

# 统计因果推断及应用—2023 年春季期末作业

截止日期：2023 年 04 月 18 日晚 22: 00

## 1 Presentation (必选题)

1. 请用课堂所学的方法分析实际数据，提供数据来源、数据整理过程、分析过程、及最终结论。整理成小组报告形式提交，请组长提交，第九周课堂展示。
  2. 因果推断方面的论文读书报告。整理成小组读书报告形式提交，此部分内容可以个人 or 小组，第九周课堂展示。
  3. 科研交流展示。提交展示 ppt 即可，此部分内容可以个人 or 小组，第九周课堂展示。
- 注：前两个选项也建议做展示 ppt，每个小组控制在 15 分钟以内。

以下作业截止日期：2023 年 04 月 30 日晚 22: 00

## 2 个人作业 (以下作业必选 5 题，11 大题换算为 2 题，12 大题换算为 3 题，13 题换算为 4 题，多选酌情加分)

1. 分别用一句话叙述 Simpson's paradox 和 Surrogate paradox 的内容。列举你的生活和研究中可能潜在的以上悖论的例子。
2. 叙述可识别性的定义。
3. 叙述潜在结果模型中潜在结果的定义，和平均因果作用的定义。
4. 叙述可忽略性的定义和含义。
5. 叙述倾向得分的定义和性质。
6. 叙述倾向得分匹配的原理和估计思想。
7. 叙述工具变量在单调性假设下的非参识别性。
8. 叙述工具变量两阶段最小二乘法的有效性。
9. 叙述无效工具变量下的一些识别方法。
10. 叙述双重差分和合成控制法的异同。

11. 给定 STUVA, 一致性和可忽略性, 利用倾向得分估计、回归估计、双稳健估计、和一些机器学习的方法完成平均因果作用的估计, 包括数据生成和估计。

12. 中介分析, 如图1所示, 我们给定以下假设,

- (a)  $Y_{x,m} \perp\!\!\!\perp X \mid C$
- (b)  $Y_{x,m} \perp\!\!\!\perp M \mid (I, X)$
- (c)  $M_x \perp\!\!\!\perp X \mid W$
- (d)  $Y_{x,m} \perp\!\!\!\perp M_{x^*} \mid I$

请思考:

- (1) 证明  $\mathbb{E}(Y_{0,M_1})$  可识别。
- (2) 设计一个模拟试验完成多稳健估计, 参考文献 Tchetgen Tchetgen & Shpitser (2012)。

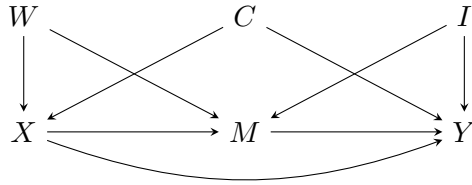


图 1: 中介分析, 其中  $V = (W, C, I)$

13. 我们关心某个二值处理变量  $X$  对结果变量  $Y$  的因果作用。给定 STUVA, 一致性和可忽略性, 及完全观察的协变量  $V$ , 一个参数倾向得分

$$\pi(V; \alpha) = \text{pr}(X = 1 \mid V; \alpha)$$

和一个参数化结果回归

$$m(V; \beta) = E(Y \mid X = 1, V; \beta)$$

这里  $\hat{E}$  表示经验均值算子。我们可以用以下三种方法估计潜在结果均值  $\mu = E(Y_1)$ :

• IPW:

$$\hat{E} \left[ \left\{ \frac{X}{\pi(V; \hat{\alpha})} - 1 \right\} \cdot g(V) \right] = 0$$

$$\hat{E} \left\{ \frac{XY}{\pi(V; \hat{\alpha})} - \hat{\mu}_{\text{ipw}} \right\} = 0,$$

• REG:

$$\hat{E} \left[ X \{Y - m(V; \hat{\beta})\} \cdot h(V) \right] = 0$$

$$\hat{E} \left\{ m(V; \hat{\beta}) - \hat{\mu}_{\text{reg}} \right\} = 0,$$

• DR:

$$\hat{E} \left[ \left\{ \frac{X}{\pi(V; \hat{\alpha})} - 1 \right\} \cdot g(V) \right] = 0$$

$$\hat{E} [X \{Y - m(V; \hat{\beta})\} \cdot h(V)] = 0$$

$$\hat{E} \left[ \frac{XY}{\pi(V; \hat{\alpha})} + \left\{ 1 - \frac{X}{\pi(V; \hat{\alpha})} \right\} m(V; \hat{\beta}) - \hat{\mu}_{\text{dr}} \right] = 0.$$

作业如下:

- (a) 设计一个模拟试验完成上面三种估计方法，包括数据生成和估计。(参考广义矩估计思想)
- (b) 证明如果工作模型正确，根据一定的正则条件，所得到的估计量是一致且渐进正态的。(参考广义矩估计思想)
- (c) 计算它们的渐进方差，并解释它们如何受到  $g$  和  $h$  的选择影响。如果一个或两个工作模型不正确会发生什么？

### 3 课程建议（必选题，建议不超过 500 字）

- 关于课程内容、课程难易程度、任何你对因果推断的认识、以及课程评价。
- 欢迎批评指正:-)。

### 参考文献

1. Tchetgen E J T, Shpitser I. Semiparametric theory for causal mediation analysis: efficiency bounds, multiple robustness, and sensitivity analysis[J]. Annals of statistics, 2012, 40(3): 1816.