

Заключение.

Некоторые выводы

из полученных результатов

Для сравнения результатов прогнозирования при помощи эконометрических моделей сравним полученные результаты. Приведенная ниже таблица показывает ранжирование различных моделей прогнозирования, использовавшихся в главах 2 – 4. В каждой строке ранг 1 соответствует модели с наименьшим значением MAPE (вычисленным, соответственно, по 7, 8 или 16 точкам), а ранг 8 – модели с наибольшим значением MAPE (MAPE – средняя абсолютная процентная ошибка последовательности одношаговых прогнозов). Таким образом, прогнозы по модели, имеющей ранг 1, наилучшие (с точки зрения MAPE), а прогнозы по модели, имеющей ранг 8, наихудшие в соответствующей строке.

Для краткости в таблице обозначено:

- Fix – прогнозирование по фиксированной модели;
- Rec – прогнозирование по рекурсивной модели;
- Track – коррекция прогнозов методом «back-on-track»;
- Ave – коррекция прогнозов методом «back-on-ave».

Ряд/Тип	Кол-во точек	DS-модели				TS-модели			
		Fix	Track	Ave	Rec	Fix	Track	Ave	Rec
M1/DS	7	2	8	3	4	6	7	1	5
Аддит.	16	2	4	1	3	8	5	7	6
M1/DS	7	1			3	2			4
Иннов.	16	1			2	4			3
M0/DS	7	4			1	3			2
Аддит.	16	5	6	4	1	8	3	7	2
M0/DS	7	1-2			3	4			1-2
Иннов.	16	3			1	4			2
M2/DS	7	2			3	1			4
Аддит.	16	2	8	6	1	4	7	5	3
M2/DS	7	1			3	4			2
Иннов.	16	2			1	3			4
Эксп/TS	8	2			1	4			3
	16	2	8	5	1	6	7	4	3
Наддох/DS	7	3			1	4			2
Аддит.	16	7	4	2	5	8	3	1	6
Наддох/DS	7	1			2	4			3
Иннов.	16	3			2	4			1
Безраб/TS	7	3	5-6	7-8	4	1	5-6	7-8	2
Пром/DS	7	5	8	6-7	3-4	2	6-7	1	3-4
Цвет/DS (ск)	7	2	1	4	6	7	3	5	8
Цвет/TS (н/с)	7	2	8	7	3	4	6	1	5

В следующей таблице указано поведение ошибок последовательных прогнозов по оцененным фиксированным моделям (наличие или отсутствие выраженного систематического смещения прогнозов):

Ряд/Тип	Кол-во точек	Наличие смещения	
		DS-модели	TS-модели
M1/DS	7	–	+
Аддит.	16	–	+
M1/DS	7	–	+
Иннов.	16	–	+
M0/DS	7	–	+
Аддит.	16	+	+
M0/DS	7	–	–
Иннов.	16	+	+
M2/DS	7	–	–
Аддит.	16	–	–
M2/DS	7	–	–
Иннов.	16	–	–
Эксп/TS	8	–	+
	16	–	+
Налдох/DS	7	+	+
Аддит.	16	+	+
Налдох/DS	7	–	+
Иннов.	16	–	+
Безраб/TS	7	–	–
Пром/DS	7	–	+
Цвет/DS (ск)	7	–	+
Цвет/TS (н/с)	7	?	?

По данным двух последних таблиц можно составить таблицы предпочтений в парах использованных прогностических моделей при наличии и при отсутствии (выраженного) систематического смещения прогнозов.

Если выраженное систематическое смещение прогнозов есть, то имеем следующую картину предпочтений:

	Фиксир.	Рекурс.	Back-on-track	Back-on-ave
Фиксир.		Рекурс.	?	Back-on-ave
Рекурс.	Рекурс.		?	?
Back-on-track	?	?		?
Back-on-ave	Back-on-ave	?	?	

Если выраженного систематического смещения прогнозов нет, то картина предпочтений такова:

	Фиксир.	Рекурс.	Back-on-track	Back-on-ave
Фиксир.		?	Фиксир.	Фиксир.
Рекурс.	?		Рекурс.	?
Back-on-track	Фиксир.	Рекурс.		?
Back-on-ave	Фиксир.	?	?	

В обеих таблицах знаки вопроса (?) означают отсутствие более или менее определенных указаний на предпочтительность выбора одной из двух соответствующих моделей.

На основании первой из приведенных четырех таблиц можно также сделать заключение о том, что с точки зрения MAPE при выборе (для целей прогнозирования) между фиксированными *TS*- и *DS*-моделями последние (*DS*-модели) выглядят предпочтительнее как в тех случаях, когда прогнозируемый ряд классифицирован как *DS*-ряд (15 из 18 рассмотренных случаев), так и в тех случаях, когда прогнозируемый ряд классифицирован как *TS* ряд (3 из 4 случаев). Это подтверждает уже приводившееся в главе 1 замечание о том, что *DS*-процесс способен быстрее адаптироваться к изменениям структурного параметра, по крайней мере на одношаговых прогнозах.

На основании проведенного анализа макроэкономических рядов РФ можно сделать следующие выводы.

- Результаты прогнозирования с использованием одномерных эконометрических моделей временных рядов существенным образом зависят как от выбора модели, по которой производится прогнозирование (фиксированная или рекурсивная модель, модель в уровнях – *TS*-модель или модель в разностях – *DS*-модель), так и от поведения самого ряда за пределами интервала, на котором эта модель оценивалась. При этом качество прогнозов изменяется в весьма широких пределах.

Если точность последовательности одношаговых прогнозов определять величиной средней абсолютной процентной ошибки (MAPE), то по этой характеристике лучшие результаты достигаются при прогнозировании рядов, представляющих денежный агрегат *M1* и нескорректированный на сезонность индекс интенсивности производства цветных металлов (MAPE порядка 2% – 3%), а также сезонно скорректированные ряды, представляющие индекс производства цветных металлов (MAPE порядка 0,06% – 0,1%) и индекс интенсивности промышленного производства в целом (MAPE порядка 0,1%). (Заметим, однако, что результаты, полученные для двух пос-

ледних рядов, не являются удивительными: при построении сезонно скорректированного варианта ряда учитываются его действительные «будущие» значения, так что имитация прогнозирования в текущем времени для таких реализаций не имеет особого смысла.)

В то же время при построении 16 последовательных одношаговых прогнозов для ряда, представляющего объемы экспорта, даже в наилучшем варианте значение $MAPE$ оказывается равным 7%.

Более того, в последнем случае наилучшие результаты дает использование «наивных» прогнозов, соответствующих использованию модели простого случайного блуждания (без сноса), т.е. прогнозирующих последующее значение ряда как равное текущему значению ряда. При использовании таких прогнозов значение $MAPE$ удастся снизить до 5%. Впрочем, это единственный ряд, для которого подобные прогнозы оказались наилучшими. С другой стороны, использование другого типа «наивных» прогнозов, ориентирующихся на оцененный линейный тренд (см. разд. 2.8), дает несколько лучший результат ($MAPE = 0,704\%$) по сравнению с наилучшим результатом ($MAPE = 0,724\%$), полученным по эконометрическим моделям, для ряда, представляющего данные об общей численности безработных (и только для этого ряда).

- Полная модель не обязательно дает лучшее качество одношаговых прогнозов при выходе за пределы интервала, на котором модель оценивалась, по сравнению с редуцированной моделью.

Так, при анализе одношаговых прогнозов для ряда значений денежного агрегата $M1$ по DS -модели с аддитивным выбросом, датированным 02.1999, мы получили в разд. 2.1.1 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 $AR(2), \dots, AR(7)$, то показатели качества получаемой при этом редуцированной модели равны, соответственно,

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

и оказываются лучшими по сравнению с аналогичными показателями для полной модели.

- Редуцированная модель, оказывающаяся предпочтительнее полной по критериям R^2_{adj} (скорректированный коэффициент детерминации), AIC (информационный критерий Акаике), SIC (информационный критерий Шварца), не обязательно дает лучшее качество одношаговых прогнозов при выходе за пределы интервала, на котором модель оценивалась, по сравнению с полной моделью.

Если из той же полной модели (что и в предыдущем пункте) 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).

- Рекурсивная модель (коэффициенты которой переоцениваются при поступлении каждого нового наблюдения) не обязательно дает лучшее качество одношаговых прогнозов по сравнению с фиксированной моделью (коэффициенты которой, оцененные на базовом интервале, не переоцениваются при поступлении новых наблюдений). Однако при увеличении количества последовательных одношаговых прогнозов предпочтение смещается в сторону рекурсивной модели, на что указывают следующие результаты.

При расчете характеристик качества прогнозов по 7 (или 8) последовательным прогнозам рекурсивные модели оказались лучшими только в 41,7% случаев, а при расчете характеристик качества прогнозов по 16 последовательным прогнозам рекурсивные модели оказались лучшими в 90,9% случаев. Так, для ряда, представляющего значения денежного агрегата M0, значения средней абсолютной процентной ошибки (MAPE), вычисленной по 16 последовательным прогнозам (модель с аддитивным выбросом), равны 5,13% при использовании фиксированной DS-модели и 3,31% – при использовании рекурсивной DS-модели.

- Для рядов, классифицированных при предварительном тести-

ровании как *DS*-ряды, лучшее качество одношаговых прогнозов среди фиксированных моделей могут давать как модели в разностях (в 15 из 18 рассмотренных случаев), так и модели в уровнях (3 случая из 18). Однако при сравнении качества по 16 последовательным прогнозам, для всех рассмотренных *DS*-рядов модели в разностях оказались предпочтительнее.

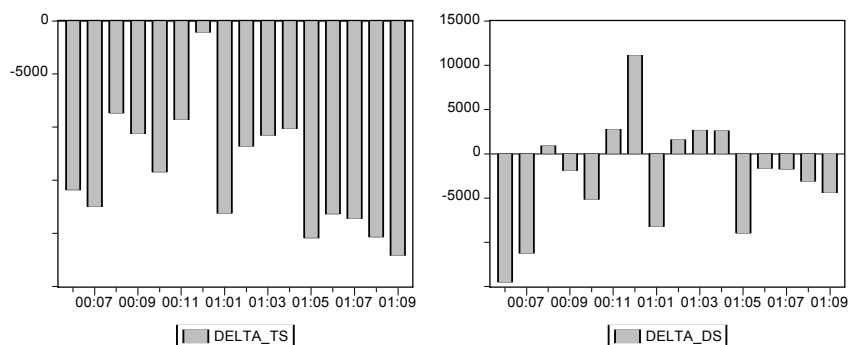
В качестве примера здесь можно привести ряд, представляющий значения денежного агрегата *M1*, классифицированный как *DS*-ряд. Значения средней абсолютной процентной ошибки (*MAPE*), вычисленной в разд. 3.1.1 по 16 последовательным прогнозам (модель с инновационным выбросом), равны 9,02% при использовании модели в уровнях и 3,05% – при использовании модели в разностях.

- Для рядов, классифицированных при предварительном тестировании как *TS*-ряды, лучшее качество одношаговых прогнозов среди фиксированных моделей могут давать модели в разностях («передифференцированные» ряды) – 3 случая из 4.

Примером здесь служит ряд, представляющий объемы экспорта (раздел 3.2) и классифицированный как *TS*-ряд. Значения средней абсолютной процентной ошибки (*MAPE*), вычисленной по 16 последовательным прогнозам, равны 8,39% при использовании модели в уровнях и 6,99% – при использовании модели в разностях.

- Наличие систематического смещения последовательных одношаговых прогнозов в основном связано со сдвигами детерминированных (нестохастических) составляющих ряда. При этом среди прогнозов по фиксированным моделям наибольшему смещению подвержены прогнозы по моделям в уровнях.

Так, при прогнозировании ряда налоговых доходов федерального бюджета в разд. 3.3 прогнозы по фиксированной модели в разностях (инновационный выброс) не обнаруживали систематического смещения, тогда как прогнозы по фиксированной модели в уровнях имели весьма сильное смещение:

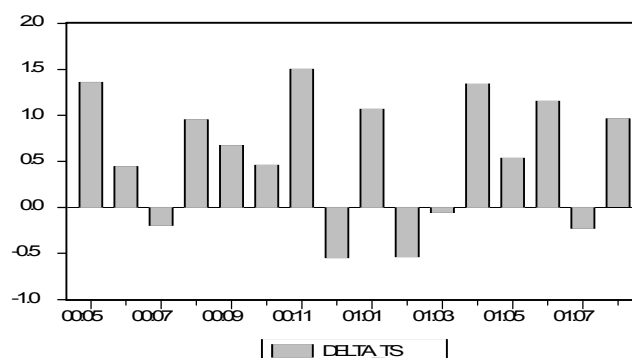


- (здесь DELTA_TS – ошибки прогнозов по модели в уровнях, DELTA_DS – ошибки прогнозов по модели в разностях).
- В ряде случаев улучшение одношаговых прогнозов по фиксированной модели может быть получено коррекцией систематического смещения методом «back-on-track», согласно которому очередной одношаговый прогноз, сделанный на основании оцененной модели, корректируется с учетом ошибки предыдущего одношагового прогноза (разд. 4.3).

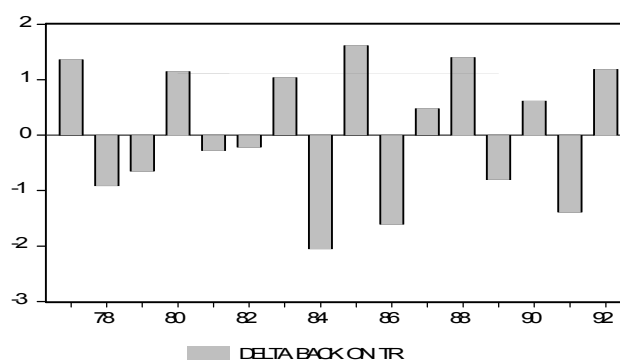
Примерами могут служить последовательности 16 одношаговых прогнозов для рядов M1, M0 и ряда налоговых доходов федерального бюджета по моделям в уровнях с аддитивным выбросом. Так, для ряда M1 значения средней абсолютной процентной ошибки (MAPE), вычисленной по 16 последовательным прогнозам (разд. 4.3.1), равны 9,37% при использовании фиксированной TS-модели и 3,63% – при использовании прогнозов, скорректированных методом «back-on-track».

- При использовании метода «back-on-track» предотвращение систематического смещения прогнозов достигается за счет увеличения вариабельности прогнозов, что для некоторых рядов приводит к значительному возрастанию средней процентной ошибки прогноза.

Примером здесь служит ряд, представляющий объемы экспорта (раздел 4.3.5). Последовательность ошибок прогнозов по фиксированной TS-модели для этого ряда имеет некоторое смещение.



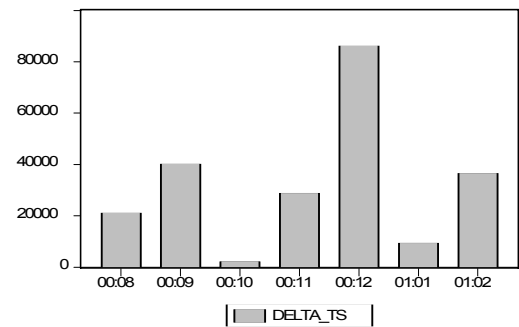
Коррекция прогнозов методом «back-on-track» полностью устраняет это смещение:



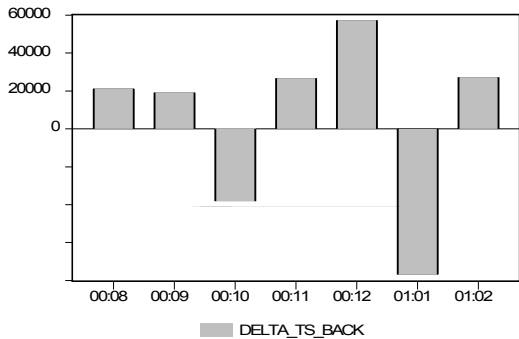
Однако значения средней абсолютной процентной ошибки (MAPE), вычисленной по 16 последовательным прогнозам, равное 6,99% при использовании фиксированной *TS*-модели, возрастает до 12,17% в результате коррекции прогнозов методом «back-on-track».

- В реальных экономическо-правовых условиях предстоящий сдвиг детерминированной составляющей ряда в некоторых случаях может быть предсказан заранее. Модификация модели, учитывающая наличие такого сдвига, может приводить к значительному улучшению качества прогнозов – устранению систематического смещения прогнозов без существенного возрастания их вариабельности.

Пример, в котором подобная модификация оказывается успешной, в то время как процедура «back-on-track», устраняя систематическое смещение, приводит к ухудшению характеристик качества последовательности прогнозов, приведен в разд. 4.3.1. Этот пример связан с прогнозированием ряда *MI* по *TS*-модели с аддитивным выбросом. Прогнозы имеют систематическое смещение; ошибки прогнозов имеют вид:

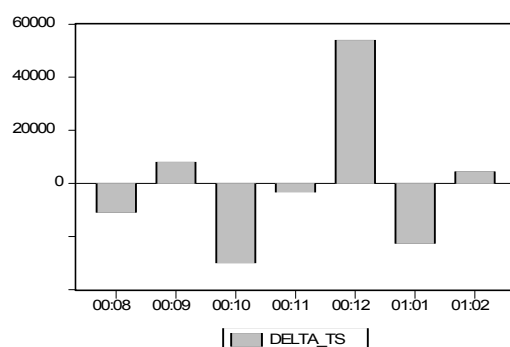


Процедура «back-on-track» устраняет систематическое смещение: ошибки скорректированных прогнозов имеют вид:



Однако в результате коррекции значение MAPE возрастает с 3,96% до 4,75%.

При прогнозе по модифицированной модели, учитывающей ожидаемый сдвиг уровня ряда *M1*, смещение прогнозов также устраняется: ошибки прогнозов имеют вид:



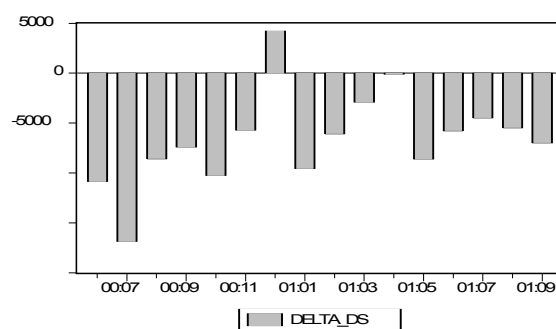
Однако при этом MAPE равна всего лишь 2,36%.

- Модификация процедуры «back-on-track» («back-on-average»), при которой каждый очередной одношаговый прогноз, сделанный на основании оцененной фиксированной модели, корректируется с учетом ошибок предыдущих одношаговых прогнозов (разд 4.3.), также может приводить к значительному улучшению точностных характеристик прогнозов.

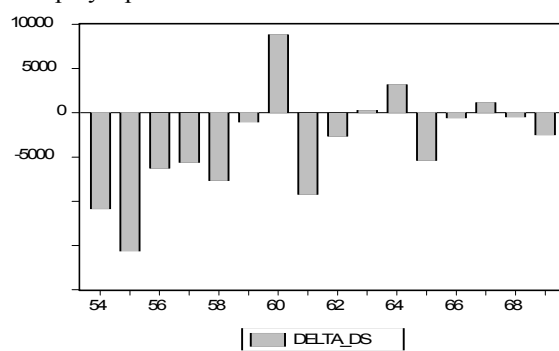
Например, для ряда налоговых доходов федерального бюджета (разд. 4.3.4) значения средней абсолютной процентной ошибки (MAPE), вычисленной по 16 последовательным прогнозам, равны 7,76% при использовании фиксированной *DS*-модели (с аддитивным выбросом), 5,48% – при коррекции прогнозов методом «back-on-track» и 4,59% – при коррекции прогнозов методом «back-on-ave».

- При наличии выраженного систематического смещения прогнозов по фиксированным моделям более приемлемыми являются прогнозы по рекурсивным моделям или прогнозы, скорректированные методом «back-on-ave».

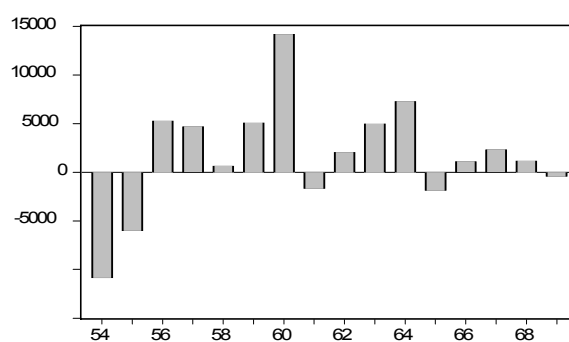
Например, для ряда налоговых доходов федерального бюджета прогнозы по фиксированной *DS*-модели с аддитивным выбросом (разд. 3.3) имеют значительное смещение:



В то же время при прогнозировании по рекурсивной *DS*-модели систематическое смещение прогнозов в значительной мере устраняется:



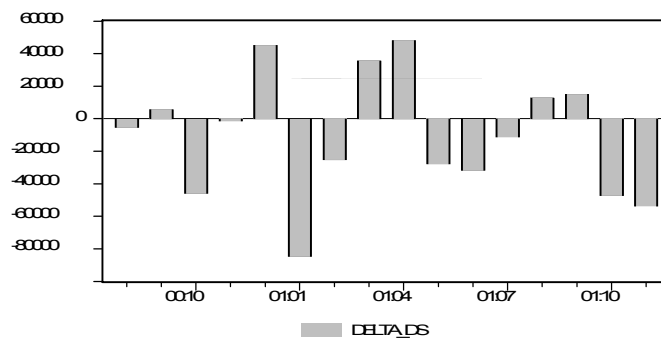
Использование же коррекции прогнозов методом «back-on-ave» приводит к следующей последовательности ошибок прогнозов:



В итоге значение $MAPE = 7,76\%$ для фиксированной *DS*-модели уменьшается до значения $5,74\%$ при использовании рекурсивной модели и до значения $4,59$ – при использовании коррекции прогнозов методом «back-on-ave».

- При отсутствии выраженного систематического смещения прогнозов по фиксированным моделям коррекция методами «back-on-track» и «back-on-average» не приводит к улучшению прогнозов, а прогнозы по рекурсивным моделям предпочтительнее прогнозов, скорректированных по методу «back-on-track».

Например, для ряда М2 при прогнозировании по фиксированной *DS*-модели с аддитивным выбросом систематическое смещение прогнозов отсутствует: ошибки прогнозов имеют вид:



При прогнозировании по *DS*-моделям с аддитивным выбросом получают следующие результаты (разд. 4.3.3). Значения средней абсолютной процентной ошибки ($MAPE$), вычисленной по 16 последовательным прогнозам, равны $2,60\%$ при использовании фиксированной модели, $3,86\%$ – при коррекции прогнозов методом «back-on-track», $3,26\%$ – при коррекции прогнозов методом «back-on-ave» и $2,46\%$ – при использовании рекурсивной модели.

- Прогнозирование с использованием методов, предложенных во второй части работы, дало следующие результаты. Для ряда налоговых доходов федерального бюджета лучший результат (средняя ошибка прогноза $5,0\%$) получен по трендовой модели без обучения. Для рядов импорта, доходов федерального

бюджета и ВВП лучший результат (средняя ошибка прогноза 9,8%, 9,2%, 4,5%, соответственно) получен по трендовой модели с обучением без коррекции тренда. Для рядов М2 и экспорта лучший прогноз (средняя ошибка 1,8% и 7,1%) получен по трендовой модели с обучением и коррекцией тренда. Для рядов М0 и безработицы лучший результат (средняя ошибка прогноза 4,1%, 1,9%) получен по вероятностной модели без обучения. Наконец, для рядов инфляции и М1 лучший прогноз (средняя ошибка 0,4%, 4,8%) получен по вероятностной модели с обучением.

- При сравнении по средней абсолютной процентной ошибке (MAPE) наилучших последовательностей одношаговых прогнозов, построенных в двух частях настоящего отчета для одних и тех же рядов, получаются следующие результаты. Для рядов М0, М1, Экспорт, Налоговые доходы федерального бюджета, Безработица лучшие результаты дают эконометрические модели, представленные в Части 1 (3% против 4,75% – для ряда М1; 3,31% против 4,12% – для ряда М0, 6,69% – для ряда Экспорт; 4,50% против 5,03% – для ряда Налоговые доходы федерального бюджета; 0,72% против 1,91% – для ряда Безработица). Для ряда М2 лучшие результаты дает модель, представленная в Части 2 (1,84% против 2,46%).

Проведенное исследование помимо анализа и сравнения различных методов прогнозирования предоставляет базовую информацию, на основе которой следует строить методику прогнозирования макроэкономических показателей. Исследование показало, что для рассматриваемых макроэкономических показателей не удастся выработать единую универсальную методику прогнозирования. Исключение составляет только общая рекомендация, что выбор между *DS*- и *TS*-моделью, осуществляемый на основе теста на единичный корень, включает в себя лучшую или близкую к лучшей модель. Для улучшения оценок с использованием новых данных имеет смысл использовать рекурсивные модели, особенно, если имеют место структурные сдвиги в динамике показателей (или эти структурные сдвиги могут быть в некоторой степени предсказаны на основе содержательных соображений или дополнительной информации).

Приведенные выше результаты и соображения означают, по-видимому, что прогнозы следует делать на основе нескольких моделей с последующим анализом отклонений прогнозов от фактических значений с тем, чтобы в перс-

пективе выбрать модель, которая в большинстве случаев дает удовлетворительный прогноз на несколько периодов вперед. Для того чтобы это реализовать, необходимо на регулярной основе прогнозировать некоторый набор основных макроэкономических показателей (промышленное производство, инфляцию, денежные агрегаты, налоговые поступления и др.), публикуя и открывая для обсуждения получаемые результаты одновременно с анализом качества предыдущих прогнозов. При этом можно предложить следующую последовательность действий:

- Начинать следует с подбора моделей, учитывающих поведение ряда на достаточно протяженном интервале вплоть до момента построения прогноза и, в то же время, не углубляясь слишком далеко в прошлое, поскольку структура рассмотренных рядов весьма сильно различается на различных временных промежутках.
- Если в распоряжении нет достаточно протяженного периода, на котором структура ряда не претерпевает серьезных изменений, можно построить модель для более протяженного периода, учитывающую структурные изменения в процессе порождения данных, в форме аддитивного или инновационного выбора.
- Определенную пользу можно получить от предварительного тестирования и отнесения ряда к классу *TS*- или *DS*-рядов. Для рядов, классифицированных как *DS*-ряды, прогнозирование следует производить скорее по модели в разностях. Для рядов, классифицированных как *TS*-ряды, в некоторых случаях предпочтительнее оказывается модель в уровнях. При использовании моделей в уровнях для рядов, классифицированных как *DS*-ряды, как правило, возникает систематическое смещение получаемых прогнозов.
- В процессе регулярного прогнозирования с использованием новых данных имеет смысл использовать рекурсивные модели, особенно если имеют место структурные сдвиги в динамике показателей.
- При отсутствии систематического смещения регулярных прогнозов можно в течение некоторого времени использовать одну и ту же модель для процесса порождения данных. При выявлении смещения регулярных прогнозов следует либо переходить к прогнозированию по рекурсивной модели или по уточнен-

ной модели, учитывающей изменение структуры процесса порождения данных, либо, продолжая использовать исходную модель, производить коррекцию прогнозов методами, описанными в главе 4. В то же время применять такие методы при отсутствии заметного систематического смещения прогнозов не следует – это может привести к уменьшению точности прогнозов за счет возрастания их вариабельности.

- В реальных экономическо-правовых условиях предстоящий сдвиг детерминированной составляющей ряда в некоторых случаях может быть предсказан заранее. Модификация модели, учитывающая наличие такого сдвига, может приводить к значительному улучшению качества прогнозов – устранению систематического смещения прогнозов без существенного возрастания их вариабельности.
- Наряду с построением прогнозов по эконометрическим моделям, интересно проводить параллельное построение прогнозов с использованием нетрадиционных методов, описанных во второй части работы, и сравнивать получаемые результаты.