



武汉大学
WUHAN UNIVERSITY



2021年Stata讲座：

置换检验在因果推断中的应用

王非 中国人民大学

- 例：研究者想研究劳动者的教育回报率
 - 总体：全体劳动者；关心的总体参数 (b)：工资 = $a + b * \text{教育} + \dots + \text{误差项}$
 - 样本：随机抽取的部分劳动者，包含工资、教育等信息
 - 估计：利用样本信息计算出 b 的估计值
 - 推断：利用样本信息检验 b 的各种假说，例如 b 是否为 0
- 统计推断的逻辑起点： b 的估计量是随机变量，其随机性源于抽样
 - 现实世界：研究者抽取了某样本（样本 0），计算出 b 的值
 - 平行时空 1：研究者抽取了某样本（样本 1），计算出 b 的值
 -
 - 平行时空 n ：研究者抽取了某样本（样本 n ），计算出 b 的值

如果“总体-样本”框架不适用

- 例：
 - 用中国全部省份的数据研究某政策对某经济指标的影响
 - 用中国大部分县市的数据研究某政策对某经济指标的影响
 - 某学者在非洲某村庄进行的随机实验研究，没有明确定义的总体
- 统计推断的随机性源于自变量取值分配的可变性
 - 例：某学者将 100 个人随机分配到实验组（参加就业培训）和控制组，自变量为 0-1 二元变量，因变量为工资
 - 现实世界：某 50 个人（群体 0）被分到实验组
 - 平行时空 1：可能不同的某 50 个人（群体 1）被分到实验组
 -
 - 平行时空 n：可能不同的某 50 个人（群体 n）被分到实验组

置换检验 (permutation test)

- 例: webuse permute2
- 假设: 17名劳动者, group = 1 为被随机分配到培训组, = 0 为被随机分配到控制组, y 为培训结束后的小时工资
- 参加培训对收入的因果效应: `reg y group`

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	17
Model	108.557041	1	108.557041	F(1, 15)	=	5.26
Residual	309.560606	15	20.6373737	Prob > F	=	0.0367
				R-squared	=	0.2596
				Adj R-squared	=	0.2103
Total	418.117647	16	26.1323529	Root MSE	=	4.5428

y	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
group	5.287879	2.305577	2.29	0.037	.3736569 10.2021
_cons	3.545455	1.369717	2.59	0.021	.6259717 6.464937

	group	y
1	1	6
2	1	11
3	1	20
4	1	2
5	1	9
6	1	5
7	0	2
8	0	1
9	0	6
10	0	0
11	0	2
12	0	3
13	0	3
14	0	12
15	0	4
16	0	1
17	0	5

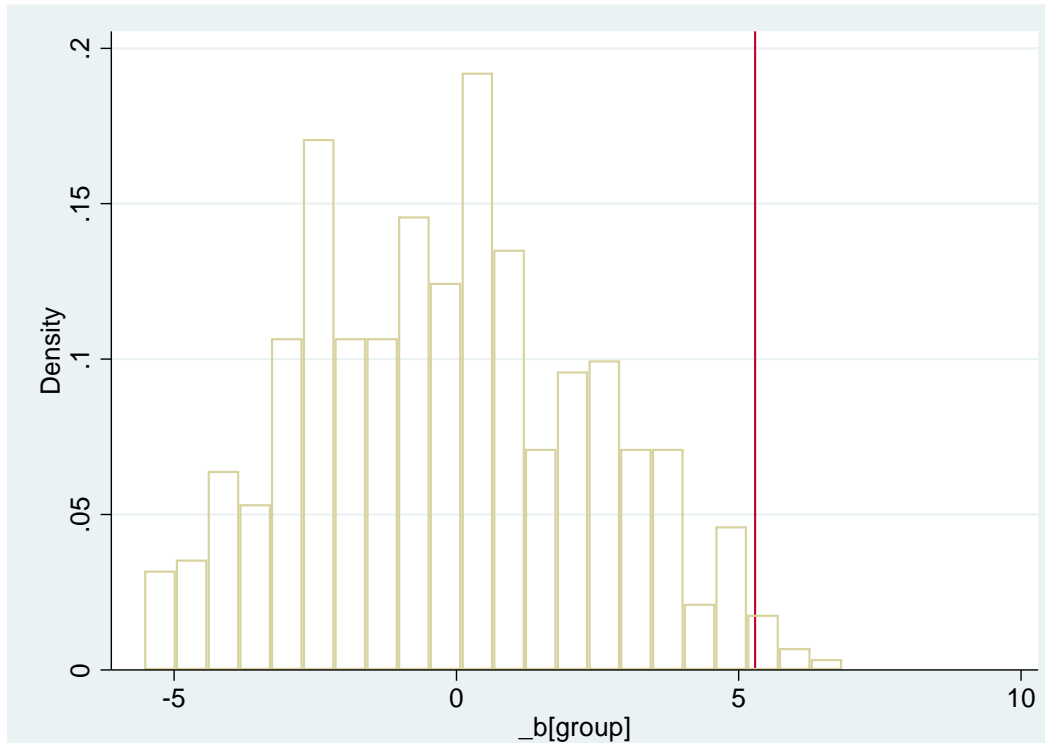
置换检验 (permutation test)

- H_0 : 培训对工资无影响; H_1 : 培训对工资有影响
- 检验思路
 - 将 group 的 0、1 取值随机置换打散, 基于此再拿 y 对 group 回归, 那么 group 不应对 y 有任何影响, 也即其回归系数的含义就是“无影响”
 - 重复上述过程 n 次, 得到 n 个系数的分布, 整体上表示“无影响”
 - 将真实效果与上述“无影响”分布对比, 如果真实效果大小与该分布区别明显, 则拒绝原假设; 否则, 则不能拒绝原假设

	group	y
1	1	6
2	1	11
3	1	20
4	1	2
5	1	9
6	1	5
7	0	2
8	0	1
9	0	6
10	0	0
11	0	2
12	0	3
13	0	3
14	0	12
15	0	4
16	0	1
17	0	5

置换检验 (permutation test)

- permute group _b[group], reps(500): reg y group



	group	y
1	1	6
2	1	11
3	1	20
4	1	2
5	1	9
6	1	5
7	0	2
8	0	1
9	0	6
10	0	0
11	0	2
12	0	3
13	0	3
14	0	12
15	0	4
16	0	1
17	0	5

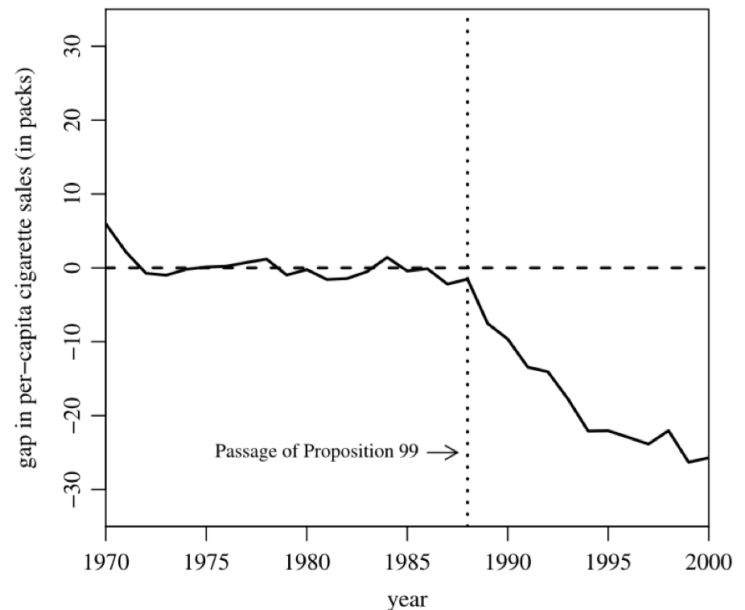
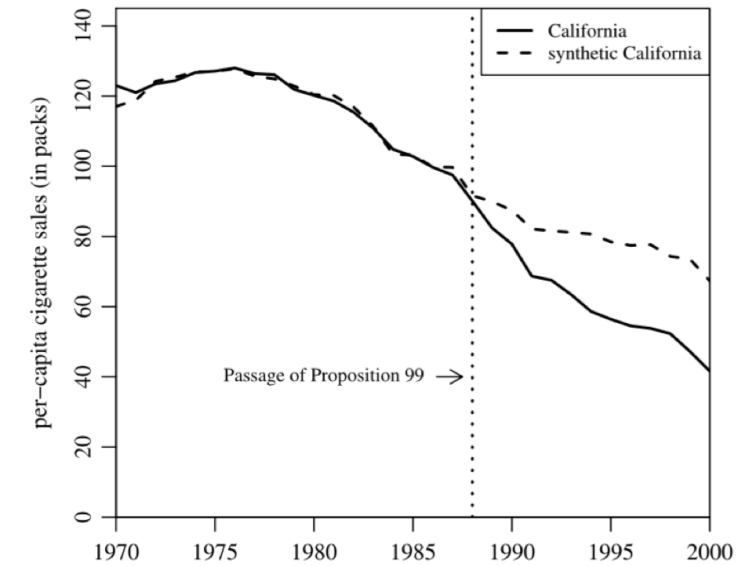
T	T(obs)	Test	c	n	p	Monte Carlo error		
						SE(p)	[95% CI(p)]	
_pm_1	5.287879	lower	496	500	.9920	.0040	.9796	.9978
		upper	8	500	.0160	.0056	.0069	.0313
		two-sided			.0320	.0079	.0166	.0474

- Abadie 等（2010, JASA）
- 美国加州自 1988 年始征收高额烟草税，评估征收烟草税对香烟销售量影响
- 数据：美国州级面板数据 1970-2000 —— 不适合“总体-样本”框架
- 在 1988 年后的某一年，政策效果 = 该年加州香烟销售量 - 假如没有烟草税政策情形下加州该年香烟销售量（观测不到的反事实）
- 传统思路：找一个或几个与加州特征相似但没有实施烟草税的州做参照组 → 单位太大，难以找到单个参照组
- 合成控制：赋予每个其他州一个权重，合成一个“加权平均州”，使其加权平均特征与加州相似，于是该州可作为加州的参照对象

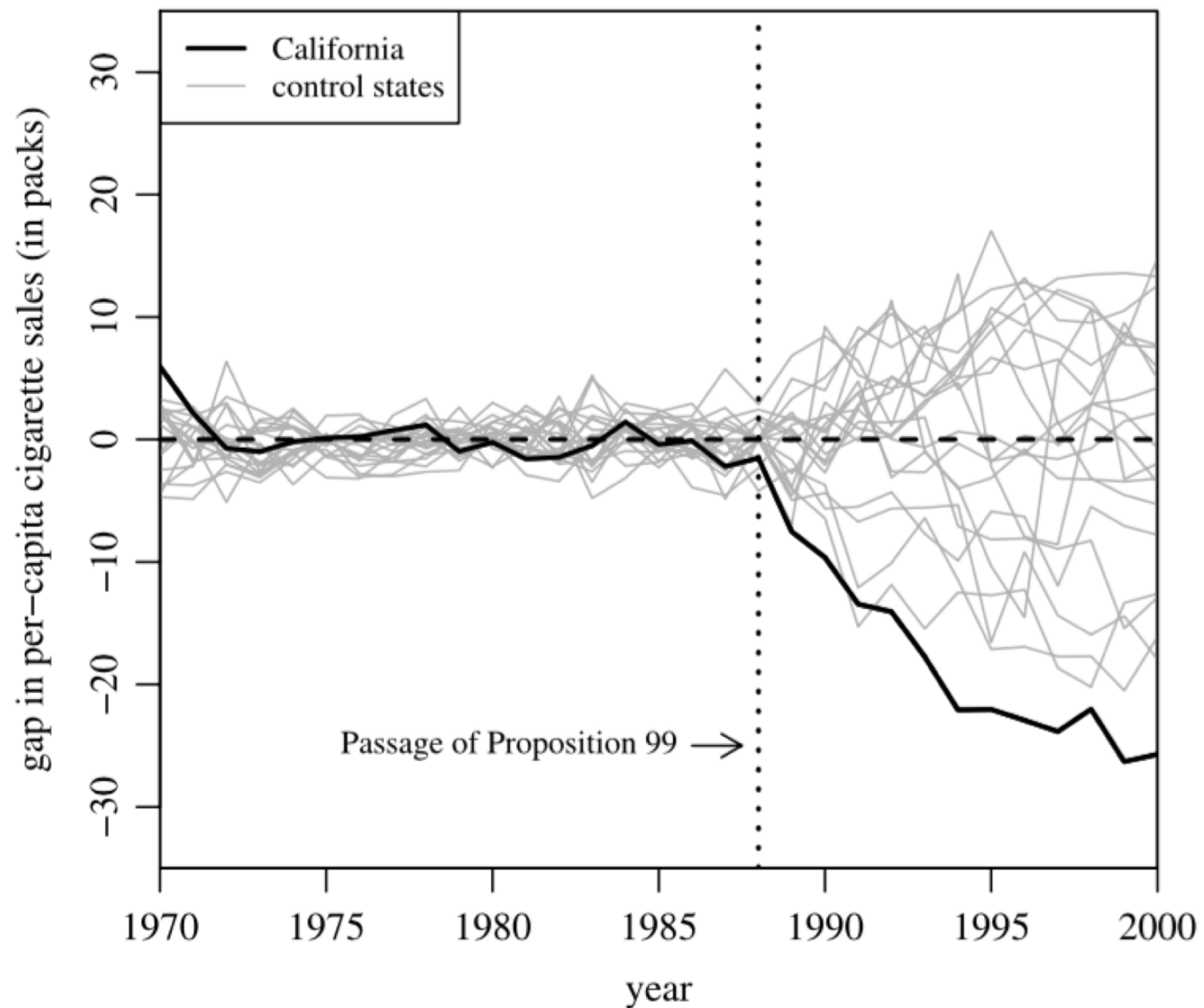
置换检验在合成控制法中的应用

Table 2. State weights in the synthetic California

State	Weight	State	Weight
Alabama	0	Montana	0.199
Alaska	-	Nebraska	0
Arizona	-	Nevada	0.234
Arkansas	0	New Hampshire	0
Colorado	0.164	New Jersey	-
Connecticut	0.069	New Mexico	0
Delaware	0	New York	-
District of Columbia	-	North Carolina	0
Florida	-	North Dakota	0
Georgia	0	Ohio	0
Hawaii	-	Oklahoma	0
Idaho	0	Oregon	-
Illinois	0	Pennsylvania	0
Indiana	0	Rhode Island	0
Iowa	0	South Carolina	0
Kansas	0	South Dakota	0
Kentucky	0	Tennessee	0
Louisiana	0	Texas	0
Maine	0	Utah	0.334
Maryland	-	Vermont	0
Massachusetts	-	Virginia	0
Michigan	-	Washington	-
Minnesota	0	West Virginia	0
Mississippi	0	Wisconsin	0
Missouri	0	Wyoming	0



置换检验在合成控制法中的应用



- 置换检验本质上只是一个统计推断思路，但是却被广泛误用于检验自变量是否是外生变量
- 例：某政策只对某些群体 ($D=1$) 实施，且只在某个时间点后 ($T=1$) 实施
- 双重差分的典型例子： $y = a + b*D + c*T + e*D*T + \dots + u$
- 如果政策实施过程是内生的，那么 $D*T$ 则与 u 相关，其系数 e 可能有偏
- 一种误用置换检验验证 $D*T$ 是否外生的思路
 - 随机置换 D 和 T 的取值，生成新变量 D_false 和 T_false
 - $y = a + b*D_false + c*T_false + e*D_false*T_false + \dots + u$
 - 如果上式中 e 构成的分布与原方程 e 的值混在一起，则说明政策变量是内生的；如果明显分离，则说明政策变量是外生的

置换检验在因果推断中的误用

- 例：某政策只对某些群体 ($D=1$) 实施，且只在某个时间点后 ($T=1$) 实施
- 双重差分的典型例子： $y = a + b*D + c*T + e*D*T + \dots + u$
- 一个检验 $D*T$ 外生性的较好思路（依然可能是误用）
 - 保持 T 不变，把 D 的取值随机置换，生成新变量 D_false
 - $y = a + b*D_false + c*T + e*D_false*T + \dots + u$
 - $D_false*T$ 代表了一种虚构的政策实施情况，如果上式中 e 的分布与原方程 e 的取值混在一起，则说明政策有可能是内生的
 - 可保持 D 不变，生成新变量 T_false ，以进一步验证政策的外生性
 - 下结论时需谨慎：即便随机置换后 e 的分布与原方程的 e 分离，也不能直接说“政策变量是外生的”，至多只能说“原方程的政策效果不完全源于内生性偏误”

- 置换检验用于不适合“总体-样本”框架的统计推断
- 除了比较原系数和置换处理后的系数分布，也可以比较原 t 值和置换处理后的 t 值分布
- 置换检验一般不适合判断自变量的外生性

Thank You!
欢迎提问

