

出行链特征指标的提出及应用研究

A Study on Trip-Chain Indices and Their Application

褚浩然¹ 郑猛¹ 杨晓光² 韩先科²

1. 北京城市规划设计研究院, 北京 100045; 2. 同济大学交通工程系, 上海 200092)

CHU Haoran¹, ZHENG Meng¹, YANG Xiaoguang², HAN Xianke²

1. Beijing Municipal Institute of City Planning and Design, Beijing 100045, China; 2. Department of Traffic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

摘要: 以往传统的交通分析方法,将大量的交通信息堆砌在一起,如时间信息、空间信息等,忽略了信息间的相互作用,割裂了交通系统的整体性和系统性。说明了出行链对交通分析和交通规划的重要作用,从交通现象的本质出发,给出了出行链的结构和定义,提出了出行链特征指标,以“链”的形式将交通系统的时间维、空间维、方式维和活动类型联接在一起,将交通系统变成一个有机的整体。并通过多项Logit模型建立了交通方式选择模型,在模型拟合良好的前提下,验证了平均出行链长度和换乘次数对方式选择的影响是显著的。

Abstract: Based on the fact that the integrity and systematicness of the transportation system are cut apart, with the interactions among pieces of information ignored in the conventional travel analysis methods, even though there exists a plenty of information available, such as related to time and space, this paper explains the importance of trip-chains on travel analysis and transportation planning. And according to the essence of transportation phenomenon, correlative concept, structure, indices and definition are put forward. Time dimension, space dimension, mode dimension and activity type are linked by trip chaining, which make transportation system as a organic whole. And transportation mode choice is set up by multinomial Logit model. Based on fine goodness of Model fit, the influence of average length of trip-chain and transfer number on mode choice is remarkable.

关键词: 出行链; 交通方式选择; 多项Logit模型

Keywords: trip-chain; mode choice; multinomial Logit model

收稿日期: 2005-07-08

作者简介: 褚浩然, 博士, 北京市城市规划设计研究院交通研究所。E-mail: haoranchu1980@163.com

交通现象是以“流”的形式出现,交通流反映的正是交通现象在时间和空间上的连续分配,这种交通现象的流向和流量受到各种条件的影响,如社会属性、人口数量、就业岗位数和道路网络条件等。居民在选择出行时间、出行方式以及参与活动的先后顺序都会受到这些条件的影响甚至制约,在现状道路交通条件改变不大的情况下交通流具有很强的规律性。出行链是交通行为研究的重要内容,它能刻画居民活动的选择和顺序,通过居民出行移动放在活动链中进行线素式跟踪分析,不是孤立地研究一个时刻一个地点的一种交通发生量,而是体现出交通出行研究的动态性^[1-2]。

1 出行链结构和定义

出行链结构指的是个人为完成一项或几项活动(多目的出行),在一定时间顺序上不同出行目的的连接形式,如H-W-O-H等^[3]。

从交通规划的角度讲,真正意义上的交通出行链结构应该是在物理结构的基础上,增加时间、空间分布和方式特征,如出发时间、离开时间、活动持续时间、行程时间、OD分布、使用的交通工具等,见图1^[4]。

出行链描述的是居民出行从家出发再返回家这样一个过程,过程中包含大量的时间、空间、方式和活动类型信息,而且这些信息之间是相互联系和相互作用的,整个载有信息的过程被称为出行链,出行链的信息载体见表1。

这些信息的相互作用贯穿在整个出行链过程中。例如,出行者在选择出行目的时,出行方式的选择是同步进行的,而不是传统上四阶段的顺序;时间和空间对出行具有约束性,一个

表1 出行链信息表

Tab.1 Information of trip chaining

时间	出发时间、车外时间、车内时间、活动持续时间等
空间	OD分布、活动位置、交通路径等
活动类型	在时间段和空间上从事的那类活动
方式	使用的交通工具

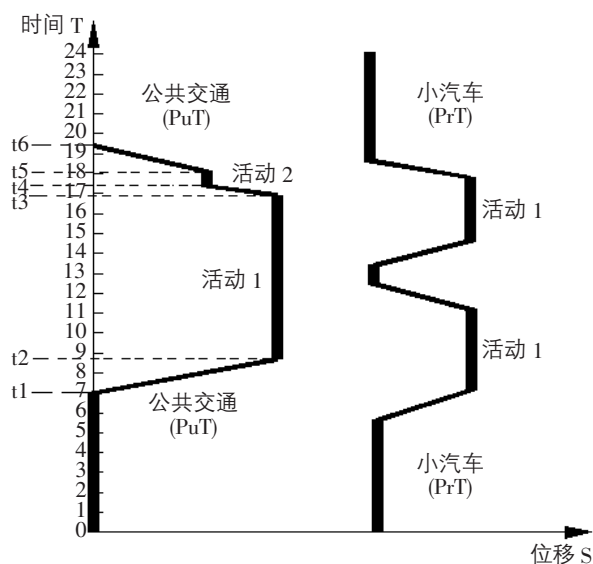


图1 出行链结构图

Fig.1 Framework of trip chaining

出行链过程中,前一次出行交通方式的选择对后一次出行的方式选择有很大的影响,比如说乘坐公共汽车出门的人,很少会开着小汽车回家,即便该出行者拥有小汽车;或者说开车出门的人很少会乘坐公共汽车回来,因为小汽车、自行车等私人交通方式属于不可转移的交通方式。

2 出行链指标的提出

分析出行链的指标很多,本研究选取出行者出行链个数、出行链长度、平均出行链长度和换乘次数四个指标来描述出行链的特征。其中,出行链个数是出行者每天完成几个完整的出行链,即有几个从家出行再返回家的过程;出行链长度反映的是出行者一日内参与所有活动目的的数量;平均出行链长度是每个出

行链中平均包含多少个出行目的;换乘次数是指该出行者出行链中交通工具连续更换的次数,属于交通便捷性指标。总之,这四个指标共同刻画城市居民在工作日的出行频率、活动参与状况、活动之间的关联性以及交通便捷性,选取指标在数据调查和统计中较易提取,是研究出行链的重要信息指标。

3 出行链指标对交通方式选择的影响分析

本文选取北京2000年居民出行调查的部分数据,统计一般交通特征参数和出行链特征指标,建立多项式Logit模型,得到出行链特征指标对交通方式选择的影响因子,以此证明该指标的实际意义。

3.1 影响参数选择

交通方式选择主要影响参数,包括活动目的、出行距离、出行综合费用、换乘次数和平均出行链长度。其中平均出行链长度是由出行链个数和出行链长度计算得到。

3.2 多项 Logit 模型

当分类反应变量的类别为三类及以上,且类别之间并无次序关系时,可以应用多项Logit模型。通常,非序次多分类反应变量也可以应用判别分析(discriminant analysis)来处理,但相比之下,多项Logit模型更好,因为它是Logistic回归分析的另一种自然扩展,其结果更好解释,并且不需要对自变量做多元正态分布的假设。

对于有 $j=1, 2, \dots, J$ 类的非序次反应变量,多项Logit模型通过以下Logit形式描述:

$$\ln\left[\frac{P(y=j|x)}{P(y=J|x)}\right]=\alpha_j+\sum_{k=1}^K\beta_{jk}X_k$$

在多项Logit模型中,Logit是由因变量中的不重复类别对的对比产生的,分别对每一Logit建模。若反应变量有 J 个类别,多项Logit模型中便有 $(J-1)$ 个Logit,可表述如下:

$$\ln\left[\frac{P(y=1|x)}{P(y=J|x)}\right]=\alpha_1+\sum_{k=1}^K\beta_{1k}X_k$$

$$\ln\left[\frac{P(y=2|x)}{P(y=J|x)}\right] = \alpha_2 + \sum_{k=1}^K \beta_{2k} X_k,$$

...

$$\ln\left[\frac{P(y=(J-1)|x)}{P(y=J|x)}\right] = \alpha_{(J-1)} + \sum_{k=1}^K \beta_{(J-1)k} X_k。$$

其中, 最后一个类别(即第J个类别)作为参照类。

因为 $P(y=1|x) + P(y=2|x) + \dots + P(y=J|x) = 1$, 所以

$$\begin{aligned} P(y=1|x) + P(y=2|x) + \dots + P(y=J|x) \\ = P(y=J|x) \left[1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\alpha_j + \sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_k} \right] = 1。 \end{aligned}$$

则某类成员的选择概率可通过下列公式计算:

$$\begin{aligned} P(y=J|x) &= \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\alpha_j + \sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_k}} \\ P(y=(J-1)|x) &= \frac{e^{\alpha_{(J-1)} + \sum_{k=1}^K \beta_{(J-1)k} X_k}}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\alpha_j + \sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_k}} \\ &\dots \\ P(y=1|x) &= \frac{e^{\alpha_1 + \sum_{k=1}^K \beta_{1k} X_k}}{1 + \sum_{j=1}^{J-1} e^{\alpha_j + \sum_{k=1}^K \beta_{jk} X_k}} \end{aligned}$$

分类反应变量是选择的交通方式, 共4类, 自行车、公共汽车、轨道交通、小汽车。以小汽车交通方式作为参照类, 具体模型系数的含义如下:

其中 $j=1, 2, \dots, J, J=4, k=4, \alpha_j$ 是回归截距, β_{jk} 是回归系数。

y 为交通方式: 1代表自行车, 2代表公共汽车, 3代表地铁, 4代表小汽车。

x_1 为活动目的; x_2 为出行距离; x_3 为出行综合费用; x_4 为换乘次数; x_5 为平均出行链长度。

3.3 模型检验

3.3.1 类相关系数

应用回归分析经常使用相关系数(R-Square), 它描述因变量的变动中由模型的自变量所解释的百分比。在Logit模型当中, 可以通过计算类

表2 类相关系数

Tab.2 Pseudo R-Square

Cox and Snell	0.552
Nagelkerke	0.708
McFadden	0.531

表3 参数估计表

Tab.3 Parameters estimation

交通方式	影响变量	回归系数	标准差	Wald参数	自由度	显著水平	95%置信度下限	95%置信度上限	
1	常量	7.636	0.496	237.346	1	0.000			
	x_1	-0.099	0.018	30.704	1	0.000	0.874	0.938	
	x_2	1.088	0.029	1457.640	1	0.000	2.808	3.140	
	x_3	-0.221	0.004	2481.551	1	0.000	0.795	0.809	
	x_5	-0.355	0.031	132.768	1	0.000	0.660	0.745	
	$[x_4=0]$	-1.668	0.465	12.839	1	0.000	0.076	0.470	
	$[x_4=1]$	-0.688	0.494	1.942	1	0.164	0.191	1.323	
	$[x_4=2]$	1.535	0.616	6.205	1	0.013	1.387	15.529	
	2	常量	7.520	0.481	244.208	1	0.000		
		x_1	0.083	0.018	21.498	1	0.000	1.049	1.125
x_2		0.634	0.027	550.815	1	0.000	1.788	1.988	
x_3		-0.099	0.004	681.028	1	0.000	0.899	0.913	
x_5		-0.337	0.034	98.816	1	0.000	0.668	0.763	
$[x_4=0]$		-6.207	0.446	193.914	1	0.000	0.001	0.005	
$[x_4=1]$		-2.397	0.465	26.596	1	0.000	0.037	0.226	
$[x_4=2]$		0.043	0.594	0.005	1	0.943	0.326	3.346	
3		常量	5.557	0.538	106.869	1	0.000		
		x_1	0.033	0.023	2.094	1	0.048	0.988	1.081
	x_2	0.716	0.031	537.998	1	0.000	1.926	2.173	
	x_3	-0.097	0.005	459.264	1	0.000	0.899	0.916	
	x_5	-0.382	0.051	55.401	1	0.000	0.617	0.755	
	$[x_4=0]$	-6.787	0.484	196.997	1	0.000	0.000	0.003	
	$[x_4=1]$	-2.505	0.491	26.017	1	0.000	0.031	0.214	
	$[x_4=2]$	0.231	0.608	0.145	1	0.704	0.383	4.148	

注: ①交通方式4作为参照类

② $x_4=0, 1, 2$ 分别代表不换乘, 换乘1次, 换乘2次

相关系数来说明模型预测的准确与否:

$$\text{Pseudo R-Square} = \left(\frac{-2\hat{LL}_0 - (-2\hat{LL}_s)}{-2\hat{LL}_0} \right)。$$

其中 \hat{LL}_0 为零模型的最大似然值对数。与相关系数相似, 类相关系数的值域为0~1。当自变量与因变量完全不相关时,

其值为0。当模型的拟合程度提高时,类相关系数的值增加,拟合得越好,其值越接近于1。

本文的计算结果如表2所示:

三种类相关系数中, R^2 高值达到0.708, R 接近0.84; R^2 低值达到0.531, R 接近0.73, 满足精度要求。

3.3.2 显著性检验

Wald 参数的值越大,显著性水平(p-value)值越小,模型拟合越好,从表3可以看出显著性水平值小于0.05的,说明该模型参数检验是满足要求的。

3.4 结果分析

从表3中可以看出,多项Logit模型中的3种交通方式选择模型如下:

$$\ln\left[\frac{y=1|x}{y=4|x}\right]=7.636-0.099x_1+1.088x_2-0.221x_3+\beta_{14}x_4-0.355x_5$$

$$\ln\left[\frac{y=2|x}{y=4|x}\right]=7.520+0.083x_1+0.634x_2-0.099x_3+\beta_{24}x_4-0.337x_5$$

$$\ln\left[\frac{y=3|x}{y=4|x}\right]=5.557+0.033x_1+0.716x_2-0.097x_3+\beta_{34}x_4-0.382x_5$$

当 $x_4 = 0, 1, 2$ 时, 分别为

$$\beta_{14} = -1.668, -0.688, 1.535;$$

$$\beta_{24} = -6.207, -2.397, 0.043;$$

$$\beta_{34} = -6.787, -2.505, 0.231$$

平均出行链长度 x_5 的回归系数分别为 $-0.355, -0.337, -0.382$, 对整个方式选择模型的影响因子较大, 证明平均出行链长度对交通方式的选择有显著的影响。其结果说明具有不同出行链长度的居民, 对不同方式选择的敏感程度是不同的, 平均出行链长度越长, 其乘坐私人交通方式的

可能性越大。

4 结语

本文从交通现象的本质出发, 给出出行链的相关概念、结构和定义, 提出出行链特征指标, 以“链”的形式将交通系统的时间维、空间维、方式维和活动类型联接在一起, 将交通系统变成一个有机的整体。并通过多项Logit模型建立了交通方式选择模型, 在模型拟合良好的前提下, 验证了出行链指标——平均出行链长度对方式选择的影响是显著的。

参考文献

- 1 Metaxato. Paul. Trip chains—Theoretical development and empirical analysis [D]. Chicago: University of Illinois at Chicago, 1995
- 2 柴彦威. 中国城市的时空间结构 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2000
- 3 Parviza.Koushki and Salehy.Ali. Logistic Models for Complex Trip Chains in Kuwait [R]. Kuwait: Department of Civil Engineering, Kuwait University, study report, 1999
- 4 J.L.Bowman and M.E. Ben-Akiva. Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules [J]. Transportation Research Part A, 35, 2000: 1~28

(上接第80页)

现代交通系统赋予公共交通的涵义

当今社会, 交通拥堵就像人身上的一块顽疾, 让许多城市管理者忧心忡忡。然而, 公共交通系统像一剂灵丹妙药, 让人们看到了治理交通拥堵的希望。公共交通系统的建设不应仅仅从运能满足交通需求的角度考虑, 现代交通系统赋予公共交通更多的涵义。恰如城市在进行BRT和轨道交通两种公共交通系统的选

择一样, 从运能、速度和经济上, 何去何从一目了然。但是, 公共交通系统一旦承载着引导城市发展、繁荣区域经济、塑造城市形象和国际城市接轨等, 选择的天平就倾斜了, 交通上考虑建设BRT的城市也改成了轨道交通。因此, 公共交通不能单纯地看作是一种交通工具, 它更是城市的一个窗口、一面镜子、一项政策和一种希望。

——江湖刀客