

文章编号:1671-8879(2015)01-0106-05

拥挤收费条件下旅游出行方式分担率模型

赵 昕,关宏志,夏晓敬

(北京工业大学 交通工程北京市重点实验室,北京 100124)

摘 要:为了量化景区周边道路实行拥挤收费政策后旅游出行方式分担率的变化,结合北京游客的出行调查数据,将出行链总时间和总费用作为出行方式选择的主要影响因素,建立游客出行方式选择行为的 Mixed Logit 模型,并对实行不同费率下的游客出行方式选择行为进行仿真分析。发现出行方式选择模型的效用函数中出行时间系数服从正态分布,出行费用系数服从均匀分布,拥挤收费的效果与出行距离和出行链复杂程度因素相关。研究结果表明:游客在出行时间价值和出行费用偏好方面存在明显的异质性;收费对短距离出游的游客影响很小,出行距离越长转向公共出行方式比例越高;出行链复杂程度越高转向公共出行方式的比例越高。研究为科学制定旅游交通管理措施提供了有益的参考。

关键词:交通工程;拥挤收费;交通方式分担率;旅游出行链;Mixed Logit 模型

中图分类号:U491

文献标志码:A

Tourist travel mode split under congestion pricing

ZHAO Xin, GUAN Hong-zhi, XIA Xiao-jing

(Key Laboratory of Traffic Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: This paper investigated the relationship of traffic mode split and traffic congestion charging. Based on the tourists' travel survey data in Beijing, this paper established Mixed Logit model to examine tourists' behavior of travel mode choice. In this model, travel time and travel cost were regarded as key influencing factors, and the changes of the traffic mode splits under different congestion pricing rates can be predicted by simulation. It is found that the time coefficient obeys normal distribution and travel cost coefficient obeys uniform distribution in the utility function of travel mode choice. The trip distance and complexity of trip chain are related to the effectiveness of traffic congestion charging. The results indicate that tourists have different preferences for travel time and travel cost. Charging has little impact on short distance travel, and longer travel distance and more complex trip chain lead to higher utilization of public transportation. The research can provide useful reference for developing scientific measures of tourism traffic management. 1 tab, 5 figs, 16 refs.

Key words: traffic engineering; congestion charges; traffic mode-split; tourist trip-chain; Mixed Logit model

0 引 言

随着中国经济的快速发展和人们旅游休闲活动频率的增加,驾车出游已逐渐成为居民休闲度假的趋势。根据中国假日办的统计,2012 年国庆黄金周期间自驾游已经成为居民旅游出行最主要的出游方式之一,其中辽宁自驾游车辆比 2011 年同期增长 80% 左右;贵州自驾车游客占接待总人数的 55%。随着自驾车比例的提高,景区周边道路拥堵问题成为影响游客体验的主要因素。为了缓解交通拥堵,引导私家车出游向公共出行方式转变,征收拥挤费用逐渐成为解决城市交通拥堵问题的一种有效手段。

近年来国内外学者从经济学原理以及交通理论方面进行了大量的研究,新加坡、挪威、英国、美国等国家部分城市已经或者即将开始实施拥挤收费^[1],为中国进行相关领域的探索提供了宝贵的经验。Pigou 最早提出了拥挤收费的概念,并且从经济学的角度说明了交通拥挤所产生的外部费用以及应收取的最优费用^[2]。在收费费率方面主要有固定费率和动态费率 2 种,Xie 和 May 等认为动态费率对于缓解拥堵效果较好^[3-4];Kristoffersson 认为在高峰时刻要获得与平常时刻相同的交通流改变量就要收取更高的费用^[5]。荷兰采取的是根据里程收费的方式,Tillema 等以荷兰为研究对象分别从拥挤收费和不出行奖励两方面来对比分析,结果表明在防止高峰期间出行方面提供奖励的效果要优于收费^[6-7]。在拥挤收费方面中国也有学者分别从出行者时间价值、博弈论等角度展开了相关研究^[8-10]。通过分析可以看出,国内外对于拥挤收费进行了大量的研究,但主要都集中在日常通勤出行方面,而旅游需求的生成机理和影响因素与通勤有较大差异。为此,本文以游客一日出行链的出行总时间和总费用作为旅游出行方式选择的主要影响因素,建立出行方式选择模型,分析拥挤收费对旅游出行方式分担率的影响。

1 研究思路与建模方法

本文拟通过对游客的出行方式选择行为进行建模,明确出行链总时间和总费用在游客出行方式选择中的作用,进而对旅游出行方式分担率进行研究。研究拟设定不同的收费费率,通过仿真来分析收费对于不同出行距离和不同出行链复杂程度游客出行方式的影响,主要分析私人机动出行方式向公共交通方式的转化。具体研究步骤如图 1 所示。

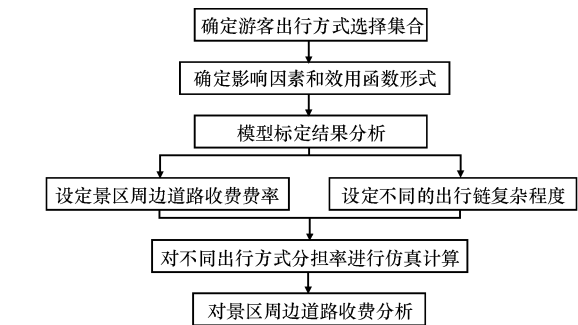


图 1 研究步骤流程
Fig. 1 Flow of research procedures

本研究以旅游出行链的总出行时间和总出行费用作为影响因素,对游客出行方式选择行为建立模型,并讨论拥挤收费政策下旅游交通方式分担率的预测方法。

非集计模型以实际参与出行活动的个体为分析单位,这类模型中最常用的形式是 Logit 模型。传统的 Logit 模型具有非相关选择方案相互独立的假设 (IIA 特性),即 2 个选择方案的相对比率与其他方案无关,这与事实不符。为此,大量专家学者对传统的模型进行了改进,提出了很多改进的模型^[11-12]。本文采用 Mixed Logit 模型作为研究工具,模型形式为

$$P_n(i) = \int \left[\frac{e^{V_{in}}}{\sum_j e^{V_{jn}}} \right] f(\boldsymbol{\beta}) d\boldsymbol{\beta} \tag{1}$$

式中: $P_n(i)$ 为出行者 n 第 i 种出行方式的选择概率; V_{in} 为第 i 种出行方式效用函数中的固定项; $\boldsymbol{\beta}$ 为效用函数中各个影响因素的待估参数向量; $f(\boldsymbol{\beta})$ 为待估参数服从的某种分布函数。

在 Mixed Logit 模型中的待估向量 $\boldsymbol{\beta}$ 不是固定值,而是由于个人的喜好不同等原因,服从一定分布的概率形式,所以模型不具有 IIA 特性;另外模型考虑了个体重复选择的关联因素;可以假设误差项服从任意的分布函数,打破了 Logit 模型中二重指数分布的局限。Mixed Logit 模型的选择概率可以看作 Logit 模型选择概率的加权平均值,权重由分布密度函数 $f(\boldsymbol{\beta})$ 决定。常用的分布包括正态分布、均匀分布、对数正态分布等,可依据具体的情况对分布函数的形式做出选择^[13-16]。

2 旅游调查数据及模型建立

本课题组分别在 2011 年 11 月和 2012 年 3 月组织了 2 次针对在京游客的旅游交通行为调查。调查涉及 4 个方面的内容:游客个人和家庭基本信息、本次旅游基本概况、旅游出行调查、出游动机调查

等。本研究选取天坛、故宫、北海、颐和园、香山公园、动物园、王府井和西单等景点对游客进行调查,共计回收有效问卷 633 份。因为跟团的游客出行方式固定不存在选择的问题,所以以自助游游客作为研究对象,共包括有效问卷 585 份。

本文的研究目的是分析私人出行方式向公共出行方式转换问题,所以分为 4 大类方式:①步行;②私人非机动车方式(自行车);③公共机动方式(公交车、地铁、旅游巴士等);④私人机动方式。根据出行数据分析,游客在出行链中不同的出行之间进行出行方式变换是存在的,但在②、③、④类交通工具之间进行转换的比例不到 5%,因此假设游客在对全天旅游出行链进行方式选择时的备选方式为以上 4 类方式之一,忽略方式转换的情况。

在以北京为代表的特大型城市,通常游客为了提高出行效率减少出行成本,倾向将多个游览活动以出行链的形式进行链接。游客在进行出行选择时往往是基于一整天的活动和出行安排整体考虑,在计算出行费用时也是从出行链的总费用角度来进行考虑。影响出行者出行方式选择的因素很多,本文将出行者考虑最多的出行时间和出行费用作为选择方案特性的 2 个变量。各个出行方式选择肢的效用函数具体设置为

$$V_{1n}=c_1+\beta_1t_{1n}\tag{2}$$

$$V_{2n}=c_2+\beta_1t_{2n}+\beta_2f_{2n}\tag{3}$$

$$V_{3n}=c_3+\beta_1t_{3n}+\beta_2f_{3n}\tag{4}$$

$$V_{4n}=\beta_1t_{4n}+\beta_2f_{4n}\tag{3}$$

式中: t_m 为出行者 n 选择第 i 种出行方式的出行链总时间; f_m 为出行者 n 选择第 i 种出行方式的出行链总费用; c_1 、 c_2 、 c_3 为效用函数中的常数项; β_1 为出行时间系数; β_2 为出行费用系数,其中步行方式出行费用为 0,影响因素只有时间一项。

3 模型标定结果和检验

结合北京市游客出行调查数据,根据本文确定的游客各类出行方式的效用函数形式,建立游客出行方式选择 Mixed Logit 模型。通过蒙特卡洛模拟的方法标定模型时,对效用函数中的各个系数分别取 3 种常见的分布形态进行试算:正态分布、均匀分布、对数正态分布。经过试算常数项 c_1 、 c_2 、 c_3 在服从上述分布时无法通过检验,因此对常数项取固定值。出行时间系数 β_1 服从正态分布和出行费用系数 β_2 服从均匀分布时检验结果最佳。最终标定结果如表 1 所示,其中 β_1^m 、 β_1^s 分别为时间系数的均值

和方差, β_2^m 、 β_2^s 分别为费用系数的均值和方差。

由标定结果可知:游客出行时间系数服从正态分布, β_1 为负值说明出行时间的增加会使得该出行方式的效用显著减小;时间系数的方差 β_1^s 的 t 检验结果在 95%置信水平上显著,说明游客个体之间的时间价值存在显著差异,游客个体之间存在显著的异质性。游客出游费用系数 β_2 服从均匀分布,系数为负值说明游客出行费用的增加会使得该出行方式的效用减小;费用系数的方差 β_2^s 的 t 检验结果在 95%置信水平上显著,说明游客个体之间在出行费用偏好方面存在显著差异。从标定结果看,出游时间对出行方式选择的影响更显著,说明游客对于出游舒适行要求较高,出行时间对出行方式选择的影响更大。

表 1 Mixed Logit 模型参数标定结果
Tab. 1 Parameters calibration of Mixed logit model

参数	自由度	估计值	标准差	t 值	$P_{\tau}> t $
c_1	1	15.173	6.383	2.38	0.018
c_2	1	6.513	2.830	2.30	0.021
c_3	1	4.504	1.646	2.74	0.006
β_1^m	1	-6.930	2.922	-2.37	0.018
β_1^s	1	2.482	1.095	2.27	0.024
β_2^m	1	-0.172	0.093	-1.85	0.064
β_2^s	1	-0.330	0.165	-2.00	0.045

模型的似然函数值为-414.439 21,McFadden 决定系数为 0.489,说明模型精度较好,能够较好地描述游客的出行方式选择行为,所选取的影响因素对游客的选择行为影响显著。

4 模型在拥挤收费方面的应用

为了研究拥挤收费对旅游出行方式分担率的影响,假定了 10 档费率,将燃油费、停车费和拥挤费用之和作为游客采用私人机动方式的出行费用。对增加拥挤收费之后每个游客的出行方式选择概率进行计算,可以得到出行方式分担率。本文假定其他影响因素不变,通过增加私人机动方式的费用来体现拥挤收费对于旅游出行方式分担率的影响。具体做法如下所述。

第一步:对景区周边道路假定 10 档收费费率,分别为 0、5、10、…、45 元,按照次数进行收费。如果游客一日游览多个目的地,则多次收取费用。将加入拥挤费用的私人机动方式出行费用和出行时间作为影响因素,代入模型计算每个游客各种出行方式的选择概率。

第二步:为了分析不同出游距离的游客之间的

差异,对游客的出行距离进行了统计分析。分别取出行距离的 25%、50%和 75%分位数,出行距离小于等于 25%分位数的代表短距离出游、出行距离在 25%~75%分位数之间的为中距离出游,大于等于 75%分位数的为远距离出游。分别统计不同出行距离游客的出行方式分担率。

本文主要讨论私人机动方式向公共机动方式的转化,将私人机动方式和公共机动方式的出行分担率绘制曲线,如图 2~图 5 所示。

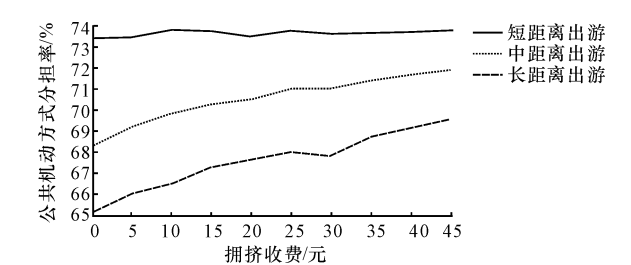


图 2 简单链游客公共机动方式分担率变化
Fig. 2 Split rates of public mode under different pricing rates based on simple trip-chain

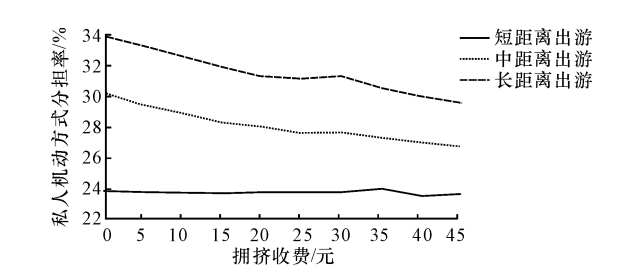


图 3 简单链游客私人机动方式分担率变化
Fig. 3 Split rates of private mode under different pricing rates based on simple trip-chain

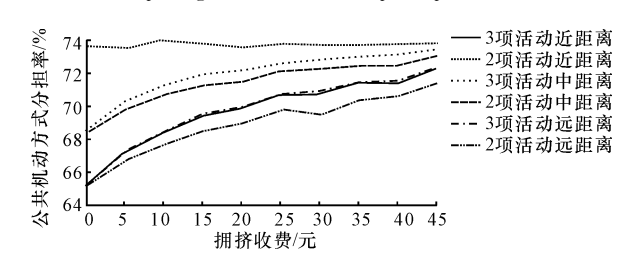


图 4 复杂链游客公共机动方式分担率变化
Fig. 4 Split rates of public mode under different pricing rates based on complex trip-chain

对于简单出行链的游客,游客在进行游览时只有 1 个目的地因此收取 1 次费用。从图 2、图 3 可知,出行距离较短的游客受收费政策的影响较小,公共机动方式分担率的变化较小,基本在 73.5%上下波动,变化范围在 3%左右;私人机动出行方式分担率的变化情况也类似,没有明显的变化。可以认为拥挤收费对于短途的游客没有显著的影响。

对于出行距离属于中等的游客,公共机动方式

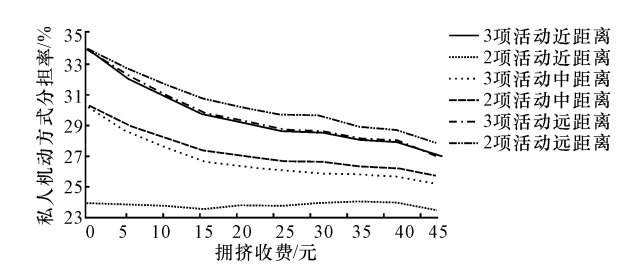


图 5 复杂链游客私人机动方式分担率变化
Fig. 5 Split rates of private mode under different pricing rates based on complex trip-chain

分担率的变化比较明显,随着收费的增加公共机动方式分担率从 68.3%上升到了 72%左右,私人机动出行方式分担率也出现了基本同样幅度的减小,可以看出游客绝大部分转向了公共交通出行方式。

对于出行距离较远的游客,公共机动方式分担率的变化幅度比中距离游客略大,私人机动出行方式分担率也出现了基本同样幅度的减小。可见随着出行距离的增加,收费的效果也就越明显。

对于中距离和远距离的游客,从分担率曲线来看,收费在 0~25 元区间斜率较大,说明游客出行方式选择受到收费的影响较大。30~45 元区间斜率较小,说明收费的作用相对低费率明显降低。

从图 4 和图 5 可以看出公共交通方式和私人机动出行方式分担率的变化趋势与简单链相似。首先对于近距离出游的游客,出行链复杂程度的增加对游客出行方式影响不大,两类游客曲线重合。对于中距离和远距离出游的游客拥挤收费的影响比较明显,在收费 0~25 元区间分担率曲线斜率较大,收费的作用明显,30~45 元区间分担率曲线的斜率比较小,收费对于出行方式分担率影响变小。

从出行链复杂性角度来看,3 项活动比 2 项活动的分担率变化幅度更加明显,公共方式出行率增加更快。因为本研究假设的收费方式是按照进入景区周边道路的次数收费,因此随着出行链上活动数量的增加,拥挤收费也成倍增加。因此可以预测如果对景区收取拥挤费用,选择临近区域有多个景点的自驾游客会增加,这样支付一次费用可以完成多项旅游活动。

5 结 语

(1)通过对旅游出行链的出行总时间和总费用对游客出行方式选择进行分析,利用北京市游客的出行调查数据建立了出行方式选择模型,效用函数中出行时间系数服从正态分布,出行费用系数服从均匀分布,模型拟合程度较好,证明游客在出行时间

价值和出行费用偏好方面存在明显的异质性,对游客行为进行差别化研究提供了理论依据。

(2)假设对景区周边道路实行拥挤收费,仿真了不同费率下游客出行方式的变化。结果表明,对短距离出游的游客收费的影响非常小;对中距离和远距离出游的游客,随着出行链复杂程度的增加,私人机动方式转向公共机动方式的比例明显提高;收费为 0~25 元时,收费效果非常明显,收费为 30~45 元时,分担率曲线的增长趋势明显减缓,收费作用变小。所以对景区周边道路实行拥挤收费会使得出行距离较远的私人机动方式出行明显减少,并且转移的出行主要被公共机动出行方式吸引。

(3)从相关文献可知,在旅游出行中群体出游的比例超过 90%,群体出游时受何种因素的影响,以及这些因素如何影响游客的出行方式选择行为,是今后需要进一步研究的方向。

参考文献:

References:

- [1] 陆化普,黄海军. 交通规划理论研究前沿[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
LU Hua-pu, HUANG Hai-jun. Theoretical research frontiers in transportation plan[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007. (in Chinese)
- [2] Pigou A C. Wealth and welfare[M]. London: MacMillan, 1920.
- [3] Xie L T, Olszewski P. Modelling the effects of road pricing on traffic using ERP traffic data[J]. Transportation Research Part A, 2011, 45(6): 512-522.
- [4] May A D, Milne D S. Effects of alternative road pricing systems on network performance[J]. Transportation Research Part A, 2000, 34(5): 407-436.
- [5] Kristoffersson I. Impacts of time-varying cordon pricing: Validation and application of mesoscopic model for Stockholm[J]. Transport Policy, 2013, 28(6): 51-60.
- [6] Li Z, Hensher D A. Congestion charging and car use: A review of stated preference and opinion studies and market monitoring evidence[J]. Transport Policy, 2012, 20(2): 47-61.
- [7] Tillema T, Ben-Elia E, Ettema D, et al. Charging versus rewarding: A comparison of road-pricing and rewarding peak avoidance in the Netherlands[J]. Transport Policy, 2013, 26(3): 4-14.
- [8] 罗清玉,孙宝凤,吴文静,等. 基于 Mixed Logit 模型的拥挤收费下交通方式分担率预测[J]. 吉林大学学报:工学版, 2010, 40(5): 1230-1234.

- LUO Qing-yu, SUN Bao-feng, WU Wen-jing, et al. Predicting traffic mode split under congestion pricing based on Mixed Logit model[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2010, 40(5): 1230-1234. (in Chinese)
- [9] Yuan S X, Zhao X M, Aa Y S. Identification and optimization of traffic bottleneck with signal timing[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering: English Edition, 2014, 1(5): 353-361.
- [10] 尹惠. 城市道路拥挤收费福利影响研究[J]. 公路交通技术, 2012(3): 121-124.
YIN Hui. Research on influences of urban road congestion charges on welfare[J]. Technology of Highway and Transport, 2012(3): 121-124. (in Chinese)
- [11] 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.
GUAN Hong-zhi. Disaggregate model: a tool of traffic behavior analysis[M]. Beijing: China Communications Press, 2004. (in Chinese)
- [12] 张天然,杨东援,赵娅丽,等. RP/ SP 融合数据的 Mixed Logit 和 Nested Logit 模型估计对比[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2008, 36(8): 1073-1078, 1084.
ZHANG Tian-ran, YANG Dong-yuan, ZHAO Ya-li, et al. Comparative study of RP/SP combined data estimation between Mixed Logit and Nested Logit model[M]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2008, 36(8): 1073-1078, 1084. (in Chinese)
- [13] Bhat C R. Quasi-random maximum simulated likelihood estimation of the mixed multinomial logit model[J]. Transportation Research Part B, 2001, 35(2): 677-693.
- [14] Semeida A M. Derivation of travel demand forecasting models for low population areas: the case of port said governorate, North East Egypt[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering: English Edition, 2014, 1(3): 196-208.
- [15] 周伟,赵胜传. 基于 Mixed Logit 模型的路线选择行为量化分析[J]. 吉林大学学报:工学版, 2013, 43(2): 304-309.
ZHOU Wei, ZHAO Sheng-chuan. Quantitative analysis of traveler route choice behavior based on Mixed Logit model[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2013, 43(2): 304-309. (in Chinese)
- [16] Bhat C. Accommodating variations in responsiveness to level-of-service variables in Travel mode choice models[J]. Transportation Research Part A, 1980, 32(7): 455-507.