

中国城市网约车服务对公交使用量的影响

钟 军, 林 岩*, 杭 宇

(大连海事大学 航运经济与管理学院, 辽宁 大连 116026)

摘 要: 城市网约车服务的蓬勃发展对包括公共交通在内的传统出行方式将产生影响. 本文针对公交使用量的影响问题, 运用109个城市数据做实证分析, 并从网约车进入时长和城市类别做异质性检验. 研究结果表明: 网约车服务进入城市对城市公交使用量有明显的负向影响, 且负向影响在超大型城市中更为严重; 随着时间推移, 网约车服务对公交使用量的负向影响呈现先增强后减弱的规律. 研究结论揭示了中国城市网约车对公交的影响规律, 对交通管理者制定相关政策具有参考意义.

关键词: 城市交通; 公交使用量; 双重差分; 网约车服务; 倾向得分匹配—双重差分法(PSM-DID)

Impact of Ride-hailing Service on Use of Public Transport in China's Cities

ZHONG Jun, LIN Yan, HANG Yu

(School of Maritime Economics and Management, Dalian Maritime University, Dalian 116026, Liaoning, China)

Abstract: In recent years, the rapid development of ride-hailing service in China's cities may have a significant impact on the traditional way of travel. An important issue is how it will affect public transport. Based on the rational choice theory, this paper makes an empirical study using the relevant data from 109 cities. The heterogeneity analyses are also conducted according to the time of ride-hailing service entering the city and the category of the city. The results show that: the ride-hailing service has a significant negative impact on the use of urban public transport; as time goes on, the negative impact of ride-hailing service shows a law of first strengthening and then weakening; the negative impact of ride-hailing service is more serious in megacities. This study reveals the influence of ride-hailing on public transport in China's cities, which can be used as a reference for traffic managers to make relevant policies.

Keywords: urban traffic; use of public transport; difference in differences; ride-hailing services; PSM-DID

0 引 言

网约车服务规模逐渐增大, 将对城市交通产生深远影响. 清晰化网约车对城市交通所产生的影响, 能为科学制定网约车政策提供参考. 网约车服务对城市交通的影响源自其对原有出行方式的冲击, 其在缓解交通压力方面优于私家车和传统出租车, 但如果大量抢占原有公交乘客, 将会使城

市交通状况恶化. 因此, 网约车服务对城市公交系统的冲击是很重要的研究议题.

当前, 网约车服务与公交使用量关系的研究很少, 已有研究结论也未达成一致^[1]. 有些研究表明, 网约车服务的发展会降低城市公交的使用量. 例如: Tirachinide等^[2]在圣地亚哥的问卷调查发现, 网约车对城市公共交通会产生负面影响; Clewlow

收稿日期: 2020-04-18

修回日期: 2020-06-18

录用日期: 2020-06-23

基金项目: 国家自然科学基金/National Natural Science Foundation of China(71571025); 中央高校基本科研业务费专项资金/Fundamental Research Funds for the Central Universities of Ministry of Education of China(3132019353).

作者简介: 钟军(1988-), 男, 湖南永州人, 博士生.

*通信作者: linyan@dlmu.edu.cn

等^[3]发现, Uber进入美国城市可减少6%的公交使用量. 也有研究强调, 这两种出行方式是互补的. 一项美国研究表明, 有16%的网约车服务在市民出行中起到接驳公交的作用, 网约车在填补公交的时间和空间空白方面起到积极作用^[4].

网约车究竟如何影响公交使用量? 影响程度有多大? 很有必要就此问题展开研究. 本文借助理性选择理论分析出行者在公交与网约车之间所做的选择, 继而解释网约车对公交使用量的影响. 个人出行方式的选择决定于成本、舒适度、便捷性等因素^[5]. 出行者追求利益最大化, 基于理性选择理论, 出行者就出行便利性、成本(包括时间成本和出行费用)对备选方案的效用做出理性决策^[6]. 一般来说, 公交具有出行费用低的优势, 网约车具有舒适、便捷、时间成本小的优势. 网约车服务能够吸引多少来自原公交的乘客, 源自乘客对各指标权衡后所做出的理性选择.

本文重点研究如何量化分析中国城市引入网约车服务对公交使用量的影响程度. 基于理性选择理论, 运用109个城市的实际数据进行实证分析, 并对网约车进入时长和城市类别做异质性检验.

1 实证设计

1.1 自然实验与计量模型

中国网约车服务发展初期, 最重要的平台是Uber和滴滴出行, 它们于2016年合并, 且占中国网约车服务市场的份额一直高于90%, 在中国网约车行业中具有代表性, 故本文以其作为研究对象.

2014年Uber或滴滴出行进入北京、上海、广州、深圳、杭州、成都、重庆7个城市. 从此, 网约车开始在中国城市中蓬勃发展. 此后, Uber和滴滴出行继续向中国其他城市推广. 2014年之前, 中国城市中并没有较大规模的网约车服务, 截至2013年末, 中国网约车用户为0.32亿人, 2014年猛增到2.11亿人, 2015年之后趋于平稳.

根据网约车服务进入不同城市的时间差异设计一个自然实验, 检验网约车服务进入城市对公交使用量的影响. 研究时间窗为2010—2016年. 将上述7个城市归入实验组, 2010—2013年, 实验组城市中并没有成规模的网约车服务; 2014—2016年,

有成规模的网约车服务. 选取2010—2016年均无成规模网约车服务的城市构成对照组, 经查询资料, 收集102个2017年前没有引入网约车服务的地级市, 组成对照组. 控制其他影响因素后, 利用实验组与对照组, 实验组中2014年之前与之后的公交使用量差异, 运用“双重差分”方法检验网约车服务进入城市对公交使用量的影响作用.

设置分组虚拟变量 T_i , 如果城市 i 在2014年有网约车服务进入, 则 T_i 取值为1; 否则, T_i 为0. 设置时间虚拟变量 P_t , 2014年及以后年份, $P_t=1$; 2014年之前的年份, $P_t=0$. 构建双重差分模型为

$$R_{it} = \delta_0 + \delta_1 T_i + \delta_2 P_t + \delta_3 P_t \cdot T_i + \sum_{x=1}^{10} \delta_x C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: i 表示城市; t 表示年份; R_{it} 是城市 i 在时期 t 的公交使用量; C_{it} 是可能影响公交使用量的控制变量集, 具体将在下一节介绍; δ_x 为可能影响公交使用量的控制变量集所对应的回归系数; x 为控制变量的个数; ε_{it} 是随机扰动项; μ_i 为城市固定效应; γ_t 为时间固定效应. 对于对照组城市($T=0$), 2014年前后公交使用量均值分别为 δ_0 和 $\delta_0 + \delta_2$, 差异为 $d_0 = \delta_2$, 这一差异是排除网约车服务进入城市的影响, 仅为公交使用量随时间(在2014年前后)的差异. 对于实验组城市($T=1$), 网约车服务进入城市前后(2014年前后)的平均公交使用量分别为 $\delta_0 + \delta_1$ 和 $\delta_0 + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3$, 差异为 $d_1 = \delta_2 + \delta_3$, 这一差异不但包括时间趋势差异 δ_2 , 还包括网约车服务进入城市造成的差异 δ_3 . 计算 $d = d_1 - d_0 = \delta_2 + \delta_3 - \delta_2 = \delta_3$, δ_3 就是双重差分估计量, 表示网约车服务进入城市对公交使用量造成的净差异.

1.2 控制变量

本文设计了一系列可能影响城市公交使用量的控制变量, 包括: 社会经济指标(人均GDP、就业人员数量、人口密度、GDP增长率), 交通相关指标(公交车数量、地铁客运量、私人汽车拥有量、城市道路面积、出租车数量), 智能手机普及率. 为减小异方差影响, 对公交使用量及人均GDP、就业人员数量、人口密度、私人汽车拥有量、城市道路面积、出租车数量及年末移动电话数等7个控制变量做

对数处理.

数据来源于EPS全球统计数据库,其中,社会经济
经济指标数据来源于历年《中国城市统计年鉴》,

并通过各城市发展统计公报和插值法补齐缺失数
据.各相关变量的定义及描述性统计如表1所示.

表1 主要相关变量的定义及描述性统计
Table 1 Definition and descriptive statistics of main related variables

变量类别	变量名	变量含义	单位	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	R	城市公交客运量	万人次	23 208.06	64 360.28	153	515 415.7
	P	年份哑变量,2010—2013年为0,2014—2016年为1		0.023 5	0.151 9	0	1
解释变量	T	有网约车服务进入的城市取1,否则取0		0.064 2	0.245 3	0	1
	$P \cdot T$	网约车服务对城市公交使用的净效应		0.023 6	0.151 9	0	1
控制变量	N_{npt}	城市公交车数量	veh	1 562.19	4 323.00	25.00	33 325.00
	R_{mr}	地铁客运量	亿人次	0.792 9	4.137 6	0	36.600 0
	$\ln(N_m)$	城市出租车数量对数	veh*	7.314 7	1.077 8	4.406 7	11.134 4
	$\ln(N_{npe})$	城市私人汽车拥有量对数	veh*	12.256 1	0.989 3	9.015 7	15.324 1
	$\ln(N_{nmp})$	年末移动电话数对数	万户*	5.631 5	0.786 5	3.658 7	8.312 9
	$\ln(A_{ra})$	城市道路面积对数	万m ² *	6.792 9	0.940 6	4.158 9	9.785 6
	$\ln(N_{nc})$	就业人员数量对数	万人*	3.514 8	0.834 9	1.960 1	6.673 9
	$\ln(D_{pd})$	城市人口密度对数	人/km ² *	5.735 7	0.823 5	2.863 9	7.732 9
	$\ln(P_{pgdp})$	人均GDP对数	元*	10.454 0	0.561 0	8.702 8	12.280 7
	G_{gdpgr}	GDP增长率	%	10.109 7	4.312 3	-12.3	22.5

注:标*处为对数转换之前的单位.

2 检验结果与讨论

2.1 网约车服务对城市公交使用量的平均效应检验

依照式(1),以公交使用量(取自然对数) $\ln(R_{it})$ 为被解释变量进行检验,结果如表2中的列(1)所示.结果显示,交叉项DID($P \cdot T$)的系数显著为负,在控制城市间经济、人口、交通、通讯等方面的差异后,其系数为-0.117 5,表明网约车进入城市后,造成实验组城市公交使用量平均减少了11.7%.

分析网约车服务进入城市后,对公交使用量的持续影响,公式为

$$R_{it} = \delta_0 + \delta_1 T_i + \delta_2 P_i + \sum_{t_{post}=1}^2 \theta^{(t_{post})} P_i^{(t_{post})} \cdot T_i + \sum_{x=1}^{10} \delta_x C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中: $P_i^{(t_{post})} \cdot T_i$ 为网约车服务进入城市后第 t_{post} 年的交叉项; $t_{post}=1$ 表示网约车服务进入城市后第1年(2015年)的情形, $t_{post}=2$ 表示进入后第2年(2016年)的情形; $\theta^{(t_{post})}$ 衡量了网约车服务进入城市后第 t_{post} 年对城市公交使用量的影响.

检验结果如表2的列(2)所示.交叉项 $P_i^{(t_{post})} \cdot T_i$ 的系数均显著为负,说明网约车服务进入城市后会显著减少城市公交使用量.且随着时间的推移,交叉项 $P_i^{(t_{post})} \cdot T_i$ 的系数绝对值先增大后减少,即网约车服务对公交使用量的负向影响呈现出先加强后减弱的趋势.实验组城市公交使用量在网约车服务进入后第1年减少11.9%,第2年减少9.6%.

2.2 稳健性检验

为保证所得结果的可靠性,我们做了若干稳健性检验.

表2 主要的检验结果
Table 2 Result of main tests

变 量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DID($P \cdot T$)	-0.117 5** (0.051 6)			-0.121 2** (0.046 8)	-0.11* (0.058)	-0.129 1* (0.071 9)
$P^{(1)} \cdot T$		-0.119 4** (0.060 2)				
$P^{(2)} \cdot T$		-0.096 7** (0.042 4)				
$P^{(-1)} \cdot T$			-0.025 4 (0.053 8)			
$P^{(-2)} \cdot T$			-0.032 6 (0.049 5)			
$P^{(-3)} \cdot T$			-0.085 9 (0.067 3)			
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
聚类到城市	YES	YES	YES	YES	YES	YES
常数项	2.586 3 (3.160 4)	7.172 3* (3.622)	-1.109 8 (4.482 6)	3.150 1* (4.893 2)	1.539 9 (3.169 8)	2.526 1 (3.261 9)
R^2	0.688 4	0.656 4	0.658 5	0.880 5	0.501 7	0.651 9
观测点数量	763	763	763	245	735	742

注:*表示 $p < 0.1$, **表示 $p < 0.05$, ***表示 $p < 0.01$; 括号中是回归系数的标准误。

(1) 平行趋势检验.

要保证双重差分法所得结果真实有效,必须满足的前提条件是:“实验冲击”之前,实验组和对照组的公交使用量随时间变化趋势相同,即实验组与对照组公交使用量之间的差异不发生显著变化.为验证这一点,检验公式为

$$R_{it} = \delta_0 + \delta_1 T_i + \delta_2 P_i + \sum_{t_{pre} = 1}^3 \theta^{(t_{pre})} P_i^{(t_{pre})} \times T_i + \sum_{x = 1}^{10} \delta_x C_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: $P_i^{(t_{pre})} \cdot T_i$ 是网约车服务进入城市前第 t_{pre} 年的交叉项虚拟变量,如 $t_{pre} = -1$ 表示网约车服务进入城市前一年(2013年).

式(3)假设在 t_{pre} 年有成规模的网约车进入(当然这没有发生),用双重差分法检验其公交使用量差异的变化状况.如果回归结果显著,则说明有成规模的网约车服务进入前,实验组与对照组公交使用量之间的差异就发生了明显的变化,那么2.1节所得结果不可靠.

检验结果如表2列(3)所示. $P^{(-1)} \cdot T$ 、 $P^{(-2)} \cdot T$ 、 $P^{(-3)} \cdot T$ 的系数估计都为不显著性,说明网约车服

务进入实验组城市之前,实验组与对照组的公交使用量间的差异没有明显变化,即本文满足平行趋势假定.

(2) 基于倾向得分匹配—双重差分法(PSM-DID)的稳健性检验.

倾向得分匹配法(PSM)能够很好地消除样本非随机选择造成的偏误.但采用PSM进行匹配会减少样本量,本文经过PSM匹配,仅剩下3个实验组城市和32个控制组城市.如果一开始就使用PSM-DID进行实证分析,会影响样本的代表性.故在进行全样本实证分析之后,使用PSM-DID进行稳健性检验,以规避样本非随机选择的不足.采用部分样本检验全样本结论的稳健性.PSM-DID所得结果如表2列(4)所示.结果显示,网约车服务造成实验组城市公交使用量减少12.12%,这与表2列(1)中的结果并没有质的差异.检验结果说明,排除实验组和对照组城市间的系统差异后,依然可以证明,网约车服务显著减少了城市公交使用量.

(3) 其他稳健性检验.

采用其他方式检验分析结果的稳健性.具体包括:①为消除一些既随时间变化也随城市变化

的潜在遗漏因素影响,设置年份与城市的联合固定效应;②考虑到网约车服务进入城市或许与控制变量有关,把所用控制变量滞后一期再做回归;③对实验组城市在不同时间窗内的估计效应进行检验.以上检验均证明本文分析结果是稳健的,限于篇幅,不列出具体结果.

2.3 基于城市规模异质性的分析

本文研究结果表明,网约车服务对城市公交使用量具有负向影响,那么这种负向影响对不同规模的城市是否存在差异?

依照国务院对我国城市规模划分标准,将样本城市进行区分.实验组城市中北京、上海、广州、深圳为超大城市,杭州、成都、重庆为大城市.将两类城市分别做双重差分检验,结果如表2列(5)、(6)所示.结果显示,超大城市的网约车服务对公交使用量的负向影响更大.

2.4 结果讨论

网约车服务进入城市显著减少了城市中公交使用量.网约车进入城市后,市民多了一种出行选择,依据理性选择理论,他们会在低费用和便利性之间做抉择.很多原来的公交乘客被网约车的便利性吸引,放弃了公交出行.文献[3]研究表明,网约车进入美国城市,公交使用量减少了约6%;本文发现,中国城市的情况更不乐观,减少量达到11%以上,在超大城市接近13%,这足以引起城市交通管理者注意.

在网约车服务进入城市后第1年,对公交的负面影响比进入当年更大,第2年这种负面影响有所降低.这与网约车服务巨头的发展策略有关:2015年,Uber与滴滴出行陷入“价格战”,它们都对乘客提供很大的补贴,此时乘坐网约车的费用很低;2016年8月,Uber与滴滴出行合并,相应的补贴大幅减少.依据理性选择理论,出行者总是在对出行费用和便利性之间做权衡.当乘坐网约车的费用很低时,大量的乘客被其便利性吸引过来;当费用升高之后,对于一些乘客,网约车的便利性不再能抵消其高费用,他们选择乘坐低价的公交车.

从中我们可以发现,价格的变化会对公交使用量产生影响.但由于本文从宏观视角研究网约车服务对公交使用量的影响,而网约车的形式多

种多样,且大多采用动态调价机制,其价格变化主要从微观层面影响需求量,因此,我们很难收集到合适的价格数据来支持本文的宏观研究,从而本文未将价格因素纳入控制变量进行定量分析,而是通过定量分析网约车服务对城市公交使用量的动态影响,同时结合两种网约车平台的营销价格策略间接发现价格变化对公交使用量的影响.并且这一发现具有启示意义:在网约车便利性保持相对稳定时,其价格的调整对城市公共交通具有不可忽视的影响,城市交通管理者在对网约车进行规范时应当注意其价格对城市交通的作用.

网约车服务进入超大城市对公交使用量的影响更大.一般来说,城市规模越大,经济越发达,市民对生活要求就会越高,出行目的越多样化.超大城市居民更注重出行舒适度、快捷性,以及通勤所消耗的时间成本,因此,网约车对超大城市的公交使用量影响更大.

3 结 论

本文基于2010—2016年中国109个城市的平衡面板数据,运用双重差分方法实证分析网约车服务对城市公交使用量的影响.研究发现:网约车服务进入城市对公交使用量有明显的负向影响;网约车服务对公交使用量的负向影响在超大型城市中更为严重;网约车服务对公交使用量的负向影响呈现先增强后减弱的规律.研究结果对交通管理者制定相关政策和城市公交公司的运营规划具有参考意义.后续研究中将考虑网约车服务对私家车及传统出租车使用的影响,以探讨网约车服务对城市交通出行的影响.

参考文献:

- [1] WANG H, YANG H. Ride-sourcing systems: A framework and review[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2019, 129: 122-155.
- [2] TIRACHINI A, DEL RIO M. Ride-hailing in Santiago de Chile: Users' characterisation and effects on travel behavior[J]. Transport Policy, 2019, 82: 46-57.
- [3] CLEWLOW R R, MISHRA G S. Disruptive transportation: The adoption, utilization, and impacts of ride-hailing in the United States[R]. University of

- California, Davis, Institute of Transportation Studies, Davis, CA, Research Report UCD- ITS- RR- 17- 07, 2017.
- [4] RAYLE L, DAI D, CHAN N, et al. Just a better taxi? A survey- based comparison of taxis, transit, and ride- sourcing services in San Francisco[J]. *Transport Policy*, 2016, 45: 168-178.
- [5] 田丽君, 杨茜, 黄海军, 等. 基于累积前景理论的出行方式选择模型及实证[J]. *系统工程理论与实践*, 2016, 36(7): 1778-1785. [TIAN L J, YANG X, HUANG H J, et al. The cumulative prospect theory- based travel mode choice model and its empirical verification[J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2016, 36 (7): 1778-1785.]
- [6] LI H, ZHANG J, SARATHY R. Understanding compliance with internet use policy from the perspective of rational choice theory[J]. *Decision Support Systems*, 2010, 48(4): 635-645.

上接第 225 页

- [11] 刘长石, 周鲜成, 等. 生鲜电商配送的 TDVRPTW 研究: 基于经济成本与环境成本兼顾的视角[J]. *控制与决策*, 2020, 35(5): 1273-1280. [LIU C S, ZHOU X C, et al. Research on TDVRPTW of fresh E- commerce distribution: Considering both economic cost and environmental cost[J]. *Control and Decision*, 2020, 35 (5): 1273-1280.]
- [12] SCHIFFER M, WALTHER G. The electric location routing problem with time windows and partial recharging[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017, 260(3): 995-1013.
- [13] CALVETE H I, GALE C, OLIVEROS M J. Bilevel model for production- distribution planning solved by using ant colony optimization[J]. *Computers & Operations Research*, 2011, 38(1): 320-327.
- [14] LI J, ZHANG J H. Vehicle routing problem with time windows based on carbon emissions and speed optimization[J]. *System Engineering Theory and Practice*, 2014, 34(12): 3063-3072.