

文章编号: 1002-0268 (2008) 05-0111-05

出行需求分析的新方法: 活动模型的应用研究

邵昀泓¹, 王 炜²

(1. 杭州市城市规划编制中心, 浙江 杭州 310012; 2. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 结合我国交通规划实际情况, 提出新型的基于活动的出行需求分析方法, 通过大量的调查数据和严密的分析, 研究了数据转换的过程及方法, 用以分析活动与出行的关系, 并以此作为活动模型与出行模型之间的桥梁。详细阐述了数据选择和整理方法、有效性检查规则; 应用居民出行调查数据, 分析活动及出行特征作为模拟的基础, 并提出基于交叉分类的出行量预测方法; 然后制定活动-出行行为的详细模拟流程, 研究各特性变量的模拟方法; 给出模型的验证及确认方法, 并编写计算机程序实现模拟流程。该方法已应用于辽宁某市城市居民的活动与出行特征分析, 验证结果显示该方法具有较强的实用性, 为活动模型的研究提供了参考。

关键词: 交通工程; 活动模型; 出行需求分析; 活动及出行特征

中图分类号: U491.1

文献标识码: A

A New Method for Urban Travel Demand Analysis: Study on the Activity-based Model

SHAO Yun-hong¹, WANG Wei²

(1. The Compiling Center of Urban Planning of Hangzhou, Hangzhou Zhejiang 310012, China;

2. School of Transportation, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China)

Abstract: A new activity-based travel demand analysis method was put forward combining with actual transportation circumstance. Based on a great deal of investigating data and analysis, the data converting process and method was studied for analyzing the relation between activity and travel. The trip data checking and the rules of validity judgement were expounded. With trip survey data, the activity and travel attributes were analyzed and a travel demand prediction method based on cross classification was put forward. Then, a micro-simulation flow for activity and travel behaviour was developed, simulation model structure, validation means, and programs to implement the simulation flow were put forward. The application of this method in Liaoning Province verified the practicability.

Key words: traffic engineering; activity-based model; travel demand analysis; activity and travel attributes

0 引言

根据研究对象的不同, 出行需求分析模型可分为两类: 一类是基于出行 (trip based) 的“四阶段”需求分析方法, 以土地利用和交通系统的相互作用为理论基础, 简称为出行模型; 另一类是基于活动 (activity-based) 的需求分析方法, 以人的出行行为决策过程为理论基础, 简称为活动模型^[1,2]。

出行模型以单个出行 (trip) 为分析单位, 将出行行为分为出行生成、分布、方式划分和网络分配四

个阶段分别预测, 简化了预测模型, 至今仍然是交通规划领域的经典模型, 积累了丰富的经验和大量调查数据。活动模型在我国的研究尚处于起步阶段, 没有成熟的基础数据调查方法。应用常规的居民出行调查数据, 建立基于活动的出行需求预测模型, 必将有较强的应用价值。本文正是在这样的背景下, 提出一种新型的基于活动的出行需求分析方法, 作为出行模型与活动模型之间的桥梁。

1 活动模型研究

“活动”可定义为个体为满足自身或家庭的需要在某件事情中的实体参与,活动参与源自个体在经济、生理和社会方面的需求^[3]。活动特征与个人的家庭结构,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^[4]。基于活动的出行需求模型认为出行是人们参与活动的需要产生的;以“活动”为基本单位,研究活动参与和出行需求间的关系。活动参与不仅受到个人特征和社会经济特征的影响,还具有时间、空间

连续性,活动模型将个体活动参与和相应的出行行为作为一个整体来考虑^[5,6]。需要强调的一点是:活动模型不是指某种具体的模型形式,而是一种分析问题的思想或概念框架。

2 基于活动的出行需求分析

已有研究成果表明,具有相似个人特征的群体,其活动参与和出行行为特征也是相似的,并且在一定时期内,这些特征是稳定的^[7]。因此,本文提出的出行需求分析方法是聚类分析和交叉分类为基础的。具体的分析流程如图1所示。

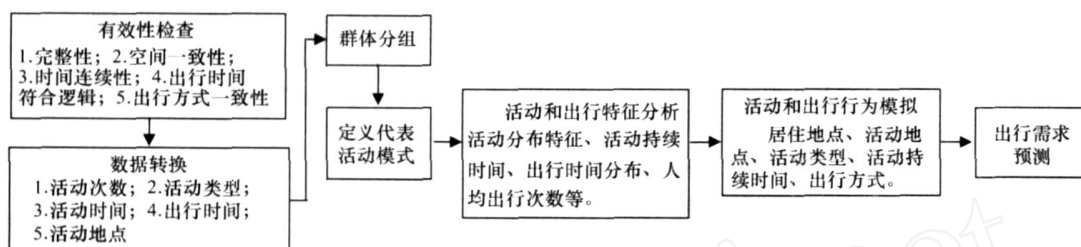


图1 基于活动的城市客流需求预测流程

Fig.1 Flow diagram of activity-based travel demand analysis method

2.1 调查数据转换

常规居民出行调查数据包含了建立活动模型所需的所有信息,但由于两类模型分析对象及分析方法不同,需对调查数据进行转换和处理,才能用于活动建模。

1. 有效性检查

(1) 样本数据是否完整:检查记录中是否包括建立活动模型所需的完整信息,包括出行者个人信息和出行信息等;

(2) 出行记录的空间一致性:出行者1天的所有出行在空间上是连续的,假定最后一次出行必然返回起点,完整的出行记录会形成一个闭合的出行链;

(3) 出行记录的时间连续性:出行在时间上必须符合逻辑,每一次出行的到达时刻大于出发时刻;并按照出行的先后次序,每一次出行的出发时刻大于前一次出行的到达时刻;

(4) 出行时间与实际道路网络服务水平一致:将出行起点、终点之间的出行时间与网络分配结果比较,判断出行时间是否正确,剔除不合逻辑的记录;

(5) 出行方式的一致性:出行者1天中所有出行使用的交通方式具有一定的联系,建立一些简单的准则,就可以判断出行方式是否符合逻辑。

2. 数据转换

数据转换目的是将有效的调查数据转化为建立活

动模型所需的信息,包括活动次数,活动类型、地点、开始时间、持续时间和出行方式,将出行记录转换为活动记录。

(1) 活动次数:用出行次数表示;

(2) 活动类型:活动产生出行,即出行的目的为参与某项活动,因此,可根据出行目的来划分活动类型;

(3) 活动时间:包括活动开始时刻、结束时刻和持续时间。假定1天的活动参与和出行在时间上处于紧凑状态,活动与出行之间紧密相连。第 n 次出行的到达时刻即为活动开始时刻 BT_n ,第 $(n+1)$ 次出行的出发时刻即为活动结束时刻 EA_n ,活动持续时间 $AT_n = EA_n - BT_n$;

(4) 出行时间:为了保证出行在时间上的连续性,假定出行时间 TT_n 等于到达时刻 ET_n 与出发时刻 BT_n 之差;

(5) 活动地点:即出行的目的地。活动和出行在空间上是连贯的,每一次活动有对应的活动地点,相应地每一次出行都有出行起点和终点,第1次出行起点为居住地点,终点为第1次活动的地点,第2次出行的起点就是第1次出行的终点,以此类推。因此,对于有 N 次活动的出行者,需确定 $(N+1)$ 个地点变量:1个居住地点和 N 次活动的地点。

2.2 分析对象分组

本研究应用聚类分析方法,根据个体特征、社会经济特征将分析对象分组,在聚类过程中对多种聚类标准进行试验。试验结果显示,年龄和就业情况是影响活动和出行特征的最重要的因素。因此,本研究以年龄和就业情况为聚类标准,对城市居民进行分类。

2.3 定义代表性的活动模式

活动模式描述出行者1天的活动和出行行为,包括活动次数、活动类型、活动地点、出发时刻、活动持续时间、出行时间、出行方式等变量,因此,活动模式体现了活动参与的时间属性和空间属性。所有个体的活动模式各不相同,本文采用交叉分类方法,在具有相似活动特征的分组中,再定义具有代表性的活动模式,对活动模式进一步分类。代表活动模式能体现同一分组中的个体在活动参与和出行行为上的差异。代表活动模式的数量要适中,才能正确代表分组的活动和出行特征。代表活动模式通过3个变量来定义:主要活动类型:指持续时间最长的户外活动;主要活动次数:主要活动类型对应的活动的次数;主要活动持续时间:以分钟为单位。

2.4 出行者活动和出行特征分析

对每一分组的各个代表活动模式,分析活动和出行特征,包括个人特征、活动的时间分布特征、出行特征、活动链特征及出行方式特征等方面。分析方法及内容将在实例部分详述。

2.5 活动模式的蒙特卡罗模拟

蒙特卡罗方法利用随机数进行统计试验,以求得的统计特征值作为待求解问题的数值解,模拟现实问题^[8]。解的精确度可用标准误差来表示。增加模拟的次数,能提高模拟的精度^[10]。该方法研究的问题大致有两种类型:一种是问题本身就有概率的或随机的背景,另一种是问题本身属于确定性的,但可以建立问题的解与特定随机变量(或随机过程的特征量)的分布函数之间的关系,也可以用统计试验的方法来解决^[9]。活动参与和出行行为取决于年龄、性别、就业情况、家庭结构等个人特性、社会经济特性,但其决策过程却又受到多重随机因素的影响,属于半确定性问题,适宜应用蒙特卡罗方法分析,对活动和出行行为中存在的一些差异,可在模拟过程中加以控制。

活动模式包括活动类型、地点、持续时间、出行时间和出行方式等5个变量,统计各代表活动模式中各变量的概率分布,生成随机数对其进行模拟。模拟按时间进行,从居住地点、第1次户外活动出发时

刻、活动地点、活动类型、活动持续时间和出行方式6个方面模拟,体现了活动参与的时间特性和空间特性。模拟程序从第1次户外活动的出发时刻开始,首先分配居住地点,根据不同时间段的特性变量的概率分布,模拟活动类型、活动持续时间和出行方式。

因此,模拟的第1步是确定代表活动模式。交叉分类法在四阶段预测方法中根据出行者的交叉分类特征,给定一个平均出行次数;活动模型中则根据交叉分类特征确定各种代表活动模式的发生概率,并按此概率分布,为出行者随机分配代表活动模式,不仅仅确定了平均出行次数,还确定了个体活动参与和出行的各项特征,包括活动类型分布、时空分布等特征,从而将其与常用的出行生成模型联系起来。

2.6 基于活动的出行需求预测

活动模式包含了活动参与和出行的主要信息,将模拟结果集计起来即可得到出行生成、分布及方式分担率。

(1) 出行生成

在城市的研究范围内划分交通小区,居住地点和活动地点用交通小区编号来表示;

居住地点为第1次出行的起点,最后一次出行的终点,对每一个体的居住地点,计一次出行发生和一次出行吸引;

户外活动(不包括居家活动和返程)的活动地点既是出行起点,也是出行终点,就是说,对每一个体的户外活动地点,计一次出行发生和一次出行吸引。

根据以上3条规则,按交通小区编号,统计所有分析对象的居住地点选择和活动地点选择的数量,即可计算得到交通小区的出行发生、吸引量,且发生量与吸引量相平衡;同样,也可以按时间段统计,得到动态的出行生成量。

(2) 出行分布

对第1次出行,居住地点为出行起点,第1次活动地点为出行终点;

对第2次出行,第1次活动的地点为出行起点,第2次活动的地点为出行终点,以此类推;

最后一次出行的起点为最后一项活动地点,终点为居住地点,1天的出行在空间上形成一个闭合的出行链。

将所有个体的出行起点和终点进行集计,即可得到城市的出行分布表(OD表)。还可以按不同时间段集计,得到动态OD表。

(3) 方式划分

方式选择概率是出行起点、终点及个人特性和活动特性的条件概率。统计所有出行中各出行方式的选择次数,计算得到方式分担率。方式分担率也可以根据不同时间段和出行起讫点分别统计,得到动态的方式选择。

通过上述了3个阶段就将活动模型与出行模型联系起来。本文提出的出行需求分析方法的关键在于建立居住地点、活动地点和出行方式的选择概率模型。居住地点和活动地点模型中不仅应包含个体特征、社会经济特征,活动特征,还可纳入土地利用、就业岗位等因素,将传统预测方法和活动模型的优点结合起来;同时,出行方式选择与活动地点、活动类型、活动时间等因素之间的相互制约关系也能在模型中得到体现。

3 实例应用

接下来应用该方法模拟辽宁省某市城市居民的出行行为,旨在研究该模型的可行性。所用数据为该市2004年10月的居民出行调查数据。本文选择在工作日并且有出行的调查数据。

3.1 居民出行调查数据处理

活动模型将个人1天参与的活动及所引起的一系列出行作为一个整体来分析,应该按照一定的规则选择调查数据。出行记录完整;出行时间符合逻辑:出行的结束时刻必须大于开始时刻,即计算出来的出行时间必须为正值;活动时间符合逻辑:相连两次出行之间的时间间隔是参与某项活动的持续时间,后一次出行的开始时间必须大于前一次出行的结束时间,计算得到的活动持续时间必须为正值。符合上述规则的有效调查表格共41365份,用作本文分析的基础数据。在活动-出行特征分析中,仅分析个体18h以内(早晨6:00~次日0:00)的活动和出行行为。对符合上述有效性检验规则的数据进行转换,得到活动类型、活动时间、出行时间和活动地点等信息。

其中,按照出行目的的性质,将活动类型分为4

表2 全日制工作群体中各活动的出行次数均值和标准差

Tab. 2 Activity statistics for employed full-time adults

活动类型	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	合计
工作	1.00(0)	1.00(0)	2.33(0.78)	1.54(0.86)	1.07(0.26)	1.15(0.50)
维持型	1.13(0.43)	1.07(0.30)	1.13(0.37)	1.23(0.63)	1.07(0.29)	1.19(0.56)
娱乐休闲型	1.03(0.16)	1.01(0.11)	1.04(0.19)	1.11(0.35)	1.06(0.23)	1.08(0.30)
在家(回家)	1.06(0.26)	1.03(0.18)	1.60(0.59)	1.17(0.43)	1.02(0.16)	1.11(0.34)

活动链特征:不同分类群体的活动链特征不

类:生存型活动包括:上班、公务、上学;维持型活动包括:生活购物、看病和其他;娱乐休闲型活动包括:文体娱乐、探亲访友;居家(不出行):不出行和返程出行归于居家活动。

活动地点即出行的目的地,仍然用交通分区标号表示。本次调查将市区分为416个交通小区,41个交通中区,9个交通大区。

3.2 居民群体分类

本文以职业和年龄为聚类标准,将城市居民分为3大类:全日制工作者、非全日制工作者、学生及儿童。

3.3 典型活动模式的定义(即ATP分类)

城市居民的活动参与和出行特征各不相同,将所有分析对象的活动模式分类,分别统计概率分布,模拟出行行为。本文将研究对象的的活动模式分为5类,分类标准及代表活动模式的定义见表1所示。

表1 代表活动模式的定义

Tab. 1 Individual activity-travel patterns

代表活动模式	主要活动类型及次数	主要活动持续时间/h	所占比例/%
Q1:标准工作模式	工作(1)	≤9	37
Q2:高强度工作模式	工作(1)	>9	36
Q3:短时工作模式	工作(>1)		9
Q4:短时维持-休闲型	非工作	≤9	15
Q5:维持-休闲模式	非工作	>9	3

3.4 活动和出行行为特征分析

个人特征:由于活动模式与社会、家庭分工有关,不同代表活动模式的年龄、性别及家庭构成都不同。Q1和Q2的出行者占绝大多数,达72.54%,Q5仅占3.07%;性别构成来看,男性比女性高9%,尤其是Q2中,男性所占比例为61.50%,显著高于女性38.50%,而其他典型模式的性别差异不太明显;家庭构成来看,平均年龄将近40周岁,家庭平均人口数为3.11人,多为3口之家。

活动-出行特征:4种活动引起的出行次数的均值和标准差如表2所示,括号中的数据为标准差。

同。本文将分析对象的活动链分为11类,分析各活

动链的出行特征。篇幅有限，不再列出。

出行方式特征：出行方式是活动-出行特征分析中的重要部分，各种出行方式所占比例如表 3 所示。各种典型模式中的出行方式出行次数均值基本与总体均值保持一致，总体出行次数均值高的典型模式，其分方式的出行次数均值也高，原因在于典型模式的定义对出行次数不敏感。

表 3 出行方式分担率

Tab. 3 Travel modal choice probability						
出行方式	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	合计
步行	15.42	11.54	29.63	24.99	29.35	18.32
自行车	52.87	58.58	43.95	29.49	33.85	48.96
公交车	19.78	15.49	10.32	26.70	12.73	17.93
出租车	0.89	1.10	2.15	4.50	3.88	1.82
摩托车	2.87	4.95	2.84	4.10	5.75	3.80
私家车	1.42	1.64	1.11	3.92	7.45	2.01
单位车及其他	6.75	6.69	10.00	6.30	6.99	7.17
合计	100	100	100	100	100	100

3.5 出行需求预测

分析了活动和出行的关系之后，即可根据出行者的活动模式预测出行需求。代表活动模式与年龄、职业、家庭结构等因素相关，建立交叉分类表为出行个体分配代表活动模式的发生概率，生成随机数，模拟代表活动模式，从而模拟个体的活动模式。预测出行生成量的最简单的方法是将代表模式的平均出行次数作为个体的模拟出行次数，集计得到生成量。

4 结论

活动产生出行，分析活动与出行的关系对研究活动模型非常重要。本文提出一种新型的基于活动的出行需求分析方法和数据转换方法，能应用传统的居民出行调查数据，分析活动与出行的关系。该方法分为 5 个步骤：数据转换、代表活动模式定义、活动和出行特征分析、活动和出行行为模拟及出行需求。最后应用于某市的活动及出行特征分析中，结果显示不同的活动类型有不同的出行特征，该方法具有很强的实用性。

参考文献：

References:

[1] KONSTANDIONS G. Activity-based Travel Forecasting, What

are Some Issues? [C] //Activity-Based Travel Forecasting Conference Proceeding. New Orleans: 1996.

[2] WANG D G, CHENG T. A Spatio-temporal Data Model for Activity-based Transport Demand Modeling [J] . Geographical Information Science, 2001, 15 (6): 561 - 585.

[3] KITAMURA R, CHEN C. Micro-simulation of Daily Activity-travel Patterns for Travel Demand Forecasting [J] . Transportation, 2000, 27 (1): 25 - 51.

[4] BEN-AKIVA M, BOWMAN J, COPINATH D. Travel Demand Model System for Information Era [J] . Transportation, 1996, 23: 241 - 266.

[5] JOVICIC G. Activity Based Travel Demand Model: a Literature Study [R] . Denmark: Danish Transport Research Institute, 2001: 6 - 13.

[6] 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, 22 (6): 108 - 113.

JUAN Zhi-cai, LI Zhi-yao, ZONG Fang, et al. A Review of Activity-based Travel Demand Forecasting Method [J] . Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2005, 22 (6): 108 - 113.

[7] KUL KARNL A A. Modeling Activity Pattern Generation and Execution [D] . University of California, Irvine, 2002.

[8] 伍速锋, 丁威. 基于活动的交通需求模型：一种新的解析城市交通出行行为的工具 [C] //同济大学交通运输工程学院编. 交通运输工程领域博士研究生国际创新论坛会议论文集. 北京：人民交通出版社，2005：143 - 153.

WU Su-feng, DING Wei. Activity-Based Travel Demand Model: A New Tool for the Travel Behavior of Urban Transportation [C] //School of Transportation Engineering Tongji University. International Innovation Forum for Doctoral Students in Transportation Engineering. Beijing: China Communications Press, 2005: 143 - 153.

[9] 方再根. 计算机模拟和蒙特卡洛方法 [M] . 北京：北京工业学院出版社，1988.

FANG Zai-gen. The Monte-Carlo Method of Computer Simulation [M] . Beijing: Beijing Industrial University Press, 1988.

[10] MARCA J, RINDT C, MCNALLY M. A Simulation Framework and Environment for Activity Based Transportation Modeling [R] . Washington DC: The 79th Transportation Research Board Annual Meeting, 2000.