

OD 支持的公路交通预测系统的设计与实现

柏宏权¹ 李军龙²

(1. 南京师范大学 教育技术系, 江苏 南京 210097)

(2. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096)

[摘要] 设计并实现了一个基于 OD 支持的公路交通需求预测系统. 系统改进了交通量预测的重力模型, 并把虚拟路网用于预测过程. 实验结果表明, 用平均增长率模型与改进的重力模型得到的 OD 期望线有较大差别, 这体现了两种方法进行需求预测中的区别和不同的适用范围. 从两种方法预测结果在区域公路网上分配所得交通量分布可以看出, 总体上两种方法交通量的分布都沿着主要的交通走廊, 分布形态总体相差不多, 但局部路段交通量仍有差别. 分别用两种方法与公路局实际年度公路调查数据比较发现, 重力模型预测所得结果比使用平均增长率模型预测结果有更高的预测精度.

[关键词] 公路 OD, 交通预测, 四阶段预测, 重力模型

[中图分类号] U491.1⁺4 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1672-4292(2011)03-0083-06

Design and Implementation of Traffic Demand Estimation System Based on OD

Bai Hongquan¹, Li Junlong²

(1. Department of Educational Technology, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

(2. School of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Based on OD, a traffic demand estimation system is designed and implemented. The system improves the gravity model of the traffic estimation, and uses the virtual highway network on the basis of practical highway network. Experimental results show that the average growth rate model and modified gravity models obtained OD expectations lines are quite different, which reflects that the two methods have different scopes in traffic forecasting. Predictions from the two methods in the area distribution of road traffic can be seen that the overall traffic on the two methods of distribution are along the main transport corridors, a smaller difference between the overall distribution pattern, but there are still differences between the local road traffics. The two ways are used to compare with the survey data offered by Highway Bureau, and the finding is that: the results used the gravity model predicts have a higher prediction accuracy than the average growth rate model.

Key words: OD of highway, traffic prediction, four-phase prediction, gravity model

交通需求预测是根据现有社会经济、人口及交通数据预测目标年交通需求, 可以为公路建设项目和规划方案可行性研究提供工作基础和决策参考. 公路网路段交通量及 OD 数据的统计分析是一项非常繁重的工作, 涉及到表格设计、调查实施、编码、输码以及统计分析等多个环节^[1], 且只有经过专业人员的整理、统计和分析后的调查结果才能真正为路网建设项目所用. 目前较为常用的交通分析软件, 如 TransCAD、EMME/2 和 Trips 等, 均较少提供公路交通量及 OD 的统计分析功能; 以交运之星(TranStar) 为代表的国产软件虽已具有一定的统计分析功能, 但仍存在诸多的不足, 如预测精度达不到要求、对交通量的分析不够全面等. 基于 OD 支持的公路交通需求预测系统, 吸收了公路规划建设管理方面的相关研究成果, 包括公路交通四阶段预测方法^[2, 3]、面向决策的交通需求预测模型^[4, 5]、公路网络设计及优化理论^[6, 7]、公路规划建设管理的决策理论与方法等, 系统具有理论性完备、可操作性强、易于维护等特点. 将系统应用于公路网规划, 不仅能显著提高公路建设与管理的效率, 更重要的是能提高决策的时效性和科学性.

收稿日期: 2011-06-22.

通讯联系人: 柏宏权, 博士, 讲师, 研究方向: 计算机应用. E-mail: baihongquan@163.com

1 系统的整体设计

1.1 系统的总体设计

OD 的公路交通需求预测系统以 GIS 系统为基础信息平台,以社会经济数据为基础,建立公路网基础数据库和图形数据库,结合公路网规划理论建立 OD 更新、需求预测、项目管理等子系统.系统总体设计如图 1 所示.

1.2 系统的功能设计

系统包含数据管理子系统、图形管理子系统、OD 更新子系统、需求预测子系统和项目管理子系统 5 个子系统,其中前 3 个子系统主要用于公路交通基础数据的维护与分析,后两个子系统主要面向公路规划建设管理的实际决策与应用.

1.2.1 数据管理子系统

数据管理子系统管理的数据是地区近年的社会经济数据,包括人口、国内生产总值、产业结构、客货运量、汽车保有量等.该子系统除提供基本的数据浏览、导入导出、修改等常用功能外,还提供了数据分析功能,如某地区人口的跨年度的纵向对比及各地区之间横向的对比分析功能等.

1.2.2 图形管理子系统

图形管理子系统是决策支持系统的一个重要组成部分.公路网图形数据库不同于一般数据库最明显的特征即空间性,因而公路网图形数据库存储的数据包括空间信息和属性信息,数据量更大,数据分析更复杂.图形管理子系统实现公路网基础数据库与公路网图形数据库的属性关联和同步更新,并能够对公路网进行查询、编辑和分析.

图形管理的主要功能包括:图形查询、图形编辑、图形显示、图形检查编辑和图形更新.通过图形管理对公路网进行修改和检查,确保公路网图形的数据准确和公路网相关数据的信息匹配.

1.2.3 需求预测子系统

该子系统以“四阶段”模型为基础,通过基础年调查的 OD 数据以及各交通小区的一些基础数据,以一定的模型实现对区域内任意小区之间任意年份 OD 数据预测,包括基础预测、交通生成预测、交通方式划分以及交通分布预测.

(1) 基础预测.基础预测主要实现预测 GDP、人口、汽车保有量和客货运弹性系数等经济指标的变化.预测的区间由设定的基年和特征年共同确定.预测的基本参数采用手工录入的方法,参考各地市及全省国民经济发展规划确定.

(2) 交通生成预测.需求预测系统中生成预测主要采用弹性系数法,在进行预测时需要确认准备的数据是否充分.系统提供“数据检查”功能用于辅助检查生成预测所需数据的准备状态,并提供数据和参数的局部修改.

(3) 交通方式划分.方式划分预测过程的前提是生成预测,与前者预测的过程类似,也需要在相关数据准备完毕后才能顺利进行,最终获得各小区分车型的交通发生吸引量以及区域内各车型交通比例.

(4) 交通分布预测.分布预测的过程与前两者的过程类似,建立在前两者完成的基础之上,同时也需要准备与分布预测过程相匹配的专属数据.分布预测需要准备的数据与预测方法的选择有关.系统提供了两种可选的预测方法:选择增长率模型,则不要求阻抗数据;选择重力模型,则必须具备现状和特征年阻抗数据.

1.2.4 OD 更新子系统

由于大区域范围内的公路网 OD 调查一般每 5 年进行一次,两次调查之间年份的 OD 数据存在空缺,相关的公路交通规划设计需要实时的公路网 OD 数据,因此有必要将调查年份的 OD 数据采用一定的方法和模型,更新到当前年.OD 更新子系统就是提供根据基础年 OD 矩阵、当前年客货运量信息以及小样本交通量调查资料和核查线调查资料,推求当前年的 OD 矩阵,供交通需求分析和交通需求预测使用.

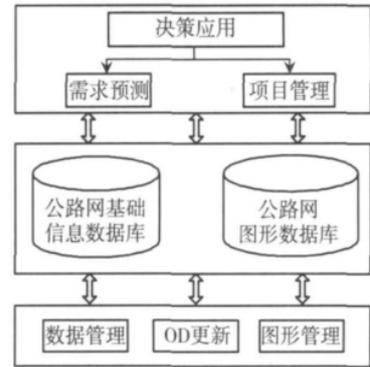


图 1 系统总体设计

Fig.1 The system overall design

1.2.5 项目管理子系统

项目管理子系统是针对区域公路网交通规划工作,以地理信息系统技术为辅助手段,将区域公路网交通规划中具有空间特征的信息实现可视化,为信息利用者提供直观、清晰、全面的信息表达方式.系统为公路网交通分析预测、规划方案制定、交通分析评价等提供强有力的工具.

2 改进的重力模型和分配方法

“四阶段”交通预测法是将交通预测的全过程划分成交通发生与集中、交通分布、交通方式分担及交通分配等4个阶段进行预测的一种方法,它客观地反映了路段交通量的生成规律,是目前我国道路交通研究中广泛应用的预测方法之一^[8].“四阶段”法中的“交通分布预测”是指根据“交通发生与集中”获得的各小区交通发生、吸引总量,按照一定的分布规律,推算出任意小区之间的OD量(表现为OD矩阵).重力模型是目前交通分布最常用的预测方法之一,它是基于小区之间相互作用的强弱与小区之间交通阻抗负相关的假设,推求总的交通发生和吸引量在区域小区间的分布情况.

重力模型是利用已预测的各小区交通发生、吸引量,参考基年小区间OD分布情况,计算出未来任意小区间OD量的一种数学方法.该模型结构简单,可操作性强,使用方便,对地区级公路运输网络规划比较适用.

基本重力模型一般表示为:

$$q_{ij} = k \times \frac{P_i^\alpha A_j^\beta}{R_{ij}^\gamma} \quad (1)$$

由于重力模型受到小区生成总量和吸引总量的约束,在实际应用中有较大的误差,本系统采用了改进的重力模型,并且在使用过程中引入了小区特性系数,改进的重力模型为:

$$q_{ij} = \frac{O_i \times D_j \times C_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^{70} (O_i \times D_j \times C_{ij}^{-r})} \quad (2)$$

使用改进的重力模型进行交通量预测的具体计算方法如下:

(1) 读取预测基年的小区交通发生量、吸引量和小区间阻抗因素.

(2) 设置交通阻抗函数的待定系数 r 迭代的初始值,向上步长为0.1,用于下一步骤的迭代.

(3) 设置 $k(ij) = 1$,通过式(2)计算基年小区间OD量 $q(ij)$,使用区间特性表中已更新获得的基年OD(ij)和距离阻抗 $c(ij)$,用式(3)计算平均阻抗 zl ,对每次使用的 r 值得到的 $q(ij)$ 和距离阻抗 $c(ij)$ 分别计算平均阻抗 z (方法同 zl),当 z 与 zl 的相对误差小于3%时,迭代结束,对应的 r 为以下一些步骤计算使用的 r .

$$zl = \frac{\sum_{i=1}^{70} \sum_{j=1}^{70} (OD_{ij} \times C_{ij}^{-r})}{\sum_{i=1}^{70} \sum_{j=1}^{70} OD_{ij}} \quad (3)$$

(4) 使用基年的小区发生 $O(i)$ 、小区集中 $D(j)$ 标定好的参数 r 和距离阻抗因素 $c(ij)$ 代入式(2)得到小区计算OD值 $q(ij)$,实际OD值为OD(ij),分别调用式(5)~(7)求 $k(ij)$.

(5) 使用目标年的小区发生 $O(i)$ 、小区集中量 $D(j)$ 、标定好的参数 r ,求 $k(ij)$,将距离阻抗 $c(ij)$ 代入式(4),得到目标年小区汽车OD值 $q(ij)$.

$$q_{ij} = \frac{O_i \times D_j \times C_{ij}^{-r} \times K_{ij}}{\sum_{j=1}^{70} (D_j \times C_{ij}^{-r} \times K_{ij})} \quad (4)$$

$$a_{ij} = \frac{OD_{ij}}{q_{ij}} \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{OD_{ij}}{\sum_{i=1}^{70} q_{ij}} \quad (6)$$

$$K_{ij} = \frac{(1 - b_{ij}) \times a_{ij}}{(1 - b_{ij} \times a_{ij})} \quad (7)$$

使用目标年的货(客)车的发生量 $O(i)$ 、货(客)车集中量 $D(j)$ 标定好的参数 r , 求 $k(ij)$ 将距离阻抗 $c(ij)$ 代入式(4), 得到目标年货(客)车 OD 值 $q(ij)$.

经过以上步骤计算, 可得到目标年小区间的汽车 OD、货车 OD 和客车 OD.

3 实验结果及分析

基于 OD 的公路交通需求预测系统, 以某区域现状公路网为基础, 按行政范围把该区域划分出 13 个大区和 65 个小区. 为使计算结果更加精确, 本系统增加了通往周边区域的虚拟路网. 以 2007 年该区域的社会经济、人口及交通数据, 以“四阶段”法为基础, 分别用平均增长率模型(方法一)与改进的重力模型(方法二)预测得到 2009 年任意小区之间的汽车 OD 量, 并将 OD 量分配到现状公路网上, 对比分配结果和 2009 年路段交通量调查数据, 以此验证预测模型的精确程度和系统整体的性能. 使用方法一和方法二预测任意小区间 OD 数据, 得到的 OD 期望线图分别如图 2、图 3 所示.

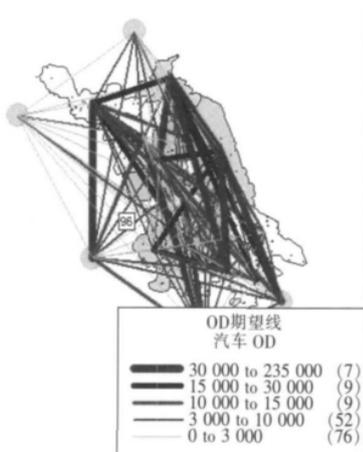


图 2 方法一预测得 OD 期望线
Fig.2 OD desire line used method 1

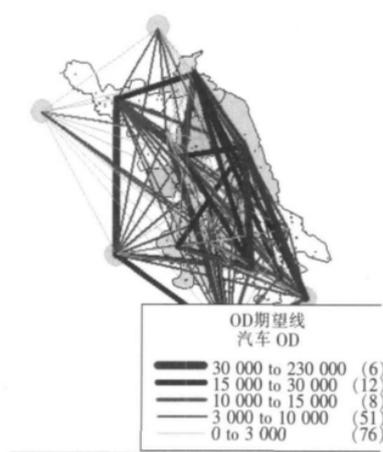


图 3 方法二预测得 OD 期望线
Fig.3 OD desire line used method 2

通过对两种模型预测得到的期望线比较, 可以看出各大区间期望线分布有较大差别, 尤其是在右下角和右上角区域 OD 期望线布局差异较大, 这也体现了两种方法进行需求预测中的区别和不同的适用范围.

根据两种不同方法预测得到的汽车 OD 量, 选用容量限制多路径分配方法, 将对应 OD 量分配到区域公路网上, 可得各路段交通量分布如图 4、图 5 所示.



图 4 方法一预测结果分配图
Fig.4 Traffic assignment used method 1



图 5 方法二预测结果分配图
Fig.5 Traffic assignment used method 2

分析以上两种方法预测结果在区域公路网上分配所得交通量分布, 可以看出, 总体上两种方法交通量的分布都沿着主要的交通走廊(表现为区域高速公路骨架网), 分布形态总体相差较小, 但局部路段交通

量仍有差别. 两种方法分配结果与该区域公路局 2009 年公路网路段实地调查数据的比对分析如表 1 所示.

表 1 2009 年部分公路预测及实测交通量比较
Tabel 1 The compare between prediction traffic and reality traffic about part of highway network in 2009

路段编号	技术等级	实测交通量	方法一	方法二	方法一误差率	方法二误差率
			预测交通量	预测交通量		
G2	高速公路	45 476	46 030	45 718	1.22%	0.53%
G15	高速公路	14 608	15 246	14 235	4.37%	2.55%
G25	高速公路	14 404	14 808	14 654	2.80%	1.74%
G30	高速公路	8 007	8 406	8 349	4.98%	4.27%
G40	高速公路	19 888	20 482	20 456	2.99%	2.86%
G42	高速公路	57 378	55 010	58 572	4.13%	2.08%
高速公路平均误差率					3.41%	2.34%
S121	一级公路	8 555	9 221	8 943	7.78%	4.54%
S122	一级公路	18 625	16 985	15 356	8.81%	17.55%
S123	一级公路	18 750	19 767	18 806	5.42%	0.30%
S124	一级公路	25 286	27 534	24 179	8.89%	4.38%
S221	一级公路	3 815	3 793	3 116	0.58%	18.32%
S222	一级公路	3 070	2 896	3 068	5.67%	0.07%
S223	一级公路	5 851	6 280	6 291	7.33%	7.52%
S226	一级公路	3 032	3 321	2 683	9.53%	11.51%
S227	一级公路	41 651	45 092	44 585	8.26%	7.04%
S228	一级公路	38 388	37 406	38 643	2.56%	0.66%
S229	一级公路	10 008	11 507	11 107	14.98%	10.98%
S231	一级公路	46 638	48 877	49 633	4.80%	6.42%
S232	一级公路	17 721	19 070	18 859	7.61%	6.42%
S233	一级公路	10 360	9 997	10 531	3.50%	1.65%
S237	一级公路	9 899	11 203	11 011	13.17%	11.23%
S238	一级公路	8 132	8 611	8 451	5.89%	3.92%
S239	一级公路	27 071	26 021	25 235	3.88%	6.78%
S240	一级公路	20 121	18 705	19 345	7.04%	3.86%
S242	一级公路	2 811	3 101	3 084	10.32%	9.71%
一级公路平均误差率					7.16%	6.99%
总计平均误差率					6.26%	5.88%

注: 实测数据来自某区域公路局年度公路调查数据, 实测交通量为各观测站观测量加权平均值.

从表 2 可以看出, 不论是用平均增长系数模型还是使用改进的重力模型, 本系统的预测精度都在 8% 以内, 总体上都已达到设计要求, 系统整体交通预测性能可靠. 使用重力模型预测所得结果则比使用平均增长率模型预测结果有更高的预测精度. 使用重力模型预测的结果中, 高速公路平均误差为 2.34%, 一级公路的平均误差为 6.99%, 平均误差率为 5.88%; 而使用平均增长率模型所预测的路段交通量结果中, 高速公路平均误差率较小为 3.41%, 一级公路的平均误差率为 7.16%, 总体平均误差为 6.26%. 其中一级公路的预测准确率较高速公路低, 这是由于网路中没有考虑到一些低等级的道路, 且低等级道路与一级公路的连通性远远高于与高速公路的连通性, 因此一级公路的平均误差率高于高速公路平均误差率. 若要提高公路网交通预测精度, 可从加强对低等级道路的研究方面着手.

4 结语

本文以江苏现状路网和江苏人口经济数据为基础, 利用改进的重力模型对某区域公路网的交通量进行预测, 预测中加进区域周边的虚拟路网, 经实验验证系统整体性能可靠. 通过系统内部提供的两种预测方法比较, 在区域公路网交通预测中改进的重力模型预测精度比平均增长率法高, 重力模型的适用性更强. 该系统在某区域公路局投入试应用, 提升了该区域公路网交通规划决策的效率与科学性.

[参考文献] (References)

- [1] 杨涛. 公路网规划[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998: 201-206.

- Yang Tao. Highway Network Planning [M]. Beijing: Peoples' s Traffic Press ,1998: 201-206. (in Chinese)
- [2] 马俊来, 王伟, 李文权, 等. OD 矩阵推算技术在高速公路影响区交通需求预测中的应用[J]. 公路交通科技, 2004(6) : 22-26.
- Ma Junlai , Wang Wei , Li Wenquan , et al. Application of OD matrix estimation in traffic demand forecasting of expressway' s influencing area [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development , 2004(6) : 22-26. (in Chinese)
- [3] 朱顺应, 管菊香, 王红. 交通分布预测模糊重力模型[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2008, 38(7) : 728-731.
- Zhu Shunying , Guang Juxiang , Wang Hong , et al. Fuzzy gravity model of traffic distribution forecast [J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition , 2008, 38(7) : 728-731. (in Chinese)
- [4] 陈华鑫, 姜艺, 李硕, 等. 基于 ArcGIS 的交通量预测模型[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2010, 38(8) : 165-170.
- Chen Huaxin , Jiang Yi , Li Shuo , et al. ArcGIS-based traffic prediction model [J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition , 2010, 38(8) : 165-170. (in Chinese)
- [5] 杨超, 蒲琪, 涂颖菲. 交通需求组合模型的不确定性分析[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2010, 38(1) : 58-64.
- Yang Chao , Pu Qi , Tu Yinfei. Uncertainty analysis of a combined travel demand model [J]. Journal of Tongji University: Natural Science Edition , 2010, 38(1) : 58-64. (in Chinese)
- [6] 张强, 李晓莉. 交通选线优化算法的设计与实现[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(8) : 226-229.
- Zhang Qiang , Li Xiaoli. Design and implementation of optimization algorithm for traffic line selection based on genetic algorithm [J]. Computer Engineering and Applications , 2009, 45(8) : 226-229. (in Chinese)
- [7] 王健, 李旭宏, 华文静. 公路交通 OD 模拟方法研究[J]. 公路交通科技, 2005, 22(10) : 102-105.
- Wang Jian , Li Xuhong , Hua Wenjing. Research of highway OD simulation method [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development , 2005, 22(10) : 102-105. (in Chinese)
- [8] 曹尧谦, 李夏苗. 基于改进四阶段法的武广客运专线客流预测[J]. 铁道科学与工程学报, 2010, 21(6) : 119-124.
- Cao Yaoqian , Li Xiamiao. Improved four-stage flow forecast method for Wuhan-Guangzhou passenger dedicated line [J]. Journal of Railway Science and Engineering , 2010, 21(6) : 119-124. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]