

咸宁市公路交通需求分析

何晓鸣, 李玉娟

(武汉工程大学环境与城市建设学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:结合湖北省交通厅项目《中等城市枢纽型、适应型、广域联系统可持续发展绿色交通规划研究》,以咸宁市为例,将交通需求预测四阶段法运用到咸宁市交通发展规划中,根据调查数据,对四阶段模型进行了标定,并利用目前应用最为广泛的交通规划软件 TransCAD 预测了咸宁市未来的交通需求,为咸宁市交通发展规划提供了数据依据。

关键词:交通;需求预测;四阶段法;中等城市;发展规划

中图分类号:U491.1

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2010.05.022

0 引言

近年来,我国国家交通网络布局日臻完善。截止2007年底,我国交通网络总里程达到382万公里,公路里程达357万公里,铁路里程达7.77万公里,内河航道里程达12.3万公里,港口泊位3.58万个,万吨级以上泊位1403个,管道里程达4.8万公里,民用机场142个。随着我国城市化水平的不断提高,城市规模的扩大将导致交通需求的显著增长。在高度信息化条件下,城市的交通生成、交通分布、交通分配和交通方式选择都将发生较大变化,这就要求在交通规划过程中用科学的理论做依据,在传统方法的继承上发展和创新,寻求行之有效、精确且适合我国城市交通需求预测的理论方法。以集聚分析思想为指导,应用包含交通生成、交通分布、交通方式划分和交通分配4个阶段的“四阶段”交通需求预测法,针对公路交通省略了交通方式划分预测,并以咸宁市中等城市为例,结合具体情况进行标定,利用TransCAD交通规划软件预测未来的交通需求,为中等城市交通发展规划提供了数据分析方法,以资规划参考。

1 出行生成预测

交通生成预测是交通需求分析工作中最基本的部分之一,目标是求得各个对象地区的交通需求总量,即交通生成量,进而在总量的约束下,求得各交通小区的发生量和吸引量。出行的发生、吸引和土地的利用性质和设施规模有着密切的关

系^[1-4]。

图1表示交通小区*i*的发生交通量和交通小区*j*的吸引交通量。 O_i 表示由小区*i*的发生交通量(由小区*i*出发到各小区的交通量之和); D_j 表示小区*j*的吸引交通量(从各小区来小区*j*的交通量之和)。相反,小区*i*的吸引交通量和小区*j*的发生交通量依次类推。

交通需求预测一般建立在OD(Origin Destination)调查、社会经济、人口和土地利用情况的基础上,通过数学模型,得到未来各个小区、道路交通状况^[5-6]。此种方法最初

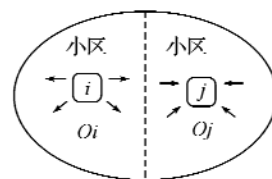


图1 交通量的发生与吸引
Fig.1 Occurance and attraction of traffic volume

用于城市交通规划,在公路交通需求预测中,由于交通方式可选择性相对城市较小,公路一般不做交通方式划分预测^[7]。在咸宁市交通发展规划中,运用四阶段法对各个交通小区和道路网的交通状况进行了科学的预测,为咸宁市交通发展规划提供了科学的依据。

出行生成预测包括出行发生预测和出行吸引预测。发生量与吸引量预测是四阶段交通需求预测的第一阶段。常用的模型有类型分析法、回归分析法及增长率法^[8-9]。回归分析法可解释性强,可靠性好,在使用中比较简便。根据本次交通规划的具体情况,本研究中采用多元回归法。

收稿日期:2009-06-18

基金项目:湖北省交通厅(HB092-17)

作者简介:何晓鸣(1957-),男,湖北潜江人,教授。研究方向:交通规划。

2 出行分布预测

交通分布预测是把交通的发生与吸引量预测获得的各小区的出行量转换成为各小区之间的空间 OD 量,即 OD 矩阵。

图2为交通小区*i*和交通小区*j*之间交通分布的示意图。 Q_{ij} 表示交通小区*i*到交通小区*j*的交通量,即分布交通量。同样, Q_{ji} 则表示由交通小区*j*到交通小区*i*的交通量。

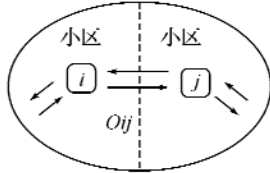


图2 交通分布的示意图

Fig. 2 Traffic distribution schematic diagram

出行分布预测方法有增长率法、概率模型法、重力模型法和系统平衡模型法。重力模型是国内外交通规划中使用最广泛的模型,此法综合考虑了影响出行分布的经济增长因素和出行空间、时间因素,借鉴了万有引力定律的空间互动关系模型分析方法^[12-13],尤其适用于公路网的交通分布预测。进行交通分布预测前,要对各交通小区进行编号,如表2所示。

2.1 双约束重力模型

模型的基本形式:

$$\begin{cases} \hat{t}_{ij} = K_i K'_j P_i A_j f(t_{ij}) \\ K_i = \left[\sum_{j=1}^n K'_j A_j f(t_{ij}) \right]^{-1} \\ K'_j = \left[\sum_{i=1}^m K_i P_i f(t_{ij}) \right]^{-1} \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中: K_i 为行约束系数; K'_j 为列约束系数。

表2 咸宁市交通分区编号表

Table 2 Xianning traffic zones numbered table

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
交通小区	咸宁市	嘉鱼县	赤壁市	崇阳县	通城县	通山县	武汉市	荆州市	湖南省	江西省	鄂州市
方向							方向	方向	方向	方向	方向

对每一个出行发生区和吸引区分别赋予一个迭代系数 K_i 、 K'_j 。它们对所有*i*~*j*对分区的乘积,保证模型矩阵中行的总和与列的总和与调查矩阵中行的总和与列的总和都对应相等,故称为双约束重力模型。

阻抗函数:

$$f(t_{ij}) = t_{ij}^{-\alpha} \quad (6)$$

上述模型在标定时,考虑到交换量误差,标定时引入了布局调整系数 F_{ij} ,即令

$$\hat{t}_{ij} = K_i K'_j P_i A_j F_{ij} f(ij) \quad (7)$$

$$S_{ij} = [P_i F_{ij} f(ij)]^{-1}$$

式(7)中: K_i 、 K'_j 同前,其中

$$F_{ij} = \frac{R_{ij}(1 - X_{ij})}{(1 - X_{ij} R_{ij})} \quad (8)$$

式(8)中: R_{ij} 为调查的出行数与重力模型估计的出行数比值,即

$$R_{ij} = \frac{t_{ij}}{\hat{t}_{ij}}$$

X_{ij} 为*i*区到*j*区出行数占*i*区出行发生总数的百分比,即

$$X_{ij} = \frac{t_{ij}}{P_i} \quad (9)$$

式(9)中: P_i 为*i*区居民出行发生量。

1.1 模型的建立

分析现状交通量、OD 与社会经济、人口、用地特征等方面基础资料的相关性,将与交通量等密切相关的人口、GDP 及工业生产总产值作为三个因素,建立如下多元线性回归模型^[10-11]:

$$F_{ik} = A_0 + A_1 R_{ik} + A_2 G_{ik} + A_3 Q_{ik} \quad i = 1, 2 \cdots n \quad (1)$$

式(1)中: n 为节点个数, F_{ik} 、 R_{ik} 分别为节点 i 第 k 年的交通发生量(吸引量)和人口数量; G_{ik} 、 Q_{ik} 为节点 i 第 k 年的 GDP 和工业生产总产值; A_0, A_1, A_2, A_3 为回归系数.在该模型中, $k=0$ 代表基年的情况.

1.2 模型标定

引入矩阵:对某一个小区 i ,令

$$\begin{cases} F_{ik} = y \\ R_{ik} = x_1 \\ G_{ik} = x_2 \\ Q_{ik} = x_3 \end{cases}$$

定义历史年为 $1, 2, \cdots, n$.

为了求解方便,引入如下矩阵:

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} \end{pmatrix}$$

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_n \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \end{pmatrix}$$

则:

$$\hat{A} = \begin{pmatrix} \hat{A}_0 \\ \hat{A}_1 \\ \hat{A}_2 \\ \hat{A}_3 \end{pmatrix} = (X'X)^{-1} X'Y \quad (2)$$

解出各个回归系数,从而标定回归方程.

根据 2006 年咸宁市及各县市区交通发生量 F_{ik} 、经济指标 G_{ik} 、人口 R_{ik} 和工业生产总产值 Q_{ik} ,通过回归分析得到交通发生量 F_{ik} 的回归模型:

$$F_{ik} = -3\,950.74 + 146.851\,9R_{ik} - 0.000\,28G_{ik} + 0.001\,93Q_{ik} \quad (3)$$

同理,交通吸引量 A_{ik} 的回归模型:

$$A_{ik} = -5\,344.59 + 173.495R_{ik} - 0.000\,16G_{ik} + 0.002\,421Q_{ik} \quad (4)$$

1.3 预测结果

将预测的未来年的社会经济预测指标(2010 年、2015 年、2025 年)代入交通发生、吸引量预测模型,得到咸宁市及各县、市区交通发生、吸引量预测值如表 1 所示.

表 1 咸宁市及各县市区交通发生量预测值

Table 1 Traffic volume forecast values of counties and urban districts of Xianning

交通区	2010 年预测值(辆)		2015 年预测值(辆)		2025 年预测值(辆)	
	发生量	吸引量	发生量	吸引量	发生量	吸引量
咸宁市	5 109.987	5 824.801	5 639.307	6 815.153	8 285.555	1 0841.6
嘉鱼县	3 118.326	2 809.952	3 262.322	3 014.544	5 510.927	5 666.352
赤壁市	4 745.62	5 132.769	5 204.026	5 831.392	7 482.022	9 194.241
崇阳县	4 108.431	3 230.043	4 905.959	5 317.55	6 549.197	7 450.986
通城县	3 230.66	2 809.079	3 379.843	3 465.222	5 709.453	6 513.48
通山县	2 901.861	4 614.515	3 228.149	3 238.515	4 104.468	4 370.687
武汉方向	4 713.181	185.783 5	5 201.396	5 200.472	7 641.799	8 272.951
荆州方向	204.232 5	1 277.038	225.388	209.374 5	331.136	333.074 6
湖南方向	1 269.948	499.882 4	1 401.496	1 439.198	2 059.053	2 289.488
江西方向	574.035 8	494.658	633.497 3	563.358 1	930.723	896.194 4
鄂州方向	495.116 6	2 809.079	546.403 3	557.470 3	802.766	886.828 1

2.2 模型参数标定

第一步,计算 11 个交通小区之间的行驶时间最短路矩阵,作为阻抗矩阵.读入现状的小区发生量和吸引量,及各区间的出行交换量的调查值.

第二步:选用标定参数 α 的任一初值,计算分区平衡系数.系数 α 的初始值取 1.0.根据对 K_i 或对 K'_j 假设的任何初值用迭代法求解得平衡系数.

迭代过程:先假设 $K'_j = 1.0$,利用公式 $K_i =$

$$\frac{[\sum_{j=1}^n A_j]}{f(t_{ij})^{-1}}, \text{计算 } K_i \text{ 值. 已知 } K_i \text{ 值, 计算 } K'_j = \frac{[\sum_{i=1}^m K_i P_i]}{f(t_{ij})^{-1}}, \text{第一遍迭代结束. 第二次迭代包括将 } K'_j$$

的修正值代入 K_i 公式重新进行计算,已知修正的 K_i 值,再计算 K'_j 值,第二次迭代结束.循环计算,直至相邻两次迭代中的 K_i 值相等(程序中以两者之差小于 10^{-6} 时认为两个数值相等).

第三步:将 K_i 、 K'_j 代入公式 $\hat{t}_{ij} = \frac{K_i K'_j A_j}{S_{ij}}$ 计算出 \hat{t}_{ij} 值.

第四步:利用公式

$$F_{ij} = \frac{R_{ij}(1 - X_{ij})}{(1 - X_{ij} R_{ij})} \text{计算出布局调整系数 } F_{ij}.$$

第五步: $\hat{l}_{ij} = \hat{t}_{ij} \cdot F_{ij}$ 计算出区间交换量.

第六步:计算调查的与模型的起讫点阻抗矩阵中所有出行的平均出行时间采用加权平均:

$$t = \frac{\sum t_{ij} \cdot S_{ij}}{\sum P_i}.$$

若二者相差大于 3%,则需调整标定参数 α ,重复第二至五步直至满足容许误差为止.

计算表明,当 $\alpha = 1.0$ 时, T_{GM} 调查所得到的平均时间为 825.84, T_{OD} 模型计算所得到的平均出行时间(单位:min)为 826.10,满足误差要求.

2.3 预测结果

依据标定的模型参数,利用专业交通规划软件 TransCAD(美国)进行交通分布计算^[14].得到了咸宁市 2010 年、2015 年及 2025 年交通分布的 OD 矩阵.2010 年的交通分布 OD 矩阵如表 3 所示.

利用 TransCAD 软件中双约束重力模型生成 2010 年、2015 年、2025 年咸宁市机动车出行期望线图.2010 年的机动车出行期望线图如图 3 所示.

表3 2010年咸宁市交通分布的OD矩阵
Table 3 Xianning traffic distribution OD matrix in 2010

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1 744	73.6	40.32	446.1	377.3	684.1	1 368	49.53	71.17	63.92	181.7
2	133.4	1 899	7.867	5.177	9.558	21.68	697.8	18.12	117.9	11.44	5.721
3	37.69	32.7	3877	10.04	5.697	16.15	522	12.53	196.3	28.98	41.77
4	355.2	2.81	7.485	3 364	21.24	25.59	380.9	17.24	12.8	27.98	48.14
5	425.7	6.88	3.442	24.63	1970	23.85	377.4	3.178	162.4	3.496	19.7
6	788	14	225.3	196.2	55.98	1323	516.9	5.511	27.88	82.66	63.54
7	1 869	531	477.2	304.2	322.7	479.5	41.03	3.752	578.4	194.4	43.15
8	42.71	9.44	10.27	15.81	14.79	29.23	23.01	1.251	16.89	39.4	4.503
9	123	47.2	263.5	36.28	165.2	35.21	515.7	46.15	21.26	18.89	62.04
10	17.43	18.4	6.763	20.37	17.78	256	170.4	27.39	16.01	2.502	5.003
11	228.8	7.55	63.21	15.81	36.5	22.92	27.39	3.002	94.06	6.629	2.502

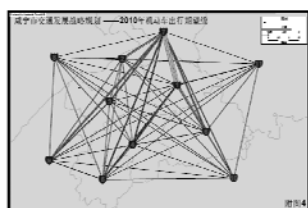


图3 2010年咸宁市机动车出行期望线图
Fig.3 Xianning vehicle trip expectation line in 2010

3 交通分配预测

交通分配预测是根据出行分布预测得到的远景OD表来推算干道交通量.运用TransCAD中的随机用户平衡模型建立了路段行驶时间与路段交通量之间的函数关系,通过反复迭代分配计算(达到要求的精度),得到各路段上的交通量.

3.1 交通分配预测模型

路段阻抗函数是一个基本要素,目前为止,交通工程界的唯一公认的阻抗函数实例是来自于美国联邦公路局的走行时间公式^[15]:

$$t = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{v}{c} \right)^\beta \right] \quad (10)$$

式(10)中: t 为路段行驶时间阻抗函数; t_0 为交通量为零时的路段行驶时间(min); V 为路段交通量(辆/h); C 为路段实用通行能力(辆/h); α, β 为参数,建议值为: $\alpha = 0.15, \beta = 4$.

t_0 的确定要求求出零流车速 U_0 ,通过 $U_0 = S \cdot \eta \cdot V_0$ 来确定, η 为车道宽影响系数; S 交叉口影响系数;路段设计车速 V_0 与道路等级有关不同的道路等级采用不同的设计速度,具体见规范要求.交叉口影响修正系数 S ,主要取决于交叉口控制方式及交叉口间距.连接道路通行能力计算方法具体参考美国《道路通行能力手册》.

3.2 交通分配预测结果

采用TransCAD软件中的随机用户平衡模型计算得2010年、2015年以及2025年咸宁市交通

分配预测结果如表4所示.

表4 2010年咸宁市主干路网交通分配结果

Table 4 The traffic distribution result of Xianning main road network in 2010

主要路段	京珠高速	106国道	107国道	S208	S209	S317	S319
分配结果	1 123	2 414	5 116	3 756	2 975	3 600	1 226

4 结 语

城市交通需求预测理论与方法发展至今,主要有集聚分析和非集聚分析两类方法.目前国内外通常采用以集聚分析思想为指导,包含交通生成、交通分布、交通方式划分和交通分配4个阶段的“四阶段”交通需求预测法.多年的实践表明,由于四阶段法中各阶段的相对独立和分割,导致整个预测工作量大,信息需要量大,人力物力消耗巨大,并且出现了许多不符合实际的情况,特别是针对OD分区数量很大的城市交通需求预测工作^[16].

咸宁市公路交通需求预测以集聚分析思想为指导,采用省略交通方式划分的“四阶段”交通需求预测法.根据实测的咸宁市公路交通数据对各阶段模型进行了标定,标定参数,结合对咸宁市远景年的交通状况的分析预测,细致分析了各个阶段的模型和算法的选择和运用,对咸宁市交通发展规划起到了重要作用.也可作为其他地区公路交通需求预测模型参数选择的参考,对其他正式公路网规划交通需求预测有很好的指导作用.

参考文献:

- [1] 沈峥嵘,邵春福.交通需求预测及其应用研究[J].道路交通与安全,2006,6(6):1-7.
- [2] 盛宇.中小城市交通需求预测模型研究[D].河海大学,2006.
- [3] 于明,魏彦明,李振勇.四阶段法在交通规划中的应用[J].管理观察,2009(14):86-87.
- [4] 刘欣,王洪涛,林洋.交通量预测研究方法评述[J].

- 吉林建筑工程学院学报,2009,26(4):35-38.
- [5] 王伟,徐吉谦. 城市交通规划理论与方法[M]. 北京:人民交通出版社,1992.
- [6] 李旭宏. 道路交通规划[M]. 南京:东南大学出版社,1977.
- [7] 王建军,刘建超,陈宽民. 公路建设项目交通需求预测与分析[J]. 重庆交通学院学报,2004,23(1):45-48.
- [8] 王晖. 高等级公路项目可研阶段交通量预测若干问题研究[D]. 长安大学,2003.
- [9] 许晗,郑大为. 公路建设项目交通量的预测方法研究[J]. 山西建筑,2009,35(35):260-261.
- [10] 汪恒. 武汉城市圈道路客运需求研究[D]. 武汉理工大学,2006.
- [11] 刘世武,过秀成,陈祖明. 公路工程可行性研究中的交通量预测方法探讨[J]. 湖南交通科技,1999(4):78-80.
- [12] 杜智民. 西部地区公路交通量预测方法研究[D]. 长安大学,2005.
- [13] 郭冠英. 以路段流量推算出行 OD 矩阵的研究[J]. 上海公路,1999(2):41-44.
- [14] 沙滨,袁振州,缪江华,等. 基于TransCAD 的交通需求预测研究[J]. 山西科技,2006(1):24-26.
- [15] 盖春英,裴玉龙. 基于公路网的路段交通量预测方法研究[J]. 公路交通科技,2002(01):76-80.
- [16] 张培林,刘清,丁涛,等. 交通运输专业虚拟实习平台的建设[J]. 武汉工程大学学报,2009,31(9):72-77.

Study on the Highway transportation demand analysis methods of Xianning

HE Xiao-ming, LI Yu-juan

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Combined with the project of “Research on urban terminal, suitable and wide domain related sustainable green transportation planning of middle city” funded by Hubei provincial communication department, take Xianning for example, four stages of traffic demand forecast was used in the transportation development project of Xianning, the four stages model was calibrated based on the survey data, and the future transportation demand of Xianning was forecast applying with the widely applied software TransCAD, the data basis for the transportation development project of Xianning was provided.

Key words: traffic; demand predicting; four stages; middle city; development & planning

本文编辑:陈小平