

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2012.10.024

城市中心区域小汽车停车设施选择模型

袁华智¹, 冯忠祥², 蹇小平¹, 刘静³

(1. 长安大学 汽车学院, 陕西 西安 710064; 2. 合肥工业大学 交通运输工程学院, 安徽 合肥 230009;
3. 安徽建筑工业学院 机械与电气工程学院, 安徽 合肥 230601)

摘要: 为定量描述城市小汽车驾驶人停车设施选择行为影响因素, 应用非集计理论, 选取700份调查数据, 分析了影响小汽车驾驶人选择的因素。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, 选择收费停车场、免费停车场、违法停车区域3种停车设施作为驾驶人停车选择肢, 构建了城市中心区域小汽车停车设施选择模型, 并确定了模型中相应的变量及取值方法。另外选取185份调研数据, 对模型精度进行验证。计算结果表明: 应用本文模型, 驾驶人选取收费停车场、免费停车场、违法停车区域3种停车设施计算结果比例分别为21.6%、45.4%与33.0%; 计算值与统计值的绝对误差较小, 最大仅为3.2%。可见, 模型有效。

关键词: 交通工程; 城市区域; 停车设施; 停车选择; 非集计模型

中图分类号: U491.7⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2012)10-0137-05

Selection Model of Car Parking Facility in Urban Central Region

YUAN Huazhi¹, FENG Zhongxiang², JIAN Xiaoping¹, LIU Jing³

(1. School of Automobile, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710064, China;

2. School of Transportation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei Anhui 230009, China;

3. School of Mechanical and Electrical Engineering, Anhui University of Architecture, Hefei Anhui 230601, China)

Abstract: In order to describe the influencing factors of parking facility selection behaviors for car drivers in urban region quantitatively, based on the disaggregate theory and 700 investigation sample data, the influencing factors of parking facility selection for car drivers were analyzed. Taking the individual attribute and family attribute of driver, vehicle attribute and travel attribute as utility variables, taking the parking facilities such as charge parking lot, free parking lot and illegal parking region as the alternative parking parts of car drivers, the selection model of car parking facility in urban central region was set up, and its corresponding variables and obtaining value method were determined. According to other 185 investigation sample data, the accuracy of the proposed model was verified. The calculation result shows that (1) by using the proposed model, the calculated proportions of charge parking lot, free parking lot and illegal parking region are 21.6%, 45.4% and 33.0% respectively; (2) the absolute errors between calculation values and statistical values are smaller, and the maximum error value is only 3.2%. Therefore, the model is effective.

Key words: traffic engineering; urban region; parking facility; parking selection; disaggregate model

0 引言

随着城市机动化水平的提升, 小汽车保有量逐年递增, 带来一系列的交通问题, 如城市交通拥堵、

交通事故以及停车设施的严重缺乏。城市中心城区停车设施在城市经济社会发展、土地利用和综合交通规划中具有非常重要、不可替代的地位和作用, 是重要的公共基础设施。停车设施是车辆出行的起

点和终点,是支撑现代城市交通必不可少的载体。停车设施对车辆交通组织具有枢纽作用,对道路交通管理具有开关作用,对城市土地利用具有导向作用,在规划和建设阶段应根据城市机动车保有量及停车需求进行设置^[1-3]。根据城市停车设施规划方法及国家科技攻关专题“城市停车管理体制与法规研究”,中国城市社会公共停车位泊位数应为机动车拥有量的15%,但现阶段城市中心城区停车位数量设置不合理,或者布局失衡,使得停车分布不均衡。局部区域车满为患,停车位不足,路边违法停车现象严重,而有的停车场则基本处于空置状态。既浪费了社会资源,又占用了道路资源,加剧了城市道路交通拥堵^[4-5]。

传统的交通规划对居民出行研究较多,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等构建了爱丁堡市中心城居民工作出行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,利用模型分析评价美国新泽西州出台的拥挤收费政策^[11]。以上研究忽略居民出行时与交通基础设施间的关系,不能有效发挥城市基础设施应有的功能,所以应对小汽车驾驶人城市停车行为进行研究,分析其选择不同停车设施的决策动机和影响因素,为提高城市停车设施利用率和构建和谐交通提供理论基础和实践指导。

本文依据统计学原理和非集计模型,设计《城市停车设施选择调查问卷》,运用简单随机抽样和RP调查法对小汽车驾驶人停车选择进行深入调查,并构建停车设施选择模型,确定小汽车驾驶人选择停车设施的影响因素,量化各影响因素与选择间的度量关系。

1 调查样本选择及分析

本文将西安市收费停车场、免费停车场和路边违法停车等3类机动车驾驶人作为研究对象,调查采取调查员询问的方式进行,应用《城市停车设施选择调查问卷》采用街头随机调查,计划调查1 000份,实际调查885份,且后续审查均为有效数据。

根据调查发现,家庭收入在3 000元以下的占总比例的15%;家庭收入在3 001~6 000元的占比例

最大,为总比例的45%;家庭收入在6 001~10 000元的占总比例的24%;家庭收入在10 000元以上的占总比例的16%。在汽车状况的分布中,私人汽车占到74%,非私人汽车占到26%。

2 驾驶人停车设施选择非集计模型分析

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,即驾驶人在停车设施时,总是选择能够产生最大效用的方案,从而实现个人利益最大化,所以第 n 个驾驶人选择第 i 种停车设施的效用函数为:

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

$$V_{in} = \sum_{k=1}^K \theta_k X_{ink}, \quad (2)$$

式中, V_{in} 为第 n 个驾驶人选择第 i 个停车设施的效用函数中的固定项; ε_{in} 为第 n 个驾驶人选择第 i 个停车设施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 个驾驶人选择第 i 种停车设施的第 k 个特性变量。模型可以用最大似然法进行标定。

3 驾驶人停车设施选择模型的构建

非集计模型中,应用最广泛且成熟的模型为多项Logit模型,即MNL模型^[12],故本文选择调查数据库中的700份出行数据进行研究,构建驾驶人停车设施选择多项Logit模型。

3.1 模型的建立

假设式(1)中 ε_{in} 和 V_{in} 相互独立,且 ε_{in} 服从极值分布,依据高等数学和概率论知识可推导出MNL模型的基本形式^[7],结合驾驶人停车选择特征,可得第 n 个驾驶人选择第 i 种停车设施的概率为:

$$P_{in} = e^{V_{in}} / \sum_{i=1}^{I_n} e^{V_{in}}, \quad (3)$$

式中, i 为停车设施; I_n 为 n 个驾驶人选择停车设施 i 的总数。

模型具体构建及计算流程见图1。

3.2 选择肢和影响变量的确定

根据驾驶人停车行为数据的调查统计,其停车设施选择一般有收费停车场、免费停车场和违法停车3种,所以模型的选择肢定义为:收费停车场、

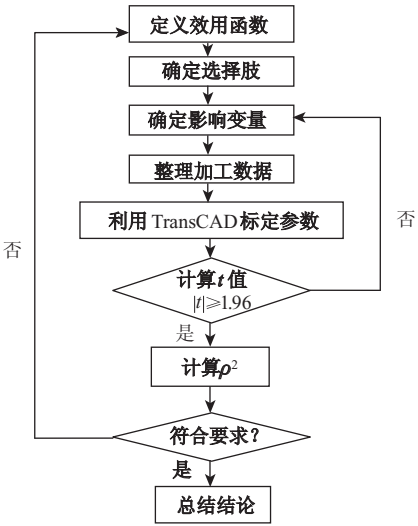


图 1 模型流程
Fig.1 Flow chart of model

免费停车场和违法停车，分别用 0~2 表示。其中收费停车场一般有地下或地上收费停车场、路边停车位等，免费停车场有单位停车点、商城停车场等，违法停车一般为占用公共道路或区域停车。

综合考虑非集计模型的方法特点和驾驶人停车行为特征，影响驾驶人的停车设施选择主要因素可划分为：个人、家庭、车辆和出行属性，各属性变量的具体划分标准见表 1。

3.3 模型参数标定

借助于 TransCAD 交通分析软件，本文的模型参数标定见表 2。

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^[13]。由表 2 可得，各参数 t 检验值的绝对值最小为 2.12，均大于 1.96，说明上述 12 个特征变量对城市小汽车停车设施选择具有显著影响。

判断模型拟合度需用决定系数 ρ^2 ，即模型的优度， ρ^2 值在 0~1 之间，且越接近 1，说明模型的吻合度越好。但是， ρ^2 与 R^2 （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^[13]，论文所建设施选择模型决定系数 ρ^2 为 0.312 72，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，所以各停车设施变量与参数见表 3。

4 计算结果分析

另抽取 185 份与建模数据不重复的低收入人群

表 1 模型变量
Tab.1 Model variables

类别		变量	说明
个人属性	性别	X_1	男性取 1，女性取 0
	年龄	X_2	实际年龄数值
	教育程度	X_3	划分为 5 级：小学以下、初中、高中、大学（大专）、硕士及以上，分别取值为 0、1、2、3、4
	是否为私家车	X_4	是取为 1，否取为 0
家庭属性	家庭月总收入	X_5	划分为 4 级：3 000 元以下、3 001~6 000 元、6 001~10 000 元、10 000 元以上，分别取值为 0、1、2、3
	小汽车数量	X_6	为实际数量值
车辆属性	车辆购置时间	X_7	划分为 4 级：半年以内、0.5~1 a、1~2 a、2 a 以上，分别取值为 0、1、2、3
	车辆购置价格	X_8	划分为 6 级：4 万以内、4~10 万、10~15 万、15~20 万、20~30 万、30 万以上，分别取值为 0、1、2、3、4、5
出行属性	出行目的	X_9	划分为 6 类：上班、看病、购物、办事、娱乐及其他，分别取值为 0、1、2、3、4、5
	停车点与办事地点距离	X_{10}	划分为 5 段：10 m 以内、10~50、50~100、100~200、200 m 以上，分别取值为 0、1、2、3、4
	停车时间	X_{11}	划分为 4 级：15 min 以内、0.5~1.0、1.0~3.0、3.0 h 以上，分别取值为 0、1、2、3
	停车费用	X_{12}	划分为 2 级：5 元以下、5 元以上，分别取值为 0、1

表 2 模型参数
Tab.2 Model parameters

影响因素	变量	参数	标准差	t 检验
性别	X_1	1.936 753	0.415 844	3.659 463
年龄	X_2	1.734 281	0.700 716	2.650 113
教育程度	X_3	2.558 432	0.713 626	3.739 457
是否为私家车	X_4	1.663 942	0.103 720	3.024 698
家庭月总收入	X_5	0.857 399	0.017 719	2.668 443
小汽车数量	X_6	1.484 528	0.325 234	3.459 806
车辆购置时间	X_7	0.845 293	0.125 362	2.320 353
车辆购置价格	X_8	1.395 732	0.994 041	2.667 883
出行目的	X_9	1.964 982	0.781 036	2.225 297
停车点与办事地点距离	X_{10}	2.483 633	0.671 939	2.121 261
停车时间	X_{11}	0.777 384	0.117 908	2.778 964
停车费用	X_{12}	1.883 464	0.327 159	3.405 684

表 3 变量与参数
Tab. 3 Variables and parameters

影响因素	变量	参数		
		收费停车场	免费停车场	违法停车
性别	X_1		1. 936 753	1. 936 753
年龄	X_2	1. 734 281		1. 734 281
教育程度	X_3		2. 558 432	
是否为私家车	X_4	1. 663 942		1. 663 942
家庭月总收入	X_5		0. 857 399	0. 857 399
小汽车数量	X_6	1. 484 528		1. 484 528
车辆购置时间	X_7	0. 845 293		
车辆购置价格	X_8	1. 395 732	1. 395 732	
出行目的	X_9		1. 964 982	1. 964 982
停车点与办事地点距离	X_{10}	2. 483 633		2. 483 633
停车时间	X_{11}	0. 777 384		0. 777 384
停车费用	X_{12}	1. 883 464		

出行行为调查数据进行模型验证。根据标定参数值及式（2），各停车设施的效用函数计算公式为：

$$V_0 = 1. 734\ 281X_2 + 1. 663\ 942X_4 + 1. 484\ 528X_6 + 0. 845\ 293X_7 + 1. 395\ 732X_8 + 2. 483\ 633X_{10} + 0. 777\ 384 \cdot X_{11} + 1. 883\ 464X_{12},$$

$$V_1 = 1. 936\ 753X_1 + 2. 558\ 432X_3 + 0. 857\ 399X_5 + 1. 395\ 732X_8 + 1. 964\ 982X_9,$$

$$V_2 = 1. 936\ 753X_1 + 1. 117\ 804X_2 + 1. 663\ 942X_4 + 0. 857\ 399X_5 + 1. 484\ 528X_6 + 1. 964\ 982X_9 + 2. 483\ 633 \cdot X_{10} + 0. 777\ 384X_{11},$$

式中， V_0 、 V_1 、 V_2 分别为选择收费停车场、免费停车场和违法停车的效用函数。

从数据库中取某驾驶人停车的调查数据为 $X_1 = 0$ ； $X_2 = 27$ ； $X_3 = 4$ ； $X_4 = 1$ ； $X_5 = 2$ ； $X_6 = 1$ ； $X_7 = 1$ ； $X_8 = 0$ ； $X_9 = 2$ ； $X_{10} = 4$ ； $X_{11} = 2$ ； $X_{12} = 1$ 。计算各停车设施选择的效用值，并将各效用函数值代入式（3），可得各停车设施选择概率，见表 4。

表 4 选择概率
Tab. 4 Selection probability

分类	收费停车场	免费停车场	违法停车
效用函数值	64. 19	15. 88	50. 46
选择概率值	0. 99	0. 01	0. 01

由表 4 知，收费停车场的选择概率值最大，即该驾驶人根据其个人、家庭、车辆和出行属性选择在收费停车场的概率最大。

根据上述各停车设施选择效用公式及迭代步骤，将 185 份数据代入效用函数公式中，求出各小汽车驾驶人选择停车设施的概率平均值，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 评价结果
Tab. 5 Evaluation result

	停车设施	收费停车场	免费停车场	违法停车
调研数据结果	数量	45	78	62
	比例/%	24. 3	42. 2	33. 5
模型计算结果	数量	40	84	61
	比例/%	21. 6	45. 4	33. 0
各项绝对误差值/%		2. 7	3. 2	0. 5

由表 5 可知，模型计算的城市小汽车停车设施选择计算结果与实际统计数据基本吻合，各项绝对误差值较小，最大绝对误差为 3. 2%，可见，模型有效性较高。

5 结语

（1）本文建立的基于设施选择与个人（家庭）、车辆和出行属性的非集计模型，正有效性较高，可用于小汽车驾驶人停车设施选择的预测。

（2）从个人角度分析驾驶人的停车选择行为最大绝对误差仅为 3. 2%，能准确分析各属性因素对驾驶人停车设施选择的影响，且各属性数据数据容易通过调研获得，操作性好，模型移植性较强。

（3）本文是非集计理论在对停车选择行为的探索性应用，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、停车习惯问题，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 Quanxin. Travel Behavior Analysis of the Females in Beijing [J]. Transportation Systems Engineering and Information, 2008, 8 (2): 19-26.

[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 Shangyun, DU Wen, GAO Shilian. The Study on the Model and Parameter of Urban-trip Distribution in Metropolises of China [J]. Systems Engineering, 2002, 20 (4): 63-66.

[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 Xinhuan, LIU Xiaoyong. Analysis on Characteristic of the Inhabitant Trip in Urumqi City [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2008, 31 (3): 101-105.

[4] 刘浩学, 冯忠祥, 赵炜华, 等. 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 Haoxue, FENG Zhongxiang, ZHAO Weihua, et al. Trip Distance Distribution Mode of Chinese Rural Population [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2010, 30 (6): 68-71.
- [5] 曲大义, 于仲臣, 庄劲松, 等. 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 Dayi, YU Zhongchen, ZHUANG Jinsong, et al. 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.
- [6] 谢秉磊, 毛科俊, 胡小明. 基于区间数的多属性出行方式选择模型 [J]. 交通运输工程学报, 2009, 9 (4): 61-64.
- XIE Binglei, MAO Kejun, HU Xiaoming. Travel Mode Choice Model with Multiple Attributes Based on Internal Number [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2009, 9 (4): 61-64.
- [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 Ronghan, WANG Dianhai. Trip Mode Transfer Model by Simulating Quantum Jump [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007, 7 (3): 111-115.
- [8] 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): 116-120.
- LIU Bingen, JUAN Zhicai, LI Yanling, 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.
- [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 Zhongxiang, LIU Haoxue, ZHANG Jingfeng. Selection Model of Trip Modes for Rural Population [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2010, 10 (3): 77-83.
- [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 Hongzhi. Disaggregate Model: a Tool of Traffic Behavior Analysis [M]. Beijing: China Communications Press, 2004.
- (上接第136页)
- [9] CHAI Gan, FANG Chengwei, GAO Xiangyu, et al. A Cost-based Study on Highway Traffic Emergency Rescue Sites Location Using Heuristic Genetic Algorithm [J]. Journal of Computational Information Systems, 2011, 7 (2): 507-514.
- [10] NI Longhe, ZUO Junzhong, LÜ Huabing. The Research of Emergency Rescue Sites Layout During the Highway Reconstruction [J]. Applied Mechanics and Materials, 2012 (178/179/180/181): 1842-1846.
- [11] 向红艳, 邵毅明, 王亮亮. 高速公路应急救援的资源规划选址模型 [J]. 科学技术与工程, 2009, 9 (10): 2655-2658.
- XIANG Hongyan, SHAO Yiming, WANG Liangliang. Resource Distribution Model for Expressway Emergency Rescue [J]. Science and Technology and Engineering, 2009, 9 (10): 2655-2658.
- [12] 朱晓波, 钱振东, 陆振波, 等. 高速公路紧急救援服务点选址模型的研究 [J]. 交通运输工程与信息学报, 2010, 8 (4): 104-109.
- ZHU Xiaobo, QIAN Zhendong, LU Zhenbo, et al. Study on Models of Freeway Emergency Rescue Service Site Location [J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2010, 8 (4): 104-109.
- [13] VILLEGAS J G, PALACIOS F, MEDAGLIA A L. Solution Methods for the Bi-objective (Cost-coverage) Unconstrained Facility Location Problem with an Illustrative Example [J]. Annals of Operations Research, 2006, 147 (1): 109-141.
- [14] DEB K, PRATAP A, AGARWAL S, et al. A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II [J]. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 2002, 6 (2): 182-197.