

文章编号:1671-6833(2008)03-0133-04

## 基于四阶段预测理论的公路交通量预测研究

田智慧<sup>1</sup>, 王世杰<sup>2</sup>

(1. 郑州大学 环境与水利学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省交通规划勘察设计院, 河南 郑州 450052)

**摘要:** 区域公路交通量的科学预测是区域公路网规划的前提和基础. 在分析了我国从1980年以来公路交通工具的变化后, 指出今后应以小汽车作为公路交通量衡量的标准, 在此基础上, 运用四阶段预测分析理论, 研究和建立了适合河南省特点的公路交通量预测模型和方法, 对河南省公路交通量的需求生成、交通分布、交通方式的选择和交通分配进行了预测和分析, 并用郑州—漯河高速公路、漯河—驻马店高速公路2007年交通量的实际数据进行验证, 结果表明, 采用四阶段分析预测理论建立的预测模型较好地预测了河南省的公路交通量.

**关键词:** 公路交通量; 四阶段预测理论; 河南省; 公路交通量预测

**中图分类号:** TP 391.9 **文献标识码:** A

### 0 引言

公路交通量的科学预测是区域公路网络规划、布局、建设和管理的基础. 目前, 国内对公路交通量的预测一般采用四阶段预测和总量控制理论<sup>[1]</sup>. 在四阶段预测理论中, 区域交通量一般用出发地发生量(Origin)、到达地吸引量(Destination), 即OD量来表示. 四阶段预测理论是从微观出发以定量分析为主导, 以路网上的交通流现状OD调查为基础, 应用趋势外推法与模型预测未来的OD分布, 采用不同的分配流算法, 对路段交通量进行分配预测, 根据路段上的交通量分配值, 建立不同的目标函数对路网规划方案进行设计与优化. 总量控制理论是从系统分析出发, 研究公路运输系统与社会经济系统的内在联系, 分析区域内公路交通总需求, 以路网各项道路与交通参数为依据揭示路网基本矛盾, 从公路网通车里程和等级结构等总量上去把握区域公路网的合理发展规模, 并由此应用图论原理进行公路网布局优化和总量控制.

研究区域公路交通需求的变化, 一般用的比较多的是四阶段法, 即交通需求生成预测、交通分布预测、交通方式的选择和交通分配<sup>[2]</sup>. 笔者试图以四阶段预测分析的理论为基础, 以河南省公

路交通量需求分析为背景, 探讨公路交通需求的内容、规模、预测和方法等问题.

### 1 公路交通量的衡量标准

公路交通量是指单位时间内通过公路某一断面的所有运输工具(有时包括行人)的数量. 交通量是以标准车为基础, 各类汽车都要折算成标准车型, 根据交通部制订的《公路工程技术标准》(JTG B01-2003), 我国公路上的标准车型按公路等级状况分为两种, 分别为小客车和中型载重汽车, 高速公路和一级公路上的标准车型为小客车, 其他等级公路上的标准车型为中型载重汽车<sup>[3]</sup>. 因此, 在标准车型的折算上, 客车折合为小客车, 而货运车辆折合为中型载重车辆, 单位均为辆/日. 但是同1980年代相比, 我国公路尤其是双车道公路交通组成比例发生了较大的变化. 根据河南省交通厅2001年3月7日进行的交通量OD调查的车型分析(表1)<sup>[4]</sup>, 在全部出行中, 客车合计占39.94%, 货车占近57.97%. 客车中, 小客车占27.73%, 货车中, 中货占22.15%, 这表明, 公路交通以从开始的单纯出行为目的到注重出行的舒适性为目的的过渡. 随着我国经济的发展以及国道主干线公路网的建设, 特别是高速公路通车里程的增加以及汽车产业政策的调整, 交通量中

收稿日期: 2008-04-16; 修订日期: 2008-06-20

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划课题资助项目(2007BAH08B06)

作者简介: 田智慧(1965-), 男, 河南西峡县人, 郑州大学副教授, 博士, 研究方向为地理信息系统的理论、方法与应用, E-mail: iezhtian@zzu.edu.cn.

小客车和大型集装箱的比重将会占据主导地位,而拖拉机与非机动车交通量所占比重会继续下降.因此,继续将中型载重汽车作为交通量换算的标准车型已不能正确反映我国的公路交通组成情况和特点<sup>[5]</sup>,而将小客车作为统一衡量交通量的标准车型应是今后发展的方向.

表 1 OD 调查车型分析<sup>[4]</sup>  
Tab.1 The analys of the motorcycle  
type based on OD<sup>[4]</sup>

车型	所占比 例/%	分类 车型	出行车 辆/辆	所占比 例/%
货车	57.97	小货	5 494	15.21
		中货	80 036	22.15
		大货	38 356	10.61
拖挂	7.65		27 645	7.65
集装箱	0.91		3 288	0.91
客车	39.94	小客	100 187	22.73
		大客	44 137	12.21
大拖	3.53		12 764	3.53
合计			361 365	100

## 2 基于四阶段理论的河南省公路交通量预测的应用研究

### 2.1 原始数据的来源

本文援引的数据来自 2001 年 3 月 7 日,河南省交通厅组织的区域交通量发生与吸引量的 OD 调查.这次调查根据河南省的行政区划和周边 6 省的道路邻接情况,将规划影响区划分为 141 个小区,共包含 298 个节点,这些节点包含了河南省所有县以上的城市、河南省周边省市的主要城市、道路的行政、技术等级变更点以及路线在省界的边界点和路线的主要交叉点.参照路网的结构,在全省各条国道及相关的主要县道上布设了 240 个 OD 调查点和交通观测点.采用路边拦车询问并给调查过的车贴标签的方法.对调查的车型进行了类型划分,并规定了车型折算系数<sup>[4]</sup>.

### 2.2 交通量预测方法

#### 2.2.1 发生、吸引交通量预测

##### (1) 增长率的确定

在对中原城市群未来发生吸引交通量预测时,交通量增长率主要采用如下公式<sup>[4]</sup>等

$$Y_t = Y_0(1 + \alpha)^t = Y_0(1 + E \cdot \beta)^t \quad (1)$$

式中: $Y_t$  为第  $t$  年的公路运输需求; $E$  为对应自变量的运输弹性需求; $Y_0$  为基年的公路运输需求; $\alpha$  为运输需求年均增长率; $\beta$  为自变量年均增长率,

$$\beta = \left( \frac{x_t}{x_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (2)$$

式中: $x_t$  为第  $t$  年自变量的值; $x_0$  为基年自变量的值.

在增长率的模型中,增长率  $\alpha$  的确定极为关键,公路交通量预测方法可以采用因果关系分析的回归模型预测和时间序列分析的趋势外推预测法.其中,回归模型预测中,采用一元非线性模型,在时间序列分析的趋势外推方法中,可采用指数函数和幂函数回归等方法.

在本研究中,以道路交通量的变化率为考察对象,针对中原城市群各地市的客货车分别运用了指数函数和幂函数的方法,建立了各地市的客货运输增长率的预测模型.例如,郑州市的客货运输增长率的预测模型指数函数公式如下.

客车:

$$y = 0.401 \exp(-0.2083x), R^2 = 0.72 \quad (3)$$

式中: $x$  为社会经济增长对客车运输弹性需求增长率; $y$  为客车运输增长率; $R$  为相关系数.

货车:

$$y = 0.3297 \exp(-0.1543x), R^2 = 0.90 \quad (4)$$

式中: $x$  为社会经济增长对货车运输弹性需求增长率; $y$  为货车增长率; $R$  为相关系数.

#### (2) 发生、吸引交通量预测

根据利用上面方法得到的未来年份交通量和利用基年 OD 调查得到的各小区基年发生和吸引交通量,可利用下式计算出未来各小区发生、吸引交通量<sup>[6]</sup>.

$$p_i = p_i^0(1 + R_i)^n \quad (5)$$

$$A_j = A_j^0(1 + R_j)^n \quad (6)$$

式中: $p_i$  为  $i$  区未来年发生交通量; $R_i$  为  $i$  区未来年发生交通量增长率; $p_i^0$  为  $i$  区基年发生交通量; $A_j$  为  $j$  区未来年吸引交通量; $R_j$  为  $j$  区未来年吸引交通量增长率; $A_j^0$  为  $j$  区基年吸引交通量; $n$  为特征年与基年之差.

运用上述方法预测的未来特征年中原城市群各地市客货车折成小客车的发生吸引量增长率见表 2.

#### 2.2.2 分布交通量预测

交通分布预测方法有增长率法、重力系数法和机会模型法<sup>[7]</sup>.增长率法分为平均增长率法和弗雷特法,这里采用弗雷特法.弗雷特法的优势在于该方法认为两交通区之间的未来出行量,不仅与两区的增长系数有关,而且还与整个调查区内其它小区的增长系数有关.其计算模型如下:

$$T'_{ij} = T^0_{ij} \times G_i \times G_j \times (L_i \times L_j) / 2 \quad (7)$$

$$L_i = p_i^0 / \sum_j T^0_{ij} G_j \quad (8)$$

表2 中原城市群各地市客货车折成小客车的  
发生吸引量增长率

Tab.2 The OD's growth rate that the amounts of the  
passenger bus and the freight quantity matrixing  
become the car amounts in the cities of

Central China of Henan			%
地区	2003 ~ 2010	2010 ~ 2020	
郑州	8.09	5.20	
新乡	7.90	5.40	
漯河	7.78	4.95	
许昌	7.94	5.03	
洛阳	7.68	4.77	
焦作	7.70	4.85	
济源	7.64	4.57	
开封	7.41	5.05	
平顶山	7.28	4.80	

$$L_j = A_j^0 / \sum_i T^0_{ij} G_i \quad (9)$$

$$G_i = p_i' / p_i^0 \quad (10)$$

$$G_j = A_j' / A_j^0 \quad (11)$$

式中:  $T'_{ij}$  为  $i, j$  区之间的未来出行量;  $T^0_{ij}$  为  $i, j$  区之间的现状出行量;  $L_i$  为现状发生量占区域现状总吸引量比重;  $L_j$  为  $j$  区现状吸引量占区域现状总发生量比重;  $G_i$  为发生量增长率;  $G_j$  吸引量增长率;  $p_i'$  为由  $i$  区产生的未来总出行量;  $A_j'$  为  $j$  区未来吸引出行量;  $p_i^0$  为由  $i$  区产生的现状总出行量;  $A_j^0$  为  $j$  区现状吸引出行量;

### 2.2.3 交通量分配

进行交通量分配时,一般采用多路径概率分配法、均衡分配法等,这里采用均衡分配法,即假设两点间有很多条道路而两点间的交通量又很少的话,出引者显然会沿着最短路径走。随着交通量的增加,最短路径上的交通量也会随着增加,增加到一定程度,这条道路上的行驶时间会因为拥堵而变长,这时,该路径就不是最短路了。因此,有部分使用者会选择新的最短路,随着两点间的交通量的继续增加,两点间的道路都可能被利用,直到两点间被利用的各条道路的行驶时间都相等,最后达到平衡状态<sup>[2]</sup>。平衡分配模型为:

$$\min Z(x) = \sum_{\alpha} \int_0^x t_{\alpha}(w) dw \quad (12)$$

$$\sum_k f_{\alpha,k}^r = q_r \quad \forall r, s \quad (13)$$

$$f_{\alpha,k}^r \geq 0 \quad \forall r, s \quad (14)$$

$$x_{\alpha} = \sum_r \sum_s \sum_k f_{\alpha,k}^r \delta_{\alpha,k}^r \quad \forall \alpha \quad (15)$$

式中:  $x_{\alpha}$  为路段  $\alpha$  上的交通量;  $t_{\alpha}$  为路段  $\alpha$  上的行驶时间;  $f_{\alpha,k}^r$  为出发地为  $r$  目的地为  $s$  的 OD 间第  $k$  条路径上的概率;  $\delta_{\alpha,k}^r$  为  $0 \sim 1$  的变量,如果路段  $\alpha$  在出发地为  $r$  目的地为  $s$  的 OD 间的第  $k$  条路径上,则  $\delta_{\alpha,k}^r = 1$ ,否则  $\delta_{\alpha,k}^r = 0$ ;  $q_r$  为  $r$  与  $s$  之间的 OD 交通量。经过综合分析选取均衡分配方法进行分配,得基年以及未来特征年 OD 量分配到道路上。

采用上述方法分别计算各路网布局方案的分配交通量,并将预测交通量分配数据作为路网布局方案调整和方案比选的依据。表3为采用此方法预测的河南省部分高速公路主要路段交通量。

表3 河南省部分高速公路路段交通量分配情况

Tab.3 The distribution of the volume of the traffic  
of part express highway of Henan Province

高速公路	路段划分	分配交通量(小客车辆/日)		
		2010年	2015年	2020年
北京-港澳	豫冀省界-鹤壁	37 964	55 781	74 648
	鹤壁-新乡	41 628	61 166	81 853
	新乡-郑州	50 333	73 956	98 970
	郑州-机场	49 482	72 706	97 296
	机场-许昌	47 229	69 395	92 867
	许昌-漯河	46 431	68 223	91 297
	漯河-驻马店	38 985	51 405	68 791
	驻马店-省界	31 918	46 898	62 760
连云港-霍乐果斯	虞城-商丘	16 991	24 393	32 643
	商丘-兰考	18 130	26 028	34 832
	兰考-开封	28 866	41 441	55 457
	开封-郑州	42 730	61 345	82 093
	郑州-巩义	52 153	70 842	99 196
	巩义-洛阳	46 934	67 380	90 169
	洛阳-三门峡	35 986	51 662	69 136
南京-洛阳	三门峡-灵宝	23 069	33 119	44 321
	周口-漯河段	15 865	23 312	32 696
	漯河-叶县段	11 205	16 463	23 089
	汝州-洛阳段	12 641	18 574	26 052
上海-西安	固始-潢川	16 139	24 545	33 035
	潢川-信阳	18 872	28 698	38 624
	信阳-泌阳	16 628	25 285	34 031
	泌阳-南阳	15 411	23 435	31 541
	南阳-西峡	26 198	36 220	46 462

根据中原高速公路股份有限公司2007年对郑州-漯河高速公路、漯河-驻马店高速公路车流量的统计<sup>[8]</sup>,交通量分别达38 251辆/日,35 963辆/日,且近3年(2005~2007)年均增长4.

75%和6.2%。若按这一增长速度,则到2010年,郑州—漯河高速公路、漯河—驻马店高速公路车流量则分别达到45 518辆/日和40 460辆/日,和表3的预测值47 229量/日和38 985量/日的误差只有3.6%和3.8%,说明预测值比较准确。

#### 4 结束语

交通量的预测是区域公路网络规划、布局的基础,国内一般采用四阶段预测理论和总量控制理论。四阶段预测理论以路段上的交通流现状OD调查为基础,应用趋势外推法与模型预测未来的OD分布,比较适合在公路GIS中进行交通量等专题数据的组织<sup>[9]</sup>。笔者以四阶段预测的基本原理为指导,以河南省公路交通量需求分析为背景,探讨了适合河南公路交通量预测特点的公路交通预测模型,采用郑州—漯河高速公路、漯河—驻马店高速公路2007年交通量的实际统计数据及近3年增长率数据对其2010年交通量的增长进行计算,并同采用四阶段理论预测的结果进行比较。结果表明,用四阶段预测理论建立的模型比较适合河南省的公路交通量预测。

#### 参考文献:

- [1] 周伟,张树升.公路网规划两种理论与方法比较分析[J].西安公路交通大学学报,1996,16(4):1-4.
- [2] 裴玉龙.公路网规划[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [3] JTG B01-2003,公路工程技术标准,[S].
- [4] 河南省交通厅.河南省高速公路网规划[R].郑州:河南省交通厅,2005.
- [5] 盖春英,裴玉龙.公路网交通分配中若干问题的研究[J].公路交通科技,2002,119(4):75-78.
- [6] 张雨化.高速公路规划与设计[M].北京:人民交通出版社,2003.
- [7] 裴玉龙,陈洪仁,刘洋.干线公路网交通量综合预测法研究[J].中国公路学报,1997,10(3):101-105.
- [8] 河南中原高速公路股份有限公司.2007年年度财务审计报告[DB/OL].[2007-06-03].<http://stock.baidu.com/cn/read.php?code=600020&id=315991htm>.
- [9] 田智慧,武舫,熊伟.公路地理信息系统中的数据组织与管理[J].郑州大学学报:工学版,2007,28(4):59-62.

### Research on the Forecast of the Highway Traffic Volume Based on the Theory of the Four Stages Forecast

TIAN Zhi-hui<sup>1</sup>, WANG Shi-jie<sup>2</sup>

(1. School of Environment and Water Conservancy, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** The scientific forecast of the volume of highway traffic is a premise and basis of the area highway network plans. The paper points out that the volume of traffic measures should be based on the car traffic volume in the future after the change of the highway means of transportation in our country from 1980 age had been analysed. Then, the paper studies and builds the forecast model and method of the highway volume of traffic being suitable for the Henan province characteristic by applying four stages to forecast analytical theory and also carries out the forecast of the volume of traffic need generation, traffic distribution, traffic way choice and traffic assignment. The author verified the forecast model and method with the data of the volume of traffic of 2007 of Zhengzhou-Luohe express highway. The result indicates that the forecast model based on the theory of the four stages forecast is comparatively suitable for the forecasting of the volume of the highway traffic in Henan province.

**Key words:** traffic volume; four stages forecasts theory; Henan Province road traffic volume forecast