

# 面向特大城市未来发展的交通模型研究

## ——数据密集型分析概念下的交通模型

Mega-city Development Oriented Transportation Model Study: An Data Intensive Analysis Model

杨东援

(同济大学交通运输工程学院,上海 200092)

Yang Dongyuan

(School of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**摘要:** 从中国特大城市发展过程中交通领域所面临的挑战出发,围绕城市交通战略管理能力的提升,提出了新的交通模型所需要具备的分析功能。在此基础上引入数据密集型研究的概念,讨论了模型在分析流程中的应用位置,提出了四个层次的模型技术框架结构,并在实际研究工作的基础上,提出了有待克服的主要技术瓶颈。

**Abstract:** Concerned with the challenges in transportation field during the development of mega-cities in China, this paper presents necessary analysis functions for new transportation models focused on the improvement of urban transportation strategy management. Then the paper introduces the concept of data intensive research and discusses the application of the proposed model in the analysis process. The paper also develops a four-level modeling framework along with identified technical bottlenecks based on the practical research experiences.

**关键词:** 交通规划;城市交通战略管理;交通模型;数据密集型分析

**Keywords:** transport planning; urban transportation strategy management; transportation model; data intensive analysis

中图分类号: U491.1<sup>2</sup> 文献标识码: A

收稿日期: 2012-11-12

**作者简介:** 杨东援(1953—),男,浙江平阳人,博士,同济大学副校长,教授,博士生导师,主要研究方向:交通规划与管理。

E-mail: yangdyk@online.sh.cn

## 0 引言

在中国城镇化进入城镇群发展新阶段的同时,特大城市自身也在进行空间布局调整和城市转型发展,由此产生了对交通规划和战略管理的一系列要求,同时面对不断增大的交通压力也提出增强城市交通战略管理能力的课题。

在此背景下传统基于OD的交通模型出现了许多不适应,所依托的数据环境也出现了重大的变化。这促使研究和技术人员进行新的思考:是否需要对传统交通分析理论进行创新?而这一技术变革的核心就是交通模型的研究推进。

## 1 面向未来城市交通战略管理产生的技术需求

交通模型体系变革的动力不仅在于理论研究的推动,更主要的是需求分析的变化。中国特大城市发展的一个重要特点在于城市的快速扩展和空间布局结构的调整。以上海市为例,近10年城市人口的增长特征为:内环线以内地区每年下降2~3万人,内环与中环之间地区每年增长约12万人,中环与外环之间每年增长6~7万人,外环以外地区每年增长约50万人。也就是说,城市人口分布正在呈现向外围地区快速集聚的特点。这种变化超出了传统经验能应对的范围,面对有可能出现的城市一半左右的人口集聚在过去公共交通服务比较薄弱的外围地区,综合交通网络如何分阶段扩展,以保证城市交通模式仍然以公共交通为主体演变,成为城市交通管理和技术人员难以回避的重要课题。

这方面必须重视墨西哥城出现的教训:尽管20世纪80年代形成了很好的轨道交通网络基础,但是其后城市规模的快速扩展因缺乏综合交通发展战略的有效支撑,地

铁、大型公共汽(电)车、轻轨的合计交通分担率从1986年的64%迅速下降到2000年的24%。尽管此时迷你巴士的分担率快速扩大(从1986年的6%扩大到2000年的55%)减轻了向小汽车方式发展的压力,但是其运行不规范和随意性,造成了城市交通的新问题,也增加了城市未来交通模式演变的不确定性。

对于上海这样的特大城市,在城镇群发展的背景下,由于人口密度和社会结构的差异,外围新城和大型居住区的公共交通服务不可能简单照搬中心城区的模式。如何兼顾社会需求和企业运营两方面的考虑,构建一个逐步延展的公共交通服务网络,成为交通需求分析中必须回答的一个重要问题。

城市空间的扩展,也造成城市中出行需求的多样性。当城市轨道交通延展到外围新城,长距离快速出行的需求和高密度车站基础上的便捷出行需求,往往叠加在同一轨道通道之上。轨道交通原有的单一运行方式已经显露出不适应问题。如何使用城市中越来越紧缺的空间(地下)通道资源,采用快慢车混行方式构建交通通道服务也成为交通需求分析中的重要话题。面对实际出现的状况和经验教训,不得不承认日本等国家在轨道交通网络规划中研究适应多样化需求的运行组织、在网络层面而不是仅在枢纽节点上考虑内外交通衔接做法的前瞻性。

此外,面对日益严重的交通拥堵,特大城市不得不考虑采用交通需求管理措施。但必须承认的是需求管理是一把双刃剑,为了增强社会的可接受度和减少负面影响,需要借鉴美国军事战略中的“精确打击”概念,在追求效果最大化和社会影响最小化之间寻找对策平衡点,实现交通需求管理的“精确作用”方案。由此产生了对于网络交通流细化分析的要求,传统交通模型也难以胜任。

在上述现实问题的基础上,面向未来城市交通战略管理,交通模型的分析功能需要在以下方面进行扩展:

- 1) 在网络交通流分析方面,更加精细地考虑居民社会属性差异、引入偏好和习惯特征、细分出行类型,研究网络交通行为和交通时变需求特征。
- 2) 针对政策影响,深化研究车辆保有和使用

行为,以及车辆保有状态对于方式选择行为的影响,并研究用户对于新型交通服务的响应特征。

3) 在实测数据支持下,研究道路交通网络相变机理,分析局部(在交通需求管理政策下)需求变化对于网络相变的影响,为“精确作用”对策设计提供支持。

4) 强化公交网络客流分析,研究公交的运行可靠性、服务衔接状态、服务竞争力等对于方式选择和客流分布的影响。

5) 在多源数据环境基础上增强对于对策效果分析、系统状态演变的辨识和评估能力。

6) 在语义分析技术支持下,研究出行者的交通消费倾向和交通对策的公众接受度的信息分析技术。

## 2 数据密集型分析概念下的交通模型

### 2.1 交通领域数据密集型分析概念的构建基础

在交通领域提出数据密集型分析概念源于三方面的发展:

1) 相关基础理论的发展。在计算科学基础上演化出来的数据密集型科学<sup>[1]</sup>形成了新的研究范式。数据密集型科学不同于传统科学的实证、演绎、模拟研究范式,其更加关注针对现实系统产生的海量数据,通过趋势分析、统计聚类 and 模式识别等方法,发现系统的内在规律。

2) 技术环境的变化。伴随交通信息系统建设,道路定点检测器数据<sup>[2]</sup>、FCD数据<sup>[3]</sup>、公交IC卡数据<sup>[4]</sup>、牌照识别数据<sup>[5]</sup>、公交运行数据<sup>[6]</sup>、移动通信数据<sup>[7-8]</sup>等,为人们提供了更加精细深入地了解城市交通系统状态和交通行为的信息基础。

3) 需求分析的变化。城镇化的快速发展对于扩展过程中的综合交通系统延伸、综合交通服务体系的构建、交通政策的针对性和可实施性分析、引导交通模式演变等需求,要求技术分析更加深入细致。

### 2.2 数据密集型交通模型的功能定位

数据密集型交通模型应考虑主要应用于城市交通战略管理分析,而不是简单替代传统交通模型。为此,从技术上看需要具备如下功能:

- 1) 状态评估与影响因素辨识。正确认识城市

交通系统阶段特征，从历史过程认识系统演变的影响因素，这构成了战略管理过程中认识问题的基础。

2) 趋势判断和机理发现。城市交通战略管理的核心目标是引导城市交通模式进入可持续发展的轨道，对于当前发展趋势的判断和演变机理的发现是实现这一目标的关键。

3) 对策评估与系统调控。战略管理操作是一个调控过程，针对交通对策实施效果评估，并对调控过程进行动态调整，将战略管理理念有效融入政府管理过程。

当具有上述功能的模型体系嵌入到政府管理过程中，即形成如图1所示的技术流程。

在该模型技术流程中，存在三个技术流程闭环：闭环①为以评价指标分析为核心的管理工作环，主要应用的是对策评估与系统调控技术；闭环②是以模型分析为核心的专项分析技术环，主要应用状态评估、影响因素辨识、趋势判断和机理发现技术，其成果是形成数据密集型分析主体模型；闭环③由技术分析人员和专家共同承担的定性定量相结合的技术研讨环所构成，其表现形式为一种融合专家、数据、模型的集成研讨模板。

### 2.3 体系架构

从本质上来说，数据密集型交通模型完成的是一种将数据组织成为信息，从信息提炼特征，从特征变化中发现规律，就对策进行追踪评估的信息处理过程。而模型所处理的问题领域可以划分为系统状态分析和交通行为分析两个基本板块。

整个模型体系建立在从相关信息系统中提取的多源数据环境基础之上，模型体系的底层是将数据组织成为信息的处理过程。多源数据既包括

道路定点检测器数据、FCD数据、牌照识别数据、公交IC卡数据、公交GPS数据、移动通信数据等连续观测数据，也包括根据实际需要进行调查的问卷数据等。

模型的第二个处理层次是通过统计分析方法进行状态特征的提取过程。由于决策分析过程存在大量的弹性变化，因此这一层面是按照问题主题方式组织起来的分析工具包。例如，对于定点检测器获取的数据，需要提取单个断面交通量时间变化特征<sup>[9]</sup>，研究断面之间交通流的关联，以及路段交通状态与断面状态之间的关系<sup>[10]</sup>，发现不同路段拥堵之间的关联关系<sup>[11]</sup>、不同区域交通拥堵的差异<sup>[12]</sup>。

模型处理的第三个层次则是通过结构方程模型等技术手段，挖掘数据背后的因果关系，从而帮助人们认识系统的内在规律性。在这一层面，需要将微观行为分析<sup>[13]</sup>与宏观状态分析<sup>[14]</sup>实现连接，从而发现不同观察层次上的规律。

模型处理的第四个层次是综合层次，“综合”既包括不同数据源的异构数据融合<sup>[3]</sup>，也包括针对问题的综合，例如城市扩展过程中的外围大型居住社区交通服务问题<sup>[15]</sup>。

### 3 需要克服的技术瓶颈

首先需要解决的问题是构建支持模型分析的海量数据仓库。由于数据来源多样化造成基础数据结构的异构性，数据仓库构建过程中需要克服包括数据来源、数据格式和数据语义不一致等一系列新问题。

其次，需要针对不同统计口径的数据进行整

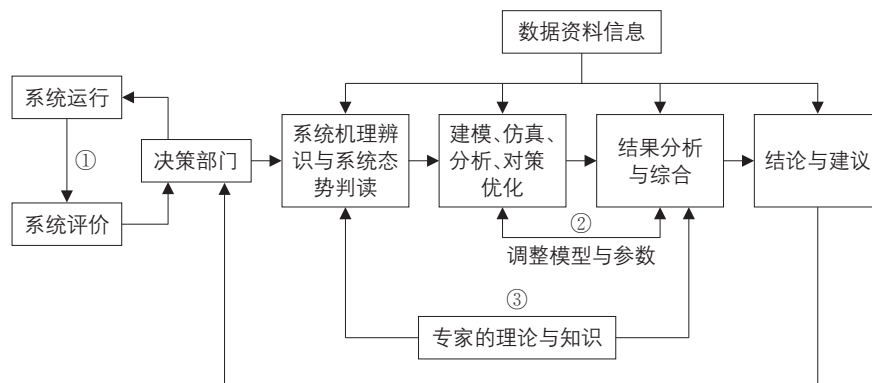


图1 城市交通战略管理过程中的模型技术应用

Fig.1 Application of transportation model in the process of urban transportation strategy management

合。例如,移动通信数据以具有某种程度不确定性的基站服务范围空间坐标系,问卷调查数据以行政区划为空间坐标系,道路交通状态以二维网络为空间坐标系,由此产生了数据之间整合过程中的映射转换问题。

由于信息本身限制和需求分析的多样化,数据密集型交通模型传承传统的基于OD的架构是不合理的。因此,需要针对系统状态分析和交通行为分析分别构建新的描述逻辑架构,目前正在探索的基于空间活动模式的模型就是一种可供选择的描述逻辑架构。

微观行为数据与宏观状态数据之间的整合是一个亟待解决的重要问题,一种可行的想法是对行为主体进行分类,根据不同类型行为主体的典型行为模式以及类别的空间分布结构,研究宏观状态的演变。

#### 4 结语

特大城市发展的需求产生了技术变革的要求,不断增强的交通信息化建设为技术变革创造了条件,大量的前期研究工作为技术创新提供了基础,实际工作暴露出传统模型的局限,这一切表明新的交通模型体系研究应该提到议事日程。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] Tony Hey, Stewart Tansley, Kristin Tolle. 第四范式:数据密集型科学发现[M].潘教峰,张晓林,等,译.北京:科学出版社,2012.  
Tony Hey, Stewart Tansley, Kristin Tolle. The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery [M]. Pan Jiaofeng, Zhang Xiaolin, et al, translated. Beijing: Science Press, 2012.
- [2] 孙亚.基于数据质量的定点交通采集信息系统研究[D].上海:同济大学,2008.
- [3] 胡小文.基于探测车数据和定点检测器数据的路段行程时间估计[D].上海:同济大学,2009.
- [4] 陈君.基于IC卡数据的城市公共交通需求分析技术与方法[D].上海:同济大学,2009.  
Chen Jun. Research on Travel Demand Analysis of Urban Public Transportation Based on Smart Card Data Information[D]. Shanghai: Tongji University, 2009.
- [5] 刘翀.基于车牌数据的出行划分研究及其在交通领域的应用[D].上海:同济大学,2012.  
Liu Chong. Research of Trip Division Method and Application in Transportation Field Based on License Plate Data[D]. Shanghai: Tongji University, 2012.
- [6] 陈琛.基于浮动车数据的公交车路段行程时间受道路交通状态影响分析[D].上海:同济大学,2011.
- [7] 杨飞.基于手机切换定位的道路行程车速采集技术关键问题研究[D].上海:同济大学,2007.
- [8] 王上.基于移动通信数据的轨道站点服务范围分析[D].上海:同济大学,2011.
- [9] 杨文.基于智能算法的交通流量及状态预测研究[D].上海:同济大学,2010.  
Yang Wen. Traffic Flow and State Prediction Based on Intelligent Algorithms[D]. Shanghai: Tongji University, 2010.
- [10] 弓晋丽.城市快速路拥堵瓶颈及态势的识别与分析[D].上海:同济大学,2010.  
Gong Jinli. The Identification and Analysis of Traffic Bottleneck and Traffic State Evolution on Urban Expressway[D]. Shanghai: Tongji University, 2010.
- [11] 何翔.信息环境下的城市道路时空关联分析[D].上海:同济大学,2009.
- [12] 钟秀.偶发性大范围拥堵与常态性拥堵特征差异分析[D].上海:同济大学,2010.  
Zhong Xiu. Study on Differences between Non-recurrent Large-scale Traffic Congestion and Recurrent Traffic Congestion[D]. Shanghai: Tongji University, 2010.
- [13] 叶亮.出行者对城市交通拥堵影响评价及行为反应研究[D].上海:同济大学,2010.  
Ye Liang. Research on Travel Demand Analysis of Urban Public Transportation Based on Smart Card Data Information[D]. Shanghai: Tongji University, 2010.
- [14] 张天然.基于交通网络均衡理论的交通需求管理政策评价研究[D].上海:同济大学,2008.
- [15] 姚伟奇.城市外围大型居住社区居民出行特征分析[D].上海:同济大学,2012.  
Yao Weiqi. Analysis on Resident Trip Characteristics in Large-scale Residential Community in Suburban [D]. Shanghai: Tongji University, 2012.