

# 公共自行车出行质量实证研究

朱 玮, 庞宇琦, 王 德

(同济大学 建筑与城市规划学院, 上海 200092)

**摘要:** 以上海闵行区公共自行车系统为例, 调查获得人们在公共自行车系统实施之后出行方式的转换, 采用离散选择模型解释这种转换下的决策机制. 发现公共自行车特征、出行耗时以及服务点可达性是出行方式转换的重要影响要素. 应用模型发现公共自行车使用者的出行质量显著提升, 而出行总质量提升最多的集中于较为功利性的出行目的. 转换自公交方式的出行获得质量提升最多, 转换自小汽车的出行质量提升最少. 预估并比较服务站点密度增加和公共电动自行车两种服务方式的竞争力发现, 后者对出行质量提升的效果明显高于前者.

**关键词:** 公共自行车; 出行方式转换; 出行质量; 离散选择模型; 实证研究

**中图分类号:** U121

**文献标志码:** A

## Travel Quality by Public Bicycles: An Empirical Study

ZHU Wei, PANG Yuqi, WANG De

(College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** A case study was made of the public bicycle system of Minhang District, Shanghai, by carrying out a questionnaire survey to record the travel mode shift behavior after the introduction of the system. A discrete choice model was employed to explain the decision mechanism underlying the modal shift. It is found that the characteristics of public bicycle, travel time and the accessibility of the bicycle service stations are important factors for decision-making. The application of the model reveals travel quality improvement, while the most aggregate quality improvement occurs for relatively utilitarian travel purposes. The modal shift from public transits improve travel quality the most, while the modal shift from private cars improves the least. It is estimated that the travel quality by electric bikes improves more than that by setting up denser service stations.

**Key words:** public bicycle; travel mode shift; quality of travel; discrete choice model; empirical study

在倡导低碳可持续发展以及我国城镇化从总量增加进入量质共进阶段的背景下, 对生活质量(quality of life)的关注正逐渐升温. 出行作为生活中不可或缺的一部分, 其质量(quality of travel)对生活质量的影响不言而喻. 我国很多城市正在反思私人机动化急速增长对生活质量的负面影响, 已经先后在武汉、杭州、烟台、广州、北京、上海等地建立了公共自行车(以下简称公自)系统. 公自作为新的出行方式受到公众和政府的认同, 可以认为是出行质量提升的一种表现. 衡量公自对人们出行质量的影响对于评价和改进公自系统的服务和建设是必要的, 这是本研究的目的.

我国学者对公自系统实施效果的研究集中在使用满意度<sup>[1-3]</sup>. 然而, 由于缺乏与以往出行方式的比较, 单方面的满意度研究不足以全面地衡量公自出行质量提升; 公自系统服务要素的满意度也不足以反映人们对出行过程的评价, 比如出行时间、出行环境以及出行和出行方式本身<sup>[4]</sup>对公自出行质量都有影响. 满意度打分方法将被访者置于非正常的思维环境, 较容易产生主观评价与现实的偏差; 即便采用层次分析法和专家法<sup>[5-7]</sup>, 也难以保证要素权重关系的客观性.

采用出行效用变化来衡量出行质量的提升更加合理. 根据随机效用理论(Theory of Random Utility), 效用是人们决策时使用的指标, 综合了人们对选择对象各方面的评价, 人们选择效用最大的对象. 以此为基础, 公自对出行质量的提升也可以从出行行为的变化来衡量. 公自系统推出以后, 人们之所以会从以往的交通方式转换到公自, 其原因必定

收稿日期: 2013-08-02

基金项目: 国家自然科学基金青年基金(51108323)

第一作者: 朱 玮(1978—), 男, 副教授, 硕士生导师, 工学博士, 主要研究方向为城市规划方法与技术、行为与决策模型.

E-mail: weizhu@tongji.edu.cn

是出行效用的提高,在此即等同于出行质量.例如在国外的研究中,效用有时也被作为福利(welfare)的度量<sup>[8-11]</sup>,但是这种方法还没有被应用到对公自的研究上.出行效用的变化可以从人们出行方式向公自的转换来推断,本文采用离散选择模型(Discrete Choice Model)方法来估算人们的出行效用.

## 1 数据收集及样本特征

闵行区位于上海中心城区西南,是较为典型的城乡交界地带,面积 371 km<sup>2</sup>,人口约 240 万.轨道交通的发展带动了闵行区的快速城镇化,但公共交通仍难以满足居民出行的需求.因此,闵行区公自系统于 2009 年 7 月启动,对闵行区居民免费开放.至 2010 年底,网点数达到 563 个,车辆数 1.9 万余辆,分布在地铁站、公交站、商业中心、住宅区、政府机关、工业区等地段,使用者可以在任意的网点存取车辆,提高了出行的灵活性和可达性.

调查由同济大学城市规划系的学生于 2011 年 9—10 月内开展.他们在地铁站、购物中心、市场、小区入口以及工业区公自站点周边,随机邀请被访者参与,调查的对象是闵行区的常住居民.每份问卷耗

时 15~20 min,最终收集有效问卷 451 份,其中 232 份为公自使用者,219 份为非公自使用者,主要目的是考察这两类出行者对公自不同反应的原因.

问卷第一部分记录被访者在公自系统实施前后的出行链.例如,被访者当前的出行链是:从家里出发,步行 5 min 到公自服务点 A,租用自行车,骑行 15 min 到达公自服务点 B,归还自行车,步行 2 min 到地铁站,乘坐地铁 20 min 到达目的地地铁站,步行 10 min 到单位;而其在公自系统实施前的出行链可能是用公共汽车来接驳地铁.调查也收集了非公自使用者的出行情况,仅记录当前的出行链.之后,被访者需要回答是哪些原因促使或者限制他们使用公自.问卷最后记录了被访者的社会经济属性.

根据调查所获样本,表 1 显示了公自使用者的基本社会经济特征.可见性别比例接近;年龄相对集中在 26~35 岁以及 46~65 岁,老年使用者很少;收入以中低为主;学历偏高;拥有机动车的占少数;拥有私人自行车的略多于没有自行车的.被访者还回答了 3 个最常使用公自的出行目的,统计后发现:通勤(61.2%)与购物(51.7%)是使用公自出行的主要目的;办事目的比例居中(29.3%);休闲(10.8%)、会友(9.1%)和锻炼(4.7%)为次要目的.

表 1 公共自行车使用者的属性特征

Tab.1 Characteristics of public bicycle users' socio-demographics

性别		年龄/岁					月收入/元			
		比例/%								
男	女	16~25	26~35	36~45	46~65	≥66	≤2 000	2 001~5 000	5 001~10 000	>10 000
51.1	48.9	15.7	32.3	19.7	29.7	2.6	27.4	51.6	15.8	5.1
		比例(%)								
受教育程度		拥有小汽车		拥有助动车/摩托车		拥有自行车				
初中	高中	大学	研究生	是	否	是	否	是	否	
14.3	29.9	52.2	3.6	31.2	68.8	29.1	70.9	59.1	40.9	

## 2 出行方式转换模型

### 2.1 出行方式转换及原因

公自使用者的出行方式转换通过比较闵行公自系统实施前后的出行链变化得到:47.3%的出行转换来自步行,25.9%来自公交,18.3%来自私人自行车,4.4%来自小汽车,2.0%来自助动车/摩托车,1.4%来自班车,0.7%来自黑摩的.步行在所有出行方式中被公自替代得最多,可以说该系统成功解决了最后 1 km 出行问题.来自小汽车和助动车/摩托车的低转换率说明公自相对这些机动性高、灵活性好的私人交通方式仍显竞争力不足.

通过分析被访者选择的 3 个其认为最重要的使用公自的原因,发现“方便”比例达到 80.1%,远高于其他原因;位居第二的原因是节省时间(32.5%);锻炼身体位居第三,28.1%的使用者认为骑车有益健康.对于非公自使用者,他们同样最看重交通方式的方便性(34.1%),小汽车拥有者尤为突出(57.4%);位居第二的原因是申请不到公自诚信卡(24.8%);位居第三的原因是附近缺少公自服务点(15.0%).

### 2.2 模型设置

将出行方式的转换看作人们在以往的出行方式和新引入的公自之间进行选择,进而应用双项罗吉特模型(Binary Logit Model)来解释这一转换的决策机制.模型假定各选项对决策者产生效用,决策者

选择效用最大的选项.由于个人偏好的不确定性和测量误差,效用具有随机性,因此模型对实际选择行为的发生概率进行估计和解释,这是离散选择模型的基本原理.

将人们的出行链作为出行选择对象.对于公自使用者,备选项包括当前的出行链和从前没有公自时的出行链.对于非公自使用者,假定其当前不包含公自的出行链与从前的出行链一致,然后推断包含公自的出行链来作为假想的备选项.据此,人们选择包含公自的出行链的概率定义为

$$P_B = \exp(V_B) / [\exp(V_B) + \exp(V_N)] \quad (1)$$

$$V_M = \sum_i \beta_i x_{iM} \quad M = B, N \quad (2)$$

式(1),(2)中: $P_B$ 为选择公自出行链的概率; $V_B$ 为包含公自的出行链的效用; $V_N$ 为不包含公自的出行链的效用,可见当公自的出行链效用越高,其被选择的概率越大; $x_{iM}$ 为影响出行链效用的各要素; $\beta_i$ 为要素参数.效用函数采用常用的线性函数,选取的影

响要素包括出行总时耗、自行车时耗、步行时耗占自行车时耗的比例、公交时耗、步行时耗占公交时耗的比例、其他出行时耗要素、换乘数量、交通方式特征要素等.

## 2.3 模型结果

模型所拟合的数据有640条选择记录,包括公自使用者的选择(含当前的以及愿意使用公自的人,481条)和非公自使用者的选择(159条).结果保留了显著度在0.1以下的要素(表2).模型的总体拟合优度(McFadden's  $\rho^2$ )为0.34,对应平均预测准确率70%,说明模型对数据的解释程度较好.模型参数的符号符合预期.出行时间延长会增加出行负效用,而当使用自行车时,将随骑行时间产生额外的负效用.但是如果骑的是公自而非私有自行车,则该负效用可以一定程度上被公自的特征效用补偿,方便性应该包括其中.两个步行时间占比要素呈现负值,说明人们偏好更短的步行至公自服务点或者公交站点的距离.

表2 模型拟合结果

Tab.2 Model estimation result

要素	含义	参数估计值	t 检验
出行总时耗/min	完成出行链的总时耗	-0.049 9	-4.117 1
自行车时耗/min	使用自行车的时耗,其中包括用车前后的步行时耗和骑行时耗	-0.045 7	-3.934 0
步行时耗占自行车时耗的比例/%	表征公自的方便性	-3.756 3	-6.256 2
步行时耗占公交时耗的比例/%	表征公交的方便性	-3.110 2	-3.322 9
公自特征要素(0/1 哑元变量)	表征公自的特殊效用	3.404 2	9.241 0
对数似然数		-294.11	
总体拟合优度		0.34	
平均预测准确率/%		70	

## 3 公共自行车出行质量估计

### 3.1 出行质量的提升

根据之前的文献回顾,效用表征人们对事物的综合评价,也经常被作为福利的测度.类似,出行效用作为人们对出行的综合评价与出行质量在意义上一致.根据式(2)中的效用函数以及表2中的模型参数即可估计公自带来的出行质量(效用)变化.对于公自使用者,平均出行效用增加了1.69,相当于节省出行时耗33 min,应该说是非常显著的出行质量改善(以无变化作t检验: $t = -34.05$ ).而对于非公自使用者,如果使用公自可以平均增加效用0.43,相当于节省出行时耗9 min,这就解释了这些人何对公自相较冷淡.实际上在公自使用者样本中,有的时耗节省,有的反而增加,平均仅节省0.3 min;即便是时耗节省的子样本也仅平均节省了7.9 min.对比模型

估计的33 min节省,说明公自给人们带来的出行质量提升绝大部分不是由时耗节省带来的,这也与人们自述的原因一致.

不同出行目的出行质量提升接近.办事出行的质量提升最多(平均出行时耗节省35.6 min),锻炼出行其次(35.3 min),购物出行第三(34.5 min).但综合每种目的的人群数量后,通勤出行的总出行质量提升最多(总时耗节省占总量的44.1%),购物出行其次(31.5%),办事出行第三(13.8%).可见公自对出行质量总体改善效果最大的还是在较功利性的出行上.

从被公自所替代的出行方式来看,从公共汽车转换而来的公自出行所得到的出行质量提升得最多(时耗节省47.1 min),比私人自行车(37.6 min)和步行(33.3 min)多出10多分钟,而转换自小汽车的出行质量提升最少(16.5 min).在总出行质量提升中,转换自步行的出行质量增加最多(42.9%),其次

为公交(31.5%),私人自行车(17.9%)第三,小汽车最少(2.9%)。

### 3.2 公共自行车竞争力分析

以出行质量为测度,来推算公自相较于其他出行方式的竞争力。针对步行、私人自行车、助动车、公交、小汽车这5种交通方式,首先设定使用该交通方式出行的时耗,然后推算出行距离以及使用该方式的出行质量,接着计算以公自替代该方式的出行质量并比较。图1显示了公自相对于其他出行方式在不同出行时耗下的相对竞争力,由公自出行质量与其他方式出行质量的差来表示,仍以与效用等价的出行时耗为度量,因此值越小说明公自竞争力越强。如果以零为分界点,即公自的出行质量与其他方式的等价,还可以得到公自“有效”竞争范围,即从出行方式的选择上看,人们选择公自与其他出行方式的可能性相当的时间距离。

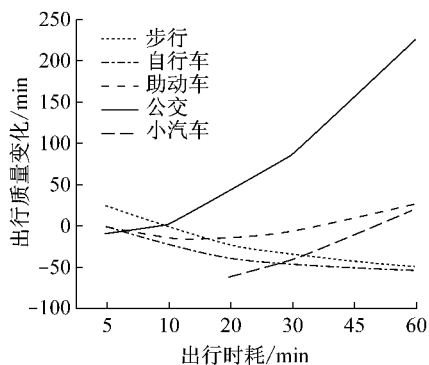


图1 公共自行车的相对竞争力

Fig.1 The relative competitiveness of public bicycles

在步行时耗少于10 min的范围内,公自的竞争力低于步行;超过10 min后,公自的竞争力逐渐增强,但增速趋缓。而相对于私人自行车,公自在任何出行时耗下都有较强的竞争力,随着出行时耗的增加,其竞争力稳定于50 min左右。相对于助动车,公

自竞争力随时耗先增后减,有效竞争范围在40 min以内,竞争力相对较小,最大在15 min左右。对于公交而言,没有出行时耗20 min以前的数据,因为出行时耗中包含了步行到公交站以及等候的时耗,而按照实际平均数据,这两项时耗加和已经超过20 min。在公交出行时耗20 min的情况下,公自的竞争力最强,达到60 min左右的出行质量优势,随后较快减少,有效竞争范围在50 min左右。公自对于小汽车的竞争力最低,仅在出行时耗10 min以内,之后小汽车的竞争力快速增长。

应用得到的模型,改变相关要素的值,可以预估不同情景下的公自的竞争力变化,从而为公自系统建设以及相关政策措施的制定提供参考。这里假设两种情景,一是将目前步行至公自服务点的平均时耗(6.85 min)减少一半,相当于服务网点密度增加一倍,从而提高服务点的可达性;二是采用公共电动自行车,这样可以提高出行速度并减少骑车的不适,设定其速度与助动车相同。

图2显示了公自相对于其他出行方式在两种情景下的竞争力变化。增加服务点密度使得公自的竞争力略有增长,最多在15 min左右,随着出行时耗的增加,竞争力的增速趋缓。相反,电动公自的竞争力提升开始较弱,随着出行时耗增加逐渐加强。对于步行,电动公自的竞争力提升效果在30 min以内都小于服务点加密;而对于私人自行车是15 min以内;对于助动车是10 min以内。就有效竞争范围而言,电动公自相对于助动车、公交和小汽车发生了质的变化。目前状况下,公自相对于助动车的竞争范围为40 min,这将被电动公自远远突破,而服务点加密仅延伸了约5 min。公交的情况类似,即便在60 min的公交车程时耗下,电动公自仍具有65 min的出行质量优势。对于小汽车,电动公自将竞争范围扩展到45 min,相对于其他出行方式,其竞争力变化最为显

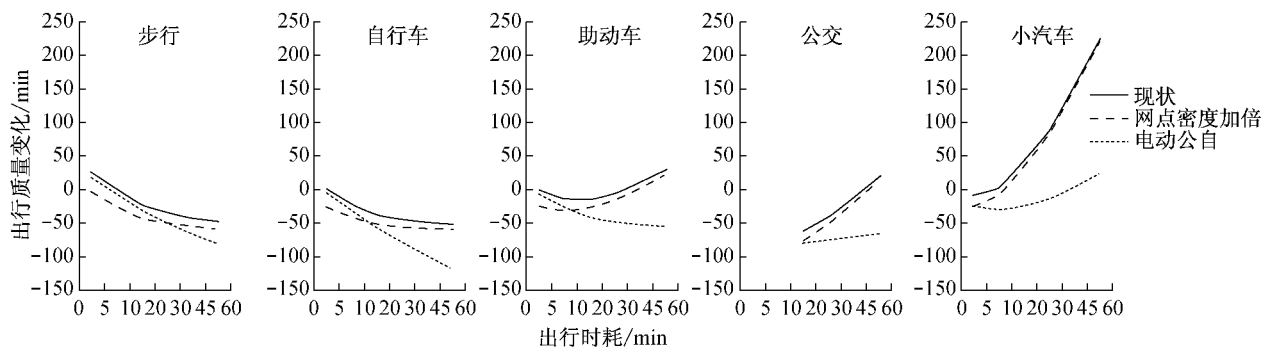


图2 两种服务下的公共自行车相对竞争力

Fig.2 The relative competitiveness of public bicycles under two types of services

著.总体上电动公自所带来竞争力提升明显高于增加公自服务点密度,因此是更为有效的推广公自出行的措施.

## 4 结论

以上海市闵行区公自使用行为为对象,探索评价由公自系统带来的出行质量提升的方法,旨在为公自系统的评价和改进提供依据.

闵行区公自使用者主要转换自步行、公交以及私人自行车,转换自小汽车的比例很少.方便是人们使用公自的最主要原因.应用离散选择模型解释出行方式转换的机制取得了良好的拟合效果,呈现显著影响的要素包括公自的固有特征、服务点的位置、骑行时耗以及出行总时耗.根据效用函数,发现闵行公自使用者的出行质量显著提升,相当于节省出行时耗 33 min,相比于出行时耗节省接近零的实际情况,印证了公自的便利性深受居民的欢迎.

不同出行目的的出行质量提升接近,但总质量提升最多的是通勤、购物、办事这些较为功利性的目的.转换自公交方式的出行获得质量提升最多,这反映了公自对于公交,尤其是短途公交的巨大优势.因此,规划可以考虑降低公交的服务密度,同时以公自来补充作为短途出行和接驳公交的主要方式.

相比之下,转换自小汽车的出行质量提升最少,再次显示了抑制小汽车使用的难度.主要原因一方面在于小汽车出行的距离一般较长;另一方面小汽车具有舒适性、私密性、多用途等其他交通方式难以替代的优点;而其作为生活富裕和社会地位的一种反映,会令使用者产生某种心理利益.因此,仅以公自来解决小汽车过度使用问题难有成效,可能仍应主要依靠限制措施.不过,电动公自似乎能给这一困境带来希望.应用模型对电动公自的相对竞争力进行预估后发现,其相对小汽车的竞争范围从当前的 10 min 拓展到 45 min,对公交和助动车的竞争力优势更为明显.主要原因是电动公自兼具人力公自的优点以及较快的速度.这一措施相比加密公自服务站点取得明显的多的效果,说明目前闵行区公自站点的设置密度(中心区为  $7.5 \text{ 个} \cdot \text{km}^{-2}$ )已经达到了较好的水平,对“方便性”的提升空间有限.而提速可能是下一个阶段提高公自吸引力的主要途经.当然,这不一定只能通过电动车来解决,也可以通过改

善骑行环境、实施自行车优先的措施来达到.

## 参考文献:

- [1] 刘璐,李杨,徐国虎.武汉市公共自行车服务满意度实证研究[J].物流工程与管理,2011(5):116.  
LIU Lu, LI Yang, XU Guohu. Empirical study of bike sharing service satisfactions in Wuhan city[J]. Storage Transportation & Preservation of Commodities, 2011(5): 116.
- [2] 王丽莉,字泉魁,黄彬.杭州公共自行车系统发展现状及其优化[J].现代城市,2010,5(4):39.  
WANG Lili, YU Quankun, HUANG Bin. The status quo and optimization of the public bicycle sytem in Hangzhou[J]. Modern City, 2010, 5(4): 39.
- [3] 韩慧敏,张宇,乔伟.里昂公共自行车系统[J].城市交通,2009,7(4):13.  
HAN Huimin, ZHANG Yu, QIAO Wei. Bike sharing system in Lyon[J]. Urban Transport of China, 2009, 7(4): 13.
- [4] Diana M. Making the “primary utility of travel” concept operational: a measurement model for the assessment of the intrinsic utility of reported trips[J]. Transportation Research Part A, 2008, 42(3): 455.
- [5] 姜煜华,甄峰.城市居民交通出行质量评价——以广东清远为例[J].城市发展研究,2010(2):47.  
JIANG Yuhua, ZHEN Feng. Evaluation of the travel quality of urban residents—a case study on Qingyuan[J]. Urban Studies, 2010(2): 47.
- [6] 欧阳陈海,吴海燕,张宇.北京公共交通通勤出行者满意度研究[J].道路交通与安全,2007,7(5):37.  
OUYANG Chenhai, WU Haiyan, ZHANG Yu. Customer satisfaction index model of transit commuter in Beijing[J]. Road Traffic & Safety, 2007, 7(5): 37.
- [7] 陆建,王炜.面向可持续发展的城市交通系统综合评价方法研究[J].土木工程学报,2004,37(3):99.  
LU Jian, WANG Wei. The study of urban transportation system sustained development evaluation method[J]. China Civil Engineering Journal, 2004, 37(3): 99.
- [8] Adamowicz W, Swait J, Boxall P, et al. Perceptions versus objective measures of environmental quality in combined revealed and stated preference models of environmental valuation [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1997, 32(1): 65.
- [9] Englin J, Mendelsohn R. A hedonic travel cost analysis for valuation of multiple components of site quality: the recreation value of forest management[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1991, 21(3): 275.
- [10] Pendleton L, Mendelsohn R. Estimating recreation preferences using hedonic travel cost and random utility models [J]. Environmental and Resource Economics, 2000, 17(1): 89.
- [11] Larson D M, Lew D K. Measuring the utility of ancillary travel: revealed preferences in recreation site demand and trips taken[J]. Transportation Research Part A, 2005, 39(2): 237.