

## **КАК ПРЕПОДАВАТЬ ЭКОНОМЕТРИКУ ЭКОНОМИСТАМ: БАКАЛАВРСКИЙ УРОВЕНЬ**

**Картаев Филипп Сергеевич**  
*Д.э.н., доцент,  
Заведующий кафедрой  
математических методов анализа экономики  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
Экономический факультет  
(г. Москва, Россия)*

### **Аннотация**

*В статье анализируются подходы к преподаванию эконометрических дисциплин экономистам. Излагается опыт преподавания, накопленный на экономическом факультете МГУ. Сформулированы рекомендации по выбору тем и последовательности их изложения в рамках базового курса эконометрики; методологии их изложения; выбору активностей для студентов, помогающих им освоить эконометрику (как внутри базового курса, так и за его пределами).*

**Ключевые слова:** эконометрика, экономическое образование, пространственные выборки, временные ряды, панельные данные.

**JEL коды:** A22, C10.

### **Введение**

Эконометрика – дисциплина, которую бакалаврам преподавать, с одной стороны, важно, а, с другой стороны, сложно. Важность качественного преподавания эконометрики обусловлена тем, что культура работы с данными помогает стать успешным экономистом (как в индустрии, так и в случае выбора академической карьеры). Тем более в современных условиях цифровой экономики, когда массивы данных быстро становятся всё более объемными и детализированными. А сложно потому, что в силу её специфики в ходе обучения, студентам нужно одновременно овладеть двумя различными, но одинаково необходимыми её составляющими:

1. Прикладными аспектами, касающимися осуществления эмпирических исследований на «живых» данных, что, помимо прочего, требует освоения хотя бы одного специализированного эконометрического пакета.

2. Теорией эконометрики, понимание которой необходимо для того, чтобы расчеты в эконометрическом пакете не превратились в «черный ящик». И для того, чтобы начинающие исследователи хорошо осознавали границы валидности выводов, полученных в результате эконометрического моделирования.

В этой статье обобщается опыт преподавания эконометрических дисциплин на экономическом факультете МГУ, и на его основе формулируются рекомендации по оптимальной организации этого преподавания.

Работа состоит из пяти частей. Во второй части обсуждается выбор последовательности изложения тем в базовых курсах эконометрики. Третий раздел посвящен различным формам контроля в рамках этого курса. Четвертый – полезным активностям за пределами стандартного курса эконометрики, которые мотивируют студентов больше и лучше использовать эмпирические методы и помогают наиболее заинтересованным из них дополнительно разобраться в более продвинутых темах. В заключении подводятся итоги работы.

## **Выбор последовательности изложения тем**

Любой автор вводного учебника по эконометрике вынужден принять несколько важных решений по поводу подхода к изложению материала:

- начать с модели детерминированных регрессоров или стохастических;
- обсудить подробно свойства оценок для конечных выборок или сразу делать акцент на асимптотических свойствах;
- начать со случая гомоскедастичности случайных ошибок или со случая гетероскедастичности?

Большинство классических вводных учебников (см., например, Вербик, 2008; Магнус, Катышев, Пересецкий, 2007; Носко, 2011; Доугерти, 2009; Wooldridge, 2010) делают выбор в пользу первого варианта в каждом из трех перечисленных пунктов, т.е. начинают с классической линейной модели. Некоторые более поздние работы в каждом из указанных пунктов, напротив, выбирают вторую альтернативу (Сток, Ватсон, 2015).

Первый путь позволяет студентам постепенно продвигаться от идей традиционной математической статистики к всё более сложным эконометрическим приложениям. Преимущество второго пути заключается в возможности сразу приблизиться к методологии большинства современных прикладных исследований. Например, практически все статьи в ведущих международных журналах (скажем, в лидерах первого квартиля Scopus) при работе с пространственными или панельными выборками по умолчанию предполагают, что в данных присутствует гетероскедастичность и, соответственно, используют состоятельные в условиях гетероскедастичности стандартные ошибки оценок коэффициентов. Недостаток же этого варианта состоит в том, что он более сложен для студентов, если они впервые в жизни знакомятся с эконометрикой, и если вы хотите излагать материал достаточно строго.

Курс в бакалавриате экономического факультета МГУ опирается на учебник Ф.С. Картаева (Картаев, 2019). В нём используется компромиссный путь. Первые главы излагаются в рамках классической линейной модели с детерминированными регрессорами. Однако довольно быстро мы отказываемся от наименее правдоподобных её предположений (таких как нормальность случайных ошибок, постоянство их дисперсии или неслучайность регрессоров), переходя к более реалистичным моделям. Как показывает опыт преподавания вводного курса эконометрики в Московском университете, такая логика, с одной стороны, помогает комфортно освоить ключевые идеи эконометрики студентам с разным уровнем начальной подготовки, а с другой – дает возможность показать, как теория связана с практическими приложениями.

В первом семестре мы начинаем с традиционных разделов. Обсуждаем типы данных в эконометрическом анализе: пространственные выборки, временные ряды, панельные данные; экспериментальные и неэкспериментальные (наблюдаемые) данные. С самого начала делаем акцент на важности понимания разницы между корреляцией и причинно-следственной связью. Приводим соответствующие примеры применительно к эконометрическим исследованиям. Обсуждаем основные подходы к выявлению причинно-следственных связей. Далее обсуждаем парную и множественную регрессию, оцениваемую обычным методом наименьших квадратов. И говорим про различные её аспекты: например, про мультиколлинеарность, фиктивные переменные, нелинейные модели.

Затем мы проходим гетероскедастичность и обобщенный метод наименьших квадратов; модель со стохастическими регрессорами, асимптотический подход в эконометрике. Обсуждаем типичные источники эндогенности. Это позволяет нам плавно перейти к инструментальным переменным и двухшаговому методу наименьших квадратов, как одному из важных способов устранения этой эндогенности.

При выборе последовательности и темпа изложения начальных тем следует принимать во внимание бэкграунд студентов. Для успешного овладения курсом «Эконометрика-1» студентам необходимы твердые знания по математическому анализу, линейной алгебре, теории вероятностей, математической статистике. Также будут полезны микроэкономика, макроэкономика и английский язык. Чем лучше подготовка студентов по указанным дисциплинам, тем быстрее и строже (с точки зрения формальных доказательств) можно излагать первые темы курса.

Завершают первый семестр темы, посвященные панельным данным и дискретному множественному выбору. По нашему опыту, важно изучить эти разделы как можно раньше, поскольку без них студентам довольно трудно приступить к чтению современной научной литературы по многим отраслям экономической науки и тем более начать делать собственные эмпирические исследования. Поэтому указанные темы обсуждаются в первом семестре годового курса эконометрики. Полная программа первого семестра курса эконометрики приведена в приложении 1.

Программа второго семестра включает два больших содержательных раздела.

1. Введение в дизайн экспериментов и оценка эффектов воздействия. Здесь, следуя идеологии (Angrist, Pischke, 2009; Athey, Imbens, 2017; Кэмерон, Тривели, 2015), мы проводим эксперименты и квазиэксперименты в эконометрике, а также ряд методов, полезных в современных исследованиях причинно-следственных связей: метод разностей-разностей (difference in differences), разрывный регрессионный дизайн (regression discontinuity design), оценку эффекта воздействия при помощи мер склонности (propensity score matching), оценку локального среднего эффекта воздействия (local average treatment effect).

2. Временные ряды: стационарные и нестационарные ряды, одномерные и многомерные модели временных рядов, включая векторные авторегрессии и векторные модели коррекции ошибок. Особое внимание уделяется обсуждению проблемы ложной регрессии в контексте временных рядов и способам её преодоления. В заключение мы объединяем темы временных рядов и панельных данных и говорим об оценке динамических моделей на панельных данных при помощи обобщенного метода моментов (Arellano, Bond, 1991). Здесь в дополнение к упомянутым ранее учебникам используется работа (Айвазян, Фантаццини, 2015).

Кроме того, внутри обсуждения этих содержательных тем мы затрагиваем ряд важных технических вопросов, связанных, например, с построением доверительных интервалов в различных нестандартных ситуациях при помощи дельта-метода или бутстрапа.

За пределами базового курса эконометрики студенты имеют доступ к смежным продвинутым дисциплинам: прикладной эконометрике, многомерному статистическому анализу, машинному обучению.

## **Выбор форм контроля**

Как было указано во введении, для успешного овладения эконометрикой студентам надо не только справиться с высокой теорией, но и в полной мере овладеть практическими навыками.

Чтобы стимулировать учащихся разобраться с обоими пунктами, требуются разные формы контроля. Для проверки освоения теории мы используем классические письменные контрольные работы, где студенты решают теоретические задачи, связанные с выбором корректных способов оценивания и анализом свойств оценок параметров моделей в различных ситуациях. А с прикладными аспектами помогают освоиться практические работы, которые выполняются в компьютерном классе и предполагают расчеты в эконометрических программах<sup>1</sup>. Обычно такая работа состоит в анализе эмпирических данных с целью решения некоторого содержательного кейса (см. пример в приложении 2).

Другой тип практических заданий – репликация хороших эконометрических статей. В разные годы студентам предлагалось воспроизвести результаты работ (Acemoglu, Robinson, 2001; Angrist, 1990; Card, Kreuger, 1994; Enikolopov, Petrova, Zhuravskaya, 2011; Kreuger,

---

<sup>1</sup> В качестве таких программ мы по умолчанию используем R и Gretl, однако при желании студенты могут применять любой другой уместный пакет.

1999; Mian, Sufi, 2011) и других. Такой формат помогает студентам не только лучше освоить некоторые эконометрические техники, но и познакомиться с «кухней» топовых эмпирических исследований (см. пример в приложении 3).

Отдельным видом активности, который обычно вызывает у студентов наибольший интерес, является исследовательский проект по эконометрике. Он выполняется творческим коллективом из 2–5 студентов и представляет собой оригинальное законченное экономическое исследование с использованием эконометрических методов. Авторы проекта должны продемонстрировать хорошее понимание основных разделов курса эконометрики. Минимальный набор тем: оценивание и интерпретация линейных и нелинейных моделей множественной регрессии, фиктивные переменные, мультиколлинеарность, гетероскедастичность, выбор спецификации уравнения регрессии. Корректное и уместное использование знаний из более продвинутых тем (в том числе тем, выходящих за рамки курса) приветствуется.

Для студентов третьего курса подобная работа, в которой они не только сами формулируют исследовательский вопрос, но и получают ответ на него, используя современные методы работы с данными, часто является первым опытом полноценного исследования. Возможность самостоятельно выбрать интересную тему и узнать о мире нечто новое обычно вызывает у них энтузиазм, и это тоже помогает погружению в эконометрику.

Подготовительным этапом написания такого проекта является обзор эконометрических статей по теме исследования. Подготовка такого обзора стимулирует студентов читать хорошие научные тексты на английском, что полезно не только для освоения эконометрики, но и в целом является важным этапом подготовки бакалавра экономики.

## **Эконометрические активности за пределами курса эконометрики**

Для наиболее сильных студентов даже сложные контрольные работы не являются зачастую достаточным вызовом. И чтобы приблизиться к границе своих возможностей, им нужны дополнительные активности. В случае с эконометрикой в университете тут полезны международные студенческие олимпиады. Так, студенты и даже аспиранты экономического факультета МГУ участвуют в Международной универсиаде по эконометрике (Москва), Международной олимпиаде по аналитической экономике и прогнозированию (Минск) и Econometric Game (Амстердам).

Формат Econometric Game представляет собой квинтэссенцию работы прикладного эконометриста. Олимпиада начинается с того, что участникам выдается реальный массив данных, относящийся к некоторой области экономических исследований, и читается вводная лекция по соответствующей теме. После этого для них формулируется содержательный исследовательский вопрос, на который им следует ответить, используя предложенный массив данных и продвинутые эмпирические методы. Таким образом, за восемь часов, отведенных на решение задания, участники по существу должны написать полноценную научную статью. Жюри оценивает не только используемые эконометрические приемы и программный код, но и качество полученных в ходе моделирования содержательных

экономических выводов. Аналогичный формат, однако с менее жесткими временными ограничениями целесообразно предлагать студентам и в рамках бакалаврских курсов прикладной эконометрики.

На факультете действует кружок, в рамках которого вместе тренируются студенты, претендующие на попадание в сборную факультета. Конечной целью здесь, разумеется, являются не призы на соревнованиях (хотя команды экономического факультета получают их каждый год), а мобилизация сил талантливых студентов для решения наиболее трудных и творческих задач, что в конечном счете позволяет им лучше узнать эконометрику. И затем более успешно применять её в своей карьере, независимо от того, будет ли идти речь об академическом исследовании или работе с данными в индустрии.

\*\*\*

В заключение нужно подчеркнуть следующее: для овладения современными эконометрическими методами и культурой работы с данными на должном уровне важно, чтобы всё это было востребовано в бакалавриате в рамках прочих дисциплин учебного плана. Скажем, в бакалавриате экономического факультета МГУ эконометрика активно используется в рамках широкого спектра дисциплин: поведенческой экономики, экономики труда, экономики общественного сектора, моделирования экономического роста и некоторых других. Это позволяет продемонстрировать полезность эконометрики, создать должный уровень мотивации студентов и, в конечном счете, создает существенный синергетический эффект.

## Список литературы

Айвазян С.А., Фантащини Д. Эконометрика-2: Продвинутый курс с приложениями в финансах. – М.: Магистр, 2014.

Вербик М. Путеводитель по современной эконометрике / Пер. с англ. В.А. Банникова. Науч. ред. и предисл. С.А. Айвазяна. – М.: Научная книга, 2008.

Доугерти К. Введение в эконометрику: Учеб. 3-е изд. / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2009.

Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2007.

Картаев Ф. С. Введение в эконометрику. – М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2019. – 472 с.

Кэмерон, Э. К.; Триведи Правин К. Микроэконометрика: методы и их применение. – М.: Издательский дом «Дело», РАНХиГС, 2015.

Носко В.П. Эконометрика. – М.: Издательский дом «Дело», РАНХиГС, 2011.

Сток Дж., Уотсон М. Введение в эконометрику. – М.: Издательский дом «Дело», РАНХиГС, 2015.

Acemoglu D., Johnson S., Robinson J.A. The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation // American Economic Review. 2001. Vol. 91(5).

Joshua D. Angrist. Lifetime Earnings and the Vietnam Era Draft Lottery: Evidence from Social Security Administrative Records // The American Economic Review. – Vol. 80. – No. 3 (Jun., 1990).

Angrist J.D., Pischke J.S. *Mostly harmless econometrics*. – Princeton University Press, 2008.

Arellano M., Bond S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations // *Review of Economic Studies*. 1991. 58 (2): 277.

Athey S., Guido W. Imbens. *The State of Applied Econometrics: Causality and Policy Evaluation* // *Journal of Economic Perspectives*. 2017. 31 (2): 3–32.

Card, Kreuger. *Minimum Wages and Employment: A Case Study of the Fast-Food Industry in New Jersey and Pennsylvania* // *American Economic Review*. – 1994.

Dougherty C. *Introduction to Econometrics*. 4th edition. – Oxford University Press, 2011.

Enikolopov R., Petrova M., Zhuravskaya E. *Media and Political Persuasion: Evidence from Russia* // *American Economic Review*. – 2011. – 111(7): 3253–85.

Kreuger. *Experimental Estimates of Education Production Functions* // *The Quarterly Journal of Economics*. 1999.

David S. L. *Randomized Experiments from Non-random Selection in U.S. House Elections* // *Journal of Econometrics*. 2008. 142(2) 675–697.

Mian A., Sufi A. *House Prices, Home Equity–Based Borrowing, and the US Household Leverage Crisis* // *American Economic Review*. 2011. Vol. 101(5).

Wooldridge J.M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. – The MIT Press, 2010.

## Приложение 1.

### Программа курса «Эконометрика-1»

**Кафедра** Математических методов анализа экономики, ауд. 356.

**Статус дисциплины:** обязательная, читается в 5 семестре на программе бакалавров по направлению «Экономика».

**Авторы программы и лекторы:** Картаев Филипп Сергеевич [kartaev@gmail.com](mailto:kartaev@gmail.com), Лукаш Евгений Николаевич [elukash@mail.ru](mailto:elukash@mail.ru).

Для успешного овладения курсом «Эконометрика-1» студентам необходимы знания по следующим дисциплинам: математический анализ, линейная алгебра, теория вероятностей, математическая статистика, микроэкономика, макроэкономика, английский язык.

**Объем дисциплины** – 5 зачетных единиц.

#### **Цель и задачи дисциплины**

Цель курса – познакомить студентов бакалавриата с методами эконометрического анализа.

Предполагается подробное знакомство с базовыми методами, а также менее подробный обзор ряда дополнительных тем, используемых в современных прикладных эмпирических исследованиях.

Студент, освоивший курс эконометрики, должен уметь анализировать научные статьи и другие источники, в которых приводятся результаты эконометрических расчетов; оценивать обоснованность и корректность выводов, сделанных на основе этих расчетов.

Студент, освоивший курс эконометрики, должен быть способен проводить самостоятельные эмпирические:

- осуществлять сбор, подготовку и предварительный анализ данных;
- формулировать экономические гипотезы в терминах эконометрических моделей;
- осуществлять необходимые расчеты с применением специализированного эконометрического программного обеспечения для проверки сформулированных гипотез относительно анализируемых данных;
- оценивать качество полученных эконометрических моделей;
- содержательно интерпретировать результаты моделирования.

## **Тема 1. Введение**

Эконометрика и ее место в ряду экономико-математических дисциплин. Задачи эконометрики. Применение эконометрики в прикладных исследованиях: примеры вопросов, ответы на которые можно получить с её помощью. Типы данных в эконометрическом анализе: пространственные выборки, временные ряды, панельные данные; экспериментальные и неэкспериментальные (наблюдаемые) данные.

Базы данных и программное обеспечение для эконометрических исследований: общий обзор.

Разница между корреляцией и причинно-следственной связью: примеры применительно к эконометрическим исследованиям. Основные подходы к выявлению причинно-следственных связей.

Повторение некоторых понятий из теории вероятностей и математической статистики, используемые в курсе эконометрики.

## **Тема 2. Модель парной регрессии**

Функции регрессии и основные задачи статистического анализа парной связи. Метод наименьших квадратов (МНК). Вывод МНК-оценок коэффициентов. Качество подгонки: коэффициент детерминации R-квадрат. Связь R-квадрат с коэффициентом корреляции.

Предпосылки классической линейной модели парной регрессии с нестохастическими регрессорами (объясняющими переменными). Теорема Гаусса – Маркова для парной регрессии. Оценки регрессионных коэффициентов и их свойства. Несмещенная оценка дисперсии случайной ошибки ( $S^2$ ). Стандартные ошибки оценок коэффициентов.

Тестирование гипотез, относящихся к коэффициентам регрессии, при помощи t-статистик.

Уровень значимости, P-value (P-значение). Доверительные интервалы.

Интерпретация коэффициентов и условия, при которых она корректна.

Прогнозирование на основе модели парной регрессии. Наилучший линейный несмещенный прогноз. Стандартная ошибка прогноза. Доверительный интервал прогноза.

## **Тема 3. Модель множественной регрессии**

Предпосылки классической линейной модели множественной регрессии с нестохастическими объясняющими переменными. Формулировка теоремы Гаусса – Маркова для множественной регрессии, статистические свойства МНК-оценок. Несмещенная оценка дисперсии случайной ошибки ( $S^2$ ).

Стандартная ошибка регрессии. Коэффициенты  $R^2$  и скорректированный  $R^2$ .

Векторно-матричная форма записи для линейной модели множественной регрессии. Предпосылки классической линейной модели множественной регрессии в векторно-матричной форме. Вывод МНК-оценок в матричной форме. Вывод ковариационной матрицы вектора МНК-оценок коэффициентов. Формулы стандартных ошибок оценок коэффициентов. Доказательство теоремы Гаусса – Маркова. Тестирование линейного ограничения общего вида (при помощи F-статистики).

Стандартные ошибки оценок коэффициентов. Проверка гипотез с помощью t-статистик. Доверительные интервалы. Проверка значимости уравнения при помощи F-статистики. Проверка значимости группы переменных при помощи F-статистики: сравнение «короткой» и «длинной» регрессии.

Мультиколлинеарность. Строгая и нестрогая мультиколлинеарность. Последствия мультиколлинеарности. Выявление и устранение мультиколлинеарности. Регрессии LASSO и ridge.

Фиктивные переменные. Переменные сдвига и наклона. Ловушка фиктивных переменных. Целесообразность включения фиктивных переменных в модель в условиях неоднородности данных. Тест Чоу.

Преобразование переменных в модели регрессии. Линейная, логарифмическая, полулогарифмические и другие формы зависимости. Содержательная интерпретация коэффициентов. Сравнение линейной и логарифмической моделей.

#### **Тема 4. Обобщенный метод наименьших квадратов. Гетероскедастичность.**

Обобщенный метод наименьших квадратов. Теорема Айткена. Доступный обобщенный метод наименьших квадратов.

Гетероскедастичность. Последствия гетероскедастичности. Выявление гетероскедастичности: графический анализ, тесты на гетероскедастичность (Уайта, Бреуша – Пагана). Устранение гетероскедастичности: метод взвешенных наименьших квадратов. Стандартные ошибки в форме Уайта.

#### **Тема 5. Стохастические регрессоры. Асимптотический подход в эконометрике**

Предпосылки классической линейной модели множественной регрессии со стохастическими объясняющими переменными. Свойства МНК-оценок коэффициентов регрессии со стохастическими объясняющими переменными в случае конечных выборок.

Повторение некоторых понятий из теории вероятностей и математической статистики: асимптотические свойства оценок; предел по вероятности; закон больших чисел; центральная предельная теорема; состоятельность оценки, теорема Манна – Вальда, теорема Слуцкого.

Точный и асимптотический подходы в эконометрическом анализе. Преимущества асимптотического подхода для прикладных исследований.

Асимптотические свойства МНК-оценок коэффициентов в линейной модели в случае гомоскедастичности и в случае гетероскедастичности случайных ошибок.

### **Тема 6. Некоторые проблемы спецификации модели регрессии**

Основные источники эндогенности в моделях регрессии (пропуск существенной переменной, смещение самоотбора, двунаправленная причинно-следственная связь, ошибки измерения регрессора) и пути их устранения.

Спецификация уравнения: выбор набора переменных и выбор функциональной формы зависимости.

Последствия ошибочной спецификации модели регрессии. Влияние отсутствия в уравнении переменной, которая должна быть в него включена. Влияние наличия в модели переменной, которая не должна быть в нее включена.

Замещающие переменные.

Критерии для принятия решения о включении переменной в модель.

Тест на функциональную форму: тест Рамсея (RESET).

Сравнение невложенных моделей: J-тест.

Анализ остатков уравнения регрессии.

Прогнозирование на основе модели множественной регрессии. Наилучший линейный несмещенный прогноз. Стандартная ошибка прогноза. Доверительный интервал прогноза.

Основные этапы эконометрического исследования.

### **Тема 7. Метод инструментальных переменных. Двухшаговый МНК**

Последствия коррелированности объясняющих переменных и случайных ошибок. Проблема эндогенности. Последствия ошибок измерения. Метод инструментальных переменных. Двухшаговый МНК. Тестирование гипотез. Слабые инструменты. Тестирование релевантности инструментов. Тестирование экзогенности инструментов, тест Саргана. Тест Хаусмана. Выбор инструментов.

### **Тема 8. Применение метода максимального правдоподобия в эконометрике. Модели бинарного выбора, модели с ограничением для зависимой переменной**

Метод максимального правдоподобия в моделях регрессии (ММП) на примере модели линейной регрессии. Свойства ММП-оценок.

Три способа тестирования линейных ограничений: тест Вальда, тест множителей Лагранжа, тест отношения правдоподобия (Likelihood ratio test)

Модели бинарного выбора. Линейная вероятностная модель (ЛВМ). Преимущества и недостатки ЛВМ. Гетероскедастичность случайных ошибок в ЛВМ.

Логит-модель, пробит-модель. Оценивание параметров логит- и пробит-моделей методом максимального правдоподобия. Интерпретация коэффициентов в логит- и пробит-моделях (вычисление предельных эффектов). Оценка качества логит- и пробит-моделей. Тестирование значимости коэффициентов в логит- и пробит-моделях.

### **Тема 9. Панельные данные**

Преимущества подхода, основанного на панельных данных. Простая полная регрессия. Модель с фиксированными эффектами. Модель со случайными эффектами. Выбор модели. Качество подгонки данных моделью. Гетероскедастичность и автокорреляция в моделях с панельными данными.

### **Тема 10. Введение в дизайн экспериментов (если останется время)**

Эксперименты и квазиэксперименты в эконометрике. Моделирование эффекта воздействия (treatment effect). Метод разность-разностей (difference in differences). Разрывные регрессии (regression discontinuity design). Оценка эффекта воздействия при помощи мер склонности (matching).

### **Основная литература по курсу**

1. *Картаев Ф. С.* Введение в эконометрику. – М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, 2019. – 472 с.
2. Stock J., Watson M. Introduction to econometrics. Third Edition. – Pearson, Addison Wesley, 2010.

### **Дополнительная литература по курсу**

1. Анатольев С. Эконометрика для продолжающих. – М.: РЭШ 2002 (электронное издание)
2. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учеб. для вузов: В 2 т. 2-е изд., испр. – Т. 2: Айвазян С.А. Основы эконометрики. – М.: Юнити-Дана, 2001.
3. Вербик М. Путеводитель по современной эконометрике / Пер. с англ. В.А. Банникова. Науч. ред. и предисл. С.А. Айвазяна. – М.: Научная книга, 2008.
4. Доугерти К. Введение в эконометрику: Учеб. 3-е изд. / Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2009.
5. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс: Учеб. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2004.

6. Greene W.H. Econometric analysis. 5<sup>th</sup> Ed. – Prentice Hall, 2003.
7. Hayashi. Econometrics. Princeton University Press, 2000.
8. Wooldridge J.M.. Introductory Econometrics. A modern approach. 4th edition. – Thompson South-Western, 2009
9. Wooldridge J.M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. – The MIT Press, 2010.

## Приложение 2.

### **Пример практического задания по курсу эконометрики**

В файле *discrimination* содержатся следующие данные о 500 работниках некоторой отрасли: *id* – номер работника, *female* – бинарная переменная, равная единице для женщин и нулю для мужчин, *exp* – опыт работника (лет), *educ* – образование работника (число лет обучения), заработная плата в долларах в день. Данные по каждому работнику доступны за два года (номер года отражает переменная *year*).

Вам необходимо ответить на вопрос: присутствует ли в рассматриваемой отрасли дискриминация по гендерному признаку? Иными словами, верно ли, что мужчины и женщины с одинаковыми характеристиками получают разную заработную плату?

Самостоятельно выберите подходящую эмпирическую стратегию и осуществите необходимый эконометрический анализ. Опишите процесс своего поиска в виде краткого отчета со всеми необходимыми таблицами, графиками, результатами оценки различных спецификаций вашей модели, нужными тестами и содержательной интерпретацией.

## Приложение 3.

### Пример задания на репликацию результатов научной статьи

На ваше усмотрение можно выполнять задание в одиночку или группой из двух–трёх студентов.

Цель задания состоит в том, чтобы продемонстрировать, как инструментальные переменные могут пригодиться для выявления причинно-следственных связей. Хотя в большинстве случаев инструменты используются на микроданных (например, на данных по отдельным индивидам или отдельным фирмам), но это задание является примером их успешного применения на межстрановых макроданных.

Кроме того, задание будет полезно вам тем, что вы сможете разобраться в базовых эконометрических возможностях R. Решение задания потребует не только использовать те возможности R, которые мы обсудили на семинаре, но и самостоятельно освоить некоторые дополнительные пакеты и функции.

Задание должно быть прислано преподавателю по электронной почте. Нужно сдать два файла:

1. Решение задания в виде отчета (в pdf), соответствующего общепринятым академическим требованиям к оформлению (посмотрите материалы лекции). Оформление также будет оцениваться. Ваш отчет должен содержать все необходимые содержательные соображения и формальные тесты, обосновывающие выбранные вами спецификации моделей; таблицы с описательными статистиками и результатами оценки уравнений и необходимых тестов; графики; содержательную интерпретацию полученных вами результатов и выводы.

2. Скрипт в R, который позволяет автоматически осуществить все необходимые расчеты и получить все необходимые таблицы с результатами. Скрипт должен содержать не только необходимые команды, но и развернутые комментарии, чтобы проверяющему было понятно, как все работает.

Задание основано на статье *D. Acemoglu, S. Johnson, J.A. Robinson. The Colonial Origins of Comparative Development: An Empirical Investigation // American Economic Review. – 2001. – Vol. 91(5)*. На момент написания этих строк статья имеет около двух тысяч цитирований и занимает 8 место в списке самых цитируемых статей из топ-5 научных экономических журналов в мире (речь о работах, опубликованных с 1990 г. по настоящее время).

Авторы исследования проверяют гипотезу о том, что качество институтов имеет значение для обеспечения высоких темпов экономического роста. Точнее, о том, что страны, в которых права собственности защищены лучше, имеют преимущество в накоплении капитала, что в конечном счете обеспечивает более высокий долгосрочный ВВП на душу населения.

Исходный файл с данными: *Acemoglu*.

В файле содержатся данные о следующих переменных:

countryn – название страны,

shortnam – краткий код страны,

lgdp – логарифм ВВП на душу населения в 1995 г.,

logmort – логарифм уровня смертности колонистов (см. детали в тексте статьи),

latitude – широта, на которой расположена столица данной страны (измерена как расстояние от экватора и нормирована таким образом, чтобы изменяться в пределах от нуля до единицы),

prot – мера защиты прав собственности в данной стране (мера устроена так, что более высокие значения соответствуют более хорошей защите прав собственности),

euro – доля населения европейского происхождения в данной стране по состоянию на 1975 г.

В задании вам предлагается воспроизвести основные результаты авторов статьи, следуя их логике. Прежде чем переходить к расчетам, прочитайте статью.

**(а)** Постройте диаграмму рассеяния, характеризующую зависимость переменной lgdp от переменной prot. При помощи обычного МНК оцените параметры соответствующей парной регрессии. Вы должны реплицировать результаты столбца (2) таблицы № 2 из статьи<sup>2</sup>. Почему полученная зависимость не может быть интерпретирована как причинно-следственная связь? (Назовите не менее двух различных причин несостоятельности оценки коэффициента при переменной prot.)

**(б)** Оцените новую регрессию, включив в исходное уравнение переменную latitude. Ваши результаты должны быть аналогичны результатам столбца 5 из таблицы 2. Опираясь на логику авторов статьи, поясните, почему latitude может быть важной контрольной переменной в данном случае. Интерпретируйте полученные результаты. Подтверждают ли они, что latitude была важной пропущенной переменной для исходной модели?

**(в)** Прежде чем переходить к применению 2МНК, оцените уравнение приведенной формы: регрессию логарифма ВВП по смертности поселенцев. Постройте диаграмму рассеяния, характеризующую эту связь. Как можно объяснить полученные результаты?

**(г)** Теперь перейдем к оценке влияния качества институтов на логарифм ВВП при помощи 2МНК. В качестве инструмента используйте переменную logmort.

---

<sup>2</sup> Здесь и далее возможны незначительные отклонения получаемых вами численных значений от аналогичных значений, представленных в статье. Это объясняется уточнениями в статистических данных, а также использованием различных форм состоятельных в условиях гетероскедастичности стандартных ошибок.

Поясните содержательно, почему авторы считают данный инструмент валидным, и почему такая эмпирическая стратегия позволяет корректно тестировать наличие причинно-следственной связи между качеством институтов и ВВП.

(д) Оцените регрессию первого шага двухшагового МНК. Проиллюстрируйте результат диаграммой рассеяния. Вычислив соответствующую F-статистику, поясните, является ли используемый инструмент сильным (релевантным).

(е) Оцените регрессию второго шага двухшагового МНК. Интерпретируйте полученные результаты.

Как изменилась оценка влияния качества институтов на ВВП по сравнению с оценкой, полученной на основе обычного МНК? Что такое изменение говорит о причине эндогенности регрессора в первоначальной модели (какая из причин эндогенности преобладала в первоначальной модели)?

(ё) Оцените альтернативную спецификацию 2МНК-регрессии, добавив туда контрольную переменную аналогично тому, как это сделано в столбце (2) таблицы № 4 статьи. Устойчив ли вывод о положительном влиянии качества институтов на ВВП?

(ж) Ещё один способ проверить устойчивость результатов – анализ отдельных подвыборок. Постройте регрессии из двух предыдущих пунктов, используя только данные по всем странам, **кроме** африканских (их результаты должны соответствовать результатам столбцов (5) и (6) таблицы № 4 предложенной статьи). Затем построьте две аналогичные модели, используя подвыборку **только** африканских стран. Сравните оценки эффекта воздействия качества институтов на ВВП на этой подвыборке с оценками на базовой выборке. Является ли анализируемый эффект гетерогенным? Какие проблемы с качеством моделей вы наблюдаете?

(з) Представим, что некий критик утверждает следующее: «Смертность поселенцев коррелирована не только с качеством институтов, но и с долей населения с европейским происхождением в данной стране (переменная *euго*). Из-за особенностей процесса колонизации в некоторых странах доля населения европейского населения гораздо выше, чем доля коренного населения, и иногда приближается к 100 процентам<sup>3</sup>. Причем эта доля сама по себе влияет на величину ВВП: чем больше людей с европейским происхождением в стране, тем больше ВВП *даже при том же самом качестве институтов*».

Иными словами, критик утверждает, что высокий ВВП на душу населения в таких бывших колониях, как США, Канада и Австралия, объясняется прежде всего не качеством институтов, а высокой долей населения европейского происхождения в общем населении этих стран.

---

<sup>3</sup> Проанализировав значения переменной *euго* в вашем массиве данных, вы можете обнаружить, что к таким странам относятся, например, США и Канада. Возможное объяснение причин такого развития событий представлено в замечательной книге Джаред Даймонда «Ружья, микробы и сталь».

Если критик прав, как это скажется на состоятельности 2МНК-оценок в регрессиях, построенных выше? Детально поясните свой ответ на интуитивном уровне.

**(и)** Проверьте гипотезу, сформулированную критиком. Если гипотеза подтвердится, предложите эмпирический подход, который позволяет устранить возникшую проблему. Реализуйте его и интерпретируйте полученные результаты.

## **HOW TO TEACH ECONOMETRICS TO ECONOMISTS: BACHELOR LEVEL**

**Philipp S. Kartaev**

*Doctor of Economics, Associate Professor,  
Head of the Department of  
Mathematical methods in Economics,  
Lomonosov Moscow State University  
Faculty of Economics  
(Moscow, Russia)*

### **Abstract**

*The article analyzes approaches to the teaching of econometric subjects of economists. The article describes the teaching experience gained at the faculty of Economics of Moscow state University. Recommendations on the choice of topics and the sequence of their presentation in the framework of the basic course of econometrics; methodology of their presentation; the choice of activities for students to help them master econometrics (both within the basic course and beyond) are formulated.*

**Keywords:** econometrics, economic education, cross-section data, time series, panel data.

**JEL codes:** A22, C10.