

文章编号:1007-6735(2013)06-0563-04

# 居民交通方式选择行为影响因素分析

郑雪琳, 干宏程

(上海理工大学 超网络研究中心, 上海 200093)

**摘要:** 交通方式选择行为是交通需求预测研究的重要内容. 利用上海出行者交通方式选择意向调查数据, 对小汽车、轨道交通、自行车 3 种交通方式的选择行为进行了分析与建模. 对轨道交通票价、小汽车出行时间及费用的多种组合情景下的各交通方式分担比例作了分析. 运用计量经济学中的离散选择建模方法, 建立了包括出行者个体属性、出行时间及费用等因素的交通方式选择多元 logit 模型, 提出了交通规划和管理政策与措施方面的建议.

**关键词:** 交通方式选择; 离散选择模型; 意向数据; 多元 logit 模型; 轨道交通

**中图分类号:** U 491      **文献标志码:** A

## Analysis on Influential Factors of Travel Mode Choice Behavior of Residents

ZHENG Xue-lin, GAN Hong-cheng

(Center for Supernetworks Research, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** Travel mode choice behavior is very important for traffic demand forecasting study. With Shanghai travelers' stated preference data, the choice behaviors of three transportation modes including car, railway and bicycle were analyzed and modeled. The transportation share proportion was analysed, in which six scenarios were presented, with each scenario including different combination of railway fares, car travel time and costs. A transportation choice probability model, considering traveler individual attributes, travel time and cost was proposed with the use of discrete choice in micro econometrics modeling method. Some policies and measures were put forward for transportation planning and management.

**Key words:** travel mode choice; discrete choice model; stated preference data; multinomial logit model; railway

随着我国城市居民生活水平提高和交通网络的  
大力发展, 交通方式呈现多元化趋势, 小汽车出行在

城市居民交通方式中所占比重迅速增加. 小汽车数  
量的迅速增长, 带来了严重的经济、社会和环境问

收稿日期: 2013-03-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51008195); 上海市研究生创新基金资助项目(JWCXSL1202); 上海市教委科研创新  
资助项目(09YZ205); 上海市重点学科建设资助项目(S30504)

第一作者: 郑雪琳(1988-), 女, 硕士研究生. 研究方向: 交通行为分析与建模、智能交通. E-mail: 306898100@qq.com

通讯作者: 干宏程(1978-), 男, 副教授. 研究方向: 智能交通、交通规划. E-mail: hongchenggan@126.com

题,如交通拥堵、交通事故、空气污染、噪声污染、能源消耗等.如何调整和优化居民交通方式结构以缓解上述问题是各城市面临的难题.地铁已成为我国许多大、中城市运载出行者的主要工具,受到越来越多的出行者欢迎.自行车也是常用出行工具,且健康、环保、经济.研究城市居民交通方式选择行为,把握影响各交通方式选择的因素有助于制定优化交通方式结构的政策和措施.

影响居民交通方式选择的因素很多,它们通常可归纳为出行者特性、出行特性和交通工具特性3个方面<sup>[1-4]</sup>.研究方法上,学者们通常采用因子分析法<sup>[5-6]</sup>、描述性分析<sup>[7-9]</sup>、神经网络<sup>[10]</sup>、离散选择模型<sup>[11-15]</sup>等来分析交通方式的选择行为.离散选择模型基于效用最大化原理,以微观的决策者个人为研究对象,具有明确的行为解释能力,广泛应用在交通方式选择等研究方面.研究内容上,多数学者<sup>[16-18]</sup>以小汽车或轨道交通的出行方式为主;近年来,“低碳出行”的理念深入人心,学者<sup>[19-22]</sup>在研究中同时关注自行车方式.

本文结合上海市城市居民实际出行环境特点,对小汽车、轨道交通、自行车3种方式进行行为建模.利用2010年调查的上海出行者交通行为数据,采用计量经济学中的离散选择模型方法建立交通方式选择多元Logit模型,以便为交通管理部门制定相关交通政策和管理措施提供依据.

### 1 交通方式选择意向行为数据获取

本文研究利用的是2010年干宏程等<sup>[16]</sup>针对上海出行者交通方式选择行为进行问卷调查所得到的行为数据.问卷对在轨道交通、小汽车、自行车3种交通方式下出行者上班可能采用的交通方式进行了调查(属性设定见表1),最终得到182份有效问卷,从而得到1 092(182×6)个交通方式选择样本.调查内容包括两部分:出行者的个体属性(如性别、年龄、驾龄等)和出行者交通方式选择.

被调查的出行者,年龄分布于17岁至63岁,平均年龄32.55岁;驾龄区间0年至33年,平均驾龄为4.21年;性别分布情况为:男性占53.5%,女性占46.5%;38.4%的出行者没有小汽车,61.6%有小汽车;每周使用小汽车的平均天数3.13天;学历在本科及以上的占67.7%;月收入在3 000元以上的占61.9%;职业为企业事业单位的占67%.

如表1所示,出行情景的构造结合了上海市居

民实际出行特点,其中基准情景(情景1)贴近现实情况.为研究轨道交通票价的优惠、小汽车出行时间和费用的增加是否对居民出行方式的选择有影响,在基准情景的基础上,对轨道交通票价、小汽车的时间和费用进行了不同程度的设置,详见情景2~6.

表1 问卷中的交通方式属性设置  
Tab.1 Travel modes choice at different travel time and cost

| 出行情景 | 轨道交通   |      | 小汽车             |      | 自行车    |
|------|--------|------|-----------------|------|--------|
|      | 时间/min | 费用/元 | 时间/min          | 费用/元 | 时间/min |
| 基准情景 | 50     | 4    | 30              | 10   | 45     |
| 情景2  | 50     | 2    | 30              | 10   | 45     |
| 情景3  | 50     | 4    | 45              | 13   | 45     |
| 情景4  | 50     | 2    | 30(提前20 min 出门) | 10   | 45     |
| 情景5  | 50     | 2    | 45              | 13   | 45     |
| 情景6  | 50     | 4    | 30(提前20 min 出门) | 10   | 45     |

图1为不同情景下交通方式选择的比例.基准情景下,小汽车和轨道交通的选择比例基本持平,分别为46.2%和45.6%,表明这两种方式对于出行者的吸引力比较接近.调整轨道交通票价、小汽车的时间和费用后,不难发现,自行车选择的比例浮动性不大,选择轨道交通和小汽车的比例呈现波动趋势,这说明3种因素对出行者选择小汽车或轨道交通有一定的影响,具体分析如下:

a. 情景2和情景4都对地铁的费用进行了半价优惠,后者为避免不确定的延误,要求乘小汽车的出行者提前20 min出门.如图1,情景4比情景2多吸引了10.5%(61.5%~72.0%)的出行者选择轨道交通,这可能是因为要求出行者提前20 min出门,让出行者在心理上感到时间的浪费,因而选择轨道交通的比例增加.

b. 情景4和情景6都要求乘小汽车的出行者提前20 min出门,前者对轨道交通的费用进行了半价优惠.如图1,情景4比情景6多吸引了9.4%(62.6%~72.0%)的出行者选择轨道交通,这可能是因为地铁与小汽车的费用差别大,由6元增加至8元,对出行者更有吸引力.

c. 情景3和情景5小汽车的出行时间都增加至45 min,费用都增加至13元,后者对轨道交通的费用进行了半价优惠.如图1,情景5比情景3仅多吸引了2.8%(74.7%~77.5%)的出行者选择轨道交通,这可能是因为,仅轨道交通费用的半价优惠对

于出行者来说吸引力较小,出行者更加喜欢较舒适的小汽车。

通过上述定性分析可以看出,轨道交通票价、小汽车出行时间和费用对出行者选择交通方式有影响。下文将用离散选择模型对这些影响进行定量分析。

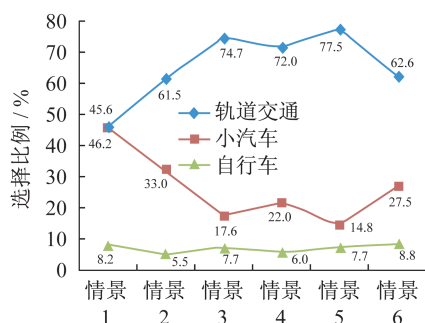


图1 交通方式选择折线图

Fig.1 Line chart of travel mode choice

## 2 多元 logit 模型建立及结果分析

### 2.1 建模方法

多元 logit 模型是进行回归分析时经常使用的统计分析方法,其数学表达式为

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^{C_n} e^{V_{jn}}} = \frac{e^{\beta_1 \cdot x_{in1} + \beta_2 \cdot x_{in2} + \dots + \beta_K \cdot x_{inK}}}{\sum_{j=1}^{C_n} e^{\beta_1 \cdot x_{jn1} + \beta_2 \cdot x_{jn2} + \dots + \beta_K \cdot x_{jnK}}} \quad (i, j \in C_n) \quad (1)$$

式中,  $P_{in}$  为出行者  $n$  选择方案  $i$  ( $i=1, \dots, n$ ) 的概率;  $V_{in}$  为出行者  $n$  选择方案  $i$  的效用函数的固定项;  $C_n$  为出行者  $n$  选择方案的集合;  $K$  为特性变量的个数;  $x_{inK}$  是个体  $n$  在选择集  $C_n$  中选择的第  $i$  个选择项的  $K$  个属性;  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_K$  是相应的待估参数。

### 2.2 模型估计结果

根据上文确定的效用函数建立模型需要的数据结构,采用 SPSS. 17 软件估计模型。最终在统计上显著的影响变量包括年龄、有无小汽车、月收入、小汽车费用与轨道交通票价差、轨道交通与小汽车的出行时间差。模型的参考交通方式是自行车,参数标定结果如表 2 所示,其决定系数 Nagelkerke's  $R^2$  为 0.249,表明该模型的拟合比较理想。

对表 2 模型的系数分析如下:

a. 年龄. 系数均为正,且轨道交通系数 1.439 大于小汽车的系数 1.306,表明年龄在 35 岁以下的

表 2 参数标定结果

Tab.2 Model estimation results

| 变量                             | 轨道交通          |        | 小汽车           |        |
|--------------------------------|---------------|--------|---------------|--------|
|                                | 系数( $\beta$ ) | T 值    | 系数( $\beta$ ) | T 值    |
| 常数项( $X_1$ )                   | 3.209         | 4.649  | 4.490         | 5.869  |
| 年龄 $\leq 35$ 岁( $X_2$ )        | 1.439         | 4.710  | 1.306         | 4.704  |
| 有私人小汽车的哑变量( $X_3$ )            | 0.128         | 1.973  | 1.408         | 4.501  |
| 月收入 $\geq 3000$ 元的哑变量( $X_4$ ) | 1.970         | -6.261 | 2.768         | -7.857 |
| 小汽车与轨道交通费用差( $X_5$ )           | 0.080         | 1.999  | -0.167        | -2.018 |
| 轨道交通与小汽车时间差( $X_6$ )           | -0.052        | -3.499 | 0.039         | 2.390  |
| 卡方检验                           | 244.169       |        |               |        |
| -2 对数似然值                       | 319.906       |        |               |        |
| Nagelkerke's $R^2$             | 0.249         |        |               |        |

出行者比年长的出行者更愿意倾向选择轨道交通,其次是小汽车和自行车。这可能是因为年轻出行者的绿色出行环保意识比较强烈,或社会经济方面达不到乘小汽车的水平。

b. 小汽车. 系数均为正,且小汽车系数 1.408 大于轨道交通的系数 0.128,表明拥有小汽车的人更倾向选择使用小汽车出行,其次是轨道交通和自行车。这个比较符合实际,有小汽车的出行者不愿将小汽车闲置在家而乘坐轨道交通。

c. 月收入. 系数均为正,且小汽车系数 2.768 大于轨道交通的系数 1.970,说明月收入在 3000 元以上的出行者比月收入在 3000 元以下的出行者更倾向选择小汽车出行。这是因为,收入高的出行者比较不容易受到费用的影响,所以更倾向选择舒适度相对较高的小汽车。

d. 费用差. 轨道交通的系数为正,小汽车为负,这表明地铁比小汽车省钱,省得越多,出行者越倾向选择地铁。

e. 时间差. 轨道交通的系数为负,小汽车为正,表明小汽车的节省时间越长,出行者越倾向选择小汽车。

## 3 结束语

利用 SP 调查方法获取了上海出行者交通方式选择的行为数据,对小汽车、轨道交通、自行车 3 种方式的选择行为进行了分析与建模。定性分析的结果显示:不同轨道交通票价、小汽车出行时间和费用组合情景下,出行者选择轨道交通、小汽车、自行车的比例不同。定量分析结果显示,个体属性、费用差和时间差对于出行者的交通方式选择有一定的影

响.因而,采取恰当的交通规划与管理政策与措施,有助于鼓励出行者选择轨道交通或自行车作为主要的出行方式,缓解交通拥挤,改善生活环境.具体的政策和措施建议如下:

a. 费用优惠.从分析结果来看,地铁省钱越多,出行者越倾向于选择,因而在短时需求集中情境(如大型社会文体活动)下,对轨道交通的费用打折优惠,可以缓解道路压力.

b. 缩短公交发车间隔时间.从分析结果看,轨道交通与小汽车的时间差越大,出行者越不愿选择轨道交通,因而管理部门可以在交通高峰期增加公共交通的班次,以减少出行者等待时间.

c. 改善慢行交通环境.从模型的分析结果来看,选择自行车的出行者非常少,因而,可以通过修建宜人合理的自行车换乘站、自行车停车场等方式吸引出行者选择较为环保的自行车.

#### 参考文献:

- [1] Ben-Akiva M, Lerman S R. Discrete choice analysis: theory and application to travel demand [M]. Cambridge: MIT Press, 1985.
- [2] Bowman J L, Ben-Akiva M E. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules[J]. Transportation Research Part A, 2001, 35 (1): 1-28.
- [3] 宗芳, 雋志才. 基于活动的交通方式选择模型与交通需求管理策略[J]. 吉林大学学报(工学版), 2007, 37 (1): 48-53.
- [4] 徐上, 陆建, 马海峰, 等. 大型活动观众交通方式选择影响因素研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2007, 5 (4): 77-83.
- [5] 王姝春, 马斐, 陈峻, 等. 城市典型客运方式选择影响因素分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2010, 10 (3): 93-98.
- [6] 贾洪飞, 孙宝凤, 王苏娟, 等. 基于计划行为理论的换乘决策机理解析[J]. 吉林大学学报(工学版), 2012, 42(6): 1481-1486.
- [7] 杨涛, 王琳, 周征航, 等. 马鞍山市居民出行选择决策心理研究[J]. 城市规划汇刊, 1994(4): 39-45.
- [8] 王珂. 北京市轨道交通对居民职住地选择及通勤出行的影响研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [9] 文婧, 王星, 连欣. 北京市居民通勤特征研究——基于千余份问卷调查的分析[J]. 人文地理, 2012, 27(5): 62-68.
- [10] 贾俊刚, 杨东援. 基于概率神经网络的交通方式划分模型[J]. 上海理工大学学报, 1999, 21(1): 9-12.
- [11] McFadden D L. Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour[C]//Frontiers in Econometrics. New York: Academic Press, 1973.
- [12] Massimiliano C. Evaluating the effects of parking price and location in multimodal transportation networks [J]. American Institute of Mathematical Sciences. 2006, 1(3): 441-465.
- [13] 杜豫川, 蒋盛川, 朱迪, 等. 上海世博会出行方式选择意愿建模与场景分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2010, 38(4): 515-520.
- [14] 干宏程. VMS诱导信息影响下的路径选择行为分析[J]. 系统工程, 2008, 26(3): 11-16.
- [15] 干宏程, 叶昕. 行程时间波动性对路径选择影响的离散选择分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2010, 10 (1): 140-144.
- [16] 王雯静, 干宏程. 小汽车与轨道交通交通方式选择行为分析[J]. 城市交通, 2010, 8(3): 36-40.
- [17] 武文, 帅斌, 殷焕焕, 等. 基于BL模型的居民小汽车出行行为研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2012, 10(3): 71-75.
- [18] 贾洪飞, 龚勃文, 宗芳, 等. 交通方式选择的非集计模型及其应用[J]. 吉林大学学报(工学版), 2007, 37 (6): 1288-1293.
- [19] 毛霖, 杨新苗, 常玉林, 等. 基于 Logistic 回归模型的电动自行车出行特征分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2007, 5(1): 114-117.
- [20] 丛晓龙. 在校学生自行车交通方式选择影响因素研究[J]. 交通标准化, 2011(12): 121-124.
- [21] 杨晨, 陆建, 王炜, 等. 基于个体出行方式选择的自行车交通影响因素研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7(4): 131-136.
- [22] 徐任婷. 基于出行者个体行为特征的出行目的地与方式选择模型研究[D]. 南京: 东南大学, 2007.

(编辑: 丁红艺)