

基于站点上下客人数的 公交客流OD反推方法研究*

窦慧丽^{1,2} 刘好德¹ 杨晓光¹(同济大学¹ 上海 200092) (浙江林学院² 临安 311300)

摘 要 通过公交出行行为特征调查分析,研究了公交乘客出行站数的概率分布。基于公交乘客下车概率,以公交站点上下客人数和路段客流量为约束条件,提出了单条公交线路客流OD矩阵的推算方法,通过实例分析,验证了该方法的可行性和有效性。

关键词 公交客流;上下客人数;OD反推;出行站数

中图分类号:U491.1 **文献标识码**:A

0 引言

描述公交出行空间分布的客流OD矩阵是城市公共交通线网布设和优化的基本依据。传统公交OD调查方法是在乘客上车时发放调查表格,按照自己的出行起终点如实填写表格,然后在下车时回收表格。这在实际操作时有些困难,如乘客填写表格的方便性、乘客的配合程度,等等,很难保证调查数据的准确性。

客流OD反推技术起源于机动车OD矩阵反推。机动车OD矩阵反推是根据交通观测所得路段交通信息反推出交通小区的出行OD矩阵。目前,针对单条线路,利用公交站点上下客人数进行客流OD矩阵反推的模型有:概率论模型^[1-2]、结构化模型^[3]、双层网络规划模型^[4]、重力模型、极大熵模型和最小二乘模型等。这些方法各有其局限性和适用范围^[5]。

本文采用概率论模型,但不是简单的概率修正,而是根据公交乘客的OD抽样调查资料,进行数据处理,计算留车乘客的下车概率;然后基于留车乘客的下车概率分布,利用公交站点的上下客人数,同时以路段客流量为约束条件,推算公交客流OD矩阵。这种方法只需要少量调查数据,结构

简单,容易实现,精度较高。

1 公交乘客出行行为特征调查分析

公交出行属于中长距离的出行,对于出行距离过长或过短的居民较少采用这种交通方式。居民选择乘坐公交出行时,其出行站数主要集中在某个范围,当乘坐到一定站数时,其在该站下车的概率最大;而当相对于上车站点的距离过长或过短时,其下车的概率相对较小。这种概率一般应服从一定的分布规律。以笔者参与的在某市对一条公交线路进行的跟车调查为例,共得到12辆车686人的OD抽样调查结果。对数据进行处理,统计结果如表1所列,图1所示为出行站数统计图。

从出行站数统计图和趋势曲线可以看出,公交乘客出行站数近似服从泊松分布。通过 χ^2 检验,上述调查数据在显著水平0.05下服从泊松分布。同时对于该市的其它9条公交线路调查数据进行统计检验,发现在显著水平0.05下,除只有一条线路因调查数据相对较少,在此显著水平下不服从泊松分布外,其余均服从泊松分布;而在显著水平0.08下,9条线路调查数据都服从泊松分布。从以上的分析结果可以认为,公交出行乘客出行站数服从泊松分布:

表1 出行站数统计表

	出行站数															总计
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
人数	10	17	33	49	54	57	90	98	82	72	47	35	19	9	14	686
概率/%	1.5	2.5	4.8	7.1	7.9	8.3	13.1	14.3	12.0	10.5	6.9	5.1	2.8	1.3	2.0	100

收稿日期:2006-12-27;修改稿收到日期:2007-03-01

* 国家自然科学基金重点项目资助(批准号:70631002)

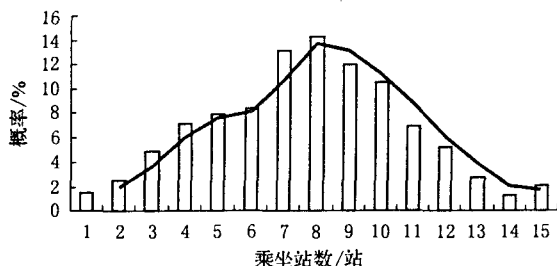


图 1 出行站数统计图

$$P(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad k = 0, 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

式中: $P(k)$ 为乘客乘坐 k 站的概率; λ 为平均出行站数。由于乘客利用公交出行时, 乘坐的站数至少是 1, 至多是 m (该线路的最大站数), 根据概率分布的性质, 须对上述概率进行归一化处理:

$$P^*(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} / \sum_{k=1}^m \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

表 2 单向行驶公交客流 OD 矩阵

OD	2	3	...	$m-1$	m	上车人数
1	$x(1,2)$	$x(1,3)$...	$x(1,m-1)$	$x(1,m)$	$B(1)$
2	0	$x(2,3)$	\vdots	$x(2,m-1)$	$x(2,m)$	$B(2)$
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
$m-2$	0	0	\vdots	$x(m-2,m-1)$	$x(m-2,m)$	$B(m-2)$
$m-1$	0	0	\vdots	0	$x(m-1,m-2)$	$B(m-1)$
下车人数	$A(2)$	$A(3)$...	$A(m-1)$	$A(m)$	$\sum A(j) = \sum B(i)$

设 $X(i, j)$ 为第 i 站上车、第 j 站下车的人数 (即 OD 量); $Y(i, j)$ 为第 i 站上车, 在公交车驶过第 $(j-1)$ 站, 到达第 j 站前仍留在车上的乘客数, 称为留车人数。 $N(j)$ 为公交车驶过第 $(j-1)$ 站, 到达第 j 站前车内总乘客数。则对于第 j 个站点, 有:

$$Y(i, j) = Y(i, j-1) - X(i, j-1) \quad (3)$$

$$N(j) = \sum_{i=1}^{j-1} Y(i, j) \quad (4)$$

在某一站点 j 下车的人数为 $A(j)$, 而由第 1, 2, ..., $(j-1)$ 站上车的乘客都有可能第 j 站下车。根据流量平衡条件, 可得:

$$A(j) = \sum_{i=1}^{j-1} X(i, j) \quad (5)$$

根据上文对乘客出行距离调查分析的结果, 乘客的出行站数服从泊松分布。第 1, 2, ..., $(j-1)$ 站上车、第 j 站前仍留在车上的乘客按照各自不同的概率在第 j 站下车。则可以得到:

$$X(i, j) = A(j) P^*(j-i) Y(i, j) / \left[\sum_{i=1}^{j-1} P^*(j-i) Y(i, j) \right] \quad (6)$$

2 公交客流 OD 推算方法研究

公交客流的 OD 推算是一辆公交车单向行驶为基础的, 同一线路同方向的多辆车可以通过累加计算得到。图 2 为单向公交车行驶示意图 (假设途径 m 个站点)。图中: $B(i)$ 为公交车行驶过程中在第 i 站的上车人数; $A(j)$ 为第 j 站的下车人数; $N(j)$ 为路段客流量, 即第 j 站点前的留车人数。

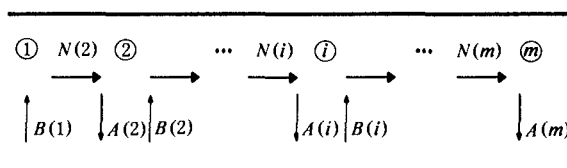


图 2 公交车行驶示意图

单向行驶的公交车客流 OD 矩阵应该如表 2 所列, 为上三角形矩阵, 其流量是平衡的^[6]。

$$\text{式中: } P^*(j-i) = \frac{\lambda^{j-i} e^{-\lambda}}{(j-i)!} / \sum_{i=1}^{j-1} \frac{\lambda^{j-i} e^{-\lambda}}{(j-i)!},$$

$(j-i)$ 为第 i 站到第 j 站所乘坐的站数。

根据上下客人数, 由式 (3)、(4)、(6) 可以计算出公交客流 OD 矩阵的所有元素。

对于同线路或不同线路, 但同方向行驶的不同公交车辆, 公交客流 OD 矩阵可以进行累加计算。

3 实例分析

以调查城市 6 路公交车为例, 该公交线路沿途有 16 个站点。某时段调查的公交车站点上下客人数如表 3 所列。基于表 3 给出的各站点上下客人数, 用本文给出的算法进行客流 OD 计算, 计算结果如表 4 所列。

将推算得到的公交客流 OD 矩阵和调查所得 OD 矩阵进行对比, 采用的评价指标有: 矩阵分布相对误差、矩阵分布平均差、上客站客流分布误差和下客站客流分布误差^[7]。其中, 前两个指标是对推算矩阵的整体准确度进行评价; 后两个指标主

表3 各站点上下客人数表

	站 点															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
上车人数	36	25	30	38	10	3	4	6	4	10	2	11	7	5	1	0
下车人数	0	1	2	1	3	0	12	5	16	8	4	23	27	42	16	32

表4 推算得到的公交客流OD矩阵

OD	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	上车人数
1	1	2	1	2	3	3	2	4	3	2	2	2	3	2	4	36
2	0	0	0	1	1	2	1	3	1	1	2	2	5	1	5	25
3	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	6	5	7	2	2	30
4	0	0	0	0	0	1	1	4	2	0	7	9	9	1	4	38
5	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	2	3	0	0	10
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	4
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	6
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	4
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	2	2	10
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	6	11
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	7
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
下车人数	1	2	1	3	5	7	5	16	8	4	23	27	42	16	32	192

要是针对每一个站点推算客流的准确度进行评价。比较结果如表5所列。

表5 推算矩阵与实测矩阵的比较结果

评价指标	计算公式	误差/%
矩阵分布 相对误差	$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} - \bar{A}_{ij} }{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \bar{A}_{ij}}$	7.61
矩阵分布 平均差	$\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} - \bar{A}_{ij} }{n(n-1)/2}$	6.8
上客站客流 分布误差	$\max_{1 \leq i \leq n} \left \sqrt{\sum_{j=1}^n A_{ij}^2} - \sqrt{\sum_{j=1}^n \bar{A}_{ij}^2} \right $	10.93
下客站 客流量误差	$\max_{1 \leq i \leq n} \left \sqrt{\sum_{j=1}^n A_{ij}^2} - \sqrt{\sum_{j=1}^n \bar{A}_{ij}^2} \right $	11.26

从表5可以看出,矩阵分布相对误差和矩阵分布平均差均比较小,推算出的公交客流OD矩阵整体上较好的拟合了实际出行OD矩阵。虽然下客站的客流量误差相对偏大,这主要是由于站点的土地利用性质没有考虑在内^[8],导致某些用地性质差异较大的站点处客流分布误差稍大,但在实际应用中,并不会对推算OD矩阵的整体准确度产生大的影响。

4 结 论

本文调查分析了公交乘客的出行行为特征,对公交乘客出行站数的概率分布进行了研究。基于留车乘客的下车概率,提出了由公交站点上下客人数进行客流OD矩阵的推算方法。该方法结构简单、便于实现,利用容易获取的上下客人数和少量的调查数据,即可推算出整体准确度较高的客流OD矩阵,经过实例分析验证,笔者提出的方法比较可靠。结合APC客流采集技术,该方法具有较好的应用价值。

在客流OD反推研究中,可以同时将站点的土地利用性质考虑进来,以进一步提高OD矩阵推算的精度,未来研究可在这方面深入展开。

参考文献

[1] 冯树民,李晓东. 公交客流OD推算方法研究. 第八届国际交通新技术应用大会论文集. 北京,2004

[2] 朱从坤,丁建霆,陈 瑜. 公交线路OD结构化模型. 哈尔滨工业大学学报,2005(6):851-853

[3] 周 晶,张伦珂. 利用IC卡数据估计公交OD矩阵的模型及算法. 系统工程理论与实践,2006(4):130-135

[4] 王济儒,查伟雄,李 剑. 由车站上下车客流量估计

- 铁路OD矩阵. 交通运输工程与信息学报, 2004(4): 23-27
- [5] 王 炜, 徐吉谦. 城市交通规划理论及其应用. 南京: 东南大学出版社, 1998
- [6] 邓亚娟, 陈小鸿. 轨道交通客流动态OD矩阵估计方法研究//第三届中国同舟交通论坛论文集, 2006
- [7] Wong S C, Tong C O. Estimation of time-dependent origin-destination matrices for transit network. *Transportation Research Part B: Methodological*, 1998(14): 35-38
- [8] Doblas J, Benitez, F. G. An approach to estimating and updating origin destination matrices based upon traffic counts preserving the prior structure of a survey matrix. *Transportation Research Part B: Methodological*, 2005(39): 565-591

OD Matrix Estimation Method of Public Transportation Flow Based on Passenger Boarding and Alighting

DOU Huili^{1,2} LIU Haode¹ YANG Xiaoguang¹

(Tongji University, Shanghai 200092, China)¹

(Zhejiang Forestry University, Lin'an 311300, China)²

Abstract: Probability of the passenger's trip stops was researched on based on the analysis of the public transportation passenger's travel behavior. An algorithm estimating passenger's OD matrix was presented from passenger boarding and alighting based on the passenger's alighting probability and with the constraints of link passenger flow. The feasibility and validity of the algorithm were testified by an example.

Key words: public transportation flow; boarding and alighting; OD matrix estimation; trip stops

(上接第78页)

Method of Eye Detection Combining Correlation Pattern Match and Improved Integral Projection

DENG Huaqiu HUANG Qiaojie

(South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The fast and exact eye detection is the precondition to recognize moving faces. A method of combining facial geometric characteristics, correlation pattern match, and improved integral projection was presented to implement an expeditious and effective way to detect eyes. Firstly, image pretreatment was made. Secondly, face regions were made by using the method of Ostu binary, morphological opening, correlation pattern match, and improved integral projection. Thirdly, eyes' regions were limited by using the facial geometric characteristics, and the eyes' positions were detected by using improved integral projection and the location of peak values of the statistic data. Experiments show that this method has very good detecting results and good robustness for different angles and different directions of faces, facial expression, and gestures.

Key words: eye detection; pattern match; integral projection; face making; binary; opening