

文章编号:1007-6735(2010)05-0471-04

基于出入口明细表的高速公路 OD 矩阵推算

梁 超, 董洁霜, 成建强

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 基于我国高速公路统计数据的特点, 提出了一种准确性高、方便实用的高速公路出入口 OD 矩阵推算与检验的方法. 实例验证了其准确性和可行性, 为实际项目中交通数据分析处理提供了一种较为简单易行的高速公路出入口 OD 矩阵推算方法.

关键词: OD 矩阵推算; 高速公路; 交通规划软件

中图分类号: U 495 **文献标志码:** A

Calculation method of freeway OD matrix and statistics based on ramp detail

LIANG Chao, DONG Jie-shuang, CHENG Jian-qiang

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Based on the current statistical data of the characteristics of freeway in China, an accurate, convenient and practical OD matrix calculation method for freeway entrances and exits was presented, and the freeway traffic was analysed. Taking advantages of some actual cases, as examples, the feasibility and accuracy of the method proposed were verified by use of the software EMME. This is really a relatively simple OD matrix calculation method and can be applied to the traffic data analysis and processing in actual projects.

Key words: OD matrix calculation; freeway; transport planning software

近几年,我国基础设施投资建设使高速公路里程数不断增多,高速公路在区域运输系统中的地位不断提高,在某些地区甚至占主导地位.在编制交通规划、制定管理政策等相关项目时,均需要对高速公路交通量进行详细分析.因此,充分利用现有高速公路资料,特别是收费站点流量统计数据,能方便准确地分析高速公路交通量.

文献[1]提出基于广义最小二乘法模型,建立了一种高速路动态 OD(起讫点)矩阵估计算法,可通过对路段交通量和行程时间的检测来估计时变的 OD

矩阵.对任意估计时段的 OD 流,通过假定各车辆间的车头距均匀分布,且可按相同比例拉伸或压缩,得出了模型中关键的分配矩阵的解析算式.文献[2]提出的高速公路机动车 OD 调查数据自动处理系统,为用户提供了数据管理和统计分析两功能,从而为处理 OD 数据这一繁杂的工作提供了有效的工具.文献[3]通过对高速公路出入口总流量数据处理,估计各站点的 OD 矩阵.此外,还有众多学者提出高速公路动态 OD 估计方法^[4].

目前高速公路 OD 矩阵估计方法主要有以下几

收稿日期: 2009-10-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70871081); 上海市重点学科建设资助项目(S30504)

作者简介: 梁 超(1966-),男,博士研究生.

董洁霜(联系人),女,副教授. E-mail: dongjieshuang@163.com

点不足:

a. 没有充分利用高速公路的统计数据. 高速公路由于管理收费的需要, 均有较完善的管理收费系统, 能统计各站点车辆运行情况. 而现有方法大部分仅依据出入口总量进行计算, 没有充分利用现有数据.

b. 在 OD 矩阵检验方法中, 若高速公路成网时, 忽略了由于路况交通量等造成路径选择问题, 且无法准确计算路段车型比例、交通组成成分等交通特性.

本文基于高速公路车辆统计数据特点, 提出一种准确性高、方便实用的高速公路出入口 OD 矩阵估计和检验的方法, 并应用于实际项目中, 对交通数

据分析处理具有一定的借鉴意义.

1 高速公路车辆统计数据特点

一般区域内部高速公路由不同的高速公路路段组成, 由于投资和管理等方面的因素, 每个路段分属一个高速公路管理公司. 例如, 温州境内高速公路分为金丽温高速、甬台温高速和温州大桥 3 个管理单位. 由于车辆通行费用与进入高速公路的站点有关, 除站点出入口车辆总数外, 每个高速公路站点收费管理系统均能统计“高速公路出入口明细表”, 如表 1 所示. 车辆类型一般根据收费标准分为一至七类车.

表 1 高速公路出入口明细表——雁荡入口为例
Tab.1 Freeway entrance schedule-an example to Yandang

站点类型	站 名	一类车	二类车	三类车	四类车	五类车	六类车	七类车
研究范围内本段高速公路出入口	雁荡	0	0	0	0	0	0	0
	蒲岐	83	1	1	0	0	0	0
	乐成	411	1	0	0	0	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
研究范围内其他高速路段	温州大桥	226	1	1	1	0	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
研究范围外其他高速公路路段	杭金衢	34	7	2	0	0	0	0
	甬台温甬	77	2	0	0	0	0	0
	甬台温台	1 246	2	6	0	0	0	0
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
合 计	出口合计	2 548	23	24	1	0	0	0
	入口合计	2 158	15	17	1	0	0	1
	总合计	4 706	38	41	2	0	0	1

对表 1 进行简化, 忽略了公务车等其他免费车辆的通行量及各类车的收费金额. 根据表 1 统计数据的特点, 将各收费站出口流量数据分为 3 类:

a. 研究范围内本段高速公路每个站点到达本站点的车辆数;

b. 研究范围内其他高速路段到达本站点的车辆数;

c. 研究范围外其他高速路段(一般为同省内)到达本站的车辆数.

而收费站点的入口车辆数只能得到总数, 无法得到目的地站点. 本文基于表 1 数据进行高速公路出入口 OD 矩阵推算.

2 出入口 OD 矩阵推算方法

一般高速公路采用分段管理的制度, 每段高速

公路由一个或多个管理公司进行管理. 在项目研究范围内, 高速公路可能由不同的路段组成. 现分别对只含有一条高速公路路段和含有多条路段两种情况, 给出 OD 矩阵推算的方法.

2.1 单个高速公路路段 OD 推算方法

当研究范围内只含有一条高速公路路段时, 令表格站点入口编号为 i , 出口编号为 j , $i, j = 1, 2, \dots, m, m + 1, \dots, n$, 其中, $1, 2, \dots, m$ 表示本高速路段站点, $m + 1, \dots, n$ 表示其他高速路段. x_{ijk} 表示研究范围内高速公路, 从 i 站点到 j 站点第 k 类车的车辆数, k 为车辆类型, 一般为一至七类车. O_i 为第 i 入口的车辆数.

令 t_{ijk} 为从 i 站点到 j 站点第 k 类车辆通行个数, 则高速公路 OD 矩阵 T_{ijk} 的计算公式为

$$\begin{cases} t_{ijk} = x_{ijk} & i = 1, 2, \dots, m, m+1, \dots, n, \text{ 且 } j = 1, 2, \dots, m, \forall k \\ t_{ijk} = \frac{x_{ijk}}{\sum_{j=1}^m x_{ijk}} O_i & i = 1, 2, \dots, m, \text{ 且 } j = m+1, \dots, n, \forall k \\ t_{ijk} = 0 & i = m+1, \dots, n, \text{ 且 } j = m+1, \dots, n, \forall k \end{cases}$$

2.2 含多个高速公路路段OD推算方法

如果在某个区域高速公路路网包含不同高速公路路段(如温州市高速路网包含甬台温高速公路和金丽温高速公路),需要对站点OD矩阵进行适当处理。

假设区域所有高速公路站点入口编号为*i*,出口编号为*j*, $i, j = 1, 2, \dots, m, m+1, \dots, l, l+1, \dots, n$,其中, $1, 2, \dots, m$ 表示区域内部主要高速路段站点, $m+1, \dots, l$ 表示区域内部其他高速路段站点, $l+1, \dots, n$ 表示区域外高速公路路段,则可将OD矩阵 T_{ijk} 划分为3个子区域.如图1所示.

		<i>j</i>		
		1, 2, ...	$m, m+1, \dots$	$l, l+1, \dots, n$
<i>i</i>	1	★	□	○
	2			
	...			
	<i>m</i>			
	$m+1$	□	★	○
<i>l+1</i>	...			
	<i>l</i>			
	$l+1$	○	○	★
<i>n</i>	...			
	<i>n</i>			

图1 矩阵子区域划分示意图

Fig.1 Schematic diagram of matrix sub-region

a. 对角线子区域(如图1中“★”所示).包括 $i = 1, 2, \dots, m$,且 $j = 1, 2, \dots, m$; $i = m+1, \dots, l$,且 $j = m+1, \dots, l$,此子区域的 T_{ijk} 可以直接由表格获取,即 $T_{ijk} = x_{ijk}$;还包括 $i = l+1, \dots, n$,且 $j = l+1, \dots, n$ 子区域内, $T_{ijk} = 0$.

b. 区域外高速路段与区域内部各站点(如图1中“○”所示).

当 $i = l+1, \dots, n$,且 $j = 1, 2, \dots, l$ 时, $t_{ijk} = x_{ijk}$;

当 $i = 1, 2, \dots, l$,且 $j = l+1, \dots, n$ 时,

$$t_{ijk} = \frac{x_{jik}}{\sum_{j=1}^m x_{jik}} O_i$$

c. 区域不同高速路段之间站点(如图1中“□”所示).包括 $i = m+1, \dots, l$,且 $j = 1, 2, \dots, m$; $i = 1, 2, \dots, m$,且 $j = m+1, \dots, l$,采用Fratar法进行迭代计算^[5].

第1步 计算初始矩阵 t_{ijk}^0

$$D_{jk}^0 = D_{jk} - \sum_{i=1}^m \sum_{i=l+1}^n t_{ijk} \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$O_{ik}^0 = O_{ik} - \sum_{j=m+1}^n t_{ijk} \quad i = m+1, \dots, l$$

$$t_{ijk}^0 = D_{jk}^0 \frac{O_{ik}^0}{\sum_{i=m+1}^l O_{ik}^0}$$

或者

$$t_{ijk}^0 = O_{ik}^0 \frac{D_{jk}^0}{\sum_{j=1}^m D_{jk}^0}$$

式中, O_{ik} 为第*i*入口第*k*类车辆数; D_{jk} 为第*j*出口第*k*类车辆数.

第2步 迭代计算,修正初始矩阵,迭代第*n*步时

$$t_{ijk}^n = \alpha_{ik}^{n-1} \beta_{jk}^{n-1} t_{ijk}^{n-1}$$

$$\alpha_{ik}^{n-1} = O_{ik}^0 \sum_{j=1}^m t_{ijk}^{n-1}$$

$$\beta_{jk}^{n-1} = D_{jk}^0 \sum_{i=m+1}^l t_{ijk}^{n-1}$$

第3步 检验收敛性.考察检验数 α_{ik}^n 与 α_{ik}^{n-1} , β_{jk}^n 与 β_{jk}^{n-1} 的相对偏差是否小于3%,若是,停止迭代;否则,返回第2步.

3 OD矩阵检验

将路段观测交通量与OD矩阵在高速公路上的分配结果相比较,检验矩阵的准确性.利用用户最优(UE)均衡分配方法对高速公路OD矩阵在路网上进行交通分配,即可得到高速公路网上路段交通量.在标定高速公路阻抗函数时,考虑道路长度、车道数等对车辆行驶时间的影响,能准确反映OD在高速公路网上的流量分布特征.现利用实际案例说明OD矩阵估计的精度.

4 实证研究

以温州境内高速公路所有站点2008年某一天的高速公路出入口明细表数据为例^[6],利用上述计算方法推算全天的OD矩阵,路段函数采用BPR函数,并利用交通规划软件EMME/3进行交通分析^[7].图2(见下页)为运用EMME/3软件对温州高速公路OD矩阵进行交通量分配的结果.

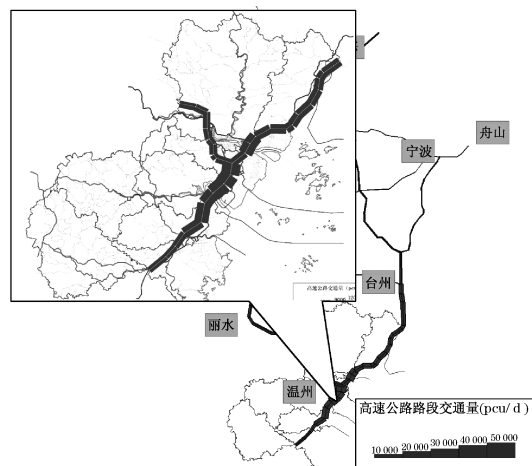


图2 温州高速公路OD矩阵交通量分配结果
Fig.2 OD matrix traffic assignment results
of Wenzhou freeway

表2 温州市甬台温高速公路各条路段交通量和饱和度
Tab.2 Wenzhou freeway link traffic volume
and level of service

甬台温 高速	方向	日单向流量 $V/(\text{pcu} \cdot \text{d}^{-1})$	日平均流量 $\bar{V}/(\text{pcu} \cdot \text{d}^{-1})$	流量检测值 $V'/(\text{pcu} \cdot \text{d}^{-1})$	误差 $\epsilon/\%$
湖雾-雁荡	北-南	10 481	20 948	—	—
	南-北	10 467			
雁荡-蒲岐	北-南	10 893	21 820	20 859	4.6
	南-北	10 927			
蒲岐-乐城	北-南	11 486	22 962	—	—
	南-北	11 476			
乐城-白鹭屿	北-南	10 890	22 001	—	—
	南-北	11 111			
白鹭屿-七都岛	北-南	15 811	32 863	—	—
	南-北	17 052			
七都岛-温州东	北-南	16 085	33 400	—	—
	南-北	17 315			
温州东-温州南	北-南	9 918	19 795	—	—
	南-北	9 877			
温州南-塘下	北-南	22 725	43 977	44 460	-1.1
	南-北	21 252			
塘下-瑞安	北-南	22 491	43 834	—	—
	南-北	21 343			
瑞安-飞云	北-南	20 576	40 791	—	—
	南-北	20 215			
飞云-平阳	北-南	16 798	32 634	—	—
	南-北	15 836			
平阳-萧江	北-南	13 007	25 336	—	—
	南-北	12 329			
萧江-苍南	北-南	8 415	17 450	—	—
	南-北	9 035			
苍南-观美	北-南	7 538	14 998	14 654	2.3
	南-北	7 460			
观美-分水关	北-南	7 258	14 584	—	—
	南-北	7 326			

根据分配结果,甬台温高速公路各条路段交通量如表2所示.

利用路段交通量电子检测设备监测的数据进行了检验,误差在5%以内,达到了很高的精度.实例验证了该方法的准确性和可行性.

根据交通量分配结果,可以对某些道路交通量进行详细分析,如经过计算,甬台温高速公路温州大桥段,一天的路段交通量可达到33 400 pcu/d,而往返于白露屿和温州东两个出入口之间的交通量有10 834 pcu/d,占大桥全部交通量的32.4%,甬台温大桥近1/3的交通量是乐清与温州市区之间的通勤交通.

5 结束语

目前我国公路运输处于快速发展时期,公路基础数据分析处理是各项工作的基础.本文根据高速公路统计数据的特点,提出了一种准确性高、方便实用的高速公路出入口OD矩阵推算和验证方法,并利用EMME/3进行交通分配,实证研究了方法的准确性和可行性,对实际项目中交通数据分析处理具有一定的借鉴意义.

参考文献:

[1] 林勇,蔡远利,黄永宣.高速公路动态OD矩阵估计[J].长安大学学报(自然科学版),2003,23(6):83-86.

[2] 袁振洲,徐强.高速公路机动车OD调查数据自动处理系统[J].交通与计算机,1996,14(1):50-53.

[3] 王海燕,项乔君,陆健,等.高速公路出入口OD矩阵推算方法[J].公路交通科技,2005,22(2):108-115.

[4] 焦朋朋,陆化普.高速路段动态OD反推模型与算法研究[J].公路交通科技,2005,22(4):95-98.

[5] EVANS S P, KIRBY H R. A three-dimensional furnace procedure for calibrating gravity models[J]. Transportation Research, 1974, 8(2): 105-122.

[6] 浙江甬台温高速公路管理公司温州段.收费站交通量出入口明细统计(日报表)[R].温州:浙江甬台温高速公路管理公司温州段,2008.

[7] Consultants INRO. EMME/3 USER'S MANUAL[R]. Montréal: Consultants InRO, 2009.