

Планирование эксперимента

Георгий Калашнов, Ольга Сучкова

16 марта 2020 г.

План на сегодня

Планирование эксперимента

Генерация treatment переменной

Publication bias и пререгистрация

Коррекция Бонферони

Контроль Family-wise ошибки

Контрольные переменные, чтобы измежать смещения

Примеры

Confounders

Предположение условной независимости

Table of Contents

Планирование эксперимента

Генерация treatment переменной

Publication bias и пререгистрация

Коррекция Бонферони

Контроль Family-wise ошибки

Контрольные переменные, чтобы измежать смещения

Примеры

Confounders

Предположение условной независимости

Что важно предусмотреть при генерации переменной

- ▶ Престратификация
- ▶ Проверить баланс ковариатов
- ▶ Предусмотреть воспроизводимость

Воспроизводимость

- ▶ Если вы генерировали случайные числа, как их воспроизвести?
- ▶ С помощью seed value.
- ▶ Как в эксперименте на выборах в Государственную Думу
- ▶ Обобщение идеи с Государственной Думой: Хэш функция

Table of Contents

Планирование эксперимента

Генерация treatment переменной

Publication bias и пререгистрация

Коррекция Бонферони

Контроль Family-wise ошибки

Контрольные переменные, чтобы измежать смещения

Примеры

Confounders

Предположение условной независимости

Table of Contents

Планирование эксперимента

Генерация treatment переменной

Publication bias и пререгистрация

Коррекция Бонферони

Контроль Family-wise ошибки

Контрольные переменные, чтобы измежать смещения

Примеры

Confounders

Предположение условной независимости

Пример

1. Мы верим, что эксперимент влияет хоть на что-то. Мы провели много тестов и все они провалились. А давайте проверим еще эффект на заработную плату через 2 года после выпуска в подгруппе людей до 23 лет. Там то эффект есть?

Почему так нельзя

H_0 : treatment ни на что не влияет

$$P(\text{test1} | H_{0t1}) = 0.05$$

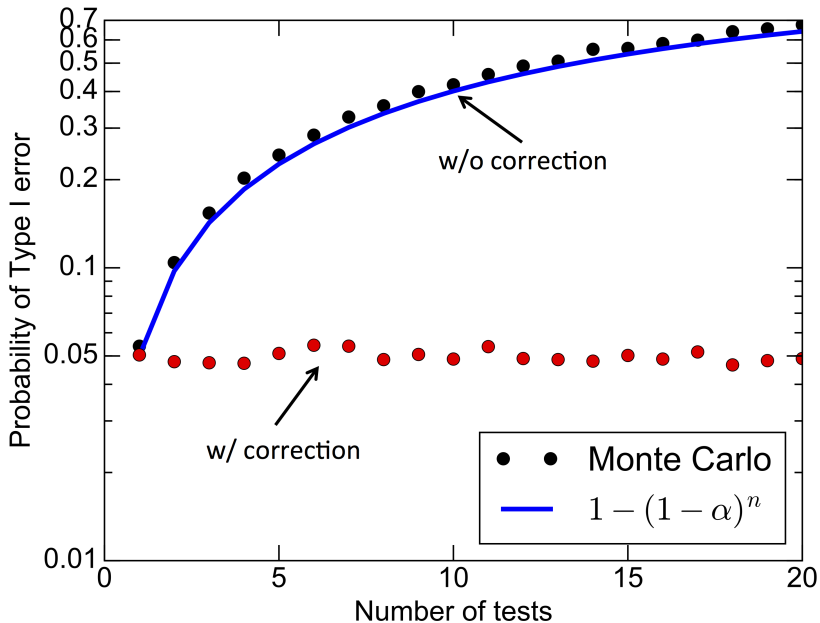
$$P(\text{test2} | H_{0t2}) = 0.05$$

Family-wise уровень значимости (FWER): вероятность отвергнуть верную нулевую гипотезу хотя бы в одном тесте.

Предположим test1 и test2 распределены независимо, тогда

$$\text{FWER} = 1 - (1 - P(\text{test1} | H_0))(1 - P(\text{test2} | H_0)) > 0.05$$

В случае зависимости проблема сохраняется



Коррекция Бонферрони

Просто поделить уровень значимости на количество тестов

$$\alpha' = \frac{\alpha}{m}$$

$$\text{FWER} \leq \sum_{i=1}^m P(\text{test}_i | H_0) = m\alpha' = \alpha$$

Восходящая процедура Хольма

1. Отсортировать по возрастанию значений значимости тестов по возрастанию: $P_{(1)}, P_{(2)}, \dots, P_{(m)}$
2. Найти минимальный k такой, что $P_{(k)} > \frac{\alpha}{m+1-k}$
3. отвергнуть все гипотезы с индексом $i < k$

Еще варианты

- ▶ Коррекция Бонферрони
- ▶ Коррекция Сидака (альтернатива Бонферрони)
- ▶ Восходящая процедура Хольма
- ▶ Нисходящая процедура Сидака (альтернатива Хольму)

Table of Contents

Планирование эксперимента

Генерация treatment переменной

Publication bias и пререгистрация

Коррекция Бонферони

Контроль Family-wise ошибки

Контрольные переменные, чтобы измежать смещения

Примеры

Confounders

Предположение условной независимости

Пример: эффект от обучения на результаты по математике (Barnard и др. 2003)

- ▶ Абитуриентам из бедных семей случайным образом предлагалась грант на обучение в частной школе
- ▶ Предполагалось выдавать грант случайным образом, но
 - ▶ Детям из сильных школ давали грант с большей вероятностью
- ▶ Выполнено ли $(X, Y_1, Y_0) \perp T$?

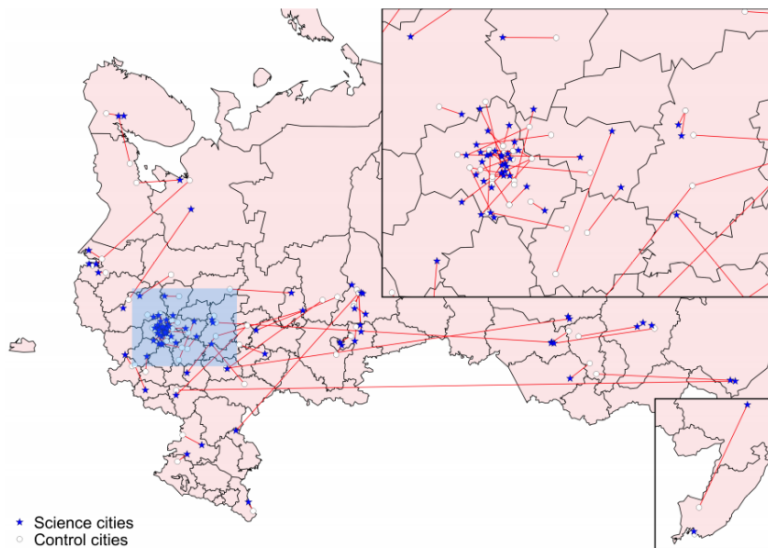
$$\frac{N_H}{N} \left(\frac{1}{N_{TH}} \sum_{T=1, S=H} Y - \frac{1}{N_{CH}} \sum_{T=0, S=H} Y \right) +$$
$$\frac{N_L}{N} \left(\frac{1}{N_{TL}} \sum_{T=1, S=L} Y - \frac{1}{N_{CL}} \sum_{T=0, S=L} Y \right)$$

Проверка баланса ковариатов

Table 2. Design Comparisons in Balance of Background Variables: Single-Child Families. The Numbers Are Z Statistics From Comparing Observed Values of Variables Between Assignments

Variable	Application period 1			Periods 2–5
	Simple random sample	Stratified random sample	PMPD	Randomized block
Applicant's school (low/high)	-.98	0	.11	.21
Grade level	-1.63	.03	-.03	-.39
Pretest read score	-.38	.65	.48	-1.05
Pretest math score	-.51	1.17	.20	-1.37
African-American	1.80	1.68	1.59	1.74
Mother's education	.16	.14	.09	1.67
In special education	.31	1.66	-.17	.22
In gifted program	.42	-1.16	-.13	.75
English main language	-1.06	-.02	-1.03	-.44
AFDC	-.28	.49	.83	-1.57
Food stamps	-1.08	-.27	.94	-1.31
Mother works	-1.26	-.30	-1.18	.40
Educational expectations	.50	1.79	.57	.19
Children in household	-1.01	-1.75	.41	-1.02
Child born in U.S.	.49	.73	-1.40	-.69
Length of residence	.42	.71	.66	-.78
Father's work missing	1.09	.70	0	.16
Catholic religion	-1.84	-.19	-.74	-.80
Male	.88	1.22	.76	.53
Income	-.38	-.62	.74	-1.21
Age as of 4/97	-1.57	.18	-.47	-.87

Пример 2: Долгосрочный эффект от RD (Schweiger, Stepanov и Zacchia 2018)



Проблема в Confounders

- ▶ Covariates – X , коррелирующие с Y
- ▶ Confounders – X , коррелирующие с Y и с T

Схема

Иллюстрация 1

	Y_1	Y_0	X
Пациент 1	-	37.8	Из Европы
Пациент 2	-	37.6	Из Европы
Пациент 3	-	40	Из Азии
Пациент 4	36.6	-	Из Европы
Пациент 5	38	-	Из Азии
Пациент 6	39.2	-	Из Азии

В чем проблема и что можно сделать?

- ▶ Нет баланса по X !
- ▶ Что с $T_i \perp (Y(1)_i, Y(0)_i, X_i)$?

Иллюстрация 2

	Y_1	Y_0	X
Пациент 1	-	37.8	Эксперимент в 2019 $P = 0.33$
Пациент 2	-	37.6	Эксперимент в 2019 $P = 0.33$
Пациент 4	36.6	-	Эксперимент в 2019 $P = 0.33$
Пациент 3	-	40	Эксперимент в 2020 $P = 0.66$
Пациент 5	38	-	Эксперимент в 2020 $P = 0.66$
Пациент 6	39.2	-	Эксперимент в 2020 $P = 0.66$

- ▶ В экспериментах разные P . По чему теперь нет баланса?
- ▶ Что с $T_i \perp (Y(1)_i, Y(0)_i, X_i)$?

Иллюстрация 3

	Y_1	Y_0	X
Пациент 1	-	37.8	Эксперимент в 2019 $P = 0$
Пациент 2	-	37.6	Эксперимент в 2019 $P = 0$
Пациент 4	-	36.6	Эксперимент в 2019 $P = 0$
Пациент 3	40	-	Эксперимент в 2020 $P = 1$
Пациент 5	38	-	Эксперимент в 2020 $P = 1$
Пациент 6	39.2	-	Эксперимент в 2020 $P = 1$

► Можем что-то сделать?

Unconfoundedness и Overlap

- ▶ $T_i \perp (Y(1)_i, Y(0)_i, X_i)$ - идеальный эксперимент
- ▶ Вероятность попасть в тритмент-группу известна и одинакова для всех
- ▶ $T_i \perp (Y(1)_i, Y(0)_i | X_i)$ - unconfoundedness (CIA, conditional independence assumption). Если взять людей с одинаковыми характеристиками, то факт, что они в такой-то группе, не зависит от потенциальных исходов
- ▶ $e(X_i) = E(D_i | X_i) \in (0, 1)$ - overlap. Вероятность попадания в тритмент-группу зависит от характеристик и ненулевая для всех значений X

Литература: книжки

Литература: статьи



Barnard, John и др. (2003). «Principal stratification approach to broken randomized experiments: A case study of school choice vouchers in New York City». в: *Journal of the American Statistical Association* 98.462, с. 299—323.



Schweiger, Helena, Alexander Stepanov и Paolo Zacchia (2018). «The long-run effects of R&D place-based policies: evidence from Russian science cities». в: