

文章编号:1671-1637(2013)01-0091-07

## 出行成本对居民出行方式的影响

徐 婷<sup>1</sup>, 蓝 臻<sup>1</sup>, 胡大伟<sup>1</sup>, 孙小端<sup>2</sup>, 王伟力<sup>3</sup>

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2. 路易斯安那大学 土木工程学院, 路易斯安那 拉法耶特 70504; 3. 西安公路研究院, 陕西 西安 710054)

**摘 要:**以北京市居民出行行为为研究对象,收集2010年部分区域居民出行基础数据,使用相关性分析筛选与居民出行方式选择密切相关的影响因素。以小汽车出行方式的效用函数与公共交通出行方式的效用函数的差值构建新效用函数,选择收入、出行目的、支付方式、出行时间比、出行成本比等作为影响因素,将小汽车和公共交通出行时间比划分为1:5、1:3、1:1,分析出行成本对居民出行方式的影响。分析结果表明:当出行时间比为1:5时,居民使用小汽车出行对应的弹性值均小于0.1,出行成本调节缺乏弹性;当出行时间比为1:3时,对应的最大弹性值为0.39,当出行成本比为25时,40%~50%的出行者继续使用小汽车出行;当出行时间比为1:1时,对应的最大弹性值为0.89,当出行成本比为22时,40%~50%的出行者继续使用小汽车出行;当出行时间在1:3和1:1之间,要使得小汽车的出行分担率为30%,则出行成本比为至少为5。

**关键词:**交通需求管理;出行方式;出行成本;非集计模型;效用函数;灵敏度分析

**中图分类号:**U491.1

**文献标志码:**A

## Influence of trip cost on trip mode for resident

XU Ting<sup>1</sup>, LAN Zhen<sup>1</sup>, HU Da-wei<sup>1</sup>, SUN Xiao-duan<sup>2</sup>, WANG Wei-li<sup>3</sup>

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Civil Engineering, University of Louisiana, Lafayette 70504, Louisiana, USA; 3. Xi'an Highway Research Institute, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** The trip behaviors of residents in Beijing city were taken as study subject, the basic trip data of some regions in 2010 were collected, and correlation analysis was used to choose influence factors which were closely related to the mode choice of resident trip. New utility function was constructed by using the difference value of utility functions of public transit trip mode and car trip mode. The salary, trip purpose, payment mode, trip time ratio and trip cost ratio were taken as influence factors. The trip time ratio of car trip mode and public transit trip mode was divided into 3 conditions such as 1:5, 1:3 and 1:1, and the influence of trip cost on trip mode for resident was analyzed. Analysis result shows that when trip time ratio is 1:5, all the elastic values of car trip mode are less than 0.1, and trip cost adjustment is invalid. When trip time ratio is 1:3, the maximum elastic value of car trip mode is 0.39. When trip cost ratio is 25, 40%-50% residents will still use cars. When trip time ratio is 1:1, the maximum elastic value of car trip mode is 0.89. When trip cost ratio is 22, 40%-50% residents will still use cars. If trip time ratio is between 1:1 and 1:3, car trip sharing rate is forced down to 30%, trip cost ratio must be 5 at least. 6 tabs, 3 figs, 21 refs.

收稿日期:2012-09-15

基金项目:国家自然科学基金项目(51108036);中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2010JC085, CHD2011JC156, CHD2011TD015)

作者简介:徐 婷(1983-),女,江苏常州人,长安大学讲师,工学博士,从事道路交通规划研究。

**Key words:** traffic demand management; trip mode; trip cost; disaggregate model; utility function; sensitivity analysis

**Author resume:** XU Ting(1983-), female, lecturer, PhD, +86-29-82334425, annabelxu@163.com.

## 0 引 言

随着社会经济的快速发展,各种资源不断向城市聚集,导致大城市交通拥堵问题日益严峻。交通方式选择影响着人们在城市中出行的效率与城市交通用地数量<sup>[1]</sup>。私人交通选择方式比例持续增加,机动化交通需求的持续增长与道路空间资源短缺的矛盾日益突出,小汽车出行方式已成为日常出行的主要方式之一。仅依靠道路基础设施建设,增加道路供给不能彻底解决小汽车快速增长所带来的交通拥堵和环境污染。各国从政策、管理、技术等方面采取了一系列措施,而发展公共交通作为缓解交通拥堵的主要措施,已经得到了广泛的认可与应用。

根据北京市居民出行调查,2003年至2010年之间,自行车交通出行方式的比例从31.0%减少至19.7%,自2008年北京奥运会后,随着轨道交通的快速建设,地面公共交通服务水平的提高,公交出行的出行比例由2003年的29%上升到2010年的42%。小汽车出行比例从2003年的22.0%增加到2010年的34.8%<sup>[2]</sup>。由此可见,自行车使用者放弃原有的出行方式后,一部分转向小汽车,另一部分则转向公共交通。根据北京市未来五年的交通规划,到2015年,北京市公交车出行量达到40%。考虑到微观个体出行的特点,通常选用Logit模型及其派生模型研究交通方式的选择。

帅斌等使用Logit模型对低碳交通分担率进行研究,建立各个交通方式的分担率模型,并根据碳交易价格机制计算低碳因素的经济效应<sup>[3]</sup>;Kaori等将模糊逻辑和Logit模型结合,建立出行方式概率预测模型,并应用于决策过程,结果表明利用该混合模型进行决策具有更高的精确性<sup>[4]</sup>;姚丽亚等使用分层Logit模型对北京居民出行数据进行标定,结果表明该模型具有较高的精度<sup>[5]</sup>;杨励雅等选出行者特征、行程特性、出行方式及服务水平作为效用变量,构建了出发时间居民出行分层模型<sup>[6]</sup>;龚勃文基于出行特性、出行者个人特性及交通设施服务水平建立了公交车和小汽车出行选择的二支Logit模型,分析不同收费价格下两种交通方式交通出行比率的变化情况,评价拥挤收费政策对优化城市交通结构的作

用<sup>[7]</sup>;Hensher等使用非集计模型建立了居住地址和出行方式的联合选择模型<sup>[8]</sup>;Kwigizie等选取个人属性、社会经济属性、出行特性等因素,应用交叉分层Logit模型对居民的出行方式概率进行估计,结果表明分层Logit能更直观地表示实际情况的相关复杂结构<sup>[9-12]</sup>。

本文针对北京市交通拥堵的现状,根据2010年北京市居民的出行数据,确定居民出行方式影响因素,分析不同出行成本比条件下继续使用小汽车的出行比例。以往的Logit模型虽然考虑到联合作用和交通选择方式的隶属关系,但并不适合描述多种交通方式之间的内部转移特性,因此,本文针对基本的Logit模型进行改进,以不同交通方式的效用函数差构造新的效用函数,并对新的Logit模型进行标定,根据小汽车出行的目标比例,反推小汽车和公交的出行成本比,旨在为政府进行宏观调控提供理论依据,引导合理的居民出行方式。

## 1 Logit 模型描述

由于克服了集计模型产生的诸多问题,非集计模型及其派生模型被广泛应用。非集计模型也称为分类评定模型,具有非相关选择方案、相互独立性分布特性,即选择肢的减少或者增加不影响其他选择肢被选概率的大小。

非集计模型的效用函数由固定项和随机项组成,效用函数表示为<sup>[13-14]</sup>

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \quad (1)$$

式中: $U_{in}$ 为出行者 $n$ 选择第 $i$ 种方式的效用函数; $V_{in}$ 为出行者 $n$ 选择第 $i$ 种方式的效用函数的固定项; $\epsilon_{in}$ 为出行者 $n$ 选择第 $i$ 种方式出行效用函数的随机项。

如果假设随机项 $\epsilon_{in}$ 服从二重指数分布,且所有变量间两两相互独立,则出行者 $n$ 选择第 $i$ 种方式出行的概率 $P_{in}$ 为

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{i=1}^N e^{V_{in}}} \quad (2)$$

式中: $N$ 为可供选择的方案个数。

与集计模型相比,非集计模型主要以个体、家庭

为基本单位,可反映个体的特性和差异,能够更好地解释和反映交通行为,具有标定简单,逻辑性强,可移植性好等特点<sup>[15]</sup>。

## 2 出行转移概率模型

### 2.1 转移概率建模分析

根据服务对象将交通方式分为小汽车和公共交通两类。居民在不同出行方式之间做出选择的首要影响因素为出行时间比和出行成本比。出行时间比指往返一次小汽车出行时间和公共交通出行时间之比,出行成本比是指往返一次小汽车出行费用和公共交通出行费用之比。

根据北京市 2010 年居民出行调查数据,小汽车出行时间为一般为 30~35 min,公共交通出行时间为 50~80 min。小汽车与公共交通的单程出行时间比在 1.67~2.67 之间,因此,本文充分考虑公交拥堵加剧和公交服务水平提高两种极限情况,选择小汽车与公共交通出行时间比为 1:5、1:3、1:1 三种工况进行研究。

此外,出行者的个人属性,诸如年龄、性别、家庭结构、收入等因素也会影响出行者的出行方式选择。

### 2.2 出行数据调查

2010 年 11 月,在工作日与周末分别针对上班、上学等刚性出行者与其他弹性出行者进行调查。地点选择北京市域范围典型停车场、周边居民小区、公交站点,并尽量侧重中心城区,城八区均至少设置一个调查点,而对于远郊区,选择通州北苑停车场及周边地区。调查方式采取与出行者面对面的询问方式。调查数据包括性别、年龄、驾龄、月收入、购车花费、学历、出行目的、支付方式等因素。

### 2.3 出行转移概率影响因素分析

为了分析各个因素对出行者放弃小汽车出行而使用公共交通出行的影响程度,需要进行因素筛选,剔除无显著性影响的因素。

采用 Pearson Chi-Square 方法对每个因素进行独立性分析,确定与小汽车出行转移显著性相关的因素。使用卡方统计量进行检验,计算卡方检查值为<sup>[16]</sup>

$$\chi^2 = \sum \frac{(f_0 - f_1)^2}{f_1} \quad (3)$$

式中: $f_0$  为实际观测频数; $f_1$  为期望频数。

$\chi^2$  越大,对应的影响因素伴随概率越小,因素间的相关性越显著。假设给定的显著性水平为 95%,则卡方检验的伴随概率小于 0.05,表明该因

素对预测结果有显著作用。备选因素的伴随概率计算值见表 1。

表 1 伴随概率

Tab. 1 Adjoint probabilities

影响因素	伴随概率	影响因素	伴随概率
性别	0.280	月收入	0.024
年龄	0.397	学历	0.896
驾龄	0.417	购车花费	0.167
出行目的	0.034	支付方式	0.009

经 Pearson Chi-Square 统计分析,剔除伴随概率大于 0.05 的影响因素,最终确定代入转移概率模型的影响因素为收入、出行目的和支付方式。影响因素见表 2。

表 2 影响因素

Tab. 2 Influence factors

影响因素	影响因素属性	影响因素含义
月收入	哑变量	收入大于 3 000 元取 0,收入小于等于 3 000 取 1
出行目的	哑变量	弹性出行(休闲、购物出行)取 0,刚性出行(上班、上学、商务出行)取 1
支付方式	哑变量	自费支付取 0,公费支付取 1
出行时间比 1:5	哑变量	隶属于该出行时间比取 1,否则取 0
出行时间比 1:3		隶属于该出行时间比取 1,否则取 0
出行时间比 1:1		隶属于该出行时间比取 1,否则取 0
出行成本比	离散变量	小汽车与公共交通往返出行成本比值,取正整数

### 2.4 出行转移概率模型建立

根据筛选的影响因素和受访者出行数据进行建模。假设受访者可选的出行方式为小汽车和公共交通。假定效应函数随机项服从二项指数分布,在各个影响因素相互独立的情况下,建立继续使用小汽车出行的 Logit 模型效用函数。

根据出行转移概率因素分析,当小汽车使用效益大于公共交通使用效益时,居民会继续使用小汽车出行,否则放弃,因此,确定出行者  $n$  选择小汽车出行和选择公共交通出行效用函数的差值为新效用函数。改进 Logit 模型的效用函数  $U_n$  为

$$U_n = V_{1n} - V_{2n} = \alpha + \theta_1 X_{1n} + \theta_2 X_{2n} + \theta_3 X_{3n} + \theta_4 X_{4n} + \theta_5 X_{5n} + \theta_6 X_{6n} + \theta_7 X_{7n} \quad (4)$$

式中: $V_{1n}$  为出行者  $n$  选择小汽车出行的效用函数固定项; $V_{2n}$  为出行者  $n$  选择公交出行的效用函数固定项; $\alpha$  为常数项; $\theta_1 \sim \theta_7$  为  $X_{1n} \sim X_{7n}$  对应的系数; $X_{1n}$  为出行者  $n$  的月收入; $X_{2n}$  为出行者  $n$  的出行目的; $X_{3n}$  为出行者  $n$  出行费用的支付方式; $X_{4n}$  为出行者  $n$

出行时间比为 1:5 的工况;  $X_{5n}$  为出行者  $n$  出行时间比为 1:3 的工况;  $X_{6n}$  为出行者  $n$  出行时间比为 1:1 的工况;  $X_{7n}$  为往返一次小汽车与公共交通出行成本之比。

出行方式选择概率 Logit 模型为

$$P_{1n} = \frac{e^{V_{1n}}}{e^{V_{1n}} + e^{V_{2n}}} = \frac{1}{1 + e^{-(V_{1n} - V_{2n})}} \quad (5)$$

$$P_{2n} = 1 - P_{1n} = \frac{e^{-(V_{1n} - V_{2n})}}{1 + e^{-(V_{1n} - V_{2n})}} \quad (6)$$

式中:  $P_{1n}$  为出行者  $n$  继续选择小汽车出行的概率;  $P_{2n}$  为出行者  $n$  继续选择公共交通出行的概率。

## 2.5 模型标定与验证

目前 Logit 模型的效用函数标定方法通常为最大似然估计法, 对式(4)的系数采用最大似然估计法进行标定。通过寻求对数最大似然估计函数的最大化, 求解出预测参数的估计值, 模型标定结果见表 3。

表 3 影响因素标定结果

Tab. 3 Calibration results of influence factors

影响因素	参数值	标准差	$t$ 检验值
常数项	2.892 8	0.494 5	4.443 6
月收入	-0.482 4	0.234 4	-1.975 2
出行目的	0.209 5	0.235 0	2.040 4
支付方式	1.415 7	0.193 4	2.631 8
出行时间比为 1:5	-0.090 5	0.328 4	-4.383 6
出行时间比 1:3	-0.479 8	0.318 9	-8.004 9
出行时间比 1:1	-1.093 1	0.294 9	-7.129 4
出行成本比	-0.112 8	0.329 5	-4.406 3

在非集计理论中, 使用  $\rho^2$  判断模型拟合度, 称为决定系数, 其中  $\rho^2 \in (0, 1)$ ,  $\rho^2$  越接近于 1 表明建立的数学模型和实际情况较为符合。在实际判断过程中, 当  $\rho^2$  在 0.2~0.4 时, 表明模型与实际吻合度较高。本文模型中的决定系数  $\rho^2$  为 0.242, 说明模型有较好的吻合度。

由以上分析, 则有

$$U_n = V_{1n} - V_{2n} = 2.892\ 8 - 0.482\ 4X_{1n} + 0.209\ 5X_{2n} + 1.415\ 7X_{3n} - 0.090\ 5X_{4n} - 0.479\ 8X_{5n} - 1.093\ 1X_{6n} - 0.112\ 8X_{7n} \quad (7)$$

从式(7)可以看出, 出行时间比为 1:5、1:3、1:1 的参数估计值为负, 出行成本比的参数估计值也为负, 在出行时间比为 1:5 的工况下, 则继续使用小汽车出行的效用函数基本不变; 在出行时间比为 1:3 的工况下, 效用函数略微减小 0.479 8; 在出行时间比 1:1 的工况下, 效用函数减小 1.093 1, 说明随着公交车出行时间的缩短, 继续使用小汽车出

行的概率加速下降。从  $X_{7n}$  的参数估计结果可以看出, 随着出行成本的提高, 居民出行继续使用小汽车的概率也会降低, 因此, 通过调节出行成本可引导出行方式改变。

调整居民出行方式为公共交通的两条途径为提高小汽车的出行成本与缩短公共交通的出行时间。由于道路资源的有限性, 在公共交通出行时间无法缩短的前提下, 只有通过提高出行成本降低居民选择小汽车出行的概率。提高出行成本的方法有提高燃油附加费用和提高停车费用。在本模型验证的过程中, 主要通过提高居民停车费用来增加出行成本。

北京市从 2010 年开始对 CBD 区域的燕莎、王府井等 13 个重点区域的白天停车收费标准进行调整, 区域内非居住区占道停车场、路外露天停车场、非露天停车场白天(7:00~21:00)小型车临时停放收费标准分别上调为每 30 min 收费为 5、4、3 元。其中占道停车首次实行累进加价, 即第 1 个小时 10 元, 其后 15 元  $\cdot h^{-1}$ 。

收集在燕莎、中关村西区、北京站 3 个地点的调查问卷, 进行数据处理, 利用所建立的模型对全部 51 个样本进行转移概率测算, 并与其实际的选择结果进行对比, 结果显示利用预测模型测算的结果与实际选择结果一致的样本有 41 个, 不一致的有 10 个, 模型预测的准确率为 80.4%。

## 3 灵敏度分析

灵敏度分析包括全局灵敏度分析和局部灵敏度分析。全局灵敏度分析是检验多个参数变化对模型整体效果的影响, 并分析参数之间互动作用对整体模型的影响。局部灵敏度分析仅研究单参数变化对模型的影响, 对于出行转移概率模型, 主要从单因素角度出发进行灵敏度分析<sup>[17-21]</sup>。灵敏度常用弹性值来表达。在非集计模型理论中, 当第  $k$  个影响因素发生变化时, 第  $i$  个方案的概率变化值为

$$E = \theta_k X_{ink} (1 - P_{in}) \quad (8)$$

式中:  $\theta_k$  为第  $k$  个变量的参数值;  $X_{ink}$  为出行者  $n$  选择第  $i$  种出行方式的第  $k$  个属性的参数值。

本文主要通过调节时间成本比与出行成本比引导居民出行方式。对模型中的收入、出行目的、支付方式等变量进行排列组合, 存在 6 种出行行为。出行行为 1 为收入大于 3 000 元, 出行目的为上班, 支付方式为自费; 出行行为 2 为收入小于 3 000 元, 出行目的为上班, 支付方式为自费; 出行行为 3 为收入大于 3 000 元, 出行目的为休闲, 支付方式为自费;

出行行为 4 为收入小于 3 000 元,出行目的为休闲,支付方式为自费;出行行为 5 为收入大于 3 000 元,出行目的为上班,支付方式为公费;出行行为 6 为收入小于 3 000 元,出行目的为上班,支付方式为公费。

当出行时间比分别为 1 : 5、1 : 3、1 : 1,继续使用小汽车出行时,不同出行时间成本的弹性值的计算结果分别见表 4~6。

表 4 出行时间比为 1 : 5 时的弹性值  
Tab. 4 Elastic values when trip time ratio is 1 : 5

出行 成本比	出行行为					
	1	2	3	4	5	6
5	0.010	0.010	0.010	0.010	0.001	0.001
10	0.010	0.020	0.020	0.020	0.001	0.010
15	0.020	0.030	0.020	0.030	0.010	0.010
20	0.030	0.040	0.040	0.050	0.010	0.020
25	0.040	0.050	0.050	0.060	0.020	0.020
30	0.060	0.070	0.060	0.070	0.020	0.030

表 5 出行时间比为 1 : 3 时的弹性值  
Tab. 5 Elastic values when trip time ratio is 1 : 3

出行 成本比	出行行为					
	1	2	3	4	5	6
5	0.05	0.08	0.07	0.10	0.01	0.02
10	0.01	0.13	0.11	0.15	0.02	0.04
15	0.13	0.19	0.16	0.21	0.04	0.06
20	0.20	0.25	0.22	0.27	0.07	0.10
25	0.26	0.32	0.29	0.34	0.11	0.15
30	0.33	0.37	0.35	0.39	0.16	0.22

表 6 出行时间比为 1 : 1 时的弹性值  
Tab. 6 Elastic values when trip time ratio is 1 : 1

出行 成本比	出行行为					
	1	2	3	4	5	6
5	0.21	0.31	0.25	0.35	0.05	0.09
10	0.32	0.44	0.37	0.49	0.10	0.15
15	0.46	0.50	0.51	0.64	0.16	0.24
20	0.61	0.73	0.66	0.78	0.26	0.36
25	0.68	0.78	0.72	0.83	0.31	0.43
30	0.75	0.85	0.81	0.89	0.38	0.51

从表 4 可以看出,居民继续使用小汽车出行的弹性值均小于 0.10,说明当出行时间比为 1 : 5 时,调节出行成本比缺乏弹性,因此,仅调节出行成本比均不能提高放弃小汽车出行的概率。当出行时间比为 1 : 5 时,继续使用小汽车出行(工况 1)的概率计算结果见图 1。

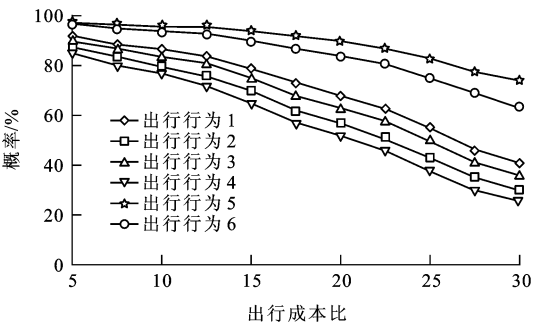


图 1 工况 1 计算结果

Fig. 1 Calculation results of condition 1

从图 1 可以看出,在相同的出行目的下,高收入出行者继续使用小汽车出行的概率高于低收入出行者。在相同收入情况下,出行目的为刚性出行居民继续使用小汽车出行的概率高于弹性出行者。当出行成本比为 15 时,有 70%~80% 的出行者继续使用小汽车出行,出行成本比为 25 时,有 40%~50% 的出行者继续使用小汽车出行。

从表 5 可以看出,当出行成本比大于 20 时,在自费的情况下,存在一定的弹性,因此,在出行时间比为 1 : 3 时,调节出行成本比可以使部分自费出行者放弃小汽车出行,继续使用小汽车出行(工况 2)的概率计算结果见图 2。

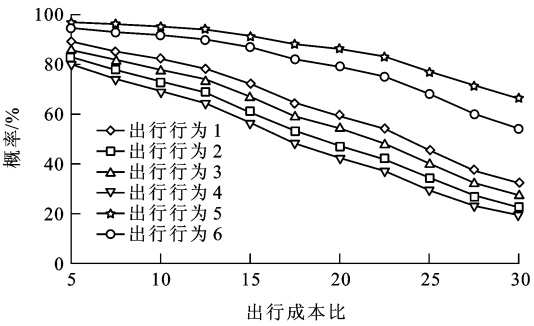


图 2 工况 2 计算结果

Fig. 2 Calculation results of condition 2

从图 2 可以看出,对于自费出行者,在出行成本比为 22 时,不管是刚性出行还是弹性出行,继续使用小汽车出行的比例都在 40% 左右,当出行成本比为 28 时,继续使用小汽车出行的比例大约为 30%。当出行成本比为 30 时,继续使用小汽车出行的比例大约为 25%。

从表 6 可以看出,当出行时间成本比为 1 : 1 时,出行成本比对居民出行的影响较大。通过调节 2 种交通方式的出行成本比,可以引导出行者改变出行方式。当出行时间比为 1 : 1 时,继续使用小汽车出行(工况 3)的概率计算结果见图 3。

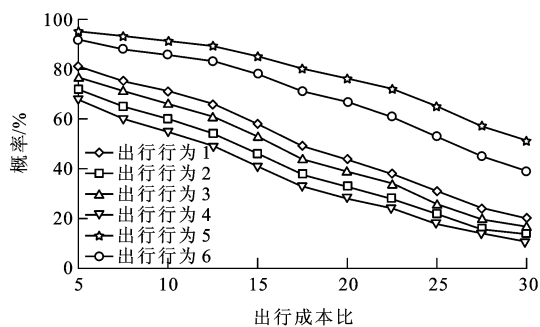


图 3 工况 3 计算结果

Fig. 3 Calculation results of condition 3

从图 3 可以看出,不论是弹性出行还是刚性出行,当出行成本比为 18 时,继续使用小汽车出行的概率在 40% 左右;当出行成本比为 22 时,继续使用小汽车出行的概率在 30% 左右;当出行成本比达到 30 时,继续使用小汽车出行的比例大约为 20%。

2010 年的小汽车出行率为 34.8%,如果未来小汽车的出行分担率要达到 30%,出行时间比维持在 1:3 和 1:1 之间,则出行成本比为至少为 5。

## 4 结 语

根据北京市居民出行数据,使用小汽车与公共交通出行效用差值函数改进 Logit 模型,假定 3 种出行时间比,建立了不同出行成本下小汽车与公共交通之间的转移概率模型。从本文模型对北京市居民出行数据的拟合优度来看,改进的 Logit 模型克服了传统模型的缺点,具有较好的拟合精度,可真实地反映两种交通方式内部的转移过程,体现出行方式选择特性。居民出行方式影响因素的分析对于解决现有交通系统存在的问题,提高城市公共交通系统的出行分担率具有重要意义。由于模型的抽象化和实际问题的复杂性,研究过程仍存在许多不足之处,如能从微观和宏观相结合的角度构建数学模型,可使模型结果更具有现实指导意义。

### 参考文献:

### References:

- [1] 刘炳恩,隗志才,李艳玲,等.居民出行方式选择非集计模型的建立[J].公路交通科技,2008,25(5):117-122.  
LIU Bing-en, JUN Zhi-cai, LI Yan-ling, et al. Development of a multinomial logit model for travel mode choice of resident[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2008, 25(5): 117-122. (in Chinese)
- [2] 北京市交通发展研究中心.北京市交通发展年度报告(2010)[R].北京:北京市交通发展研究中心,2011.  
Beijing Transportation Research Center. Report for transpor-

tation development in Beijing (2010)[R]. Beijing: Beijing Transportation Research Center, 2011. (in Chinese)

- [3] 帅 斌,林渝钧,种鹏云.基于 Logit 模型的城市低碳交通分担率研究[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2012,36(1):74-78.  
SHUAI Bin, LIN Yu-jun, CHONG Peng-yun. Urban low-carbon transport share rate by logit model[J]. Journal of Wuhan Technology: Transportation Science and Engineering, 2012, 36(1): 74-78. (in Chinese)
- [4] KAORI M, TAKAMASA A. A logit model for modal choice with a fuzzy logic utility function[J]. Traffic and Transportation Studies, 2000, 4(5): 311-318.
- [5] 姚丽亚,孙立山,关宏志.基于分层 Logit 模型的交通方式选择行为研究[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2010,34(4):738-741.  
YAO Li-ya, SUN Li-shan, GUAN Hong-zhi. Study on modal split method based on nested logit model[J]. Journal of Wuhan Technology: Transportation Science and Engineering, 2010, 34(4): 738-741. (in Chinese)
- [6] 杨励雅,邵春福, HAGHANI A. 出行方式与出发时间联合选择的分层 Logit 模型[J]. 交通运输工程学报,2012,12(2): 77-83.  
YANG Li-ya, SHAO Chun-fu, HANGHANI A. Nested logit model of combined selection for travel mode and departure time[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2012, 12(2): 77-83. (in Chinese)
- [7] 龚勃文. 交通方式划分的非集计模型及应用研究[D]. 长春: 吉林大学,2007.  
GONG Bo-wen. Study on disaggregate model of traffic mode split and application[D]. Changchun: Jilin University, 2007. (in Chinese)
- [8] HENSHER D, GREME W. Specification and estimation of the nested logit model: alternative normalizations[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2002, 36(1): 1-17.
- [9] KWIGIZIE V, VALERIAN D, SANDO T. A cross-nested logit model for trip type-mode choice: an application[J]. Advances in Transportation Studies, 2011, 23(2): 29-40.
- [10] 李 霞,邵春福,曲天书,等.基于网络广义极值模型的居住地和通勤方式同时选择模型研究[J].北京大学学报:自然科学版,2010,46(6):926-933.  
LI Xia, SHAO Chun-fu, QU Tian-shu, et al. Application of network generalized extreme value model to estimate residential location and commute mode choice[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2010, 46(6): 926-933. (in Chinese)
- [11] 李 霞,高 利,刘玉国.基于交叉分层 Logit 的轨道站点周边居住地和出行方式联合选择模型[J].吉林大学学报:工学版,2011,41(6):1614-1620.  
LI Xia, GAO Li, LIU Yu-guo. Simulationous residential location and travel mode choice estimation around rail transit station based on cross-nested logit model[J]. Journal of Jilin

- University: Engineering and Technology Edition, 2011, 41(6): 1614-1620. (in Chinese)
- [12] 张秋萍,陈义华. 基于非集计模型的交通方式选择研究[J]. 铁道运输与经济, 2010, 32(1): 51-55.  
ZHANG Qiu-ping, CHEN Yi-hua. Study on traffic mode choice based on disaggregate model[J]. Railway Transport and Economy, 2010, 32(1): 51-55. (in Chinese)
- [13] 冯忠祥,袁华智,刘 静,等. 驾驶人个人特征对车速度的影响[J]. 交通运输工程学报, 2012, 12(6): 89-96.  
FENG Zhong-xiang, YUAN Hua-zhi, LIU Jing, et al. Influence of driver personal attributes on vehicle velocity [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2012, 12(6): 89-96. (in Chinese)
- [14] 贾洪飞,龚勃文,宗 芳. 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.  
JIA Hong-fei, GONG Bo-wen, ZONG Fang. Disaggregate modeling of traffic mode choice and its application[J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2007, 37(6): 1288-1293. (in Chinese)
- [15] TRANI A, BAIK H, SWINGLE H, et al. An integrated model for studying small transportation system[J]. Transportation Research Record, 2003(1850): 1-10.
- [16] 王浩昌,杜鹏飞,赵冬泉,等. 城市降雨径流模型参数全局灵敏度分析[J]. 中国环境科学, 2008, 28(8): 725-729.  
WANG Hao-chang, DU Peng-fei, ZHAO Dong-quan, et al. Global sensitivity analysis for urban rainfall-runoff model[J]. China Environmental Science, 2008, 28(8): 725-729. (in Chinese)
- [17] MULETA K, NICKLOW J. Sensitivity and uncertainty analysis coupled with automatic calibration for a distributed watershed model[J]. Journal of Hydrology, 2005, 306(14): 127-145.
- [18] 赵建有,袁华智,蹇小平,等. 城市低收入人群出行方式选择模型[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2012, 32(4): 65-69.  
ZHAO Jian-you, YUAN Hua-zhi, JIAN Xiao-ping, et al. Selection model of trip mode for urban low-income population[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2012, 32(4): 65-69. (in Chinese)
- [19] 冯忠祥,刘 静,李阳阳,等. 攻击性驾驶行为选择模型及影响因素敏感度分析[J]. 中国公路学报, 2012, 25(2): 106-112.  
FENG Zhong-xiang, LIU Jing, LI Yang-yang, et al. Selected model and sensitivity analysis of aggressive driving behavior[J]. China Journal of Highway and Transport, 2012, 25(2): 106-112. (in Chinese)
- [20] LEMP J D, KOCKELMEN K M, DAMIEN P. The continuous cross-nested logit model: formulation and application for departure time choice[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 2010, 44(5): 646-661.
- [21] SALEH W, FARRELL S. Implications of congestion charging for departure time choice: work and non-work schedule flexibility[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2005, 39(9): 773-791.

## 《交通运输工程学报》2013 年征订通知

《交通运输工程学报》是由国家教育部主管、长安大学主办、国务院学位委员会交通运输工程学科评议组、东南大学与西南交通大学共同协办的交通运输领域的学术理论刊物,两院院士沈志云教授任名誉主任委员;主要刊载道路与铁道工程、载运工具运用工程、交通运输规划与管理、交通信息工程与控制等领域高水平的学术论文和重大工程实践项目产生的论文;主要读者对象为国内外交通运输领域的科研人员、工程技术人员及大专院校相关专业的师生。

《交通运输工程学报》为双月刊,大 16 开本,128 个页码,每期定价 20.00 元,全年共 120.00 元。可到当地邮局订阅,邮发代号为 52-195,也可直接汇款至《交通运输工程学报》编辑部订阅。

开户银行:中国银行西安翠华路支行

账 号:102407337258

账 户:长安大学杂志社

邮政编码:710064

联 系 人:胡广平

电 话:029-82334382

地 址:陕西省西安市南二环路中段长安大学杂志社

E-mail:jygc@chd.edu.cn