

# РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РОСТА ВВП ЕВРОСОЮЗА ОТ СРЕДНЕГОДОВОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАНЯТЫХ В НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯХ

В. К. Субоч

*Белорусский государственный университет, г. Минск;  
vichkas2002@gmail.com;  
науч. рук. – М. М. Ковалев, д-р физ.-мат. наук, проф.*

Ключевыми направлениями политики Евросоюза являются: инвестиции в исследования, разработки, образование и навыки, поскольку они необходимы для экономического роста и развития экономики, базирующейся на знаниях. В работе на основе эконометрического моделирования определяется зависимость роста ВВП от изменения одного из существенных факторов – инновационно ориентированного человеческого капитала.

**Ключевые слова:** инновационная экономика; экономический рост; регрессионная модель; анализ.

Регрессионный анализ – статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных  $X_i$  на зависимую переменную  $Y$ . Основным является вопрос о наличии и силе взаимосвязи между этими переменными. Процесс построения качественного уравнения регрессии состоит из трех этапов: верификация модели (выбор формулы уравнения регрессии); определение параметров выбранного уравнения; анализ качества уравнения и его проверка на адекватность эмпирическим данным.

В данной статье будет рассмотрен один из факторов – человеческий капитал, а именно, среднегодовая численность занятых в науке и технологиях, выражающаяся в тысячах человек. В работе будет использован ВВП по паритету покупательной способности (ППС) в постоянных к 2017 году ценах, так как он менее чувствителен к колебаниям обменного курса.

На 2019 год в Евросоюз входило 28 стран, в последующем 2020 году Великобритания прекратила свое членство в Евросоюзе. Поэтому была отобрана выборка объемом  $n = 28$  за период 2019 г.

Так как разброс исходных данных очень велик, было принято решение провести нормировку данных для корректировки значений. Для этого были найдены натуральные логарифмы значений данных.

Используя пакет анализа, Регрессия, Microsoft Excel, построим регрессионную модель, которая устанавливает взаимосвязь между ВВП и соответствующим фактором  $X$ . В итоге, получим (рис. 1):

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,987572378
R-квадрат	0,975299201
Нормированный R-квадрат	0,974349171
Стандартная ошибка	0,228450213
Наблюдения	28

Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	1	53,57761238	53,57761238	1026,597546	1,99784E-22
Остаток	26	1,356926994	0,0521895		
Итого	27	54,93453938			

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	-1,427718118	0,230478893	-6,194572097	1,49338E-06	-1,901474267	-0,95396197	-1,901474267	-0,953961969
Переменная X 1	1,013220112	0,031623045	32,04056095	1,99784E-22	0,948218012	1,078222213	0,948218012	1,078222213

Рис. 1. Вывод итогов Microsoft Excel.

Построим регрессионную однофакторную модель, уравнение которой имеет вид:

$$\ln Y = b_0 + b_1 \cdot \ln X$$

В качестве объясняющей переменной выступает: X – среднегодовая численность занятых в Евросоюзе по видам экономической деятельности, а именно в науке и технологиях, тыс. чел.

Полученное уравнение регрессии имеет вид:  $\ln Y = -1,428 + 1,013 \cdot \ln X$ .

Следует заметить, что коэффициент b1 при X показывает на сколько процентов изменится Y при росте X на 1%. То есть рост численности занятых в науке и технологиях на 1% приведет к росту ВВП на 1,013%.

О силе, тесноте и направленности корреляционной связи можно судить по значению коэффициента корреляции  $r_i$ .

Коэффициент корреляции для модели:  $r = 0,988$ .

По значению коэффициента корреляции можно сделать вывод о сильной корреляционной связи между рассматриваемыми переменными в модели. Положительная корреляция означает, что высокие значения одной переменной связаны с высоким значением другой, что соответствует модели.

Когда мы говорим об оценке качества построенного уравнения регрессии, мы рассматриваем задачу верификации.

Адекватность модели оценивается с помощью коэффициента детерминации, для построенной модели коэффициент детерминации  $R^2 = 0,975$  показывает, что эмпирическое уравнение регрессии хорошо согласуется со статистическими данными. Чем ближе коэффициент детерминации к единице, тем теснее линейная связь между X и Y.

Для проверки значимости коэффициента детерминации выдвигается нулевая гипотеза о равенстве коэффициента детерминации нулю, а также альтернативная: коэффициент детерминации больше нуля. Принятие нулевой гипотезы означает, что коэффициент статистически незначим, принятие альтернативной – значим, а наша модель является адекватной.

Для этого мы сравниваем F-статистику с критической точкой F распределения со степенями свободы 1 и 26 и уровнем значимости 0,05 исходя из наших данных. В итоге мы получаем F критическое = 4,225, F-статистика = 1026,6.

F-статистика больше критической точки F распределения, следовательно это означает принятие гипотезы H1, что указывает на значимость коэффициента детерминации.

Первый этап проверки качества построенного уравнения можно считать завершенным. Следующий этап – проверка статистической значимости коэффициентов регрессии.

Проверка значимости отдельных коэффициентов регрессии связана с определением расчетных значений t-статистики для соответствующих коэффициентов регрессии.

Затем эти расчетные значения сравниваются с критической точкой T распределения  $t_{кр}$ . Критическая точка определяется при  $(n-2)$  степенях свободы ( $n$  – число наблюдений) и соответствующем уровне значимости 0,05.

Если расчетное значение t-статистики по модулю превосходит его критическое значение при заданном уровне значимости, то оценка коэффициента регрессии считается значимой. В противном случае оценка коэффициента регрессии является незначимой и фактор, соответствующий этой оценке, следует исключить из модели.

После расчетов получаем: t-статистика = 32,041; t критическое=2,056.

Так как значение t-статистики по модулю превосходит его критическое значение, то оценка коэффициента регрессии считается значимой. А это означает, что число занятых в науке и технологиях существенно влияет на уровень ВВП.

Важной предпосылкой построения качественной регрессионной модели по МНК является независимость значений случайных отклонений от значений отклонений во всех других наблюдениях. Отсутствие зависимости гарантирует отсутствие коррелированности между соседними отклонениями, то есть  $cov(e_{i-1}, e_i) = 0$ . На практике для анализа коррелированности отклонений вместо коэффициента корреляции используют связанную с ним статистику Дарбина – Уотсона, рассчитываемую по формуле:

$$DW = \frac{\sum(e_i - e_{i-1})^2}{\sum e_i^2}$$

Данное значение DW должно быть приблизительно равно 2, чтобы говорить об отсутствии автокорреляции, то есть значение должно попадать в промежуток между dU и  $(4 - dU)$ . Чтобы определить значения границ данного промежутка используется таблица критических точек распределения Дарбина-Уотсона.

Для исследуемых данных получаем:  $DW = 1,643236$ ;  $dU = 1,47589$ ;  $4 - dU = 2,52411$ .

Из этого следует, что статистика попадает в необходимый нам промежуток, исходя из чего мы можем сделать вывод, что автокорреляция остатков отсутствует и построенная модель может быть признана удовлетворительной.

Последним этапом, ниже представлен график. По оси X – натуральный логарифм среднегодовой численности занятых в науке и технологиях в Евросоюзе (тыс. чел.), по оси Y – натуральный логарифм ВВП по ППС Евросоюза (млрд. долл.). Построена регрессионная прямая, а также указаны точки всех стран (рис. 2).

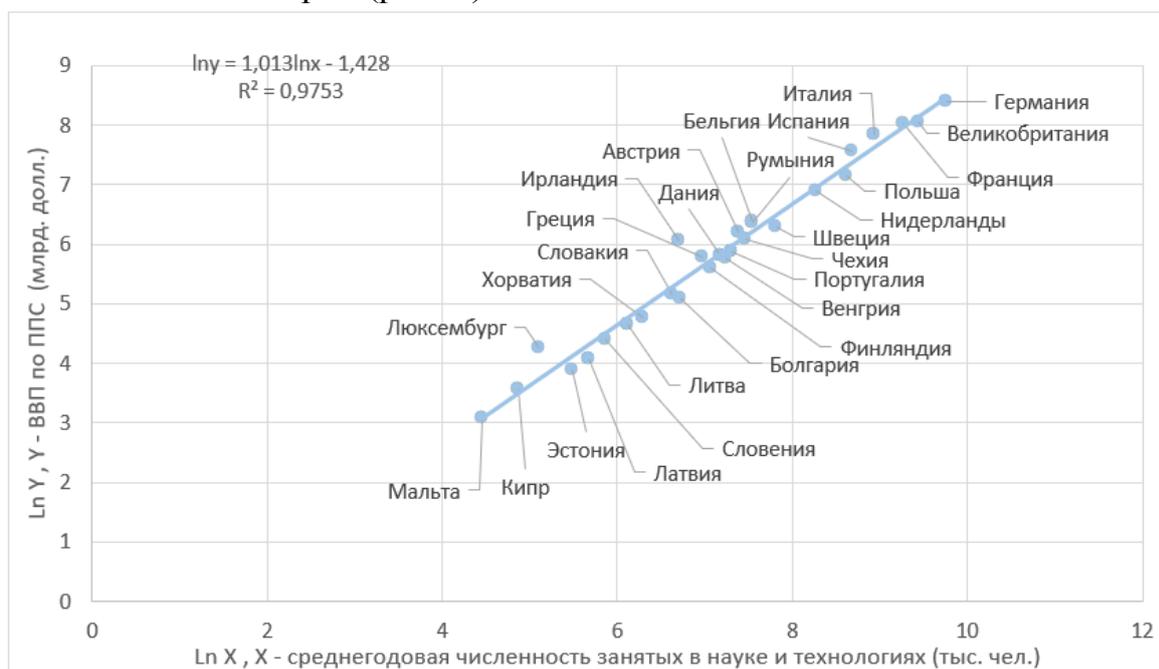


Рис. 2. График с указанием точек стран и регрессионной прямой

Данная модель, рассмотренная для Евросоюза, не подходит для исследования зависимости между объемом ВВП Республики Беларусь и среднегодовой численностью занятых в науке и технологиях. Данный фактор слабо влияет на ВВП Беларуси, а также сами статистические данные плохо согласуются с моделью.

#### Библиографические ссылки

1. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HRST\\_ST\\_NCAT\\_\\_custom\\_836651/default/tab1](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/HRST_ST_NCAT__custom_836651/default/tab1)
2. Бородич, С. А. Эконометрика: учеб. пособие. – Минск: БГУ, 2004. – 354 с.