

基于 SP 调查的出行方式选择模型与公交优先政策

赵淑芝, 赵 贝, 朱永刚

(吉林大学 交通学院, 长春 130022)

摘要:以居民出行意向特征分析和预测为手段,采用 SP 调查法和正交设计表进行了调查情境组合设计,得出了调查结果。通过研究长春市居民的出行方式,构建了居民出行方式选择 MNL 模型,找出了时间和费用对各类出行者的影响程度。提出了相应的公交优先政策建议,并预测了政策实施后交通方式分担率的变化。最后,总结出长春市居民出行的合理结构模式。

关键词:交通运输工程;出行方式;SP 调查法;正交设计;MNL 模型

中图分类号:U491.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5497(2009)Sup. 2-0187-04

Choice model of trip mode and policy of public transport priority based on SP survey

ZHAO Shu-zhi, ZHAO Bei, ZHU Yong-gang

(College of Transportation, Jilin University, Changchun 130022, China)

Abstract: According to the analysis and forecast for the intention characteristics of resident trip, the survey forms with the SP survey and orthogonal design were designed and the survey results were obtained. By studying the characteristics of resident trip in Changchun City, a MNL model of the resident trip mode choice was built up, and the impact of time and cost on the various types of traveler was given. Some recommendations about bus priority policy were proposed, the rate changes of traffic mode sharing was forecasted after implementing the policy, and finally, the reasonable structural model of residents trip in Changchun City was summed up.

Key words: engineering of communications and transportation; travel mode; stated preference survey; orthogonal design; MNL model

目前,许多城市都存在因私人小汽车快速增长带来的道路资源紧张、能源紧张、环境污染等问题,优先发展城市公共交通,制定高效的公交优先政策,优化城市交通结构,成为解决城市交通问题的必由之路。以往的研究大多是关于居民出行行为分析、路网仿真等,通过数据分析和经验判断总

结公交发展方向。还有学者根据居民出行意向(SP)调查分析居民出行行为,同时运用多种数学模型对居民出行方式选择进行了多方面的分析,但大都缺少出行方式选择与公交优先政策关系方面的研究。因此,本文从政府政策的制定和实施以及居民出行方式选择行为两方面入手,研究居

收稿日期:2008-05-04.

基金项目:高等学校博士学科点专项科研基金项目(20070183117).

作者简介:赵淑芝(1958-),女,博士生导师.研究方向:交通运输系统规划. E-mail: zszcy01@sohu.com

通信作者:赵贝(1983-),女,博士研究生.研究方向:交通运输系统规划. E-mail: zhaobei83@gmail.com

民出行行为特征,制定切实可行的公交优先政策,为缓解城市交通压力及促进城市可持续发展提供可行性建议。

1 居民出行方式 SP 调查

SP 调查(Stated preference survey)是指为了获得“人们对假定条件下的多个方案所表现出来的主观偏好”而进行的实际调查^[1]。SP 调查起源于经济学领域,近年来已成为交通出行行为研究中一种重要的工具,目前被广泛应用于出行方式选择、泊车选择以及路线选择等方面的研究。

1.1 SP 调查选项、属性及水平确定

本文做了一项关于长春市居民出行方式选择意向的 SP 调查。调查选项为各种交通方式,可分为小汽车(含单位小汽车)、出租车、公交车、轻轨和其他几种方式。调查情境按出行距离可分为 0~3、3~6、6~9、9~12 km 和 12 km 以上 5 种。

在综合分析的基础上确定了时间和费用两种交通方式的主要属性(影响因素),并假设出租车起步费、公交车票价和运行速度、轻轨票价为变量,其他因素取为定值。结合长春市目前实际情况,将每个变量设置了 3 个水平。具体属性和水平值设置见表 1。

表 1 SP 调查各属性及水平值设置

Table 1 Attribute and level value of SP survey

水平	影响因素(变量)			
	公交车票价 /元	公交车速度 /(km·h ⁻¹)	轻轨票价 /元	出租车起步价 元/km
1	0.5	12	2	5/2.5
2	1	15	2.5	8/3
3	2	20	3	10/3

1.2 SP 调查情境组合设计

为了最大限度地降低受访者回答的问题数目,并保证建立交通行为模型数据的精确度,本文设置了 4 个因素 3 个水平,采用正交设计法设计调查情境,正交设计规格化表选为 L₉(3⁴)^[2],并采用对比法对出行者的意向偏好进行调查。根据正交设计表,将表 1 中各属性的不同水平进行组合,得到调查情境设计表,见表 2。至此,SP 调查表已经设计好。在实施调查过程中,让被调查者对各种不同的时间、费用组合问题进行判断选择,每位被调查者需要作 9 次判断完成一次调查。

表 2 调查情境组合设计表

Table 2 Design of investigation situation combination

情境	公交票价 /元	公交速度 /(km·h ⁻¹)	轻轨票价 /元	出租车起步价 元/km
1	0.5	12	2	5/2.5
2	0.5	15	2.5	8/3
3	0.5	20	3	10/3
4	1	12	2.5	10/3
5	1	15	3	5/2.5
6	1	20	2	8/3
7	2	12	3	8/3
8	2	15	2	10/3
9	2	20	2.5	5/2.5

2 出行方式选择模型构建及结果

2.1 确定效用函数及选择方案集合

可供选择的交通方式叫作选择肢,每个选择肢都有一个用来衡量其优越性的效用函数。效用函数是由反映效用的确定项和不可知项构成。在效用函数的固定项 V_{in}的形式上,MNL 模型具有线性函数、对数线性函数等多种形式^[3]。其中最常用的是线性函数。

如果 MNL 模型的效用函数为线性函数,其选择概率 P_{in}为

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_j e^{V_{jn}}} = \frac{\exp\left(\sum_{k=1}^K \theta_{ik} X_{ink}\right)}{\sum_j \exp\left(\sum_{k=1}^K \theta_{jk} X_{jnk}\right)} \quad (1)$$

式中:V_{in}为可以观测的要素 X_{in}的效用;X_{ink}为个人 n 选择选择肢 i 的第 k 个变量值;θ_{ik}为待定系数。

通常,MNL 模型可供选择的方案有多个,并且每个出行者 n(n=1,2,⋯,N)的选择方案集合 A_n都不一定相同。本文经过对调查样本中的可能选择方案集合进行分析,由 n=1,2,⋯,N 组成的总体的选择方案集合 A 为一个并集,它包含了任何一个样本的 A_n。就长春市而言,选择方案总体组成如下

$$A = A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_N \\ = \{ \text{小汽车,出租车,公交车,轻轨,其他} \}$$

根据 2003 年长春市居民日出行数据的调查统计,所有交通方式一共有 9 种,这里选择了较常用的几种:小汽车(包括单位小汽车)、出租车、公交车、轻轨和其他(包括步行、自行车和摩托车等)作为选择肢进行分析。

2.2 确定选择特性变量及数据准备

本文将 SP 调查的出行者按出行者的特性进行分类,但性别、职业等因素对居民出行方式选择影响不大,因此只依据出行者年龄和个人月收入 2 个因素进行了分类,见表 3。

表 3 SP 调查出行者分类

出行者特征		类别
年龄/岁	<20	A ₁
	20~60	A ₂
	>60	A ₃
个人月收入/元	3000 以下	I ₁
	3001 以上	I ₂

将出行者按表 3 分为 6 类后,假设同一群体的出行者已确知待选交通方式的特性,并有相当一致的理性行为。这个假定包含着统计意义上的概念,即在一定的社会经济约束条件下,他们总会对于诸因素(时间和费用)作出理性的综合判断,选择效用最大的交通方式,且同一类出行者对于时间和费用所赋予的权重相同。即对于同一类出行者来说,

$$\theta_{11} = \theta_{21} = \dots = \theta_{s1}; \theta_{12} = \theta_{22} = \dots = \theta_{s2}$$

2.3 模型参数的标定

在进行模型参数标定时,根据效用最大化理论^[3]及式(1)可以将想要标定某一类出行者的时间和费用参数转化为线性形式,通过回归分析进行参数标定。对于同一类出行者来说,如果有多种方式可供选择,则该类出行者选择方式 i 的效用可以表示为

$$V_i = aX_{i1} + bX_{i2} + c_i \quad (2)$$

式中: a 为时间因素对于出行者方式选择的影响; b 为费用因素对于出行者方式选择的影响; c_i 为待估参数,它是除费用和时间外其他因素的综合反映,如舒适性、方便性及服务水平等。

根据式(1),将任意两种方式的选择概率相比,再取对数,即

$$\ln \frac{P_i}{P_j} = (X_{i1} - X_{j1})a + (X_{i2} - X_{j2})b + (c_i - c_j) \quad (3)$$

简化为线性形式为

$$Y = aX_1 + bX_2 + c \quad (4)$$

根据 SP 调查数据,可统计出每一类出行者选择某种交通方式的概率,且不同出行者所选交通方式的时间和费用已知,则对于式(4)采用回归

分析即可得到参数 a 和 b 的值。通过对调查数据的分类统计,运用 Excel 对每类出行者的时间和费用参数进行回归,计算结果如表 4 所示,该结果已通过 t 检验和 F 检验。

表 4 时间、费用参数估计结果

Table 4 Estimated results of time and cost parameters

出行者类别	时间参数 a	费用参数 b	c
A ₁ , I ₁	0.0663	-0.1175	0.4228
A ₁ , I ₂	0.0777	-0.0622	-0.2506
A ₂ , I ₁	0.0750	-0.1126	0.4441
A ₂ , I ₂	0.1056	-0.0186	0.6588
A ₃ , I ₁	0.0424	-0.1477	-0.0460
A ₃ , I ₂	0.0499	-0.0621	0.3501

2.4 结果分析

从参数估计结果可以看出,20~60 岁的出行者对时间因素考虑较多,即时间对其出行方式选择的影响较明显;对于 60 岁以上的出行者,时间对其出行方式选择的影响较小。对于收入在 3000 元以下的出行者,出行费用对其影响较明显;收入在 3000 元以上的出行者对费用因素考虑较少。这是因为 20~60 岁的出行者为长春市出行主体人群,他们的出行目的多为上下班和公务出行等。对于他们来说,时间的价值高于费用的价值,即节省时间是他们选择出行方式所考虑的主要因素,特别是收入在 3000 元以上的出行者,时间因素对他们影响比较显著。对于 60 岁以上的出行者来说,他们的出行目的多为锻炼身体、探亲访友、购物等生活出行,时间因素对于他们来说并不重要,费用成为他们出行时考虑的主要因素,特别对于收入在 3000 元以下的出行者,费用更成为他们出行方式选择的首要因素。

这一分析结果与长春市实际情况吻合。因此,在公交优先政策制定和实施过程中,应首先考虑调整公交票价和提高公交运行速度。

3 公交优先政策建议及效果预测

3.1 公交优先政策建议

根据 SP 调查结果及模型计算结果,可以制定有针对性、满足各类人群出行需要的公交优先政策^[6],主要包括以下几方面:①票价政策。主要包括优惠、减免票政策与低价票策略^[4]。②技术措施。主要包括公交信号优先^[4]、实行公交自动收费,普及电子月票与 IC 卡等措施。③道路使用。主要包括公交专用路与公交专用道的设置。

④提高公交服务质量。⑤改善公交线网布局。⑥建设快速公交系统(BRT)。⑦其他措施。主要包括适当限制私人小汽车的使用;适当调整出租车的经营模式与价格;控制公务用车发展^[5]。此外,还可以鼓励使用自行车^[7],并限制摩托车的使用。

3.2 公交优先政策实施效果预测

根据 SP 调查结果,计算出长春市居民的平均出行距离为 6.03 km,结合调查方案及前文提出的各种公交优先政策,实施公交优先政策后各种方式的平均出行费用和平均出行时间见表 5。

表 5 各种出行方式的平均出行费用和平均出行时间

Table 5 Average travel costs and average travel time of trip modes

	小汽车	出租车	公交车	轻轨	其他
平均出行费用 /(元·km ⁻¹)	3	1.3(起步 8元/3km)	0.5	2	0.3
平均出行时间 /min	7.24	8.04	18.09	12.06	22.50

根据已建立的居民出行方式选择模型,将数据带入式(3)中,计算得到各种方式的选择概率之比,即 P_1/P_2 、 P_2/P_3 、 P_3/P_4 、 P_4/P_5 的值。又 $P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 1$,可以计算出公交优先政策实施后各类出行者选择各种交通方式的概率,预测结果见表 6。

表 6 实施公交优先政策后各种交通方式的分担率预测结果

Table 6 Share forecast of trip modes after implementing public transport priority

出行者 类别	各出行方式所占比例/%				
	小汽车	出租车	公交车	轻轨	其他
A ₁ , I ₁	6.50	9.19	45.29	14.68	24.33
A ₁ , I ₂	8.63	10.44	36.28	16.10	28.54
A ₂ , I ₁	6.80	9.19	45.70	15.75	22.58
A ₂ , I ₂	22.80	17.53	32.46	13.64	13.52
A ₃ , I ₁	1.48	3.94	44.52	12.43	37.61
A ₃ , I ₂	13.75	14.72	34.98	16.62	19.95

从表 6 可以看出,与目前公交出行比例 25% 相比,实施各种公交优先政策后,公交出行比例有了较大增长,特别是低收入人群乘公交出行的比例可以达到 45% 以上。另外,轻轨的出行比例也有大幅度的提高。

通过实施多种公交优先政策,长春市居民出行方式的合理结构模式为:大力发展公共交通,建

立以轨道交通和快速公交为骨干、以常规公交为主体的公交体系,积极引导和控制私人小汽车的使用,压缩出租车所占比例并调整其经营模式,加速公务车改革,为自行车交通创造良好交通环境。

4 结束语

本文通过对居民出行意向特征进行分析,得出了居民出行方式选择的通用模型,并以长春市为例提出了相应的公交优先政策建议。这一研究思路还可以应用于其他城市的公交优先研究中,具有一定的通用性,对研究城市多种客运交通方式协调发展具有深远的意义。

参考文献:

[1] 赵鹏,藤原章正,杉惠赖宁. SP 调查方法在交通预测中的应用[J]. 北方交通大学学报, 2000, 24(6): 30-31.
Zhao Peng, Fujiwara Akimasa, Sugie Yoriyasu. The application of stated preference survey [J]. Journal of Northern Jiaotong University, 2000, 24(6): 30-31.

[2] 北京大学数学力学系数学专业概率统计组. 正交设计——一种安排多因素试验的数学方法[M]. 北京: 人民教育出版社, 1977.

[3] 关宏志. 非集计模型——交通行为分析的工具[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

[4] 高昆,张海. 城市交通中的公交优先策略[J]. 交通运输系统工程与信息, 2006, 6(2), 23-24.
Gao Kun, Zhang Hai. On priority strategies of urban public transport[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2006, 6(2): 23-24.

[5] 张蕊,吴海燕. 北京市交通出行方式合理结构模式研究[J]. 北京建筑工程学院学报, 2005, 21(1): 25-27.
Zhang Rui, Wu Hai-yan. Study on reasonable pattern of traffic mode in Beijing[J]. Journal of Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, 2005, 21(1): 25-27.

[6] Yannis Tyrinopoulos, Constantinos Antonion. Public transit user satisfaction: Variability and policy implications[J]. Transport Policy, 2008, 15(4): 197-208.

[7] Piet Rietveld, Vanessa Daniel. Determinants of bicycle use: do municipal policies matter[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2004, 38(7): 531-550.