

СТАТЬЯ

УДК 330:519.862.6

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНОГО
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****Орлова И.В.***ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Москва, e-mail: IVOrlova@fa.ru*

В работе рассматривается подход к решению проблемы перехода на свободное программное обеспечение при преподавании дисциплин, связанных с эконометрическим моделированием. В связи со сложившейся в мире ситуацией, введенными санкциями на отечественные банки, фирмы, корпорации президентом РФ В.В. Путиным и правительством РФ поставлена задача перехода в первую очередь государственных компаний на отечественное программное обеспечение. Следовательно, готовить будущих специалистов надо, используя отечественное или свободное ПО. В работе обоснован выбор в качестве инструментальных средств эконометрического моделирования свободно распространяемого программного пакета Gretl, основное преимущество которого связано с удобным и русифицированным интерфейсом, также языка программирования R, созданного для статистической обработки данных с открытым исходным кодом и RStudio – удобного интерфейса работы с R. Аналогом Excel Microsoft Office выбран Calc LibreOffice. Приведены примеры использования свободного ПО в учебном процессе. Продемонстрированы возможности языка Hansl, который следует рассматривать как язык специального назначения или предметно-ориентированный язык, предназначенный для решения задач эконометрического моделирования в пакете Gretl, существенно расширяя его функции. Сделан вывод, что подготовку специалистов по дисциплинам, связанным с эконометрическим моделированием, можно вести с использованием отечественного или открытого программного обеспечения без ухудшения качества образовательного процесса.

Ключевые слова: свободное программное обеспечение, эконометрические исследования, программа Gretl, язык Hansl

USING FREE SOFTWARE FOR ECONOMETRIC MODELING**Orlova I.V.***Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
e-mail: ivorlova@fa.ru*

The paper considers an approach to solving the problem of switching to free software when teaching disciplines related to econometric modeling. In connection with the current situation in the world, the sanctions imposed on domestic banks, firms, corporations, the President of the Russian Federation V.V. Putin and the Government of the Russian Federation have set the task of switching, first of all, state-owned companies to domestic software. Therefore, it is necessary to train future specialists using domestic or free software. The paper substantiates the choice of the freely distributed software package Gretl as tools for econometric modeling, the main advantage of which is associated with a convenient and Russified interface, as well as the programming language R, created for statistical data processing with open-source code, and RStudio, a convenient interface for working with R. Analogue Excel Microsoft Office selected by Calc LibreOffice. Examples of the use of free software in the educational process are given. The capabilities of the Hansl language are demonstrated, which should be considered as a special-purpose language or a domain-specific language designed to solve econometric modeling problems in the Gretl package, significantly expanding its functions. It is concluded that the training of specialists in disciplines related to econometric modeling can be carried out using domestic or open-source software without compromising the quality of the educational process.

Keywords: free software, econometric research, Gretl program, Hansl language

В образовании очень велика инерция. До настоящего времени все учебные заведения Российской Федерации в процессе учебного процесса использовали операционную систему Microsoft Windows. Специальное программное обеспечение работало под Windows. Поколения студентов для выполнения расчетов по курсовым и дипломным работам применяли офисный пакет Microsoft Office. Конечно, накоплен огромный опыт работы с этим программным обеспечением, написаны учебники и учебные пособия по изучению дисциплин с использованием, например, Microsoft Excel.

Однако в связи со сложившейся в мире ситуацией, введенными санкциями на отечественные банки, фирмы, корпорации пре-

зидентом РФ В.В. Путиным [1] и правительством РФ поставлена задача перехода в первую очередь государственных компаний на отечественное программное обеспечение (ПО). Следует принять во внимание, что долгосрочная и устойчивая технологическая независимость начинается с образования, с подготовки будущих специалистов. Следовательно, готовить будущих специалистов надо, используя отечественное или свободное ПО. Конечно же, хотелось бы, чтобы будущие кадры имели навыки работы с ПО мировых лидеров, таких как SPSS Statistics, Stata или STATISTICA, но ситуация складывается так, что надо готовить спе-

циалистов, способных решать задачи на базе отечественного или открытого (свободного) ПО. Программное обеспечение с открытым исходным кодом дает студентам возможность изучить внутреннее устройство программного продукта с любой степенью подробности. Можно дорабатывать систему для решения своих конкретных задач. Таким образом студенты могут повышать уровень своих профессиональных компетенций, тем самым увеличивая шансы на трудоустройство.

Цель исследования – обоснование выбора свободного программного обеспечения для преподавания дисциплин «Эконометрика», «Эконометрическое моделирование», «Эконометрические исследования», «Статистика».

В качестве инструментального средства эконометрического моделирования используем кросс-платформенный, свободно распространяемый программный пакет Gretl, основное преимущество которого связано с удобным и русифицированным интерфейсом [2]. Gretl все чаще используется при преподавании эконометрики и выполнении научных исследований [3, 4]. Также

используем R – язык программирования, который создан для статистической обработки данных с открытым исходным кодом и RStudio – удобный интерфейс работы с R. Аналогом Excel Microsoft Office выбран Calc LibreOffice [5].

Примеры использования свободного ПО в учебном процессе

Рассмотрим пример использования открытого ПО на примере тестирования одной из предпосылок теоремы Гаусса – Маркова: дисперсия случайной ошибки постоянна: $\sigma^2 = Var(\varepsilon_i) = const$ (гомоскедастичность случайных ошибок). Если это условие нарушается, то говорят о гетероскедастичности случайной составляющей.

В таблице приведены данные по 49 компаниям, занимающимся добычей сырой нефти и природного газа – Прибыль (убыток) компании и Основные средства [6]. Требуется оценить параметры линейной модели зависимости прибыли (убытка) компании от основных средств и проверить выполнение условия гомоскедастичности случайных ошибок.

Исходные данные

№	Прибыль (убыток)	Основные средства
1	964,0	8446,0
2	22868,0	9067,0
3	-468,0	10870,0
4	8552,0	12381,0
5	-210,0	12685,0
6	-33030,0	16705,0
7	309053,0	18776,0
8	5146,0	19595,0
9	-540,0	21278,0
10	0,0	33112,0
11	5406,0	38560,0
12	701728,0	59353,0
13	55528,0	75442,0
14	6649,0	78526,0
15	13612,0	81072,0
16	17927,0	84818,0
17	-61237,0	110970,0
18	53182,0	113113,0
19	40588,0	139209,0
20	173079,0	176126,0
21	40997,0	178604,0
22	225452,0	227132,0
23	29204,0	269908,0
24	221177,0	331954,0
25	366170,0	349643,0

№	Прибыль (убыток)	Основные средства
26	-34929,0	393717,0
27	788567,0	402613,0
28	123440,0	438262,0
29	35198,0	484228,0
30	115847,0	517290,0
31	221194,0	607249,0
32	381558,0	697664,0
33	63058,0	873886,0
34	-20493,0	934881,0
35	62200,0	991114,0
36	1548768,0	1138707,0
37	422070,0	1269731,0
38	28973,0	1545052,0
39	1227017,0	2063285,0
40	1225908,0	2231651,0
41	1197196,0	2307478,0
42	628091,0	2580485,0
43	416616,0	3509537,0
44	2557698,0	3841845,0
45	701035,0	4616250,0
46	1440075,0	5165712,0
47	1580624,0	6546853,0
48	2598165,0	11925177,0
49	3293989,0	23170344,0

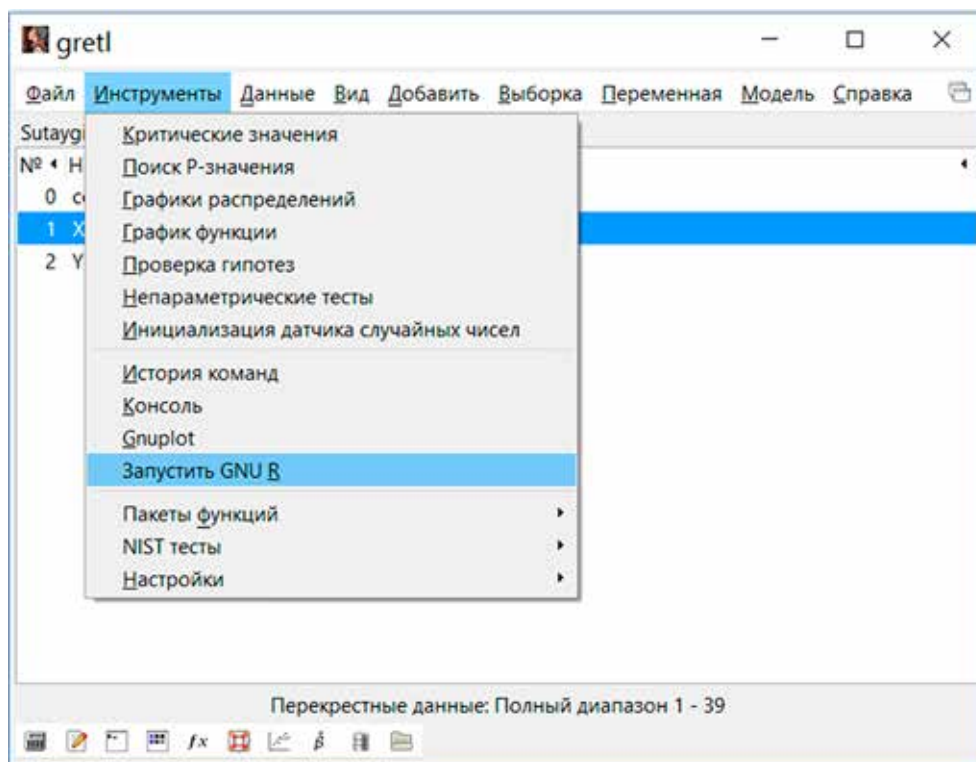


Рис. 1. Окно запуска программы R в Gretl

Оценка параметров модели может быть легко выполнена в Calc LibreOffice, R и Gretl.

Для тестирования гетероскедастичности случайной составляющей разработано немало тестов. Во всех тестах основная гипотеза $H_0: \sigma_i^2 = \sigma_\varepsilon^2$ для всех $i = 1, \dots, n$ (т.е. дисперсии всех ошибок одинаковы), одна и та же: а альтернативные гипотезы, описывающие разные виды гетероскедастичности, отличаются.

Наиболее понятным для студентов и простым с точки зрения реализации в Calc LibreOffice является метод Голдфелда – Квандта [6]. Но, как правило, студенты, а тем более магистранты предпочитают использовать для выполнения расчетно-аналитических и курсовых работ пакет Gretl.

В Gretl нет теста проверки гомоскедастичности методом Голдфелда – Квандта. Но так как в Gretl есть возможность выполнять вычисления в R, то воспользуемся

этой возможностью. Существует несколько способов использования R в Gretl, которые описаны в Руководстве пользователя Gretl в 44 главе [7]. Самый простой способ использовать R из Gretl – в интерактивном режиме.

Откроем файл данных в Gretl. В основном меню выберем пункт Инструменты / Запустить GNU R (рис. 1) и начнется интерактивный сеанс R с автоматической предварительной загрузкой вашего набора данных.

Запускается R и сообщает, что данные из Gretl загружены: current data loaded as data frame «gretldata»

В R есть функция `gqtest` для диагностики гомоскедастичности этим методом. Для выполнения этой функции необходимо загрузить библиотеку `lmtest`. В открытое окно R записываем последовательность команд, необходимых для выполнения теста Голдфелда – Квандта:

```
#гетероскедастичность (Тест Голдфелда – Квандта)
library(lmtest)
sf<- lm(Y~X, data=(gretldata))
summary(sf)
gqtest(sf, fraction=0.2)
```

```

R Console
current data loaded as data frame "gretldata"
> #гетероскедастичность (Тест Голдфельда-Квандта)
> library(lmtest)
Загрузка требуемого пакета: zoo

Присоединяю пакет: 'zoo'

Следующие объекты скрыты от 'package:base':

  as.Date, as.Date.numeric

Предупреждения:
1: пакет 'lmtest' был собран под R версии 4.1.3
2: пакет 'zoo' был собран под R версии 4.1.3
> sf<- lm(Y~X, data=(gretldata))
> summary(sf)

Call:
lm(formula = Y ~ X, data = (gretldata))

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-740482 -198542 -174666   73697 1728442

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1.922e+05  6.739e+04   2.852  0.00644 **
X            1.658e-01  1.639e-02  10.119 2.18e-13 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 432200 on 47 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6854,    Adjusted R-squared:  0.6787
F-statistic: 102.4 on 1 and 47 DF,  p-value: 2.185e-13

> qqtest(sf, fraction=0.2)

Goldfeld-Quandt test

data: sf
GQ = 11.679, df1 = 18, df2 = 17, p-value = 2.75e-06
alternative hypothesis: variance increases from segment 1 to 2

```

Рис. 2. Окно программы R с выполненным тестом Голдфельда – Квандта

Последовательность выполнения команд и результаты вычислений приведены на рис. 2. В этом примере p -значение $< 2.2e-16$ (рис. 2), т.е. гипотеза H_0 отвергается.

Для множественной регрессии тест Голдфельда – Квандта проводят для каждой из объясняющих переменных, если нет предположений, какая из переменных в наибольшей степени связана с σ_ε^2 . Это сразу приводит к увеличению объема вычислений в Calc LibreOffice или к неоднократному использованию функции `qqtest` в R.

И в Gretl и в R есть тест Бреуша – Пэ-гана. Он применяется, если есть основания полагать, что дисперсия ошибок σ_ε^2 может зависеть от некоторой совокупно-

сти наблюдаемых переменных [6]. В Gretl в окне оцененной регрессии вызовом пункт меню Тесты/Гетероскедастичность/Breusch-Pagan и получим результат проверки на гетероскедастичность (рис. 3).

В примере $p = 0,003884$ свидетельствует, что нулевую гипотезу о гомоскедастичности следует отклонить.

Для выполнения этого теста в R, как, впрочем, и для решения других задач надо иметь определенные навыки работы с R.

Наши студенты с первого курса знакомятся с R в рамках дисциплины «Цифровая математика в Excel и R», и им проще адаптироваться для его применения в экономическом моделировании.

Тест Брейша-Пэгана (Breusch-Pagan) на гетероскедастичность
МНК, использованы наблюдения 1–49
Зависимая переменная: масштабированное uhat^2

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
const	0,744894	0,399044	1,867	0,0682	*
X	1,54839e-07	9,70445e-08	1,596	0,1173	

Объясненная сумма квадратов = 16,6746

Тестовая статистика: LM = 8,337317,
p-значение = P(Chi-квадрат(1) > 8,337317) = 0,003884

Рис. 3. Результат выполнения теста Бреуша – Пэгана на гетероскедастичность

```
R 4.1.2 · F:/2022-2023/Для публикации/
> fm<-lm(Y~X, data =tab )
> summary(fm)

Call:
lm(formula = Y ~ X, data = tab)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-740482 -198542 -174666   73697 1728442

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) 1.922e+05  6.739e+04   2.852  0.00644 **
X            1.658e-01  1.639e-02  10.119 2.18e-13 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 432200 on 47 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6854,    Adjusted R-squared:  0.6787
F-statistic: 102.4 on 1 and 47 DF,  p-value: 2.185e-13

> b<-bptest(fm, varformula = ~X, studentize = FALSE)
> b

Breusch-Pagan test

data:  fm
BP = 8.3373, df = 1, p-value = 0.003884
```

Рис. 4. Выполнение теста Бреуша – Пэгана в R

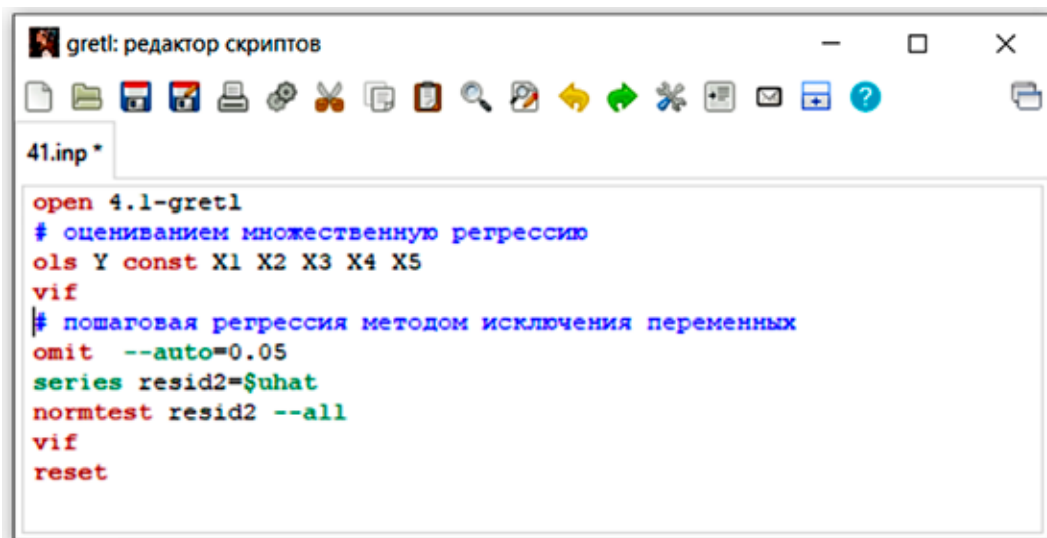
Магистранты, которые поступают в наш университет, окончив другие вузы, как правило, не знакомы с R, и им легче изучать дисциплину «Эконометрические исследования» в Gretl, работа с которым не требует предварительной подготовки. Для обеспечения учебного процесса в связи с переходом на свободное ПО были подготовлены два учебных пособия: «Эконометрика в MS Excel и Libre Calc» [8] и «Практика эконометрических исследований в Gretl» [6].

Расширением возможностей Gretl является применение своего языка Hansl.

Hansl – это рекурсивная аббревиатура, которая расшифровывается как “Hansl’s A Neat Scripting Language” [9].

На языке Hansl написаны дополнительные оценки и тесты, которые доступны через пользовательские функциональные пакеты.

Hansl был создан как язык сценариев для программы Gretl. Hansl следует рассматривать как язык специального назначения или предметно-ориентированный язык, предназначенный для решения задач эконометрического моделирования.



```

gretl: редактор скриптов
41.inp*
open 4.1-gretl
# оцениванием множественную регрессию
ols Y const X1 X2 X3 X4 X5
vif
# пошаговая регрессия методом исключения переменных
omit --auto=0.05
series resid2=$uhat
normtest resid2 --all
vif
reset

```

Рис. 5. Пример скрипта на языке Hansl

Именно поэтому он включает в себя ряд технических решений, которые могут оказывать незначительное влияние на чистую производительность.

Мощный и интуитивно понятный встроенный скриптовый язык Hansl содержит большое количество функций для программирования и работы с матрицами. Он включает в себя несколько особенностей, которые поддерживают более продвинутый уровень решения задач: структурированное программирование, рекурсия, сложные структуры данных и т.д.

Скрипты Hansl запускаются через Gretl, которая располагает хорошими возможностями для обработки наборов статистических данных. Это обеспечивает Hansl рядом дополнительных функций, которые делают его чрезвычайно легким языком для написания сценариев с целью выполнения всевозможных статистических процедур.

Приведем пример комплексного решения задачи [10] с использованием скрипта, написанного на языке Hansl. В задаче требовалось оценить параметры линейной модели множественной регрессии, протестировать данные на мультиколлинеарность, построить модель со значимыми факторами с помощью пошагового метода, проверить новую модель на мультиколлинеарность, проверить гипотезу о нормальности распределения случайных ошибок, проверить спецификацию модели с помощью теста RESET.

Скрипт, написанный на языке Hansl для решения этой задачи, содержит всего несколько строк (рис. 5).

Ниже приведен протокол решения поставленной задачи:

Из протокола следует, что получено уравнение регрессии

$$\hat{Y}_i = -1471.31 + 9.57X_2 + 15.75X_5,$$

все коэффициенты которого значимы, мультиколлинеарность отсутствует, остатки соответствуют нормальному закону распределения, спецификация модели является верной.

Заключение

В статье представлен подход к использованию в эконометрическом моделировании языка Hansl. Приведены результаты исследований по интеграции пакета Gretl с библиотекой программ R и возможности применения языка Hansl. Рассмотрен пример конкретного использования языка Hansl, который демонстрирует возможности его использования не только в учебном процессе, но в научных исследованиях. В итоге проведенного исследования сделан вывод, что, несмотря на все трудности, возникающие из-за введенных санкций, подготовку специалистов по дисциплинам, связанным с эконометрическим моделированием, можно вести с использованием отечественного или открытого программного обеспечения без ухудшения качества образовательного процесса.

```

версия gretl 2022a
Текущая сессия: 2022-12-03 14:25

? open 4.1-gretl

Чтение файла данных F:\022-2023\01044\?ля публикации\01103\?зык хансл.1-gretl.gdt
периодов: 1, всего наблюдений: 16
Диапазон наблюдений: 1-16

Импортировано переменных - 7:
0) const    1) Y        2) X1       3) X2       4) X3
5) X4       6) X5

# оцениванием множественную регрессию
? ols Y const X1 X2 X3 X4 X5

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1-16
Зависимая переменная: Y

      коэффициент    ст. ошибка    t-статистика    p-значение
-----
const      -3017,40      1094,49        -2,757          0,0202    **
X1         -13,4192      10,3785        -1,293          0,2251
X2          6,67183    3,00866         2,218          0,0509    *
X3         -6,47654    15,7787        -0,4105         0,6901
X4          12,2385    14,4095         0,8493          0,4156
X5          30,4758     11,5247         2,644          0,0245    **

Среднее завис. перемен 306,8125    Ст. откл. завис. перем 102,8651
Сумма кв. остатков      17346,66    Ст. ошибка модели      41,64932
R-квадрат                0,890708    Исправ. R-квадрат      0,836062
F(5, 10)                 16,29960    P-значение (F)         0,000159
Лог. правдоподобие     -78,61155    Крит. Акаике           169,2231
Крит. Шварца            173,8586    Крит. Хеннана-Куинна   169,4605
параметр rho            0,026900    Стат. Дарбина-Уотсона  1,825624
обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

Исключая константу, наибольшее p-значение получено для переменной 4 (X3)

? vif

Метод инфляционных факторов
Минимальное возможное значение = 1.0
Значения > 10.0 могут указывать на наличие мультиколлинеарности

      X1    21,112
      X2     1,889
      X3     2,474
      X4     2,331
      X5    23,389

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), где R(j) - это коэффициент множественной корреляции
между переменной j и другими независимыми переменными
# пошаговая регрессия методом исключения переменных
? omit --auto=0.05

Последовательное исключение с использованием двухстороннего p-значения = 0,05

Исключена переменная X3          (p-значение 0,690)
Исключена переменная X4          (p-значение 0,421)
Исключена переменная X1          (p-значение 0,155)

Тестирование модели 1:

Нулевая гипотеза: параметры регрессии нулевые
X1, X3, X4
Тестовая статистика: F(3, 10) = 0,963383, p-значение 0,447409
Исключение переменных улучшило 3 из 3 информационных критериев.
    
```

```

Модель 2: МНК, использованы наблюдения 1-16
Зависимая переменная: Y

      коэффициент   ст. ошибка   t-статистика   p-значение
-----
const      -1471,31      259,766        -5,664         7,75e-05 ***
X2          9,56841      2,26594         4,223         0,0010 ***
X5         15,7529      2,46686         6,386         2,40e-05 ***

Среднее завис. перемен  306,8125   Ст. откл. завис. перемен  102,8651
Сумма кв. остатков     22360,10   Ст. ошибка модели         41,47298
R-квадрат              0,859121   Исправ. R-квадрат         0,837447
F(2, 13)               39,63887   P-значение (F)           2,93e-06
Лог. правдоподобие     -80,64258   Крит. Акаике              167,2852
Крит. Шварца           169,6029   Крит. Хеннана-Куинна     167,4038
параметр rho           0,311560   Стат. Дарбина-Уотсона    1,356712
обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

? series resid2=$uhat
Создана переменная resid2 (ID 7)
? normtest resid2 --all
Тест на нормальное распределение resid2:

Тест Дурника-Хансена (Doornik-Hansen) = 0,100025, p-значение 0,951218
Тест Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk W) = 0,956538, p-значение 0,599676
Тест Лиллифорса (Lilliefors) = 0,109856, p-значение ~ 0,87
Тест Жарка-Бера (Jarque-Bera) = 0,424264, p-значение 0,808858

? vif

Метод инфляционных факторов
Минимальное возможное значение = 1.0
Значения > 10.0 могут указывать на наличие мультиколлинеарности

      X2      1,081
      X5      1,081

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), где R(j) - это коэффициент множественной корреляции
между переменной j и другими независимыми переменными
? reset

Вспомогательная регрессия для теста Рамсея
МНК, использованы наблюдения 1-16
Зависимая переменная: Y

      коэффициент   ст. ошибка   t-статистика   p-значение
-----
const      9447,15      6984,73         1,353         0,2034
X2         -51,7906      40,9999        -1,263         0,2326
X5         -95,8771      71,0971        -1,349         0,2046
yhat^2      0,0289395     0,0172987       1,673         0,1225
yhat^3     -3,73660e-05  2,11039e-05    -1,771         0,1043

Тестовая статистика: F = 2,063147,
p-значение = P(F(2,11) > 2,06315) = 0,173

```

Рис. 6. Протокол решения задачи

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166. Официальное опубликование правовых актов. Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: <http://actual.pravo.gov.ru/text.html#pnum=0001202203300001> (дата обращения: 30.11.2022).
2. Gnu Regression, Econometrics and Time-series. [Электронный ресурс]. URL: <https://gretl.sourceforge.net/> (дата обращения: 30.11.2022).
3. Пяткина Д.А., Матюшенко С.И. Множественная регрессия в Eviews и Gretl: для студентов факультета физико-математических и естественных наук. М.: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. 32 с.
4. Tarassow A. Practical Empirical Research Using gretl and hansl. *Australian Economic Review*. 2019. No. 52. P. 255–271. DOI: 10.1111/1467-8462.12324.
5. Руководство пользователя LibreOffice Calc 7.1 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.linux.org.ru/news/openoffice/16711010> (дата обращения: 30.11.2022).
6. Бабешко Л.О., Орлова И.В. Практика эконометрических исследований в Gretl: учебное пособие. М.: Центркаталог, 2023. 300 с.
7. Gretl User's Guide Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library Allin Cottrell Department of Economics Wake Forest University Riccardo "Jack" Lucchetti Dipartimento di Economia Università Politecnica delle Marche February, 2022. [Электронный ресурс]. URL: <http://ricardo.ecn.wfu.edu/pub/gretl/manual/PDF/gretl-guide.pdf> (дата обращения: 25.11.2022).
8. Задаев С.А., Орлова И.В., Невежин В.П. и др. Эконометрика в MS Excel и Libre Calc: учебное пособие / Под ред. С.А. Задаева. М.: ЦентрКаталог, 2022. 286 с.
9. Cottrell, Allin (2017). «Hansl». Hansl: a DSL for econometrics. P. 1–10. DOI:10.1145/3039895.3039896.
10. Бабешко Л.О., Бич М.Г., Орлова И.В. Эконометрика и эконометрическое моделирование. 2-е изд., испр. и доп.: М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2021. 385 с. DOI: 10.12737/1141216.