THE WORLD BANK

IMPACT EVALUATION

技术路线
第一部分:
因果推断

中国北京

2009

Human Development Network

Spanish Impact Evaluation Fund

动机

- 医学领域大多数研究问题的本质都是在探讨因果关系
- 例如:
  - 某种药物对某类人群的功效如何?
  - 某种疾病经过某种治疗或政策干预后，其死亡率的降低程度如何?

动机

- 经济学中最富挑战性的实证性问题也涉及因果关系:
  - 学校实行地方分权化之后教学质量是否有改进?
  - 多接受一年教育能否*带来*更高的收入?
  - 有条件的现金转移能否*使*儿童更加健康?

动机

以下方面内容会引起人们对这些问题的研究兴趣:

- 政策关注
  - 公共项目能否减少贫困?
- 理论考虑
- 决策者面临的问题

对问题的感性认识：一个假设的例子

- 一个针对孕期妇女的有条件的现金转移项目
  - 她们会定期进行体检
  - 项目集中在营养状况良好的地区
  - 定期开展活动，宣传吸烟和饮酒的风险

- 关键问题：该项目能否影响儿童的出生体重？

有条件的现金转移（CCT）与出生体重

- 假设你的数据来自：一个开展CCT的乡镇的妇女和一个临近的未开展CCT的乡镇的妇女

Y = 平均出生体重（克）				
	开展CCT乡镇的妇女	临近的未开展CCT的乡镇的妇女	差异	二次差异
开展CCT之前	?	?		
开展CCT之后	3,250	3,100	150	?

有条件现金转移（CCT）与出生体重

- 假设你的数据来自：实施项目的一个乡镇的妇女和邻近的一个未实施项目的乡镇的妇女

Y = 平均出生体重（克）				
	开展CCT乡镇的妇女	临近的未开展CCT的乡镇的妇女	差异	二次差异
开展CCT之前	**3,025**	**2,840**	**185**	
开展CCT之后	**3,250**	**3,100**	**150**	**-35**

有条件的现金转移（CCT）与出生体重

- 假设有关于随机选出参与本项目的妇女的一些数据

Y = 平均出生体重（克）			
	开展CCT乡镇的妇女	临近的未开展CCT的乡镇的妇女	差异
开展CCT之前	3,025	2,840	185
开展CCT之后	3,250	3,100	150
	开展CCT乡镇的妇女	临近乡镇的妇女随机选择	差异
开展CCT之前	3,028	3,028	0
开展CCT之后	3,250	3,105	145

标准统计分析

- 工具：可能性、其它预测技术
- 目标：从一个分布的样本来推断这个分布的参数
- 应用：借助参数可以：
  - 推断变量之间的关联
  - 估计已发生事件和未发生事件的可能性
  - 根据新证据或新测量方法重新估计事件的概率
- 条件：实验条件要一致

因果分析

- 因果分析比标准统计分析更进一步
- 旨在推断数据生成过程的各个方面
- 借助这些方面，可以推论：
  - ***静态***（如在标准统计分析中）***条件下***，事件发生的可能性
  - ***和条件变化时***，事件的动态变化情况

因果分析

- “*条件改变时事件的动态变化*”包括：

1. 预测干预效应
2. 预测自发变化引起的效应
3. 找出该事件的起因

因果关系与相关关系

- 标准统计分析/概率论：
  - 没有“*原因*”这一词汇
  - 我们能说两个事件互相*关联*，或相互依赖
    - 发现一个事件，就能发现另一个事件
- 这对政策制定人而言是不够的
  - 他们需要为政策决策寻找合理依据：假如我们做了XXX，是否就能得到YYY?
  - 因此必须在概率语言中增添*因果关系*这一词汇

鲁宾因果关系模型

- 人群为U.

  U 的每个个单元记为 u .

- 对每一 单元$u \in U$，研究的变量Y均有一个对应值 $Y(u)$,称为:反应变量

- 鲁宾的***立场***是***原因***必须能成为假设试验中的处理因素

- 简言之，我们假设处理因素仅有两个原因或干预层面
- 令$\boldsymbol{D}$ 表示 $\boldsymbol{U}$ 中暴露单元的变量的原因

$$D=\begin{cases}1 & \text{假设单元u受到干预}\\ 0 & \text{假设单元u作为对照}\end{cases}$$

- 在一个设对照组的研究中， $\boldsymbol{D}$由试验者构建
- 在一个不设对照组的研究中， $\boldsymbol{D}$由不受试验者控制的因素所决定

- 因变量 $\boldsymbol{Y}$ 潜在地受u是否受到干预所影响

- 因此我们需要两个因变量：

$Y_1(u)$ 是单元u受到干预的结果

$Y_0(u)$ 是单元u作为对照的结果

$$D=\begin{cases}1 & \text{假设单元u受到干预}\\ 0 & \text{假设单元u作为对照}\end{cases}$$

$Y_1(u)$ 是单元u受到干预的结果

$Y_0(u)$ 是单元u作为对照的结果

↓

那么每个单元u的结果就是：

$$Y(u)=DY_1(u)+(1-D)Y_0(u)$$

注：此定义假设对某一单元的干预不影响其他单元的潜在结果

定义：对于每一个单元u而言，干预引起的效应为：

$$\delta_u = Y_1(u) - Y_0(u)$$

因果推断的基本问题是：

对于某个u,我们只能观察到 $Y_1(u)$ 或 $Y_0(u)$

我们无法同时观察到同一单元u的$Y_1(u)$值和$Y_0(u)$值

$\Rightarrow$ 不可能通过u本身观察到干预对u的效应

问题：我们对于单元u没有虚拟条件的证据，

即假如不暴露于处理因素，u会发生什么

- 假设无法观察到单个单元u的干预效应，我们可以将目标转向确定总体$\boldsymbol{U}$（或亚总体）的***平均干预效应***

- 总体$\boldsymbol{U}$（或亚组）的平均干预效应（ATE）：

$$TE_u = \delta_u = Y_1(u) - Y_0(u)$$

$$\Downarrow$$

$$\begin{aligned} ATE_U &= E_U\ [Y_1(u) - Y_0(u)] \\ &= E_U[Y_1(u)] - E_U[Y_0(u)] \\ &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_0 \\ &= \bar{\delta} \qquad (1) \end{aligned}$$

- 统计学的解决方式是：用可以估计的总体*U*的***平均***干预效应*t*，*来*代替无法观察到的一个单元*u的*干预效应*t*

- $E_U(Y_1)$ 和 $E_U(Y_0)$无法计算，但可以估计

- 多数计量经济学方法试图从估计一致的观察数据中得出

$$E_U(Y_1) = \bar{Y}_1 \qquad \text{以及} \qquad E_U(Y_0) = \bar{Y}_0$$

因此我们想办法估计:

$$\begin{aligned} ATE_U &= E_U[Y_1(u)] - E_U[Y_0(u)] \\ &= \bar{Y}_1 - \bar{Y}_0 \end{aligned} \qquad (1)$$

可以考虑对 ATE_U进行如下简单估计:

$$\hat{\delta} = [\hat{\bar{Y}}_1 \mid D=1] - [\hat{\bar{Y}}_0 \mid D=0] \qquad (2)$$

- 等式（1）适用于总体
- 等式（2）是该总体中样本的估计值

推论：若假设

$$[\bar{Y}_1 \mid D=1]=[\bar{Y}_1 \mid D=0]$$

而且 $[\bar{Y}_0 \mid D=1]=[\bar{Y}_0 \mid D=0]$

那么

$$\hat{\bar{\delta}}=[\hat{\bar{Y}}_1 \mid D=1]-[\hat{\bar{Y}}_0 \mid D=0]$$

是

$$\bar{\delta}=\bar{Y}_1-\bar{Y}_0$$

的一致性估计。

- 因此，用简单估计作真实ATE值一致估计的充分条件是：

$$[\bar{Y}_1 \mid D=1] = [\bar{Y}_1 \mid D=0]$$

以及

$$[\bar{Y}_0 \mid D=1] = [\bar{Y}_0 \mid D=0]$$

- 受到干预的平均结果 $\bar{Y}_1$ 与干预组(D=1)及对照组 (D=0) 的相同

- 作为对照的平均结果 $\bar{Y}_0$ 与干预组(D=1)及对照组 (D=0) 的相同

这些条件在什么情况下能得到满足？

- 干预因素分配 D 与 Y_0 和 Y_1可能的分布结果无关联
  - 直觉: 以下无关联
    - 某人是否受到干预
    - 某人在干预中的受益程度

- 达到无关联性的最简单方法是随机分配干预因素

阐述该问题的另一种方式

- 运算可得:

$$\underbrace{\hat{\bar{\delta}}}_{\text{简单估计}} = \underbrace{\bar{\delta}}_{\text{真实效应}} + \underbrace{\left([\bar{Y}_0 \mid D=1] - [\bar{Y}_0 \mid D=0]\right)}_{\text{基线差异}}$$

$$+ (1-\pi)\underbrace{\left(\delta_{\{D=1\}} - \delta_{\{D=0\}}\right)}_{\text{干预因素的异质性}}$$

阐述该问题的另一种方式（用文字描述）

- 观察性研究估计因果效应，需要消除两种来源的偏倚
  - 基线差异（选择性偏倚）
  - 干预因素的异质性

- 目前多数方法仅能处理选择性偏倚

实验组的干预

- *ATE*不一定是我们感兴趣的参数
- 通常***干预组的***平均干预效应才是最受关注的是：

$$
\begin{aligned}
TOT &= E\left[Y_1(u) - Y_0(u) \mid D = 1\right] \\
&= E\left[Y_1(u) \mid D = 1\right] - E\left[Y_0(u) \mid D = 1\right]
\end{aligned}
$$

实验组的干预

若要估计 TOT

$$TOT = E[Y_1(u) | D = 1] - E[Y_0(u) | D = 1]$$

假设: *TOT*的一致估计为，

$$[\bar{Y}_0 | D = 1] = [\bar{Y}_0 | D = 0]$$

那么简单估计(2)

$$\hat{\delta} = [\hat{\bar{Y}}_1 | D = 1] - [\hat{\bar{Y}}_0 | D = 0]$$

“干预组和对照组没有基线差异”

参考文献

- Judea Pearl (2000): Causality: Models, Reasoning and Inference, Cambridge University press. (Book) Chapters 1, 5 and 7.
- Trygve Haavelmo (1944): “The probability approach in econometrics,” *Econometrica* 12, pp. iii-vi+1-115.
- Arthur Goldberger (1972): “Structural Equations Methods in the Social Sciences,” *Econometrica 40*, pp. 979-1002.
- Donald B. Rubin (1974): “Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized experiments,” *Journal of Educational Psychology 66*, pp. 688-701.
- Paul W. Holland (1986): “Statistics and Causal Inference,” *Journal of the American Statistical Association 81*, pp. 945-70, with discussion.