

基于活动分析法的城市慢行交通出行行为

李聪颖^{1,2}, 马荣国¹, 王肇飞²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘 要:提出了基于活动分析法建立慢行交通出行二元 Logit 选择模型,根据慢行出行方式的特性,对慢行活动类型进行划分,确定慢行活动选择的影响因素。通过对影响因素变量的计算,得到各影响因素在不同慢行活动类型下的慢行交通方式选择概率。研究表明:各种影响因素对慢行活动的选择有不同程度的影响;在弹性需求和短途交通活动条件下,慢行交通出行具有较大的优势。以陕西省渭南市慢行交通出行现状调查数据为例完成实证分析,表明慢行交通行为研究中应用活动分析法是可行的。

关键词:交通工程;慢行交通;活动分析法;出行行为;Logit 模型

中图分类号:U491.5

文献标志码:A

Research on travel behavior of slow traffic based on activity analysis

LI Cong-ying^{1,2}, MA Rong-guo¹, WANG Zhao-fei²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. School of Civil Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, Shaanxi, China)

Abstract: The binary Logit choice model for describing slow travel behavior was put forward based on activity analysis method. According to the characteristic of slow traffic travel mode, the slow traffic travel activities were classified to different types, and the influence factors were ascertained. During calculating the influence factors variable, it was gained that the probability of slow traffic mode choice under different activity types. The result shows that different degree influences to slow traffic activity choice were caused by different factors. Under the condition of elasticity demand and short distance travel activity, slow traffic travel was of great dominance. The model was applied in Weinan city in Shaanxi Province slow traffic travel as an example, and it shows the research on slow traffic travel based on activity analysis is feasible. 4 tabs, 2 figs, 9 refs.

Key words: traffic engineering; slow traffic; activity analysis; travel behavior; Logit model

0 引 言

出行行为研究是进行交通需求预测的基础。通过研究居民出行行为,改进交通需求预测的程序,将

焦点从“物——基础设施”转移到“人——出行需求”上来,制定能够满足居民出行要求的交通需求管理政策,以优化城市交通结构,建立健康的交通发展模式,这已成为解决城市交通问题的一种有效方法。

从20世纪80年代开始,国外学者就利用非集计模型,对个体出行方式、出行目的等出行行为特征进行分析。在多项Logit模型的基础上,Nested Logit模型在交通运输领域得到迅速的发展,广泛应用于多个决策过程之间具有阶层关系的选择。在Nested Logit模型的理论基础和特性上,以最大效用为基础,建立了4种不同交通方式的Nested Logit模型,并丰富和解释了模型的变量^[1-4]。

中国关于出行行为的研究较多地集中在机动车出行,对于步行和非机动车等慢行交通出行关注较少。上海交通大学隗志才等提出了基于出行链的出行预测理论发展过程及主要模型的优缺点,阐述了基于活动链的出行需求模型系统的框架和预测过程,探索改进出行需求预测方法的途径^[5];吉林大学李志瑶等利用长春市居民日出行调查数据,建立了基于活动的居民日活动安排、时间选择和方式选择的出行需求预测模型,并用敏感性分析等方法完成了模型的检验和分析^[6];活动分析法作为近年来兴起的一种出行行为研究方法,弥补了传统的“四阶段”法的不足,在出行行为尤其是慢行交通出行行为研究方面具有较强的实用性^[7-9]。为此,本文基于活动分析法,对慢行交通出行行为展开深入分析,建立反映不同活动前提下慢行交通需求选择的二元Logit模型,对不同活动类型下慢行交通需求选择进行预测,以期为城市慢行交通规划提供新的思路和方法。

1 慢行交通出行行为研究现状

慢行交通系统规划不仅应侧重于设施等物质建设,更应着重于慢行交通产生的根本问题——出行行为进行研究。随着交通问题的日益突出,以及大城市交通调查的开展,交通出行行为的研究受到不同学科和领域的关注。1977年4月,在澳大利亚召开的第3次出行行为国际会议上,基于活动的出行行为分析方法引起广泛的重视,并得到迅速的发展。20世纪90年代,基于活动的出行行为分析方法取得了重大成就。其主要原因是,由于在收集出行和活动数据方面取得进展,从而有力支持了出行行为建模分析,使得基于活动的出行行为分析方法在理论、实证研究以及需求分析系统的开发方面不断得到发展。

2 基于活动分析法的慢行交通出行行为研究

“活动”可定义为个体为满足自身或家庭的需

要,而在某件事情中的实体参与。活动源自个体在经济、生理和社会方面的需求。活动特征与个人在家庭中的责任、个人偏好、时间限制、活动类型、活动地点和时间长短、活动的经济效用等因素有关。基于活动的出行需求模型,认为出行是人们参与活动所产生的,以“活动”为基本单位,研究活动参与和出行需求间的关系。活动不仅受到个人特征和经济社会特征的影响,还具有时间、空间连续性,将个体活动参与和相应的出行行为作为一个整体来考虑。

2.1 活动分析法概述

活动分析法是在一系列活动结构的背景中考虑个人或者家庭的移动模式,同时强调时间和空间制约的重要性。在活动分析法的框架下,出行与传统的研究有着明显的区别:①由于活动在空间的分布是不均匀的,为了完成特定的活动,从而产生了出行的需求,也就是说,出行是活动的派生行为;②活动和出行又是受到活动发生的特定时间、特定地点以及活动的其他参与者3个因素的显著影响;③活动和出行及其影响因素都必须纳入到特定的时空背景中考虑。

活动分析法是从个体行为出发,将居民的各种出行进行跟踪分析,剖析交通出行的微观机理,研究人们的出行行为特征和选择特征。其明显特征是,出行需求是一种为了从事一定活动的派生需求,出行的目的是为了将在不同地点和时间从事的活动连续起来。

2.2 慢行交通出行行为分析

慢行交通包括非机动车和步行2种交通方式。它具有短途优势,并且兼有绿色、环保、低碳的特点,在各种交通活动中都有广泛的应用。人们每天的出行活动都可以分为弹性出行和非弹性出行。弹性出行指的是除了工作出行、上学出行及与此相关的出行以外的生活性出行,弹性出行对出行时间没有准确的限制;非弹性出行由于上班、上学等出行具有固定的时间限制,因此基于活动的出行行为分析方法,认为人们对活动的需求导致了对出行的需求。

中国是自行车保有量最多的国家。作为一种城市中广泛使用的交通工具,自行车出行在中国城市居民出行方式中占有较大比例。自行车交通还具有节能、环保、健身等优点,其适宜的出行距离在6 km以内。自行车在路段骑行行为具有摇摆性、结群性、单行性、多变性等特点;在交叉口自行车骑行行为具有侧聚性、扩散性、抢先性等特点。

步行作为各类交通方式出行的起始和终止,是

城市交通的重要组成部分和不可或缺的辅助方式(步行交通以个人体力为基础,其适宜的出行距离在 1 km 以内)。步行交通具有个体性强、路线选择自由等特点,其出行目的因人而异,除通勤出行以外,还具有相当比例的休闲、娱乐、健身目的。行人也是交通中的弱者,人车混行时容易受到严重的伤害。据统计,中国城市交通事故中,与行人有关的一般占到 1/5 左右。由于中国城市人口集中,大量的步行交通与车辆的混行和交叉,成为导致道路通行能力下降甚至拥堵的突出原因。

3 调查方案设计

3.1 意向调查法(SP)概述

意向调查法(Stated Preference, SP)是指为了获得人们对假定条件下的多个方案所表现出来的主观偏好而进行的实际调查。通过向被访问者提供一些假设条件下的可选方案,得到其选择偏好,考查影响被访问者选择行为的主要因素;并根据调查数据建立出行行为预测模型,预测出行者在有多个可选方案情况下的选择行为,以此来对目标方案的实施效果进行预测评价,为方案优选提供科学依据。

3.2 调查方案主要内容

SP 调查的主要过程包括样本选取、调查试验设计、方案评价、调查实施、调查数据录入和整理分析等环节。SP 调查试验设计主要包括 3 方面内容:属性数量、属性水平和方案设计。

根据调查目的确定属性数量。根据慢行交通的特点,确定属性数据为年龄、家庭收入、出行费用、行程时间和额外时间。

属性水平确定是对所定义的属性给出一定的水平值。在确定水平值时应注意所取的值必须是回答者认为现实的,否则将引起调查数据精度的下降。

方案设计就是将属性及水平有机结合,形成方案,以利于分析属性和水平值对交通行为的影响。

根据上述调查内容和调查方法,对陕西省渭南市慢行交通的出行现状进行调查。

4 渭南市慢行交通出行行为

4.1 渭南市交通特点

渭南市位于陕西省关中平原的东部,是陕西省的东部门户。市区道路网为“五横六纵”典型的方格网式,慢行交通出行比例占市民日常出行方式的比

例较大。由于慢行交通设施建设相对滞后,行人和自行车的运行空间往往受到机动车的侵害,导致慢行交通的功能发挥受到限制。

4.2 渭南市慢行交通出行行为调查

4.2.1 居民出行 OD 调查结果

居民 OD 调查主要包含城市居民和城市流动人口的出行调查,调查重点是居民出行的起讫点分布、出行目的、出行方式、出行时间、出行距离和出行次数等。本次调查将调查区域分为 8 个小区,采用家庭访问法进行调查,共收回有效问卷 605 份,表 1 为居民出行 OD 调查结果(单位为出行人次,表中的 1,2,⋯,8 为小区编号)。

表 1 居民出行 OD 调查结果								人次
O	D							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6	0	0	2	1	0	0	8
2	2	47	4	1	8	3	4	0
3	0	5	53	0	0	2	4	0
4	3	3	2	44	2	1	0	1
5	2	2	3	2	16	5	3	3
6	0	3	0	1	10	108	16	1
7	0	0	0	0	2	6	41	0
8	0	0	0	1	3	1	0	20

4.2.2 出行空间分布

通过对上述居民出行 OD 调查结果的整理和分析,可以得出渭南市整体上客流走向以东部及中部道路为中心向四周呈放射状。出行量分布以 1—4、2—6、2—3、3—4、7—8、5—8 小区之间较大,是未来城市慢行交通规划的重点区域。

居民出行空间分布,主要取决于土地利用状况和人口密度分布,渭南市居民出行分布主要集中在沿城区少数几条道路附近分布的商业区、生活区、工业区和政府机构区。

4.2.3 出行次数

在全市居民的全日出行中,日出行多于 2 次的比例较少,日出行 1 次和 2 次的比例最高,占目前出行量的 90% 左右。

在不同职业的居民出行中,工人、学生、个体户等日出行 4 次占比例较高;教师、医务人员、营业员等日出行 2 次比例高。从用地性质与出行关系看,居民出行的主要客流产生于住宅、工厂、中小学校和商业等用地上,也体现了居民生活的主要出行目的,即工作、学习、购物和回程。

4.2.4 出行时间分布

从分析调查资料可以看出,一天当中居民出行有 4 个高峰期,早高峰出现在 7:00~9:00,占出行总量的 63.75%,其次是出现在 5:30~6:30 的晚高峰,占 22.16%。这 2 个时段内的出行主要由上、下班和学校的上学、放学所构成。

由统计资料可知,渭南市居民出行高峰比较集中,持续时间不长,高峰小时明显,总出行量较多,这是渭南市区居民出行时间分布的重要特点。

4.2.5 出行目的

根据调查结果,渭南市居民出行目的绝大部分为上班、上学及回家,共约占全市总出行总量的 86.18%。各种出行目的占全市总出行百分比如图 1 所示。

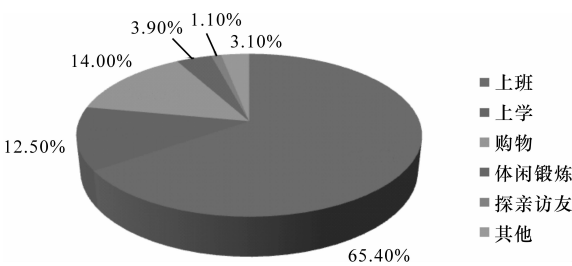


图 1 渭南市居民出行目的构成

4.2.6 出行交通方式分担率

渭南市居民出行交通方式分担率如图 2 所示。由图 2 分析可知,渭南市居民出行主要依靠骑自行车和步行 2 种方式,慢行交通出行比例占 78.08%,公共交通比例较低。而慢行交通设施的滞后,是导致城市交通拥挤、交叉口交通混乱的主要原因。

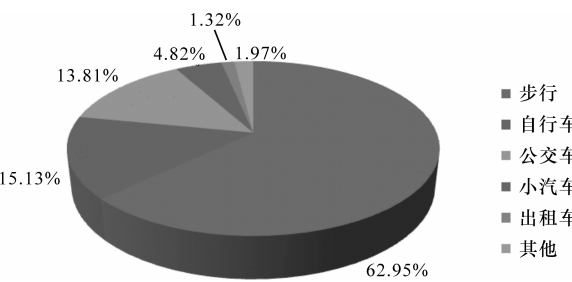


图 2 渭南市居民出行交通方式分担率

4.3 基于活动分析法的渭南市慢行交通出行行为

4.3.1 活动类型的划分

居民的出行活动,可根据出行时间是否确定分为非弹性出行和弹性出行,根据出行目的分为上班、上学、工作外出、购物等出行,根据出行距离分为长途出行和短途出行。通过对各种因素综合分析,确定不同的活动类型,分别研究活动类型中慢行交通

方式选择的特性。活动类型分类及标准见表 2。其中,在短途出行的前提下,弹性出行和非弹性出行活动都与慢行交通出行密切相关。

表 2 活动类型分类及标准

类型	主要活动类型
弹性出行+长途出行	购物、休闲、非慢行交通方式
弹性出行+短途出行	购物、休闲、慢行交通方式
非弹性出行+长途出行	上班、上学、非慢行交通方式
非弹性出行+短途出行	上班、上学、慢行交通方式

4.3.2 二元活动选择模型的建立

在前述居民日常出行活动分类的基础上,将居民出行方式划分为慢行和非慢行 2 类,建立居民在不同活动类型下,对慢行交通方式的二元选择需求模型。居民的活动模式可以看作是一系列的出行和活动组成的往返行程,可表示为

$$p = f(a, t) \tag{1}$$

式中: p 为活动模式; a 为活动; t 为往返行程。

在活动模式为 p 时,出行方式 i 对于个人的效用 U_{ni} 为

$$U_{ni} = \beta_i X_{ni} + \epsilon_{ni} \tag{2}$$

式中: U_{ni} 为个体 n 选择第 i 种出行方式所获得的效用; X_{ni} 为特征向量; β_i 为相应的待估参数向量; ϵ_{ni} 为误差。

根据效用最大化原则,若 $U_{ni} > \max_{j=1,2,\dots,l} U_{nj}$,则个体 n 选择出行方式 i 。

4.3.3 参数的确定及敏感性分析

当基本选择变量确定后,需要对变量进行参数估计,以确定其对选择概率的影响程度。如果影响程度较小,则去除该变量,保留影响程度较大的变量构建模型。通过对慢行交通出行活动的分析,选择了与慢行交通出行活动选择较为相关的影响因素作为影响参数,包括出行者年龄、出行距离、出行时间紧迫程度、家庭收入、出行费用、额外时间等,见表 3。对各种影响因素情况下的变量进行计算,模型中各变量的 t 检验值见下页表 4。

通过参数标定后,若变量的检验值的绝对值大于 1.95,即有 95% 的置信度认为该变量是选择概率

表 3 不同活动类型效用函数影响因素分析

活动类型	变量			
	出行者年龄	出行距离	出行时间	出行费用
弹性出行+短途出行	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
非弹性出行+短途出行	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}

表 4 t 检验结果			
变量	t 检验值	变量	t 检验值
X ₁₁	0.012	X ₂₁	-2.255
X ₁₂	-0.256	X ₂₂	6.723
X ₁₃	-3.578	X ₂₃	2.456
X ₁₄	-4.425	X ₂₄	-3.587

产生影响的因素。检验结果表明,出行者年龄对“弹性出行+短途出行”的影响较小。除了正常的工作、上学等通勤需求之外,对于 30 岁以下的出行者,更希望能在工作或上学之余进行一些户外娱乐活动,因此选择慢行交通的比例更大一些;对于 50 岁以上的出行者,尤其是接近 60 岁的中老年人来说,更愿意在家或附近进行一些活动,选择慢行交通方式的比例相对较小。而对于 60 岁以上的出行者来说,由于体能等原因,年龄因素对是否进行户外出行影响不大。

4.3.4 慢行交通行为选择预测

通过改变已建立的二元 Logit 模型中影响变量的参数,可对某些特定条件下慢行交通的选择行为进行预测。通过预测结果可知,任何一种影响因素的变化都会影响到慢行交通行为的选择结果,特别是当出行距离、出行时间紧迫程度、家庭收入等因素影响时,选择慢行交通行为的概率将受到很大影响。

5 结 语

(1)通过不同活动类型条件下进行的调查数据分析,构建了慢行交通出行选择非集计模型;不同活动类型的情况下,慢行交通方式的选择概率具有较大的差距;研究表明,在影响慢行交通出行的各种影响因素中,年龄、家庭收入、出行费用、行程时间、方便程度是影响慢行交通出行的主要影响因素。

(2)慢行交通具有短途出行的优势,在天气状况良好、交通设施完善时,各年龄段对通勤、购物、休闲等活动的选择大多以慢行交通的形式体现。

(3)非集计模型能够较好地预测居民出行对慢行交通的选择行为,若进一步研究,需要对慢行交通出行影响因素进行更加全面的考虑和划分,以提高模型预测的精度;另外,还需将其他交通行为之间的

影响一并纳入考虑因素。

参考文献:
References:

[1] Jim P. A review of bicycle policy and planning developments in western europe and north america[R]. Australia: Office of Transport Policy and Planning Government of South,1995:6-9.

[2] Bowman J L, Ben-Akiva M E. Activity based travel demand model system with daily activity schedules [J]. Transportation Research:Part A,2001,35(1):1-28.

[3] Reid E. Traffic calming: state of the practice[R]. Washington DC: Institute of Transportation Engineers,1999.

[4] Sisiopiku V P, Akin D. Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities [J]. Transportation Research:Part F,2003(6):249-274.

[5] 隽志才,李志瑶,宗 芳. 基于活动链的出行需求预测方法综述[J]. 公路交通科技,2005(6):108-113.
JUAN Zhi-cai, LI Zhi-yao, ZONG Fang. A review of activity-based travel demand forecasting model [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development,2005(6):108-113.

[6] 李志瑶,隽志才,宗 芳. 居民出行时间选择及拥挤收费政策[J]. 交通运输工程学报,2005,5(3):105-110.
LI Zhi-yao, JUAN Zhi-cai, ZONG Fang. Resident travel time choice and congestion pricing policy[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2005,5(3):105-110.

[7] 李 民. 基于活动链的居民出行行为分析[D]. 长春: 吉林大学,2004.

[8] 刘炳恩,隽志才. 居民出行方式选择非集计模型的建立[J]. 公路交通科技,2008(5):116-120.
LIU Bing-en, JUAN Zhi-cai. Development of a multi-momial logit model for travel mode choice of residents [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development,2008(5):116-120.

[9] 宗 芳. 基于非集计模型的交通需求管理评价策略研究[D]. 长春: 吉林大学,2008.