

文章编号:1671-8879(2012)04-0065-05

城市低收入人群出行方式选择模型

赵建有¹,袁华智^{1,2},蹇小平¹,冯忠祥³

(1. 长安大学 汽车学院,陕西 西安 710064; 2. 长安大学 杂志社,陕西 西安 710064;
3. 合肥工业大学 交通运输工程学院,安徽 合肥 230009)

摘要:应用 700 份调研样本数据,分析了城市低收入人群的年龄分布与就业状况。结合非集计模型理论,分析了影响低收入人群出行方式选择的因素。将驾驶人个人属性、家庭属性、车辆属性与出行属性作为效用变量,将步行、自行车、公交车 3 种交通方式作为低收入人群出行方式选择肢,构建了城市低收入人群出行方式选择模型,并确定了模型中相应的变量与取值方法。另选取 175 份调研数据,对模型的准确性进行验证。计算结果表明:应用建立的模型,步行、自行车、公交车 3 种交通方式的计算结果分别为 23.4%、25.7%、50.9%;在调研数据中,3 种交通方式的结果分别为 21.7%、24.6%、53.7%;计算值与统计值的绝对误差较小,最大误差仅为 2.8%。

关键词:交通工程;低收入人群;出行方式;非集计模型;MNL 模型;效用变量

中图分类号:U491

文献标志码:A

Selection model of travel mode for urban low-income population

ZHAO Jian-you¹, YUAN Hua-zhi^{1,2}, JIAN Xiao-ping¹, FENG Zhong-xiang³

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Magazine Company, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 3. School of Transportation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, Anhui, China)

Abstract: The 700 investigation sample data were used to analyze the age distribution and employment situation of urban low-income population. Based on the theory of disaggregate model, the influence factors of travel mode for urban low-income population was analyzed. The individual attribute of driver, family attribute, vehicle attribute and travel attribute were taken as utility variables, the three traffic modes such as walking, bicycle and bus were taken as the alternative parts of travel modes for low-income population, the selection model of travel mode for urban low-income population was set up, and the corresponding variables and obtaining value method were determined. According to the other 175 investigation sample datum, the accuracy of proposed model was verified. Calculation results show that by using the proposed model, the calculation result proportions of those three traffic modes such as walking, bicycle and bus are 23.4%, 25.7% and 50.9% respectively. While in the investigation sample datum, the results of those three travel modes are 21.7%, 24.6% and 53.7% respectively. The absolute errors between calculation values and statistical values are smaller, and the maximum error value is only 2.8%. 5 tabs, 3 figs, 13 refs.

收稿日期:2011-09-10

基金项目:国家自然科学基金项目(51178158);交通运输部西部交通建设科技项目(2011 318 820 1420);

中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2012JC062)

作者简介:赵建有(1963-),男,河南西峡人,教授,工学博士,E-mail:jyzhao@chd.edu.cn.

Key words: traffic engineering; low-income population; travel mode; disaggregate model; MNL model; utility variable

0 引言

根据国家统计局对居民收入的划分标准,把所考察的收入人群样本分成 5 个部分,分别为低收入人群、中下收入人群、中等收入人群、中上收入人群和高收入人群,并假设各部分人群占总人口的百分比相等,均为 20%。即低收入人群约占总体居民的 20%。低收入人群作为城市居民的重要组成部分,是建设和谐社会需重点关注的对象,需大力保障低收入人群的各类权益。在城市交通规划中,相关政策的制定应需满足低收入人群的出行需求。近年来,对于城市居民出行特征的研究较多,且取得了很多成果^[1-5]。各个城市在进行交通规划和城市建设时,也充分考虑了城市居民的出行规律,科学合理地开展城市交通建设,满足了大部分居民的出行需求,但对于低收入人群的关注度不足,未考虑低收入人群的特殊性,且未针对低收入人群的出行特征出台具体的政策和措施。谢秉磊等利用模糊数学理论,模拟了出行者对小汽车和公交等出行方式的选择行为^[6];姚荣涵等运用量子能级跃迁理论,定量描述了出行方式的转移规律^[7];刘炳恩等基于非集计离散选择理论,构建了北京市居民出行方式选择的 MNL 模型^[8];Saleh 等构建了爱丁堡中心城居民工作与非工作出行的出发时间选择模型,模拟了当收取拥挤费用时出行者出发时间的变化情况^[9-10];Ozbay 等建立了考虑出行时间价值的出发时刻选择模型,分析评价美国新泽西州出台的拥挤收费政策^[11]。

低收入人群的出行方式作为其出行特征的重要组成部分,关系到城市交通系统建设的合理性,是从最基层反映交通系统全面性的重要指标,也是城市交通规划的重要依据,所以应对低收入人群的出行方式进行研究。本文依据统计学原理和非集计模型,设计了低收入人群出行特征调查问卷,运用简单随机抽样和 RP 调查法对低收入人群的出行特征进行深入调查,并构建低收入人群出行方式选择模型,确定低收入人群选择出行方式时的影响因素,量化各影响因素与方式选择间的度量关系,为构建和谐交通提供理论基础和实践指导。

1 调查样本选择

根据西安市 2010 年统计公报,城镇居民人均可支配收入为 22 244 元。本文结合低收入人群划分

标准,选择月收入在 1 000 元以下的居民作为调查对象。由于低收入人群中较大一部分为文化水平较低的文盲或半文盲,所以调查采取调查员询问的方式进行,采用街头随机调查,计划调查 1 000 份,实际调查 875 份,且后续审查均为有效数据。样本一般属性的年龄分布与就业状况如图 1、图 2 所示。

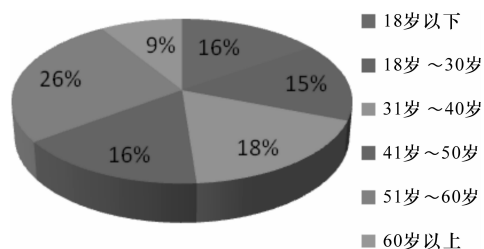


图 1 年龄分布
Fig. 1 Age distribution

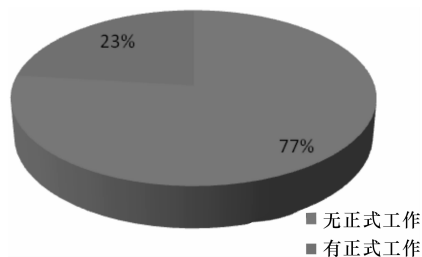


图 2 就业状况
Fig. 2 Employment situation

由图 1 可知,年龄在 50 岁以上的低收入人群占到总样本的 35%,其他各年龄段分布较为平均。通过具体分析调查问卷,西安市低收入人群主要由以下几个部分构成:一是传统的“三无对象”(无家可归、无依无靠、无生活来源)群体;二是部分就业面低的家庭;三是收入不高且家庭负担较为沉重的家庭,如需赡养老年人、残疾人和长期患病者;四是部分退休、退職较早的老年职工家庭;五是大量下岗失业及待岗歇业的职工家庭。由图 2 可知,低收入人群中 77% 的居民没有正式工作,所以收入无法保障。由以上分析可知,低收入人群的出行需求不同于收入稳定的其他居民,对其出行特征影响较大。

2 低收入人群出行非集计模型分析

非集计理论是研究出行者个人的交通出行行为,对个人调查数据进行分析,建立并标定模型,从个人角度分析出行者的行为特征。非集计模型的假设前提是在特定的条件下,出行者选择效用最大的方案,其效用函数由固定项和随机项组成。低收入

人群在出行时,总是选择能够产生最大效用的出行方案,从而实现个人出行利益最大化,所以第 n 个低收入出行居民选择第 i 种出行方式的效用函数为

$$U_{in} = V_{in} + \epsilon_{in} \tag{1}$$

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{ink} \tag{2}$$

式中: U_{in} 为第 n 个低收入出行居民选择第 i 个出行方式的效用函数; V_{in} 为第 n 个低收入居民选择第 i 个出行方式的效用函数中的固定项; ϵ_{in} 为第 n 个低收入居民选择第 i 个出行方式的效用函数中的随机项; K 为特性变量的个数; θ_k 为第 k 个变量对应的参数; X_{ink} 为第 n 个低收入居民选择第 i 种出行方式的第 k 个特性变量。

3 低收入人群出行方式选择模型

在非集计模型中,应用最广泛且成熟的模型为多项 logit 模型 (Multinomial Logit Model, MNL) 模型^[12]。本文选择调查数据库中的 700 份出行数据,构建低收入人群出行方式多项 logit 模型。

3.1 模型建立

假设式(1)中, ϵ_{in} 和 V_{in} 相互独立,且 ϵ_{in} 服从极值分布 (Gumbel distribution),依据高等数学和概率论知识,可推导出 MNL 模型的基本形式^[13]。结合低收入人群出行特征,可得第 n 个低收入出行居民选择第 i 种出行方式的概率 P_{in} 为

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{I_n + \sum_{i=1} e^{V_{in}}} \tag{3}$$

式中: I_n 为 n 个低收入居民选择出行方式 i 的总数。

本文模型具体构建与计算流程如图 3 所示, t 为检验值; ρ^2 为决定系数。

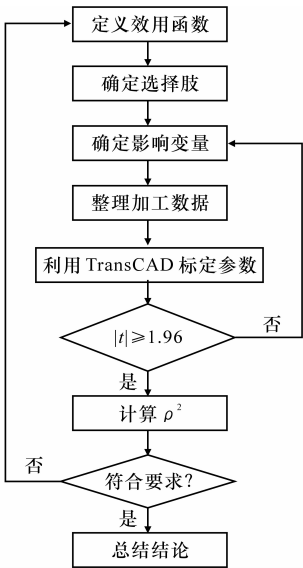


图 3 MNL 模型算法流程
Fig. 3 MNL model of algorithm flow

3.2 选择肢和影响变量的确定

根据低收入人群出行数据的调查统计,其出行方式一般有步行、骑自行车和公交车 3 种形式,所以模型的选择肢定义为步行、自行车和公交车,分别用 0、1、2 表示。其中,自行车包括普通自行车和电动自行车,公交车为多种公共交通方式的统称,如常规公交和地铁。

综合考虑非集计模型的方法特点和低收入居民的出行特征,影响低收入人群的出行方式选择主要因素可划分为个人属性、家庭属性和出行属性,模型各属性变量的具体划分标准见表 1。

表 1 模型变量
Tab. 1 Model variables

影响因素		变量	说明
个人属性	性别	X_1	哑变量,男性取值为 1,女性取值为 0
	年龄	X_2	为实际年龄数值
	教育程度	X_3	划分为 5 级,文盲、小学、初中、高中、大学及以上,分别取值为 0、1、2、3、4
	公交月票	X_4	哑变量,有取值为 1,无取值为 0
家庭属性	家庭月总收入	X_5	划分为 4 级,1 000 元以下、1 001 元 ~ 2 000 元、2 001 元 ~ 3 000 元、3 000 元以上,分别取值为 0、1、2、3
	自行车数量	X_6	为实际数量值
出行属性	出行目的	X_7	划分为 6 类,上班、看病、购物、打零工、走亲戚或其他,分别取值为 0、1、2、3、4、5
	出行距离	X_8	划分为 5 段,0 ~ 5.0 km、5.1 ~ 10.0 km、10.1 ~ 15.0 km、15.1 ~ 20.0 km、20.0 km 以上,分别取值为 0、1、2、3、4
	所需时间	X_9	划分为 7 级,0.5 h 以内、0.5 ~ 1.0 h、1.0 ~ 1.5 h、1.5 ~ 2.0 h、2.0 ~ 2.5 h、2.5 ~ 3.0 h、3 h 以上,分别取值为 0、1、2、3、4、5、6

3.3 模型参数标定

在进行模型参数标定时,可应用交通分析软件 TransCAD 标定获得,结果见表 2。

表 2 模型参数标定结果
Tab. 2 Calibvation results of model parameters

影响因素	变量	参数值	标准差	t 检验值
性别	X ₁	1.363 360	0.375 178	2.188 833
年龄	X ₂	0.042 135	0.002 761	6.323 212
教育程度	X ₃	1.541 735	0.346 783	3.417 363
公交月票	X ₄	0.092 613	0.032 220	2.746 193
家庭月总收入	X ₅	2.153 331	0.041 635	3.171 346
自行车数量	X ₆	0.858 293	0.375 951	3.475 960
出行目的	X ₇	0.964 912	0.134 672	4.126 332
出行距离	X ₈	0.648 293	0.042 938	3.475 920
所需时间	X ₉	1.738 595	0.319 385	4.348 623

根据统计学检验理论,在变量对选择肢产生影响的置信度为 95% 时,如影响变量的参数符号正确,且 t 检验值绝对值大于或等于 1.96,表示该变量对选择结果影响显著^[7]。由表 2 可得,各参数 t 检验值的绝对值最小为 2.19,均大于 1.96,说明上述 9 个特征变量对城市低收入居民出行方式选择具有显著影响。

判断模型拟合度需用 McFadden 决定系数 ρ^2 ,即模型的优度, ρ^2 值在 0~1.0 之间,且越接近 1.0,说明模型的吻合度越好。但是决定系数 ρ^2 与回归分析的决定系数不同, ρ^2 值在 0.2~0.4 之间时,即说明吻合度很好^[7-9]。本文所建出行方式选择模型决定系数 ρ^2 为 0.321 742,则说明模型与现实相比较为吻合。

根据上述检验,模型标定参数正确,各出行方式变量参数见表 3。

表 3 变量参数
Tab. 3 Variable parameters

影响因素	变量	步行	自行车	公交车
性别	X ₁	1.363 360		1.363 360
年龄	X ₂	0.042 135	0.042 135	
教育程度	X ₃		1.541 735	1.541 735
公交月票	X ₄	0.092 613		
家庭月总收入	X ₅	2.153 331		2.153 331
自行车数量	X ₆		0.858 293	0.858 293
出行目的	X ₇	0.964 912	0.964 912	
出行距离	X ₈	0.648 293		0.648 293
所需时间	X ₉			1.738 595

4 计算结果分析

另抽取 175 份与建模数据不重复的低收入人群

出行行为调查数据进行模型验证。根据标定参数值与式(1)~式(2),各种出行方式的效用函数计算公式分别为

$$\begin{aligned} V_0 &= 1.363\ 360X_1 + 0.042\ 135X_2 + \\ &\quad 0.092\ 613X_4 + 2.153\ 331X_5 + \\ &\quad 0.964\ 912X_7 + 0.648\ 293X_8 \\ V_1 &= 0.042\ 135X_2 + 1.541\ 735X_3 + \\ &\quad 0.858\ 293X_6 + 0.964\ 912X_7 \\ V_2 &= 1.363\ 360X_1 + 1.541\ 735X_3 + \\ &\quad 2.153\ 331X_5 + 0.858\ 293X_6 + \\ &\quad 0.648\ 293X_8 + 1.738\ 595X_9 \end{aligned}$$

式中: V_0 、 V_1 、 V_2 分别为选择步行、自行车、公交车的出行效用。

从数据库中取某低收入人群的调查数据为: $X_1 = 1$; $X_2 = 57$; $X_3 = 0$; $X_4 = 0$; $X_5 = 1$; $X_6 = 1$; $X_7 = 3$; $X_8 = 1$; $X_9 = 1$ 。计算各出行方式的效用值,并将各效用函数值代入式(3),可得各出行方式选择概率,见表 4。

表 4 选择概率
Tab. 4 Selection probabilities

类别	步行	自行车	公交车
效用函数值	9.461 415	6.154 724	6.761 872
选择概率值	0.905 901	0.033 190	0.060 909

由表 4 知,步行出行的选择概率值最大,即该低收入居民根据其个人、家庭和出行属性选择步行出行的概率最大。

根据上述各出行方式效用公式与迭代步骤,将 175 份出行数据代入效用函数公式中,求出各低收入居民选择出行方式的概率,对所有概率结果求平均值,所得结果即为模型计算结果,而 175 份低收入居民选择的出行方式为调研统计结果。根据模型计算结果和统计结果的绝对误差值评价模型精度,结果见表 5。

表 5 误差结果
Tab. 5 Error results

出行方式		步行	自行车	公交车
调研数据结果	数量/人	38	43	94
	比例/%	21.7	24.6	53.7
模型计算结果	数量/人	41	45	89
	比例/%	23.4	25.7	50.9
各项绝对误差值/%		1.7	1.1	2.8

由表 5 可知,模型计算的城市低收入人群各出行方式计算结果与实际统计数据基本吻合,各项绝对误差值较小;且绝对误差最大值仅为 2.8%,所以模型影响因素选取较为合理正确,有效性较高。

5 结 语

(1)应用城市低收入人群出行调查数据建立出行方式与个人、家庭和出行属性的非集计模型,经相关检验,模型合理,正有效性较高,可用于低收入人群出行方式选择的预测。

(2)基于MNL的出行方式选择模型,能够从个人角度分析低收入人群的出行方式,根据实证结果对比,最大绝对误差仅为2.8%,能准确分析各属性因素对低收入人群出行方式选择的影响,且各属性数据易通过调研获得,操作性好,模型移植性较强。

(3)本文是非集计理论在低收入人群出行行为特征的探索性应用,由于实际问题较为复杂,且模型较为抽象,研究过程中难免存在不足之处,如未考虑各因素间的互为影响、各交通方式的便捷性及费用问题,这些问题都有待后续改进。

参考文献:

References:

- [1] 张 萌,孙全欣.北京市女性出行行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息,2008,8(2):19-26.
ZHANG Meng,SUN Quan-xin. Travel behavior analysis of the females in Beijing[J]. Transportation Systems Engineering and Information,2008,8(2):19-26. (in Chinese)
- [2] 陈尚云,杜 文,高世廉.我国特大城市出行分布模型及其参数的研究[J]. 系统工程,2002,20(4):63-66.
CHEN Shang-yun,DU Wen,GAO Shi-lian. The study on the model and parameter of urban-trip distribution in metropolises of China[J]. Systems Engineering, 2002,20(4):63-66. (in Chinese)
- [3] 张欣环,刘小勇.乌鲁木齐市居民出行特征分析[J]. 新疆农业大学学报,2008,31(3):101-105.
ZHANG Xin-huan,LIU Xiao-yong. Analysis on characteristic of the inhabitant trip in Urumqi city[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2008,31(3):101-105. (in Chinese)
- [4] 刘浩学,冯忠祥.中国农村人口活动出行距离分布模型[J]. 长安大学学报:自然科学版,2010,30(6):68-71.
LIU Hao-xue,FENG Zhong-xiang. Trip distance distribution mode of Chinese rural population[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010,30(6):68-71. (in Chinese)
- [5] 曲大义,于仲臣.苏州市居民出行特征分析及交通发展对策研究[J]. 东南大学学报:自然科学版,2001,31(3):118-123.

- QU Da-yi,YU Zhong-chen. Analysis on the resident trip characteristics and study on the transport development policies in Suzhou[J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition, 2001,31(3):118-123. (in Chinese)
- [6] 谢秉磊,毛科俊,胡小明.基于区间数的多数性出行方式选择模型[J]. 交通运输工程学报,2009,9(4):61-64.
XIE Bing-lei,MAO Ke-jun,HU Xiao-ming. Travel mode choice mode with multiple attributes based on internal number [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2009,9(4):61-64. (in Chinese)
- [7] 姚荣涵,王殿海.模拟量子跃迁的出行方式转移模型[J]. 交通运输工程学报,2007,7(3):111-115.
YAO Rong-han,WANG Dian-hai. Trip mode transfer model by simulating quantum jump [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2007,7(3):111-115. (in Chinese)
- [8] 刘炳恩,雒志才,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):116-120.
LIU Bing-en,JUAN Zhi-cai,LI Yan-ling,et al. Development of a multinomial Logit model for travel mode choice of residents [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development,2008,25(5):116-120. (in Chinese)
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Ozbay K, Yanmaz-tuzel O. Valuation of travel time and departure time choice in the presence of time-of-day pricing [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice,2008,42(4):577-590.
- [12] 冯忠祥,刘浩学,张景峰.农村人口出行方式选择模型[J]. 交通运输工程学报,2010,10(3):77-83.
FENG Zhong-xiang,LIU Hao-xue,ZHANG Jing-feng. Selection model of trip modes for rural population[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2010,10(3):77-83. (in Chinese)
- [13] 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)