

**ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ
МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ И ДЕНЕЖНО-КРЕДИТНЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЛОРУССКОЙ ЭКОНОМИКИ**

Пранович М. В., аспирант,

Малюгин М.В., к. ф.-м. н., доцент

кафедра математического моделирования и анализа данных

БГУ, Минск

К числу “типовых признаков” временных рядов макроэкономических показателей относятся такие свойства как тренды, непостоянство дисперсии или гетероскедастичность, сезонность и т.д. Свойства экономических временных рядов могут быть выявлены на этапе предварительного статистического анализа с помощью определенного набора тестов, а также методов построения и анализа эконометрических моделей. Современные технологии анализа нестационарных экономических временных рядов основаны на использовании моделей интегрированных и коинтегрированных временных рядов. Интерес к нестационарным интегрированным временным рядам обусловлен тем, что именно этот тип нестационарности характерен для многих макроэкономических временных рядов. В связи с этим представляется актуальными исследования с целью установление типа нестационарности, а также обнаружение других “типовых признаков” у временных рядов важнейших макроэкономических показателей белорусской экономики. В настоящей статье приводятся некоторые результаты таких исследований.

1. Исследование типа нестационарности и порядка интегрированности

Исследования проводились по временным рядам, полученным за период с января 1996 г. по июнь 2003 г. Использовались месячные значения следующих показателей: cpi – индекс потребительских цен, $m0$ – наличные деньги в обращении, $m1$ – сумма $M0$ и переводных депозитов, $m2$ – рублевая денежная масса, mb – рублевая денежная база, $m1r$ – реальные денежные остатки $M1$, $m2r$

– реальные денежные остатки $M2$, td – срочные депозиты в белорусских рублях, $exchcsh$ – номинальный обменный курс белорусского рубля по отношению к доллару США, iNB – ставка рефинансирования Национального банка, iTD – средняя процентная ставка по срочным депозитам в белорусских рублях, $rgdp$ – ВВП в постоянных ценах, np – кредиторская задолженность.

С целью линеаризации трендов и смягчения эффектов «безусловной» гетероскедастичности был осуществлен переход к натуральным логарифмам. Схема проведения исследований предусматривает два основных этапа: 1) установление типа тренда; 2) построение модели для остаточной составляющей, получающейся после исключения тренда. На первом этапе рассматривались две альтернативы: модель с детерминированным линейным трендом и модель интегрированного временного ряда порядка 1. Для построения моделей использовались: для первой альтернативы – метод наименьших квадратов, для второй – подход Бокса-Дженкинса. Для тестирования типа нестационарности применялись тесты единичного корня: расширенный тест Дикки-Фуллера (*Augmented Dickey-Fuller test – ADF-test*) и его модификации для случаев сезонной интегрированности (*Dickey-Hasza-Fuller test – DHF-test*), а также рекурсивный (*recursive test*) и «катящийся» (*rolling test*) тесты в случае структурных изменений модели временного ряда. Алгоритм тестирования на основе *ADF*-теста реализует схему принятия решений, в основе которой лежит тестируемая модель вида:

$$\Delta x_t = \mu + \alpha x_{t-1} + \delta t + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta x_{t-i} + \eta_t \quad (1)$$

где: Δx_t – ряд первых разностей для тестируемого временного ряда x_t ($t=1, 2, \dots, T$); μ , α , δ – параметры модели; δt – линейный тренд; p – порядок авторегрессионной компоненты с коэффициентами авторегрессии $\{\delta_i\}$; η_t – процесс «белого шума».

При построении моделей с детерминированным трендом в ряде случаев были получены близкие к 1 значения коэффициента детерминации R^2 , а также большие по модулю значения t -статистики, свидетельствующие о значимости

коэффициента регрессии при линейном тренде. Однако анализ выборочной автокорреляционной функции остатков (ВАКФ) свидетельствует об их нестационарности. Приведенные в табл.1 значения Q -статистики Льюнга-Бокса и соответствующие им P -значения говорят о значимой автокорреляции на широком лаговом диапазоне. Значения ВАКФ близкие к 1 для лагов 1, 2 свидетельствуют в пользу нестационарности остатков. Исключение составляет временной ряд реального ВВП $rgdp$ (ВВП в постоянных ценах).

Для модели $rgdp$ с линейным трендом и аддитивной сезонностью имеет место стационарный временной ряд остатков, т.е. временной ряд $rgdp$ является стационарным относительно линейного тренда и содержит сезонную компоненту. Результаты DHF -теста указывают на наличие сезонной интегрированности, которая может быть исключена взятием сезонной разности.

Таблица 1. Анализ ВАКФ остатков модели с детерминированным трендом

Переменная	Значения ВАКФ для лага k				Q-статистика для лага k/p -значение		
	$k=1$	$k=2$	$k=12$	$k=13$	$k=4$	$k=8$	$k=12$
<i>cpi</i>	0.97	0.92	0.25	0.17	301.6/0.00	461.03/0.00	514.9/0.00
<i>m0</i>	0.93	0.86	0.13	0.04	245.0/0.00	347.2/0.00	370.9/0.00
<i>mi</i>	0.94	0.86	0.19	0.01	248.0/0.00	370.8/0.00	409.6/0.00
<i>m2</i>	0.95	0.89	0.16	0.07	264.6/0.00	394.5/0.00	429.9/0.00
<i>mb</i>	0.92	0.84	0.07	-0.01	232.6/0.00	327.2/0.00	345.1/0.00
<i>td</i>	0.98	0.93	0.23	0.18	304.6/0.00	458.6/0.00	505.1/0.00
<i>iTD</i>	0.96	0.90	0.27	0.20	284.1/0.00	432.4/0.00	491.6/0.00
<i>exchcash</i>	0.98	0.92	0.32	0.26	300.3/0.00	471.3/0.00	541.5/0.00
<i>rgdp</i>	0.38	-0.04	0.77	0.28	14.4/0.00	55.5/0.00	129.9/0.00
<i>np</i>	0.96	0.90	0.15	0.09	278.8/0.00	400.5/0.00	429.2/0.00
<i>m1r</i>	0.93	0.79	0.27	0.18	201.24/0.00	226.4/0.00	255.3/0.00
<i>m2r</i>	0.94	0.83	0.26	0.20	252.9/0.00	316.4/0.00	359.6/0.00

В табл. 2 приводятся значения следующих статистик для ADF-теста: τ_t – тестовая статистика для проверки гипотезы $\delta=0$ в представлении (1) без ограничений на параметры α и μ ; Φ_3 – статистика для тестирования гипотезы $\alpha=\delta=0$; t – статистика Стьюдента, применяемая для тестирования, если на предыдущем шаге установлено, что $\alpha < 0$, при том, что принимается гипотеза $\delta=0$ на основе значения τ_t , либо в случае, если установлено, что $\mu < 0$, при том, $\delta=0$ на основе значения τ_μ ; τ_μ – тестовая статистика для проверки гипотезы $\delta=0$, при ограничении $\alpha=0$ в (1); Φ_1 – статистика для проверки гипотезы $\mu=\delta=0$, τ –

тестовая статистика применяемая для тестирования гипотезы $\delta=0$, при условии ограничений вида $\alpha=0$ и $\mu=0$ в (1). Результаты применения ADF-теста (см. табл. 2) указывают на стационарность временных рядов первых разностей всех анализируемых показателей. Таким образом, соответствующие временные ряды являются интегрированными порядка 1.

Визуальный анализ графиков временных рядов *cpi* и *exchcash* указывает на возможное наличие в них структурных изменений. В табл. 6 приведены результаты тестов для указанных временных рядов, подтверждающие их нестационарность. τ_k – тестовая статистика на k -ой итерации.

Таблица 2. Результаты применения ADF-теста

Переменная	τ_t	Φ_3	τ	τ_μ	Φ_1	t	τ
<i>m0</i>	-2.47	3.06	-2.47**	-0.48	0.93	-0.48	1.04
<i>m1</i>	-2.54	3.29	-2.54**	-0.63	0.84	-0.63	0.77
<i>m2</i>	-2.81	5.95	-2.81**	-0.20	2.39	-0.20	1.83
<i>mb</i>	-1.16	1.87	-1.16	-1.67	12.81**	-1.67	-
<i>td</i>	-3.26	5.56	-3.26**	0.24	1.09	0.24	1.39
<i>iTD</i>	-1.89	3.57	-1.89	-2.55	3.27	-2.55**	-0.71
<i>iNB</i>	-2.27	2.96	-2.27**	-2.42	2.95	-2.42**	-0.84
<i>np</i>	-1.94	1.94	-1.94	-0.65	1.85	-0.65	1.45
<i>m1r</i>	-2.91	4.36	-2.91**	-2.52	3.22	-2.52**	-0.80
<i>m2r</i>	-2.55	3.56	-2.55**	-1.78	1.76	-1.78*	-0.18

Примечание: ** – гипотеза отклоняется на уровне значимости $\varepsilon=0.05$, * – гипотеза отклоняется на уровне значимости $\varepsilon=0.10$.

Таблица 1

Результаты последовательного и рекурсивного тестов

	Последовательный тест		Рекурсивный тест	
	$\text{Min}\{\tau_k(k/T)\}$	Критическое значение τ_t ($\varepsilon=0.05$)	$\text{min}\{\tau_k(k/T)\}$	Критическое значение τ_t ($\varepsilon=0.05$)
<i>cpi</i>	-3.14	-4.48	-2.99	-4.33
<i>exchcash</i>	-1.74	-4.48	-1.62	-4.33

2. Эконометрические модели временных рядов

Приведем краткое описание “типовых” эконометрических моделей для некоторых анализируемых временных рядов. Обозначения Δ и Δ_{12}

соответствуют первой разности и разности с периодом сезонности 12 для месячных данных.

Анализ ВАКФ первых разностей временного ряда $x_t = cpi_t$ свидетельствует о наличии автокорреляции и сезонных эффектов, которые могут быть учтены с помощью модели типа ARMA(1,1) с одним MA-компонентом для лага 12:

$$\Delta x_t = 0.049 + 0.828\Delta x_{t-1} + 0.217\eta_{t-1} + 0.329\eta_{t-12},$$

Аналогичный, в смысле учета сезонного эффекта с помощью MA-компоненты порядка 12, вид имеют модели $m0$, $m1$, $m2$, mb , np , $m1r$, $m2r$.

Временные ряды первых разностей id , iNB , iTD , $iTD\$$ не содержат сезонных эффектов и описываются моделями, включающими AR- и MA-компоненты малых порядков. Например, для $x_t = id_t$ имеет место AR(1) модель с одним MA-компонентом для лага 4:

$$\Delta x_t = 0.069 + 0.470\Delta x_{t-1} - 0.266\eta_{t-4}.$$

Первые разности временного ряда $x_t = exchcash_t$ описываются моделью AR(1) с одним MA-компонентом для лага 7 и остатками ξ_t в виде ARCH(1) [1]:

$$\Delta x_t = 0.057 + 0.573\Delta x_{t-1} + 0.249\eta_{t-7}.$$

Временной ряд $x_t = rgdp$ – стационарный вокруг линейного тренда и с учетом наличия сезонной интегрируемости представим в виде:

$$\Delta_{12}x_t = 0.059 + 0.438\Delta_{12}x_{t-1}.$$

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы о свойствах временных рядов: 1) для всех временных рядов (за исключением $rgdp$) не удастся получить представление в виде модели с линейным трендом и стационарными остатками, а, следовательно, ряды не могут быть признаны стационарными относительно линейного детерминированного тренда; 2) на основании ADF-теста (см. табл.2) установлено, что временные ряды анализируемых показателей (помимо $rgdp$) являются интегрированными порядка 1 и допускают представления в виде моделей ARMA, сезонной модели ARMA, модели ARMA с остатками в виде ARCH.