

Практическое применение программного обеспечения позволит анализировать надёжность и безопасность сложной системы, формализуемой в виде графа.

**Заключение.** Представленный в статье подход эффективен тем, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному виду отказа или аварии.

### Литература

1 Сукач, Е. И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры / Е. И. Сукач. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 224 с.

2 Проурзин, В. А. Алгоритмы численного анализа надежности и риска для сложной системы на основе деревьев отказов / В. А. Проурзин // Труды Междунар. науч. школы «Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах» (МА БРК – 2001). – СПб.: Издательство ООО «НПО “Омега”», 2001. – С. 263–268.

УДК 333.71

*А. Г. Харитоненко*

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕНЕЖНОГО СПРОСА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Статья посвящена моделированию денежного спроса в Республике Беларусь. В качестве факторов определяющих спрос денег рассматриваются внутренний валовой продукт и процентная ставка. Временные ряды данных показателей проверены на стационарность с помощью теста Дикки-Фуллера. Построены динамические модели класса  $ARIMA(p,d,q)$ . Рассмотрена модель долгосрочного спроса на деньги, дано обоснование выбранной спецификации модели. Оцененная модель согласуется с экономической теорией: спрос на деньги увеличивается с ростом и уменьшается при увеличении процентной ставки.*

Существование стабильной функции спроса на деньги в экономике любой страны является важной предпосылкой проведения эффективной монетарной политики. Проблемам спроса на деньги посвящено большое количество теоретических и эмпирических работ. Значительная часть исследований свидетельствует о существовании стабильной функции спроса на деньги в развитых странах. Нахождение такой функции спроса на деньги в стране с переходной экономикой свидетельствует, прежде всего, о том, что имеет место сдвиг в сторону становления рыночных механизмов. Существование стабильной функции спроса на деньги позволяет использовать денежный агрегат  $M2$  в качестве промежуточной цели монетарной политики. Основная цель данной работы – поиск стабильной функции спроса на деньги в Республике Беларусь.

Информационной базой послужили первичные ежеквартальные статистические данные Республики Беларусь за период с 01.10.2000 по 31.12.2015. Все вычисления и анализы проводились с помощью эконометрического пакета Eviews8.0.

Модель долгосрочного спроса на деньги имеет следующий вид

$$M2/P = f(Y, I), \quad (1)$$

где денежный спрос в реальном выражении  $M2/P$  измеряется как соотношение денежной массы  $M2$  в номинальном выражении к уровню цен  $P$ . Данная спецификация модели предполагает, что в долгосрочной перспективе деньги нейтральны, т. е. они не

имеют реального эффекта на валовой продукт страны, и что все колебания денежной массы в конечном итоге находят точное отражение в изменениях уровня цен.

Спрос на деньги моделируется как функция двух переменных: действительного валового внутреннего продукта  $Y$ , который показывает уровень экономической активности в стране, и процентной ставки  $I$ , которая показывает издержки владения деньгами.

После логарифмического преобразования (1) долгосрочный спрос на деньги может быть представлен в виде

$$\ln(M2/P) = \alpha_Y \ln(Y) + \alpha_I \ln(I) + \xi_t, \quad (2)$$

где коэффициенты  $\alpha_Y$  и  $\alpha_I$  определяют долгосрочные эластичности денежного спроса по отношению к валовому продукту и по отношению к процентной ставке;

$\xi_t$  – случайное возмущение.

Для моделирования спроса на деньги в Республике Беларусь использовались показатели, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные

Показатель	Обозначение
Денежная масса $M2$ , млрд. руб	$M2$
Индекс потребительских цен	$CPI$
Процентная ставка	$I$
Номинальный ВВП, млрд. руб	$Y$
Дефлятор ВВП	$PGDP$

Введем обозначения:

$(m-p)_t = \ln(M2/CPI)$  – денежная масса в реальном выражении;

$y_t = \ln(Y/PGDP)$  – реальный валовой продукт;

$i_t = \ln(I)$  – долгосрочная процентная ставка.

В модели (2) использовалось логарифмическое преобразование процентной ставки поскольку, во-первых, вариация и уровень процентной ставки были значительно выше в начале рассматриваемого периода, чем в конце, подобное преобразование немного сглаживает временный ряд; во-вторых, логарифмическая преобразование позволяет интерпретировать параметр при процентной ставке как эластичность денежного спроса по отношению к процентной ставке. Преобразованные данные представлены на рисунке 1.

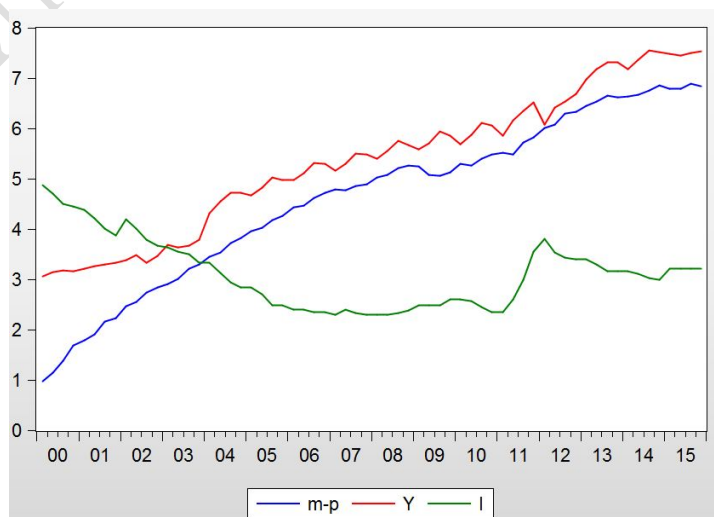


Рисунок 1 – График преобразованных данных

Анализ графика показывает, что временные ряды  $(m-p)_t$  и  $y_t$  имеют детерминированный тренд, весьма близкий к линейному, что нельзя сказать о временном ряде  $i_t$ . Использование в регрессионной модели стационарных и нестационарных временных рядов может привести к фиктивным результатам или ложной регрессии. Поэтому необходимо проверить временные ряды стационарность. Законы распределения временных рядов  $(m-p)_t$ ,  $y_t$ ,  $i_t$  представлены на рисунке 2.

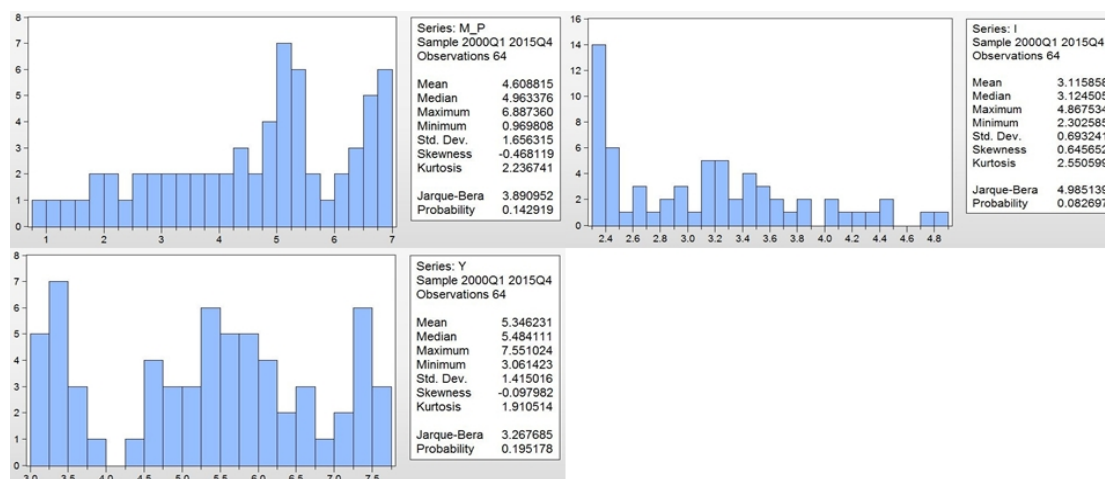


Рисунок 2 – Гистограммы временных рядов

Анализ гистограмм и описательных статистик показывает, что данные ряды не подчиняются нормальному закону распределения, так как куртозис для временных рядов  $(m-p)_t$ ,  $i_t$ ,  $y_t$  равен соответственно 2,24, 2,55 и 1,91 меньше трёх. Поскольку законы распределения отличны от нормального, исследуем временные ряды на стационарность с помощью теста ДиккиФуллера. Результаты представлены на рисунке 3.

а)			б)		
	t-Statistic	Prob.*		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.108921	0.2420	Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.483127	0.8869
Test critical values:			Test critical values:		
1% level	-3.548208		1% level	-3.542097	
5% level	-2.912631		5% level	-2.910019	
10% level	-2.594027		10% level	-2.592645	

в)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.402679	0.1452
Test critical values:		
1% level	-3.540198	
5% level	-2.909206	
10% level	-2.592215	

Рисунок 3 – Результаты теста Дикки – Фуллера:

а) временной ряд  $(m-p)_t$ ; б) временной ряд  $y_t$ ; в) временной ряд  $i_t$

Получили, что временной ряд  $y_t$ , описывающий изменения реального валового продукта, является нестационарным, так как значение  $t$ -статистики Дикки – Фуллера для различных уровней значимости больше критического значения, т. е. для уровня значимости:

$$\alpha = 0,01 \text{ имеем } t_H = -0,483 > -3,542;$$

$\alpha = 0,05$  имеем  $t_H = -0,483 > -2,91$ ;

$\alpha = 0,1$  имеем  $t_H = -0,483 > -2,59$ .

Ряды  $i_t$  и  $(m-p)_t$  являются также нестационарными, поскольку расчётные значения, равные  $-2,402$  и  $-2,108$  соответственно, больше критических.

Поскольку временные ряды  $(m-p)_t$ ,  $i_t$  и  $y_t$  оказались нестационарными, то необходимо перейти к первым разностям и снова провести тест на стационарность. Переход к разностям осуществляется по формулам:

$$\Delta(m-p)_t = \ln(m-p)_t - \ln(m-p)_{t-1},$$

$$\Delta y_t = \ln y_t - \ln y_{t-1},$$

$$\Delta i_t = \ln i_t - \ln i_{t-1}.$$

В первых разностях ряды оказались стационарными, что подтверждено тестом Дикки – Фуллера (рисунок 4).

а)			б)		
	t-Statistic	Prob.*		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-8.019003	0.0000	Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.560649	0.0004
Test critical values:			Test critical values:		
1% level	-3.542097		1% level	-3.538362	
5% level	-2.910019		5% level	-2.908420	
10% level	-2.592645		10% level	-2.591799	

в)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.872594	0.0002
Test critical values:		
1% level	-3.540198	
5% level	-2.909206	
10% level	-2.592215	

Рисунок 4 – Результаты теста Дикки – Фуллера в первых разностях:

а) временной ряд  $(m-p)_t$ ; б) временной ряд  $y_t$ ; в) временной ряд  $i_t$

Следовательно, исследуемые ряды динамики являются временными рядами с детерминированным трендом.

Оценка модели (2) есть:

$$\ln(M2/P) = 0,512\ln(Y) - 0,123\ln(I), R^2 = 0,947.$$

Коэффициент при  $\ln(Y)$  является положительным, это говорит о том, что спрос на деньги увеличивается с ростом экономики и не противоречит экономической теории. Второй коэффициент (при  $\ln(I)$ ) является отрицательным, т. е. увеличение процентной ставки приводит к возрастанию издержек владения деньгами и, как следствие, к уменьшению спроса на деньги.

## Литература

- 1 Носко, В. П. Эконометрика. Введение в регрессионный анализ временных рядов / В. П. Носко. – М., 2002. – 252 с.
- 2 Национальный банк Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nbrb.by/publications/bulletin/> – Дата доступа: 01.05.2016.
- 3 Харин, Ю. С. Эконометрическое моделирование : учебное пособие / В. И. Харин [и др.]. – Минск: БГУ, 2003.