

## Прогнозирование макроэкономических показателей с учетом институциональных изменений.

**Цель:** оценить прирост точности прогнозов с учетом институциональных изменений относительно традиционных прогнозов.

### Прогнозируемые макроэкономические показатели:

1. Совокупное потребление.
2. Валовой внутренний продукт.
3. Оплата труда наемных работников.
4. Валовая прибыль в экономике и валовые смешанные доходы.
5. Импорт товаров и услуг.
6. Экспорт товаров и услуг.
7. Совокупные налоговые доходы консолидированного бюджета.
8. Совокупные расходы консолидированного бюджета.

### Используемые показатели институциональных изменений:

1. Индексы свободы по версии Heritage Foundation:
  - Свобода финансовой сферы
  - Свобода инвестирования
  - Свобода торговли
  - Свобода бизнеса
  - Свобода прав собственности
  - Свобода экономической политики.
2. Показатели уровня коррупции
  - Индекс восприятия коррупции International Transparency.
  - Индекс свободы от коррупции Heritage Foundation.
  - Количество зарегистрированных преступлений, связанных со взятками (по версии [www.gks.ru](http://www.gks.ru)).
  - Количество особо тяжких преступлений (инструментальная переменная для коррупции по версии Р.Мауро, 1995).
3. Показатели политического режима.
  - Индекс прав и свобод по версии Freedom House.
  - Уровень демократичности по версии POLITY IV.
  - Уровень политической конкуренции по версии POLITY IV.
  - Индекс Галлахера:  $Gh = \sum (d_i - v_i)^2$ , где  $v_i$  – доля голосов, отданных i-ой партии,  $d_i$  – доля мест в парламенте, принадлежащих i-ой партии.
4. Показатели уровня развития финансовых рынков.
  - Уровень защиты прав заемщиков и кредиторов по версии World Bank.

- Совокупный объем кредитов, выданных банками-резидентами, в % от ВВП.
- Совокупный объем торгов акциями на вторичном рынке, в % от ВВП.

**Выборка:** 1999Q1 – 2011Q4.

**Прогноз in sample:** на 2011 год (фиксированная схема).

на 2011 (рекурсивная схема).

**Показатели качества прогнозирования:**

- средняя абсолютная процентная ошибка прогнозирования (*Mean Absolute Percent Error – MAPE*):

$$MAPE = 100\% \cdot \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h \left| \frac{f_{T,i} - y_{T+i}}{y_{T+i}} \right|,$$

- средняя абсолютная ошибка прогнозирования (*Mean Absolute Error – MAE*):

$$MAE = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h |f_{T,i} - y_{T+i}|,$$

- корень квадратный из средней квадратичной ошибки прогнозирования (*Root Mean Squared Error – RMSE*):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{h} \sum_{i=1}^h (f_{T,i} - y_{T+i})^2}.$$

- коэффициент Тейла (*Theil Coefficient – TC*):

$$TC = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^h (f_{T,i} - y_{T+i})^2 / h}}{\sqrt{\sum_{i=1}^h f_{T,i}^2 / h} \sqrt{\sum_{i=1}^h y_{T+i}^2 / h}}$$

- Тестирование прогнозов на несмещенность, автокорреляцию, независимость ошибок от прогнозируемой переменной.

**Шаг 1.** Базовая модель прогнозирования описывается процессом случайного блуждания с дрейфом:

$$X_t = a + X_{t-1} + \varepsilon_t = X_0 + at + \sum \varepsilon_t$$

RW – прогноз:  $E(X_{t+1}) = a + X_t = E(\Delta X_t) + X_t$ .

Основные характеристики: MAPE, RMSE % среднего, индекс Тейла.

Принципы построения прогнозов:

- принимался только тот прогноз, который превосходил RW-прогноз по всем показателям
- прогноз обрабатывался на предмет завышенных приростов (Stock, Watson, 1998).
- при наличии автокорреляции ошибок прогноза проводилась коррекция на автокорреляцию.

**Шаг 2.** Интерполяция и снижение размерности наборов институциональных показателей:

Интерполяция по кварталам:

На постоянном уровне:  $X_t \rightarrow \{X_t, X_t, X_t, X_t\}$ .Равномерная:  $X_t \rightarrow \{X_t/4, X_t/4, X_t/4, X_t/4\}$ .По линейному тренду:  $X_t \rightarrow \{X_t, \Delta X_t + X_t, 2\Delta X_t + X_t, 3\Delta X_t + X_t\}$ .

Характеристики главных компонент:

При постоянной/равномерной интерполяции:

Доля дисперсии компоненты:	Блок "Свобода"	Блок "Политика"	Блок "Коррупция"	Блок "Финансовый рынок"
№1	0.42	0.55	0.43	0.54
№2	0.19	0.28	0.38	0.36
Итого:	0.61	0.83	0.81	0.90

При интерполяции по тренду:

Доля дисперсии компоненты:	Блок "Свобода"	Блок "Политика"	Блок "Коррупция"	Блок "Финансовый рынок"
№1	0.45	0.54	0.55	0.54
№2	0.19	0.31	0.37	0.36
Итого:	0.64	0.85	0.92	0.90

**Шаг 3.** Прогнозирования с помощью ARIMA/ARMAX моделей.

Государственные расходы и налоговые доходы – TS-ряды. Прочие – DS- ряды, интегрированные 1 порядка.

Для каждого ряда путем минимизации критерия Акаике подбираются 6 моделей: ARIMA, ARIMA с трендом, ARIMA с сезонными фиктивными переменными, SARIMA, SARIMA с трендом, ARIMA с трендом и сезонными фиктивными переменными.

Каждая модель оценивается без институциональных параметров, затем с компонентой одного из блоков, затем с двумя компонентами одного из блоков, затем компоненты сменяются на аналоги, полученные с помощью другого способа интерполяции, 432 моделей, 864 прогноза.

Основные результаты:

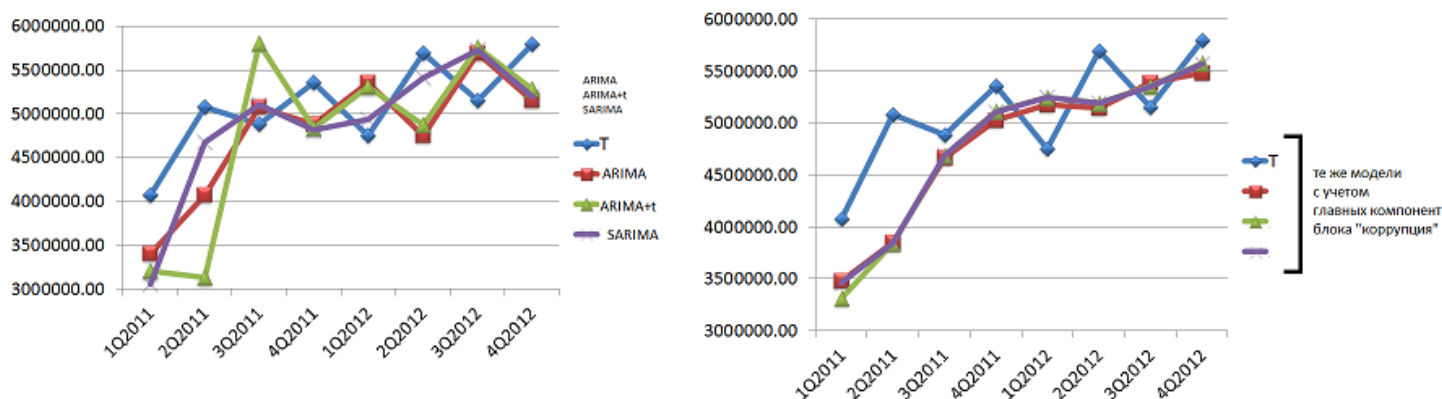
Таблица 1. Отношение  $RMSE(ARIMA)/RMSE(ARMAX)$ :

	Im	Ex	C	W	Pr	T	G	Y
"Финансы"	<b>1,01</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>1.05</b>	<b>1.06</b>	<b>1.07</b>	<b>1.07</b>	<b>1.07</b>
	1,01	1.01	1.01	1.02	1.03	1.03	1.05	1.05
"Политика"	<b>0,98</b>	<b>0.99</b>	<b>1.01</b>	<b>1.00</b>	<b>1.01</b>	<b>1.00</b>	<b>1.01</b>	<b>1.03</b>
	1,04	1.03	1.05	1.04	1.05	1.04	1.04	1.03
"Коррупция"	<b>1,03</b>	<b>1.02</b>	<b>1.01</b>	<b>1.01</b>	<b>1.00</b>	<b>1.01</b>	<b>1.02</b>	<b>1.02</b>
	1,05	1.05	1.04	1.04	1.04	1.03	1.03	1.02
"Свобода"	<b>1,07</b>	<b>1.08</b>	<b>1.07</b>	<b>1.06</b>	<b>1.05</b>	<b>1.05</b>	<b>1.06</b>	<b>1.07</b>
	1,06	1.06	1.06	1.05	1.06	1.08	1.07	1.06

RMSE(ARIMA) – усреднено по 6 моделям для каждого показателя.

RMSE(ARMAX) – усреднено по 6 моделям и двум способам учета блоков: добавление 1 главной компоненты и добавления второй главной компоненты.

Пример построений прогноза: налоговые доходы с учетом и без учета институциональных факторов:



Использование институциональных факторов позволяет:

- Сократить ошибку прогноза в среднем на 4% (MAPE).
- Сократить завышенную ошибку первого шага прогноза (на 1Q2012).
- Избавится от контрцикличности ошибки.
- Практически избавится от автокорреляции ошибки.

Нерешенные проблемы:

- Экзогенность институциональных факторов в модели
- Высокая средняя ошибка (7-10%).

#### Шаг 4. Переход к моделям векторной авторегрессии.

Для каждой пары макроэкономического показателя и первой главной компоненты институциональных показателей строятся VAR-модели: только с константой, с константой и трендом, с константой, трендом и фиктивными переменными, только с фиктивными переменными. Лаг выбирается исходя из нагрузки на каждый оцениваемый параметр. В случае коинтеграции используются VEC-модели, иначе – VAR-модели в первых разностях. Итого 128 модели с одной и 128 модели с двумя главными компонентами. Основные результаты:

Таблица 2. Отношение  $RMSE(ARIMA)/RMSE(VAR \text{ или } VEC)$ :

	Im	Ex	C	W	Pr	T	G	Y
"Финансы"	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>1.02</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>1.02</b>	<b>1.01</b>	<b>1.02</b>
	1.04	1.01	1.02	1.01	1.02	1.01	1.02	1.03
"Политика"	<b>0.99</b>	<b>1.00</b>	<b>1.01</b>	<b>1.02</b>	<b>1.03</b>	<b>1.03</b>	<b>1.05</b>	<b>1.04</b>
	1.04	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.09	1.08
"Коррупция"	<b>1.04</b>	<b>1.03</b>	<b>1.04</b>	<b>1.04</b>	<b>1.06</b>	<b>1.05</b>	<b>1.07</b>	<b>1.07</b>
	1.06	1.06	1.06	1.07	1.07	1.06	1.05	1.05
"Свобода"	<b>1.08</b>	<b>1.06</b>	<b>1.05</b>	<b>1.07</b>	<b>1.06</b>	<b>1.05</b>	<b>1.06</b>	<b>1.05</b>
	1.08	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.05	1.05

Для блока «Финансы», «Свобода» и для рекурсивных прогнозов блока «Политика» тесты (Миза-Рогоффа, Гренжера-Ньюболда, тест знаком Уилксона) не выявили различий между прогнозами VAR и ARMAX. Для прочих прогнозов более точными оказываются VAR-модели. RMSE(VAR) усреднено по 4 типам моделей.

Пример: совокупные налоговые доходы:

ARIMA(2, 1,1), AIC=1570,7

ARMAX(2,1,1) с учетом главной компоненты блока «коррупция», AIC=1542.

VAR(p=1), в разностях, совокупные налоги и первая главная компонента блока «коррупция», AIC=808,5.

**ADL-модели:** стабильно дают результат хуже, чем ARMAX с аналогичным набором переменных и лагом AR-составляющей.

### Шаг 5. Усредненные результаты.

Отношения показателей качества прогноза, усредненных по моделям без учета главных компонент, к аналогичным показателям с учетом главных компонент:

	RMSE	MAPE	MAE	TC
"Финансы"	1.02	1.01	1.00	1.00
	0.98	0.98	0.99	0.98
"Политика"	1.05	1.06	1.06	0.97
	1.02	1.07	1.06	1.05
"Коррупция"	1.12	1.06	1.12	1.14
	1.10	1.10	1.11	1.11
"Свобода"	1.09	1.09	1.10	1.10
	1.10	1.09	1.08	1.10

То же самое, группировка по структуре модели:

	RMSE	MAPE	MAE	TC
Только константа	1.01	1.01	1.00	0.99
	1.03	1.03	1.02	1.04
Тренд	1.00	0.99	0.97	0.99
	1.05	1.04	1.03	1.04
Сезонность	1.05	1.06	1.07	1.08
	1.05	1.05	1.07	1.09
Тренд и сезонность	1.06	1.05	1.05	1.05
	1.06	1.06	1.07	1.08

Группировка по числу включенных компонент:

	RMSE	MAPE	MAE	TC
Первая компонента	1.02	1.01	1.03	1.04
	1.03	1.04	1.03	1.03
Первые две компоненты	1.05	1.07	1.08	1.07
	1.09	1.09	1.08	1.07

И по способу интерполяции годовых данных:

	RMSE	MAPE	MAE	TC
Постоянный уровень	1.00	1.01	1.02	1.04
	0.97	0.98	0.97	1.03
Динамика по тренду	1.05	1.04	1.05	1.07
	1.04	1.03	1.04	1.07

### **Выводы:**

1. Включение главных компонент набора институциональных факторов в модель улучшает качество прогноза. Этот результат не зависит от способа оценки качества прогноза, прогнозируемого макроэкономического показателя, способа включения главной компоненты в модель (эндогенно или экзогенно).
2. В наибольшей степени на качество прогноза влияет блок переменных, отвечающих за уровень коррупции. В наименьшей степени – показатели уровня развития финансовых рынков.
3. Эффект включения институциональных факторов усиливается по мере усложнения модели (к примеру, модели с трендом дают больший эффект, чем модели без тренда).
4. Эффект зависит от способа интерполяции институциональных индексов по кварталам. Учет внутригодового тренда увеличивает точность прогнозов, что, возможно, означает простую синхронизацию.
5. Результаты не зависят от того, используется ли исходные макроэкономические переменные или их логарифмы.
6. Результаты не зависят от того, на какой основе определяется оптимальный лаг моделей.

Возможно, на результаты повлияли такие факторы, как индивидуальный эффект страны (экономика РФ) и недостаточная длина рядов. Требуется подтвердить на более длинных рядах по годовым данным.

### **Список использованной литературы:**

*Литература по прогнозированию:*

1. Турунцева М.Ю., 2011б, Прогнозы внешнеторговых показателей: сравнительный анализ качественных свойств различных моделей, Российский внешнеэкономический вестник, №2, стр. 35-45.

2. Турунцева М.Ю, 2011в, Статистические методы оценки качества прогнозов экономической деятельности, Российское предпринимательство, №8, выпуск 1, стр. 50-57.
3. Bai J., 1997, Estimation of a change point in multiple regression models, The review of economics and statistics, vol. 79, pp. 551-563.
4. Bai J., and P. Perron, 1998, Estimating and testing linear models with multiple structural changes, Econometrica, vol. 66, pp. 47-78.
5. Box, G. and G. Jenkins, 1970, Time series analysis: Forecasting and control, San Francisco: Holden-Day.
6. Cochrane, J.H, 1988, How Big Is the Random Walk in GNP?, Journal of Political Economy, vol. 96(5), pp. 893-920, October.
7. Dickey, D.A., 1976, Estimation and Hypothesis Testing in Non-stationary Time Series, Iowa State University, Ph.D. thesis.
8. Dickey, D.A., and W.A. Fuller, 1979, Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root, Journal of the American Statistical Association, vol. 74, pp. 427-431.
9. Granger, C.W.J. and P. Newbold (1977), Forecasting Economic Time Series, Orlando, Florida: Academic Press.
10. Granger, C.W.J., and R. Ramanathan (1984), Improved Methods of Combining Forecast Accuracy, Journal of Forecasting, vol. 19, pp. 197-204.
11. Haavelmo T., 1944, The Probability Approach in Econometrics, Econometrica, vol. 12, July, pp. 1-118, Supplement.
12. Hamilton, J.D., 1994, Time Series Analysis, Princeton: Princeton University Press.

*Литература по институциональным показателям:*

1. Acemoglu, Daron (2003) Why Not a Political Coase Theorem? Social Conflict, Commitment and Politics, Journal of Comparative Economics, Vol. 31: 620-652.
2. Acemoglu, Daron, Simon Johnson, James Robinson (2001) The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation, American Economic Review, Vol. 91: 1369-1401.
3. Acemoglu, Daron, Simon Johnson, James Robinson, Yunyong Thaicharoen (2003) Institutional Causes, Macroeconomic Symptoms: Volatility, Crises and Growth, Journal of Monetary Economics, Vol. 50: 49-123.
4. Anderson, James H., David S. Bernstein, Cheryl W. Gray (2005) Judicial Systems in Transition Economies. Assessing the Past, Looking to the Future. World Bank. Washington, DC.
5. Annett, Anthony (2006) Reform in Europe: What Went Right? Finance and Development. Volume 43, Number 3. September.
6. Beck, Thorsten, Luc Laeven (2005) Institution Building and Growth in Transition Economies. CEPR Discussion Papers 5718.
7. Castanheira, Micael, Vladimir Popov (2000) Political Economy of Growth in Transition Countries. mimeo, ECARES.
8. Clague, Christopher. (ed.) (1997) Institutions and Economic Development: Growth and Governance in Less-Developed and Post-Socialist Countries. Baltimore and London: John Hopkins University Press.
9. Hall, Roy, Charles Jones (1999) Why Do Some Countries Produce So Much More Output Per Worker Than Others? The Quarterly Journal of Economics, Vol. 114, 1: 83-116.
10. Hausmann, Ricardo, Lant Pritchett, Dani Rodrik, Growth Accelerations, Journal of Economic Growth, 10(4), December 2005, 303-329. 154
11. Kaufmann, Daniel, Aart Kraay, Pablo Zoido-Lobaton (1999a) Aggregating Governance Indicators. World Bank Research Working Paper 2195.
12. Mauro, Paulo (1995) Corruption and Growth, The Quarterly Journal of Economics, Vol. 110. 155