

Game Analysis Theory to Travel Mode Choice of Urban Transport Opinion

Meng LI¹, Kai ZHANG²

School of Economic and Management, Chang'an University, Xi'an, China

1. lemon88520@163.com, 2. zhangkai3672@163.com

Abstract: With the rapid economic development and the accelerated urbanization, China faces enormous challenges of urban public traffic, to be specific, urban traffic congestion has become a very serious problem and is an important factor of restricting urban economic development. So the research of urban transportation mode choice is an important aspect on solving urban congestion problems. In order to properly configure the limited urban road resources and meet the transport demands of the people, this paper analyzes the game process and the results of the main travel mode choice with the economic game theory. Through analysis, we found that as long as fully playing the role of government regulation can be achieved to maximize the public interest and sustainable development of urban transport system. Finally, this paper proposes a number of proposed measures, such as the "bus priority" policy, developing urban public transport, reasonable restrictions private cars and so on.

Keywords: Urban Transportation; Travel Mode; Public Resources; Game Theory; Prisoner's Dilemma

城市交通出行方式选择的博弈分析

李蒙¹, 张恺²

长安大学经济与管理学院, 西安, 中国, 710064

1. lemon88520@163.com, 2. zhangkai3672@163.com

【摘要】 随着经济的迅猛发展以及城市化进程的加快, 我国城市交通面临极大挑战, 尤其是交通拥堵问题成为了城市发展的瓶颈, 而对于交通出行方式选择的研究是解决拥堵问题的一个重要方面。为了合理有效的配置有限的城市道路资源, 充分满足人们的交通需求, 本文运用经济博弈论的相关理论, 分析了行为主体对于出行方式选择上的博弈过程及结果, 得出只有充分发挥政府管制作用, 才能实现社会公共利益最大化及城市交通体系的可持续发展, 最后提出了“公交优先”、大力发展公共交通、合理限制私家车等建议措施。

【关键词】 城市交通; 出行方式; 公共资源; 博弈论; 囚徒困境;

1. 引言

近些年来, 随着城市的经济活动和社会活动的日益繁忙, 虽然我国在城市交通基础设施方面的投资力度明显加大, 但从目前的现状来看, 我国的城市交通面临着空前压力, 特别是大城市交通的拥堵问题日益尖锐。进入 21 世纪以来, 由于我国经济持续的快速发展和人均收入水平的显著提高, 我国机动车保有量急剧增长, 特别是家庭购买私家车的数量增长迅速。目前西安市机动车保有量已突破 94 万辆, 并以每年 6 万辆的速度递增, 机动车快速增

长与道路资源短缺的矛盾日益突出。在城市道路资源非常有限的条件下, 只有对各种交通出行方式合理配置, 充分地满足人们的交通需求, 才是有效缓解城市交通拥堵的解决之道。

2. “囚徒困境”与公共资源的使用

2.1 “囚徒困境”博弈模型的意义

在博弈论中, “囚徒困境”博弈模型是个人理性冲突和集体理性冲突的典型例子。因为在这一情况下, 每个人都会根据自身利益而做决策, 但最后的

结局却是集体利益受到损失。此博弈说明了个体理性与集体理性之间存在的矛盾。往往从个体利益出发选择的行为不能实现集体的最大利益，而个体理性本身也存在内在矛盾——有时单纯从个体利益出发的行为也不一定能真正实现个体的最大利益，甚至会得到相反的结果。

2.2 公共资源的过度使用

在经济学中，公共资源是指在国家或地区范围内，大家都可以自由利用，不属于个人、企业或组织的自然资源或人类生产的供大众免费使用的设施和财物，如公共道路、地下水、桥梁、航道、港口、空气、阳光、矿藏、森林、文物古迹、文化典籍、科技成果等。

在经济博弈论中，可用哈丁（Hardin）的论文《公共地悲剧》解释交通拥堵问题。哈丁认为，当人们只关注个人福利的时候，不仅会使公共资源被过度使用、低效率使用和浪费，还会出现公共品供给短缺的现象。如果一种物品，不具有排他性，且使用这些资源不用付出任何代价（除非政府将其收为国有，并对使用者征收使用费用），则每个人出于自身利益，就会尽可能多的去利用它。如果该物品又具有竞用性的特点，即所谓的公共资源，那么它可能很快就会被过度使用，从而造成灾难性的后果，甚至达到任何利用它们的人都无法得到利益的程度。随着社会经济的快速发展，公共资源使用方面的矛盾日益突出，在这一问题中，包含了众多博弈关系。城市道路作为一种公共资源也面临着使用过度的问题，交通拥堵就是一种体现。

在公共资源使用方面出现以上情况的原因是，每个可以利用公共资源的人都相当于面临着一种“囚徒困境”。在总体上有加大利用资源的可能（至少加大利用者自身还能增加得益）时，自己加大利用而他人不加大利用则自己得利，自己加大利用而其他人也加大利用则自己不至于吃亏，最终使得所有人都加大利用资源直至再加大只会减少利益的纳什均衡水平，而这个水平肯定比实现资源最佳利用效率，同时也是个人最佳效率水平要高。

3. 出行方式选择的博弈矩阵建立

3.1 基本假设

为建立出行方式选择的博弈模型，做如下假设：（1）出行人群是同质的；（2）分为两个行为主

体 I 和 II；（3）只考虑选择公共交通和私家车的出行人群；（4）交通需求和供给暂时保持不变；（5）完全理性人假设；（6）出行者追求自身利益最大化或出行成本最小化，而政府追求社会效益最大化。其中，出行成本包括：出行所耗时间、出行费用等。

3.2 符号定义

（1）各个行为主体的出行方式选择策略集为 $S \{1: \text{私家车}; 2: \text{公共交通}\}$ ；

（2）选择私家车、公共交通出行方式的出行成本分别为： C_1, C_2 ；

3.3 建立博弈矩阵

为了建立矩阵，我们将出行人群划分为两类：出行人群 I 和出行人群 II，他们都可以选择公共交通或私家车，从而这两个群体之间存在着四种策略组合，其得益分别为：①双方人群都选择私家车出行，则双方得益均为 u_1 ；②双方人群都选择公共交通出行，则双方得益均为 u_2 ；③一方选择私家车出行，则其收益为 u_3 ；另一方选择公共交通，则其收益为 u_4 。在考虑其出行成本的情况下，则 $u_3 > u_1 > u_2 > u_4$ 。

（1）在不考虑政府干预的情况下，建立得益矩阵一，如表 1 所示：

Table1. The proceeds matrix without government intervention

表 1. 没有政府干预下的得益矩阵

		出行人群 I	
		1.（私家车）	2.（公共交通）
出行人群 II	出行方式		
	1.（私家车）	u_1, u_1	u_3, u_4
	2.（公共交通）	u_4, u_3	u_2, u_2

对表一用划线法分析，可以得到最佳策略组合，即其纳什均衡为 (u_1, u_1) ，双方都选择私家车的出行方式。但是，如果出行主体都选择私家车的出行方式，以中国私家车的增长规模来看必然会引发城市交通拥堵问题，也提高了个体的出行成本。因为人是完全理性的，所以当每个人都从自身的利益去进行出行方式的选择，最终的结果不一定是可以实现自身利益最大化。

（2）在考虑政府干预的情况下，建立得益矩阵二，

如表 2 所示:

Table2. The proceeds matrix with government intervention

表 2. 政府干预下的得益矩阵

出行人群 I

出行人群 II	出行方式	1. (私家车)	2. (公共交通)
	1. (私家车)	$u1-\alpha, u1-\alpha$	$u3-\alpha, u4+\beta$
	2. (公共交通)	$u4+\beta, u3-\alpha$	$u2+\beta, u2+\beta$

注: α —政府对私家车进行管制;

β —政府对公共交通扶持、激励;

对表二用划线法分析,可以看出,其最佳策略组合为(公交车出行,公交车出行),即其纳什均衡为 $(u_2 + \beta, u_2 + \beta)$ 。从而可以看出,如果政府进行交通管制,那么就可以在一定程度上缓和个体利益和集体利益之间的矛盾,尽可能实现个人利益最大化,最终实现社会公共效益最大化。

4. 博弈结果分析及建议措施

政府作为社会公共利益的代表,其行为最根本的动机是实现社会利益最大化。政府作为交通运输供给主体的行为动机主要有两个:一是追求“效率与效益”;二是追求“普遍与公平”。其中,“效率”是全系统、全社会的效率;“效益”是全系统、全社会的效益;“普遍”是包括时间、空间及人在内的三重维度的普遍;“公平”则包括服务公平和竞争公平。

从以上博弈结果我们可以看出,政府的有效干预和采取一系列激励措施可以使得行为主体优先选择公共交通出行,这样可在一定程度上缓解道路拥堵,从而实现城市交通体系优化并达到可持续发展。

4.1 优先大力发展公共交通(提高 u_2 值)

(1) 充分发挥公交专用道的作用。很多城市的公交专用道,是在部分非机动车道上划线形成的,很多路段没有监控设备,十字路口也没信号灯疏导,所以挤占现象严重。而随着机动车保有量的增多,有的路段的公交专用道已经变为了混合道。对于这个问题,我们的有关部门首先要严格执行公交专用道“专道专用”,加大监管力度,如不允许占道停车,不允许其他机动车占用公交专用道;加大公共交通在空间和时间上的优先力度。如在路口信号灯的配时上要优先保证公交的通过。

(2) 提高公共交通出行比例。据 2009 年的数据显示,西安市的公共交通只有 29.2%,而发达国家为 40%~60%。众所周知,我国的土地资源及其紧缺,城市用地更是寸土寸金,而公共交通具有运载量大、相对排放少、道路利用率高等诸多优势。按运送乘客人数计算,公共汽车排放量仅为小汽车的 1/10;三辆小车与一辆公共汽车占据的道路空间相当,而一辆公共汽车的运送人数是三辆小车的五倍以上。

(3) 公交线路的优化及公交车站的合理规划。一方面,可以不再增设进入主城区内的公交,而是适当增加城外网状的交通线路。多听取市民的意见,对某些重复过高的线路进行整合优化。对于压力大的线路,应该增开车次,或另辟新线路。另一方面,在公交车站的设立上,在实地调研、试点的基础上,可以采取区间车、“大站快车”等措施,减少停靠站数,加快车辆周转速度,缓解因拥堵而导致的运力下降问题。公交车站的设置可以避开一些流量特别多的路段。

(4) 政府部门可以采取适当的措施吸引市民选择公共交通出行。以西安为例,西安 2009 年上半年城镇居民人均可支配收入 9616 元,平均到月后并不高,所以要加大政府对公共交通的补贴,合理制定地铁或公交票价。据了解,自公交 IC 卡五折优惠以后,客流剧增,日客运量超过了 300 万人次,公交客流分担率由过去的 23% 提高到 30% 以上。此外,还要了解市民的出行所需,充分满足市民的乘车需求,比如,提高西安市空调车的比例,西安的夏天很热,空调车却很少,很多人宁愿多花钱打车也不愿乘坐公交车出行。

4.2 合理限制私家车出行(间接降低 u_3 值)

在私家车管理方面,国家目前实行的政策是刺激汽车消费政策,随着经济条件的好转,人民收入水平的提高,人均汽车的拥有量将进一步增加。广州、北京等一些大城市的常住人口和流动人口都在 1000 万以上,所以汽车消费必须有度,不能盲目地发展。各个城市应该根据自身的交通承载能力和规划发展前景,控制私家车的数量,我们可以适当运用其他手段限制私家车在市中心的行驶。比如,可以借鉴国外的经验运用一些经济手段。在一些交通流量高峰期,收取道路拥挤费;在市中心提高停车费等等。还可以采取限时段的办法,比如在上下班的时间,对于特别拥堵的路段就可以对私家车实行

“限行”。还有北京实行的“单双号”制度。这些都会在一定程度上对私家车有所限制。

4.3 转变市民的出行观念（间接提高 u_4 ）

通过政府倡导，舆论引导来转变市民的出行观念。目前，“绿色出行”的呼声越来越高。在欧洲一些国家，鼓励近距离出行者步行或骑自行车，有的还开辟了自行车专用道和无噪声区等。韩国首尔市还将9月22日指定为“无车日”，并从凌晨4时至下午6时禁止除公交车以外的其他车辆在钟路和江南德黑兰路通行。在上述区间，只允许公交车在中央的临时中央公交车专用道正常通行，此外还将设置临时自行车专用道。货车等必须行驶的车辆，可以在首尔市的指引下绕道而行。当天，首班车至上午9时，首尔地区公交车(市内、乡镇、广域)和地铁(包括首都地区电车)将不收取车票，乘客无需刷卡可以免费乘坐。哥本哈根的上班族中已有1/3的人骑上了自行车，人们可以在市内各地找到政府提供的免费自行车。

4.4 发展城市轨道交通（提高 u_2 值）

轨道交通作为城市公共交通系统的一个重要组成部分，城市轨道交通和其他公共交通相比，具有用地省、运能大、节能源、污染小的特点。国际上比较知名的城市，轨道交通和地铁都是较发达的，在城市交通还没有出现拥堵的时候就开始修建这些大容量交通工具。而我国城市则是在出现交通拥堵后才开始修建。

4.5 交通管理向智能化转变（间接提高 u_2 值）

近些年来，智能化交通越来越受到各国城市交通规划部门的重视，我们可以利用高新技术对传统的城市公共交通系统进行改造，推进以智能交通为主导的交通管理手段。如在公交站台设置电子预告版，方便乘客的出行路线选择，尽快运送乘客，从而提高了运送乘客的效率。智能化交通系统可以进一步的提高车辆运营调度系统、查询系统、场站管理系统等基础设施的科技含量。美国交通部提出的“智能交通管理系统”计划，每年将消除约120万次交通事故，不仅挽救了上万人的生命，还节省了

260 亿美元的损失。

5. 结语

城市交通体系的健康发展直接影响到城市的社会经济效益和居民生活水平，是促进经济发展和文化交流的重要条件，但城市交通资源的有限性使得交通资源的供给远不能满足人们对交通资源的需求，所以对于人们出行方式选择的研究至关重要。本文运用经济博弈论的相关理论，分析了行为主体对于出行方式选择上的博弈过程及结果，得出只有充分发挥政府的管理能动作用，才能实现道路这一有限公共资源的最优配置，才能有效地实现社会公共利益最大化、城市交通体系的优化及可持续发展，提出“公交优先”、大力发展公共交通、合理限制私家车、发展城市等建议措施。

References（参考文献）

- [1] Chen Xingguang, Zhoujing, Zhuzhentao. Evolutionary Game Analysis of the Travel Mode Choice for Urban Travelers [J]. *Journal of Management Engineering*, 2009, 23 (2): 140-142. 陈星光, 周晶, 朱振涛. 城市交通出行方式选择的演化博弈分析[J]. 管理工程学报, 2009, 23 (2): 140-142.
- [2] Liu Jingang, Shenjingsheng. Analysis of Urban Traffic Jam Based on Game Theory [J]. *Urban Transport*, 2005, 3 (2): 63-65. 刘金刚, 申金升. 城市交通拥堵问题的博弈分析[J]. 城市交通, 2005, 3 (2): 63~65.
- [3] Liu Fenfang. Study on Urban Public Transport Priority Basis on the Complete Static Information Game [J]. *Transportation Technology*, 2008, (5): 83-85. 刘芬芳. 基于完全信息静态博弈下的城市公交优先研究[J]. 交通科技, 2008, (5): 83-85.
- [4] Li ming, Duan Wanchun. Analysis of Traffic Jam Cost Based on Game Theory and Study of Its Action-administration [J]. 2007, 221 (2): 74- 76. 黎明, 段万春. 道路交通拥挤成本的博弈分析及其运管对策[J]. 2007, 221 (2): 74-76.
- [5] He Guoguang, Ji Yinmiao, Liufengtao. Choice for travel modes based on the two-level game. *Journal of Chang'an University (Social Sciences)*, 2008, 8 (3), 4-7. 贺国光, 纪银苗, 刘峰涛. 基于双层博弈的交通方式选择[J]. 长安大学学报(社会科学版), 2008, 8 (3), 4-7.
- [6] Xie Shiyu. *Economic Game Theory (the third edition)* [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2009. 谢识予. 经济博弈论(第三版)[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2009.
- [7] Zhang Weiying. *Game Theory and Information Economics* [M]. Shanghai: Shanghai Joint Publishing Press, 2004. 张维迎. 博弈论与信息经济学[M]. 上海: 上海三联书店出版社, 2004.