

上海世博会出行方式选择意愿建模与场景分析

杜豫川, 蒋盛川, 朱迪, 孙立军

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 200092)

摘要: 针对2010年上海世博会客流来源广泛、背景差异大的特点, 设计了两阶段递进式的SP(stated preference survey)调查方法, 进行了大规模的世博客流出行方式选择意愿调查, 多层次地分析了各种影响因素的效用; 以此为基础, 建立了描述本地、外地住宿、外地一日游等不同类型游客出行方式选择行为的多项Logit模型; 利用这些出行方式离散选择模型, 分析对比了多种交通管理措施和政策的组合场景实施效果, 针对性地给出了世博交通管理的建议措施。

关键词: 世博交通管理; 出行方式选择; 递进式SP(stated preference survey)调查; 离散选择模型; 场景分析

中图分类号: U 9

文献标识码: A

Discrete Choice Model and Scenario Analysis on Trip Mode Choice Behavior for Expo 2010 Shanghai

DU Yuchuan, JIANG Shengchuan, ZHU Di, SUN Lijun

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Considering visitors to Expo 2010 Shanghai of various backgrounds, a two-stage gradual stated preference survey method is presented for the large-scale trip mode choice survey of Expo visitors. Based on these survey data, an analysis is made of the effects of different factors and three kinds of multinomial logit model are provided for the trip mode choice behavior of local visitors, out-of-town one-day-trip visitors and out-of-town lodging visitors. Finally several traffic management measures and policies for Expo 2010 Shanghai are contracted in scenario analysis, and proposals are provided for Expo 2010 Shanghai.

Key words: Expo traffic management; trip mode choice; gradual stated preference survey; discrete choice model; scenario analysis

2010年的上海世博会将迎来7000万人次的客流, 预计其一般高峰日客流将达到60万人次, 极端高峰日客流将达到80万人次。这一庞大的世博客流可通过轨道、专线巴士、出租车等不同的交通方式达到位于城市中心区的世博园, 使得世博客流交通方式选择比例的变化将对上海世博会的交通运营组织方案以及会展期间的城市交通日常管理方案的制订产生重大的影响。因此, 在调查分析世博客流选择意愿的基础上, 通过有效建模预测不同政策措施组合对世博交通的作用, 是上海世博交通组织工作的基础需求之一。

研究不同管理措施、政策对交通选择行为的影响一直是交通规划和运输经济领域的热点之一。早在20世纪70年代, McFadden^[1]就成功利用旧金山湾区新建的高速铁路(BART)开通前的调查数据进行出行方式选择的MNL模型标定, 预测了不同出行方式分担比, 并在BART开通后进行了跟踪调查, 证明了该模型方法具有很高的准确度。其后, Kumar^[2], Caramia^[3]分别利用主观偏好调查和离散选择建模方法, 在公共交通选择的影响因素、停车费用对停车换乘模式的影响等问题的研究中进行了成功应用。近年来, 国内的熊萍^[4]、叶亮和贺宁^[5]、刘志明等^[6]、王铭艳^[7]也采用SP(stated preference survey)调查和离散选择建模的方法, 对停车换乘方式实施效果、水上巴士交通需求、城市内交通方式分担率以及轨道交通与出租车的竞争性问题进行分析, 并提供了较为科学的预测结果。

国内外的相关研究表明, 通过调查人们对假定条件下多个方案所表现出来的主观偏好, 以随机效用函数理论为基础建立离散选择模型, 是研究不同环境下交通选择行为的有效方法。但传统SP建模分析方法应用于背景复杂对象群体时, 常常难以获得理想的预测结果。Fowkes等^[8]研究表明, 由于受访

收稿日期: 2009-09-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60804048); 教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目(NCET-08-0407)

作者简介: 杜豫川(1976—), 男, 副教授, 工学博士, 主要研究方向为智能交通系统、运输经济分析。E-mail: ycdut@tongji.edu.cn

对象的身份背景复杂性,基于 SP 调查的预测结果与实施后情况可能会有 50% 以上的差异. Koppelman^[9]的研究认为:对不同背景受访群体采用相同的意愿选项进行问卷调查难以得到准确的结论. 因此,针对 2010 年上海世博会客流来源广泛、背景差异巨大的特点,笔者提出了两阶段递进式 SP 调查分析方法,在大量现场问卷调查基础上建立了描述不同类型世博游客出行选择行为的多项 Logit 模型,并以此为基础完成了不同交通管理措施场景下应用效果的对比分析,为世博交通管理措施和政策的制定提供了科学参考依据.

1 两阶段 SP 调查设计

考虑世博游客来源的复杂性,以及其自身属性的差异,将全体游客放在一起进行研究和模型回归显然是难以得到较为满意的结果的. 另一方面,由于世博会尚未召开,游客的主要出行特征无法准确把握,而国内也缺乏长时间大规模活动举办期间的游客出行选择的相关资料可供借鉴. 因此,提出了两阶段递进式的 SP 调查分析方法,对 2010 上海世博会的游客出行选择特征进行深入研究,其方法流程步骤如图 1 所示.

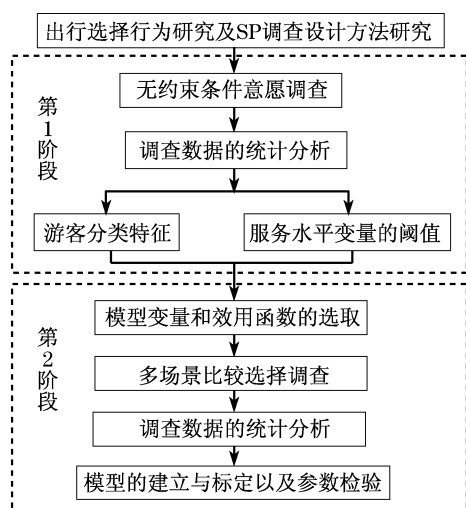


图1 两阶段递进式 SP 调查的研究步骤

Fig.1 Flow chart of 2-stage gradual SP survey

第 1 阶段调查为无约束条件的意愿调查,主要目的是从总体上把握不同类型游客的出行意愿,了解其意愿差异情况;二是确定交通费用、步行时间以及发车间隔等服务水平变量的阈值. 为了获取上海市区居民、国内其他城市尤其是长三角地区的世博参观意愿及出行特征,于 2008 年 12 月在上海

区的虹桥机场、火车南站以及沪宁、沪杭高速的服务区进行了第 1 阶段的调查,共回收有效问卷(填写信息量 75% 以上)1 268 份.

第 2 阶段调查为多场景比较的选择意愿调查,主要目的是建立不同对象群体的出行模式选择模型,深入研究停车费用、步行时间、出行时间等因素对出行模式选择的影响,支持世博交通运营方案中不同交通方式的需求规模预测和各项政策制定. 在第 2 阶段调查设计中,为减少属性变量及其水平变化太多可能造成受访者回答困难的负面影响,以第 1 阶段的统计结果为基础设计了较少的变量水平. 为了保证两阶段调查一致性,第 2 阶段调查于 2009 年 7 月在第 1 阶段调查的相同地点进行,回收有效问卷 743 份.

第 1 阶段调查中确定了世博游客可接受的出行费用、步行时间、发车间隔,缩小了有效选择范围. 第 1 阶段受调查游客的可接受交通费用分布如图 2 所示,各费用段内分布较为均匀,有 72% 的游客接受的单程交通费用为每人 50 元以内. 在第 2 阶段问卷设计中将最大出行费用设置为每人 50 元,以保证被调查者选择的真实性.

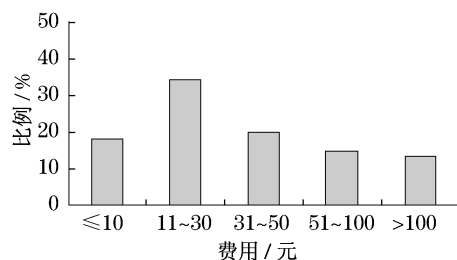


图2 游客可接受的出行费用

Fig.2 Toleration statistics of travel cost

第 1 阶段受调查游客的可接受专线车发车间隔分布如图 3 所示,有 90% 以上被调查者接受的发车间时间在 15 min 以内. 按照发车间隔为 2 倍的候车时间的原则考虑世博专线巴士规划,在第 2 阶段问卷设计中将最大候车时间设置为 30 min.

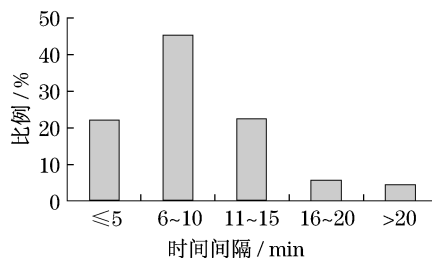


图3 游客可接受的发车间隔

Fig.3 Toleration statistics of departure interval

第1阶段受调查游客的可接受步行时间分布如图4所示,近85%被调查者接受的步行时间在20 min以内.管控区大小影响步行时间长短,步行时间因素间接反映这一管控措施.在第2阶段问卷设计中将最大步行时间设置为20 min之内.

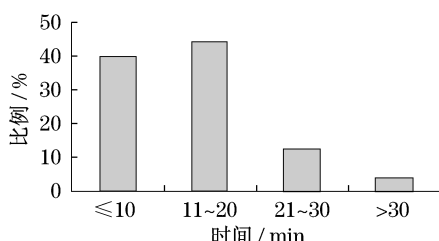


图4 游客可接受的步行时间

Fig.4 Toleration statistics of walking time

2 离散选择模型的建立

2.1 模型形式和变量的选择

多项 Logit 模型(multinomial logit model,MNL)是离散选择模型中最常用的模型之一,该模型在假设效用变动项 ϵ 和确定项 V 相互独立且 ϵ 服从 Gumbel 分布的前提下推导得出,其数学表达式为

$$P_{in} = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j=1}^{C_n} \exp(V_{jn})} \quad (1)$$

式中: P_{in} 为出行者 n 选择第 i 个交通方式的概率; V_{in} 为出行者 n 的选择方案 i 的效用函数的固有项; C_n 为出行者 n 选择交通方式的集合.

根据第1阶段调查的结果,笔者主要选择能够显著影响交通方式选择的变量,包括时间、费用、来源地等进行组合考虑.由于游客来源地的不同所造成的出行链差异明显,其影响难以作为一个量化的因素进行建模,本文的研究中将其作为模型分类的依据,根据来源地的差异分别标定,即将来源地的差异体现在模型中的固定哑元上.在出行方式链中,时间分为很多种,包括候车时间、步行时间、乘车时间.考虑不同因素的组合影响方式,选择4种模型进行比较选择.

模型1仅考虑总时间和总费用的影响因素,其形式如下:

$$V_{in} = A_i + \beta_1 T_i + \beta_2 C_i \quad (2)$$

式中: A_i 为方式选择常量, $A_1 = 0$; β_i 为自变量系数; T_i 为总时间; C_i 为总费用.

模型2考虑总时间和总费用,并且在效用函数中考虑收入的影响因素,其形式如下:

$$V_{in} = A_i + \beta_1 T_i + \beta_2 C_i + \beta_3 S_i \quad (3)$$

式中: S_i 为收入水平.

模型3考虑总时间和总费用,并且在效用函数中考虑车辆拥有情况影响因素,其形式如下:

$$V_{in} = A_i + \beta_1 T_i + \beta_2 C_i + \beta_3 O_i \quad (4)$$

式中: O_i 为是否拥有私家车.

模型4考虑步行时间、候车时间、乘车时间以及费用的影响因素,其形式如下:

$$V_{in} = A_i + \beta_1 W_i + \beta_2 I_i + \beta_3 R_i + \beta_4 C_i \quad (5)$$

式中: W_i 为步行时间; I_i 为候车时间; R_i 为乘车时间.

在现场调查中,个人收入作为一个敏感话题难以获得真实数据,参阅国外相关文献也发现收入等因素在离散选择模型的标定中拟合结果不理想,故本文的研究不将其作为模型变量考虑.对式(2)~(5)4类模型的预标定过程中发现,对时间和费用划分过细时,拟合结果不理想,不能通过T检验,这可能是由于被调查者对于细化后的时间和费用无法清晰分辨.根据第1阶段的调查统计结果以及预标定分析,选择了步行时间、出行时间(候车时间加乘车时间)、出行费用进行建模,其多项 Logit 模型的选择效用函数形式为

$$V_{in} = A_i + \beta_1 x_{1n} + \beta_2 x_{2n} + \beta_3 x_{3n} \quad (6)$$

式中: x_{1n} 为步行时间; x_{2n} 为出行时间,包括候车时间和乘车时间; x_{3n} 为出行费用.模型中的出行方式选择集合为 $C = \{i = 1(\text{出租车}), i = 2(\text{轨道}), i = 3(\text{世博专线}), i = 4(\text{自驾车})\}$.

2.2 模型参数的标定过程

模型参数的标定根据第2阶段调查回收的743份有效问卷进行.其中出发地为上海共389份,出发地为外地且当日往返的共77份,出发地为外地且住宿的为277份问卷,共获得 $389 \times 3 + 77 \times 4 + 277 \times 4 = 2583$ 个样本的方式选择数据.

将调查问卷得到的样本数据整理,根据上文确定的效用函数建立模型参数标定需要的数据结构,利用 BIOGEME 软件进行标定,得到各类游客的出行方式选择模型参数如表1.

由上海本地游客标定数据可以看出,步行时间特性变量系数远大于出行时间特性变量系数,即步行时间比出行时间的效用大很多.这说明上海本地游客对步行时间有更强的敏感性,而对于候车时间、乘车时间的敏感性较低.同时,上海本地游客对于出行费用的变化也较为敏感.

表1 各类游客模型参数

Tab.1 Model parameters for various kinds of visitors

| 模型变量 | 上海本地游客 | | 外地当日往返游客 | | 外地住宿游客 | |
|------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| | 系数值 | T 检验值 | 系数值 | T 检验值 | 系数值 | T 检验值 |
| 出租车 | 0 | | 0 | | 0 | |
| 固定哑元 | 轨道 | 1.67 | 9.29 | -0.05 | -1.40 | 0.26 |
| | 世博专线 | 1.55 | 5.10 | 1.66 | 2.00 | 0.90 |
| | 自驾车 | 1.90 | 3.14 | 1.12 | 6.90 | 0.12 |
| 特性变量 | 步行时间 | -0.033 | -11.400 | -0.015 | -5.500 | -0.063 |
| | 出行时间 | -0.009 | -5.300 | -0.051 | -1.800 | -0.044 |
| | 费用 | -0.025 | -3.240 | -0.021 | -3.300 | -0.032 |

由外地当日往返游客标定数据可以看出,轨道交通固定哑元的 T 检验值仅为 -1.40,该值较小,这是由于调查中希望选择轨道交通的游客所占比例很小,获取的有效样本较少的原因.同时,步行时间比出行时间的效用小,这说明外地当日往返游客对于出行总时间十分敏感,而对于其中步行时间敏感性较低.并且,其出行时间价值较大,说明外地当日往返游客愿意承担较大费用来换取总出行时间的减少.

由外地住宿游客标定数据可以看出,步行时间和出行时间特性变量系数均大于费用特性变量系数,即时间的效用大于费用的效用.这说明外地住宿游客对于出行时间有很强的敏感性,而对于费用的敏感性相对较低.

3 不同交通政策措施的情景分析

采用第2节中建立的多类世博游客出行方式选择模型,根据游客来源地进行分类预测,可进行不同交通管理政策和措施的场景分析.这里重点讨论以下3种政策措施的总调控效果,以及引导自驾车、出租车等个体交通向公共交通转移的可能性:①设置管控区,增加自驾车、出租车的步行时间;②提高园区周围的停车收费,降低外围换乘枢纽的停车费用;③提供世博专线的路权优先和信号优先,保障世博专线乘客的到达时间.

3.1 初始情景

对于上海游客,以火车站到世博园为例.道路交通根据实际行程时间确定,轨道交通则根据轨道的行程时间确定,世博专线时间根据现有公交作出推算.出租车费用按照现行的出租车费用结构进行推算,世博专线费用为假定值.自驾车出行费用仅为停

车费,假定初始停车费用每小时10元,假设参观世博园时间为9h,由于考虑单程的费用,故费用为45元.上海游客4种交通方式的时间和费用假定如表2.

表2 上海游客初始情景假设

Tab.2 Initial scenario of local visitors

| 交通方式 | 候车时间/min | 步行时间/min | 乘车时间/min | 总时间/min | 出行费用/元 |
|------|----------|----------|----------|---------|--------|
| 出租车 | 5 | 0 | 30 | 35 | 30 |
| 轨道 | 5 | 20 | 25 | 50 | 15 |
| 世博专线 | 10 | 5 | 45 | 60 | 12 |
| 自驾车 | 0 | 0 | 40 | 40 | 45 |

外地游客假设其在虹桥枢纽进行换乘或住宿,可选择方式为出租、轨道、世博专线,时间和费用仍然参照上海本地游客进行假设.初始换乘枢纽停车费用为每天40元.外地游客4种交通方式的时间和费用假定如表3.

表3 外地游客初始情景假设

Tab.3 Initial scenario of out-of-town visitors

| 交通方式 | 候车时间/min | 步行时间/min | 乘车时间/min | 总时间/min | 出行费用/元 | 换乘停车费/元 |
|------|----------|----------|----------|---------|--------|---------|
| 出租 | 5 | 0 | 30 | 35 | 30 | 20 |
| 轨道 | 5 | 20 | 25 | 50 | 15 | 20 |
| 世博专线 | 10 | 5 | 45 | 60 | 12 | 20 |
| 自驾车 | 0 | 0 | 40 | 40 | 45 | 0 |

在此条件下计算得到不同游客类型的出行方式分担比见表4.

表4 出行方式分担比

Tab.4 Trip mode shares

| 游客 | 出行方式分担比/% | | | |
|--------|-----------|------|------|------|
| | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 |
| 上海本地 | 6.8 | 28.2 | 35.3 | 29.7 |
| 外地当日往返 | 13.4 | 16.7 | 34.5 | 35.4 |
| 外地住宿 | 24.3 | 17.9 | 32.0 | 25.8 |

由表4可以看出,在没有任何管理措施或政策实施时,个体交通所占比例很高.对于外地游客而言,其个体化出行方式(包括自驾车、出租车)超过50%,这将给上海的城市交通造成难以承受的压力,也是世博会组织者所不愿意看到的.

3.2 设置管控区的效果

设置管控区的作用是增加出租和自驾车的步行时间,而对于轨道和世博专线没有直接影响.在设置1km的管控区域后,认为从园区周围的停车场到园区门口所需的时间为20min,出租车路边下客点至

园区门口的步行时间为 15 min. 出行方式的分担比见表 5.

表 5 设置管控区后的出行方式分担比
Tab.5 Trip mode shares after setting traffic restricted area being set

| 游客 | 出行方式分担比/% | | | | 相对变化/% | | | |
|--------|-----------|------|------|------|--------|------|------|-------|
| | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 |
| 上海本地 | 4.9 | 34.0 | 42.6 | 18.5 | -26.5 | 20.5 | 20.4 | -37.7 |
| 外地当日往返 | 12.1 | 19.0 | 39.1 | 29.8 | -9.4 | 13.5 | 13.5 | -15.9 |
| 外地住宿 | 14.1 | 26.9 | 48.0 | 11.0 | -41.8 | 49.9 | 49.9 | -57.5 |

可以看出,当设置了 1 km 的管控区后,各类型游客选择出租车和自驾车比例都有减少.但对于外地当日往返游客而言,这一比例减少得并不十分显著,而以外地住宿游客最为明显.同时,轨道和世博专线的选择比例都有了一定幅度的提高,转移至世博专线的游客量明显高于轨道交通.

3.3 停车费用的效果

改变停车费用主要是影响自驾车游客的出行费用,对于其他交通方式将不会有影响.分析场景中将园区周围停车收费提高至每小时 20 元,换乘枢纽停车费用降低为每天 10 元.不同出发地的出行方式的分担比见表 6.

表 6 停车费用改变后出行方式分担比
Tab.6 Trip mode shares after park fees being adjusted

| 游客 | 出行方式分担比/% | | | | 相对变化/% | | | |
|--------|-----------|------|------|------|--------|------|------|-------|
| | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 |
| 上海本地 | 8.5 | 35.3 | 44.2 | 12.0 | 25.3 | 25.1 | 25.1 | -59.4 |
| 外地当日往返 | 17.7 | 22.1 | 45.5 | 14.7 | 32.0 | 32.0 | 32.0 | -58.4 |
| 外地住宿 | 30.8 | 22.8 | 40.7 | 5.7 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | -78.1 |

可以看出,停车收费的价格调整对于自驾车出行控制是有效的,但同时也极大地增加了出租车出行的比例.这主要是由于自驾车出行者其时间价值往往较高,在放弃自驾车出行时往往会选择节约出行时间的出租车作为替代,这在外地住宿游客中尤为明显.这就使得单纯提高或降低停车费用并不能有效地降低个体化出行方式.

3.4 专线优先的效果

设置世博专线专用道并提供世博专线信号优先

控制,可以有效地减少世博专线的出行时间,另一方面,缩短世博专线的发车间隔也可减少游客的候车时间.分析场景中将世博专线乘车时间降为 35 min,候车时间降为 5 min.不同出发地的出行方式的分担比见表 7.

表 7 世博专线优先后出行方式分担比
Tab.7 Trip mode shares after EXPO bus priority being provided

| 游客 | 出行方式分担比/% | | | | 相对变化/% | | | |
|--------|-----------|------|------|------|--------|-------|------|-------|
| | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 |
| 上海本地 | 6.4 | 26.9 | 38.5 | 28.2 | -4.8 | -4.8 | 8.9 | -4.9 |
| 外地当日往返 | 9.6 | 12.0 | 53.0 | 25.4 | -28.4 | -28.4 | 53.9 | -28.4 |
| 外地住宿 | 18.7 | 13.8 | 47.7 | 19.8 | -23.1 | -23.0 | 48.9 | -23.1 |

可以看出,世博专线优先的措施可以吸引部分自驾车和出租车出行者转向公共交通,但同时也会使轨道交通出行者转向世博专线,对外地住宿游客而言,甚至与吸引出租、自驾车的比例等同.所以,政策制定时应考虑在进行公交优先和费用优惠时,同时实施轨道交通的费用优惠,减少世博专线优先措施实施后从轨道交通转移过来的客流量.

3.5 组合措施的效果

由以上分析可以看出,单纯依靠 1 种交通管理措施并不能得到理想的效果.因此,考虑将以上 3 种措施进行组合.组合后的时间和费用条件如表 8.

表 8 组合措施的时间和费用
Tab.8 Conditions of combined traffic management measures

| 交通方式 | 候车时间/min | 步行时间/min | 乘车时间/min | 总时间/min | 出行费用/元 | 换乘停车费/元 |
|------|----------|----------|----------|---------|--------|---------|
| 出租 | 5 | 15 | 30 | 50 | 30 | 10 |
| 轨道 | 5 | 20 | 25 | 50 | 15 | 10 |
| 世博专线 | 5 | 5 | 35 | 45 | 0 | 10 |
| 自驾车 | 0 | 20 | 40 | 60 | 90 | 0 |

不同出发地的出行方式的分担比见表 9.

由以上对比分析可以看出,实施组合政策后,出租车和自驾车出行都有了明显的减少.个体出行方式的比例基本能控制在 10% 以内,这将在很大程度上减轻道路网络的负担,有利于世博期间的日常交通运行.但是对于外地游客而言,选择轨道出行的比例略有减少.因此,如何增强轨道交通对外地游客的吸引力,充分发挥其在世博交通运营中的作用,是需

要进一步研究的问题。

表9 实行组合措施的出行方式分担比
Tab.9 Trip mode shares after combined traffic management measures being adopted

| 游客 | 出行方式分担比/% | | | | 相对变化/% | | | |
|--------|-----------|------|------|-----|--------|------|------|-------|
| | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 | 出租 | 轨道 | 世博专线 | 自驾车 |
| 上海本地 | 4.5 | 30.7 | 59.4 | 5.4 | -2.3 | 2.5 | 24.1 | -24.3 |
| 外地当日往返 | 8.2 | 12.8 | 72.7 | 6.3 | -5.2 | -4.0 | 38.2 | -29.1 |
| 外地住宿 | 7.9 | 15.0 | 76.1 | 1.0 | -16.4 | -2.9 | 44.0 | -24.7 |

4 结论

在大量数据调查和详细分析的基础上,深入讨论了2010年上海世博会交通出行方式选择的问题,主要的结论如下:

(1) 对于世博会这样拥有背景复杂的出行对象群体的情况,单一层次的SP调查难以有效分离变量、标定模型.提出了两阶段递进式的SP调查方法,在无约束条件调查的基础上筛选主要影响因素和确定有效变量水平区间,充分考虑不同类型游客出行链特征差异,保证了第2阶段多场景比较选择调查的有效开展和模型精度的标定。

(2) 从3类游客的模型标定结果可以看出,出行时间、步行时间、出行费用的系数值都是有效的影响因素,但对各类游客的效用有很大差异.上海本地游客对步行时间和总费用较为敏感,而外地当日往返游客对总出行时间更为关注,外地住宿游客则是步行和总出行时间的高敏感群体.这些特征差异可在交通管理政策和措施的制订中有针对性地加以考虑。

(3) 情景分析结果说明:在不实施任何管控措施的情况下,个体交通出行方式比例过高,对于外地游客甚至接近50%,将给上海城市路网带来难以承受的负担.设置管控区、改变停车收费价格和实施世博专线优先的管理措施都可以吸引部分个体交通出行者转向公共交通,但对于不同的游客群体和以及

不同的交通方式,其影响并不都是正面的.组合措施的实施可以有效控制个体出行方式的比例在10%以内,但对轨道交通承担率的负面影响尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] McFadden D L. Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour[C]//Frontiers in Econometrics. New York: Academic Press, 1973: 105 - 142.
- [2] Kumar C V P, Basu D, Maitra B. Modeling generalized cost of travel for rural bus users: a case study[J]. Journal of Public Transportation, 2004, 7(2): 59.
- [3] Massimilino Caramia. Evaluating the effects of parking price and location in multimodal transportation networks[J]. American Institute of Mathematical Sciences, 2006, 1(3): 441.
- [4] 熊萍. 面向世博多模式复合交通体系的停车换乘行为研究[D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2006.
XIONG Ping. Study on park and ride behavior for EXPO multimode integrated transport system[D]. Shanghai: Tongji University. College of Transportation Engineering, 2006.
- [5] 叶亮, 贺宁. SP调查的非集计模型在水上巴士交通中的应用[J]. 城市交通, 2007, 5(2): 66.
YE Liang, HE Ning. The application of disaggregating model by stated-preference survey on water bus[J]. Urban Transport of China, 2007, 5(2): 66.
- [6] 刘志明, 邓卫, 郭唐仪. 基于RP/SP调查的非集计模型在交通方式分担率预测的应用[J]. 交通运输工程与信息学报, 2008, 6(3): 59.
LIU Zhiming, DENG Wei, GUO Tangyi. Application of disaggregate model based on RP/SP survey to transportation planning[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2008, 6(3): 59.
- [7] 王铭艳. 多模式网络下轨道交通与出租车的竞争与合作研究[D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2009.
WANG Mingyan. Study of competition and cooperation between urban rail transit and taxi in the multimode network[D]. Shanghai: Tongji University. School of Transportation Engineering, 2009.
- [8] Fowkes A S, Preton J. Novel approaches to forecasting the demand for new local rail services[J]. Transportation Research A, 1991, 25A(4): 209.
- [9] Kopplman F S, Bhat C R, Schofer J L. Market research evaluation of actions to reduce suburban traffic congestion: commuter travel behavior and response to demand reduction actions[J]. Transportation Research A, 1993, 27A(5): 383.