

УДК 330: 519.237.5

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА 2008–2009 ГОДОВ НА ТЕМПЫ РОСТА ВВП В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ

Орлова И.В.*ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Москва, e-mail: ivorlova@fa.ru*

В настоящей работе проведён сравнительный анализ последствий экономического кризиса 2008 г. для темпов роста ВВП четырёх стран с помощью современного эконометрического инструментария. Исходные данные для анализа представляют собой ежегодные значения темпов роста ВВП Китая, США, Германии и России за 19 лет, с 1999 по 2017 г. Простой визуальный анализ графиков изменения темпов роста ВВП показывает, что 2008 г. является кризисным, однако даже для такого короткого ряда визуальный анализ не позволяет с уверенностью определить наличие других аномальных наблюдений. Идентификация структурных изменений во временных рядах темпов роста ВВП выполнена с помощью теста Чоу и фиктивных переменных воздействия в программе GRETL. Структурный сдвиг обнаружен только в темпах роста ВВП Китая. В дальнейшем для исследований использовался мощный пакет tso программной среды R. С помощью функций этого пакета во временных рядах темпов роста ВВП каждой страны выявлены несколько типов выбросов, подтвержден структурный сдвиг в темпах роста ВВП Китая. Все выводы подтверждаются статистическими критериями. Для показателей темпов роста ВВП каждой страны получены графики, иллюстрирующие эффекты выбросов.

Ключевые слова: аномальные наблюдения, эффекты выброса, структурные изменения, фиктивные переменные, тест Чоу, мировой экономический кризис

ECONOMETRIC MODELING OF THE EFFECTS OF THE 2008–2009 ECONOMIC CRISIS ON GDP GROWTH RATES IN VARIOUS COUNTRIES

Orlova I.V.*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, e-mail: ivorlova@fa.ru*

In this paper, a comparative analysis of the effects of the 2008 economic crisis on the GDP growth rates of four countries using modern econometric tools is carried out. The initial data for the analysis are the annual GDP growth rates of China, the United States, Germany and Russia for 19 years, from 1999 to 2017. A simple visual analysis of graphs of changes in GDP growth rates shows that 2008 is a crisis year, but even for such a short series, visual analysis does not allow us to determine with certainty the presence of other anomalous observations. Identification of structural changes in the time series of GDP growth rates was performed using the Chow test and dummy impact variables in the GRETL program. The structural shift is only found in China's GDP growth rate. Later, the powerful TSO package of the R software environment was used for research. Using the functions of this package, several types of emissions were identified in the time series of GDP growth rates for each country, and a structural shift in China's GDP growth rates was confirmed. All conclusions are supported by statistical criteria. For the GDP growth rates of each country, obtained graphs illustrating outlier effects.

Keywords: anomalous observations, outlier effects, structural changes, dummy variables, Chow test, global economic crisis

Обнаружение и идентификация аномальных наблюдений и структурных изменений во временных рядах экономических показателей является неотъемлемой составной частью эконометрического исследования [1–3]. Статистические критерии для проверки соответствующих гипотез реализованы в свободно распространяемых пакетах программ R и GRETL [4–6]. Игнорирование возможных структурных изменений приводит к уменьшению точности оценок параметров и точности прогноза, так как методы анализа и прогнозирования нестационарных временных рядов основываются на предположении об отсутствии структурных изменений и выбросов на интервале наблюдения [7]. Доверительные интервалы прогноза чувствительны к аддитивным выбросам, но на точечные прогнозы это прак-

тически не влияет, если выброс не происходит вблизи источника прогноза. В настоящей статье анализируются показатели темпов роста ВВП Китая, США, Германии и России за 19 лет, с 1999 по 2017 г. В результате анализа показано, что после экономического кризиса 2008 г. структурные изменения произошли в Китае, темпы роста ВВП поменяли тенденцию с роста на понижение.

Цель исследования: выявление и оценка структурных сдвигов и аномальных наблюдений во временных рядах темпов роста ВВП России, США, Китая и Германии, вызванных мировым экономическим кризисом 2008–2009 гг., с помощью современного эконометрического инструментария.

На основе данных о темпах роста ВВП (%) России [8], США [9], Китая [10] и Германии [11] с 1999 по 2017 г. оценим влияние

мирового экономического кризиса 2008 г. на темпы роста ВВП в этих странах.

Для решения поставленной задачи будем использовать два программных продукта: эконометрический пакет Gretl и программную среду R.

Будем обозначать для краткости темпы роста ВВП каждой страны названием страны: China, USA, Germany, Russia. Графики динамики темпов роста ВВП для четырех стран приведены на рис. 1.

Визуальный анализ динамики темпов роста ВВП (рис. 1) подтвердил известный

факт, что мировой кризис 2008 г. по-разному проявился в разных странах.

Кризис 2008–2009 гг. повлиял на экономику Китая в меньшей степени, чем на экономику других стран. Анализ графика динамики темпов роста ВВП Китая позволил предположить наличие структурного сдвига, причиной которого был экономический кризис 2008 г.

Для выявления структурных сдвигов применяют аппарат фиктивных переменных наклона и тест Чоу. Спецификация модели в нашем случае будет иметь вид

$$Y = b_0 + b_1 \cdot t + \delta_1 \cdot d \cdot t + \delta_2 \cdot d \cdot t + \varepsilon,$$

с индикатором

$$d = \begin{cases} 0, t \leq t_0 & \text{до структурных изменений} \\ 1, t > t_0 & \text{после структурных изменений} \end{cases} \quad \text{— бинарная переменная, } t_0 \text{ — точка структурных изменений.}$$

ных изменений.

t_0 — точка структурных изменений.

Решение в Gretl

Реализация теста Чоу в Gretl предполагает построение модели регрессии эндогенной переменной от времени (протокол 1), а затем выполнение теста Чоу (протокол 2).

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1999–2017 (T = 19)					
Зависимая переменная: China					
	Коэффициент		Ст. ошибка	t-статистика	P-значение
const	10,4895	0,922247	11,37	<0,0001	***
time	−0,136842	0,0808864	−1,692	0,1089	
Среднее зав. перемен	9,121053		Ст. откл. зав. перемен	2,028568	
Сумма кв. остатков	63,39789		Ст. ошибка модели	1,931136	
R-квадрат	0,144100		Испр. R-квадрат	0,093753	
F(1, 17)	2,862124		P-значение (F)	0,108935	
Лог. правдоподобие	−38,40725		Крит. Акаике	80,81451	
Крит. Шварца	82,70338		Крит. Хеннана – Куинна	81,13418	
Параметр rho	0,667301		Стат. Дарбина – Уотсона	0,551051	

Протокол 1 выполнения программы Gretl. Оценка параметров линейной регрессии темпов роста ВВП Китая от времени.

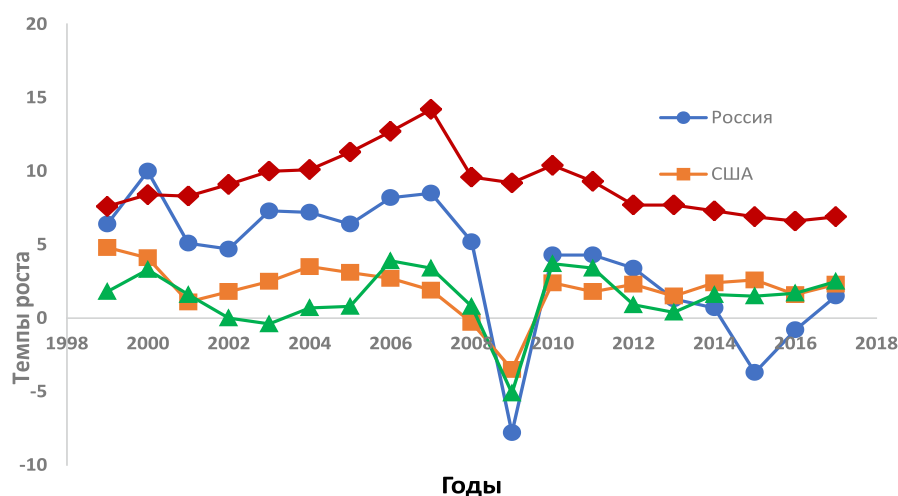


Рис. 1. Графики динамики темпов роста ВВП

Тестирование структурных изменений при помощи теста Чоу позволяет определить статистическую значимость изменений и выбрать в качестве спецификации модели сложную регрессию с фиктивными переменными (если изменения значимы) или обыкновенную регрессию (если изменения незначимы). Статистика теста имеет распределение Фишера и вычисляется по формуле

$$F_{\text{Чоу}} = \frac{[RSS_0 - (RSS_1 + RSS_2)] / k}{(RSS_1 + RSS_2) / (n - 2k)} \sim F(k, n - 2k),$$

где k – число параметров модели; n – объём выборки; RSS_0 – сумма квадратов остатков модели, оцененной по выборке объёмом n (всем выборочным данным), RSS_1 и RSS_2 – суммы квадратов остатков моделей, оцененных по подвыборкам, которые формируются с учетом предположений о структурных изменениях. Равенство $RSS_0 = RSS_1 + RSS_2$ возможно только в случае совпадения оценок параметров $\beta^{(i)}, i = 0, 1, 2$ всех трёх регрессий. Сравнение вычисленного значения статистики $F_{\text{Чоу}}$ с критическим $F_{kp}(v_1, v_2)$, определённым для уровня значимости α , позволяет проверить нулевую гипотезу $H_0: \beta^{(0)} = \beta^{(1)} = \beta^{(2)}$, и, если $F_{\text{Чоу}} < F_{kp}$, нулевая гипотеза не отклоняется и структурные изменения незначимо влияют на эндогенную переменную модели, нет оснований для разбиения выборки на две части.

Расширенная регрессия для теста Чоу
МНК, использованы наблюдения 1999–2017 (T = 19)
Зависимая переменная: China
Коэффициент Ст. ошибка t-статистика P-значение
const 6,33056 0,445657 14,20 4,18e-010 ***
time 0,771667 0,0791954 9,744 7,02e-08 ***
splitdum 7,62944 1,09329 **6,978 4,44e-06 *****
sd_time -1,17167 0,104083 **-11,26 1,03e-08 *****
Среднее зав. перемен 9,121053 Ст. откл. зав. перемен 2,028568
Сумма кв. остатков 5,644722 Ст. ошибка модели 0,613445
R-квадрат 0,923794 Испр. R-квадрат 0,908552
F(3, 15) 60,61136 P-значение (F) 1,29e-08
Лог. правдоподобие -15,42951 Крит. Акаике 38,85902
Крит. Шварца 42,63678 Крит. Хеннана – Куинна 39,49837
Параметр rho 0,150614 Стат. Дарбина – Уотсона 1,618778
Тест Чоу для структурных изменений в точке 2008
F(2, 15) = 76,7352 p-значение 0,0000

Протокол 2 выполнения программы Gretl. Результат выполнения теста Чоу.

В результате применения теста Чоу для структурных изменений в точке 2008 получено значение $F_{\text{Чоу}} = F(2, 15) = 76,7352$, p-значение 0,0000, следовательно, гипотеза об отсутствии структурных сдвигов отвергается. Получено также уравнение регрессии с фиктивными переменными $Y = 6,33 + 0,77t + 7,63d - 1,17d \cdot t$, в котором параметры δ_1 и δ_2 при фиктивных переменных сдвига и наклона значимы, что позволяет сделать вывод о наличии структурного сдвига в динамике темпов роста ВВП Китая, причиной которого был экономический кризис 2008 г.

Аналогичные вычисления, выполненные для США, Германии и России, показали отсутствие структурных сдвигов в динамике темпов роста ВВП.

Анализ графиков динамики темпов роста ВВП этих стран показал, что наблюдалось резкое снижение темпов роста ВВП с последующим приблизительным возвращением к предшествующему уровню (рис. 1).

В 2009 г. в США, Германии и России наблюдалось снижение темпов роста ВВП. Для США, Германии и России оценим наличие аномальных наблюдений с помощью фиктивных переменных воздействия. Для этого включим в уравнение регрессии фиктивную переменную, относящуюся к единственному нетипичному 2009 г. Включение фиктивной переменной, принимающей значение 1 только для одного наблюдения, равносильно удалению этого наблюдения из выборки с точки зрения оценки коэффициентов методом наименьших квадратов и оценки дисперсии, которые практически не меняются [12]. Коэффициент детерминации при включении фиктивной переменной, относящейся к одному наблюдению, возрастает.

У России снижение темпов роста ВВП отмечено также в 2015 г. Для проверки значимости этого снижения также введем фиктивную переменную для одного наблюдения.

Добавим две новые переменные ZZ и ZR. Значение ZZ равно 0 для всех наблюдений кроме одиннадцатого наблюдения (2009 г.), для которого ZZ равно 1; ZR принимает значение 1 в семнадцатом наблюдении (2015 г.), для остальных наблюдений ZR равно 0.

Спецификация модели регрессии для США и Германии в этом случае будет иметь вид $Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \delta \cdot ZZ_t + \varepsilon_t$, а для России $Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \delta_1 \cdot ZZ_t + \delta_2 \cdot ZR_t + \varepsilon_t$.

Первую модель с фиктивной переменной ZZ построим по темпам роста ВВП США: $Y_{USA} = 3,08 - 0,07t - 5,76 \cdot ZZ$ (протокол 3). Коэффициент при фиктивной переменной ZZ значим (p-value < 0,0001).

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1999–2017 (T = 19)					
Зависимая переменная: USA					
	Коэффициент		Ст. ошибка	t-статистика	P-значение
const	3,07756	0,517813	5,943	<0,0001	***
time	-0,0742799	0,0453282	-1,639	0,1208	
ZZ	-5,76048	1,11185	-5,181	<0,0001	***
Среднее зав. перемен	2,031579		Ст. откл. зав. перемен	1,734311	
Сумма кв. остатков	18,70363		Ст. ошибка модели	1,081192	
R-квадрат	0,654539		Испр. R-квадрат	0,611356	
F(2, 16)	15,15745		P-значение (F)	0,000203	
Лог. правдоподобие	-26,81048		Крит. Акаике	59,62096	
Крит. Шварца	62,45427		Крит. Хеннана – Куинна	60,10047	
Параметр rho	0,180690		Стат. Дарбина – Уотсона	1,452309	

Протокол 3 выполнения программы Gretl. Результаты оценки параметров модели темпов роста США: $Y_{USA} = 3,08 - 0,07t - 5,76 \cdot ZZ$.

Хотя кризис 2008 г. не привел к структурным изменениям в США с точки зрения темпов роста ВВП, но снижение темпов роста в 2009 г. оказалось значимым, то есть одиннадцатое наблюдение является аномальным. Результат выполнения функции leverage подтвердил вывод о том, что одиннадцатое наблюдение является выбросом (фрагмент протокола 4).

Остатки Леверидж Воздействие DFFITS

u 0<=h<=1 u*h/(1-h)

2008 -2,6348 0,056 -0,155 -0,756

2009 8,8818e-016 1,000* не определено -1, #IO

2010 0,2138 0,063 0,014371 0,051

2011 -0,31192 0,072 -0,024188 -0,081

(* указывает на точку левириджа)

Фрагмент протокола 4 выполнения программы Gretl. Результат выполнения функции leverage в модели $Y_{USA} = 3,08 - 0,07 \cdot t - 5,76 \cdot ZZ$.

Вторую модель с фиктивной переменной ZZ построим по темпам роста ВВП Германии: $Y_{Germany} = 1,53 + 0,02t - 6,88 \cdot ZZ$.

Коэффициент при фиктивной переменной ZZ значим (p-value = 0,0002). Снижение темпов роста ВВП Германии в 2009 г. оказалось значимым, то есть одиннадцатое наблюдение является аномальным.

Следующая модель построена по темпам роста ВВП России с одной фиктивной переменной ZZ, учитывающей влияние кризиса 2008 г. на значение показателя темп роста в 2009 г. Результаты оценки параметров модели темпов роста ВВП России: $Y_{Russia} = 9,33 - 0,49 \cdot t - 11,73 \cdot ZZ$.

Коэффициенты при переменных ZZ и t значимы (p-value < 0,0001), коэффициент детерминации равен 0,79. Так как у России снижение темпов роста ВВП отмечено также в 2015 г., добавим в модель фиктивную переменную ZR, принимающую значение 1 в 2015 г.

В результате оценки параметров модели темпов роста ВВП России с двумя фиктивными переменными получена модель $Y_{Russia} = 8,96 - 0,42 \cdot t - 12,10 \cdot ZZ - 5,46 \cdot ZR$. Качество построенной модели улучшилось: коэффициент детерминации увеличился с 0,76 до 0,86; скорректированный (исправленный) коэффициент детерминации увеличился с 0,76 до 0,83; стандартная ошибка модели уменьшилась с 2,18 до 1,84. Все коэффициенты модели регрессии значимы, следовательно, снижение темпов роста ВВП России оказалось значительным не только в 2009 г., но и в 2015 г., то есть одиннадцатое и семнадцатое наблюдения являются аномальными. Наличие аномальных наблюдений подтверждает результат выполнения функции leverage (фрагмент протокола 5).

Остатки Леверидж Воздействие DFFITS

$u \ 0 \leq h \leq 1 \ u \cdot h / (1 - h)$

2008 0,47575 0,059 0,029965 0,065

2009 0 1,000* не определено -1, #IO

2010 0,4227 0,071 0,032133 0,064

2011 0,84617 0,082 0,07574 0,140

2012 0,36964 0,098 0,039951 0,067

2013 -1,3069 0,117 -0,17282 -0,271

2014 -1,4834 0,140 -0,24134 -0,348

2015 8,8818e-016 1,000* не определено -1, #IO

2016 -2,1365 0,198 -0,52683 -0,661

2017 0,58701 0,233 0,17789 0,195

(*' указывает на точку леввериджа)

Фрагмент протокола 5 выполнения программы Gretl. Результат выполнения функции leverage в модели $Y_{Russia} = 8,96 - 0,42 \cdot t - 12,10 \cdot ZZ - 5,46 \cdot ZR$.

Решение в R

Для решения поставленной задачи в R [13] воспользуемся пакетом tso из библиотеки tsoutliers. В этом пакете реализована автоматическая процедура обнаружения выбросов во временных рядах, основанная на подходе, описанном в работе [14]. Несмотря на то, что целью пакета является обеспечение автоматической процедуры выявления выбросов, реализация пакета позволяет пользователю, путем ввода параметров, сделать более осмысленным каждый этап проведения процедуры. В пакете выявляются несколько типов выбросов. По умолчанию выбираются аддитивные выбросы «АО», сдвиги уровней «LS» и временные изменения «ТС»; также можно выбрать инновационные выбросы «ИО» и сезонные сдвиги уровней «SLS».

– Аддитивный выброс (АО) выглядит как неожиданно большое или маленькое значение, встречающееся только в одном наблюдении. На дальнейшие наблюдения аддитивный выброс не влияет. Примером аддитивного выброса может быть снижение темпов роста ВВП Германии (рис. 1).

– Сдвиг уровня (LS) представляет собой резкое изменение среднего уровня, и это может быть сезонным (сезонный сдвиг уровня, SLS) или нет. При сдвиге уровня все наблюдения после выброса сдвигаются к новому уровню. В отличие от аддитивных выбросов выброс сдвига уровня влияет на все последующие наблюдения постоянным образом. Примером сдвига уровня может быть излом тенденции темпов роста ВВП Китая после мирового кризиса 2008 г. (рис. 1).

– Временные изменения (ТС) представляют собой всплеск, который занимает несколько периодов, чтобы исчезнуть. Выброс ТС похож на выброс сдвига уровня LS, но его влияние на последующие наблюдения экспоненциально затухает. Со временем ряд возвращается к своему обычному уровню.

– Инновационный выброс (ИО). Инновационный выброс характеризуется начальным воздействием и влиянием на последующие наблюдения. Влияние выброса может расти с течением времени. (Более подробно с алгоритмом работы пакета tso можно ознакомиться в работе [15].)

Проверим с помощью пакета tso наличие аддитивного выброса в темпах роста ВВП Германии. После установки библиотеки tsoutliers и ввода данных объявим GDPGer временным рядом и запустим функцию tso() с автоматической процедурой выявления выбросов.

```
> GDPGer.ts.outliers <- tso(GDPGer.ts)
> GDPGer.ts.outliers
Series: GDPGer.ts
Regression with ARIMA(0, 0, 1) errors
Coefficients:
ma1 intercept AO11
0.6835 1.7432 -6.8719
s.e. 0.1871 0.3984 0.7959
sigma^2 estimated as 1.303: log likelihood=-28.15
AIC=64.31 AICc=67.17 BIC=68.09
Outliers:
type ind time coefhat tstat
1 AO 11 2009 -6.872 -8.634
> plot(GDPGer.ts.outliers)
```

Фрагмент протокола 6 выполнения функции tso() – выявления выбросов в показателе темпы роста ВВП Германии.

Выявлен один аддитивный выброс (АО) в одиннадцатом наблюдении (2009 г.) – резкое снижение темпов роста ВВП на фоне кризиса 2008 г. с последующим быстрым восстановлением. Подтверждён результат, полученный по модели регрессии с фиктивной переменной воздействия – снижение темпов роста ВВП Германии в 2009 г. оказалось значимым, то есть одиннадцатое наблюдение является аномальным. На рис. 2 приведен график результата работы функции `tso()` для Германии.

Применение функции `tso()` при исследовании темпов роста ВВП Китая приведено во фрагменте протокола 7 и на рис. 3.

```
> GDPCh.ts.outliers
Series: GDPCh.ts
Regression with ARIMA(1,0,0) errors
```

Coefficients:

ar1 intercept LS10

0.9243 10.3133 -4.3875

s.e. 0.0742 1.8058 0.8990

sigma^2 estimated as 0.8638: log likelihood=-24.9

AIC=57.8 AICc=60.66 BIC=61.58

Outliers:

type ind time coefhat tstat

1 LS 10 2008 -4.388 -4.881

```
> plot(GDPCh.ts.outliers)
```

Фрагмент протокола 7 выполнения функции `tso()` – выявления выбросов в показателе темпы роста ВВП Китая.

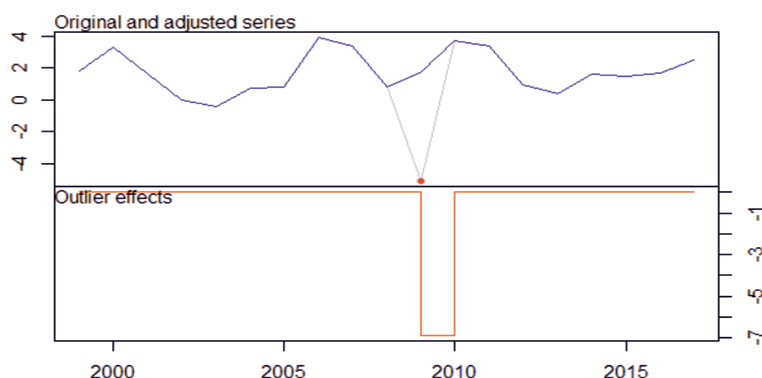


Рис. 2. График результата работы функции `tso()` по выявлению выбросов в темпах роста ВВП Германии

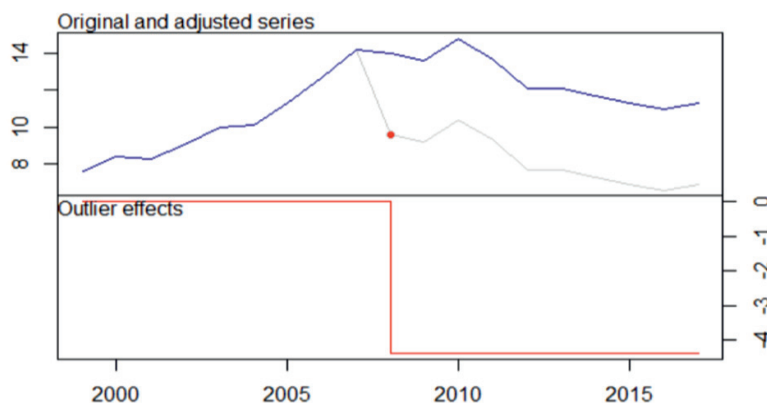


Рис. 3. График результата работы функции `tso()` по выявлению выбросов в темпах роста ВВП Китая

Выявлен структурный сдвиг (LS) в десятом наблюдении – 2008 г. Тем самым подтверждают-ся выводы о структурном сдвиге в темпах роста ВВП Китая, полученные с помощью теста Чоу.

Выполнение расчетов по выявлению выбросов в показателе темпов роста ВВП России показало наличие трех типов выбросов АО, LS и TC (фрагмент протокола 8).

```
> GDP Ru.ts.outliers <- tso(GDPRu.ts,types = c("AO", "LS", "TC"))
```

```
> GDP Ru.ts.outliers
```

Series: GDP Ru.ts

Regression with ARIMA(2,0,0) errors

Coefficients:

```
ar1 ar2 intercept AO2 LS10 AO11 TC17
```

```
0.9476 -0.3874 6.6311 4.1507 -3.2212 -12.4085 -5.3018
```

```
s.e. 0.2157 0.2049 0.6108 0.6581 0.7575 0.6501 0.9244
```

```
sigma^2 estimated as 1.285: log likelihood=-25.45
```

```
AIC=66.9 AICc=81.3 BIC=74.46
```

Outliers:

```
type ind time coefhat tstat
```

```
1 AO 2 2000 4.151 6.307
```

```
2 LS 10 2008 -3.221 -4.253
```

```
3 AO 11 2009 -12.408 -19.087
```

```
4 TC 17 2015 -5.302 -5.736
```

Фрагмент протокола 8. Результат работы функции tso() выявления выбросов в показателе темпов роста ВВП России.

Результаты работы функции tso() выявления выбросов в показателе темпы роста ВВП России не противоречат выводам, полученным по уравнению регрессии с помощью фиктивных переменных.

При анализе выбросов во временном ряду темпов роста ВВП США с помощью функции tso() обнаружено два типа выбросов, АО и TC (рис. 5).

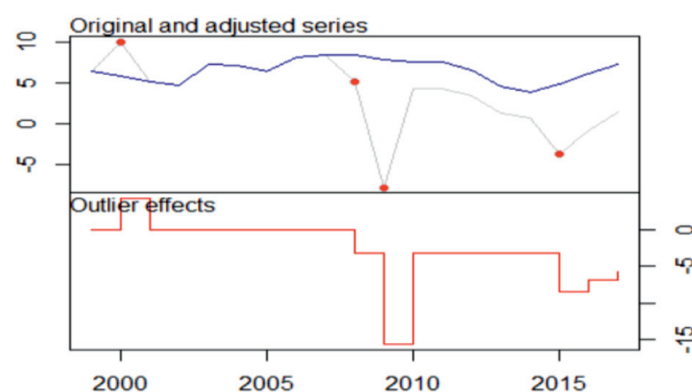


Рис. 4. График результата работы функции tso() по выявлению выбросов в темпах роста ВВП России

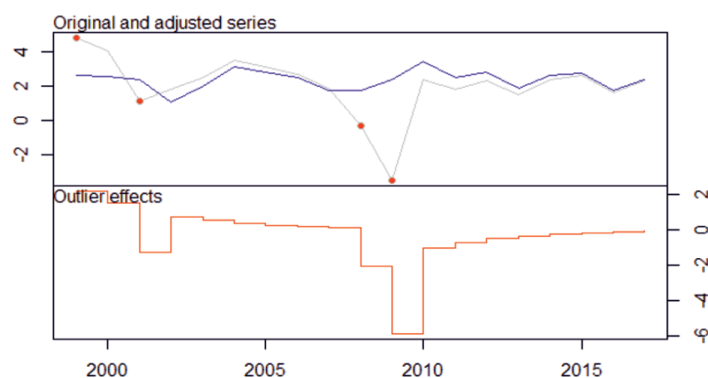


Рис. 5. График результата работы функции tso() по выявлению выбросов в темпах роста ВВП США

Заключение

Современный инструментарий оценки влияния эффекта выбросов позволяет не только определить моменты появления бесспорных аномалий, но чутко реагирует на внезапные изменения ситуации в таких инерционных системах, как экономика.

Наиболее устойчивой и, стало быть, прогнозируемой оказалась реакция на кризис Германии, где кризис буквально на год обрушил темпы роста ВВП, а далее всё вернулось к предшествующим кризису значениям.

Стабильно, без резких колебаний до и после кризиса, ведёт себя показатель для Китая. Там глубина падения показателя в момент кризиса оказалась минимальной, но при этом тенденция к росту сменилась на тенденцию к постепенному уменьшению темпов роста ВВП и никаких резких и разнонаправленных изменений показателя не происходило. Дата самого кризиса, в отличие от других стран, приходится на 2008, а не на 2009 г., то есть он раньше проявился и раньше закончился.

Наиболее непредсказуемыми оказались темпы роста ВВП России. Там зафиксировано ещё три выброса, статистически менее значимых по сравнению с 2008 г., причём все эти выбросы классифицировались как принадлежащие к разным типам. В 2002 г. зафиксирован аддитивный выброс, не приведший к долговременным последствиям. В 2008 г. зафиксирован сдвиг уровня, приводящий к длительным последствиям, то есть зафиксировалось начало мирового кризиса. В 2015 г. оказался зафиксированным кризис типа ТС, приводящий к кратковременным последствиям. Значения *t*-статистики для выбросов 2000 и 2015 гг. близки к значениям *t*-статистики кризисного 2009 г. для США, то есть изменения темпов роста оказались значительными.

В США, как и в России, за исследуемый период зафиксированы 4 аномальных наблюдения. Наиболее значимый выброс аддитивного (без последствий в будущем) характера зафиксирован в кризисном 2009 г. В то же время значительно менее значимый выброс того же типа обнаружен в 2001 г., его *t*-статистика в два раза меньше *t*-статистики 2009 г. В 2008 г. обнаружен выброс типа ТС, имеющий затухающие последствия, то есть в США предвестник кризиса появился, как и в России, в 2008 г. Незначительный выброс в сторону повышения того же типа обнаружен в 1999 г. Его появление требует

отдельного анализа, выходящего за рамки настоящей работы.

Графики «эффекта выбросов», приведённые выше, наглядно демонстрируют происходящие в данных изменения и существенно помогают в анализе исходных данных.

Список литературы

1. Zakaria A., Howard N.K., Nkansah B.K.: On the detection of influential outliers in linear regression analysis. *Am. J. Theor. Appl. Stat.* 2014. Vol. 3. P. 100–106.
2. Hendry D.F., Mizon G.E. Econometric Modelling of Time Series with Outlying Observations. *Journal of Time Series Econometrics*. 2011. Vol. 3. Issue 1. Article 6. DOI: 10.2202/1941-1928.1100.
3. Орлова И.В. Обнаружение влиятельных наблюдений и выбросов в GRETL и R // Труды VI Международной научно-практической конференции «Современная математика и концепции инновационного математического образования». М.: Издательский дом МФО, 2019. Т. 6. № 1. С. 133–139.
4. Куфель Т. Эконометрика. Решение задач с применением пакета программ Gretl. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 200 с.
5. Мاستицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. М.: ДМК Пресс, 2015. 496 с.
6. Орлова И.В. Опыт применения пакета R при изучении темы предварительный анализ данных в эконометрике // Фундаментальные исследования. 2019. № 6. С. 115–120.
7. Orlova I., Yudina V. Analysis of information content of metric data when constructing models of linear regression. *System analysis in economics – 2018 Proceedings of the V International research and practice conference-biennale*. 2018. P. 196–198. DOI: 10.33278/SAE-2018.eng.196–198.
8. Мировая экономика EREPORT.RU Экономика России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country&count=russia&table=ggecia&time=1> (дата обращения: 15.03.2020).
9. Мировая экономика EREPORT.RU Экономика США. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country&count=usa&table=ggecia&time=1> (дата обращения: 15.03.2020).
10. Мировая экономика EREPORT.RU Экономика Китая. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country&count=china&table=ggecia&time=1> (дата обращения: 15.03.2020).
11. Мировая экономика EREPORT.RU Экономика Германии. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ereport.ru/stat.php?razdel=country&count=germany&table=ggecia&time=1> (дата обращения: 15.03.2020).
12. Грин У.Г. Эконометрический анализ. Кн. 1 / пер. с англ.; под науч. ред. С.С. Синельникова, М.Ю. Турунцевой. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2016. 760 с.
13. Проект R для статистических вычислений. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.r-project.org/> (дата обращения: 15.03.2020).
14. Chen C. and Liu, Lon-Mu Joint Estimation of Model Parameters and Outlier Effects in Time Series. *Journal of the American Statistical Association*. 1993. № 88 (421). P. 284–297. DOI: 10.2307/2290724.
15. Пакет TSO. Автоматический способ обнаружения выбросов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rdocumentation.org/packages/tsoutliers/versions/0.6-8/topics/tso> (дата обращения: 15.03.2020).