

УДК 519.862.6

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИН ЭКОНОМЕТРИКА И ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Орлова И.В.

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

В работе рассматривается опыт применения современного инструментария эконометрического моделирования при преподавании дисциплин эконометрика и эконометрические исследования. Обсуждается корректировка рабочих программ этих дисциплин, выполненная в соответствии с требованиями работодателей, направленная на синтез фундаментальных знаний и практических навыков. Продемонстрированы преимущества программы Gretl при проведении занятий со студентами и магистрантами, не имеющими достаточной подготовки для использования языков R или Python, на примере задачи. Используются фиктивные переменные для тестирования стабильности экономических процессов, представленных временными рядами. Сделан вывод о необходимости обучения студентов и магистрантов навыкам работы с современными свободно распространяемыми программами для решения реальных задач, возникающих в экономической практике для повышения конкурентоспособности наших выпускников. После проведения занятий на факультете повышения квалификации научно-педагогических работников по программе «Эконометрическое моделирование в R и Gretl» увеличилось количество выполненных научно-исследовательских работ и опубликованных статей с использованием R и пакета Gretl. На следующий год в план изданий Финансового университета при Правительстве РФ на 2022 г. включен «Практикум по эконометрическим исследованиям в Gretl». Основанием для издания является отсутствие практикума по дисциплине эконометрические исследования с подробным разбором решения задач в эконометрическом пакете Gretl для магистратуры.

Ключевые слова: эконометрика, эконометрические исследования, программа Gretl, фиктивные переменные

EXPERIENCE OF USING MODERN TOOLS IN TEACHING THE DISCIPLINES ECONOMETRICS AND ECONOMETRIC RESEARCH

Orlova I.V.

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

The paper considers the experience of using modern econometric modeling tools in teaching the disciplines of econometrics and econometric research. The adjustment of the work programs of these disciplines is discussed, carried out in accordance with the requirements of employers, aimed at the synthesis of fundamental knowledge and practical skills. The advantages of the Gretl program are demonstrated when conducting classes with students and undergraduates who do not have sufficient training to use the R or Python languages on the example of the problem of using dummy variables to test the stability of economic processes represented by time series. It is concluded that it is necessary to train students and undergraduates in the skills of working with modern freely distributed programs to solve real problems that arise in economic practice in order to increase the competitiveness of our graduates. After conducting classes at the faculty of advanced training of scientific and pedagogical workers under the program "Econometric Modeling in R and Gretl", the number of completed research works and published articles using R and the Gretl package increased. For the next year, the publication plan of the Financial University under the Government of the Russian Federation for 2022 will include a "Workshop on econometric research in Gretl". The reason for the publication is the lack of a workshop on the discipline of econometric research with a detailed analysis of problem solving in the Gretl econometric package for master's programs.

Keywords: econometrics, econometric research, Gretl program, dummy variables

В требованиях работодателей на 11.01.2022 на сайте <https://hh.ru/> 92 раза встречается «эконометрика» и 26 раз «эконометрические исследования». Эти две дисциплины преподаются в Финансовом университете при Правительстве РФ в бакалавриате и магистратуре по направлению «Экономика» для всех профилей и программ. Наряду с требованиями знания эконометрики присутствуют требования владения навыками работы с различными программными продуктами. При разработке рабочих программ

по этим дисциплинам были учтены требования работодателей и в программы было включено использование языка R для выполнения расчетов при эконометрическом моделировании. Подготовлены и выпущены два учебника для бакалавриата «Эконометрика и эконометрическое моделирование» [1] и магистратуры «Эконометрика и эконометрическое моделирование в Excel и R» [2], в которых изложение теоретического материала сопровождается решением примеров с использованием R и Excel.

Изучение тем курса опирается на реальные задачи из экономической практики, так как обучение только на конкретных и осмысленных примерах может убедить студента в практической полезности преподаваемых ему знаний. Соединение фундаментальных знаний и практических навыков, нацеленных на получение конкретных результатов, стимулирует студентов к активному применению аппарата эконометрического моделирования при проведении научных исследований и выполнении выпускных квалификационных работ.

Однако следует отметить, что в магистратуре возникли сложности с магистрантами, обучавшимися в бакалавриате в других вузах, где студенты при изучении эконометрики не используют R. Обычно на экономических факультетах есть только один семестр эконометрики и нет достаточного времени, чтобы преподавать студентам эконометрику с использованием языков R или Python. В результате часть магистрантов не могла успешно справиться с освоением программы «эконометрические исследования». Было принято решение скорректировать методику преподавания дисциплины и использовать для выполнения вычислений Excel и статистический пакет с открытым исходным кодом Gretl, для освоения которого не требуется специальная подготовка. Эта программа имеет русифицированный интерфейс и доступна для различных операционных систем [3]. В Gretl имеется возможность сохранять текущий набор данных в формате, подходящем для анализа с помощью R, или возможность запуска R-сессии с текущим набором данных Gretl. Возможность сочетать Gretl и R позволяет демонстрировать студентам проведение сложного эконометрического анализа и прогнозирования экономических процессов с относительной легкостью, а визуализация полученных результатов облегчает экономическую интерпретацию расчетов [4–6]. В настоящее время пакет Gretl все чаще используется не только в зарубежных, но и в отечественных вузах при преподавании эконометрики [7–9].

Материалы и методы исследования

Продемонстрируем на примере темы «Фиктивные переменные» возможности применения современного эконометрического инструментария в учебном процессе.

С помощью теста Чоу и фиктивных переменных наклона решается задача обнаружения структурных изменений во временных рядах экономических показателей. Фактически тест проверяет неоднородность выборки в рамках регрессионной модели. Тестиро-

вание структурных изменений при помощи теста Чоу позволяет определить статистическую значимость изменений.

Проверим структурную стабильность временного ряда Продажи пива в РФ с 1995 по 2019 г. [10].

В исследуемом временном ряду 25 наблюдений. Разделим все наблюдения на две части. Первая часть – это 12 наблюдений с 1995 г. по 2006 г., вторая часть – 13 наблюдений с 2007 по 2019 г. В качестве границы между двумя частными выборками выбрали момент предполагаемых структурных изменений, который обозначим t_0 . Оценим три уравнения регрессии: сначала построим уравнение регрессии (0) по 25 наблюдениям временного ряда, затем строим уравнения регрессии (1 и 2) для каждой части. Пусть RSS_0 – сумма квадратов остатков модели, оцененной по выборке объемом n (всем выборочным данным), RSS_1 и RSS_2 – суммы квадратов остатков модели (1) и модели (2), полученным по двум подвыборкам

Разность $RSS_0 - (RSS_1 + RSS_2)$ характеризует уменьшение необъяснённой части дисперсии за счет построения двух регрессий вместо одной и равна нулю только в случае равенства параметров всех трёх регрессий. Статистика Чоу предназначена для проверки устойчивости модели к структурным изменениям на всем интервале исследования (k – количество параметров модели).

Статистика теста Чоу 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.

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 значением F -критерия $F_{\text{кр}}(v_1, v_2)$, определённым для уровня значимости α , позволяет проверить нулевую гипотезу $H_0: \beta^{(0)} = \beta^{(1)} = \beta^{(2)}$, и, если $F_{\text{Чоу}} < F_{\text{кр}}$, нулевая гипотеза не отклоняется, и структурные изменения незначимо влияют на эндогенную переменную модели, нет оснований для разбиения выборки на две части.

Исследования, выполненные по тесту Чоу, можно дополнить построением линейной регрессионной модели с фиктивными переменными наклона. Анализ коэффициентов такой регрессионной модели позволит получить дополнительную информацию об исследуемом процессе, оценить степень влияния регрессоров на зависимую переменную.

Проверка нулевой гипотезы о несущественном влиянии структурных изменений: проверяется гипотеза о равенстве нулю коэффициента при фиктивной переменной наклона.

Для тестирования структурных сдвигов в динамике продаж пива в РФ используем уравнение регрессии с фиктивными переменными наклона. Спецификация модели будет иметь следующий вид:

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

с индикатором

$$d = \begin{cases} 0, & t \leq t_0 - \text{до структурных изменений} \\ 1, & t > t_0 - \text{после структурных изменений} \end{cases}$$

бинарная переменная,

где t_0 – точка структурных изменений;

$sdt = t \cdot d$ – фиктивная переменная наклона.

Результаты исследования и их обсуждение

Тест Чоу. Решение задачи в Excel проиллюстрировано на рис. 1. На основе подготовленных данных построено три уравнения регрессии с помощью функции ЛИНЕЙН. Тест Чоу вычислен на основании сумм квадратов остатков, полученных в каждой модели и равен 238,56. Наблюдае-

мое значение теста Чоу сравниваем с критическим, полученным с помощью функции F.ОБР.ПХ(0,05; 2; 21) = 3,47. Так как $F > F_{кр}$, то нулевая гипотеза о незначимости структурных изменений отвергается.

Фиктивные переменные наклона. На рис. 2 приведена таблица исходных данных, содержащая зависимую переменную Y – объемы продаж пива (столбец В) и регрессоры: t – номер наблюдения (для отражения временного тренда); d – индикатор, равный 0 для первых 12 наблюдений и 1 для последних 13 наблюдений; sdt – фиктивная переменная наклона, равная произведению $d \cdot t$. Так же на рис. 2 приведен фрагмент протокола оценки параметров уравнения регрессии с фиктивной переменной наклона, полученный в Excel с помощью инструмента Регрессия надстройки Анализ данных.

Оцененное уравнение имеет вид:

$$\hat{Y} = 221,14 + 60,632t + 1416,259d - 96,768sdt.$$

В этом уравнении коэффициенты при фиктивных переменных d и sdt значимы с вероятностью 95 %, так как p -значение меньше уровня значимости 0,05. На основании этого можно сделать вывод, что в динамике продаж пива в РФ за исследуемый период времени присутствует структурный сдвиг.

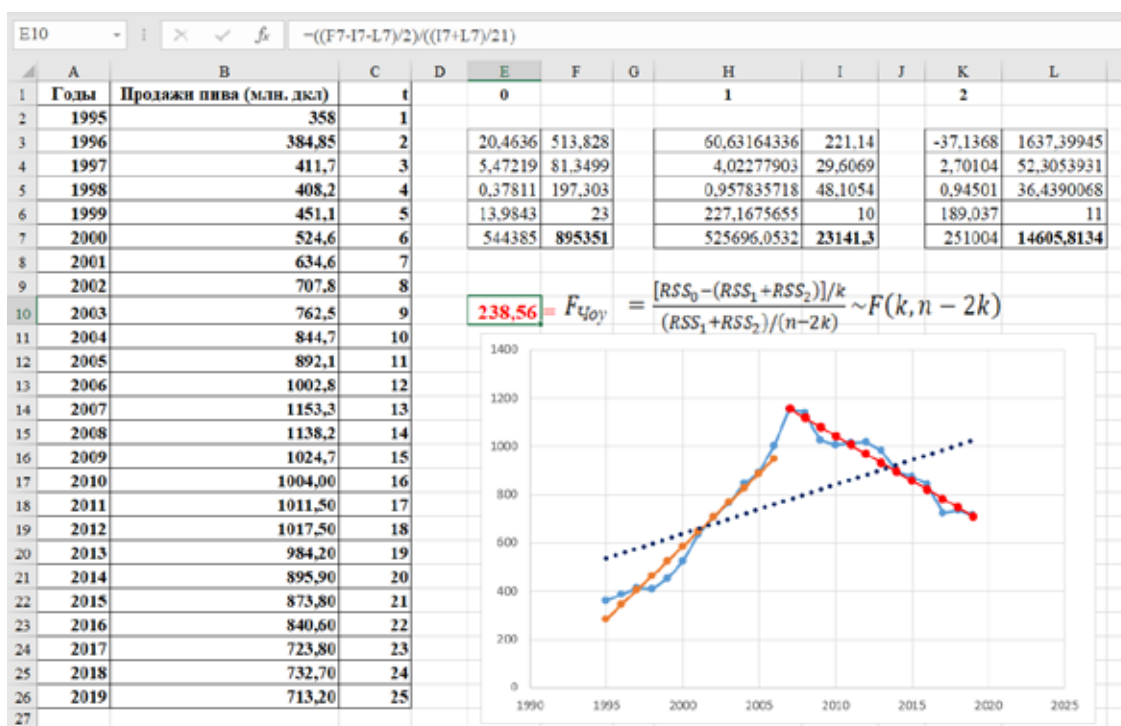


Рис. 1. Построение трех уравнений регрессии в Excel и вычисление статистики Чоу

Годы	Продажи пива (млн. лкт.)	t	d	sd t	ВЫВОД ИТОГОВ				
1995	358	1	0	0					
1996	384,85	2	0	0					
1997	411,7	3	0	0					
1998	408,2	4	0	0					
1999	451,1	5	0	0					
2000	524,6	6	0	0					
2001	634,6	7	0	0					
2002	707,8	8	0	0					
2003	762,5	9	0	0					
2004	844,7	10	0	0					
2005	892,1	11	0	0					
2006	1002,8	12	0	0					
2007	1153,3	13	1	13					
2008	1138,2	14	1	14					
2009	1024,7	15	1	15					
2010	1004,00	16	1	16					
2011	1011,50	17	1	17					
2012	1017,50	18	1	18					
2013	984,20	19	1	19					
2014	895,90	20	1	20					
2015	873,80	21	1	21					
2016	840,60	22	1	22					
2017	723,80	23	1	23					
2018	732,70	24	1	24					
2019	713,20	25	1	25					

Регрессионная статистика				
Множественный R	0,99			
R-квадрат	0,97			
Исправленный R-ква	0,97			
Стандартная ошибка	42,40			
Наблюдения	25			

Дисперсионный анализ				
	df	SS	MS	F
Регрессия	3	1401988,87	467329,62	259,99
Остаток	21	37747,15	1797,48	
Итого	24	1439736,02		

Коэффициенты стандартной ошибки статистики				
Y-пересечение	221,140	26,093	8,475	0,000
t	60,632	3,545	17,102	0,000
d	1416,259	66,215	21,389	0,000
sd t	-97,768	4,738	-20,635	0,000

Рис. 2. Фрагмент протокола оценки параметров уравнения регрессии с фиктивными переменными наклона

```

gretl: модель 1
Файл Правка Тесты Сохранить Графики Анализ LaTeX
Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1995-2019 (T = 25)
Зависимая переменная: Beer

-----
коэффициент    ст. ошибка    t-статистика    p-значение
-----
const           513,828       81,3499         6,316           1,91e-06 ***
t                20,4636       5,47219         3,740           0,0011 ***

Среднее завис. перемен  779,8540     Ст. откл. завис. перемен  244,9265
Сумма кв. остатков      895350,6     Ст. ошибка модели         197,3025
R-квадрат               0,378115     Исправ. R-квадрат         0,351076
F(1, 23)                13,98431     F-значение (F)            0,001072
Лог. правдоподобие     -166,5496    Крит. Акаике              337,0993
Крит. Шварца           339,5371     Крит. Хеннана-Куинна     337,7754
параметр rho           0,974685     Стат. Дарбина-Уотсона    0,119280
обратите внимание на сокращенные обозначения статистики
    
```

Рис. 3. Модель регрессии по всем наблюдениям временного ряда

Основными причинами структурно-го сдвига в динамике продаж пива в РФ «эксперты считают введенные в 2005 г. законодательные ограничения в отношении рекламы пива, запрет на потребление этого напитка в общественных местах, а также опережающий уровень инфляции рост налоговой ставки по акцизу на пиво» [11].

Решение задачи в Excel потребовало построения четырех уравнений регрессии

(трех для теста Чоу и одного с фиктивными переменными), вычисления по формуле теста Чоу и определения критических значений для критерия Фишера.

Решение задачи в Gretl

После ввода данных в Gretl в основном меню выбирается Модель/Метод наименьших квадратов, указывается спецификация модели, и в результате получаем протокол модели регрессии (0) по всем наблюдениям временного ряда (рис. 3).

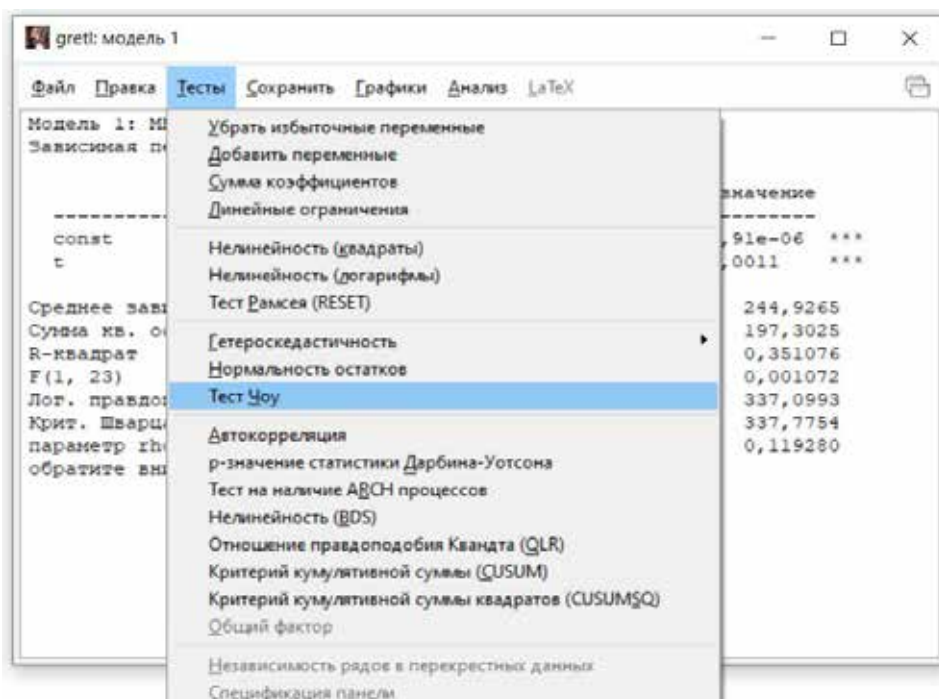


Рис. 4. Выбор теста Чоу

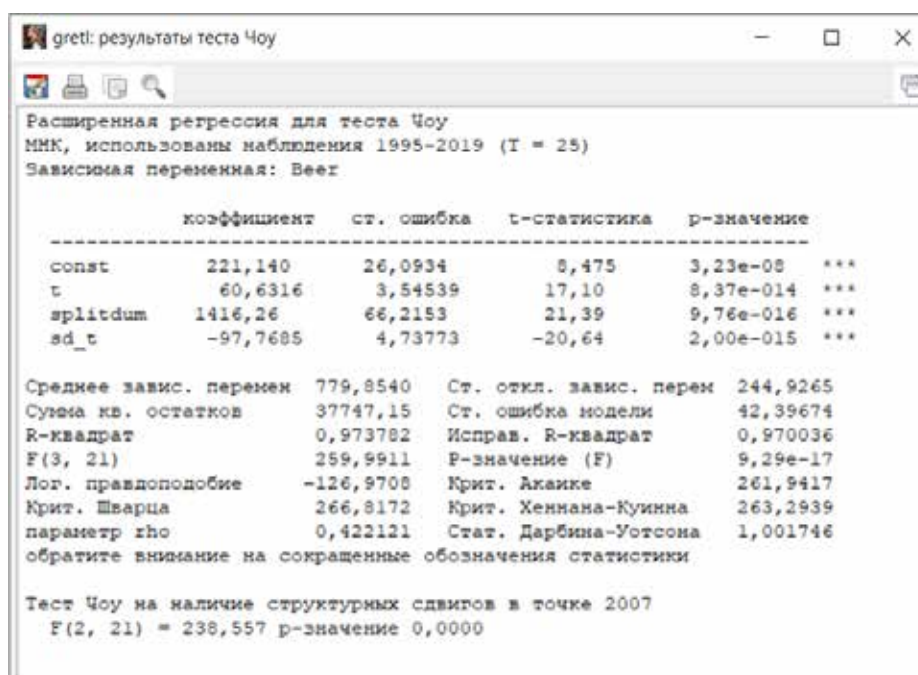


Рис. 5. Результат решения задачи определения структурных сдвигов с помощью теста Чоу и фиктивных переменных наклона

В окне модели 1 в меню выбираем вкладку Тесты / Тест Чоу (рис. 4) и указываем номер наблюдения для разделения выборки – 2007 год.

На рисунке 5 наглядно приведен результат применения теста Чоу и одновременно

протокол построения уравнения регрессии с фиктивными переменными наклона.

Решение задачи в Gretl, естественно, совпадает с решением, полученным в Excel.

Заключение

В заключение отметим, что при проведении практических занятий по дисциплинам эконометрика и эконометрические исследования целесообразно применять современные свободно распространяемые программные продукты Gretl, R или Python, а не только Excel. Выбор используемой программы зависит от подготовки студентов в области информационных технологий. При правильном выборе программного продукта повышается мотивация студентов при изучении дисциплин эконометрика и эконометрические исследования. В нашем случае использование пакета Gretl привело к значительной экономии времени на семинарских занятиях, которое раньше затрачивалось на выполнение трудоемких расчетов, а теперь может быть использовано для обсуждения как применяемого аппарата, так и результатов моделирования. После проведения занятий на факультете повышения квалификации научно-педагогических работников по программе «Эконометрическое моделирование в R и Gretl» увеличилось количество выполненных научно-исследовательских работ и опубликованных статей с использованием пакета Gretl [12–14]. На следующий год в план изданий Финансового университета при Правительстве РФ на 2022 г. включен «Практикум по эконометрическим исследованиям в Gretl». Основанием для издания является отсутствие практикума по дисциплине эконометрические исследования с подробным разбором решения задач в эконометрическом пакете Gretl для магистратуры.

Список литературы

1. Бабешко Л.О., Бич М.Г., Орлова И.В. Эконометрика и эконометрическое моделирование. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2021. 385 с. DOI: 10.12737/1141216.
2. Бабешко Л.О., Орлова И.В. Эконометрика и эконометрическое моделирование в Excel и R. М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2021. 296 с. DOI: 10.12737/1079837.