

Практическая эконометрика.

Лекция 1

преподаватели 2023: Ольга Сучкова, Алексей Замниус, Анна
Ставнийчук. При поддержке Георгия Калашнова

7 сентября 2023

План на сегодня

Немного о курсе

Введение в эксперименты

Причинная модель Рубина

Оценка эффекта воздействия

Stable Unit-Treatment Value Assumption

Причинный эффект vs Механизм

Table of Contents

Немного о курсе

Введение в эксперименты

Причинная модель Рубина

Оценка эффекта воздействия

Stable Unit-Treatment Value Assumption

Причинный эффект vs Механизм

Важные ссылки

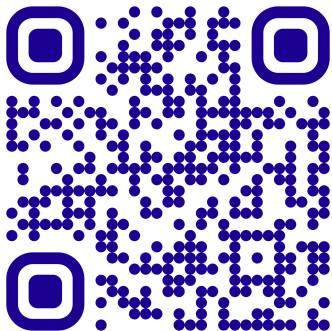


Рис. 1: Чат курса

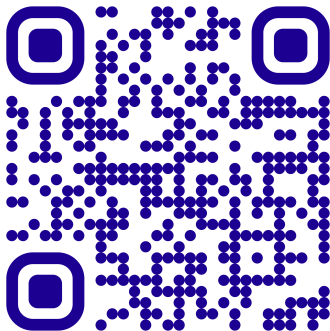
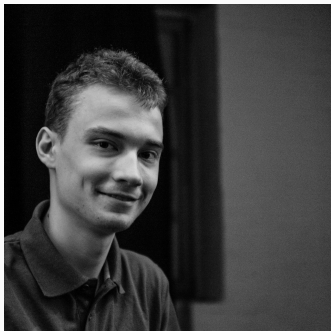


Рис. 2: Входной опрос

Преподаватели

Георгий Калашнов - автор
курса, морально
поддерживает
go9513@gmail.com



Ольга Сучкова - лекции и
семинары
suchkovaolga.91@mail.ru



Преподаватели

Алексей Замниус -
семинары
a.zamnius@me.com



Анна Ставнийчук -
семинары
annastavnychuk@gmail.com



- ▶ Мы изучаем гетерогенный мир. Кому-то финансовая помощь помогает при обучении, а кому-то нет. Переезд семьи в благополучный район по программе расселения аварийного жилья может по-разному повлиять на будущее детей разного возраста и пола, их будущую занятость и участие в преступности.
- ▶ В рамках курса мы будем говорить о гетерогенных оценках и методах, которые помогают измерить размер такого воздействия и которые позволяют получить подобие эксперимента там, где эксперимента нет. Что-то вы уже о них знаете из курсов Поведенческой и экспериментальной экономики и Эконометрики-2.

На какие вопросы позволяет ответить?

- ▶ Как изменение дизайна приложения повлияло на продажи? (провести АБ-тест)
- ▶ Как принять решение, если оценил много одинаковых гипотез? Достаточно ли моя выборка, чтобы «поймать» эффект?
- ▶ Как создание территорий опережающего развития повлияло на TFP в моногородах в России? (учитываем, что города отбирались в гос.программу)
- ▶ Каков динамический эффект от программы поддержки занятости в одном пилотном регионе? (подходящей контрольной группы не существует, регрессию нельзя оценить, но выход есть)
- ▶ Как смена избираемого мэра на назначаемого повлияла на структуру расходов города? (реформа происходила не одновременно и размер эффекта зависит от года «перехода»)

В этом курсе:

- ▶ Дизайн и анализ контролируемых исследований (экспериментов)
- ▶ Оценка эффекта на наблюдаемых («естественных») данных
- ▶ Гетерогенные эффекты

Логика: от «идеальной» ситуации и простого теста на равенство средних к более «естественной» ситуации и сложным методам.

- ▶ Модель Рубина, предпосылки идеального эксперимента
- ▶ Дизайн эксперимента, рандомизация, альтернативные тесты, престратификация, тестирование нескольких гипотез, bad control
- ▶ "Сломанные" эксперименты. Мера склонности. Мэтчинг. Двойная робастность
- ▶ Гетерогенные эффекты, causal random forest
- ▶ Разрывная регрессия sharp, fuzzy, spatial (на карте)). Ядра
- ▶ Панельные методы: синтетический контроль, staggered adoption DiD, event study

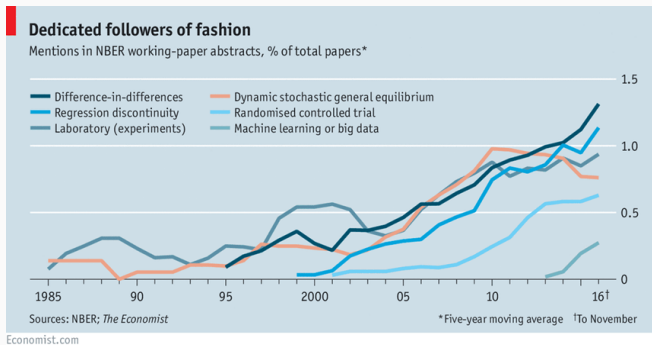
Балльно-рейтинговая система 2023

- ▶ Домашние задания в сумме 30% оценки. Бонусные пункты на 15%.
- ▶ Контрольная работа во время лекции – 20% от оценки за курс.
- ▶ Коллоквиум 10%.
- ▶ Письменный экзамен – 40% от оценки за курс.
Примеры прошлых лет на онэконе.
- ▶ Критерии оценок: отлично — не менее 85%
+коллоквиум, хорошо — не менее 65% +коллоквиум,
удовлетворительно — не менее 40%

Что на семинарах?

- ▶ Обзор теории по теме предыдущей лекции, возможно, выкладки.
- ▶ Задачи - небольшие примеры с условными цифрами для применения метода.
- ▶ Пример с кодом в R studio. Здесь мог бы быть python, но будет R.

Доля исследований с методами causal inference растёт: (The Economist)

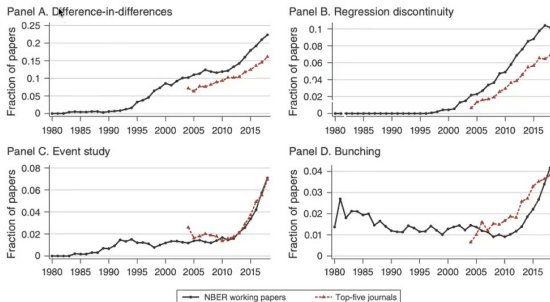


Почти 50% прикладных экономических исследований используют эти методы

VOL. 110

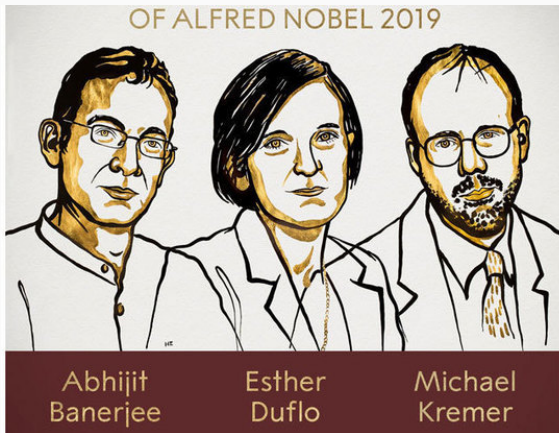
TECHNOLOGY AND BIG DATA ARE CHANGING ECONOMICS

45



Source: *Technology and Big Data Are Changing Economics: Mining Text to Track Methods* by Janet Currie, Henrik Kleven, and Esmee Zwiers

Нобелевская премия по экономике 2019 за «экспериментальный подход к борьбе с гло- бальной бедностью»



Нобелевская премия по экономике 2021 за «естественные эксперименты»



Тренд на «доказательную политику»

- ▶ Научпоп-ресурс от ЦПУР про evidence-based policy (умер) <https://ebpm.cpur.ru/>
- ▶ тг-канал «Путеводитель по доказательной политике» https://t.me/evidence_guide
- ▶ тг-канал «Если быть точным» <https://t.me/tochnost>

Методы causal inference в отрасли (примеры)

- ▶ в программе лучшей(1) отраслевой конференции Матемаркетинг <https://matemarketing.ru/>
- ▶ в программе 7.09.22 митапа «No ML causal inference» <https://noml.club/>
- ▶ тг-канал «Not Only ML» https://t.me/noml_community
- ▶ тг-канал «Reliable ML» Ирина Голощапова, Head of Advanced Analytics and Data Management Department Райффайзенбанк https://t.me/reliable_ml

(1) по мнению руководителя аналитики подписки Яндекс Плюс

Где почитать на английском?

- ▶ Angrist, Joshua D и Jorn-Steffen Pischke (2008). Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion. [ссылка](#)
- ▶ Scott Cunningham "Causal Inference: The Mixtape" [ссылка](#)
Cunningham (2021)
- ▶ Nick Huntington-Klein «The Effect: An Introduction to Research Design and Causality»
<https://theeffectbook.net/>
- ▶ Imbens, G., Rubin, D. (2015). Causal Inference for Statistics, Social, and Biomedical Sciences: An Introduction.
Cambridge: Cambridge University Press.
[doi:10.1017/CBO9781139025751](https://doi.org/10.1017/CBO9781139025751)
- ▶ Hernán MA, Robins JM (2020). Causal Inference: What If.
Boca Raton: Chapman Hall/CRC. [ссылка](#)
- ▶ По каждой лекции свои главы + статьи

Где посмотреть на английском

- ▶ Paul Goldsmith-Pinkham, Yale, 2021, курс лекций по прикладным методам для PhD-студентов - побольше и цель другая

Где посмотреть по-русски?

- ▶ Дмитрий Архангельский, Летний семинар 2014
- ▶ Дмитрий Архангельский, Causal Inference, 2018
- ▶ Дмитрий Архангельский, Intro into Panel Data Methods, 2020
- ▶ Дмитрий Архангельский, «Введение в экспериментальный анализ», 2021
- ▶ Нарезка МФК из 2020, 2021

Вспомним теорему Гаусса-Маркова

Вспомним теорему Гаусса-Маркова

Какую из предпосылок ещё не нарушали в эконометрике-1
?

Table of Contents

Немного о курсе

Введение в эксперименты

Причинная модель Рубина

Оценка эффекта воздействия

Stable Unit-Treatment Value Assumption

Причинный эффект vs Механизм

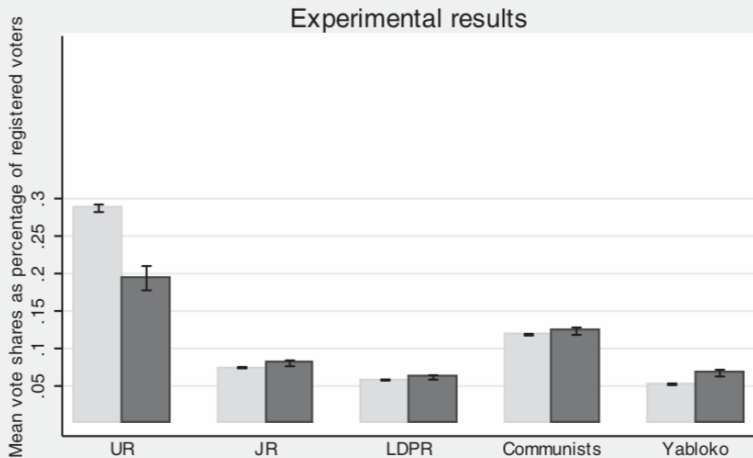
Пример - жульничество на выборах: Enikolopov и др. (2013)

- ▶ Были ли подтасовки результатов голосования в Москве на выборах в Государственную Думу 04.12.2011?
- ▶ Есть ли разница в долях голосов за каждую партию на участках с независимыми наблюдателями и без них?
- ▶ Исследование совместное с "Гражданином Наблюдателем"

Пример - жульничество на выборах: Enikolopov и др. (2013)

- ▶ Рандомизация независимых наблюдателей по 156 участкам из 3164 в Москве.
- ▶ Рандомизация – не «монеткой» / «кубиком», а по порядковому номеру участка.
- ▶ Однородные участки (исключены больницы и военные части).
- ▶ Плацебо-тест на данных 2007 года, чтобы проверить рандомизацию по номерам.

Результат эксперимента - значительно отличается доля голосов за "Единую Россию"



Потенциальные исходы

Потенциальные исходы – температура пациента, если он принял таблетку и если не принял

	Y_0	Y_1	X
Пациент 1	36.8	36.6	Из Европы
Пациент 2	37	36.6	Из Европы
Пациент 3	38	37.3	Из Азии
Пациент 4	39.2	39.1	Из Азии
Пациент 5	35.3	35	Из Европы

Зная потенциальные исходы, можно оценить средний эффект воздействия:

$$\frac{1}{N_1} \sum Y_1 - \frac{1}{N_0} \sum Y_0$$

Причинная модель Рубина: Rubin 1978

Вероятностная модель:

- ▶ Y_1, Y_0 – потенциальные исходы (**potential outcomes**)¹
- ▶ $T = 1$, если наблюдение в эксперименте и 0 иначе (**treatment variable**)
- ▶ X – Независимые переменные (**covariates**)

Мы хотим оценить распределение эффекта воздействия (**treatment effect**): $\tau = Y_1 - Y_0$

А скорее средний эффект воздействия (**average treatment effect**): $ATE = \mathbb{E}\tau$

$$\frac{1}{N_1} \sum Y_1 - \frac{1}{N_0} \sum Y_0 \xrightarrow{p} \mathbb{E}\tau$$

Table of Contents

Немного о курсе

Введение в эксперименты

Причинная модель Рубина

Оценка эффекта воздействия

Stable Unit-Treatment Value Assumption

Причинный эффект vs Механизм

Фундаментальная проблема причинного вывода

	Y_0	Y_1	X
Пациент 1	-	36.6	Из Европы
Пациент 2	-	36.6	Из Европы
Пациент 3	38	-	Из Азии
Пациент 4	39.2	-	Из Азии
Пациент 5	35.3	-	Из Европы

Fundamental problem of causal inference: для каждого элемента выборки мы наблюдаем либо Y_1 , либо Y_0

- ▶ Исходные данные: (Y_1, Y_0, T, X)
- ▶ Мы наблюдаем только (Y, T, X) , где $Y = TY_1 + (1 - T)Y_0$ – **observed outcomes**

Можем ли мы оценить эффект воздействия?

	Y_0	Y_1	X
Пациент 1	36.8	36.6	Из Европы
Пациент 2	37	36.6	Из Европы
Пациент 3	38	37.3	Из Азии
Пациент 4	39.2	39.1	Из Азии
Пациент 5	35.3	35	Из Европы

Средний эффект отрицательный (снижение температуры на 0.34)

	Y_0	Y_1	X
Пациент 1	36,8	-	Из Европы
Пациент 2	37	-	Из Европы
Пациент 3	-	37,3	Из Азии
Пациент 4	-	39,1	Из Азии
Пациент 5	35,3	-	Из Европы

Средний эффект положительный (температура растёт на +1.83)

Почему?

Немного определений

- ▶ Средний эффект воздействия (**average treatment effect**):

$$ATE = \mathbb{E}(\tau) = \mathbb{E}(Y_1 - Y_0)$$

- ▶ Средний эффект воздействия на задействованных (**average treatment on the treated**):

$$ATT = \mathbb{E}(\tau | T = 1) = \mathbb{E}(Y_1 - Y_0 | T = 1)$$

- ▶ Средний эффект воздействия на незадействованных (**average treatment on the non-treated**):

$$ATnT = \mathbb{E}(\tau | T = 0) = \mathbb{E}(Y_1 - Y_0 | T = 0)$$

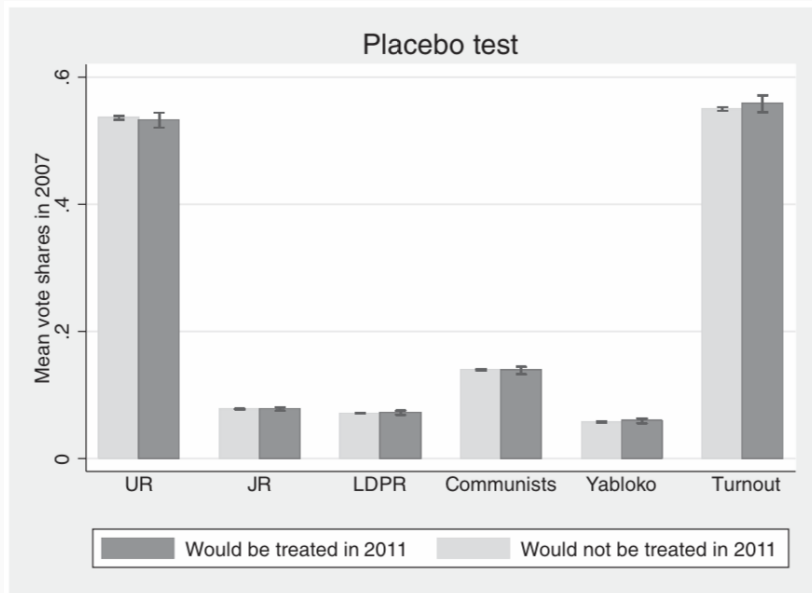
- ▶ $ATE = \pi * ATT + (1 - \pi) * ATnT$, где π - это вероятность попасть в тритмент-группу. Одинаковая для всех наблюдений в эксперименте.

Что нужно, чтобы не было смещения

- ▶ Экзогенность воздействия: $(Y_1, Y_0, X)_i \perp T_i^2$.
Таблетка назначается случайным образом и не связана с потенциальными исходами и другими характеристиками. **Это можно проверить!**
- ▶ Баланс ковариатов: средние по всем X в тритмент- и контрольной группах не должны статистически различаться

²Angrist и Pischke 2008, Раздел 2. Imbens и Rubin 2015, Глава 3

Плацебо-тест



Эффект может быть гетерогенным (Cunningham, п.04)

$$\begin{aligned} \mathbb{E}[Y_1|T=1] - \mathbb{E}[Y_0|T=0] = & \\ \underbrace{\mathbb{E}[Y_1] - \mathbb{E}[Y_0]}_{\text{ATE}} + & \underbrace{\mathbb{E}[Y_0|T=1] - \mathbb{E}[Y_0|T=0]}_{\text{Sample Bias}} + \\ \underbrace{(1-\pi)(ATT - ATnT)}_{\text{HTE bias}} & \end{aligned}$$

Доказательство (Cunningham, п.04)

Пусть

$$\mathbb{E}[Y_1 | T = 1] = a$$

$$\mathbb{E}[Y_1 | T = 0] = b$$

$$\mathbb{E}[Y_0 | T = 1] = c$$

$$\mathbb{E}[Y_0 | T = 0] = d$$

$$ATE = e$$

Тогда

$$ATT = a - c$$

$$ATnT = b - d$$

$$\text{selection bias} = c - d$$

$$e = \pi * a + (1 - \pi) * b - \pi * c + (1 - \pi) * d$$

Доказательство (Cunningham, п.04)

$$e = \pi * a + (1 - \pi) * b - \pi * c + (1 - \pi) * d$$

$$e = \pi * a + b - \pi * b - \pi * c - d + \pi * d + \\ (a-a) + (c-c) + (d-d)$$

$$0 = e - \pi * a - b + \pi * b + \pi * c + d - \pi * d \\ - a + a - c + c - d + d$$

$$a-d = e + (c-d) + a - \pi * a - b + \pi * b - c + \pi * c + d - \pi * d$$

$$a-d = e + (c-d) + (1-\pi)a - (1-\pi)b + (1-\pi)d - (1-\pi)c$$

$$a-d = e + (c-d) + (1-\pi)(a-c) - (1-\pi)(b-d)$$

Получаем:

$$a-d = ATE + \text{selection bias} + (1-\pi)(ATT - ATnT)$$

Пример гетерогенности - программа переселения из ветхого жилья в Чикаго: Chyn (2018)

- Различия в судьбе детей из переселённых семей и оставшихся жить в неблагополучном районе.



Эффекты для разных групп: Chyn (2018)

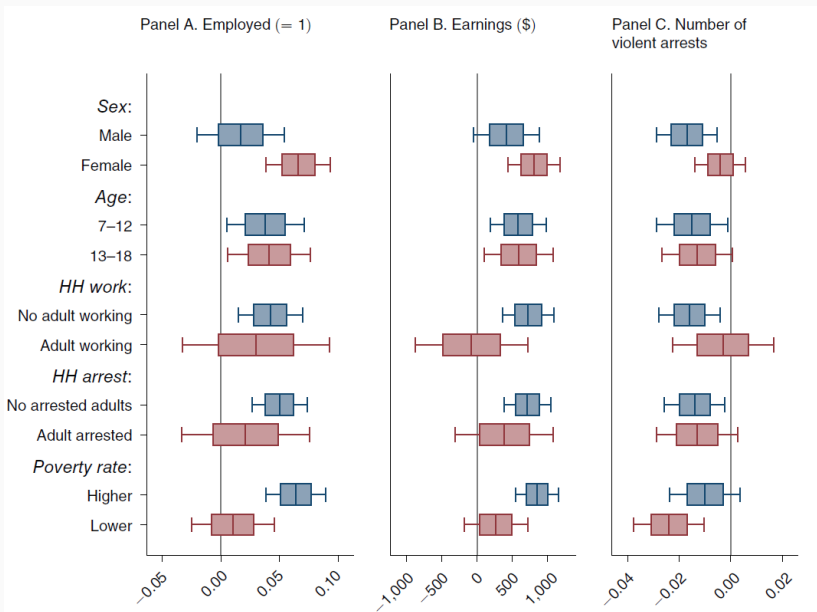


Table of Contents

Немного о курсе

Введение в эксперименты

Причинная модель Рубина

Оценка эффекта воздействия

Stable Unit-Treatment Value Assumption

Причинный эффект vs Механизм

Stable unit treatment value assumption: для наблюдений i и j

$$(Y_1, Y_0, X)_i \perp T_j$$

SUTVA точно не соблюдается, если:

- ▶ Если воздействие континуально, а не бинарно
- ▶ Если существует несколько разных видов «воздействий»
- ▶ Если одно воздействие задействует несколько объектов наблюдения

Почему отсутствие sutva – это плохо? И всегда ли это «плохо»?

SUTVA в статье о выборах

- ▶ Из SUTVA следует, что исход в контрольной группе не зависит от тритмент-группы - это важная предпосылка модели Рубина!
- ▶ H_0 : Если 2 участка расположены в одном здании, и на одном участке присутствует независимый наблюдатель, то на втором могут побояться мошенничать, хотя формально наблюдателя там нет.
- ▶ Если H_0 не отвергается, то тритмент-группа и контрольная группа не изолированы. Нарушается одна из предпосылок для идеального эксперимента

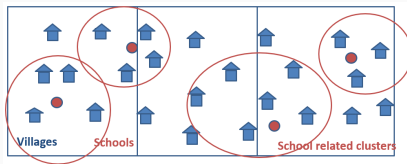
Sample	Vote share of				
	United Russia	Just Russia	LDPR	Communists	Yabloko
Observers present	-0.130*** (0.013)	0.029*** (0.004)	0.027*** (0.003)	0.035*** (0.005)	0.034*** (0.004)
Observers present in a neighboring polling station	-0.052*** (0.014)	0.014*** (0.004)	0.022*** (0.004)	0.015*** (0.005)	-0.002 (0.005)
Constant	0.452*** (0.010)	0.125*** (0.003)	0.097*** (0.002)	0.198*** (0.003)	0.089*** (0.004)
Observations	3,164	3,164	3,164	3,164	3,164
r^2	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02

SEs clustered by electoral district are in parentheses. * $P < 0.1$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$.

- H_0 не отвергается, влияние есть.
- Здесь это не проблема, т. к. просто занижается оценка эффекта независимого наблюдателя. Если исследование покажет наличие мошенничества, то в реальности его масштабы были ещё больше.

А если SUTVA нет, и это критично?

Поменять единицу наблюдения: отправлять в тритмент не индивидов, а «общности» (units). И разобраться в «общностях». Пример: эффект от применения новых удобрений в сельской местности Кении. Рандомизация семей фермеров по школам, куда ходят их дети (семьи тесно общаются), а не по отдельным домам, и не внутри административных «деревень». (ссылка на лекцию 4.2 Rachel Glennerster)



SUTVA нет: можно оценить эффект окружения

(Примеры из ВКР Алёны Горбунцовой, 2022)

1. peer effects – влияние характеристик, поведения и исходов окружающих людей на исход конкретного человека [Sacerdote, 2011].
2. Чем более ответственные и трудолюбивы одноклассники, тем выше успеваемость отдельного школьника по математике [Shure, 2021].
3. На индекс массы тела ребенка отрицательно влияет уровень образования родителей школьных друзей [Dieye, Fortin, 2017].
4. Вероятность начать курить выше, если школьные друзья курят [Hsieh, Van Kippersluis, 2018].

Table of Contents

Немного о курсе

Введение в эксперименты

Причинная модель Рубина

Оценка эффекта воздействия

Stable Unit-Treatment Value Assumption

Причинный эффект vs Механизм

Причинный эффект vs Механизм

Когда удалось оценить причинный эффект, может быть несколько механизмов влияния

- ▶ X влияет на Y
- ▶ Но почему X влияет на Y ?

Проверка экономической теории, выводов из теоретических моделей - это не "оценка причинного эффекта а проверка "механизма влияния".

Иногда проблематично разграничить механизмы влияния (Далее - пример Ольги Кузьминой, РЭШ)

(Корреляция) Фирмы с иностранными собственниками в среднем более продуктивны, чем с местными собственниками

- ▶ = (Selection) Зарубежные инвесторы покупают самые продуктивные фирмы
- ▶ + (Causality) Покупка фирмы иностранным инвестором положительно влияет на её продуктивность

Иногда проблематично разграничить механизмы влияния

- ▶ = (Механизм) Зарубежные собственники больше вкладываются в инновации, из-за чего растёт продуктивность
 - ▶ (Суб-механизм) Больше вкладываются в инновации, потому что для них это дешевле, например, они могут занимать деньги под низкий процент
 - ▶ (Суб-механизм) И потому что они имеют доступ к другим рынкам и могут распределить издержки
- ▶ + (Механизм) Зарубежные собственники больше склонны работать на экспорт, что увеличивает продуктивность
 - ▶ (Суб-механизм) Зарубежные собственники больше склонны работать на экспорт, поскольку имеют связи за рубежом
 - ▶ (Суб-механизм) «Learning-by-exporting» (доступ к новым знаниям, ресурсам, обмен опытом...)

Как разграничить механизмы влияния – 1

- ▶ Идея похожа на плацебо-тест: найти ситуации (подвыборки или временные периоды), где один из механизмов будет перекрыт или слабее/сильнее работает по каким-то внешним причинам, и сравнить размеры эффекта.
- ▶ Важно! Разделение на подвыборки должно быть из-за внешнего шока
- ▶ Важно! Тритмент-эффект по подвыборкам может различаться не только из-за перекрытия механизма

Минимально детектируемый эффект

Далее излагается по материалам JPAL

Шаги для эксперимента

- ▶ Что хотим проверить?
- ▶ Выбрать заранее метрику (outcome variable)
- ▶ Продумать дизайн эксперимента заранее (размер выборки, м.б. престратификация, проверяем ли нужную гипотезу или есть альтернативные объяснения)
- ▶ Подумать, какого размера может быть эффект (MDE) и помнить об ошибках 1 и 2 рода
- ▶ Эффект может отличаться на разных подвыборках
- ▶ Чтобы получить несмещенную оценку, нужно назначать «третмент» случайно.
- ▶ Проверить качество рандомизации «балансом ковариатов»,
- ▶ Надо придумать и провести плацебо-тест (AA-тест)

Литература: книжки и образовательные материалы i






Angrist, Joshua D и Jörn-Steffen Pischke (2008). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton university press.



Cunningham, Scott (2021). *Causal Inference: The Mixtape*.



Imbens, Guido W и Donald B Rubin (2015). *Causal inference in statistics, social, and biomedical sciences*. Cambridge University Press.

-  Chyn, Eric (2018). «Moved to opportunity: The long-run effects of public housing demolition on children». В: *American Economic Review* 108.10, с. 3028—56.
-  Enikolopov, Ruben и др. (2013). «Field experiment estimate of electoral fraud in Russian parliamentary elections». В: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.2, с. 448—452.
-  Rubin, Donald B (1978). «Bayesian inference for causal effects: The role of randomization». В: *The Annals of statistics*, с. 34—58.