

Статьи: преподавание эконометрики

Преподавание эконометрики в бакалавриате: мрачное впечатление^{*@!}

Джошуа Д. Ангрис[†]

Массачусетский Технологический Институт, Кембридж, США

Йорн-Штеффан Пишке[‡]

Лондонская Школа Экономики, Лондон, Великобритания

За последние полвека экономические исследования стали более эмпирическими. Изменилась и «природа» самого эмпирического исследования. В 1960-х и 1970-х миссия экономиста-эмпирика обычно состояла в том, чтобы «объяснить» экономические переменные, такие как, например, заработная плата или экономический рост. Однако с тех пор прикладная эконометрика эволюционировала от построения моделей, объясняющих вариацию в некоторой переменной, к оцениванию причинно-следственных связей между отдельными переменными, а также к оцениванию воздействия мер государственной политики. Несмотря на это, преподавание эконометрики во многих случаях остается абстрактным и фокусируется на поиске «истинных моделей», а также на технических вопросах, связанных с выполнением на практике классических предпосылок регрессионного анализа. Вопросы, связанные с выбором или разработкой дизайна исследования и установлением причинно-следственных связей, по-прежнему находятся на заднем плане, несмотря на то, что эти вопросы являются основными в современной повестке дня прикладной эконометрики. Данная статья посвящена существующему разрыву между современным развитием прикладной эконометрики и ее преподаванием и приводит аргументы в пользу необходимости изменения общего подхода к преподаванию эконометрики.

Когда каменный век уступил свое место компьютерному, прикладная эконометрика занималась, в основном, оценкой параметров моделей, описывающих функционирование экономики. Канонические примеры включают макро-модели, состоящие из нескольких уравнений и описывающие переменные в масштабах всей экономики, такие как безработица или валовый выпуск, а также микро-модели, характеризующие выбор индивидов или равновесие на рынке. Эмпирические исследования 1960–1970-х годов, как правило, пытались объяснить

*Перевод Алексея Ощепкова. Цитировать как: Ангрис, Джошуа & Йорн-Штеффан Пишке (2019) «Преподавание эконометрики в бакалавриате: мрачное впечатление», *Квантиль*, №14, стр. 1–20. Citation: Angrist, Joshua D. & Jörn-Steffen Pischke (2019) “Undergraduate econometrics instruction: through our classes, darkly”, *Quantile*, No.14, pp. 1–20. Оригинал опубликован в *Journal of Economic Perspectives*, том 31, №.2 в 2017 г. Публикуется в журнале *Квантиль* с одобрения авторов и с разрешения American Economic Association.

©Все заголовки в оригинальной статье, включая ее название, основаны на названиях альбомов и песен рок-группы *Rolling Stones*. Выражение “through our classes, darkly” происходит от названия альбома 1966 г. *Through the Past, Darkly* — прим. редактора.

[†]Авторы выражают благодарность Ясперу Кларкбергу, Джине Ли, Беате Шустер и Каролине Штайн за помощь в подготовке исследования. Авторы благодарны редакторам (ЖЕР — прим. редактора) Марку Гертеру, Гордону Хансону, Энрико Моретти и Тимоти Тэйлору, а также Альберто Абади, Дарону Аджемоглу, Давиду Отору, Дэну Феттеру, Джону Груберу, Брюсу Хансену, Дереку Нилу, Параку Патаку и Джеффри Вулдриджу за комментарии.

[†]Адрес: 50 Memorial Drive, Cambridge, MA-02138, USA. Электронная почта: angrist@mit.edu

[‡]Адрес: Houghton Street, London, WC2A 2AE, United Kingdom. Электронная почта: s.pischke@lse.ac.uk

экономические результаты с помощью длинного списка объясняющих переменных, не фокусируясь на какой-либо из них.

В наше время эмпирические исследования ориентированы, скорее, на поиск ответов на конкретные вопросы, чем на общее понимание, скажем, факторов экономического роста. Современная исследовательская повестка нацелена на установление причинно-следственного влияния отдельных факторов (например, влияния иммиграции на уровень заработной платы или влияния демократии на рост экономики) и часто анализирует влияние мер государственной политики (например, влияние субсидий для малого бизнеса на занятость или эффекты монетарной политики). Сегодня прикладные экономисты находятся в поиске надежных эмпирических стратегий, которые бы позволили убедительно ответить на подобного рода вопросы о наличии или отсутствии влияния.

Прикладная экономика заметно изменилась в последние десятилетия, однако, как мы покажем ниже, характер ее преподавания изменилась очень слабо. Наиболее популярные учебники по эконометрике по-прежнему сосредоточены на предпосылках и проблемах, мотивированных «модельным подходом» к регрессии, направленным на то, чтобы помочь студентам составить статистически точный «отчет» о процессах, генерирующих наблюдаемое поведение экономических переменных. В большей части таких материалов приоритет отдается техническим проблемам, а не концептуальным вопросам. Все еще можно наблюдать обширные дискуссии о функциональной форме, о предположениях относительно формы распределения, а также способах решения проблем серийной корреляции и гетероскедастичности ошибок. Однако эти вопросы не имеют первостепенного значения в рамках исследовательской повестки современной прикладной экономики. В то же время, более новые и уже широко используемые инструменты для анализа причинно-следственных связей, такие как метод разность-разностей или разрывный регрессионный дизайн, представлены очень слабо, а то и вовсе не упоминаются в учебниках по эконометрике.

Каким образом изменения, произошедшие в использовании эконометрики в исследовательской работе, должны повлиять на преподавание эконометрики?

Наш подход к ответу на этот вопрос достаточно прост. Ответ начинается с описания эмпирических стратегий, основанных на рандомизации и квази-экспериментальных методах, так как они позволяют лучше понять, как проблемы установления причинно-следственных связей, так и пути их эконометрического решения. Такой подход в целом мы называем «дизайновым» (*англ.* design-based approach), поскольку навыки и стратегии, необходимые для его успешного применения, тесно связаны с дизайном исследования. Это уже позволяет сформулировать нашу первую конкретную рекомендацию: следует пересмотреть то, как мы рассказываем студентам о регрессии. Регрессия должна преподаваться так, как она сейчас чаще всего используется: как способ контроля факторов, влияющих одновременно на зависимую и объясняющую переменную (*англ.* confounding factors). Следует отойти от традиционного понимания регрессии, в котором все регрессоры рассматриваются как одинаково важные. Педагогический акцент на статистической эффективности и функциональной форме вместе с глупым нарративом о поиске «истинной модели» (истинность которой определяется на основе кажущихся точными статистических критериев) следует «отправить на пенсию». Вместо этого следует сосредоточиться на выборе контрольных переменных, необходимых для того, чтобы регрессионная оценка эффекта воздействия некоей экономической переменной могла иметь причинно-следственную интерпретацию.

В дополнение к этому, в центр внимания в учебной аудитории следует поместить квази-экспериментальные методы и рандомизацию, экспоненциальный рост использования которых наблюдается в последнее время. «Дизайновый» подход основан на таких квази-экспериментальных методах, как инструментальных переменных, разрывном регрессионном дизайне, различных модификациях метода разность-разностей и т.д., фокусируясь при этом на проблеме причинно-следственной интерпретации оценок, полученных этими фундаментальными

методами.

Наконец, центральную роль в преподавании эконометрики должна играть эмпирическая работа с «реальными» данными. Эконометрика лучше преподается (и усваивается — *прим. редактора*) на примерах, чем абстрактно.

Установление причинно-следственной связи и исследовательский дизайн — не единственные вопросы, стоящие перед современным экономистом. Однако наш преподавательский и исследовательский опыт заставляет нас уделять этим вопросам в процессе преподавания особое внимание. Одна из причин состоит в том, что сейчас соответствующие навыки пользуются большим спросом: Google и Netflix публикуют вакансии с такими ключевыми словами, как причинно-следственная связь, экспериментальный дизайн и эффективность рекламы; команда по анализу данных Facebook уделяет большое внимание рандомизованным контролируемым экспериментам и причинно-следственным связям; Amazon нанимает сотрудников для работы по оцениванию эффектов воздействия.¹

Конечно, есть эконометрика, которая выходит за рамки прикладного микроэкономического анализа, представляющего интерес для Кремниевой долины и для эмпирической экономики труда, в которую лично мы больше всего вовлечены. Однако инструменты и подходы, которые мы отстаиваем, являются основополагающими для исследований любого рода. Профессиональные обсуждения важных экономических событий, таких как Великая рецессия, или же крупные слияния в сфере телекоммуникаций, почти всегда перерастают в споры о причинно-следственных связях. Точно так же, Джанет Йеллен и сотни исследователей, работающих для нее в ФРС, жаждут надежных доказательств того, является ли X причиной Y . Чисто описательные исследования остаются важным элементом, и при этом всегда остается место для прогнозирования на основе данных, но, хотя прикладные эконометристы уже давно занимаются этими вопросами, эти вещи по своей сути принадлежат к таким дисциплинам, как статистика, и, все чаще и чаще, к компьютерным наукам. Это не те области, где экономисты имеют сравнительные преимущества. Эконометрика в своих лучших проявлениях отличается от других наук о данных ясным причинно-следственным мышлением. Важность такого рода мышления мы и стараемся подчеркивать, входя в учебную аудиторию.

После краткого описания произошедшего перехода к «дизайновым» эмпирическим исследованиям, мы развиваем наши аргументы о необходимости изменений в преподавании эконометрики. Мы рассматриваем основы обучения эконометрике, фокусируя внимание на старых и новых подходах к регрессионному анализу. Затем мы рассматриваем коллекцию классических и современных учебников, а также примеры учебных программ и списков литературы современных курсов. Списки литературы в нашей выборке более вероятно охватывают современные методы анализа, чем это делают популярные учебники. Однако, все же, большинство рассматриваемых нами курсов «увязло» в скучном и устаревшем техническом материале.

Хорошие времена, плохие времена²

Экспоненциальный рост использования экономистами квази-экспериментальных методов и рандомизации описан в работе Panhans & Singleton (готовится к публикации). Angrist & Krueger (1999) ранее описывали схожий тренд в экономике труда, но в последнее время этот тренд стал заметен и в рамках прикладной микро-эконометрики в целом. В нашей работе об изменении содержания эмпирических исследований (Angrist & Pischke 2010) мы жаловались на современную повестку дня в эмпирической макроэкономике, потому мы рады видеть недавние проявления «дизайнового» подхода и в этой дисциплине (см. Fuchs-Schundeln &

¹См. также описания современных применений эконометрики в частном секторе в работах Ayres (2007), Brynjolfsson & McAfee (2011), Christian (2012) и Kohavi (2015).

²В оригинале “Good Times, Bad Times” — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1964 г. Singles Collection: The London Years — *прим. редактора*.

Hassan 2016). Bowen, Fresard & Taillard (готовится к публикации) отмечают ускоренное применение квази-экспериментальных методов в эмпирических корпоративных финансах. «Дизайновый» подход к оцениванию естественным образом фокусирует внимание исследователя на эконометрических инструментах, обсуждаемых нами в данной работе. Менее очевидным последствием перехода к «дизайновому» подходу является изменение способа использования нашей «рабочей лошадки» — линейной регрессии.

Вчерашние (и сегодняшние) исследования³

Произошедшие изменения в интерпретации регрессионных оценок можно отлично проиллюстрировать на контрасте между двумя работами о производстве образования, Summers & Wolfe (1977) и Dale & Krueger (2002). Обе работы посвящены роли школ в формировании человеческого капитала: Саммерс и Вольф исследуют влияние начальной школы на успеваемость учащихся, а Дейл и Крюгер — влияние колледжа на доходы выпускников. Эти вопросы схожи по своей природе, но анализ в этих двух работах резко отличается.

Саммерс и Вольф ставят перед собой задачу смоделировать сложный процесс, который «генерирует» успеваемость учащихся. Они начинают с общей модели производства образования, которая включает в себя неопределенные характеристики учащихся, характеристики учителей, характеристики школы и состав сверстников. Модель достаточно слабо связана с теорией человеческого капитала, и авторы признают, что факторы успеваемости учащихся до сих пор остаются загадкой. Что бросается в глаза при такой постановке вопроса, так это отсутствие конкретики. В регрессиях Саммерса и Вольфа с левой стороны стоят изменения в результатах тестов с 3-го по 6-й класс, а с правой — список из 29 характеристик учащихся и их школ. Этот список включает в себя доход семьи, IQ ученика, пол и национальность; качество колледжа, в котором обучался учитель и его преподавательский опыт; размер класса и общий размер школы; показатели состава и поведения сверстников.

Работа Саммерса и Вольфа соответствует эмпирической миссии 1970-х — поиску «истинной модели» с большим набором объясняющих переменных:

Мы уверены, что коэффициенты разумным образом описывают взаимосвязь между успехами в учебе и GSES [генетической одаренностью и социально-экономическим статусом], TQ [«качеством» учителя], SQ [качеством школы, не связанным с «качеством» учителя] и PG [характеристиками сверстников], для данной выборки из 627 учеников начальной школы.

В духе широкомасштабного регрессионного анализа своего времени Саммерс и Вольф фокусируют исследовательский интерес на какой-либо подгруппе переменных. В то же время они интерпретируют регрессионные оценки в терминах причинности. На основе полученных результатов они делают выводы для образовательной политики, предполагая, например, что школы не используют результаты Национального экзамена на учителей при принятии решений о найме.

Такой подход к регрессионному анализу соответствует духу эконометрики Каменного века. Все обычно начинается с уравнения линейной регрессии, предназначенного для описания некоего экономического процесса, и которое некоторые называют «структурным уравнением». Многие авторы этого Века идут дальше и говорят, что чтобы получить несмещенные или состоятельные оценки, исследователь должен предположить, что ошибки регрессии не связаны с регрессорами. Но поскольку все регрессии дают остатки, ортогональные регрессорам, трудно понять, как это утверждение способствует выявлению причинно-следственных связей.

³В оригинале “Yesterday’s Papers (and Today’s).” “Yesterday’s Papers” — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1967 г. *Between the Buttons* — прим. редактора.

Исследование Дейла и Крюгера также начинается с вопроса о школах: зарабатывают ли студенты, которые посещают более «селективный» колледж, в результате больше? Как и Саммерс и Вольф, они используют МНК для ответа на этот вопрос. Тем не менее, анализ Дейла и Крюгера имеет три важных отличия. Во-первых, это фокус на эффектах воздействия конкретных факторов, без каких-либо попыток «объяснить» заработную плату. В исследовании Дейла и Крюгера сравниваются учащиеся, которые посещают более и менее «селективные» колледжи. Качество колледжа (измеряется на основе среднего балла SAT⁴) — это всего лишь один из факторов, который может влиять на заработную плату, и этот фактор, безусловно, незначительный в смысле увеличения R-квадрата. Такой сфокусированный исследовательский вопрос имеет большой смысл, так как вопрос о наличии и размере соответствующего эффекта воздействия (качество колледжа на заработную плату) волнует как студентов и их родителей, так и чиновников.

Второй отличительной чертой является исследовательская стратегия, направленная на устранение эффекта смещения выборки. Выпускники элитных школ, несомненно, зарабатывают больше (в среднем), чем те, кто учился в других школах. Однако, учитывая, что элитные школы тщательно отбирают своих учеников, очевидно, что эта разница может отражать результат такого отбора. Дейл и Крюгер предлагают исследовательскую стратегию «отбора на основе наблюдаемых факторов» (*англ.* selection-on-observables), которая могла бы помочь преодолеть эту ключевую проблему.

Исследовательский дизайн Дейла и Крюгера основан на сравнении индивидов, которые отправили заявки в один и тот же набор колледжей и получили одинаковые решения о зачислении. В таких группах, определенных в соответствии с решениями о подаче заявки и зачислении, учащиеся, посещающие все же в итоге разные колледжи, гораздо более схожи между собой, чем в общей и никак не ограниченной выборке. В исследовании аргументируется, что в этом случае любая внутригрупповая вариация в «отобранности» индивидов в разные школы, по сути, вызвана счастливой случайностью — т.е., отбор в школы проходит «так же хорошо, как и случайным образом» (*англ.* as good as randomly assigned) — и, следовательно, не связана со способностями, мотивацией, характеристиками семьи и другими факторами, имеющими отношение к потенциалу зарабатывать деньги. Этот аргумент составляет самое важное эконометрическое содержание статьи Дейла и Крюгера.

Третье важное отличие работы Дейла и Крюгера — это четкое разграничение между объясняющими (воздействующими) и контрольными переменными. В современной парадигме не все регрессоры созданы равными. Скорее, предполагается, что только одна переменная оказывает воздействие (причинное влияние). Все остальные переменные являются контрольными и включаются в целях установления этого воздействия.⁵

В производстве образования коэффициенты, например, при демографических переменных и других характеристиках учащихся вряд ли могут иметь четкую экономическую интерпретацию. Что может означать коэффициент при переменной IQ из регрессии Саммерса и Вольфа? Этот коэффициент показывает только то, что два показателя — IQ и зависимая переменная — положительно коррелируют между собой после контроля на ряд других факторов. С другой стороны, администрация школы может иногда влиять на характеристики школьной среды, такие как размер классов. В связи с этим мы действительно могли бы хотеть оценить значение коэффициента при переменной, отражающей размер класса, для целей образовательной политики.

Современное различие между объясняющими (воздействующими) и контрольными переменными в правой части уравнения регрессии требует более тонких допущений, чем общее

⁴SAT (Scholastic Aptitude Test) — стандартизованный тест, который в обязательном порядке сдают ученики, желающие обучаться в бакалавриате вузов США — *прим. редактора.*

⁵Мы говорим «одна переменная за раз», так как в некоторых уравнениях Дейл и Крюгер рассматривают в качестве ключевой переменной стоимость обучения, а не «селективность» колледжа на стоимость обучения.

утверждение об ортогональности ошибок по отношению к регрессорам, которое символизирует традиционное эконометрическое представление регрессии. Это различие в ролях между переменными, которые могут быть воздействующими, и теми, которые являются просто контрольными, должно четко прослеживаться в «регрессионных историях», которые мы рассказываем нашим студентам.

Вне контроля⁶

Пример Дейла и Крюгера отражает подход к регрессии, существующий в рамках современной эконометрической парадигмы. Регрессия рассматривается как эмпирическая стратегия контроля, предназначенная для выявления причинно-следственных связей. В частности, регрессия автоматически осуществляет поиск соответствия между различными объектами анализа (например, между учащимися), что позволяет делать внутригрупповые сравнения. При этом существует только одна переменная, влияние которой на зависимую переменную представляет интерес, в то время как другие переменные-регрессоры отражают условия и обстоятельства, действие которых мы хотели бы проконтролировать. Фиксируя контрольные переменные, то есть включая их в многомерную регрессионную модель, мы надеемся, что можем дать коэффициенту при интересующей нас переменной интерпретацию «при прочих равных». Мы рассказываем такую «историю» студентам без использования сложной математики, но сама идея слишком «тонка», и потому наши студенты все же находят эту историю сложной. Подробные эмпирические примеры, демонстрирующие то, как регрессия может быть использована для получения интересных, полезных и неожиданных причинно-следственных выводов, помогают прояснить основную идею.

В нашей учебной версии работы Дейла и Крюгера спрашивается, стоит ли платить за обучение в частном колледже, например, в Дьюке, вместо того, чтобы учиться в государственном университете, например, в университете Северной Каролины. В этом случае «селективность» университета представляет собой простой бинарный «тримент» (*англ.* treatment), так что мы можем получить интересующий нас эффект с помощью простого сравнения «вкл./выкл.». В частности, мы хотим понять, оправдываются ли деньги, потраченные на обучение в частных колледжах, будущим ростом доходов. Это приводит к вопросу о том, как использовать регрессию для оценки эффекта воздействия учебы в частном колледже на заработки.

Для начала мы вводим обозначения, которые различают фактор воздействия (учеба в частном колледже) и контрольные условия. Переменной, отражающей фактор воздействия, является P_i — фиктивная (дамми) переменная, которая указывает на обучение в частном колледже индивида i . Контрольные переменные обозначаются как X_i (или же как-то по-другому, если какие-то из этих переменных заслуживают отдельного внимания), но во всех случаях они отличаются от привилегированной воздействующей переменной P_i . Интересующая нас зависимая переменная, Y_i , отражает заработок индивида примерно через 20 лет после зачисления в университет.

Причинно-следственная связь между учебой в частном колледже и заработками описывается в терминах потенциальных исходов: Y_{1i} , представляющий заработки индивида i , если бы он учился в частном колледже ($P_i = 1$), и Y_{0i} , представляющий его заработки после обучения в государственном колледже ($P_i = 0$). Причинный эффект от обучения в частном колледже для индивида i есть разница $Y_{1i} - Y_{0i}$. Эта разница не наблюдаема в принципе, а можно наблюдать либо Y_{1i} , либо Y_{0i} в зависимости от значения P_i . Цель состоит в том, чтобы измерить средний эффект воздействия, $E(Y_{1i} - Y_{0i})$.

В Массачусеттском технологическом институте (MIT), где мы оба преподавали/преподаем,

⁶В оригинале “Out of Control” — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1997 г. *Bridges to Babylon* — прим. редактора.

мы просим наших студентов-эконометристов подумать о том, что было бы, если бы они выбрали государственный университет вместо того, чтобы учиться в МИТ. Некоторые из наших студентов — это люди в возрасте, которые совмещают учебу с работой в таких компаниях как Google или Goldman. Многие из людей, с которыми они работают в этих компаниях — возможно, большинство — учились в государственных университетах. Ввиду этого мы просим наших студентов задуматься о том, действительно ли учеба в частном университете типа МИТ имеет значение для карьеры.

Польза от причинно-следственного подхода, основанного на модели с потенциальными исходами, состоит в том, чтобы объяснить, почему наивное сравнение выпускников государственных и частных колледжей может вводить в заблуждение. Кроме того, этот подход позволяет объяснить, каким образом правильно выстроенная регрессионная стратегия приводит нас к чему-то лучшему.

При наивном сравнении между выпускниками частных и государственных университетов средний эффект воздействия обучения в частном университете смешивается с эффектом смещения выборки. Эффект смещения выборки возникает потому, что учащиеся, поступающие в частные колледжи, изначально имеют в среднем более «сильный» семейный бэкграунд и, вероятно, более мотивированы и лучше подготовлены к поступлению в колледж. Эти характеристики находят отражение в их потенциальном заработке, то есть в том, сколько они могут заработать без получения степени частного колледжа. Если бы те, кто обучался в частном университете, вместо этого учились в государственном, то они, вероятно, в любом случае имели бы более высокие доходы. Это отражает тот факт, что у студентов государственных и частных университетов в среднем разные Y_{0i} .

Наиболее естественным и полезным представлением регрессии для нас является модель потенциальных исходов. Представим потенциальный доход индивида, если он посещает государственный колледж, как $Y_{0i} = \alpha + \eta_i$, где α — среднее значение Y_{0i} , а η_i — разница между этим потенциальным доходом и средним. Предположим далее, что разница в потенциальных доходах является константой β , и потому мы можем написать, что $\beta = Y_{1i} - Y_{0i}$. Если мы совместим эти две части, то получим причинно-следственную модель для наблюдаемого заработка:

$$Y_i = \alpha + \beta P_i + \eta_i.$$

Эффект смещения выборки в данном случае сводится к утверждению, что Y_{0i} (потенциальный заработок после обучения в государственном университете), а, следовательно, η_i , зависит (в статистическом смысле) от P_i , т.е., от того, какой университет выбирается.

Дорога к регрессионному решению проблемы смещения выборки начинается с того, что исследователь обладает информацией, которая может быть использована для очистки Y_{0i} от его корреляции с P_i . В частности, исследователь знает некую переменную X_i (возможно, набор переменных), при контроле на которую сравнение доходов индивидов, окончивших частные и государственные университеты, представляет собой сравнение «яблоков с яблоками», по крайней мере, в среднем, поэтому сравниваемые индивиды имеют одинаковые средние значения Y_{0i} или η_i . Это утверждение «при прочих равных» воплощено в предположении об условной независимости, которое в конечном итоге позволяет давать регрессионным оценкам причинную интерпретацию:

$$E(\eta_i | P_i, X_i) = E(\eta_i | X_i).$$

Обратим внимание, что это более слабая и более сфокусированная предпосылка, чем традиционная предпосылка о том, что математическое ожидание ошибок при условии всех регрессоров равно 0, т.е., что $E(\eta_i | P_i, X_i) = 0$.

В исследовании Дейла и Крюгера переменная X_i указывает на колледжи, в которые выпускники подавали заявления и были приняты. Предпосылка об условной независимости говорит о том, что, подав документы в Университет Дьюка и в Университет Северной Ка-

ролины и будучи принятыми в оба, те, кто решил учиться в Дьюке, имеют такой же потенциальный доход, как и те, кто решил обучаться в государственном университете. Хотя такая предпосылка не превращает выбор колледжа в рандомизированное событие, она обеспечивает убедительный источник контроля основных «сил», мешающих установлению причинно-следственной связи. Абитуриенты выбирают университеты исходя из своих амбиций и готовности учиться; приемные комиссии, в свою очередь, стараются внимательно оценивать способности заявителей.

Цепочка рассуждений, связывающая установление причинно-следственной связи с линейной регрессией, замыкается с помощью гипотезы о функциональной форме. А именно, что (условное) математическое ожидание потенциального заработка при условии обучения в государственном университете, является линейной функцией от X_i . Формально это можно записать как $E(\eta_i|X_i) = \gamma X_i$. Эконометрические учебники обычно обеспокоены предположением о линейности и его ограничениями, но мы считаем, что такое «скручивание рук» неуместно. В дизайне Дейла и Крюгера контрольные переменные представляют собой большой набор дамми-переменных для всех возможных групп абитуриентов. Ключевые контрольные переменные делают модель «насыщенной» (*англ.* saturated model), т.е., представляют собой исчерпывающий набор дамми-переменных, отражающий все возможные значения обуславливающей переменной. Такие модели по своей природе линейны. В других случаях мы можем приближаться настолько близко насколько нам нравится к функции условного среднего, добавляя переменные в степени и пересечения. На небольших выборках мы с удовольствием используем линейность для интерполяции, что позволяет более эффективно использовать имеющиеся данные. Например, в некоторых моделях Дейла и Крюгера дамми для различных типов колледжей заменяются контрольной переменной степени «селективности» (средний балл SAT учащихся).

Совмещая эти три ингредиента — эффект влияния в виде константы, условную независимость и линейную модель потенциальных исходов с контрольными переменными — мы получаем регрессионную модель

$$Y_i = \alpha + \beta P_i + \gamma X_i + \eta_i,$$

которая может быть использована для получения несмещенной и состоятельной оценки эффекта воздействия обучения в частном колледже на заработка, β . Причинно-следственная «история», рассказанная выше, объясняет, что мы понимаем под β и почему мы используем регрессию для оценивания этого параметра.

Это финальное уравнение очень похоже на уравнения, представленные в популярных эконометрических учебниках. Однако это сходство и является источником непонимания. По нашему опыту, представление такого уравнения и повторение предположений о (отсутствии) корреляции регрессоров и ошибок скорее замутняет, чем проясняет то, почему получаемые оценки отражают эффект воздействия. Что касается контрольных переменных, то ортогональность между регрессорами и остатками обеспечивается, а не предполагается: регрессионная алгебра обеспечивает соблюдение этого условия. В то же время, хотя контрольные переменные, безусловно, не коррелируют с остатками, маловероятно, чтобы коэффициенты при контрольных переменных имели причинную интерпретацию. Мы не думаем, что контрольные переменные «так же хороши, как и выбранные случайным образом», и нам не важно, в какой мере это действительно так. У контрольных переменных есть работа: они являются основой для предпосылки об условной независимости, которая является центральной в современном регрессионном анализе. Если контрольные переменные делают эту работу хорошо, то можно утверждать, что коэффициент β отражает (причинный) эффект воздействия.

Современный подход к регрессии основывается на том, что у аналитика есть данные о контрольных переменных, которые позволяют проводить сравнения «яблок с яблоками» по

интересующей переменной. Дейл и Крюгер (2002) объясняют, что это значит в их исследовании:

Если при условии зачисления абитуриенты выбирают колледж по причинам, которые не зависят от ненаблюдаемых факторов, определяющих их заработок, тогда абитуриенты, которые были приняты и отвергнуты одним и тем же набором университетов, имели бы одинаковое ожидаемое значение этих ненаблюдаемых факторов, которые содержатся в ошибках модели. Следовательно, предлагаемое нами решение проблемы выбора колледжа состоит в том, чтобы включить неограниченный набор фиктивных переменных, описывающих группы абитуриентов, которые получили одинаковые решения о зачислении (то есть одинаковую комбинацию приемов и отказов) из одного и того же набора колледжей.

В нашем анализе данных Дейла и Крюгера (см. главу 2 в Angrist & Pischke 2015) оценки, полученные на основе регрессии без контрольных переменных, свидетельствуют о большом эффекте воздействия частного колледжа на заработки величиной 13,5 лог-пунктов. Этот эффект уменьшается до 8,6 лог-пунктов после контроля баллов SAT учащегося, дохода его семьи и еще нескольких демографических переменных. Однако после контроля списка колледжей, в которые студенты подавали заявления и были приняты (с использованием множества фиктивных переменных), остается лишь небольшой и статистически незначимый эффект — менее 1 процента.

Анализ изменения оценок с включением новых контрольных переменных — то есть сравнение результатов, полученных без каких-либо контрольных переменных, результатов, полученных при «грубом» контроле и результатов с переменными, которые более правдоподобно решают проблему смещения выборки, — дает очень полезную информацию. Это сравнение помогает студентам понять, почему последняя модель с большей вероятностью будет иметь причинно-следственную интерпретацию, чем первые две.

Во-первых, при обсуждении этих результатов мы отмечаем, что большое преимущество в заработках выпускников частных колледжей, очевидно, обусловлено эффектом смещения выборки. На это указывает тот факт, что данное преимущество исчезает после контроля характеристик учащихся, которыми они обладали до начала обучения — в нашем случае, их амбиции и способности, — отраженные в наборе колледжей, в которые они подавали документы и в которые были приняты. Конечно, даже после контроля этих характеристик эффект смещения выборки все еще может присутствовать. Но поскольку эти контрольные переменные предшествуют решению абитуриента о зачислении в колледж, они не могут быть следствием обучения в частном колледже. Они должны быть связаны с различиями в Y_{0i} , которые и вызывают смещение оценок. Таким образом, устранение этих различий, то есть сравнение учащихся с аналогичными показателями Y_{0i} , вероятно, позволит более корректно оценить эффект воздействия колледжа в сравнении с ситуацией, когда для его оценки используется регрессия, не включающая эти переменные.

Мы также показываем нашим студентам, что после контроля на список колледжей переменные, отражающие индивидуальные способности (баллы SAT) и семейные характеристики (доход семьи), перестают коррелировать с фактом обучения в частном колледже. При этом получаемое нулевое преимущество в заработках оказывается поразительно нечувствительным к добавлению каких-либо других контрольных переменных. Этот аргумент основывается на формуле для смещения оценки, вызванного пропущенной переменной, которую мы рассматриваем как своего рода «золотое правило» для современного прикладного экономиста, использующего в своей работе регрессии. Наши регрессионные оценки показывают устойчивость к включению других переменных, которую мы бы ожидали иметь при хорошо организованном рандомизированном исследовании.

Используя ту же самую формулу для смещения, мы отмечаем, что даже если есть другие пропущенные переменные, то те, которые положительно коррелируют с обучением в частном колледже, вероятно, также будут положительно коррелировать и с заработком. Даже если эти переменные остаются пропущенными, их пропуск означает то, что получаемые оценки переоценивают премию за частный колледж, как бы мала она ни была.

Подобные эмпирические примеры демонстрируют современный подход к регрессии, подчеркивая нюансы в предпосылках, необходимых для причинной-следственной интерпретации параметров регрессии.⁷ Если предпосылка об условной независимости нарушается, регрессия не в состоянии помочь оценить эффект воздействия, и, вероятно, получаемые оценки будут вводить в заблуждение. В противном же случае надежда есть. Увы, темы, которые доминируют в преподавании эконометрики, включая обширные обсуждения классических предпосылок регрессии, функциональной формы, мультиколлинеарности, а также вопросов, связанных со статистическими расчетами и эффективностью, несопоставимы по своей важности с этой предпосылкой типа «живи или умри».

Это не означает, что делать причинно-следственные выводы с использованием регрессионного анализа теперь стал проще. Вопрос о том, что представляет собой «хорошая» контрольная переменная, является одним из наиболее сложных в эмпирической практике. Переменные-кандидаты должны оцениваться по тому, делают ли они предпосылку об условной независимости более правдоподобной, и часто это трудно понять. Потому с нашими студентами мы обсуждаем много примеров регрессий, все они интересные, но некоторые из них более убедительные, чем другие.

Особого внимания требует тот факт, что не все контрольные переменные являются «хорошими», даже если они связаны как с P_i , так и с Y_i . Конкретные примеры и вопросы для обсуждения — «Должны ли вы контролировать занятия в уравнении заработной платы, предназначенном для оценивания экономической отдачи от образования?» — освещают проблему «плохих» контрольных переменных и, следовательно, требуют времени для обсуждения в аудитории (и в наших книгах, см. Angrist & Pischke 2009, 2015).

«Прими или откажись»: классические опасения в регрессионном анализе⁸

Проще всего использовать предпосылку об условной независимости в регрессионной модели, где эффект воздействия предполагается одинаковым для всех (как это предполагалось в примерах выше). Хотя это является привлекательным упрощением для образовательных целей, ключевые выводы, получаемые исходя из этого предположения, являются универсальным. Пока регрессионная функция достаточно гибка, параметр, отражающий интересующий эффект влияния, представляет собой средневзвешенное среднее эффектов для отдельных подгрупп, выделяемых в соответствии со значениями контрольных переменных. Фактически, в случае дискретных контрольных переменных регрессия может рассматриваться как метод мэтчинга (*англ.* matching estimator), который автоматически оценивает множество гетерогенных эффектов влияния и выдает единственный показатель — их взвешенное среднее.

В более общем смысле, линейность регрессии лучше всего рассматривать как удобное приближение к возможным нелинейным функциональным формам. Это подтверждается новаторскими теоретическими исследованиями, такими как White (1980a) и Chamberlan (1982). Насколько нам известно, первым учебником, в котором освещается это свойство регрессии, является Goldberger (1991), который никогда широко не использовался и редко встречается в бакалавриате. Angrist (1998), Angrist & Krueger (1999) и наш учебник для бакалавров

⁷В недавней публикации Arcidiacono, Aucejo & Hotz (2016) используют стратегию Дейла и Крюгера для того, чтобы оценить эффект воздействия от обучения в разных кампусах Университета Калифорнии на вероятность (и время до) получения диплома и выбор специализации.

⁸В оригинале ‘Take It or Leave It: Classical Regression Concerns.’ ‘Take It or Leave It’ — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1966 г. *Aftermath* — *прим. редактора*.

(Angrist & Pishke 2009) развивают теоретический аргумент о том, что регрессия представляет собой вариант мэтчинга (см. также Yitzhaki 1996).

Важным следствием этого взгляда на регрессию как на средство аппроксимации и мэтчинга является понимание того, что предположения, лежащие в основе базовой линейной регрессии, являются одновременно и неправдоподобными, и неважными. Гетероскедастичность возникает естественным образом в результате вариации в расстояниях между предсказаниями регрессии и значениями базовой функции условного среднего, которую она аппроксимирует. Но тот факт, что качество «подгонки» может варьироваться, не умаляет значение регрессии как инструмента, позволяющего обобщить эффекты воздействия, имеющие экономический смысл.

Классические предпосылки регрессии полезны для оценивания стандартных ошибок. Они упрощают математику, и получаемая формула стандартной ошибки раскрывает особенности данных, которые влияют на статистическую точность. Однако, как бы то ни было, эти вопросы занимают немного нашего учебного времени. Мы не останавливаемся на статистических тестах для проверки нарушения классических предпосылок или на способах исправления этих нарушений, существующих в рамках обобщенного метода наименьших квадратов. На наш взгляд, большую часть того, что обычно преподается в рамках вводного курса в бакалавриате, можно заменить фразой «используйте робастные стандартные ошибки». Избегая «слепого» полагания на асимптотические свойства, мы предлагаем нашим студентам следовать текущей практике исследований. Как отмечалось Уайтом (1980b) и другими, робастное оценивание стандартных ошибок учитывает статистические последствия гетероскедастичности и нелинейности в кросс-секционных данных. Аналогично, с автокорреляцией в данных временных рядов можно справиться с помощью стандартных ошибок, оцениваемых по методу Newey & West (1987), в то время как кластерные методы учитывают корреляцию между объектами наблюдения в кросс-секционных или панельных данных (Moulton 1986; Arellano 1987; Bertrand, Duflo & Mullainathan 2004).

Другая земля: учебники по эконометрике и преподавание⁹

Традиционные учебники по эконометрике скупы на эмпирические примеры. В классическом учебнике Johnston (1972) первое эмпирическое приложение представляет собой однофакторную регрессию, связывающую число жертв на дорогах с количеством лицензированных транспортных средств. Пример фокусируется на вычислениях, что понятно для того времени, но Джонстон не объясняет, почему связь между инцидентами и лицензиями интересна или что могут означать полученные оценки. Первый эмпирический пример в учебнике Gujarati (1978) является более содержательным: это производственная функция Кобба-Дугласа, которая оценивается на нескольких годовых наблюдениях. Производственные функции, неявно предполагающие причинно-следственные связи, являются фундаментальным «строительным блоком» в экономической теории. В своем обсуждении Гуджарати тщательно интерпретирует величины получаемых оценок и обсуждает, согласуются ли эти оценки с предположением о постоянной отдаче от масштаба. Но это приложение не появляется до стр. 107.

Спустя десятилетия реальные эмпирические примеры все еще редко встречались в ведущих учебниках, при этом их изложение часто фокусировалось на математических и статистических деталях. В статье, опубликованной 16 лет назад в данном журнале (*прим. редактора: Journal of Economic Perspectives*), Becker & Greene (2001) представили обзор учебников по эконометрике и преподавания на рубеже тысячелетий:

⁹В оригинале “In Another Land: Econometrics Texts and Teaching.” “In Another Land” — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1967 г. *Their Satanic Majesties Request* — *прим. редактора*.

Эконометрику и статистику часто преподают как разделы математики, даже если они преподаются в бизнес-школах... В учебниках и учебных материалах основное внимание уделяется представлению и объяснению теоретических и технических деталей, а не практическим приложениям, которые при этом часто подготавливаются в соответствии с требованиями изучаемых процедур... приложения редко основаны на событиях, о которых сообщают финансовые газеты, деловые журналы или академические журналы по экономике.

Следуя более широкой тенденции к эмпиризму в экономических исследованиях (об этом см. Hammermesh 2013 и Angrist, Azoulay, Ellison, Hill & Lu 2017), сегодняшние тексты более эмпирические, чем те, на смену которым они пришли. В частности, современные эконометрические учебники с большей вероятностью, чем те, которые были описаны Беккером и Грином, интегрируют эмпирические примеры и часто содержат в себе доступ к веб-сайтам, где студенты могут найти реальные экономические данные для практических упражнений.

Но новости на «фронте» учебников не все хорошие. Многие из примеров, которые содержатся в сегодняшних учебниках, все еще абстрактны или плохо мотивированы. Однако еще более разочаровывающим, чем неравномерное качество эмпирических приложений в современных учебниках, является их неспособность обсуждать современные эмпирические методы. Кроме учебника Stock & Watson (2015), который ближе всего соответствует современной повестке дня, ни в одном из современных учебников по эконометрике для бакалавров, рассмотренных ниже, не упоминается, например, разрывный регрессионный дизайн. Кроме того, мало где обсуждаются возможные нарушения предпосылок метода разность-разностей, хотя он уже повсеместно используется при оценке воздействия мер государственной политики. Эконометрические учебники остаются ориентированными на материалы, которые становятся все менее связанными с эмпирическими исследованиями.

Чтобы придать данным замечаниям более твердое эмпирическое обоснование, мы проанализировали содержание двенадцати книг (полный список представлен в онлайн-приложении в таблице A1), шесть из которых были написаны в 1970-х годах, а шесть других пользуются спросом в настоящее время. Список классических текстов был составлен на основе таблицы 1 из Becker & Green (2001), которая представляет собой перечень учебников для бакалавров, популярных на момент написания их работы. Мы купили копии первых или вторых изданий этих учебников. Список включает в себя Kmenta (1971), Johnston (1972), Pindyck & Rubinfeld (1976), Gujarati (1978), Intriligator (1978) и Kennedy (1979).

В 1970-х годах разделение между учебниками бакалаврского уровня и уровня выше было менее выражено. В отличие от современных учебников, некоторые из более старых учебников используют линейную алгебру. Intriligator (1978), Johnston (1972) и Kmenta (1971) являются более продвинутыми, чем другие три. Потому мы проводим анализ содержания учебников 1970-х как с учетом, так и без учета этих трех учебников.

Выбранные нами современные учебники представляют собой шесть учебников, наиболее часто встречающихся в списках литературы к курсам, согласно информации с сайта Open Syllabus Project (<http://opensyllabusproject.org>). Более конкретно, наши «лидеры рынка» — это учебники, занимающие верхние строчки списка, полученного в результате поиска (с помощью поисковика сайта) по слову *economics* и затем по слову *econometrics*. Список включает в себя Kennedy (2008), Gujarati & Porter (2009), Stock & Watson (2015), Wooldridge (2016), Dougherty (2016) и Studenmund (2017).¹⁰

¹⁰Эти книги также высоко котируются в эконометрической категории книг на Amazon и являются лидерами рынка в данных по продажам Nielsen в 2013 и 2014 гг. Отметим, что Dougherty (2016) занимает восьмое место в списке Open Syllabus, но шестое место — Hayashi (2000) — явно является учебником уровня выше бакалаврского, а седьмое место — Maddala (1977) — издан достаточно давно.

Таблица 1: Описание тем

Однофакторная регрессия	Базовое представление однофакторной регрессионной модели, интерпретация параметров
Свойства регрессии	Получение оценок, классические предположки, математические свойства оценок (например, несмещенность), анатомия регрессии, теорема Гаусса-Маркова
Получение регрессионных оценок	Получение стандартных ошибок коэффициентов, получение предсказанных значений, тестирование гипотез, доверительные интервалы, R-квадрат, анализ дисперсии
Многофакторная регрессия	Общее обсуждение многофакторной регрессионной модели, интерпретация ее параметров
Смещение пропущенных переменных	Смещение оценок вследствие пропуска переменной в регрессионных моделях
Нарушение предположек регрессии и способы их корректировки	Обсуждение нарушений классических предположек (гетероскедастичность, серийная корреляция, ненормальность, стохастичность регрессоров, мультиколлинеарность, включение нерелевантных переменных, обобщенный метод наименьших квадратов)
Функциональная форма	Обсуждение вопросов выбора функциональной формы и параметризация модели, включая использование фиктивных переменных и логарифмирование, модели с ограниченной зависимой переменной и другие нелинейные модели
Инструментальные переменные	Метод инструментальных переменных, двухшаговый МНК и другие методы оценивания (например, метод максимального правдоподобия с ограниченной информацией и другие методы оценивания из k-семейства), использование инструментальных переменных для решения проблемы пропущенной переменной и проблемы ошибок в переменных
Модели одновременных уравнений	Обсуждение моделей, состоящих из нескольких уравнений, включая их идентификацию, а также оценки, получаемые в рамках системы внешне несвязанных уравнений и трехшагового МНК
Панельные данные	Методы анализа панельных данных, включая определение и оценивание моделей с фиксированными и случайными эффектами, анализ объединенных данных и сгруппированных данных.
Временные ряды	Анализ временных рядов, включая модели с распределенным лагом, стохастические процессы, интегрированные авторегрессии-скользящие средние, векторные авторегрессии и тестирование на единичный корень. Этот блок не включает в себя обсуждение проблемы автокорреляции ошибок
Установление причинно-следственной связи	Обсуждение эффектов воздействия и причинно-следственная интерпретация эконометрических оценок, цель проведения и интерпретация рандомизированных экспериментов, угрозы для причинно-следственной интерпретации оценок, включая смещение выборки
Метод разностей	Метод разность разностей, оценки и предположения
Разрывный регрессионный дизайн	Четкий и нечеткий разрывный регрессионный дизайн

Понимая, что такие усилия всегда будут несовершенными, мы классифицировали содержание книг по категориям, показанным в таблице 1. Эта классификация охватывает подавляющее большинство материалов в книгах из нашего списка, а также во многих других, которые мы использовали или читали ранее. Наша классификация охватывает три метода, рост использования которых был наиболее впечатляющим согласно библиометрическим данным, представленным в Panhans & Singleton (2017) — это метод инструментальных переменных, разрывный регрессионный дизайн и метод разность разностей. Мы подсчитываем число страниц, посвященных каждой теме, опуская материал, представленный в приложениях и упражнениях, а также вспомогательный материал по математике и статистике. Независимо от этого, мы также подсчитывали число страниц, посвященных реальным эмпирическим примерам, то есть представлению эконометрических результатов, полученных на реальных экономических данных. В этой схеме подсчета не учитываются множество примеров, в которых используются вымышленные цифры.

Не утихает...¹¹

Большинство учебников 1970-х имеют схожую структуру: изложение обычно начинается с представления регрессионной модели для какой-либо экономической переменной с обязательным предположением о том, что условное математическое ожидание ошибки равно нулю или что ошибки некоррелированы с регрессорами. Цель построения такой модели — отражает ли она причинно-следственную связь, является статистическим инструментом для прогнозирования, или же представляет функцию условного математического ожидания — обычно непонятна.

После представления модели обычно следует перечень технических предпосылок, таких как гомоскедастичность, детерминированность (нестохастичность) регрессоров и отсутствие мультиколлинеарности. Эти предпосылки используются для того, чтобы оценки МНК имели хорошие статистические свойства: несмещенность, простые формулы для стандартных ошибок, а также для формулирования теоремы Гаусса-Маркова (согласно которой МНК дает лучшие несмещенные оценки в классе линейных оценок, BLUE). Как мы показываем в таблице 2, эта дискуссия о свойствах регрессии занимает в среднем 11-12% от содержания классических учебников. Вывод регрессионных оценок, что обычно следует далее, занимает примерно 13% всего объема.

Тема, которой уделяется больше всего места (в среднем примерно 20% от общего числа страниц) в классических учебниках — это нарушения предпосылок регрессии и их корректировка. Сюда входит диагностика и «первая помощь» в случаях автокорреляции, гетероскедастичности и мультиколлинеарности. «Лекарство» от большинства из этих «болезней» приходит в виде обобщенного метода наименьших квадратов. Еще одна важная тема в старых учебниках — это модели одновременных уравнений, занимающие 14% страничного пространства (в более простых текстах). Процент страниц, которые отводятся для ортодоксальных моделей одновременных уравнений, возрастает до 18%, если в выборку включены более продвинутые учебники. По иронии судьбы, нарушения предпосылок регрессии и их корректировка занимают еще больше места, если исключить из рассмотрения более продвинутые учебники. Эти более старые учебники также уделяют значительное место временным рядам, в то время как панельным данным внимания уделяется мало.

Примечательной чертой таблицы 2 является то, насколько распределение тем в современных учебниках похоже на распределение тем в старых классических учебниках. Как и в Каменном веке, более половины содержания современных учебников посвящено свойствам регрессии, выводу оценок, функциональной форме, а также нарушениям предпосылок и их

¹¹В оригинале “Not Fade Away” — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1964 г. Big Hits — прим. редактора.

Таблица 2: Покрытие тем в классических и современных учебниках (в %% от общего числа страниц)

Тема	Учебники 1970-х	Учебники за исключением продвинутых текстов	Современные учебники
Однофакторная регрессия	2,5	3,6	2,8
Свойства регрессии	10,9	11,9	9,9
Получение регрессионных оценок	13,2	13,3	14,6
Многофакторная регрессия	3,7	3,7	6,4
Смещение вследствие пропуска переменной	0,6	0,5	1,8
Нарушение предпосылок регрессии и способы их корректировки	18,4	22,2	16,0
Функциональная форма	10,2	9,3	15,0
Инструментальные переменные	7,4	5,1	6,2
Модели одновременных уравнений	17,5	13,9	3,6
Панельные данные	2,7	0,7	4,4
Временные ряды	12,3	15,2	15,6
Установление причинно-следственной связи	0,7	0,7	3,0
Метод разность разностей	—	—	0,5
Разрывный регрессионный дизайн	—	—	0,1
Эмпирические примеры	14,0	15,0	24,4

Примечание: мы классифицировали содержание 12 учебников по эконометрике, 6 из 1970-х и 6 современных (подробности описаны в тексте). Выбранные классические тексты: Kmenta (1971), Johnston (1972), Pindyck & Rubinfeld (1976), Gujarati (1978), Intriligator (1978) и Kennedy (1979). Современные тексты: Kennedy (2008), Gujarati & Porter (2009), Stock & Watson (2015), Wooldridge (2016), Dougherty (2016) и Studenmund (2017). В таблице представлено число страниц, посвященных той или иной теме, выраженное в процентах от общего числа страниц в учебниках. Общее число таких страниц дает в сумме 100%. Место, отводимое под эмпирические примеры, выражено в процентах от общего числа страниц в книге. Информация в столбце «Учебники 1970х за исключением продвинутых текстов» приведена за исключением книг Kmenta (1971), Johnston (1972) и Intriligator (1978). Прочерк означает, что данная тема не представлена в учебниках.

корректировкам. Самым очевидным изменением является сокращение места, выделяемого для моделей одновременных уравнений. Это, по-видимому, отражает снижение использования ортодоксальных моделей одновременных уравнений, особенно в макроэкономике. В результате освободилось немного места для панельных данных и (причинно-следственных) эффектов воздействия, но наибольшее расширение получил вопрос функциональной формы (в основном, это касается моделей дискретного выбора и моделей с ограниченными зависимой переменной).

Некоторые учебники из нашего списка претерпели несколько изданий, а их первые издания были опубликованы еще в Каменном веке. Возможно, неудивительно, что распределение тем в Gujarati & Porter (2009) очень похоже на распределение тем в Gujarati (1978). Однако более недавние участники рынка учебников также не слишком отклоняются от классического шаблона. Положительным моментом является то, что новые учебники хотя бы чаще упоминают современные темы.

Нижний ряд таблицы 2 показывает умеренное использование эмпирических примеров в Каменном веке: около 15% всех страниц в классических учебниках по эконометрике посвящено иллюстрациям с использованием реальных данных. Эта средняя цифра скрывает

значительную вариацию: от нуля (т.е., вообще без примеров) до более чем одной трети всего страничного пространства. Примечательно, что самым эмпирически ориентированным учебником в нашем списке из двенадцати книг остается один из классических учебников Pindyck & Rubinfeld (1976). Несмотря на то, что среди более современных учебников в среднем более 24% отводится на эмпирические примеры, ни один современный текст не соответствует их охвату примерами.¹²

BLUE становится серым: содержание курсов по эконометрике¹³

Многие преподаватели эконометрики в значительной степени полагаются на собственные лекционные материалы, используя учебники в качестве дополнения или источника упражнений. Поэтому, возможно, что современная эмпирическая парадигма в большей степени отражена в содержании курсов и списках литературы, чем в учебниках. Чтобы проверить это предположение, мы собрали программы курсов и содержательную структуру лекций для курсов по эконометрике для бакалавров из широкого круга колледжей и университетов.¹⁴

Наша выборка охватывает десять крупнейших кампусов среди каждого из восьми типов учебных заведений. Это исследовательские университеты (очень высокая активность), исследовательские университеты (высокая активность), докторантура/исследовательские университеты и бакалаврские колледжи, и при этом каждый из этих четырех типов разделяется на государственные и частные образовательные учреждения. Полученная выборка включает в себя очень разные институты, такие как Университет штата Огайо, Нью-Йоркский университет, Гарвардский университет, Университет Восточной Каролины, Американский университет, Военная академия США, Техасский христианский университет, Колледж Кельвин и Колледж Хоуп. Нам удалось собрать программы курсов по 38 из 80 выделенных учреждений. Каждый из восьми типов учебных заведений представлен в нашей выборке, но более крупные и престижные институты представлены в большей степени. Большинство курсов преподаются с 2014 г., самый ранний — с 2009 г. Несколько учебных заведений представлены более чем одним курсом, но такие наблюдения мы усредняем, и потому в итоге каждый институт представлен только одним наблюдением в наших данных. В приложении, доступном по ссылке <http://e-jep.org>, представлен полный список 38 институтов нашей выборки.

Для каждого учебного заведения мы отмечали, охватываются ли темы, перечисленные в таблице 1, в курсах по эконометрике. Для подвыборки институтов также были доступны подробные планы лекций, в которых указано время, посвященное каждой теме. Стоит отметить, что объем информации, которую можно почерпнуть из программ курсов и списков литературы, сильно зависит от конкретного курса. Например, большинство программ включают в себя тему, которую мы классифицируем как множественная регрессия, но некоторые программы не включают тему «получение регрессионных оценок» отдельно, по-видимому, рассматривая ее внутри модуля, посвященного регрессии, и не выделяют ее в списке литературы. В результате, более широкие темы оказываются более представленными.

С учетом этого получается, что распределение времени по разным темам в рамках лекций (см. таблицу 3) очень напоминает распределение места в учебниках по эконометрике. В частности, более половины времени уходит на свойства регрессии, вывод оценок, нарушения предпосылок регрессии и их корректировку, а также на функциональную форму. В соответствии с этим распределением второй столбец таблицы 3 показывает, что, за исключением свойств регрессии, эти темы отражены в большинстве списков литературы к курсам. Тема

¹²Средний уровень занижается из-за того, что один учебник в нашем списке совсем не содержит эмпирических примеров. Наше видение того, как современный учебник по эконометрике для бакалавров может быть структурирован вокруг эмпирических примеров, отражено в нашей книге Angrist & Pischke (2015).

¹³В оригинале “BLUE Turns to Grey: Econometrics Course Coverage” — аллюзия на название песни “Blue Turns to Grey” группы Rolling Stones из альбома 1966 г. Stone Age — прим. редактора.

¹⁴Мы благодарим Энрико Моретти за совет провести этот анализ.

«свойства регрессии» очень вероятно скрывается под другими названиями.

Таблица 3: Покрытие тем в курсах по эконометрике

Тема	% лекционного времени	% курсов, в которых охвачена тема
Однофакторная регрессия	11,7	100,0
Свойства регрессии	8,7	43,4
Получение регрессионных оценок	12,4	92,1
Многофакторная регрессия	10,5	94,7
Смещение вследствие пропуска переменной	1,9	28,5
Нарушение предпосылок регрессии и способы их корректировки	20,2	73,7
Функциональная форма	15,7	92,1
Инструментальные переменные	3,9	51,8
Модели одновременных уравнений	0,4	19,3
Панельные данные	3,6	36,8
Временные ряды	5,0	45,6
Установление причинно-следственной связи	2,5	25,4
Метод разность разностей	2,0	27,2
Разрывный регрессионный дизайн	1,4	16,7
Число учебных заведений	15	38

Примечание: первый столбец показывает процент аудиторного времени, посвященного каждой теме в среднем по 15 образовательным учреждениям, по которым нам удалось найти детальные программы курсов. Значения в этом столбце дают в сумме 100%. Столбец «% курсов, в которых охвачена тема» показывает процент курсов по эконометрике, в которых освещается та или иная тема для 38 образовательных учреждений, для которых мы нашли списки литературы для чтения по курсам по эконометрике.

Параллельно с учебным материалом, описанным в таблице 2, наша анализ распределения лекционного времени показывает, что в среднем чуть менее 6% материалов курса по эконометрике посвящено темам, связанным с причинно-следственными эффектами, методом разность разностей и прерывным регрессионным дизайном. Это скромный шаг вперед по сравнению со средним показателем представленности этих тем в современных учебниках, составляющим 3,6%. Метод инструментальных переменных с одним уравнением занимает 3,9% времени лекций, что меньше, чем в среднем по учебникам, как старым, так и новым.

Всегда обращая внимание на светлую сторону жизни, мы с радостью отмечаем, что, как показывает таблица 3, более четверти отобранных нами преподавателей выделяют в своих курсах некоторое время на причинно-следственные связи и метод разность-разностей. «Здоровое» меньшинство (примерно 17%) также находит время хотя бы для некоторого обсуждения разрывного регрессионного дизайна. Это говорит о том, что преподаватели по эконометрике опережают «книжный рынок». Многие молодые преподаватели будут использовать современные эмпирические методы в своих диссертациях, поэтому они, вероятно, захотят поделиться этим материалом со своими студентами. Авторы учебников, вероятно, в среднем старше, чем преподаватели, и поэтому реже имеют собственный опыт работы с методами, составляющими основу современной причинно-следственной парадигмы в эконометрике.

Время вышло¹⁵

В преподавании эконометрики в бакалавриате давно назрели серьезные изменения. Во-первых, необходимо перенести акцент с моделей и математики на анализ причинно-следственных связей и эмпирические примеры. Во-вторых, нужно изменить отношение к регрессии и рассматривать ее не как способ многомерного моделирования экономических процессов, а как инструмент для статистических сравнений «при прочих равных». В-третьих, следует уделять гораздо больше внимания современным квази-экспериментальным методам.

Мы понимаем, что меняться сложно. Лет десять назад списки литературы для чтения к нашим собственным курсам выглядели очень похоже на те, которые мы проанализировали в данной работе. Но наш подход к обучению эволюционировал, поскольку мы столкнулись с очень тревожным разрывом между тем, что мы делаем, и тем, чему мы учим. Эконометрика, которую мы используем в наших исследованиях, интересна, актуальна и удовлетворительна.

Почему же наши студенты не должны тоже получать некоторое удовлетворение?¹⁶

Список литературы

- Angrist, J.D. (1998). Estimating the labor market impact of voluntary military service using social security data on military applicants. *Econometrica* 66(2), 249–288.
- Angrist, J.D. & P. Azoulay, G. Ellison, R. Hill & S. Lu (2017). Economic research evolves: Citations fields and styles. *American Economic Review: Papers & Proceedings* 107(5), 293–297.
- Angrist, J.D. & A.B. Krueger (1999). Empirical strategies in labor economics. Глава 23 в *Handbook of Labor Economics*, том 3, под редакцией О. Ashenfelter & D. Card, стр. 1277–1366. Elsevier.
- Angrist, J.D. & J.-S. Pischke (2009). *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.
- Angrist, J.D. & J.-S. Pischke (2010). The credibility revolution in empirical economics: How better research design is taking the con out of econometrics. *Journal of Economic Perspectives* 24(2), 3–30.
- Angrist, J.D. & J.-S. Pischke (2015). *Mastering 'Metrics: The Path from Cause to Effect*. Princeton University Press.
- Arcidiacono, P., E.M. Aucejo & V.J. Hotz (2016). University differences in the graduation of minorities in STEM fields: Evidence from California. *American Economic Review* 106(3), 525–562.
- Arellano, M. (1987). Computing robust standard errors for within-groups estimators. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 49(4), 431–434.
- Ayres, I. (2007). *Super Crunchers*. Bantam Books.
- Becker, W.E. & W.H. Greene (2001). Teaching statistics and econometrics to undergraduates. *Journal of Economic Perspectives* 15(4), 169–182.
- Bertrand, M. E. Duflo & S. Mullainathan (2004). How much should we trust differences-in-differences estimates? *Quarterly Journal of Economics* 119(1), 249–275.
- Bowen, D.E. III, L. Frésard & J.P. Taillard (2016). What's your identification strategy? Innovation in corporate finance research. *Management Science* 63(8), 2529–2548.
- Brynjolfsson, E. & A. McAfee (2011). The big data boom is the innovation story of our time. *The Atlantic*, 21 ноября.
- Chamberlain, G. (1982). Multivariate regression models for panel data. *Journal of Econometrics* 18(1), 5–46.
- Christian, B. (2012). The A/B test: Inside the technology that's changing the rules of business. *Wired*, 25 апреля.

¹⁵В оригинале “Out of Time” — название песни группы *Rolling Stones* из альбома 1966 г. *Aftermath* — прим. редактора.

¹⁶Аллюзия на название песни “(I Can't Get No) Satisfaction” группы *Rolling Stones* из альбома 1965 г. *Out of Our Heads* — прим. редактора.

- Dale, S.B. & A.B. Krueger (2002). Estimating the payoff to attending a more selective college: An application of selection on observables and unobservables. *Quarterly Journal of Economics* 117(4), 1491–1527.
- Dougherty, C. (2016). *Introduction to Econometrics*. Oxford University Press, 5-е издание.
- Fuchs-Schündeln, N. & T.A. Hassan (2016). Natural experiments in macroeconomics. Глава 12 в *Handbook of Macroeconomics*, том 2, под редакцией J.B. Taylor & H. Uhlig, стр. 923–1012. Elsevier.
- Goldberger, A.S. (1991). *A Course in Econometrics*. Harvard University Press.
- Gujarati, D.N. (1978). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill.
- Gujarati, D.N. & D.C. Porter (2009). *Basic Econometrics*. McGraw-Hill, 5-е издание.
- Hamermesh, D.S. (2013). Six decades of top economics publishing: Who and how? *Journal of Economic Literature* 51(1), 162–172.
- Hayashi, F. (2000). *Econometrics*. Princeton University Press.
- Intriligator, M.D. (1978). *Econometric Models, Techniques, and Applications*. Prentice Hall.
- Johnston, J. (1972). *Econometric Methods*. McGraw-Hill, 2-е издание.
- Kennedy, P. (1979). *A Guide to Econometrics*. MIT Press.
- Kennedy, P. (2008). *A Guide to Econometrics*. Blackwell Publishing, 6-е издание.
- Kmenta, J. (1971). *Elements of Econometrics*. Macmillan Company.
- Kohavi, R. (2015). Online controlled experiments: Lessons from running A/B/n tests for 12 years. *Proceedings of 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, ACM.
- Maddala, G.S. (1977). *Econometrics*. McGraw-Hill.
- Moulton, B.R. (1986). Random group effects and the precision of regression estimates. *Journal of Econometrics* 32(3), 385–397.
- Newey, W.K. & K.D. West (1987). A simple, positive semi-definite, heteroskedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica* 55(3), 703–708.
- Panhans, M.T. & J.D. Singleton (2017). The empirical economist’s toolkit: From models to methods. *History of Political Economy* 49(supplement), 127–157.
- Pindyck, R.S. & D.L. Rubinfeld (1976). *Econometric Models and Economic Forecasts*. McGraw-Hill.
- Stock, J.H. & M.M. Watson (2015). *Introduction to Econometrics*. Pearson, 3-е издание.
- Studenmund, A.H. (2017). *Using Econometrics: A Practical Guide*. Pearson, 7-е издание.
- Summers, A.A. & B.L. Wolfe (1977). Do schools make a difference? *American Economic Review* 67(4), 639–652.
- White, H. (1980a). Using least squares to approximate unknown regression functions. *International Economic Review* 21(1), 149–170.
- White, H. (1980b). A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. *Econometrica* 48(4), 817–838.
- Wooldridge, J.M. (2016). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. Cengage Learning, 6-е издание.
- Yitzhaki, S. (1996). On using linear regressions in welfare economics. *Journal of Business & Economic Statistics* 14(4), 478–486.

Undergraduate econometrics instruction: through our classes, darkly

Joshua D. Angrist

Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA

Jörn-Steffen Pischke

London School of Economics, London, United Kingdom

The past half-century has seen economic research become increasingly empirical, while the nature of empirical economic research has also changed. In the 1960s and 1970s, an empirical economist's typical mission was to "explain" economic variables like wages or GDP growth. Applied econometrics has since evolved to prioritize the estimation of specific causal effects and empirical policy analysis over general models of outcome determination. Yet econometric instruction remains mostly abstract, focusing on the search for "true models" and technical concerns associated with classical regression assumptions. Questions of research design and causality still take a back seat in the classroom, in spite of having risen to the top of the modern empirical agenda. This essay traces the divergent development of econometric teaching and empirical practice, arguing for a pedagogical paradigm shift.