

**Глава 2. Исследование сравнительного качества прогнозов некоторых макроэкономических рядов РФ, получаемых по фиксированным и рекурсивным TS- и DS-моделям**

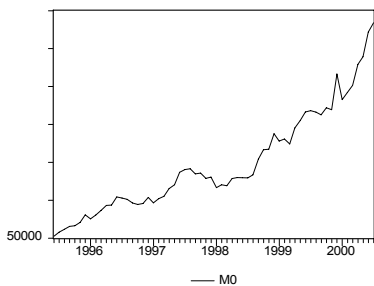
Для исследования использовались ежемесячные данные Госкомстата РФ, Центрального банка РФ, Министерства финансов РФ и Центра экономической конъюнктуры по макроэкономическим показателям Российской Федерации (денежные агрегаты M0, M1, M2, экспорт, налоговые доходы федерального и консолидированного бюджетов РФ, поступления отдельных налогов, индексы промышленного производства) за период 1994–2001 гг. При этом моделирование в большинстве случаев осуществлялось на более коротком интервале, чтобы иметь возможность анализировать ошибки прогнозирования вперед на различные периоды. Полные таблицы исходных данных приведены в Приложении 2.

**2.1. Денежные ряды**

**2.1.1. M0**

При исследовании этого ряда, а также рядов M1 и M2 мы будем рассматривать месячные данные за период с 06.1995 по 02.2001, используя результаты, полученные в отношении этих трех рядов на временном интервале с 06.1995 по 07.2000 в работе [Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей (2001)].

На временном интервале 06.1995–02.2001 ряд M0 (в номинальных значениях) имеет вид:



При использовании критериев Перрона на наличие у этого ряда единичного корня с эндогенным выбором даты излома в упомянутой работе были получены следующие результаты (относящиеся к периоду с 06.1995 по 07.2000).

Для модели, допускающей сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса (IO), в качестве даты излома указан 01.1999.

Для модели, допускающей только изменение наклона тренда (без сдвига траектории) в форме аддитивного выброса (AO), в качестве даты излома также указан 01.1999.

В обоих случаях гипотеза единичного корня не отвергается, что, в согласии с результатами применения других критериев, приводит к выводу о том, что поведение траектории ряда M0 за период с 06.1995 по 07.2000 соответствует поведению DS-ряда (т.е. поведению интегрированного ряда, приведение которого к стационарному виду требует дифференцирования).

Содержательные соображения указывают на то, что излом этого и других временных рядов может приходиться на вторую половину 1998 г. (финансовый кризис и сразу после него), а также на начало 1999 г. (оживление экономической активности и начало экономического роста). В этом смысле полученные результаты согласуются с содержательными аргументами в пользу выбора даты излома.

Для сравнения прогнозов, получаемых по моделям TS- и DS-рядов, построим для периода 06.1995–07.2000 подходящие модели обоих типов – DS и TS.

**DS-модели**

Сначала построим DS-модели с инновационным и аддитивным выбросами (дата излома 01.1999). Оцененные модели имеют следующий вид.

**DS-модель с инновационным выбросом**

Dependent Variable: D(X)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	7957.736	3094.706	2.571403	0.0150
DTB	-18161.51	11183.91	-1.623897	0.1142
DU	14680.75	5592.419	2.625115	0.0132
D( X(-1))	0.035399	0.159275	0.222248	0.8255
D( X(-2))	-0.105155	0.156321	-0.672687	0.5060
D( X(-3))	-0.056082	0.155705	-0.360181	0.7211
D( X(-4))	-0.262292	0.162524	-1.613874	0.1164
D( X(-5))	-0.274312	0.169334	-1.619945	0.1151
D( X(-6))	-0.104990	0.174786	-0.600679	0.5523
D( X(-7))	-0.030949	0.187136	-0.165381	0.8697
D( X(-8))	-0.264658	0.218019	-1.213925	0.2337

Продолжение таблицы

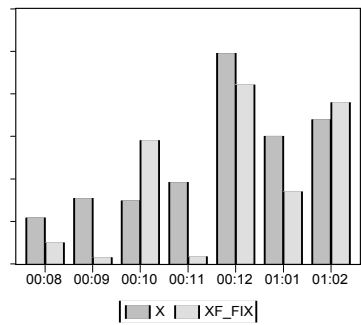
Dependent Variable: D(X)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D( X( -9))	-0.660972	0.207564	-3.184427	0.0032
D( X( -10))	-0.190682	0.231654	-0.823134	0.4165
D( X( -11))	-0.486314	0.232308	-2.093403	0.0443
D( X( -12))	0.625239	0.242277	2.580681	0.0147
D( X( -13))	-0.722586	0.263874	-2.738378	0.0100
R-squared	0.639036	Mean dependent var		4816.396
Adjusted R-squared	0.469835	S.D. dependent var		12589.30
S.E. of regression	9166.580	Akaike info criterion		21.34572
Sum squared resid	2.69E+09	Schwarz criterion		21.96945
Log likelihood	-496.2972	F-statistic		3.776772
Durbin-Watson stat	2.141405	Prob( F-statistic)		0.000779

**DS-модель с аддитивным выбросом**

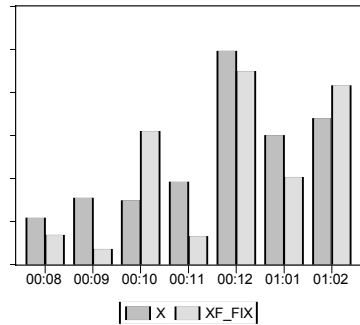
Dependent Variable: D(X)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2323.949	434.9662	5.342828	0.0000
DU	5718.042	1026.329	5.571356	0.0000
AR( 1)	-0.052317	0.153159	-0.341585	0.7348
AR( 2)	-0.194266	0.150285	-1.292652	0.2051
AR( 3)	-0.104782	0.146957	-0.713011	0.4809
AR( 4)	-0.281084	0.150118	-1.872425	0.0700
AR( 5)	-0.262538	0.139072	-1.887782	0.0679
AR( 6)	-0.046242	0.142080	-0.325462	0.7469
AR( 7)	0.018807	0.159481	0.117925	0.9068
AR( 8)	-0.193991	0.190853	-1.016441	0.3168
AR( 9)	-0.623240	0.186508	-3.341627	0.0021
AR( 10)	-0.206942	0.209388	-0.988317	0.3302
AR( 11)	-0.475055	0.209853	-2.263750	0.0303
AR( 12)	0.539607	0.225409	2.393907	0.0225
AR( 13)	-0.737280	0.235544	-3.130117	0.0036
R-squared	0.648283	Mean dependent var		4816.396
Adjusted R-squared	0.499070	S.D. dependent var		12589.30
S.E. of regression	8910.253	Akaike info criterion		21.27810
Sum squared resid	2.62E+09	Schwarz criterion		21.86285
Log likelihood	-495.6744	F-statistic		4.344682
Durbin-Watson stat	2.058355	Prob( F-statistic)		0.000255

Если зафиксировать обе модели и производить по ним прогнозы на один шаг вперед, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:

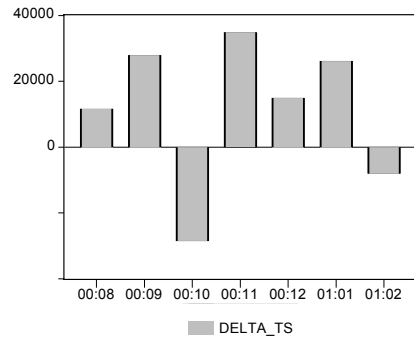


Аддитивный выброс:

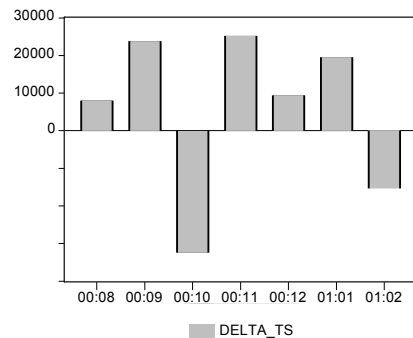


Ошибки прогнозов:

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным DS-моделям:

	DS (инновац.)	DS (аддитивн.)
Root Mean Squared Error	23660.00	20762.60
Mean Absolute Error	21726.06	19084.87
Mean Absolute Percent Error	5.966785	5.247909

По всем трем характеристикам здесь предпочтительнее оказывается модель с аддитивным выбросом.

TS-модели

TS-модель, допускающая сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса с датой излома 01.1999

Dependent Variable: X				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	83889.10	30383.71	2.760990	0.0097
DU	-11404.73	9892.396	-1.152878	0.2581
T	3349.482	1335.656	2.507742	0.0178
DT	6891.047	2317.117	2.973975	0.0058
X( -1)	0.750891	0.167935	4.471320	0.0001
X( -2)	-0.184634	0.185574	-0.994934	0.3277
X( -3)	0.011089	0.166217	0.066714	0.9473
X( -4)	-0.286183	0.169492	-1.688473	0.1017
X( -5)	-0.134868	0.169320	-0.796525	0.4320
X( -6)	0.131024	0.168245	0.778771	0.4422
X( -7)	0.059066	0.172426	0.342559	0.7343
X( -8)	-0.378450	0.255431	-1.481612	0.1489
X( -9)	-0.535159	0.263414	-2.031628	0.0511
X( -10)	0.282439	0.272772	1.035438	0.3087
X( -11)	-0.388248	0.278077	-1.396188	0.1729
X( -12)	0.930807	0.284523	3.271462	0.0027
X( -13)	-1.291862	0.329794	-3.917180	0.0005
X( -14)	0.459354	0.259166	1.772429	0.0865
R-squared	0.989083	Mean dependent var		169119.2
Adjusted R-squared	0.982896	S.D. dependent var		63099.49
S.E. of regression	8252.271	Akaike info criterion		21.15436
Sum squared resid	2.04E+09	Schwarz criterion		21.85606
Log likelihood	-489.7047	F-statistic		159.8771
Durbin-Watson stat	2.000861	Prob( F-statistic)		0.000000

TS-модель, допускающая изменение наклона тренда в форме аддитивного выброса с датой излома 01.1999

Dependent Variable: X				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	62114.74	2395.813	25.92637	0.0000
T	2238.796	86.16029	25.98408	0.0000
DT	6047.931	392.9049	15.39286	0.0000
AR( 1)	0.564688	0.148698	3.797544	0.0006
AR( 2)	-0.021091	0.165916	-0.127117	0.8996
AR( 3)	-0.030859	0.164054	-0.188101	0.8519
AR( 4)	-0.177696	0.163864	-1.084412	0.2860
AR( 5)	-0.185941	0.152462	-1.219589	0.2313
AR( 6)	0.089144	0.163710	0.544524	0.5897
AR( 7)	0.033957	0.171104	0.198459	0.8439
AR( 8)	-0.157527	0.239983	-0.656410	0.5161
AR( 9)	-0.564313	0.258719	-2.181178	0.0364

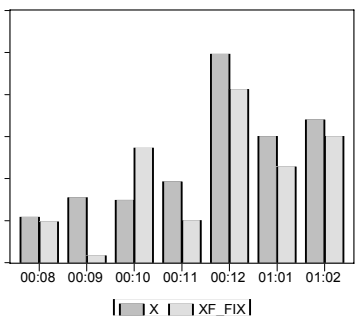
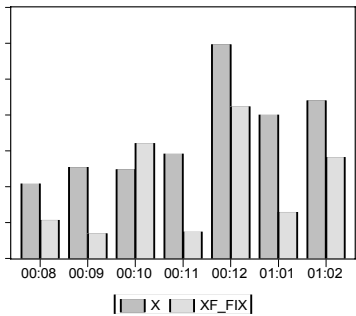
Продолжение таблицы

Dependent Variable: X				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR( 9)	-0.564313	0.258719	-2.181178	0.0364
AR( 10)	0.205723	0.274590	0.749201	0.4590
AR( 11)	-0.361187	0.276525	-1.306165	0.2005
AR( 12)	0.818430	0.284241	2.879354	0.0069
AR( 13)	-0.790364	0.225473	-3.505352	0.0013
R-squared	0.987803	Mean dependent var	167766.8	
Adjusted R-squared	0.982259	S.D. dependent var	63152.37	
S.E. of regression	8411.560	Akaike info criterion	21.17035	
Sum squared resid	2.33E+09	Schwarz criterion	21.78809	
Log likelihood	-502.6736	F-statistic	178.1749	
Durbin-Watson stat	1.716294	Prob( F-statistic)	0.000000	

Если зафиксировать обе модели и производить по ним последовательные прогнозы на один шаг вперед, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:

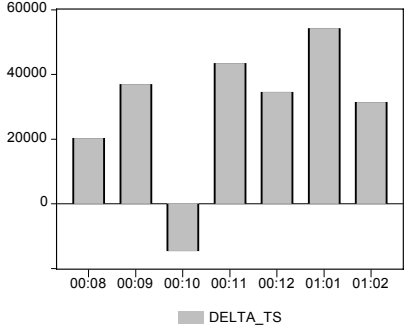
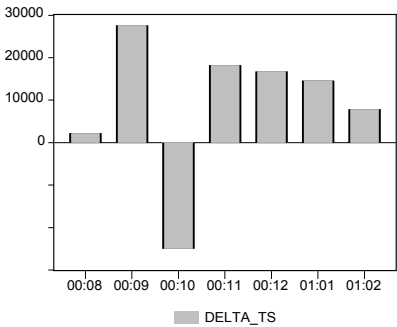
Аддитивный выброс:



Соответственно, ошибки прогнозов имеют вид:

Инновационный выброс:

Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным TS-моделям:

	TS (инновационная)	TS (аддитивная)
Root Mean Squared Error	35901.47	18035.41
Mean Absolute Error	33681.18	16031.46
Mean Absolute Percent Error	9.064165	4.371771

Прогноз по второй модели оказывается предпочтительнее по всем трем показателям.

Сведем полученные результаты в одну таблицу.

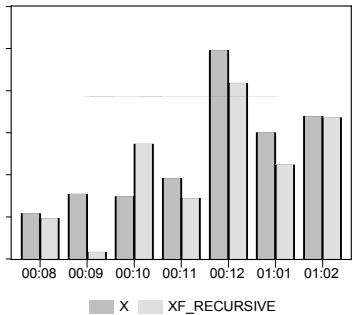
	DS инновационная	TS инновационная	DS аддитивная	TS аддитивная
RMSE	23660.00	35901.47	20762.60	18035.41
MAE	21726.06	33681.18	19084.87	16031.46
MAPE	5.966785	9.064165	5.247909	4.371771

Из таблицы следует, что хотя обе DS-модели лучше TS-модели с инновационным выбросом, наилучшей оказалась TS-модель с аддитивным выбросом.

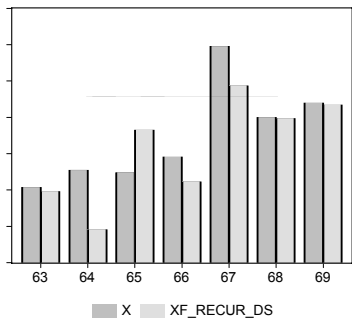
Приведем теперь результаты, получаемые при использовании рекурсивных моделей. Сравнение будем производить для моделей с аддитивным выбросом, поскольку и среди TS-моделей, и среди DS-моделей такая модель превосходит модель с инновационным выбросом по всем трем показателям.

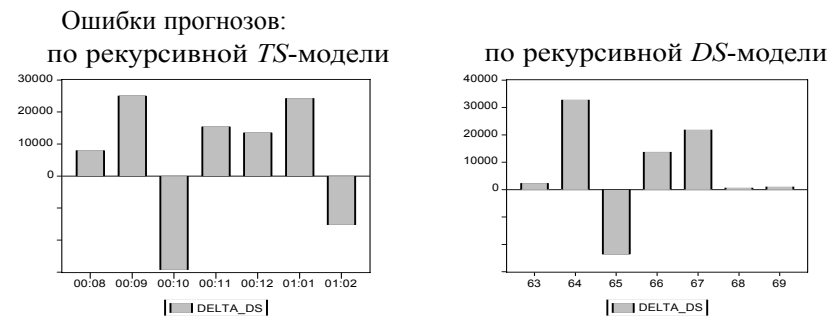
Прогнозы:

по рекурсивной TS-модели



по рекурсивной DS-модели





Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с аддитивным выбросом:

	Рекурсивная DS	Рекурсивная TS
Root Mean Squared Error	18103.33	16733.83
Mean Absolute Error	13663.46	13698.90
Mean Absolute Percent Error	3.737642	3.747511

Сведем результаты в отношении ряда M0, полученные по моделям с аддитивным выбросом, в одну таблицу.

	DS ре-курс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	18103.33	16733.83	20762.60	18035.41
Mean Absolute Error	13663.46	13698.90	19084.87	16031.46
Mean Absolute Percent Error	3.737642	3.747511	5.247909	4.371771

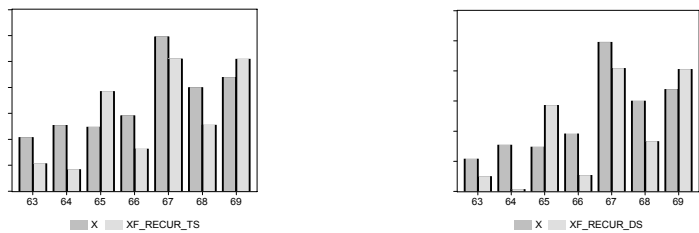
Среди фиксированных моделей с аддитивным выбросом лучшей по всем трем характеристикам точности прогнозов оказывается *TS*-модель. Среди рекурсивных моделей ни одна из двух не является более предпочтительной. При этом и среди *TS*-моделей, и среди *DS*-моделей рекурсивные модели оказались лучше фиксированных.

Инновационный выброс

Прогнозы (по оси абсцисс номера наблюдений):

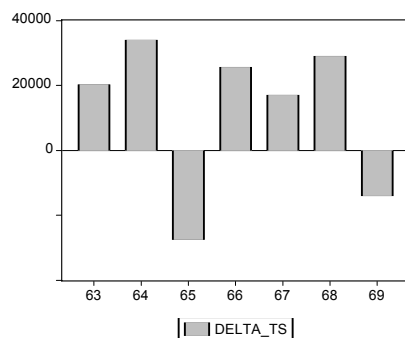
по рекурсивной *TS*-модели

по рекурсивной *DS*-модели

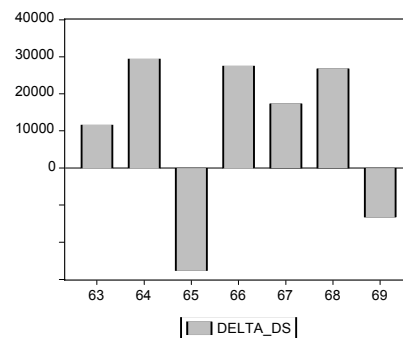




Ошибки прогнозов:  
по рекурсивной *TS*-модели



по рекурсивной *DS*-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с инновационным выбросом:

	Рекурсивная DS	Рекурсивная TS
Root Mean Squared Error	23070.19	24831.23
Mean Absolute Error	21966.45	23946.98
Mean Absolute Percent Error	6.002693	6.570231

Сведем результаты в отношении ряда M0, полученные по моделям с инновационным выбросом, в одну таблицу.

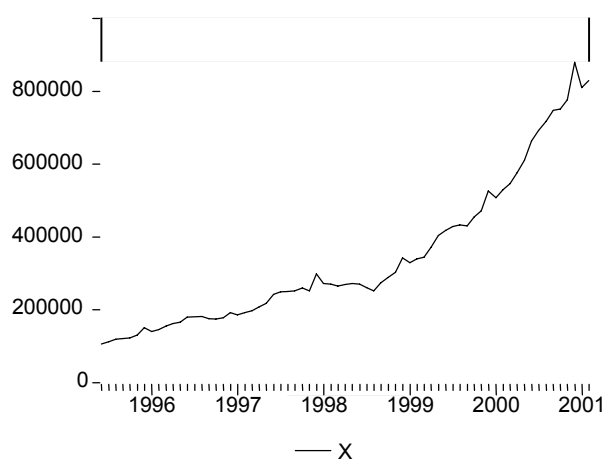
	DS ре-курс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	23070.19	24831.23	23660.00	35901.47
Mean Absolute Error	21966.45	23946.98	21726.06	33681.18
Mean Absolute Percent Error	6.002693	6.570231	5.966785	9.064165

И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей с инновационным выбросом лучшими по всем трем характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели. Среди *TS*-моделей рекурсивная модель оказалась лучше фиксированной. Рекурсивные *TS* и *DS*-модели дают близкие результаты. Наилучшей является рекурсивная *TS*-модель.

**Подведем итоги исследования прогнозов на один шаг вперед для ряда M0.** Среди фиксированных моделей в зависимости от типа выброса (инновационный или аддитивный) лучшей оказывается либо *TS*, либо *DS*-модель. В целом рекурсивные модели дают лучшие прогнозы по сравнению с фиксированными моделями. При этом среди рекурсивных моделей ни одна из двух (*TS* или *DS*) не является предпочтительной.

### 2.1.2. *M1*

За период 06.1995–02.2001 ряд *M1* (в номинальных значениях) имеет вид:



При использовании критериев Перрона на наличие у этого ряда единичного корня с эндогенным выбором даты излома в упомянутой работе были получены следующие результаты (относящиеся к периоду с 06.1995 по 07.2000).

Для модели, допускающей сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса (IO), в качестве даты излома указан 07.1999.

Для модели, допускающей только изменение наклона тренда (без сдвига траектории) в форме аддитивного выброса (AO), в качестве даты излома указан 02.1999.

В обоих случаях гипотеза единичного корня не отвергается, что, в согласии с результатами применения других критериев, приводит к решению о том, что поведение траектории ряда *M1* на временном интервале с 06.1995 по 07.2000 соответствует поведению *DS*-ряда (т.е. поведению интегрированного ряда, приведение которого к стационарному ряду требует дифференцирования). Тем не менее, имея в виду задачу сравнения прогнозов, получаемых по моделям *TS*- и *DS*-рядов, мы построим для периода 06.1995–07.2000 подходящие модели обоих типов – *DS* и *TS*.

Здесь и далее среди альтернативных вариантов модели одного типа (*TS*

или *DS*) мы будем отбирать модель авторегрессии, порядок которой определяется по наименьшему значению SIC информационного критерия Шварца (байесовского информационного критерия), проходящую стандартные диагностические тесты.

**DS-модели**

Сначала построим авторегрессионные *DS*-модели с инновационным выбросом (дата излома 07.1999) и с аддитивным выбросом (дата излома 02.1999), имеющие порядок 12.

**Оцененная DS-модель с инновационным выбросом  
(дата излома 07.1999)**

Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Date: 11/12/01 Time: 13:33				
Sample( adjusted): 1996:07 2000:07				
Included observations: 49 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	6538.025	5679.194	1.151224	0.2577
DTB	6763.981	15653.45	0.432108	0.6684
DU	15474.11	12173.59	1.271121	0.2123
D( X( -1))	-0.111283	0.169099	-0.658094	0.5149
D( X( -2))	0.201149	0.162859	1.235112	0.2253
D( X( -3))	0.086458	0.165345	0.522895	0.6044
D( X( -4))	0.030484	0.158346	0.192518	0.8485
D( X( -5))	0.091538	0.153038	0.598140	0.5537
D( X( -6))	0.224769	0.151432	1.484287	0.1469
D( X( -7))	0.123352	0.162645	0.758411	0.4534
D( X( -8))	-0.254336	0.183272	-1.387754	0.1742
D( X( -9))	-0.409614	0.186994	-2.190522	0.0354
D( X( -10))	-0.264368	0.208246	-1.269497	0.2129
D( X( -11))	-0.328840	0.234154	-1.404377	0.1693
D( X( -12))	0.507417	0.227016	2.235154	0.0321
R-squared	0.608055	Mean dependent var		10454.73
Adjusted R-squared	0.446666	S.D. dependent var		17387.54
S.E. of regression	12933.97	Akaike info criterion		22.01989
Sum squared resid	5.69E+09	Schwarz criterion		22.59902
Log likelihood	-524.4872	F-statistic		3.767632
Durbin-Watson stat	1.832913	Prob( F-statistic)		0.000779

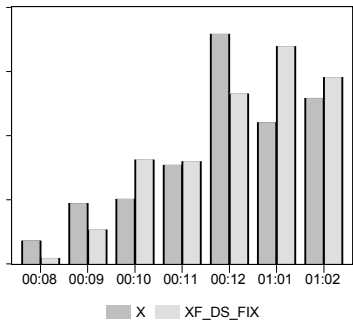
DS-модель с аддитивным выбросом (дата излома 02.1999)

Dependent Variable: D(X)				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4728.177	627.0684	7.540129	0.0000
DU	14890.38	1450.730	10.26406	0.0000
AR( 1)	-0.345214	0.169657	-2.034775	0.0495
AR( 2)	-0.079099	0.172553	-0.458402	0.6495
AR( 3)	-0.129310	0.162248	-0.796990	0.4308
AR( 4)	-0.137688	0.146297	-0.941151	0.3531
AR( 5)	-0.067956	0.141762	-0.479370	0.6347
AR( 6)	0.041004	0.138808	0.295399	0.7694
AR( 7)	-0.044951	0.144788	-0.310458	0.7581
AR( 8)	-0.322453	0.148128	-2.176852	0.0363
AR( 9)	-0.524660	0.160095	-3.277180	0.0024
AR( 10)	-0.426078	0.184944	-2.303825	0.0273
AR( 11)	-0.487277	0.195992	-2.486209	0.0178
AR( 12)	0.296755	0.196791	1.507967	0.1405
R-squared	0.667957	Mean dependent var		10454.73
Adjusted R-squared	0.544627	S.D. dependent var		17387.54
S.E. of regression	11733.35	Akaike info criterion		21.81321
Sum squared resid	4.82E+09	Schwarz criterion		22.35373
Log likelihood	-520.4237	F-statistic		5.416000
Durbin-Watson stat	1.837172	Prob( F-statistic)		0.000032

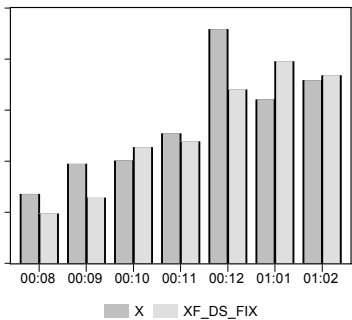
(Мы оставляем AR(12) в модели, несмотря на статистическую незначимость соответствующего коэффициента, поскольку при удалении этой переменной отвергается гипотеза некоррелированности ошибок.)

Если зафиксировать обе модели и производить прогнозы на один шаг вперед по этим двум моделям, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:

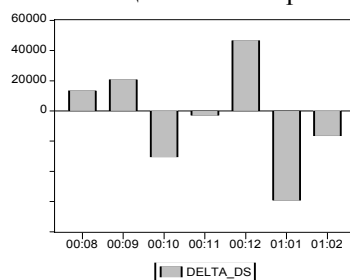


Аддитивный выброс:

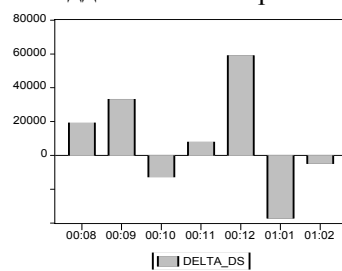


Ошибки прогнозов:

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным DS-моделям:

	DS инновац.	DS аддитивн.
Root Mean Squared Error	32677.59	30788.31
Mean Absolute Error	27062.91	25004.23
Mean Absolute Percent Error	3.374370	3.119278

Прогноз по второй модели оказывается предпочтительнее по всем трем показателям.

**TS-модели**

**TS-модель, допускающая сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса с датой излома 07.1999**

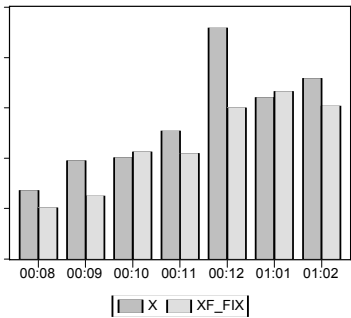
Dependent Variable: X				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	92605.11	38919.92	2.379376	0.0235
DU	-8972.727	12764.01	-0.702971	0.4872
T	7352.346	2947.812	2.494170	0.0180
DT	17196.43	6372.049	2.698729	0.0110
X(-1)	0.588699	0.170328	3.456275	0.0016
X(-2)	0.147850	0.176315	0.838555	0.4079
X(-3)	-0.116411	0.172833	-0.673549	0.5054
X(-4)	-0.098169	0.175323	-0.559930	0.5794
X(-5)	-0.030936	0.174361	-0.177426	0.8603
X(-6)	0.096587	0.164697	0.586453	0.5617
X(-7)	-0.044053	0.172331	-0.255630	0.7999
X(-8)	-0.299828	0.194321	-1.542947	0.1327
X(-9)	-0.338117	0.197411	-1.712761	0.0964
X(-10)	-0.078094	0.202998	-0.384705	0.7030
X(-11)	-0.219526	0.205182	-1.069909	0.2927
X(-12)	0.546394	0.213084	2.564221	0.0152
X(-13)	-0.578163	0.231096	-2.501836	0.0177
R-squared	0.995492	Mean dependent var		333059.7
Adjusted R-squared	0.993238	S.D. dependent var		138024.7
S.E. of regression	11350.15	Akaike info criterion		21.77964
Sum squared resid	4.12E+09	Schwarz criterion		22.43599
Log likelihood	-516.6012	F-statistic		441.6414
Durbin-Watson stat	1.958880	Prob( F-statistic)		0.000000

**TS-модель, допускающая изменение наклона тренда в форме  
аддитивного выброса с датой излома 02.1999**

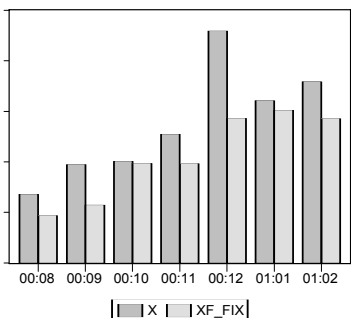
Dependent Variable: X				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	105239.9	2647.314	39.75347	0.0000
T	4823.404	92.89645	51.92238	0.0000
DT	14422.74	453.3884	31.81102	0.0000
AR( 1)	0.456479	0.161153	2.832571	0.0078
AR( 2)	0.064584	0.162178	0.398228	0.6930
AR( 3)	-0.160353	0.159935	-1.002611	0.3233
AR( 4)	-0.150698	0.161762	-0.931602	0.3583
AR( 5)	-0.058754	0.159910	-0.367422	0.7157
AR( 6)	0.058838	0.152973	0.384630	0.7030
AR( 7)	-0.072117	0.156758	-0.460052	0.6485
AR( 8)	-0.305773	0.173733	-1.760015	0.0877
AR( 9)	-0.324015	0.179801	-1.802079	0.0807
AR( 10)	-0.055112	0.183765	-0.299905	0.7661
AR( 11)	-0.201223	0.183716	-1.095297	0.2813
AR( 12)	0.544210	0.187449	2.903237	0.0065
AR( 13)	-0.537698	0.187655	-2.865350	0.0072
R-squared	0.996113	Mean dependent var		333059.7
Adjusted R-squared	0.994346	S.D. dependent var		138024.7
S.E. of regression	10378.13	Akaike info criterion		21.59054
Sum squared resid	3.55E+09	Schwarz criterion		22.20827
Log likelihood	-512.9682	F-statistic		563.8116

Если зафиксировать обе модели и производить последовательные прогнозы на один шаг вперед по этим двум моделям, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:

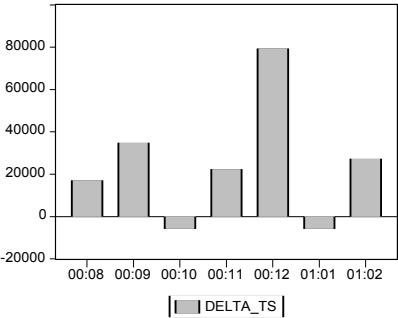


Аддитивный выброс:

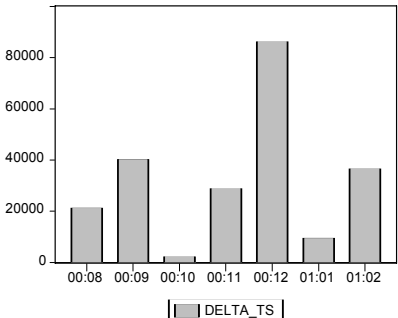


Соответственно, ошибки прогнозов имеют вид

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным *TS*-моделям:

	TS иннов.	TS аддитив.
Root Mean Squared Error	36093.53	40981.79
Mean Absolute Error	27502.40	32088.90
Mean Absolute Percent Error	3.388481	3.958528

Прогноз по первой модели оказывается предпочтительнее по всем трем показателям.

Сведем полученные результаты в одну таблицу.

	DS иннов.	TS иннов.	DS аддитив.	TS аддитив.
RMSE	32677.59	36093.53	30788.31	40981.79
MAE	27062.91	27502.40	25004.23	32088.90
MAPE	3.374370	3.388481	3.119278	3.958528

Обе *DS*-модели лучше *TS*-моделей по всем трем характеристикам.

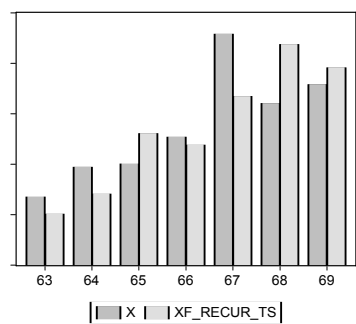
Приведем теперь результаты, получаемые при использовании рекурсивных моделей, использующих одни и те же переменные, но коэффициенты которых переоцениваются при поступлении новых наблюдений (т.е. количество запаздываний не изменяется, так же как не изменяются и даты изломов).

Для рекурсивных моделей на графиках по оси абсцисс откладываются номера последовательных наблюдений, начиная с 06.1995 (так что 63-е наблюдение соответствует 08.2000, а 69-е соответствует 02.2001).

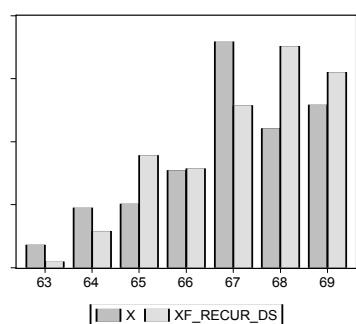
Рекурсивные модели с инновационным выбросом

Прогнозы:

по рекурсивной TS-модели

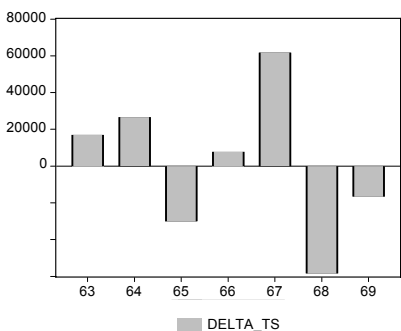


по рекурсивной DS-модели

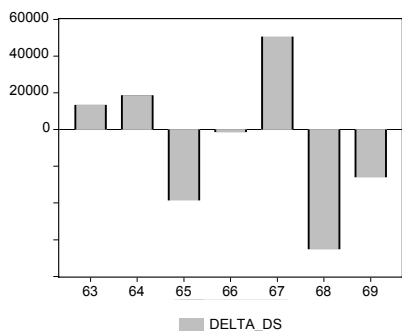


Ошибки прогнозов:

по рекурсивной TS-модели



по рекурсивной DS-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с инновационным выбросом:

	Рекурсивная DS	Рекурсивная TS
Root Mean Squared Error	36796.05	36710.86
Mean Absolute Error	30477.43	31124.61
Mean Absolute Percent Error	3.793081	3.874630



Сведем полученные результаты в отношении ряда M1 для моделей с инновационным выбросом в одну таблицу.

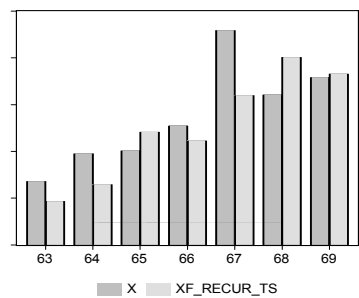
	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	36796.05	36710.86	32677.59	36093.53
Mean Absolute Error	30477.43	31124.61	27062.91	27502.40
Mean Absolute Percent Error	3.793081	3.874630	3.374370	3.388481

И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей с инновационным выбросом лучшими по указанным характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели (RMSE для рекурсивной *TS*-модели меньше, но незначительно). При этом и среди *TS*-моделей, и среди *DS*-моделей фиксированные модели оказались лучше рекурсивных. Наилучшей является фиксированная *DS*-модель.

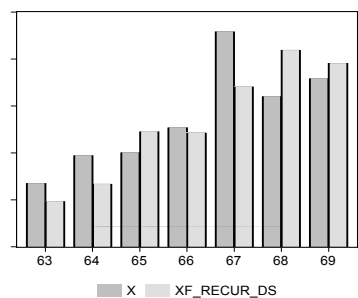
**Рекурсивные модели с аддитивным выбросом**

Прогнозы:

по рекурсивной *TS*-модели

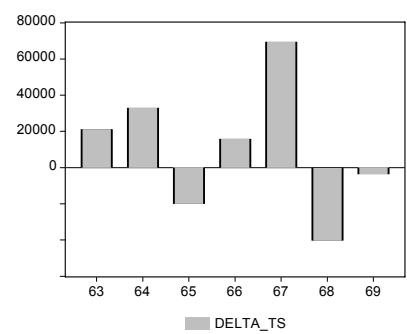


по рекурсивной *DS*-модели

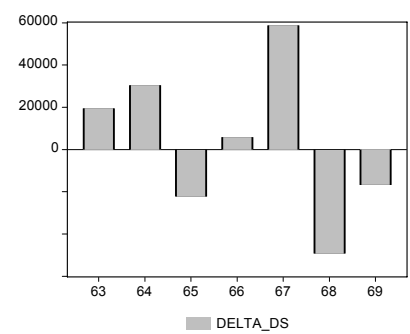


Ошибки прогнозов:

по рекурсивной *TS*-модели



по рекурсивной *DS*-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с аддитивным выбросом:

	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	33750.29	35153.12
Mean Absolute Error	28915.77	20926.71
Mean Absolute Percent Error	3.604901	3.621122

Сведем полученные результаты в отношении ряда M1 для моделей с аддитивным выбросом в одну таблицу.

	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	33750.29	35153.12	30788.31	40981.79
Mean Absolute Error	28915.77	29026.71	25004.23	32088.90
Mean Absolute Percent Error	3.604901	3.621122	3.119278	3.958528

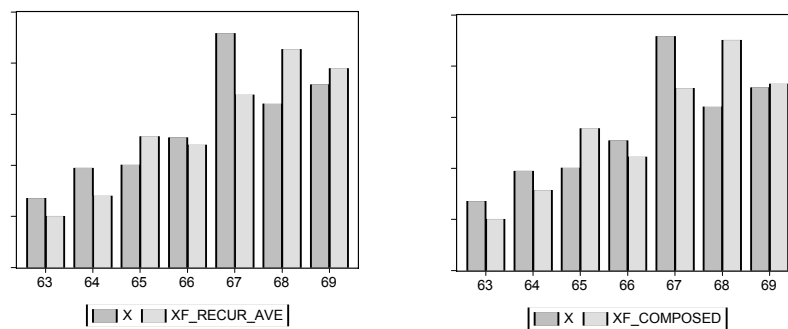
И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей с аддитивным выбросом лучшими по указанным характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели. При этом среди *TS*-моделей лучшей оказалась рекурсивная модель, а среди *DS*-моделей лучшей оказалась фиксированная модель. Наилучшей является фиксированная *DS*-модель.

**Подведем итоги исследования прогнозов на один шаг вперед для ряда M1.** И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей для каждого из двух типов выбросов (инновационный или аддитивный) лучшими по указанным характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели. При этом рекурсивные модели не обязательно дают лучшие прогнозы по сравнению с фиксированными моделями. Для обоих типов выбросов наилучшей оказалась фиксированная *DS*-модель.

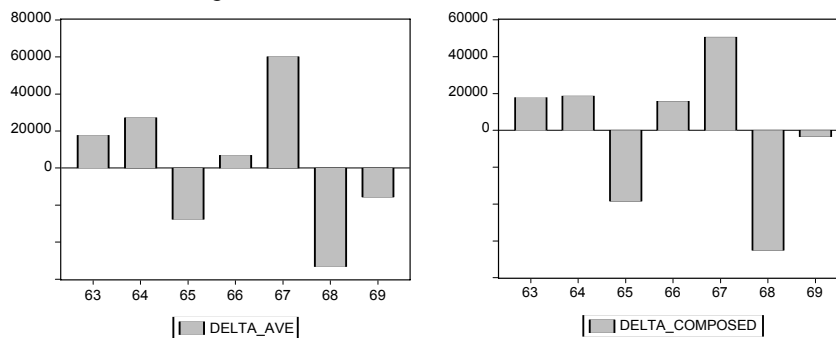
Приведем теперь результаты **комбинированных прогнозов**, получаемых следующими способами:

- (а) на каждом шаге построения рекурсивных прогнозов в качестве прогнозного берется среднее арифметическое всех четырех рассмотренных выше рекурсивных прогнозов;
- (б) на каждом шаге построения рекурсивных прогнозов в качестве прогнозного берется прогноз по модели, давшей наилучший прогноз значения ряда на предыдущем шаге.

Прогнозы:



Ошибки прогнозов:



Модели, давшие наилучшие прогнозы на 1, 2, ..., 7 шагах, соответственно:

$DS\_IO, DS\_IO, TS\_AO, DS\_IO, DS\_IO, TS\_IO, TS\_IO$ .

Напомним значения характеристик прогнозов по каждой из четырех рекурсивных моделей:

	DS_IO	TS_IO	DS_AO	TS_AO
<b>RMSE</b>	36796.05	36710.86	33750.29	35153.12
<b>MAE</b>	30477.43	31124.61	28915.77	29026.71
<b>MAPE</b>	3.793081	3.874630	3.604901	3.621122

Хотя модель  $DS\_AO$  ни на одном из семи шагов не дала наилучшего прогноза, она, тем не менее, оказалась лучшей среди рассмотренных рекурсивных моделей по совокупности прогнозов.

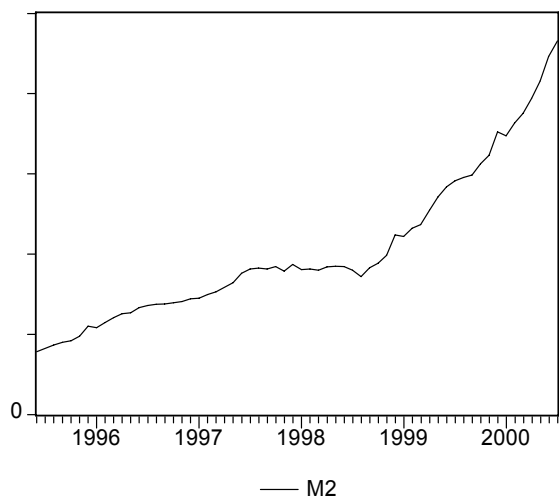
Характеристики прогнозов при применении стратегий (а) и (б):

	Способ (а) (усреднение)	Способ (б) (комбинирование)
<b>RMSE</b>	34966.44	36260.71
<b>MAE</b>	29789.99	29975.76
<b>MAPE</b>	3.711062	3.761013

Выбор модели, которая была наилучшей на предыдущем шаге, приводит к несколько худшим значениям трех характеристик полученной последовательности прогнозов по сравнению с простым усреднением альтернативных вариантов прогнозов. В то же время простое усреднение прогнозов служит лишь защитой от следования только одной модели, которая может в результате дать наихудшую последовательность прогнозов.

### 2.1.3. M2

За период 06.1995–02.2001 ряд M2 (номинальный показатель) имеет вид:



При использовании критериев Перрона на наличие у этого ряда единичного корня с эндогенным выбором даты излома в работе [Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей (2001)] были получены следующие результаты (относящиеся к периоду с 06.1995 по 07.2000).

Для модели, допускающей сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса (*IO*), в качестве даты излома указан 10.1999.

Для модели, допускающей только изменение наклона тренда (без сдвига траектории) в форме аддитивного выброса (*AO*), в качестве даты излома указан 05.1997.

В обоих случаях гипотеза единичного корня не отвергается, что, в согласии с результатами применения других критериев, приводит к решению о том, что поведение траектории ряда *M2* на временном интервале с 06.1995 по 07.2000 соответствует поведению *DS*-ряда. Имея в виду задачу сравнения прогнозов, получаемых по моделям *TS* и *DS*-рядов, построим для периода 06.1995–07.2000 подходящие модели обоих типов – *DS* и *TS*.

**DS-модели**

Сначала построим *DS*-модели с инновационным выбросом (дата излома 10.1999) и аддитивным выбросом (дата излома 05.1997). Оцененные модели имеют следующий вид.

**DS-модель с инновационным выбросом**

Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Sample: 1995:06 2000:07				
Included observations: 62				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3426.696	3623.040	0.945807	0.3491
DTB	-5425.164	14786.03	-0.366911	0.7153
DU	12888.66	8529.525	1.511064	0.1375
D( X( -1))	0.004036	0.137087	0.029442	0.9766
D( X( -2))	0.335098	0.134238	2.496290	0.0161
D( X( -3))	0.198757	0.142002	1.399685	0.1682
D( X( -4))	-0.000546	0.135054	-0.004044	0.9968
D( X( -5))	0.036323	0.136403	0.266290	0.7912
D( X( -6))	0.273612	0.135045	2.026077	0.0485
D( X( -7))	0.138695	0.160186	0.865839	0.3910
D( X( -8))	-0.164941	0.158634	-1.039758	0.3038
D( X( -9))	-0.426693	0.159670	-2.672350	0.0103
D( X( -10))	-0.058623	0.170621	-0.343588	0.7327
D( X( -11))	-0.145693	0.198169	-0.735195	0.4659
D( X( -12))	0.472155	0.187386	2.519684	0.0152
R-squared	0.625164	Mean dependent var		12790.32
Adjusted R-squared	0.513510	S.D. dependent var		16295.92
S.E. of regression	11366.21	Akaike info criterion		21.72156
Sum squared resid	6.07E+09	Schwarz criterion		22.23619
Log likelihood	-658.3684	F-statistic		5.599148
Durbin-Watson stat	1.672096	Prob( F-statistic)		0.000004

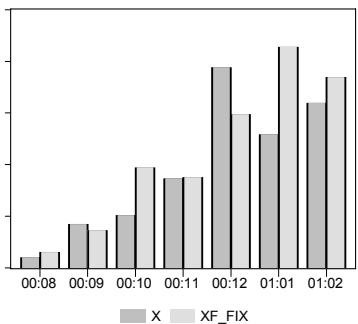
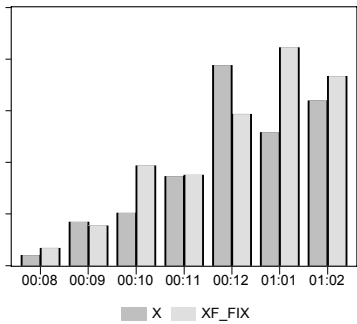
DS-модель с аддитивным выбросом

Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Date: 11/22/01 Time: 10:29				
Sample: 1995:06 2000:07				
Included observations: 62				
Convergence achieved after 32 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2621.661	9620.741	0.272501	0.7864
DU	-4952.548	6111.386	-0.810381	0.4217
AR( 1)	0.080314	0.124527	0.644955	0.5220
AR( 2)	0.380210	0.127038	2.992891	0.0044
AR( 3)	0.233580	0.138363	1.688176	0.0979
AR( 4)	0.002231	0.134620	0.016570	0.9868
AR( 5)	0.017391	0.134480	0.129320	0.8976
AR( 6)	0.262875	0.134403	1.955865	0.0563
AR( 7)	0.170206	0.150058	1.134270	0.2623
AR( 8)	-0.104926	0.156309	-0.671272	0.5053
AR( 9)	-0.380568	0.157295	-2.419456	0.0194
AR( 10)	-0.014140	0.162464	-0.087036	0.9310
AR( 11)	-0.032809	0.155304	-0.211259	0.8336
AR( 12)	0.643909	0.154721	4.161736	0.0001
R-squared	0.612218	Mean dependent var		12790.32
Adjusted R-squared	0.507194	S.D. dependent var		16295.92
S.E. of regression	11439.76	Akaike info criterion		21.72326
Sum squared resid	6.28E+09	Schwarz criterion		22.20358
Log likelihood	-659.4209	F-statistic		5.829308
Durbin-Watson stat	1.708116	Prob( F-statistic)		0.000003

Если зафиксировать обе модели и производить прогнозы на один шаг вперед по этим двум моделям, то получаются следующие результаты:

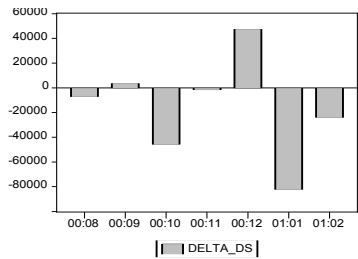
Инновационный выброс:

Аддитивный выброс:

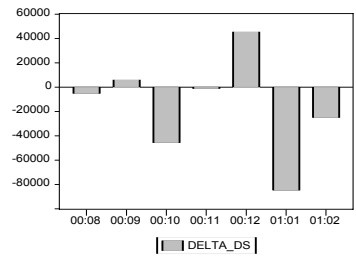


Ошибки прогнозов:

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным DS-моделям:

	DS (инноваци.)	DS (аддитивн.)
Root Mean Squared Error	40870.17	41472.50
Mean Absolute Error	30168.47	30513.84
Mean Absolute Percent Error	2.814443	2.847573

По всем трем показателям качества обе модели достаточно близки, хотя формально лучшей оказывается модель с инновационным выбросом.

TS-модели

TS-модель, допускающая сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса с датой излома 10.1999

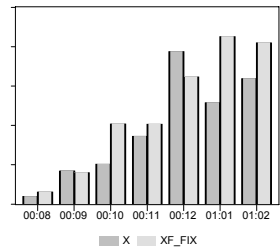
Dependent Variable: X				
Method: Least Squares				
Sample: 1995:06 2000:07				
Included observations: 62				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	36749.89	12099.40	3.037332	0.0040
DU	-4474.596	10582.46	-0.422831	0.6744
T	2886.380	835.1606	3.456077	0.0012
DT	8782.086	2681.435	3.275144	0.0020
X( -1)	0.846253	0.130008	6.509236	0.0000
X( -2)	0.282462	0.165456	1.707175	0.0947
X( -3)	-0.088658	0.171157	-0.517993	0.6070
X( -4)	-0.233731	0.170416	-1.371532	0.1770
X( -5)	0.000646	0.172620	0.003745	0.9970
X( -6)	0.279709	0.168430	1.660687	0.1037
X( -7)	-0.013597	0.186172	-0.073037	0.9421
X( -8)	-0.277851	0.201141	-1.381378	0.1740
X( -9)	-0.347935	0.205507	-1.693054	0.0974
X( -10)	0.290939	0.203619	1.428843	0.1600
X( -11)	-0.020465	0.224270	-0.091253	0.9277
X( -12)	0.567617	0.207125	2.740453	0.0088
X( -13)	-0.680590	0.179540	-3.790734	0.0004
R-squared	0.997889	Mean dependent var		408717.7
Adjusted R-squared	0.997139	S.D. dependent var		189898.8
S.E. of regression	10157.86	Akaike info criterion		21.51780
Sum squared resid	4.64E+09	Schwarz criterion		22.10104
Log likelihood	-650.0518	F-statistic		1329.635
Durbin-Watson stat	1.686412	Prob( F-statistic)		0.000000

TS-модель, допускающая изменение наклона тренда в форме аддитивного выброса с датой излома 05.1997

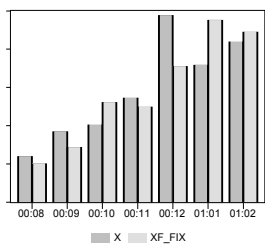
Dependent Variable: X				
Method: Least Squares				
Date: 11/22/01 Time: 11:24				
Sample( adjusted): 1996:07 2000:07				
Included observations: 49 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 26 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	216543.9	97470.58	2.221633	0.0333
T	665.5531	6387.900	0.104190	0.9176
DT	14928.06	9393.632	1.589168	0.1216
AR( 1)	0.981452	0.152779	6.424014	0.0000
AR( 2)	0.376224	0.210744	1.785219	0.0834
AR( 3)	-0.187398	0.222473	-0.842339	0.4057
AR( 4)	-0.321529	0.220437	-1.458599	0.1541
AR( 5)	0.007520	0.222916	0.033733	0.9733
AR( 6)	0.290384	0.218354	1.329876	0.1927
AR( 7)	0.004910	0.228411	0.021497	0.9830
AR( 8)	-0.362048	0.255537	-1.416814	0.1659
AR( 9)	-0.337684	0.256431	-1.316861	0.1970
AR( 10)	0.415446	0.253427	1.639316	0.1106
AR( 11)	0.101306	0.265421	0.381679	0.7051
AR( 12)	0.592220	0.257105	2.303415	0.0277
AR( 13)	-0.691692	0.190090	-3.638771	0.0009
R-squared	0.996845	Mean dependent var		461334.7
Adjusted R-squared	0.995410	S.D. dependent var		178906.8
S.E. of regression	12120.45	Akaike info criterion		21.90092
Sum squared resid	4.85E+09	Schwarz criterion		22.51866
Log likelihood	-520.5727	F-statistic		695.0137
Durbin-Watson stat	1.651115	Prob( F-statistic)		0.000000

Если зафиксировать обе модели и производить последовательные прогнозы на один шаг вперед по этим двум моделям, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:



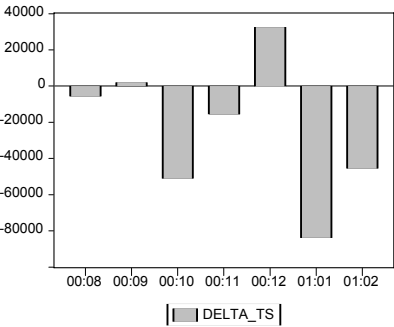
Аддитивный выброс:



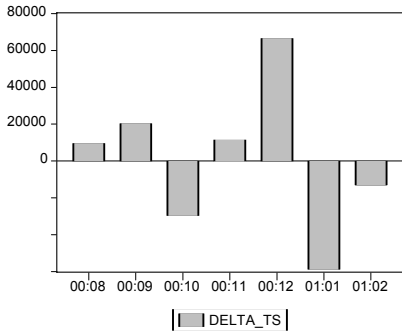


Соответственно, ошибки прогнозов имеют вид:

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным TS-моделям:

	TS (инновационный)	TS (аддитивный)
Root Mean Squared Error	43134.08	36993.30
Mean Absolute Error	33700.94	29946.52
Mean Absolute Percent Error	3.154151	2.796299

Прогноз по второй модели оказывается предпочтительнее по всем трем показателям.

Сведем полученные результаты в одну таблицу.

	DS иннов.	TS иннов.	DS аддитив.	TS аддитив.
RMSE	40870.17	43134.08	41472.50	36993.30
MAE	30168.47	33700.94	30513.84	29946.52
MAPE	2.814443	3.154151	2.847573	2.796299

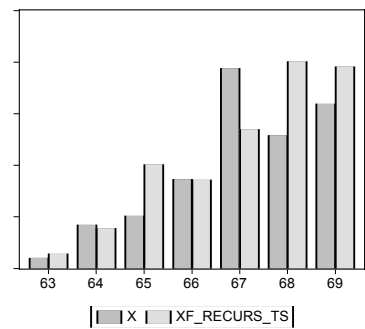
Здесь DS-модель оказалась лучшей только среди моделей с инновационным выбросом. Наилучшей, как и в случае ряда M0, оказалась TS-модель с аддитивным выбросом.

Приведем теперь результаты, получаемые при использовании рекурсивных моделей (использующих те же переменные, те же количества запаздываний и даты изломов, что и в соответствующих фиксированных моделях).

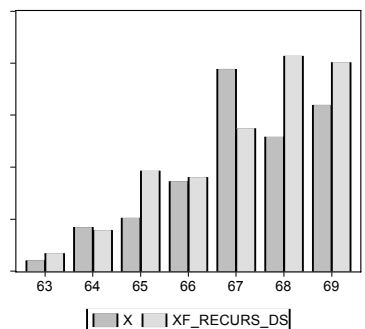
Рекурсивные модели с инновационным выбросом

Прогнозы:

по рекурсивной TS-модели

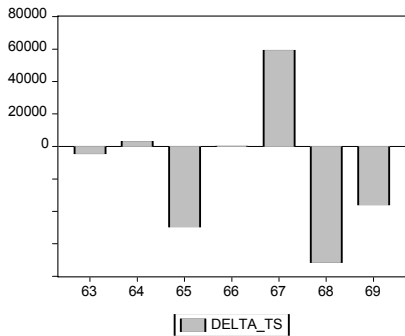


по рекурсивной DS-модели

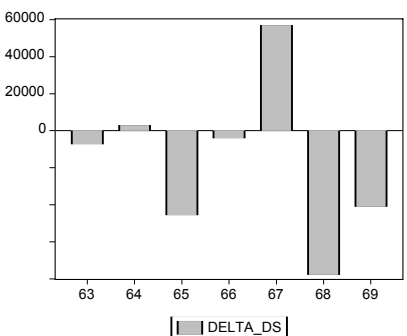


Ошибки прогнозов:

по рекурсивной TS-модели



по рекурсивной DS-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с инновационным выбросом:

	Рекурсивная DS	Рекурсивная TS
Root Mean Squared Error	43295.36	42186.68
Mean Absolute Error	33643.49	32129.98
Mean Absolute Percent Error	3.123998	2.982067

Рекурсивная TS-модель оказалась несколько лучше рекурсивной DS-модели.

Сведем полученные результаты в отношении ряда М2 для моделей с инновационным выбросом в одну таблицу.

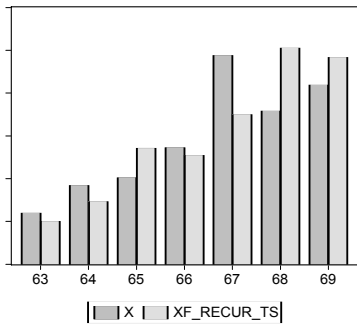
	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	43295.36	42186.68	40870.17	43134.08
Mean Absolute Error	33643.49	32129.98	30168.47	33700.94
Mean Absolute Percent Error	3.123998	2.982067	2.814443	3.154151

Рекурсивная *DS*-модель дает лучшие прогнозы по сравнению с фиксированной *DS*-моделью, тогда как прогнозы по рекурсивной *TS*-модели несколько хуже, чем по фиксированной *DS*-модели. Лучшей в классе моделей с инновационным выбросом оказалась фиксированная *DS*-модель.

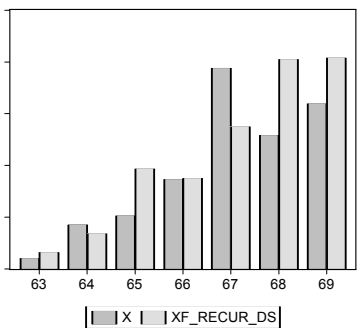
Рекурсивные модели с аддитивным выбросом

Прогнозы:

по рекурсивной *TS*-модели

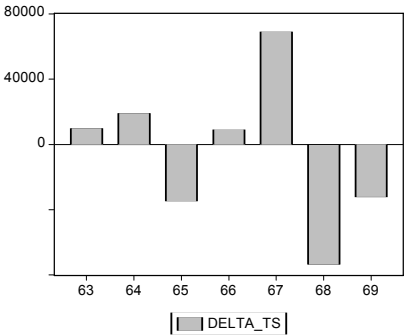


по рекурсивной *DS*-модели

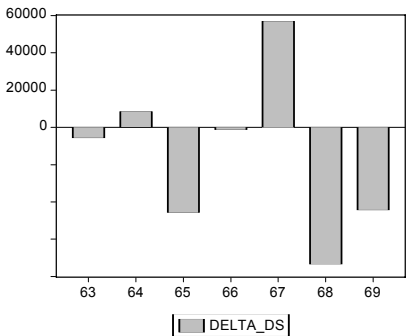


Ошибки прогнозов:

по рекурсивной *TS*-модели



по рекурсивной *DS*-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с аддитивным выбросом:

	Рекурсивная TS	Рекурсивная DS
Root Mean Squared Error	43020.02	42689.06
Mean Absolute Error	35293.53	33642.68
Mean Absolute Percent Error	3.284899	3.125200

Рекурсивная *DS*-модель имеет несколько лучшие характеристики прогнозов.

Сведем полученные результаты в отношении ряда M2 для моделей с аддитивным выбросом в одну таблицу.

	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	42689.06	43020.02	41472.50	36993.30
Mean Absolute Error	33642.68	35293.53	30513.84	29946.52
Mean Absolute Percent Error	3.125200	3.284899	2.847573	2.796299

Рекурсивные модели дают худшие прогнозы по сравнению с фиксированными моделями и в классе *DS*-моделей, и в классе *TS*-моделей. Лучшей в классе моделей с аддитивным выбросом оказалась фиксированная *DS*-модель.

**Подведем итоги исследования прогнозов на один шаг вперед для ряда M2.** В целом рекурсивные модели дают худшие прогнозы по сравнению с фиксированными моделями. Лучшей и в классе моделей с аддитивным выбросом, и в классе моделей с инновационным выбросом оказалась фиксированная *DS*-модель.

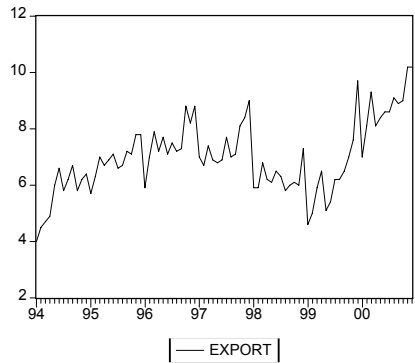
Проведенное эконометрическое моделирование и оценка различных методов прогнозирования денежных агрегатов M0, M1 и M2 показали, что для M1 и M2 наилучшей является фиксированная *DS*-модель, так что прогнозирование наиболее точно осуществляется для приростов денежных агрегатов без переоценки моделей. Содержательно это означает, что в то время как данные указывают на наличие стохастического тренда в динамике денежных агрегатов, приросты агрегатов вполне прогнозируемы. Это соответствует тому, что в относительно стабильных условиях Центральный банк придерживается стабильных ориентиров в проведении денежно-кредитной политики (как в отношении денежной базы, так и в отношении мультипликатора).

Полученный результат о том, что для прогнозирования временного ряда M0 предпочтительнее использовать рекурсивные модели, указывает на

то, что этот ряд подвержен более динамичным изменениям. Одно из объяснений этого может заключаться в том, что предложение наличных денег в отсутствие эффективных инструментов для стерилизации может зависеть от предложения валюты на валютном рынке, а значит, Центральный банк не может жестко контролировать  $M0$ .

## 2.2. Экспорт

В работе [Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей (2001)] по результатам анализа данных за период с 01.1994 по 04.2000 этот ряд был отнесен к классу  $TS$ -рядов и квалифицирован как стационарный ряд с ненулевым средним. Мы рассмотрим поведение прогнозов для этого ряда на расширенном интервале до 12.2000. На этом интервале график ряда имеет вид:



Оцененные авторегрессионные модели поведения этого ряда на временном интервале 01.1994–04.2000

### TS-модель

Dependent Variable: X				
Method: Least Squares				
Sample( adjusted): 1995:02 2000:04				
Included observations: 63 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.239644	1.010418	2.216552	0.0313
X( -1)	0.651056	0.118845	5.478195	0.0000
X( -2)	0.015391	0.117147	0.131382	0.8960
X( -3)	0.146575	0.117572	1.246683	0.2184
X( -4)	-0.000202	0.121629	-0.001661	0.9987
X( -5)	0.022581	0.133819	0.168740	0.8667
X( -6)	-0.085018	0.133635	-0.636194	0.5276

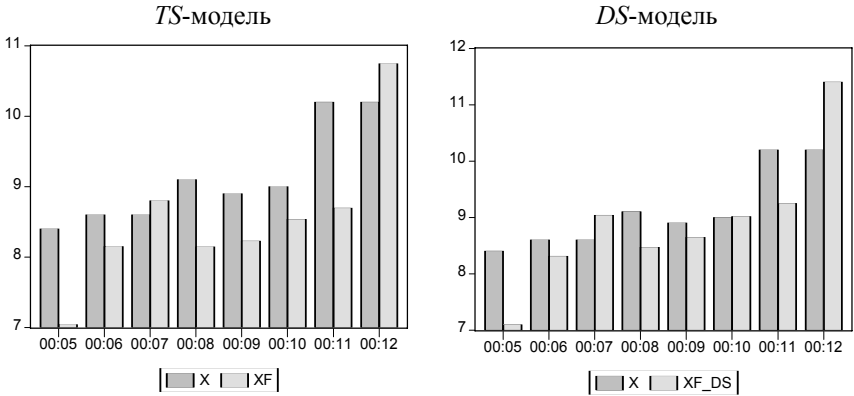
Продолжение таблицы

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X( -7)	0.024961	0.134457	0.185642	0.8535
X( -8)	0.028611	0.133500	0.214313	0.8312
X( -9)	-0.108398	0.132628	-0.817312	0.4177
X( -10)	-0.081318	0.133100	-0.610959	0.5441
X( -11)	-0.106808	0.131358	-0.813111	0.4201
X( -12)	0.780794	0.135034	5.782197	0.0000
X( -13)	-0.610254	0.130020	-4.693549	0.0000
R-squared	0.662984	Mean dependent var		6.982540
Adjusted R-squared	0.573572	S.D. dependent var		1.018148
S.E. of regression	0.664866	Akaike info criterion		2.214667
Sum squared resid	21.66028	Schwarz criterion		2.690919
Log likelihood	-55.76201	F-statistic		7.414900
Durbin-Watson stat	2.096796	Prob( F-statistic)		0.000000

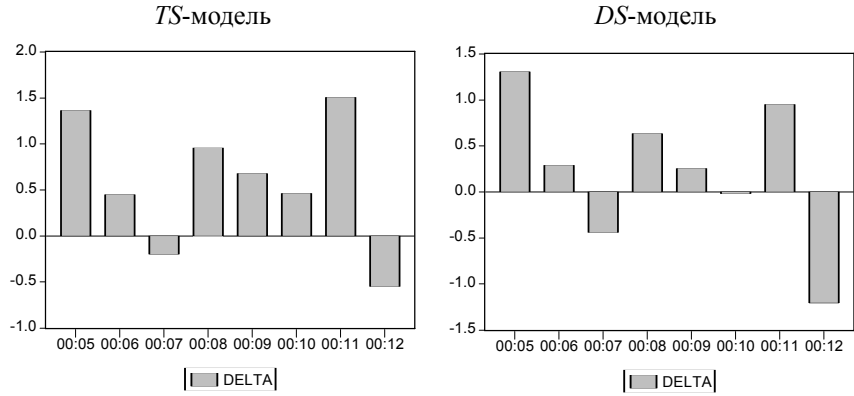
DS-модель

Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Sample( adjusted): 1995:02 2000:04				
Included observations: 63 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D( X( -1))	-0.277817	0.117524	-2.363925	0.0219
D( X( -2))	-0.229351	0.121724	-1.884185	0.0652
D( X( -3))	-0.055384	0.126158	-0.439003	0.6625
D( X( -4))	-0.052706	0.126601	-0.416318	0.6789
D( X( -5))	-0.016802	0.135283	-0.124196	0.9016
D( X( -6))	-0.090949	0.139185	-0.653441	0.5164
D( X( -7))	-0.048823	0.146741	-0.332715	0.7407
D( X( -8))	0.007220	0.146710	0.049216	0.9609
D( X( -9))	-0.069587	0.142771	-0.487403	0.6281
D( X( -10))	-0.120175	0.139854	-0.859290	0.3942
D( X( -11))	-0.190877	0.134192	-1.422409	0.1610
D( X( -12))	0.627777	0.132611	4.733969	0.0000
R-squared	0.597714	Mean dependent var		0.038095
Adjusted R-squared	0.510947	S.D. dependent var		0.978549
S.E. of regression	0.684322	Akaike info criterion		2.248867
Sum squared resid	23.88313	Schwarz criterion		2.657083
Log likelihood	-58.83931	Durbin-Watson stat		2.040815

Прогнозы по приведенным оцененным моделям:



Ошибки прогнозов:



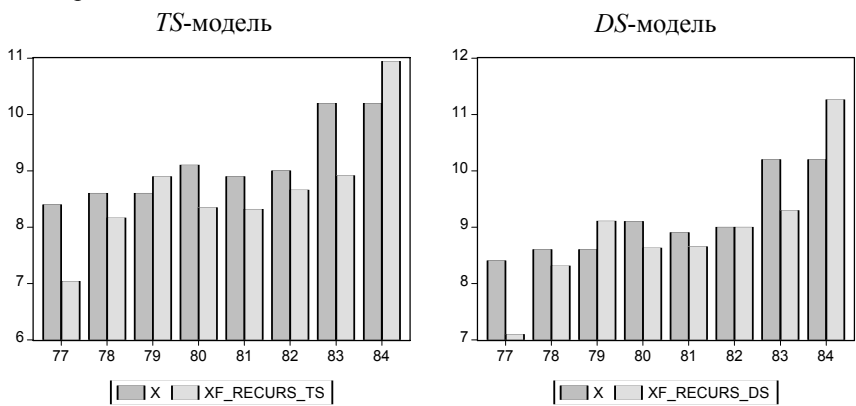
Характеристики прогнозов по подобранным моделям:

	DS	TS
Root Mean Squared Error	0.774216	0.883284
Mean Absolute Error	0.636348	0.769132
Mean Absolute Percent Error	6.889349	8.383397

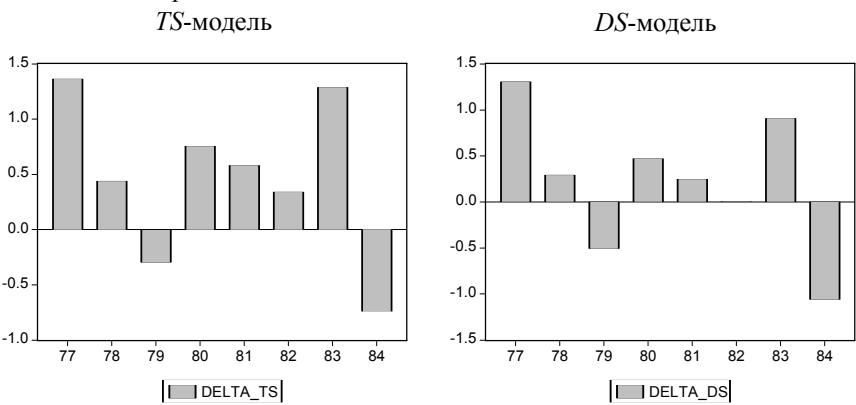
По всем трем показателям лучшее качество прогнозов дает *DS*-модель.

Рассмотрим теперь результаты прогнозирования по рекурсивным *TS*- и *DS*-моделям.

Прогнозы по оцененным моделям:



Ошибки прогнозов:



Характеристики прогнозов по рекурсивным моделям:

	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	0.731282	0.818717
Mean Absolute Error	0.599139	0.725064
Mean Absolute Percent Error	6.513077	7.905067

Сведем полученные результаты в отношении ряда EXPORT в одну таблицу.



	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	0.731282	0.818717	0.774216	0.883284
Mean Absolute Error	0.599139	0.725064	0.636348	0.769132
Mean Absolute Percent Error	6.513077	7.905067	6.889349	8.383397

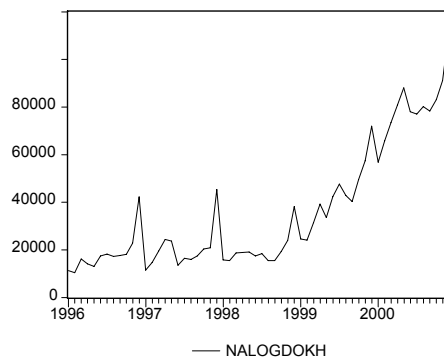
И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей лучшими оказываются *DS*-модели. И среди *DS*-моделей, и среди *TS*-моделей лучшими оказываются рекурсивные модели. Наилучшей является рекурсивная *DS*-модель.

Экспорт Российской Федерации более чем на 50% состоит из экспорта минерального сырья, черных и цветных металлов, цены на которые в значительной степени волатильны и определяются на мировых рынках ресурсов. Эти цены, в частности цены на нефть, являются нестационарными, что в значительной степени определяет наличие стохастического тренда во временном ряде экспорта. Дополнительной особенностью является то, что прогнозирование экспорта в приростах на рассматриваемом временном интервале лучше осуществляется на основе рекурсивных моделей. Это обстоятельство может быть частично объяснено изменением структуры экспорта, что привносит дополнительные инновационные выбросы в рассматриваемый временной ряд.

### 2.3. Налоговые доходы федерального бюджета

В работе [Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей (2001)] этот ряд рассматривался на временном интервале с 01.1996 по 05.2000 и был классифицирован в этом периоде как *DS*-ряд.

На интервале 01.1996–12.2000 график ряда имеет вид:



При использовании критериев Перрона на наличие у этого ряда единичного корня с эндогенным выбором даты излома в упомянутой работе были получены следующие результаты (относящиеся к периоду с 01.1996 по 05.2000).

Для модели, допускающей сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса (IO), в качестве даты излома указан 04.1999.

Для модели, допускающей только изменение наклона тренда (без сдвига траектории) в форме аддитивного выброса (AO), в качестве даты излома указан 02.1999.

В обоих случаях гипотеза единичного корня не отвергается, что, в согласии с результатами применения других критериев, приводит к решению о том, что поведение траектории ряда на временном интервале с 01.1996 по 05.2000 соответствует поведению *DS*-ряда. Тем не менее, имея в виду задачу сравнения прогнозов, получаемых по моделям *TS*- и *DS*-рядов, мы построим для периода 01.1996–05.2000 подходящие модели обоих типов – *DS* и *TS*.

**DS-модели**

Сначала построим авторегрессионные *DS*-модели с инновационным выбросом (дата излома 04.1999) и с аддитивным выбросом (дата излома 02.1999), имеющие порядок 11.

**Оцененная DS-модель с инновационным выбросом  
(дата излома 04.1999)**

Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Sample( adjusted): 1997:02 2000:05				
Included observations: 40 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1059.300	1049.066	1.009756	0.3223
DTB	-13770.96	6072.221	-2.267862	0.0322
DU	8327.450	4843.548	1.719287	0.0979
D( X( -1))	-0.325442	0.174342	-1.866695	0.0737
D( X( -2))	-0.242826	0.179405	-1.353504	0.1880
D( X( -3))	-0.171433	0.182824	-0.937694	0.3574
D( X( -4))	-0.049076	0.184115	-0.266554	0.7920
D( X( -5))	0.080119	0.186491	0.429614	0.6712
D( X( -6))	-0.024464	0.206353	-0.118556	0.9066
D( X( -7))	-0.024099	0.223645	-0.107754	0.9151
D( X( -8))	-0.144790	0.230824	-0.627276	0.5362
D( X( -9))	-0.356881	0.222879	-1.601234	0.1219
D( X( -10))	-0.341746	0.213861	-1.597985	0.1226

Продолжение таблицы

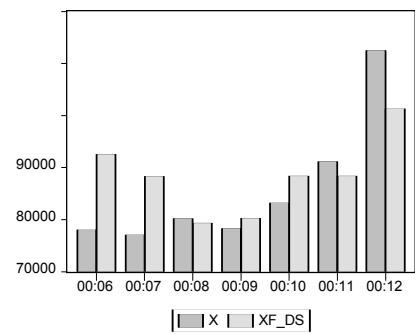
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D( X( -11))	-0.365560	0.193194	-1.892197	0.0701
D( X( -12))	0.392994	0.175103	2.244358	0.0339
R-squared	0.774788	Mean dependent var		1916.750
Adjusted R-squared	0.648670	S.D. dependent var		8880.354
S.E. of regression	5263.664	Akaike info criterion		20.25504
Sum squared resid	6.93E+08	Schwarz criterion		20.88837
Log likelihood	-390.1008	F-statistic		6.143329
Durbin-Watson stat	1.920896	Prob( F-statistic)		0.000045

DS-модель с аддитивным выбросом (дата излома 02.1999)

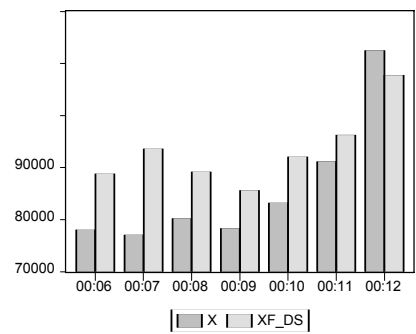
Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1996:05 2000:05				
Included observations: 49 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 5 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	238.1837	130.7869	1.821159	0.0769
DU	3592.132	333.1648	10.78185	0.0000
AR( 1)	-0.832716	0.117557	-7.083500	0.0000
AR( 2)	-0.748377	0.145532	-5.142359	0.0000
AR( 3)	-0.649621	0.165592	-3.923010	0.0004
AR( 4)	-0.534694	0.179638	-2.976508	0.0052
AR( 5)	-0.391297	0.183270	-2.135081	0.0396
AR( 6)	-0.411871	0.181896	-2.264319	0.0297
AR( 7)	-0.428597	0.183203	-2.339463	0.0250
AR( 8)	-0.473734	0.178118	-2.659665	0.0116
AR( 9)	-0.612492	0.166437	-3.680034	0.0008
AR( 10)	-0.708869	0.149669	-4.736254	0.0000
AR( 11)	-0.760419	0.124098	-6.127559	0.0000
R-squared	0.717094	Mean dependent var		1510.449
Adjusted R-squared	0.622792	S.D. dependent var		9668.323
S.E. of regression	5938.021	Akaike info criterion		20.43845
Sum squared resid	1.27E+09	Schwarz criterion		20.94036
Log likelihood	-487.7420	F-statistic		7.604223
Durbin-Watson stat	2.069674	Prob( F-statistic)		0.000001

Если зафиксировать обе модели и производить прогнозы на один шаг вперед по этим двум моделям, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:

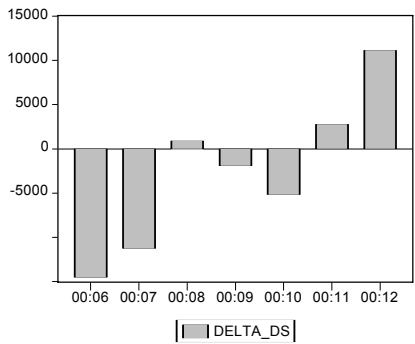


Аддитивный выброс:

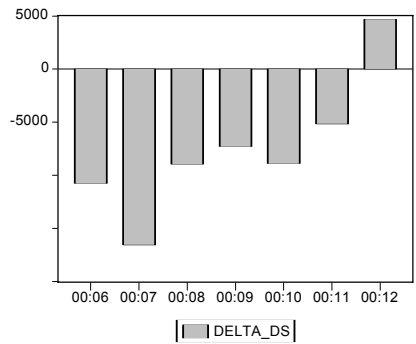


Ошибки прогнозов:

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным DS-моделям:

	DS инновац.	DS аддитивн.
Root Mean Squared Error	8459.231	9646.584
Mean Absolute Error	6809.506	8902.694
Mean Absolute Percent Error	7.994012	10.90060

**TS-модели**

**TS-модель, допускающая сдвиг траектории и изменение наклона тренда в форме инновационного выброса с датой излома 04.1999**

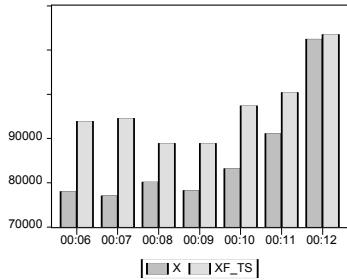
Dependent Variable: X				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1997:02 2000:05				
Included observations: 40 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8260.345	22877.30	0.361072	0.7213
DU	622.4802	5714.737	0.108925	0.9142
T	209.5077	161.5124	1.297162	0.2074
DT	2632.884	3030.193	0.868883	0.3939
X( -1)	0.385968	0.223207	1.729190	0.0972
X( -2)	0.021530	0.152492	0.141189	0.8890
X( -3)	0.035270	0.151872	0.232233	0.8184
X( -4)	0.090503	0.149418	0.605705	0.5506
X( -5)	0.056159	0.144855	0.387691	0.7018
X( -6)	-0.083065	0.160478	-0.517610	0.6097
X( -7)	-0.014157	0.163874	-0.086389	0.9319
X( -8)	-0.122748	0.169391	-0.724642	0.4760
X( -9)	-0.242626	0.160772	-1.509125	0.1449
X( -10)	-0.082384	0.157644	-0.522597	0.6063
X( -11)	-0.107512	0.156546	-0.686775	0.4991
X( -12)	0.680388	0.155324	4.380446	0.0002
X( -13)	-0.241768	0.217570	-1.111220	0.2780
R-squared	0.961063	Mean dependent var		33456.95
Adjusted R-squared	0.933976	S.D. dependent var		20596.03
S.E. of regression	5292.182	Akaike info criterion		20.28246
Sum squared resid	6.44E+08	Schwarz criterion		21.00024
Log likelihood	-388.6493	F-statistic		35.48084
Durbin-Watson stat	1.979157	Prob(F-statistic)		0.000000

**TS-модель, допускающая изменение наклона тренда  
в форме аддитивного выброса с датой излома 02.1999**

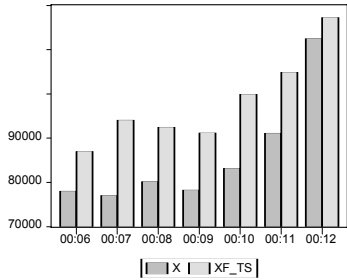
Dependent Variable: X				
Method: Least Squares				
Sample(adjused): 1997:01 2000:05				
Included observations: 41 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 10 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	17176.29	2378.173	7.222474	0.0000
DU	2887.408	3785.067	0.762842	0.4527
T	141.7255	95.47941	1.484357	0.1502
DT	3519.175	309.2493	11.37973	0.0000
AR( 1)	-0.068358	0.170221	-0.401584	0.6914
AR( 2)	-0.092527	0.166782	-0.554775	0.5840
AR( 3)	-0.095203	0.163811	-0.581172	0.5663
AR( 4)	-0.025976	0.156108	-0.166395	0.8692
AR( 5)	0.014917	0.142789	0.104468	0.9176
AR( 6)	-0.142908	0.143724	-0.994324	0.3296
AR( 7)	-0.096370	0.142394	-0.676786	0.5048
AR( 8)	-0.158724	0.137935	-1.150716	0.2607
AR( 9)	-0.287779	0.139024	-2.069993	0.0489
AR( 10)	-0.199420	0.154979	-1.286753	0.2100
AR( 11)	-0.197585	0.157000	-1.258504	0.2198
AR( 12)	0.559493	0.165522	3.380172	0.0024
R-squared	0.964628	Mean dependent var		32920.44
Adjusted R-squared	0.943405	S.D. dependent var		20625.06
S.E. of regression	4906.662	Akaike info criterion		20.12037
Sum squared resid	6.02E+08	Schwarz criterion		20.78908
Log likelihood	-396.4675	F-statistic		45.45134
Durbin-Watson stat	1.437416	Prob(F-statistic)		0.000000

Если зафиксировать обе модели и производить последовательные прогнозы на один шаг вперед по этим двум моделям, то получаются следующие результаты:

Инновационный выброс:

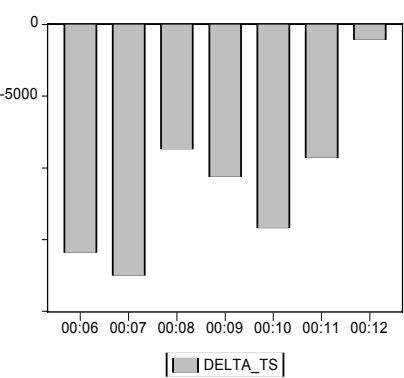


Аддитивный выброс:

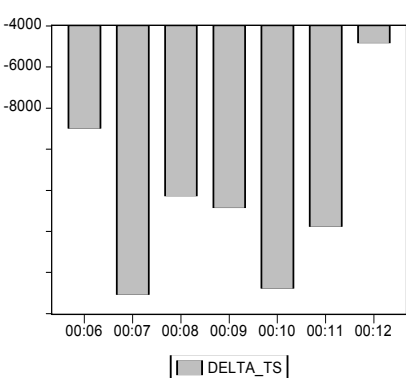


Соответственно, ошибки прогнозов имеют вид:

Инновационный выброс:



Аддитивный выброс:



Характеристики прогнозов по подобранным *TS*-моделям:

	TS иннов.	TS аддитив.
Root Mean Squared Error	12180.72	12989.34
Mean Absolute Error	11051.46	12358.84
Mean Absolute Percent Error	13.68804	14.98790

Сведем полученные результаты в одну таблицу.

	DS иннов.	TS иннов.	DS аддитив.	TS аддитив.
RMSE	8459.231	12180.72	9646.584	12989.34
MAE	6809.506	11051.46	8902.694	12358.84
MAPE	7.994012	13.68804	10.90060	14.98790

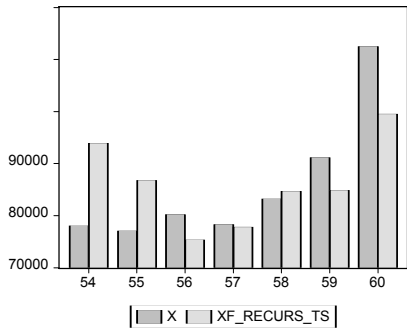
Приведем теперь результаты, получаемые при использовании рекурсивных моделей, использующих одни и те же переменные, но коэффициенты которых переоцениваются при поступлении новых наблюдений (т.е. количество запаздываний не изменяется, так же как не изменяются и даты изломов).

Для рекурсивных моделей на графиках по оси абсцисс откладываются номера последовательных наблюдений, начиная с 01.1996 (так что 53-е наблюдение соответствует 05.2000, а 60-е соответствует 12.2000).

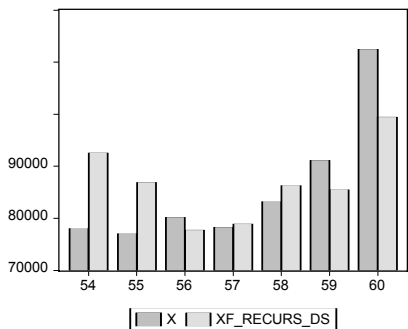
Рекурсивные модели с инновационным выбросом

Прогнозы:

по рекурсивной TS-модели

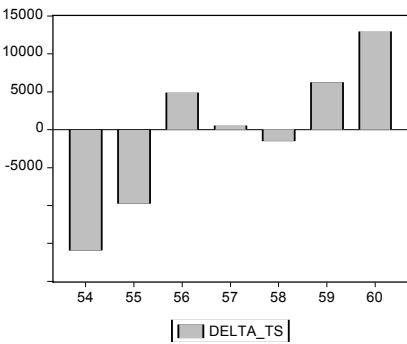


по рекурсивной DS-модели

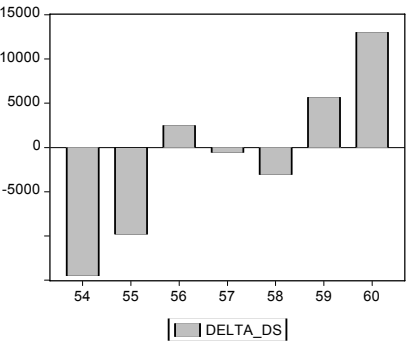


Ошибки прогнозов:

по рекурсивной TS-модели



по рекурсивной DS-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с инновационным выбросом:

	Рекурсивная DS	Рекурсивная TS
Root Mean Squared Error	8656.144	9105.602
Mean Absolute Error	7019.826	7385.307
Mean Absolute Percent Error	8.095278	8.557180

Сведем полученные результаты в отношении ряда налоговых доходов федерального бюджета для моделей с инновационным выбросом в одну таблицу.

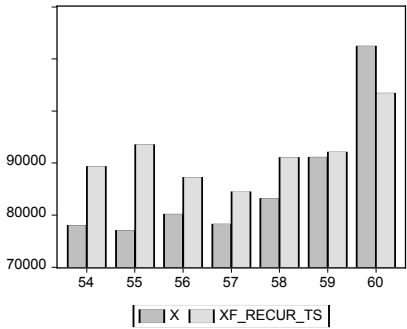


	DS ре-курс.	TS ре-курс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	8656.144	9105.602	8459.231	12180.72
Mean Absolute Error	7019.826	7385.307	6809.506	11051.46
Mean Absolute Percent Error	8.095278	8.557180	7.994012	13.68804

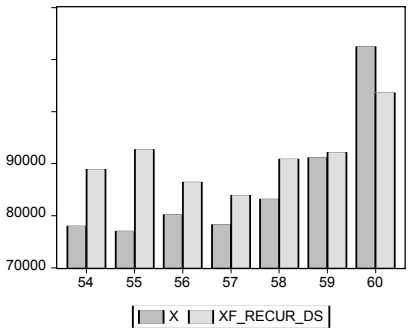
И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей с инновационным выбросом лучшими по указанным характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели. Среди *DS*-моделей фиксированные модели оказались лучше рекурсивных. Однако среди *TS*-моделей рекурсивные модели обеспечивают значительное улучшение качества прогнозов. Наилучшей является фиксированная *DS*-модель.

### Рекурсивные модели с аддитивным выбросом

по рекурсивной *TS*-модели

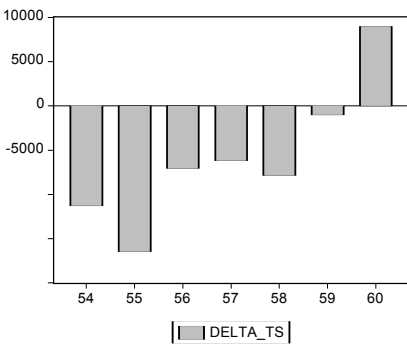


Прогнозы:  
по рекурсивной *DS*-модели

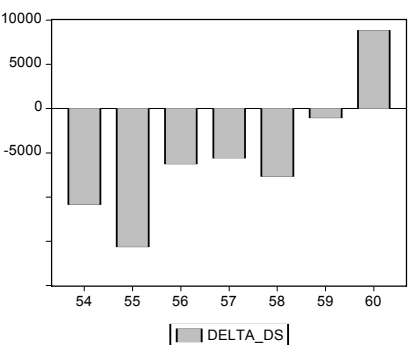


Ошибки прогнозов:

по рекурсивной *TS*-модели



по рекурсивной *DS*-модели



Характеристики точности прогнозов по рекурсивным моделям с аддитивным выбросом:

	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	9044.562	9495.680
Mean Absolute Error	8003.194	8416.063
Mean Absolute Percent Error	9.648978	10.166833

Сведем полученные результаты в отношении ряда налоговых доходов федерального бюджета для моделей с аддитивным выбросом в одну таблицу.

	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	9044.562	9495.680	9646.584	12989.34
Mean Absolute Error	8003.194	8416.063	8902.694	12358.84
Mean Absolute Percent Error	9.648978	10.166833	10.90060	14.98790

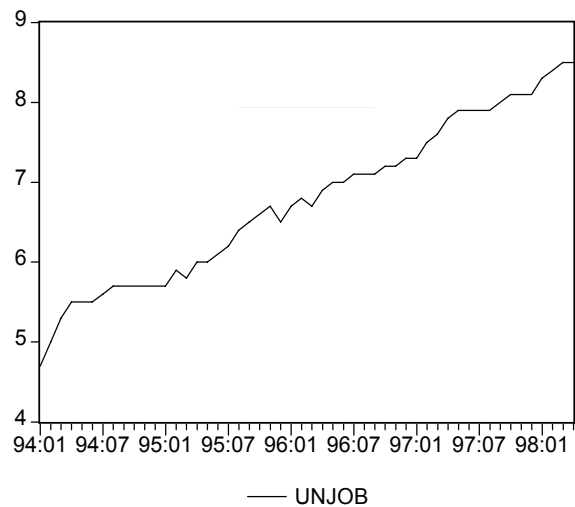
И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей с аддитивным выбросом лучшими по указанным характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели. При этом и среди *TS*-моделей, и среди *DS*-моделей лучшими оказались рекурсивные модели. Наилучшей является рекурсивная *DS*-модель.

**Подведем итоги исследования прогнозов на один шаг вперед для налоговых доходов федерального бюджета.** И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей для каждого из двух типов выбросов (инновационный или аддитивный) лучшими по указанным характеристикам точности прогнозов оказываются *DS*-модели. При этом рекурсивные модели не обязательно дают лучшие прогнозы по сравнению с фиксированными моделями. Наилучшей для инновационного выброса оказалась фиксированная *DS*-модель, а наилучшей для аддитивного выброса оказалась рекурсивная *DS*-модель.

При прогнозировании налоговых доходов федерального бюджета также оказалось, что данный временной ряд лучше прогнозировать в приростах. Как видно из динамики, ряд имеет значительную сезонную составляющую со значительными отклонениями в отдельные годы. Возможно поэтому рекурсивные модели не всегда лучше фиксированных, даже несмотря на налоговую реформу, проводимую в последние годы, которая не могла не сказаться на величине и динамике налоговых поступлений в федеральный бюджет РФ. Более подробно исследование качества прогнозирования налоговых доходов и поступлений отдельных налогов приведено в главе 5.

2.4. Безработица

Для анализа временного ряда безработицы будем использовать период с 01.1994 по 04.1998, на котором этот ряд в работе [Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей (2001)] был определен как стационарный относительно линейного тренда. График ряда на этом интервале имеет вид:



В качестве базового возьмем здесь период с 01.1994 по 09.1997, так что прогнозы будем производить, как и для предыдущих рядов, на последующие семь месяцев.

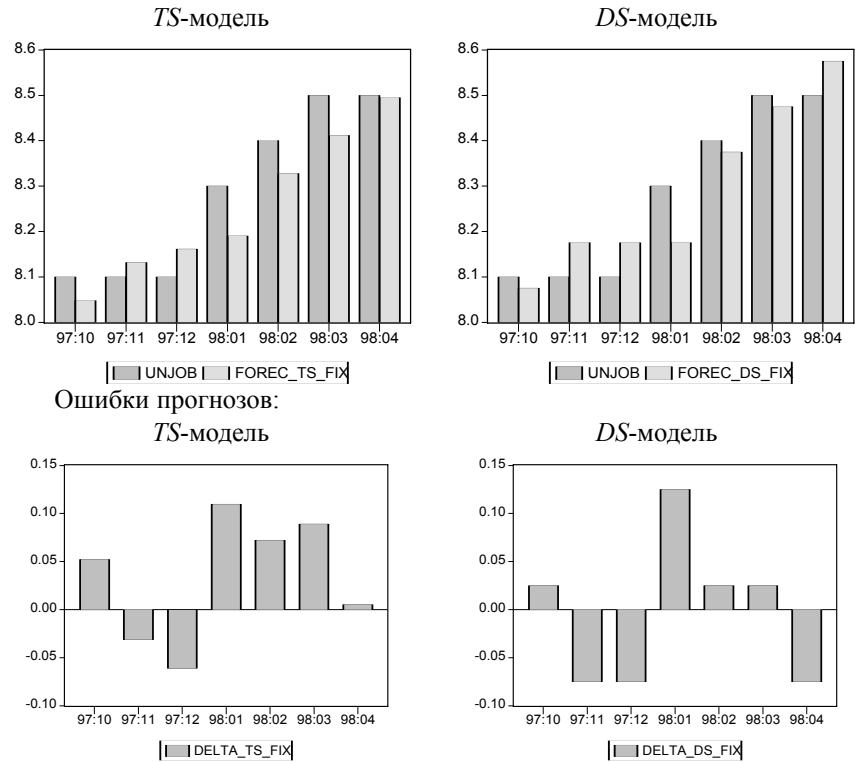
Построение *TS*-модели дает следующие результаты:

Dependent Variable: UNJOB				
Sample(adjusted): 1994:02 1997:09				
Included observations: 44 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.374932	0.537120	4.421607	0.0001
T	0.029559	0.007321	4.037459	0.0002
UNJOB( -1)	0.539134	0.108762	4.957033	0.0000
R-squared	0.989811	Mean dependent var		6.572727
Adjusted R-squared	0.989314	S.D. dependent var		0.848080
S.E. of regression	0.087670	Akaike info criterion		-1.964718
Sum squared resid	0.315130	Schwarz criterion		-1.843069
Log likelihood	46.22381	F-statistic		1991.396
Durbin-Watson stat	1.808843	Prob( F-statistic)		0.000000

(Здесь модель с включением в правую часть только запаздывания на один шаг уже проходит все стандартные тесты.)  
 При построении *DS*-модели получаем:

Dependent Variable: D( UNJOB)				
Sample(adjusted): 1994:02 1997:09				
Included observations: 44 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.075000	0.015635	4.796958	0.0000
R-squared	0.000000	Mean dependent var		0.075000
Adjusted R-squared	0.000000	S.D. dependent var		0.103710
S.E. of regression	0.103710	Akaike info criterion		-1.671967
Sum squared resid	0.462500	Schwarz criterion		-1.631417
Log likelihood	37.78327	Durbin-Watson stat		1.989189

(Эта модель также проходит все стандартные тесты.)  
 Фиксируя эти две модели, получаем следующие результаты последовательного прогнозирования значений ряда на один шаг вперед.

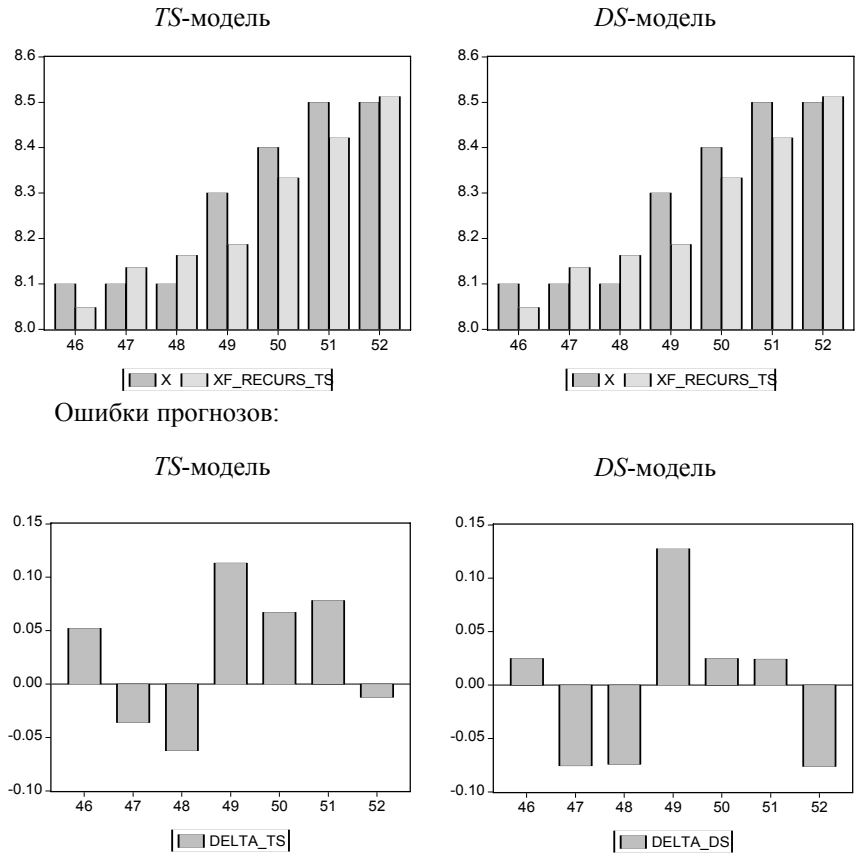


Характеристики прогнозов:

	TS	DS
Root Mean Squared Error	0.068207	0.070076
Mean Absolute Error	0.060048	0.060714
Mean Absolute Percent Error	0.724306	0.734373

Значения указанных трех характеристик для *TS* и *DS*-моделей достаточно близки. Некоторое преимущество имеет *TS*-модель.

Приведем теперь результаты прогнозирования по рекурсивным *TS*- и *DS*-моделям.



Характеристики одношаговых прогнозов по рекурсивным моделям:

	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	0.070806	0.067143
Mean Absolute Error	0.061088	0.060246
Mean Absolute Percent Error	0.738836	0.727211

Для рекурсивных *TS*- и *DS*-моделей характеристики прогнозов опять достаточно близки, преимущество также имеет *TS*-модель.

Сведем полученные результаты в отношении ряда UNJOB в одну таблицу.

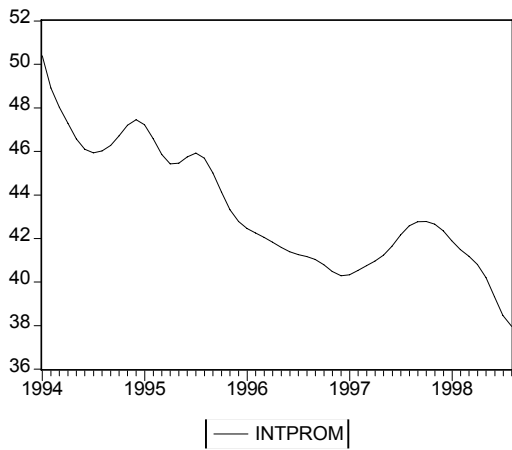
	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	0.070806	0.067143	0.070076	0.068207
Mean Absolute Error	0.061088	0.060246	0.060714	0.060048
Mean Absolute Percent Error	0.738836	0.727211	0.734373	0.724306

И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей несколько лучшими оказываются *TS*-модели. В целом все четыре модели имеют очень близкие показатели качества прогнозов. Как видно из графика динамики безработицы, этот показатель имеет достаточно стабильную динамику без резких колебаний с выраженным повышающимся трендом. Статистика по безработице в Российской Федерации очень слабо отражает занятость трудовых ресурсов, и это объясняется тем, что довольно большое количество работников формально числятся на предприятиях, работая неполную неделю или неполный рабочий день (некоторые предприятия формально функционируют, практически не работая, и т.п.). В целом официальная статистика по безработице является достаточно инертным, легко прогнозируемым показателем, что и объясняет полученные при анализе результаты.

### 2.5. Индекс интенсивности промышленного производства

Следуя работе [Эконометрический анализ динамических рядов основных макроэкономических показателей (2001)], возьмем для рассмотрения докризисный период с 01.1994 по 08.1998, на котором ряд индекса интенсивности промышленного производства (сезонно сглаженный) был классифицирован как *DS*-ряд.

График ряда на данном интервале имеет вид:



Оцененная *TS*-модель авторегрессии относительно линейного тренда имеет вид:

Dependent Variable: X				
Sample: 1994:01 1998:01				
Included observations: 49				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.420358	0.248287	1.693031	0.0984
T	-0.000355	0.001167	-0.304595	0.7623
X( -1)	3.767049	0.140808	26.75316	0.0000
X( -2)	-6.570359	0.570864	-11.50950	0.0000
X( -3)	6.635075	1.172242	5.660157	0.0000
X( -4)	-3.519549	1.589186	-2.214687	0.0327
X( -5)	-0.182805	1.533573	-0.119202	0.9057
X( -6)	1.851247	1.054838	1.755005	0.0871
X( -7)	-1.373388	0.478584	-2.869689	0.0066
X( -8)	0.382818	0.108436	3.530373	0.0011
R-squared	0.999758	Mean dependent var		43.86466
Adjusted R-squared	0.999702	S.D. dependent var		2.682861
S.E. of regression	0.046324	Akaike info criterion		-3.126391
Sum squared resid	0.083692	Schwarz criterion		-2.740305
Log likelihood	86.59658	F-statistic		17884.22
Durbin-Watson stat	1.874209	Prob( F-statistic)		0.000000

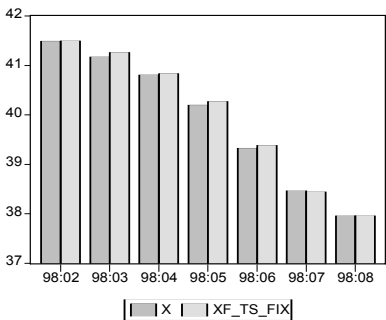
(Порядок модели определяется как и ранее).

Оцененная *DS*-модель имеет вид:

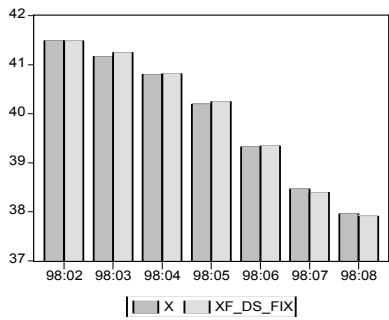
Dependent Variable: D(X)				
Method: Least Squares				
Sample: 1994:01 1998:01				
Included observations: 49				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.014830	0.008756	-1.693669	0.0979
D( X( -1))	2.878065	0.142754	20.16106	0.0000
D( X( -2))	-4.038304	0.454983	-8.875715	0.0000
D( X( -3))	3.221708	0.782165	4.118961	0.0002
D( X( -4))	-1.089103	0.900020	-1.210088	0.2332
D( X( -5))	-0.535873	0.723454	-0.740715	0.4631
D( X( -6))	0.817822	0.390195	2.095930	0.0423
D( X( -7))	-0.327252	0.111240	-2.941861	0.0053
R-squared	0.992350	Mean dependent var		-0.220853
Adjusted R-squared	0.991044	S.D. dependent var		0.522865
S.E. of regression	0.049481	Akaike info criterion		-3.026186
Sum squared resid	0.100382	Schwarz criterion		-2.717317
Log likelihood	82.14155	F-statistic		759.8284
Durbin-Watson stat	1.787437	Prob(F-statistic)		0.000000

Фиксируя эти две модели, получаем одношаговые прогнозы:

*TS*-модель

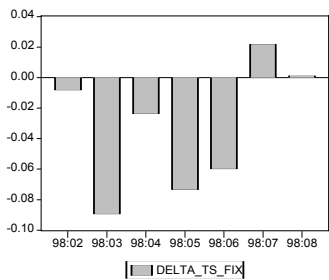


*DS*-модель

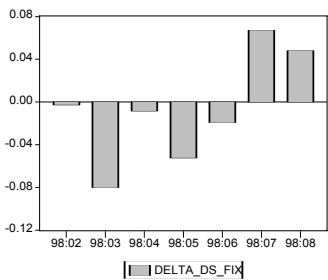


Ошибки прогнозов:

*TS*-модель



*DS*-модель



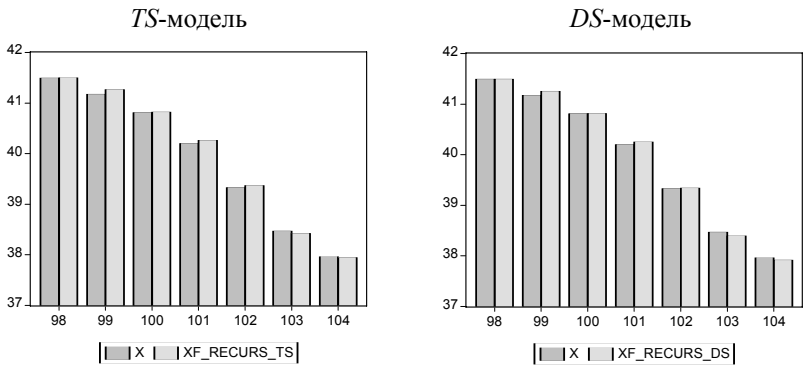


Характеристики прогнозов:

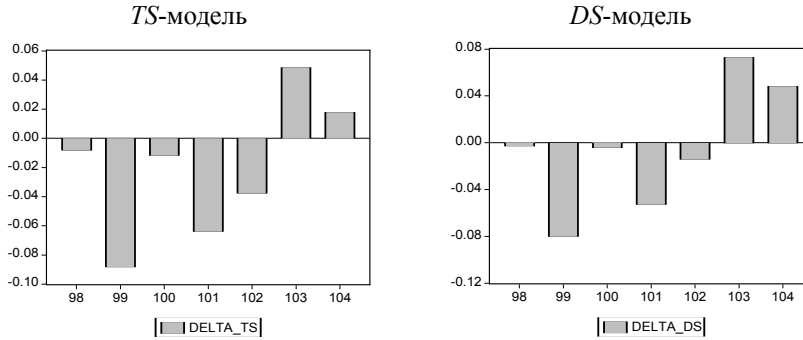
	TS	DS
Root Mean Squared Error	0.050764	0.048401
Mean Absolute Error	0.039615	0.039698
Mean Absolute Percent Error	0.098420	0.100229

Характеристики прогнозов по фиксированным моделям очень близки.

Приведем теперь результаты прогнозирования по рекурсивным *TS*- и *DS*-моделям.



Ошибки прогнозов:



Характеристики одношаговых прогнозов по рекурсивным моделям:

	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	0.049396	0.048034
Mean Absolute Error	0.039283	0.039433
Mean Absolute Percent Error	0.099288	0.098643

Результаты оказываются весьма близкими.

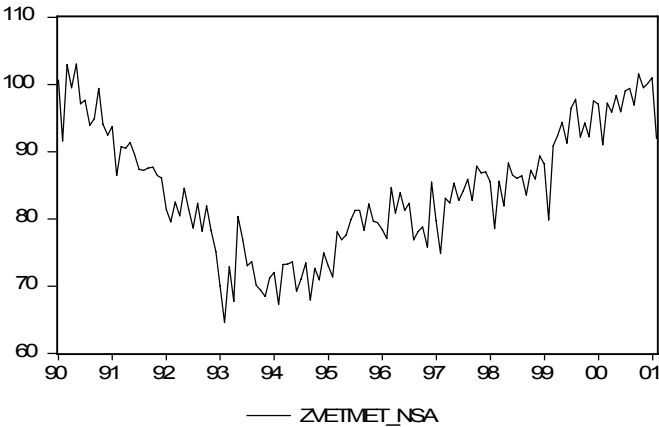
Сведем полученные результаты в отношении ряда интенсивности промышленного производства в одну таблицу.

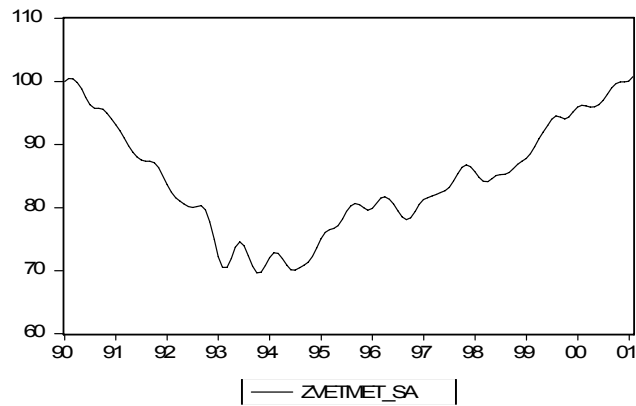
	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	0.049396	0.048034	0.048401	0.050764
Mean Absolute Error	0.039283	0.039433	0.039698	0.039615
Mean Absolute Percent Error	0.099288	0.098643	0.100229	0.098420

Ни одна из моделей не имеет определенного преимущества перед другими. Это согласуется с тем, что в краткосрочной перспективе (сглаженный) индекс промышленного производства имеет достаточно предсказуемую динамику и не содержит сезонных колебаний, которые можно было бы легко учитывать в эконометрических моделях временных рядов.

2.6. Индекс интенсивности производства цветных металлов

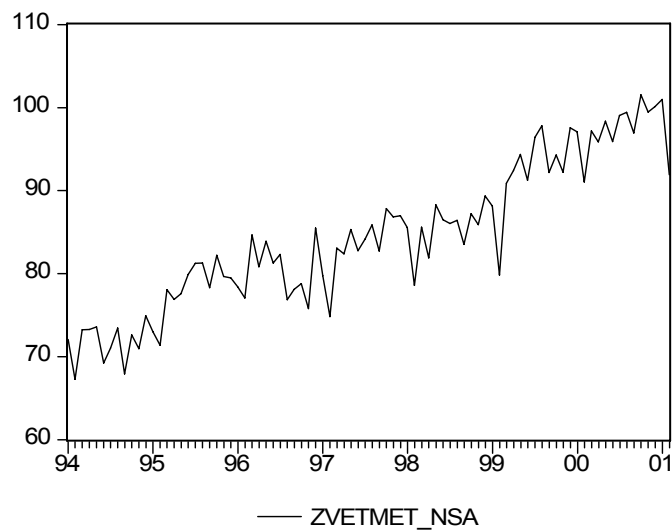
Индекс интенсивности производства цветных металлов был выбран в качестве примера для анализа индекса отраслевого промышленного производства. На всем временном интервале регистрации этого индекса графики поведения самого индекса и его сезонно скорректированного варианта имеют следующий вид:





Здесь мы выделим для рассмотрения период с 01.1994 до 02.2001. При этом мы избегаем проблем с идентификацией момента излома ряда и вместо этого проанализируем как сам ряд, так и его сезонно скорректированный вариант. Как и при исследовании предыдущих рядов, будем получать одношаговые прогнозы на один шаг вперед для семи будущих моментов времени. Поэтому первоначально построим авторегрессионные модели на временном интервале с 01.1994 до 07.2000.

Нескорректированный ряд



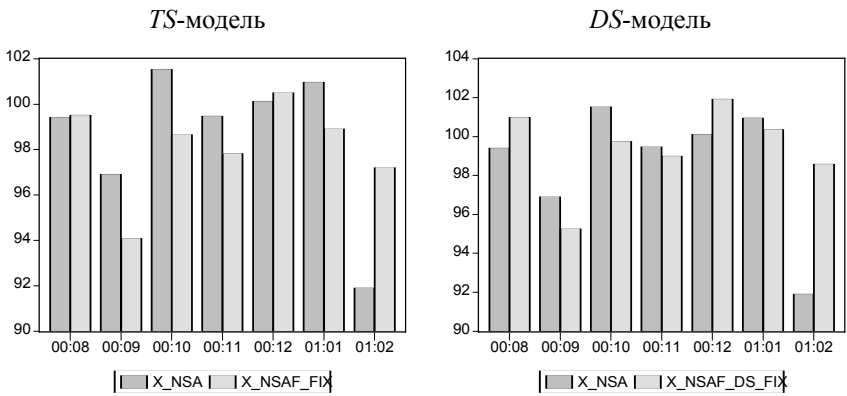
Оценивание модели с детерминированным линейным трендом дает следующий результат:

Dependent Variable: X NSA				
Method: Least Squares				
Sample: 1994:01 2000:07				
Included observations: 79				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	36.56804	15.62891	2.339770	0.0224
@TREND(1993:12)	0.161451	0.067919	2.377117	0.0204
X NSA(-1)	0.425699	0.117298	3.629225	0.0006
X NSA(-2)	0.003631	0.119202	0.030463	0.9758
X NSA(-3)	0.140500	0.115874	1.212525	0.2298
X NSA(-4)	0.021980	0.116278	0.189029	0.8507
X NSA(-5)	0.045544	0.115937	0.392835	0.6957
X NSA(-6)	-0.164483	0.117617	-1.398463	0.1668
X NSA(-7)	0.238075	0.116501	2.043543	0.0451
X NSA(-8)	-0.097152	0.113795	-0.853743	0.3964
X NSA(-9)	-0.059488	0.110920	-0.536313	0.5936
X NSA(-10)	-0.019746	0.110063	-0.179406	0.8582
X NSA(-11)	-0.105656	0.106267	-0.994247	0.3238
X NSA(-12)	0.370108	0.107821	3.432623	0.0011
X NSA(-13)	-0.317331	0.107602	-2.949130	0.0044
R-squared	0.911626	Mean dependent var		83.17016
Adjusted R-squared	0.892295	S.D. dependent var		8.083686
S.E. of regression	2.652942	Akaike info criterion		4.958398
Sum squared resid	450.4385	Schwarz criterion		5.408293
Log likelihood	-180.8567	F-statistic		47.15707
Durbin-Watson stat	2.053387	Prob(F-statistic)		0.000000

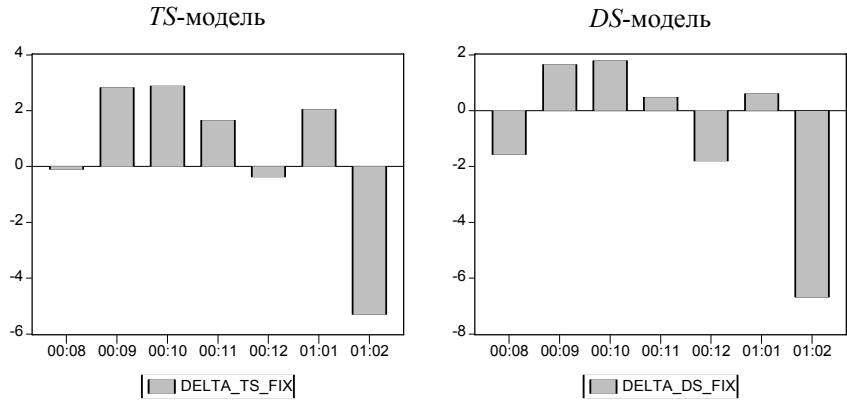
При оценивании модели в разностях получаем:

Dependent Variable: D(X NSA)				
Sample: 1994:01 2000:07				
Included observations: 79				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.970883	0.408373	2.377441	0.0203
X NSA DIF(-1)	-0.508794	0.116762	-4.357545	0.0000
X NSA DIF(-2)	-0.445117	0.130860	-3.401483	0.0011
X NSA DIF(-3)	-0.241818	0.136280	-1.774416	0.0806
X NSA DIF(-4)	-0.177286	0.136449	-1.299288	0.1984
X NSA DIF(-5)	-0.095401	0.134297	-0.710377	0.4800
X NSA DIF(-6)	-0.249181	0.132493	-1.880719	0.0644
X NSA DIF(-7)	0.031485	0.133050	0.236637	0.8137
X NSA DIF(-8)	-0.062970	0.128450	-0.490228	0.6256
X NSA DIF(-9)	-0.095828	0.125037	-0.766397	0.4462
X NSA DIF(-10)	-0.098018	0.122619	-0.799373	0.4269
X NSA DIF(-11)	-0.166679	0.116017	-1.436675	0.1555
X NSA DIF(-12)	0.259810	0.103544	2.509188	0.0146
R-squared	0.607039	Mean dependent var		0.352056
Adjusted R-squared	0.535592	S.D. dependent var		3.999653
S.E. of regression	2.725664	Akaike info criterion		4.992622
Sum squared resid	490.3302	Schwarz criterion		5.382531
Log likelihood	-184.2086	F-statistic		8.496303
Durbin-Watson stat	1.999610	Prob(F-statistic)		0.000000

Фиксируя эти две модели, получаем одношаговые прогнозы:



Ошибки прогнозов:

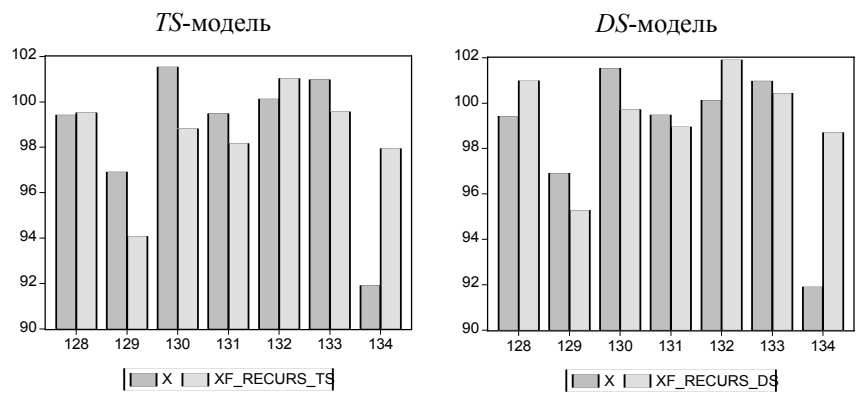


Характеристики прогнозов:

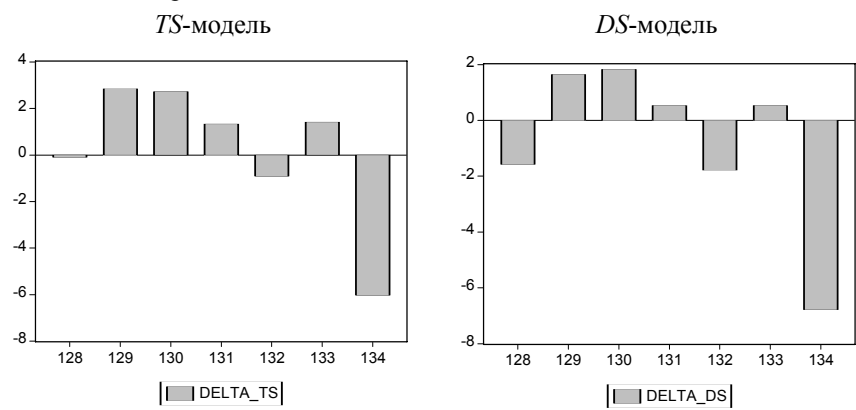
	TS	DS
Root Mean Squared Error	2.709401	2.850249
Mean Absolute Error	2.169326	2.082808
Mean Absolute Percent Error	2.241112	2.171102

Характеристики прогнозов по фиксированным моделям очень близки.

Приведем теперь результаты прогнозирования по рекурсивным *TS*- и *DS*-моделям.



Ошибки прогнозов:



Характеристики одношаговых прогнозов по рекурсивным моделям:

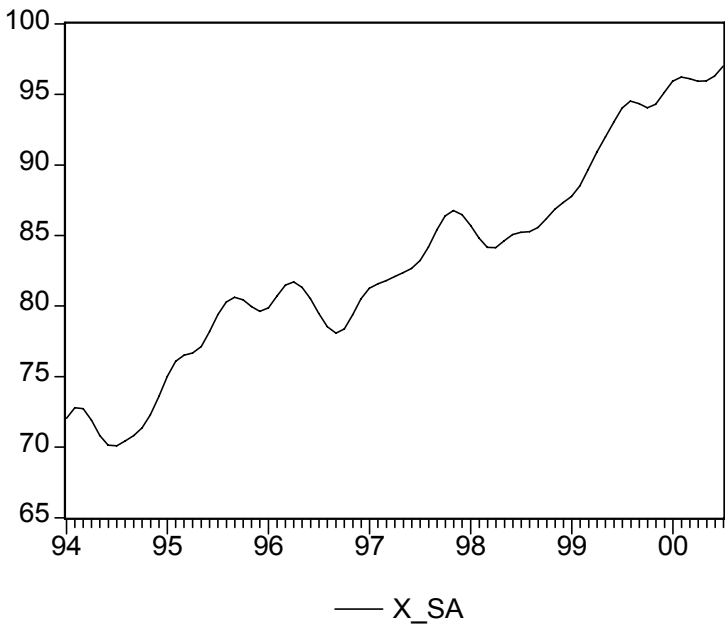
	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	2.883328	2.835979
Mean Absolute Error	2.091729	2.187653
Mean Absolute Percent Error	2.181366	2.269576

Сведем полученные результаты в отношении ряда ZVETMET\_NSA в одну таблицу.

	DS рекурс.	TS рекурс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	2.883328	2.835979	2.850249	2.709401
Mean Absolute Error	2.091729	2.187653	2.082808	2.169326
Mean Absolute Percent Error	2.181366	2.269576	2.171102	2.241112

И среди *TS*-, и среди *DS*-моделей лучшие характеристики имеют прогнозы по фиксированным моделям. Прогноз по фиксированной *TS*-модели несколько лучше прогноза по фиксированной *DS*-модели с точки зрения RMSE, но несколько хуже последнего с точки зрения двух других характеристик. В целом все четыре прогноза имеют весьма близкие характеристики.

Сезонно скорректированный ряд



Оценивание модели с детерминированным линейным трендом дает следующий результат:

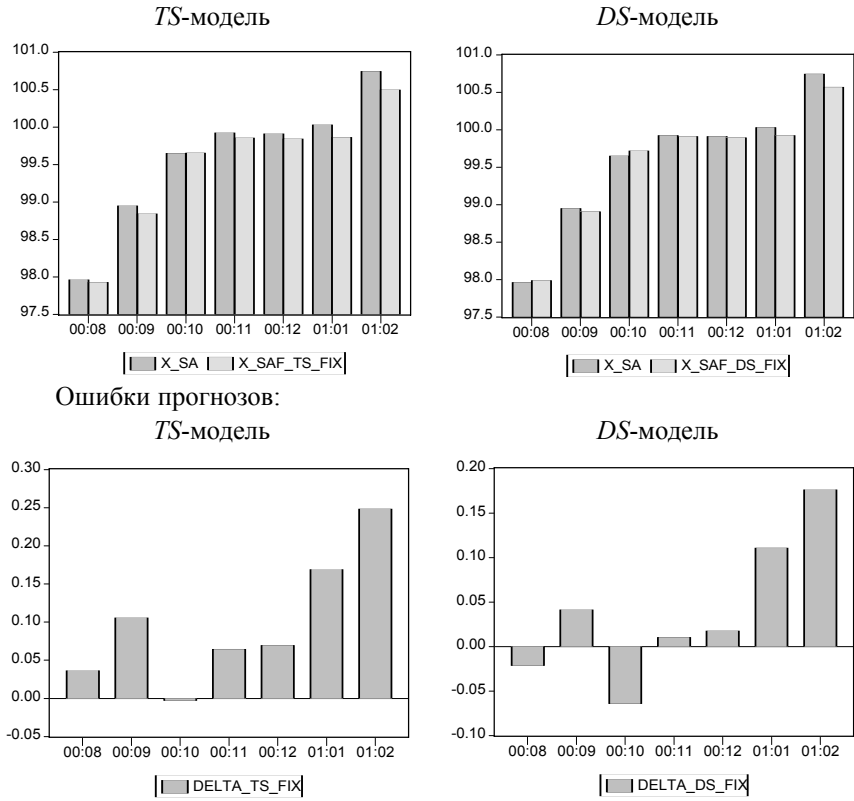
Dependent Variable: X SA				
Sample: 1994:01 2000:07				
Included observations: 79				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.889047	0.548959	3.441145	0.0010
@TREND( 1993:12)	0.008485	0.002484	3.415543	0.0011
X SA(-1)	3.631262	0.096718	37.54472	0.0000
X SA(-2)	-6.360191	0.332250	-19.14280	0.0000
X SA(-3)	6.989368	0.547534	12.76517	0.0000
X SA(-4)	-5.121163	0.541297	-9.460907	0.0000
X SA(-5)	2.396030	0.320370	7.478938	0.0000
X SA(-6)	-0.562043	0.090761	-6.192587	0.0000
R-squared	0.999833	Mean dependent var		83.16323
Adjusted R-squared	0.999817	S.D. dependent var		7.582406
S.E. of regression	0.102643	Akaike info criterion		-1.619359
Sum squared resid	0.748025	Schwarz criterion		-1.379414
Log likelihood	71.96466	F-statistic		60796.79
Durbin-Watson stat	1.901030	Prob(F-statistic)		0.000000

При оценивании модели в разностях получаем:

Dependent Variable: D( X SA)				
Sample: 1994:01 2000:07				
Included observations: 79				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.031516	0.016425	1.918845	0.0589
X_SA_DIF(-1)	2.714390	0.099284	27.33957	0.0000
X_SA_DIF(-2)	-3.824217	0.252220	-15.16224	0.0000
X_SA_DIF(-3)	3.322160	0.330006	10.06696	0.0000
X_SA_DIF(-4)	-1.812055	0.245999	-7.366110	0.0000
X_SA_DIF(-5)	0.513092	0.093295	5.499652	0.0000
R-squared	0.971546	Mean dependent var		0.331900
Adjusted R-squared	0.969598	S.D. dependent var		0.626785
S.E. of regression	0.109288	Akaike info criterion		-1.516751
Sum squared resid	0.871901	Schwarz criterion		-1.336793
Log likelihood	65.91168	F-statistic		498.5175
Durbin-Watson stat	1.791566	Prob (F-statistic)		0.000000



Фиксируя эти две модели, получаем одношаговые прогнозы:

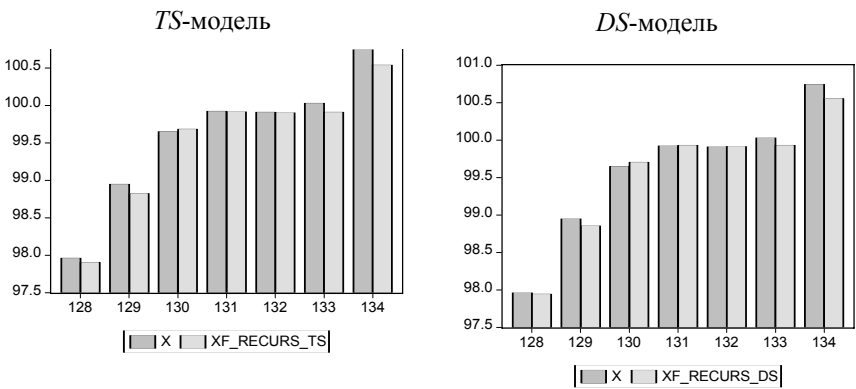


Характеристики прогнозов:

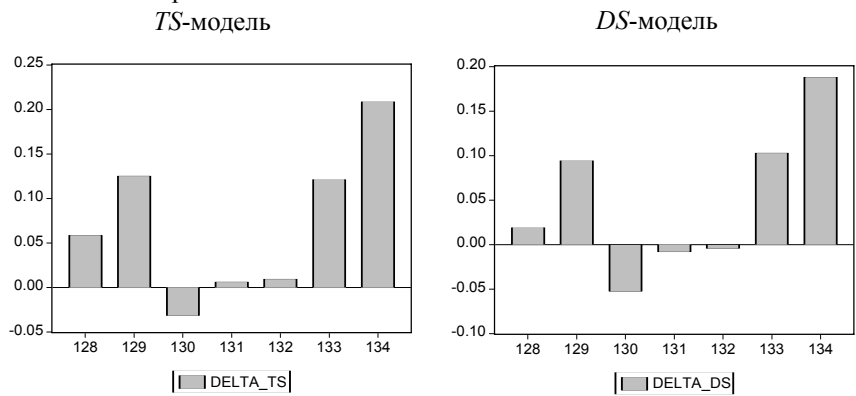
	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	0.084411	0.126271
Mean Absolute Error	0.063081	0.099413
Mean Absolute Percent Error	0.063052	0.099430

Здесь *DS*-модель оказалась лучшей по всем трем показателям. Отметим крайне малые по сравнению с моделью без сезонной коррекции значения MAPE, что, конечно, объясняется гладкостью траекторий сезонно скорректированного ряда и самой методикой построения сезонно скорректированного ряда, принимающей во внимание будущие значения «сырого» ряда.

Приведем теперь результаты прогнозирования по рекурсивным *TS*- и *DS*-моделям.



Ошибки прогнозов:



Характеристики одношаговых прогнозов по рекурсивным моделям:

	DS рекурс.	TS рекурс.
Root Mean Squared Error	0.090938	0.105791
Mean Absolute Error	0.066958	0.080089
Mean Absolute Percent Error	0.066982	0.080246

Сведем полученные результаты в отношении ряда ZVETMET\_SA в одну таблицу.

	DS ре-курс.	TS ре-курс.	DS фикс.	TS фикс.
Root Mean Squared Error	0.090938	0.105791	0.084411	0.126271
Mean Absolute Error	0.066958	0.080089	0.063081	0.099413
Mean Absolute Percent Error	0.066982	0.080246	0.063052	0.099430

И среди фиксированных, и среди рекурсивных моделей лучшими являются *DS*-модели. Среди этих двух *DS*-моделей несколько лучшей оказалась фиксированная модель, хотя различие между характеристиками прогнозов очень мало.

**2.7. Предпочтительность модели на временном интервале оценивания и качество прогнозов**

Сделаем несколько замечаний относительно связи между предпочтительностью модели на временном интервале оценивания и качеством последовательности одношаговых прогнозов за пределами этого периода.

**Замечание 1**

При сравнении *TS*- и *DS*-моделей мы, как и авторы работ, которые были упомянуты в главе 1, не занимались уточнением спецификации этих моделей в направлении исключения из них переменных со статистически не значимыми коэффициентами. И это имеет некоторую аргументацию. Поскольку мы анализируем качество прогнозов на один шаг вперед, полная модель, обладая наименьшей остаточной суммой квадратов по сравнению с редуцированными моделями, полученными на ее основе, имеет наилучшие показатели качества одношаговых прогнозов в пределах периода, на котором эта модель оценивалась, по крайней мере, в отношении RMSE.

Вместе с тем указанное преимущество полной модели никак не гарантирует того, что полная модель обязательно даст лучшее качество одношаговых прогнозов при выходе за пределы интервала, на котором модель оценивалась. Покажем это на примере.

При анализе одношаговых прогнозов для ряда M1 по *DS*-модели с аддитивным выбросом, датированным 02.1999, мы получили для использованной там фиксированной *DS*-модели следующие показатели качества одношаговых прогнозов, соответствующих периоду с 08.2000 по 02.2001.

RMSE=30788.31, MAE=25004.23, MAPE=3.119278.

В то же время, если исключить из этой модели составляющие AR( 2),...,AR( 7), то показатели качества получаемой при этом редуцированной модели равны, соответственно,

$$RMSE=30337.52, MAE=24768.65, MAPE=3.090592.$$

Таким образом, показатели качества редуцированной модели оказываются лучшими по сравнению с аналогичными показателями для полной модели.

**Замечание 2**

Указанная в предыдущем замечании редуцированная модель одновременно оказывается лучше полной модели и по информационному критерию Шварца: для нее значение этого критерия равно SIC=21.923, тогда как для полной модели SIC=22.354. Однако на основании этого все же нельзя делать выводы об обязательной предпочтительности для прогнозирования моделей с меньшими значениями SIC.

Если из той же полной модели исключить только составляющую AR( 7), то получим следующие показатели качества прогнозов на один шаг вперед по таким образом редуцированной модели:

$$RMSE=30897.48, MAE=25365.34, MAPE=3.168368.$$

Все три показателя у редуцированной модели хуже, чем у полной, хотя для редуцированной модели значение SIC=22.277 меньше, чем для полной модели (22.354).

В качестве варианта *DS*-модели для ряда M1, содержащего в качестве объясняющих совершенно другие переменные, рассмотрим оцененную модель.

Dependent Variable: D( X)				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1995:07 2000:07				
Included observations: 61 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 5 iterations				
Backcast: 1994:10 1995:06				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4048.204	1086.735	3.725107	0.0005
@SEAS( 12)	26585.19	4198.554	6.331988	0.0000
@SEAS( 1)	-21519.15	4231.340	-5.085658	0.0000
T3	1037.048	130.7445	7.931870	0.0000
MA( 9)	-0.417871	0.124729	-3.350225	0.0015
R-squared	0.713867	Mean dependent var		9607.820
Adjusted R-squared	0.693429	S.D. dependent var		15969.54
S.E. of regression	8842.148	Akaike info criterion		21.09086
Sum squared resid	4.38E+09	Schwarz criterion		21.26388
Log likelihood	-638.2712	F-statistic		34.92834
Durbin-Watson stat	2.070271	Prob (F-statistic)		0.000000

Здесь @SEAS(1), @SEAS(12) – сезонные DUMMY, а T3 – переменная, равная 0 на временном интервале до 07.1998 включительно и равная t-42, начиная с 08.1998 (43-е наблюдение).

Сравним приведенные результаты для этой модели с результатами, полученными при оценивании фиксированной *DS*-модели для M1 с аддитивным выбросом, рассмотренной в разделе 2.1.1, а именно:

R-squared	0.667957	Mean dependent var	10454.73
Adjusted R-squared	0.544627	S.D. dependent var	17387.54
S.E. of regression	11733.35	Akaike info criterion	21.81321
Sum squared resid	4.82E+09	Schwarz criterion	22.35373
Log likelihood	-520.4237	F-statistic	5.416000
Durbin-Watson stat	1.837172	Prob(F-statistic)	0.000032

Оцененная альтернативная модель имеет лучшие показатели ( $R^2$ , AIC, SIC). Сравним характеристики качества последовательности одношаговых прогнозов на временном интервале 08.2000–02.2001, получаемые по этим двум моделям.

	DS альтернат.	DS аддитивн.
Root Mean Squared Error	37314.6	30788.31
Mean Absolute Error	26437.34	25004.23
Mean Absolute Percent Error	3.270095	3.119278

Альтернативная модель дает худшие прогнозы по всем трем характеристикам.

### Замечание 3

Из предыдущих двух замечаний следует, что ни выбор по информационному критерию Шварца, ни выбор по коэффициенту детерминации  $R^2$  не гарантируют того, что в рамках *DS*- или *TS*-моделей выбранная по этим критериям из нескольких вариантов модель обязательно даст лучшие результаты прогнозов за пределами интервала, по которому эти модели оценивались.

С этой точки зрения выбор для сравнения качества прогнозов именно «полных» *TS*- и *DS*-моделей оправдан лишь с точки зрения определенности выбора модели.

2.8. Сравнение прогнозов, полученных по выбранным моделям, с «наивными» прогнозами

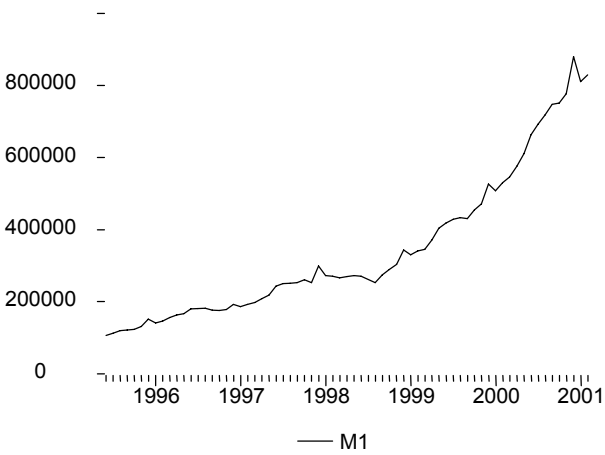
В разделах 2.1–2.6 мы провели сравнение прогнозов для соответствующих временных рядов по фиксированным и рекурсивным моделям в уровнях и в разностях.

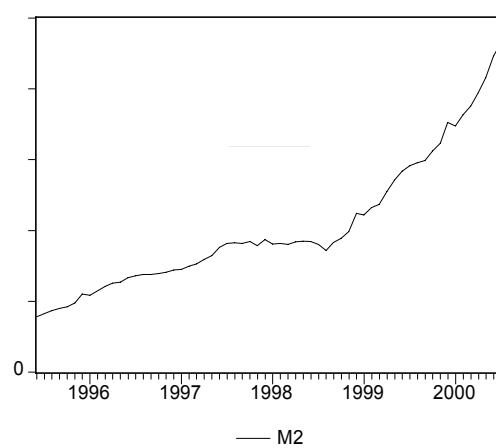
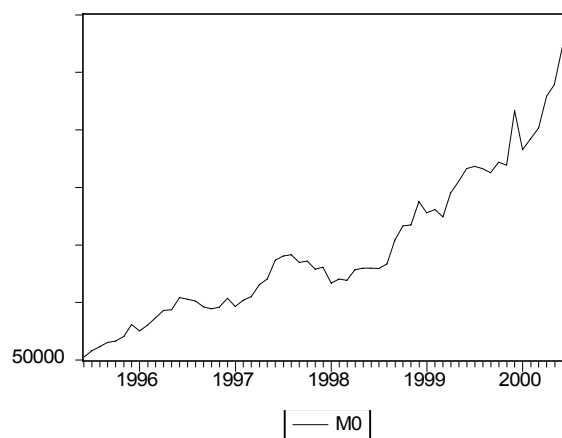
При этом для наилучших среди рассмотренных по каждому ряду альтернативных вариантов были получены следующие средние процентные ошибки (MAPE):

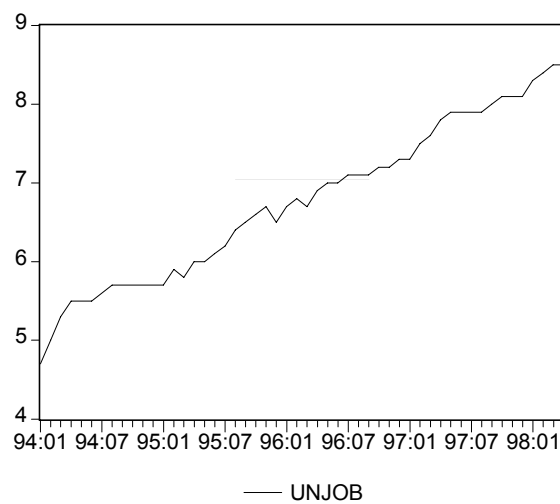
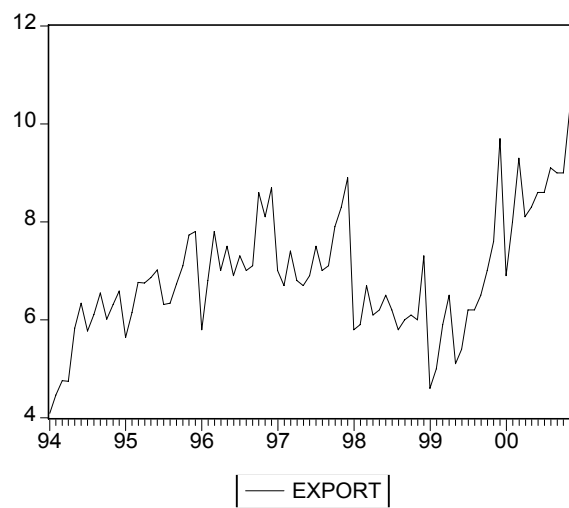
Ряд	MAPE
M1	3.119
M0	3.748
M2	2.814
Экспорт	7.363
Безработица	0.724
Индекс интенсивности промышленного производства	0.098
Индекс интенсивности производства цветных металлов (NSA)	2.171
Индекс интенсивности производства цветных металлов (SA)	0.063

Если формально упорядочить список этих рядов по величине MAPE, то наихудший прогноз получен для ряда «Экспорт», а наилучший – для ряда «Индекс интенсивности производства цветных металлов (SA)».

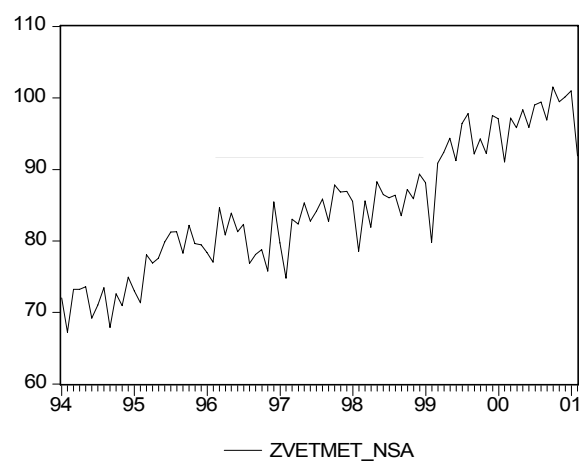
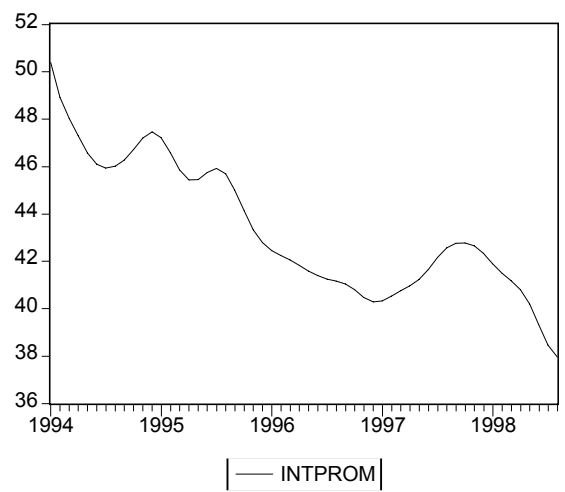
Вспомним, однако, общий характер поведения данных рядов на рассмотренных временных интервалах:

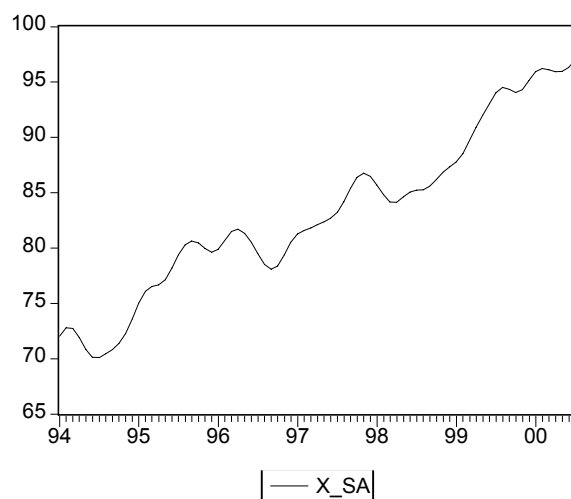












Все эти ряды, за исключением ряда «Экспорт», имеют на рассмотренных временных интервалах выраженный линейный тренд. Поэтому представляется естественным сравнить результаты прогнозирования по выбранным выше моделям, для которых приведены соответствующие значения MAPE, с результатами «наивных» прогнозов, строящихся по линейному тренду, выделенному из данных на временном периоде оценивания или на части этого периода (если за весь период оценивания происходит заметное изменение наклона тренда – см. денежные ряды).

Для рядов с изломом детерминированного тренда используем для выделения линейного тренда интервалы времени, следующие за моментом излома, указанным процедурой Перрона в модели с аддитивным выбросом.

Приведем результаты выделения линейного тренда по каждому из перечисленных рядов, получаемые экстраполяцией по моделям линейного тренда прогнозы и характеристики соответствующих последовательностей одношаговых прогнозов.

Ряд	Период оценивания	Период прогнозирования	MAPE
M1	03.1993-07.2000	08.2000-02.2001	7.770
M0	03.1993-07.2000	08.2000-02.2001	8.550
M2	03.1993-07.2000	08.2000-02.2001	5.912
Экспорт	01.1994-04.2000	05.2000-12.2000	20.166
Безработица	01.1994-09.1997	10.1997-04.1998	0.704
Интпром	01.1994-01.1998	02.1998-08.1998	2.471
Цветмет (NSA)	01.1994-07.2000	08.2000-02.2001	3.364
Цветмет (SA)	01.1994-07.2000	08.2000-02.2001	2.694

Для удобства значения MAPE для каждого ряда, полученные по модели линейного тренда и по ранее подобранной модели, сведем в одну таблицу.

Ряд	MAPE Selected model	MAPE Linear model
M1	3.119	7.770
M0	3.748	8.550
M2	2.814	5.912
Экспорт	7.363	20.166
Безработица	0.724	0.704
Индекс интенсивности Промышленного производства	0.098	2.471
Индекс интенсивности Производства цветных Металлов (NSA)	2.171	3.364
Индекс интенсивности Производства цветных Металлов (SA)	0.063	2.694

Из этой таблицы видно, что для денежных рядов средняя процентная ошибка прогноза по ранее подобранной модели в два с лишним раза меньше ошибки прогноза по оцененному линейному тренду. Для экспорта первая ошибка меньше в 2,7 раза, а по индексу производства цветных металлов (NSA) – примерно в 1,5 раза.

Для сезонно скорректированных рядов – индекса интенсивности промышленного производства и индекса интенсивности производства цветных металлов – наблюдается наиболее существенное снижение ошибки прогнозов по сравнению с прогнозом по линейному тренду: в 25,2 и 42,8 раза соответственно.

Наконец, для ряда, описывающего динамику безработицы, прогноз по оцененному линейному тренду оказался даже лучше, чем по подобранной ранее *TS*-модели:

$$X_t = 2.375 + 0.0296 * t + 0.539 * X_{t-1}.$$

И это несмотря на то, что на временном интервале оценивания для последней модели  $R^2_{\text{adj}} = 0.989$ ,  $AIC = -1.96$  и  $SIC = -1.84$ , тогда как для оцененной модели линейного тренда  $R^2_{\text{adj}} = 0.981$ ,  $AIC = -1.31$  и  $SIC = -1.23$ , т.е. на временном интервале оценивания модель линейного тренда хуже по всем показателям. Это еще раз подтверждает положение, которое было сформулировано ранее в замечании 3 раздела 2.7.