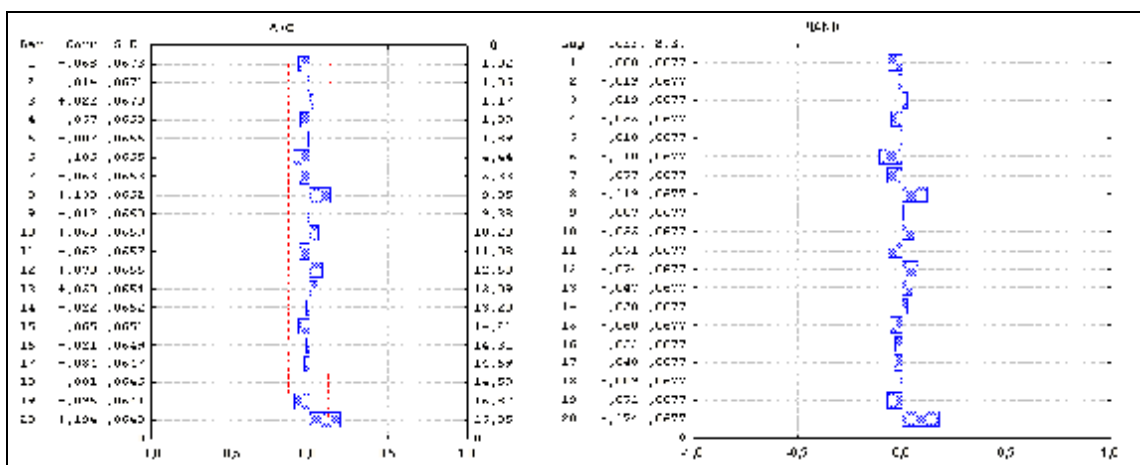


Рис. 11. АКФ и ЧАКФ продифференцированного ряда курса доллара

Таким образом, исходя из анализа АКФ и ЧАКФ, приходим к выводу, что рассматриваемый ряд можно описать моделью АРПСС(0, 1, 0).

По внешнему графику АКФ и ЧАКФ не всегда удается определить оптимальные параметры модели. Поэтому рассмотрим также модели

АРПСС(1, 1, 0), АРПСС(0, 1, 1), АРПСС(2, 1, 2) и сравним построенные модели по информационным критериям Акаики (AIC) и Шварца (SC), которые позволяют определить оптимальную модель и минимизировать количество параметров.

Информационные критерии Акаики и Шварца:

Значения критериев вычисляются по формулам:

$$AIC = \{1 + \ln(2\pi)\} + \ln\left(\frac{\sum E^2}{n}\right) + \frac{2 \cdot k}{n},$$

$$SC = \{1 + \ln(2\pi)\} + \ln\left(\frac{\sum E^2}{n}\right) + k \cdot \frac{\ln n}{n}.$$

Из двух моделей в определенном смысле лучше та, для которой значения критериев ниже.

Построение моделей производим в программе STATISTICA 6.0, коэффициенты моделей оцениваем по приближенному методу максимального правдоподобия. В таблице 1 представлены окончательные уравнения полученных моделей, с уже исключенными незначимыми коэффициентами, и значения критериев Акаики и Шварца.

Табл. 1. Сравнение моделей АРПСС по критериям Акаики и Шварца

Модель	Уравнение модели	AIC	SC
АРПСС(0,1,0)	$\hat{Y}_t = Y_{t-1}$ (15)	-2,8626	-2,8626
АРПСС(1,1,0)	$\hat{Y}_t = -0,008908 + Y_{t-1}$ (16)	-2,8820	-2,8665
АРПСС (0,1,1)	$\hat{Y}_t = -0,008909 + Y_{t-1} + a_t$ (17)	-2,8732	-2,8516
АРПСС (2,1,2)	$\hat{Y}_t = -0,008920 + Y_{t-1} + 0,691324 \cdot (Y_{t-2} - Y_{t-3}) + a_t - 0,727510 \cdot a_{t-2}$ (18)	-2,7988	-2,77418

Анализируя табл. 1., можно сделать вывод, что оптимальной по параметрам моделью является модель АРПСС(1, 1, 0). График модели АРПСС(1, 1, 0) приведен на рис. 12.

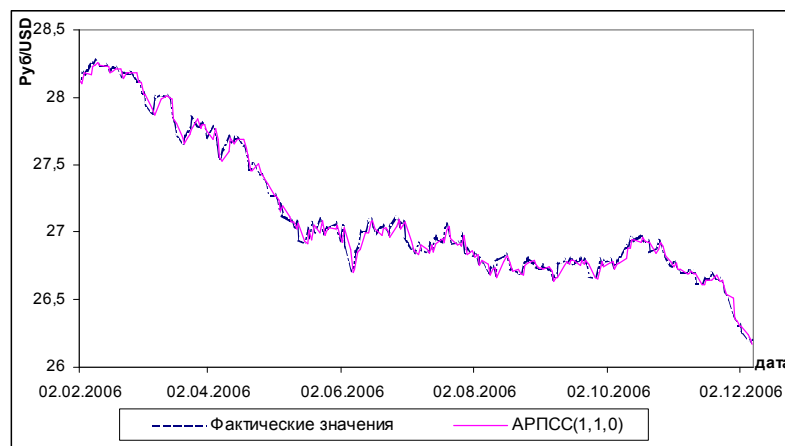


Рис. 12. График модели АРПСС(1,1,0)

Коэффициент детерминации для модели (16) имеет очень высокое значение, $R^2 \approx 0,988$, следовательно, модель на 98% точно описывает ряд и всего 2% приходится на ошибку. Значение F -распределения для данной модели равно $F \approx 8575$, что больше табличного значения $F_{табл} \approx 3,038$, следовательно, построенная модель адекватна. Значение средней относительной ошибки аппроксимации $A \approx 0,166\%$ находится в допустимых пределах, что говорит о высокой точности построенной модели.

1.3 Сравнение моделей и построение прогноза

В предыдущих пунктах были построены четыре модели: смешанная модель (тренд + $AP(1)$), модель $AP(1)$, $АРПСС(1,1,0)$ и $АРПСС(0,1,1)$. Теперь необходимо сравнить эти модели между собой и построить прогноз. Для сравнения моделей будем использовать метод абсолютных отклонений (MAD), сравним значения средних ошибок аппроксимации (A), суммы квадратов остатков моделей (Q_e), а также величины остаточных дисперсий (S^2). Результаты сравнения приведены в табл. 2.

Табл. 2. Сравнение моделей

Модель	Значения критериев			
	MAD	Q_e	S^2	A
Смешанная модель (тренд + $AP(1)$)	0,04303	0,6478	0,00304	0,15863%
$AP(1)$	0,04509	0,7120	0,00328	0,16627%
$АРПСС(1,1,0)$	0,04497	0,7151	0,00331	0,16617%
$АРПСС(0,1,1)$	0,04502	0,7162	0,00332	0,16621%

Из таблицы видно, что наибольшее преимущество перед остальными имеет смешанная модель, но также можно заметить, что сравниваемые величины для всех моделей имеют достаточно низкое значение, что свидетельствует о хорошем качестве построенных моделей. Сравнивая между собой модели $АРПСС(1,1,0)$ и $АРПСС(0,1,1)$, заметим, что значение MAD для $АРПСС(1,1,0)$ меньше, чем для $АРПСС(0,1,1)$. Таким образом, исключим из рассмотрения последнюю модель.

Построим прогноз на 5 дней по трем оставшимся моделям и сравним полученные результаты.

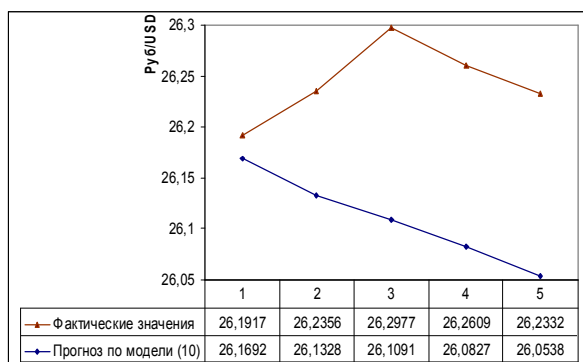


Рис. 13. Прогноз по смешанной модели

Табл. 3 Интервальный прогноз для модели (10)

	Нижняя граница	Верхняя граница
1	25,9486	26,3592
2	25,9263	26,3408
3	25,9007	26,3201
4	25,8721	26,2972
5	25,8409	26,272

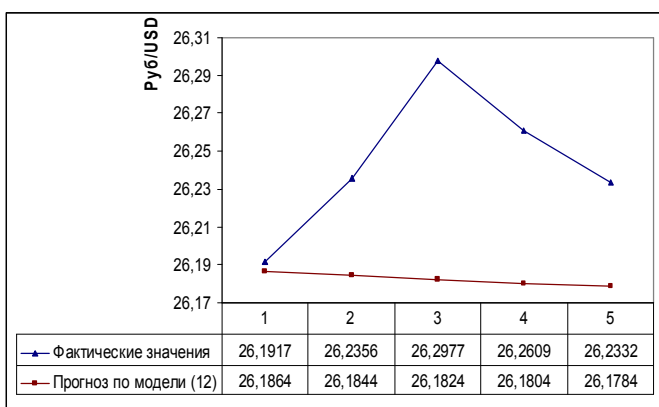


Рис. 14. Прогноз по модели AR(1)

Табл. 4. Интервальный прогноз для модели (12)

	Нижняя граница	Верхняя граница
1	25,3883	26,9717
2	24,6122	27,7674
3	23,8533	28,5691
4	23,1112	29,3768
5	22,3856	30,1906

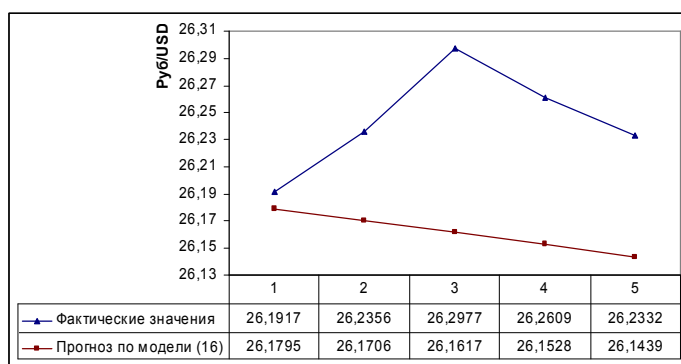


Рис. 15 Прогноз по модели АРПСС(1,1,0)

Табл. 5. Интервальный прогноз для модели АРПСС(1,1,0)

	Без незначимых коэффициентов		С незначимыми коэффициентами	
	Нижняя граница	Верхняя граница	Нижняя граница	Верхняя граница
1	26,1723	26,1866	26,084	26,273
2	26,1562	26,1850	26,040	26,299
3	26,1401	26,1833	26,004	26,318
4	26,1240	26,1815	25,971	26,332
5	26,1079	26,1798	25,942	26,344

Расчет прогноза проведен по формулам:

$$\tilde{Y}_{n+h} = 26,8343 - 0,0044(n+h) + 0,00012(n+h)^2 - 4,1057 \cdot 10^{-3}(n+h)^3 - 7,5439 \cdot 10^{-9}(n+h)^4 + 0,8456 \cdot E_{n+h-1},$$

$$\hat{Y}_{n+h} = 0,1895 + 0,9927 \cdot \hat{Y}_{n+h-1},$$

$$\hat{Y}_{n+h} = -0,008908 + \hat{Y}_{n+h-1},$$

для моделей (10), (12) и (16) соответственно.

Сравнивая полученные прогнозные значения с фактическими данными, можно заметить, что прогноз продолжает общую убывающую тенденцию ряда, но достаточно сильно отличается от фактических данных, что неудивительно: построенные модели не являются эффективными для долгосрочного прогноза курсов валют [6]. Скачок фактических значений на 2-м и 3-м дне прогноза является следствием влияния экономических факторов, далее тенденция вновь убывает.

Теперь рассмотрим интервальные прогнозы. Фактические данные принадлежат доверительным интервалам моделей (10) и (12) (см. табл. 3 и 4). Для модели АРПСС(1,1,0) в виде (16) доверительный интервал оказался достаточно узким и фактические значения в него не попали, но, включив в модель незначимые коэффициенты, получаем более широкий доверительный интервал, который содержит фактические данные (см. табл. 5). Глядя на рис. 13-15 можно также заметить, что первое прогнозное значение во всех трех случаях оказывается достаточно точным. Чтобы сделать вывод о том, какую из моделей лучше использовать для прогнозирования, вычислим средние относительные ошибки прогнозов по формуле (13):

$$A_{(10)} = 0,511\% , \quad A_{(12)} = 0,233\% , \quad A_{(16)} = 0,312\% .$$

Таким образом, лучший прогноз получен по модели (12). Несмотря на то, что при сравнении моделей наиболее точно описывающей исходный ряд оказалась модель (10), прогноз с ее использованием дал худший результат.

Учитывая то, что на данный момент СМИ дают информацию о значениях курсов валют каждый день, можно с достаточно высокой точностью делать краткосрочный прогноз на 1 день вперед по модели (12), и корректировать дальнейшие прогнозные значения с получением новых значений курса доллара.

Глава 2 Построение моделей для курса евро

Рассмотрим график исходных значений курса евро, представленный на рис. 16. По сравнению с ранее рассматриваемым рядом значений курса доллара, можно заметить, что данный ряд имеет более сложную структуру, на графике присутствуют более резкие скачки, особенно в первой половине рассматриваемого периода, это может оказать негативное влияние на точность моделей и прогноза. Для того чтобы уменьшить влияние аномальных скачков, заменим резко выделяющиеся скачки на средние арифметические соседних значений.

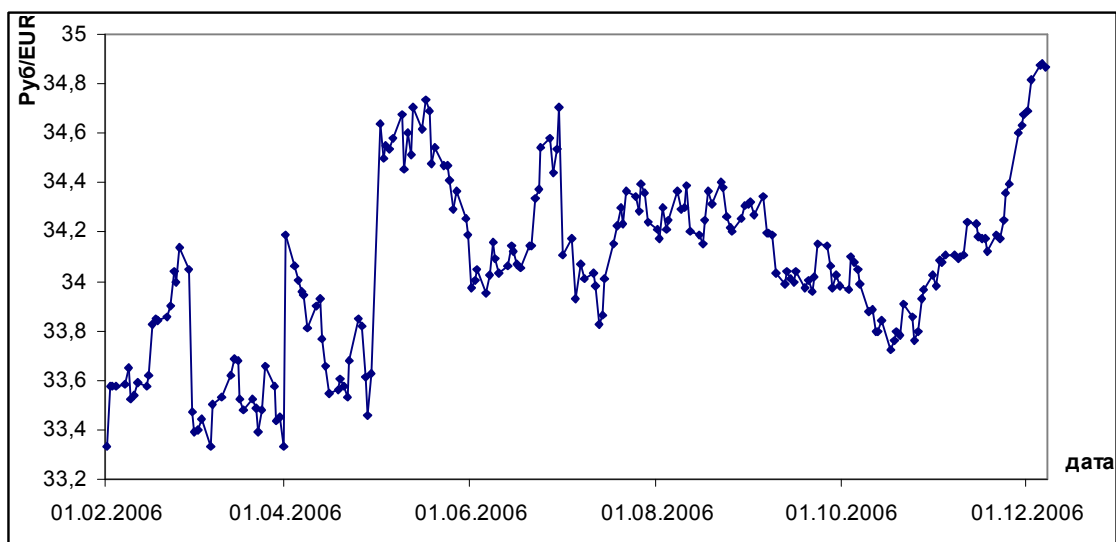


Рис. 16. График исходных данных для курса евро

Таким образом, при построении моделей будем использовать исправленный ряд, представленный на рис. 17.

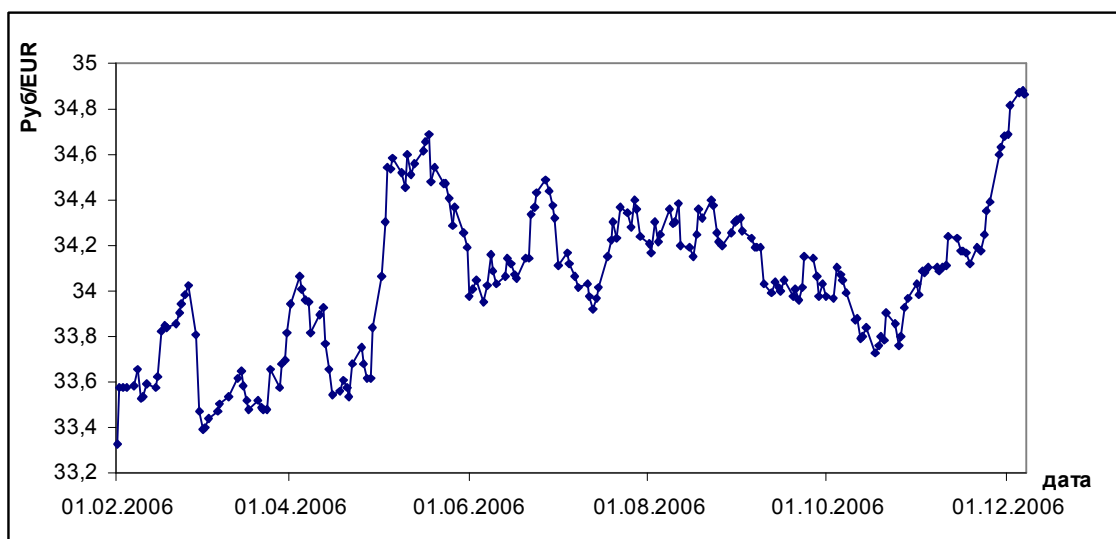


Рис. 17 Исправленный ряд исходных данных

2.1 Трендовая модель

Как и в предыдущей главе, в первую очередь попробуем подобрать для исходных данных полиномиальный тренд. Исходя из внешнего вида графика (рис. 17), опираясь на предыдущий опыт, можно предположить, что остатки полиномиальной модели не будут удовлетворять всем предпосылкам регрессионного анализа.

Добавление к графику рассматриваемых данных линий тренда показало, что, начиная с полинома 4-й степени, коэффициент детерминации R^2 растет незначительно, а именно, принимает значения 0.626, 0.6326 и 0.6429 соответственно для полиномиальных моделей 4-й, 5-й и 6-й степеней. Построим данные модели в приложении Microsoft Excel (см. приложение 4) и выберем оптимальную степень полиномиальной модели, используя информационный критерий Шварца. Построенные модели с исключенными незначимыми коэффициентами имеют вид:

$$\hat{Y}_t^{(4)} = 33,706 - 0,016 \cdot t + 0,0006 \cdot t^2 - 5,2 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 + 1,3 \cdot 10^8 \cdot t^4; \quad (19)$$

$$\hat{Y}_t^{(5)} = 33,616; \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \hat{Y}_t^{(6)} = 33,756 - 0,029 \cdot t + 0,0014 \cdot t^2 - 2,1 \cdot 10^{-5} \cdot t^3 + \\ + 1,7 \cdot 10^{-7} \cdot t^4 - 6,6 \cdot 10^{-10} \cdot t^5 + 1,1 \cdot 10^{-12} \cdot t^6. \end{aligned} \quad (21)$$

Учитывая то, что модель (20) оказалась константой, мы исключаем ее из рассмотрения, и по информационному критерию Шварца будем сравнивать только модели (19) и (21). Значения критерия для этих моделей равны: $SC_{(19)} = -0,283$, $SC_{(21)} = -0,282$. Для полиномиальной модели 4-й степени значение критерия Шварца оказалось меньше, следовательно, ее и будем рассматривать более подробно.

Проведем анализ остатков модели (19).

График ряда остатков (E) представлен на рис. 18.

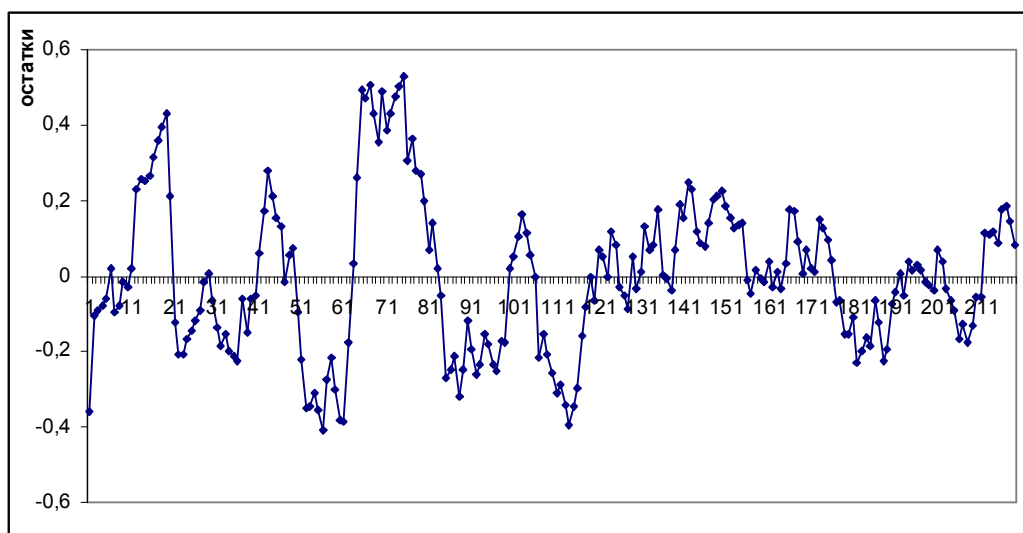


Рис. 18. График остатков модели (19)

1. Математическое ожидание остатков близко к нулю $M = 1,65 \cdot 10^{-14}$.
2. Остатки принадлежат промежутку $[-3S; 3S] = [-0,607; 0,607]$, следовательно, остатки подчиняются нормальному закону распределения.
3. Проверка остатков с помощью критерия «восходящих и нисходящих» серий показала, что выборка остатков не является случайной.
4. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена равен $\rho = -0,33$, соответствующее ему значение t -статистики равно $t_\rho = -4,95$, что меньше табличного значения, следовательно, принимается гипотеза об отсутствии гетероскедастичности остатков.
5. Значение критерия Дарбина-Уотсона равно $DW = 0,18$, следовательно, в остатках присутствует положительная автокорреляция.

Таким образом, как и предполагалось, необходимо улучшить модель, чтобы избавиться от автокорреляции в остатках.

Рассмотрим АКФ и ЧАКФ остатков модели (19). Их графики изображены на рис. 19.

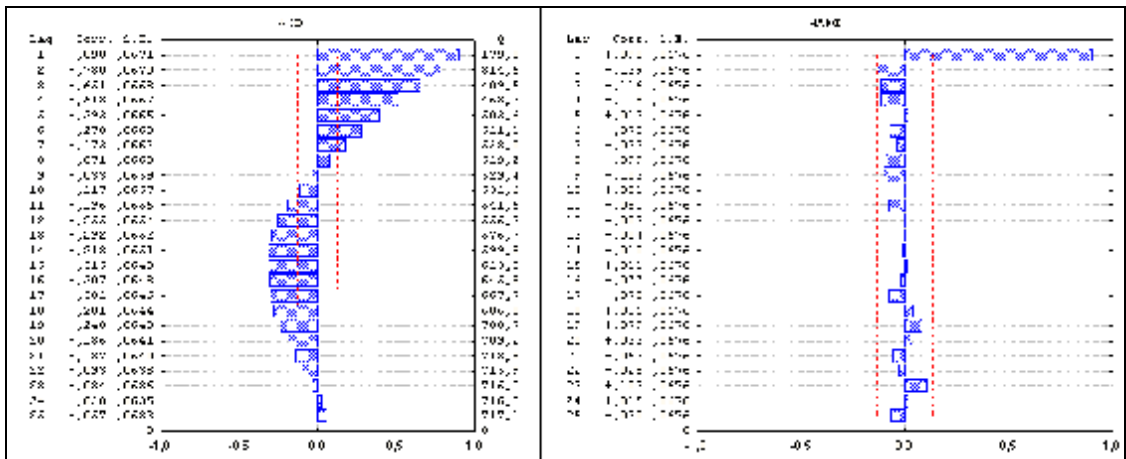


Рис. 19. АКФ и ЧАКФ остатков модели (19)

Исходя из внешнего вида АКФ и ЧАКФ, делаем вывод, что ряд E нестационарный и его необходимо проинтегрировать. АКФ и ЧАКФ проинтегрированного ряда E изображены на рис. 20. Проинтегрированный ряд не имеет значимых коэффициентов корреляции и частной корреляции, но можно заметить, что наибольшие по абсолютной величине значения АКФ и ЧАКФ принимают на первом лаге. Следовательно, для ряда E можно попробовать построить модель АРСС(1,1,0). Рассмотрим также модель АРСС(2,1,0).

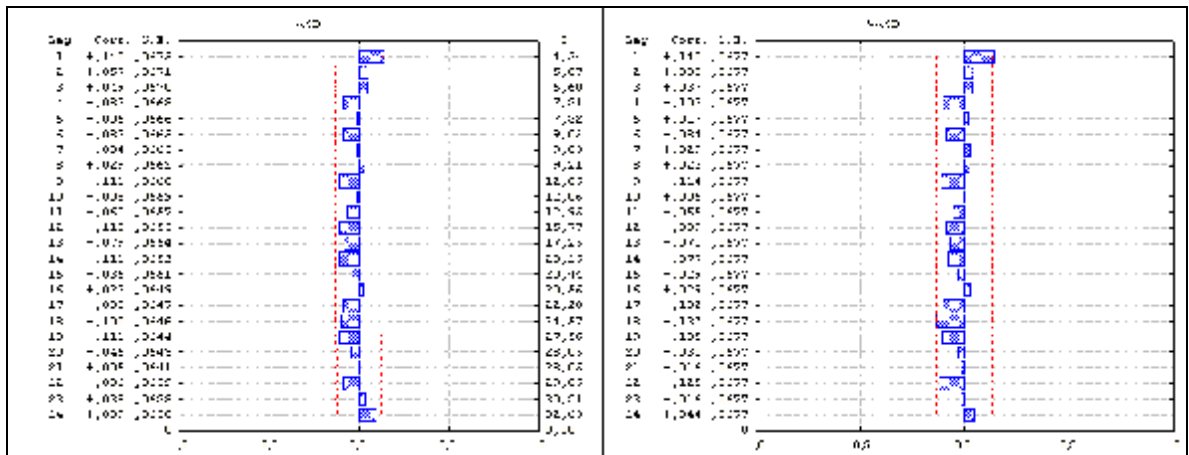


Рис. 20. АКФ и ЧАКФ проинтегрированного ряда E

Построение моделей проводим в программе STATISTICA 6.0. В результате, после исключения незначимых коэффициентов, получены уравнения:

$$\text{АРСС}(1,1,0): \hat{E}_t = E_{t-1} + 0,14 \cdot (E_{t-1} - E_{t-2}) \quad (22)$$

$$\text{АРСС}(2,1,0): \hat{E}_t = E_{t-1} + 0,135 \cdot (E_{t-1} - E_{t-2}) \quad (23)$$

Остатки моделей удовлетворяют всем предпосылкам регрессионного анализа.

Сравнивая величины остаточных дисперсий S^2 моделей ($S_{(22)}^2 = 0,00745$, $S_{(23)}^2 = 0,00747$), а также сравнивая модели по информационному критерию Шварца ($SC_{(22)} = -2,04$, $SC_{(23)} = -2,02$), для дальнейшего исследования выбираем модель (22).

Объединяя модели (19) и (22), получаем модель:

$$\tilde{Y}_t = 33,706 - 0,016t + 0,0006t^2 - 5,2 \cdot 10^{-6}t^3 + 1,3 \cdot 10^{-8}t^4 + E_{t-1} - 0,14 \cdot (E_{t-1} - E_{t-2}) \quad (24)$$

или более кратко

$$\tilde{Y}_t = \hat{Y}_t + \hat{E}_t, \text{ где } \hat{Y}_t \text{ и } \hat{E}_t \text{ определяются по формулам (19) и (22) соответст-}$$

венно.

График полученной модели изображен на рис. 21.

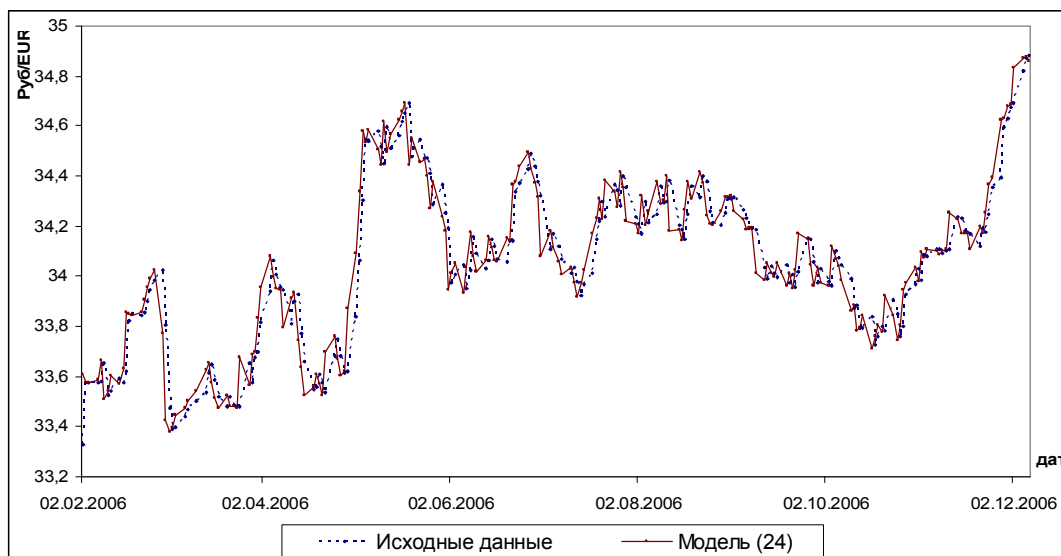


Рис. 21. График модели (24)

Оценим коэффициент детерминации и значение F -критерия Фишера для получившейся модели. $R^2 \approx 0,99$, $F \approx 30289$, что больше табличного значения $F_{табл} = 2,256$, следовательно, построенная модель адекватна и на 99% точно описывает исходные данные.

2.2 Идентификация модели АРПСС(p,d,q)

Как и в предыдущей главе, перед тем, как строить адаптивные модели, добавим недостающие значения, соответствующие выходным дням. В приложении 1 добавленные значения выделены цветом.

Для того чтобы определить параметры модели АРПСС(p,d,q), рассмотрим АКФ и ЧАКФ скорректированного ряда значений курса евро.

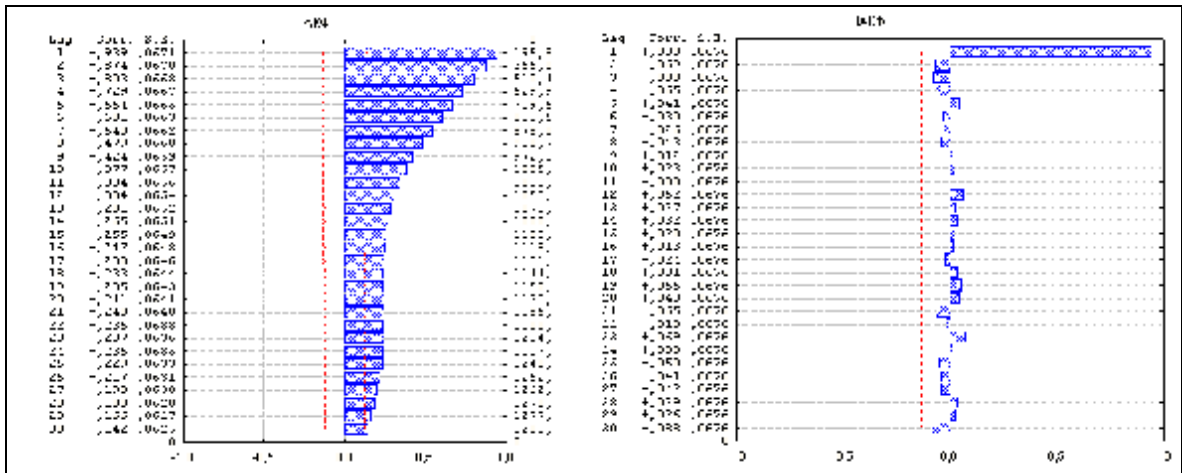


Рис. 22. АКФ и ЧАКФ ряда значений курса евро

По графикам АКФ и ЧАКФ можно предположить, что рассматриваемый ряд не является стационарным, для того чтобы проверить данное предположение воспользуемся интегративной статистикой Дарбина-Уотсона. Ее значение для ряда значений курса евро близко к нулю $IDW \approx 0,07$, следовательно, ряд нестационарен.

Продифференцируем ряд, чтобы привести его к стационарному виду. АКФ и ЧАКФ продифференцированного ряда представлены на рис. 23.

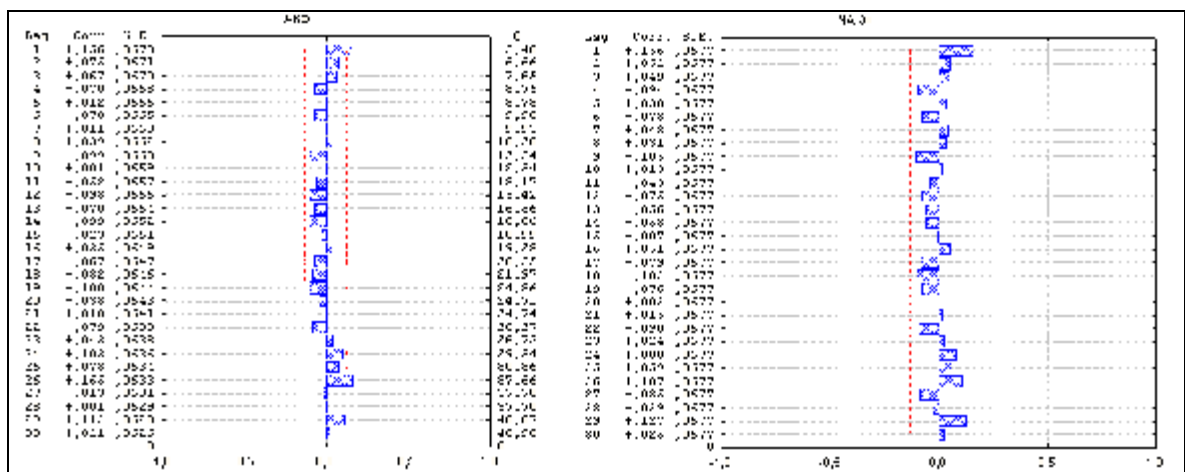


Рис. 23. АКФ и ЧАКФ продифференцированного ряда значений курса евро

Значение IDW -статистики для продифференцированного ряда равно $IDW \approx 1,65$, что выше верхнего критического значения $IDW_U = 1,6$, следовательно, полученный ряд стационарен.

Определяя далее параметры модели АРПСС($p,1,q$), заметим, что, исходя из внешнего вида АКФ и ЧАКФ продифференцированного ряда, сложно сделать определенный вывод о порядках авторегрессии и скользящего среднего. Попробуем рассмотреть следующие модели: АРПСС(0,1,0), АРПСС(1,1,0), АРПСС(1,1,1), АРПСС(2,1,1), а также некоторые модели более высоких параметров.

При построении моделей АРПСС(1,1,1), АРПСС(2,1,1) и моделей более высокого порядка все коэффициенты моделей, включая свободный член, оказались незначимыми, т.е. модели принимали вид АРПСС(0,1,0). Таким образом, для сравнения остаются модели АРПСС(0,1,0) и АРПСС(1,1,0). Их уравнения и значения критериев Шварца и Акаики представлены в табл.6.

Табл. 6. Сравнение моделей АРПСС(0,1,0) и АРПСС(1,1,0) для курса евро

Модель	Уравнение модели	AIC	SC
АРПСС(0,1,0)	$\hat{Y}_t = Y_{t-1}$ (25)	-2,0313	-2,0313
АРПСС(1,1,0)	$\hat{Y}_t = Y_{t-1} + 0,161 \cdot (Y_{t-1} - Y_{t-2})$ (26)	-2,0484	-2,0329

Сравнение моделей по критериям Шварца и Акаики показали, что лучшей является модель АРПСС(1,1,0).

Оценим качество выбранной модели. Значение коэффициента детерминации равно $R^2 \approx 0,93$, значение F -распределения для модели равно $F \approx 1501,1$, что больше табличного значения $F_{табл} = 3,037$, следовательно, построенная модель адекватна.

Остатки удовлетворяют всем предпосылкам регрессионного анализа, следовательно, построенную модель можно использовать для построения прогноза.

2.3 Выбор лучшей прогнозирующей модели

Итак, в результате анализа ряда значений курса евро, было построено две модели: смешанная модель (тренд + АРПСС(1,1,0)), а также адаптивная

модель АРПСС(1,1,0). Для того чтобы определить, какая из этих моделей является более точной, проведем сравнение, используя величины R^2 , MAD , S^2 , A .

Табл. 7. Сравнение моделей для курса евро

Модель	Значения критериев			
	R^2	MAD	S^2	A
Смешанная модель (тренд + АРПСС(1,1,0))	0,99	0,00935	0,00015	0,0275%
АРПСС(1,1,0)	0,93	0,0671	0,00759	0,197%

Из табл. 7. видно, что смешанная модель более точно аппроксимирует исходные данные, но, возможно, прогноз по этой модели окажется хуже, чем по модели АРПСС(1,1,0).

Построим точечные и интервальные прогнозы на 5 дней по обеим моделям и сравним полученные результаты.

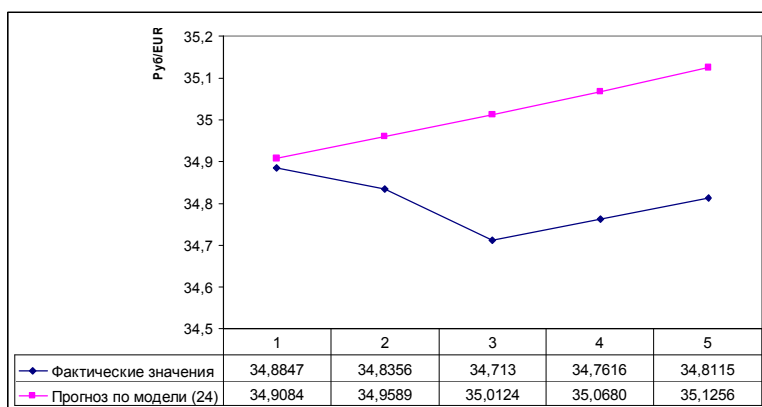


Рис. 24. Прогноз по модели (24)

Табл. 8. Интервальный прогноз для модели (24)

	Нижняя граница	Верхняя граница
1	34,3635	35,4533
2	34,3403	35,5776
3	34,3377	35,6871
4	34,3467	35,7893
5	34,3636	35,8875

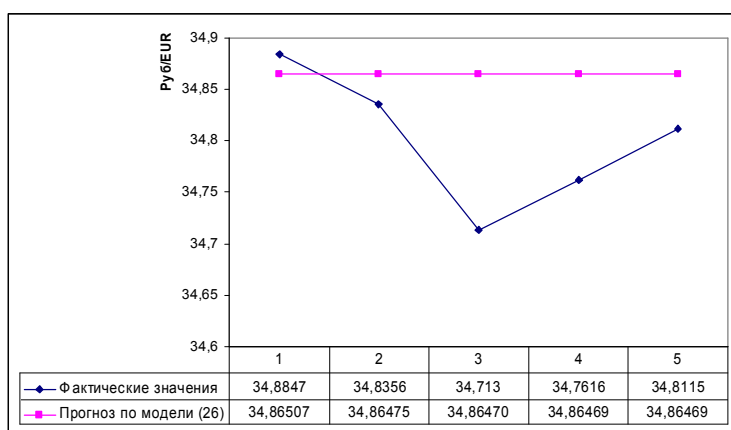


Рис. 25. Прогноз по модели (26)

Табл. 9. Интервальный прогноз для модели (26)

	Нижняя граница	Верхняя граница
1	34,7215	35,0086
2	34,6448	35,0847
3	34,5865	35,1429
4	34,5382	35,1912
5	34,4961	35,2333

Расчет прогноза проведен на h шагов по следующим формулам:

$$\tilde{Y}_{n+h} = 33,706 - 0,016(n+h) + 0,0006(n+h)^2 - 5,2 \cdot 10^{-6}(n+h)^3 + 1,3 \cdot 10^8(n+h)_{n+h}^4 + E_{n+h-1} - 0,14 \cdot (E_{n+h-1} - E_{n+h-2}),$$

$$\hat{Y}_{n+h} = Y_{n+h-1} + 0,161 \cdot (Y_{n+h-1} - Y_{n+h-2}),$$

для моделей (24) и (26) соответственно.

Анализируя полученные прогнозные значения, нельзя сделать однозначный вывод. С одной стороны, прогноз по смешанной модели (24) продолжает тенденцию ряда, с другой стороны, прогноз по модели (26) имеет меньшее значение средней относительной ошибки аппроксимации, для нее оно равно $A \approx 0,205\%$, а для модели (24) – $A \approx 0,614\%$.

Величина средней ошибки аппроксимации для модели (24) обусловлена внезапным снижением фактических значений курса евро на 2-м и 3-м шаге прогноза. Можно заметить, что, начиная с 3-го, прогнозные значения полностью соответствуют тенденции фактических значений и располагаются параллельно им. Таким образом, по моему мнению, из рассматриваемых моделей лучшей можно считать модель (24).

На первом шаге прогноза, как и в предыдущей главе, получено значение, достаточно близкое к фактическому.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что корректировка прогнозных значений на 1 день с помощью вновь поступающих (текущих) данных о значениях курсов валют может дать хороший результат по модели (24).

Заключение

Итак, в данной работе проведен анализ рядов, составленных по ежедневным данным о курсах доллара и евро по отношению к рублю за период с 01.02.2006 по 07.12.2006, по которым были построены модели. В процессе решения поставленной задачи были рассмотрены как трендовые модели, так и авторегрессионные модели, в том числе модели АРПСС(p, d, q). Анализ остатков и качества моделей показал, что нельзя однозначно сделать вывод о том, какую модель предпочтительнее использовать для прогнозирования курсов валют. Прогнозные значения на 5 дней, рассчитанные с помощью рассматриваемых моделей, дали неоднозначный результат. Модели оказались неэффективными для долгосрочного прогноза. В одном случае лучшая точность прогноза достигается с использованием авторегрессионной модели, в другом – лучшей оказывается модель, сочетающая в себе как трендовую компоненту, так и авторегрессионную модель, построенную для остатков. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что динамика курсов валют на финансовом рынке практически непредсказуема, но построенные модели можно использовать для краткосрочного прогноза на 1 день.

Неточность полученных результатов можно объяснить тем, что, во-первых, выбранные модели являются адаптивными и опираются на последние значения рядов, во-вторых, тенденции рассматриваемых рядов часто нарушаются резкими скачками, обусловленными различными экономическими факторами, которые не учитываются в данном исследовании.

Приложения

Приложение 1 Исходные данные

Значения курса евро:

t	Дата	EUR
1	01.02.06	33,331
2	02.02.06	33,574
3	03.02.06	33,574
4	04.02.06	33,574
	05.02.06	33,577
	06.02.06	33,581
5	07.02.06	33,584
6	08.02.06	33,653
7	09.02.06	33,526
8	10.02.06	33,54
9	11.02.06	33,594
	12.02.06	33,587
	13.02.06	33,58
10	14.02.06	33,573
11	15.02.06	33,622
12	16.02.06	33,824
13	17.02.06	33,849
14	18.02.06	33,844
	19.02.06	33,847
	20.02.06	33,851
15	21.02.06	33,855
16	22.02.06	33,902
17	23.02.06	34,039
18	24.02.06	33,994
19	25.02.06	34,135
	26.02.06	34,107
	27.02.06	34,078
20	28.02.06	34,049
21	01.03.06	33,473
22	02.03.06	33,393
23	03.03.06	33,398
24	04.03.06	33,442
	05.03.06	33,406
	06.03.06	33,371
25	07.03.06	33,336
26	08.03.06	33,502
	09.03.06	33,513
	10.03.06	33,524
27	11.03.06	33,536
	12.03.06	33,563
	13.03.06	33,59
28	14.03.06	33,617
29	15.03.06	33,683
30	16.03.06	33,681
31	17.03.06	33,522
32	18.03.06	33,481
	19.03.06	33,495
	20.03.06	33,508
33	21.03.06	33,522
34	22.03.06	33,486
35	23.03.06	33,395
36	24.03.06	33,479
37	25.03.06	33,655
	26.03.06	33,629
	27.03.06	33,602
38	28.03.06	33,575
39	29.03.06	33,437
40	30.03.06	33,447
41	31.03.06	33,329
42	01.04.06	34,191
	02.04.06	34,148
	03.04.06	34,106
43	04.04.06	34,063
44	05.04.06	34,007
45	06.04.06	33,96
46	07.04.06	33,949
47	08.04.06	33,814
	09.04.06	33,842
	10.04.06	33,871
48	11.04.06	33,899
49	12.04.06	33,93
50	13.04.06	33,77
51	14.04.06	33,658
52	15.04.06	33,545
	16.04.06	33,55
	17.04.06	33,555
53	18.04.06	33,56
54	19.04.06	33,607
55	20.04.06	33,578
56	21.04.06	33,536
57	22.04.06	33,681
	23.04.06	33,736
	24.04.06	33,792
58	25.04.06	33,847
59	26.04.06	33,819
60	27.04.06	33,613
61	28.04.06	33,462
62	29.04.06	33,627
	30.04.06	33,964
	01.05.06	34,3
63	02.05.06	34,637
64	03.05.06	34,497
65	04.05.06	34,548
66	05.05.06	34,539
67	06.05.06	34,582
	07.05.06	34,613
	08.05.06	34,645
68	09.05.06	34,676
69	10.05.06	34,453
70	11.05.06	34,599
71	12.05.06	34,51
72	13.05.06	34,702
	14.05.06	34,673
	15.05.06	34,645
73	16.05.06	34,617
74	17.05.06	34,736
75	18.05.06	34,689
76	19.05.06	34,478
77	20.05.06	34,544
	21.05.06	34,519
	22.05.06	34,495
78	23.05.06	34,47
79	24.05.06	34,47
80	25.05.06	34,409
81	26.05.06	34,288
82	27.05.06	34,367
	28.05.06	34,33
	29.05.06	34,292
83	30.05.06	34,255
84	31.05.06	34,191
85	01.06.06	33,976
86	02.06.06	34,008
87	03.06.06	34,049
	04.06.06	34,016
	05.06.06	33,983
88	06.06.06	33,951
89	07.06.06	34,025
90	08.06.06	34,16
91	09.06.06	34,092
92	10.06.06	34,031
	11.06.06	34,041
	12.06.06	34,052
93	13.06.06	34,062
94	14.06.06	34,147
95	15.06.06	34,121
96	16.06.06	34,071
97	17.06.06	34,058
	18.06.06	34,085
	19.06.06	34,113
98	20.06.06	34,141
99	21.06.06	34,141
100	22.06.06	34,337
101	23.06.06	34,37
102	24.06.06	34,539
	25.06.06	34,553
	26.06.06	34,566
103	27.06.06	34,58
104	28.06.06	34,437
105	29.06.06	34,537
106	30.06.06	34,706
107	01.07.06	34,109
	02.07.06	34,129
	03.07.06	34,15
108	04.07.06	34,171
109	05.07.06	33,929
110	07.07.06	34,067
111	08.07.06	34,014
	09.07.06	34,02
	10.07.06	34,027
112	11.07.06	34,033
113	12.07.06	33,979
114	13.07.06	33,825
115	14.07.06	33,866
116	15.07.06	34,015
	16.07.06	34,06
	17.07.06	34,104
117	18.07.06	34,149
118	19.07.06	34,222
119	20.07.06	34,301
120	21.07.06	34,235
121	22.07.06	34,365
	23.07.06	34,357
	24.07.06	34,35
122	25.07.06	34,342
123	26.07.06	34,282
124	27.07.06	34,398
125	28.07.06	34,358
126	29.07.06	34,238
	30.07.06	34,229
	31.07.06	34,22
127	01.08.06	34,211
128	02.08.06	34,172
129	03.08.06	34,302
130	04.08.06	34,213
131	05.08.06	34,251
	06.08.06	34,288
	07.08.06	34,326
132	08.08.06	34,363
133	09.08.06	34,295
134	10.08.06	34,301
135	11.08.06	34,385
136	12.08.06	34,204
	13.08.06	34,199
	14.08.06	34,194
137	15.08.06	34,189
138	16.08.06	34,149
139	17.08.06	34,25
140	18.08.06	34,363
141	19.08.06	34,316
	20.08.06	34,345
	21.08.06	34,373
142	22.08.06	34,401
143	23.08.06	34,377
144	24.08.06	34,26
145	25.08.06	34,217
146	26.08.06	34,202
	27.08.06	34,219
	28.08.06	34,237
147	29.08.06	34,254
148	30.08.06	34,308
149	31.08.06	34,313
150	01.09.06	34,318
151	02.09.06	34,267
	03.09.06	34,292
	04.09.06	34,318
152	05.09.06	34,343
153	06.09.06	34,193
154	07.09.06	34,193
155	08.09.06	34,189
156	09.09.06	34,034
	10.09.06	34,019
	11.09.06	34,004
157	12.09.06	33,989
158	13.09.06	34,044
159	14.09.06	34,015
160	15.09.06	33,998
161	16.09.06	34,045
	17.09.06	34,021
	18.09.06	33,996
162	19.09.06	33,972
163	20.09.06	34,005
164	21.09.06	33,958
165	22.09.06	34,016
166	23.09.06	34,153
	24.09.06	34,151
	25.09.06	34,149
167	26.09.06	34,147
168	27.09.06	34,06
169	28.09.06	33,973
170	29.09.06	34,028
171	30.09.06	33,978
	01.10.06	33,974
	02.10.06	33,97
172	03.10.06	33,965
173	04.10.06	34,101
174	05.10.06	34,075
175	06.10.06	34,046
176	07.10.06	33,99
	08.10.06	33,952
	09.10.06	33,914
177	10.10.06	33,876
178	11.10.06	33,883
179	12.10.06	33,795
180	13.10.06	33,796
181	14.10.06	33,839
	15.10.06	33,801
	16.10.06	33,763
182	17.10.06	33,725
183	18.10.06	33,759
184	19.10.06	33,798
185	20.10.06	33,782
186	21.10.06	33,905
	22.10.06	33,888
	23.10.06	33,87
187	24.10.06	33,853
188	25.10.06	33,76
189	26.10.06	33,8
190	27.10.06	33,927
191	28.10.06	33,968
	29.10.06	33,988
	30.10.06	34,008
192	31.10.06	34,028
193	01.11.06	33,985
194	02.11.06	34,084
195	03.11.06	34,078
196	04.11.06	34,108
	05.11.06	34,108
	06.11.06	34,108
197	07.11.06	34,108
198	08.11.06	34,092
199	09.11.06	34,102
200	10.11.06	34,11
201	11.11.06	34,238
	12.11.06	34,235
	13.11.06	34,233
202	14.11.06	34,23
203	15.11.06	34,18
204	16.11.06	34,174
205	17.11.06	34,172
206	18.11.06	34,122
	19.11.06	34,144
	20.11.06	34,167
207	21.11.06	34,19
208	22.11.06	34,174
209	23.11.06	34,25
210	24.11.06	34,356
211	25.11.06	34,394
	26.11.06	34,462
	27.11.06	34,53
212	28.11.06	34,598
213	29.11.06	34,63
214	30.11.06	34,678
215	01.12.06	34,69
216	02.12.06	34,819
	03.12.06	34,836
	04.12.06	34,854
217	05.12.06	34,872
218	06.12.06	34,88
219	07.12.06	34,867

Значения курса доллара:

t	Дата	USD
1	01.02.06	28,131
2	02.02.06	28,104
3	03.02.06	28,19
4	04.02.06	28,173
	05.02.06	28,194
	06.02.06	28,214
5	07.02.06	28,235
6	08.02.06	28,252
7	09.02.06	28,264
8	10.02.06	28,25
9	11.02.06	28,241
	12.02.06	28,24
	13.02.06	28,238
10	14.02.06	28,237
11	15.02.06	28,184
12	16.02.06	28,199
13	17.02.06	28,223
14	18.02.06	28,218
	19.02.06	28,194
	20.02.06	28,169
15	21.02.06	28,145
16	22.02.06	28,191
17	23.02.06	28,183
18	24.02.06	28,183
19	25.02.06	28,183
	26.02.06	28,163
	27.02.06	28,142
20	28.02.06	28,122
21	01.03.06	28,121
22	02.03.06	28,025
23	03.03.06	28,028
24	04.03.06	27,931
	05.03.06	27,914
	06.03.06	27,898
25	07.03.06	27,881
26	08.03.06	27,995
	09.03.06	28,003
	10.03.06	28,012
27	11.03.06	28,02
	12.03.06	28,016
	13.03.06	28,012
28	14.03.06	28,008
29	15.03.06	27,993
30	16.03.06	27,843
31	17.03.06	27,817
32	18.03.06	27,703
	19.03.06	27,689
	20.03.06	27,675
33	21.03.06	27,662
34	22.03.06	27,703
35	23.03.06	27,738
36	24.03.06	27,768
37	25.03.06	27,847
	26.03.06	27,822
	27.03.06	27,798
38	28.03.06	27,773
39	29.03.06	27,802
40	30.03.06	27,804
41	31.03.06	27,763
42	01.04.06	27,7
	02.04.06	27,724
	03.04.06	27,749
43	04.04.06	27,774
44	05.04.06	27,692
45	06.04.06	27,56
46	07.04.06	27,533
47	08.04.06	27,608
	09.04.06	27,641
	10.04.06	27,675
48	11.04.06	27,709
49	12.04.06	27,68
50	13.04.06	27,663
51	14.04.06	27,699
52	15.04.06	27,7
	16.04.06	27,678
	17.04.06	27,656
53	18.04.06	27,634
54	19.04.06	27,568

t	Дата	USD
55	20.04.06	27,465
56	21.04.06	27,467
57	22.04.06	27,52
	23.04.06	27,491
	24.04.06	27,462
58	25.04.06	27,433
59	26.04.06	27,424
60	27.04.06	27,392
61	28.04.06	27,362
62	29.04.06	27,274
	30.04.06	27,274
	01.05.06	27,274
63	02.05.06	27,274
64	03.05.06	27,242
65	04.05.06	27,159
66	05.05.06	27,209
67	06.05.06	27,126
	07.05.06	27,111
	08.05.06	27,095
68	09.05.06	27,08
69	10.05.06	27,08
70	11.05.06	27,036
71	12.05.06	27,076
72	13.05.06	26,943
	14.05.06	26,935
	15.05.06	26,927
73	16.05.06	26,919
74	17.05.06	27,021
75	18.05.06	26,957
76	19.05.06	27,066
77	20.05.06	26,999
	21.05.06	27,031
	22.05.06	27,064
78	23.05.06	27,097
79	24.05.06	26,988
80	25.05.06	27,017
81	26.05.06	27,038
82	27.05.06	27,035
	28.05.06	27,045
	29.05.06	27,055
83	30.05.06	27,065
84	31.05.06	26,984
85	01.06.06	26,936
86	02.06.06	27,047
87	03.06.06	26,887
	04.06.06	26,828
	05.06.06	26,768
88	06.06.06	26,709
89	07.06.06	26,733
90	08.06.06	26,858
91	09.06.06	26,88
92	10.06.06	27,008
	11.06.06	27,008
	12.06.06	27,008
93	13.06.06	27,008
94	14.06.06	27,084
95	15.06.06	27,09
96	16.06.06	27,037
97	17.06.06	26,987
	18.06.06	27,004
	19.06.06	27,021
98	20.06.06	27,038
99	21.06.06	27,045
100	22.06.06	27,016
101	23.06.06	26,974
102	24.06.06	27,049
	25.06.06	27,067
	26.06.06	27,084
103	27.06.06	27,102
104	28.06.06	27,033
105	29.06.06	27,061
106	30.06.06	27,079
107	01.07.06	26,942
	02.07.06	26,919
	03.07.06	26,896
108	04.07.06	26,874
109	05.07.06	26,84

t	Дата	USD
110	07.07.06	26,911
111	08.07.06	26,878
	09.07.06	26,871
	10.07.06	26,863
112	11.07.06	26,856
113	12.07.06	26,913
114	13.07.06	26,867
115	14.07.06	26,919
116	15.07.06	26,963
	16.07.06	26,951
	17.07.06	26,94
117	18.07.06	26,928
118	19.07.06	27,019
119	20.07.06	27,055
120	21.07.06	26,967
121	22.07.06	26,912
	23.07.06	26,916
	24.07.06	26,919
122	25.07.06	26,922
123	26.07.06	26,907
124	27.07.06	26,988
125	28.07.06	26,843
126	29.07.06	26,872
	30.07.06	26,854
	31.07.06	26,837
127	01.08.06	26,82
128	02.08.06	26,842
129	03.08.06	26,761
130	04.08.06	26,804
131	05.08.06	26,771
	06.08.06	26,746
	07.08.06	26,721
132	08.08.06	26,696
133	09.08.06	26,735
134	10.08.06	26,739
135	11.08.06	26,674
136	12.08.06	26,793
	13.08.06	26,802
	14.08.06	26,81
137	15.08.06	26,819
138	16.08.06	26,834
139	17.08.06	26,78
140	18.08.06	26,723
141	19.08.06	26,736
	20.08.06	26,726
	21.08.06	26,715
142	22.08.06	26,705
143	23.08.06	26,696
144	24.08.06	26,761
145	25.08.06	26,786
146	26.08.06	26,8
	27.08.06	26,789
	28.08.06	26,778
147	29.08.06	26,767
148	30.08.06	26,745
149	31.08.06	26,738
150	01.09.06	26,73
151	02.09.06	26,754
	03.09.06	26,744
	04.09.06	26,733
152	05.09.06	26,722
153	06.09.06	26,641
154	07.09.06	26,671
155	08.09.06	26,671
156	09.09.06	26,763
	10.09.06	26,774
	11.09.06	26,785
157	12.09.06	26,797
158	13.09.06	26,776
159	14.09.06	26,798
160	15.09.06	26,802
161	16.09.06	26,767
	17.09.06	26,779
	18.09.06	26,792
162	19.09.06	26,805
163	20.09.06	26,772
164	21.09.06	26,797

t	Дата	USD
165	22.09.06	26,767
166	23.09.06	26,671
	24.09.06	26,67
	25.09.06	26,668
167	26.09.06	26,667
168	27.09.06	26,726
169	28.09.06	26,794
170	29.09.06	26,75
171	30.09.06	26,78
	01.10.06	26,785
	02.10.06	26,79
172	03.10.06	26,795
173	04.10.06	26,734
174	05.10.06	26,767
175	06.10.06	26,78
176	07.10.06	26,81
	08.10.06	26,837
	09.10.06	26,865
177	10.10.06	26,892
178	11.10.06	26,889
179	12.10.06	26,954
180	13.10.06	26,951
181	14.10.06	26,931
	15.10.06	26,944
	16.10.06	26,956
182	17.10.06	26,969
183	18.10.06	26,945
184	19.10.06	26,929
185	20.10.06	26,935
186	21.10.06	26,851
	22.10.06	26,861
	23.10.06	26,871
187	24.10.06	26,88
188	25.10.06	26,931
189	26.10.06	26,903
190	27.10.06	26,831
191	28.10.06	26,788
	29.10.06	26,775
	30.10.06	26,761
192	31.10.06	26,748
193	01.11.06	26,781
194	02.11.06	26,729
195	03.11.06	26,728
196	04.11.06	26,701
	05.11.06	26,701
	06.11.06	26,701
197	07.11.06	26,701
198	08.11.06	26,722
199	09.11.06	26,704
200	10.11.06	26,698
201	11.11.06	26,62
	12.11.06	26,619
	13.11.06	26,619
202	14.11.06	26,619
203	15.11.06	26,651
204	16.11.06	26,655
205	17.11.06	26,655
206	18.11.06	26,689
	19.11.06	26,673
	20.11.06	26,656
207	21.11.06	26,64
208	22.11.06	26,655
209	23.11.06	26,612
210	24.11.06	26,556
211	25.11.06	26,52
	26.11.06	26,469
	27.11.06	26,418
212	28.11.06	26,367
213	29.11.06	26,35
214	30.11.06	26,315
215	01.12.06	26,308
216	02.12.06	26,247
	03.12.06	26,233
	04.12.06	26,219
217	05.12.06	26,206
218	06.12.06	26,184
219	07.12.06	26,188

Приложение 2 Код программы H&LSeries.exe

```
#include <vcl.h>
#include <math.h>
#pragma hdrstop
#include "Unit1.h"
#include "Unit2.h"
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TForm1 *Form1;
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
}
//-----
void __fastcall TForm1::N6Click(TObject *Sender) // информация о программе
{
    AboutBox->ShowModal();
}
//-----
void __fastcall TForm1::OpenFileClick(TObject *Sender) // открытие файла
{
    if(OpenDialog->Execute())
    { Memo->Lines->LoadFromFile(OpenDialog->FileName); }
}
//-----
void __fastcall TForm1::CalculateClick(TObject *Sender) // вывод неравенств
{
    for(int i = 0; i < Memo->Lines->Count; i++ )
        { Memo->Lines->Strings[i];}

    int n = Memo->Lines->Count;
    float *x = new float[n];
    for(int j=0; j<n; j++)
        {x[j] = Memo->Lines->Strings[j].ToDouble(); }
    int t0; //выбор значения t_0
    if (n <= 26 && 0<n) t0 = 5;
    else if (n <= 153 && 26<n) t0 = 6;
    else if (n <= 1170 && 153<n) t0 = 7;

    int t_max=0;
    int sign=0;
    int tau=0;
    int nu=1;
    for (int j=1; j<n; j++) //расчет числа серий и максимальной длины серии
    {
        double diff=x[j]-x[j-1];
        int newSign;
        if(diff<0) newSign=-1;
        else if (diff>0) newSign=1;
        else newSign=0;
        if(sign==0) sign=newSign;
        if(newSign==sign)
        {
            tau++;
            if(tau>t_max) t_max=tau;
        }
        else {nu++; sign=newSign; tau=1;}
    }

    double p = (16*n-29)/90; // расчет правой части первого из неравенств (3)
```

```

float ner = (2*n-1)/3-1.96* sqrt(p);

Nu->Text = nu;
t_nul->Text = t0;
tau_max->Text = t_max;
Ner1->Text = ner;
}
//-----
// проверка выполнения гипотезы
void __fastcall TForm1::CheckHypClick(TObject *Sender)
{
for(int i = 0; i < Memo->Lines->Count; i++)
{ Memo->Lines->Strings[i]; }
int n = Memo->Lines->Count;
float *x = new float[n];
for(int j=0; j<n; j++)
{x[j] = Memo->Lines->Strings[j].ToDouble(); }
int t0;
if (n <= 26 && 0<n)
t0 = 5;
else if (n <= 153 && 26<n)
t0 = 6;
else if (n <=1170&& 153<n)
t0 = 7;

int t_max=0;
int sign=0;
int tau=0;
int nu=1;
for (int j=1;j<n;j++)
{
double diff=x[j]-x[j-1];
int newSign;
if(diff<0)newSign=-1;
else if (diff>0) newSign=1;
else newSign=0;
if(sign==0) sign=newSign;
if(newSign==sign)
{
tau++;
if(tau>t_max) {t_max=tau;}
}
else {nu++; sign=newSign; tau=1;}
}
float ner = (2*n-1)/3-1.96* sqrt((16*n-29)/90);
if (nu>ner && t_max<t0) ProvHyp->Text="Гипотеза случайности принимается";
else ProvHyp->Text="Гипотеза случайности отклоняется" ;
}
//-----
void __fastcall TForm1::N5Click(TObject *Sender) // вызов справки к программе
{
ShellExecute(NULL, NULL,TEXT("Remainders.chm"),NULL, NULL, SW_SHOWNORMAL);
}
//-----
void __fastcall TForm1::N2Click(TObject *Sender) // открытие файла через меню
{
if(OpenDialog->Execute())
{ Memo->Lines->LoadFromFile(OpenDialog->FileName); }
}
}

```

Приложение 3 Модели для курса доллара

Линейный тренд:

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,895
R ²	0,801
Нормированный R ²	0,800
Стандартная ошибка	0,232
Наблюдения	219
t _{табл}	1,971

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	47,237	47,237	874,709	4,49E-78
Остаток	217	11,719	0,054		
Итого	218	58,956			

	Коэф-ты	Станд.ош.	t-ст-ка	P-Зн-е	Ниж.95%	Верх.95%
a_0	27,933	0,0315	886,36	0	27,871	27,995
a_1	-0,00735	0,00025	-29,5755	4,49E-78	-0,0078	-0,00686

Полиномиальная модель 4-й степени:

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,981
R ²	0,962
Нормированный R ²	0,961
Стандартная ошибка	0,103
Наблюдения	219
t _{табл}	1,971

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	4	56,699	14,1748	1343,898	2,5191E-150
Остаток	214	2,257	0,01055		
Итого	218	58,956			

	Коэф-ты	Станд.ош.	t-ст-ка	P-Зн-е	Ниж.95%	Верх.95%
a_0	28,286	0,0357	792,947	0	28,216	28,3565
a_1	-0,0068	0,0022	-3,0420	0,00264	-0,0112	-0,00239
a_2	-0,0003	4,12E-05	-6,9530	4,26E-11	-0,0003	-0,00020
a_3	2,91E-06	2,81E-07	10,3499	1,29E-20	2,35E-06	3,46E-06
a_4	-7,54E-09	6,34E-10	-11,9032	2,10E-25	-8,79E-09	-6,29E-09

Модель AP(1):

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,994
R ²	0,988
Нормированный R ²	0,988
Стандартная ошибка	0,057
Наблюдения	218
t _{табл}	1,971

Дисперсионный анализ

	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	57,229	57,229	17361,759	2,5224E-208
Остаток	216	0,712	0,0033		
Итого	217	57,941			

	Коэф-ты	Станд.ош.	t-стат-ка	P-Зн-е	Ниж.95%	Верх.95%
b ₀	0,1895	0,2044	0,9269	0,3550	-0,2134	0,5924
b ₁	0,9927	0,0075	131,7640	2,52E-208	0,9778	1,0075

Приложение 4 Модели для курса евро

Полиномиальная модель 4-й степени:

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,792
R ²	0,628
Нормированный R ²	0,621
Стандартная ошибка	0,202
Наблюдения	219
t _{табл}	1,971

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	4	14,757	3,6893	90,17142	8,49E-45
Остаток	214	8,7557	0,0409		
Итого	218	23,513			

	Кэф-ты	Станд.оша	t-ст-ка	P-Зн-е	Ниж.95%	Верх.95%
a 0	33,70636	0,070258	479,7538	0	33,56787	33,84484
a 1	-0,01576	0,004404	-3,57861	0,000427	-0,02444	-0,00708
a 2	0,000605	8,11E-05	7,458492	2,16E-12	0,000445	0,000765
a 3	-5,2E-06	5,54E-07	-9,30482	1,64E-17	-6,2E-06	-4,1E-06
a 4	1,29E-08	1,25E-09	10,30959	1,71E-20	1,04E-08	1,53E-08

Полиномиальная модель 5-й степени:

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,796
R ²	0,634
Нормированный R ²	0,625
Стандартная ошибка	0,201
Наблюдения	219

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	5	14,899	2,979	73,6804	1,5384E-44
Остаток	213	8,6141	0,040		
Итого	218	23,5129			

	Кэфты	Станд.ош.	t-ст-ка	P-Зн-е	Ниж.95%	Верх.95%
a 0	33,616	0,0849	395,930	2,26E-307	33,449	33,7834
a 1	-0,00382	0,0077	-0,494	0,6215	-0,0191	0,0114
a 2	0,000229	0,0002	1,056	0,2919	-0,0001	0,00066
a 3	-6,053E-07	2,491E-06	-0,243	0,8082	-5,515E-06	4,30E-06
a 4	-1,035E-08	1,247E-08	-0,829	0,4076	-3,493E-08	1,42E-08
a 5	4,221E-11	2,256E-11	1,871	0,0627	-2,258E-12	8,67E-11

Полиномиальная модель 6-й степени:

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,803
R ²	0,645
Нормированный R ²	0,635
Стандартная ошибка	0,198
Наблюдения	219

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	6	15,171	2,528	64,263	4,78E-45
Остаток	212	8,342	0,039		
Итого	218	23,5128			

	Кэф-ты	Станд.ош.	t-ст-ка	P-Зн-е	Ниж.95%	Верх.95%
a 0	33,756	0,099	340,241	3,22E-292	33,560	33,9516
a 1	-0,0293	0,0123	-2,3791	0,0182	-0,0537	-0,0050
a 2	0,0013	0,0005	2,8344	0,0050	0,0004	0,0023
a 3	-2,13E-05	8,246E-06	-2,5857	0,0104	-3,75E-05	-5,07E-06
a 4	1,66E-07	6,803E-08	2,4363	0,0157	3,16E-08	2,99E-07
a 5	-6,61E-10	2,683E-10	-2,4654	0,0145	-1,19E-09	-1,33E-10
a 6	1,07E-12	4,052E-13	2,6318	0,0091	2,68E-13	1,86E-12

Приложение 5 Список терминов

Временной ряд – совокупность наблюдений, выполненных в хронологическом порядке и, как правило, через равные промежутки времени [9].

Корреляция – взаимодействие двух или нескольких величин (или переменных), при котором изменениям одной или нескольких из них соответствуют изменения другой или других в том же или противоположном направлении [9].

Автокорреляция – корреляционная связь (см. Корреляция) между значениями одного и того же случайного процесса $X(t)$ в моменты времени t_1 и t_2 . Функция, характеризующая эту связь, называется автокорреляционной функцией [9].

Частная корреляция – корреляция между двумя переменными, вычисленная после устранения влияния всех других переменных [8].

Тренд – длительная тенденция изменения экономических показателей. Когда строятся экономико-математические модели прогноза, Т. оказывается первой, основной составляющей прогнозируемого временного ряда, на которую уже накладываются другие составляющие, например сезонные колебания [9].

Стационарные ряды (в анализе временных рядов) – ряды, имеющие постоянные по времени среднее, дисперсию и автокорреляцию [8].

Список литературы

1. Орлов А. Евро атакует доллар // Российская Федерация сегодня. 2002. №19.
2. Тимченко М.Н. История введения единой европейской валюты и его последствия // Финансовый менеджмент. 2001. №1.
3. Аскер-Заде Н., Орлов И. Доллар упал в историю // Коммерсант. 2008. №34. с. 1.
4. Официальный сайт министерства финансов РФ. <http://www1.minfin.ru/>
5. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов: Прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.
6. Елисеева И.И. Эконометрика. М.: Финансы и статистика, 2007. 576 с.
7. Кендэл М. Временные ряды. М.: Финансы и статистика, 1981. 191 с.
8. Арженовский С.В., Федосова О.Н. Эконометрика. Учебное пособие / Рост. гос. экон. унив. Ростов н/Д, 2002. 102 с.
9. Новиков А.И. Эконометрика. М.: ИНФРА-М, 2007. 144 с.
10. Электронный учебник по статистике. Москва, StatSoft, 2001.
<http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>.
11. Федорова Е.К. Статистический анализ динамики курсов валют. Процессы управления и устойчивость, Труды XXXIX международной научной конференции / под ред. Смирнова Н.В., Смирновой Т.Е. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, с.
12. Луговская Л.В. Эконометрика в вопросах и ответах. Учебное пособие. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. 208 с.

Предметный указатель

A

Автокорреляция
уровней ряда · 8
Авторегрессия
Проинтегрированного Скользящего Среднего
(АРПСС) · 13

B

Временной ряд · 5

K

Коэффициент
автокорреляции · 8
ранговый коэффициент корреляции Спирмена · 7
частной автокорреляции · 8
Критерий
"восходящих и нисходящих" серий · 6
F-критерий Фишера · 10

h-критерий Дарбина · 12
Акаики (AIC) · 15
Дарбина-Уотсона · 8
Стьюдента · 6
Шварца (SC) · 15

M

Модель
АРПСС · 13

O

Ошибка
средняя относительная ошибка аппроксимации · 11

C

Статистика
Бокса-Пирса · 14
интеграционная статистика Дарбина-Уотсона (*IDW*)
· 14