



上海市科技专著出版基金资助

连续数据环境下的 交通规划与管理

杨东援 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

上海市科技专著出版基金资助

连续数据环境下的交通规划与管理

杨东援 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

交通信息系统建设使得我们获取了大量交通相关数据,创造了一个针对城市交通连续观测并动态调控的技术环境。在此背景下,本书研究通过数据分析支持城市交通战略调控的相关技术问题。全书分为四个板块:第2章和第3章讨论新数据环境自身的基础性工作,即对于多种数据采集过程中的质量控制、信息获取等;第4章至第7章讨论提炼交通系统状态特征和参与者交通行为特征;第8章和第9章为了完善分析技术,研究交通政策分析和公交客流分析相关模型建立问题;第10章围绕城市交通战略调控,就管理的认识论基础、战略调控的技术框架、分析技术整合重构方法等展开研究。

本书可供城市交通规划和交通数据分析人员参考,也可作为高等院校交通工程专业师生的学习参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

连续数据环境下的交通规划与管理/杨东援著. --上海:同济大学出版社,2014.1

ISBN 978-7-5608-5336-9

I. ①连… II. ①杨… III. ①交通规划—研究②交通管理—研究 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 261562 号

连续数据环境下的交通规划与管理

本书出版由上海市科技专著出版基金资助

杨东援 著

责任编辑 高晓辉 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路1239号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26.5 插页 1.5

字 数 698 000

版 次 2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5336-9

定 价 88.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前 言

经过多年的努力,终于完成了本书的撰写工作。回想整个写作过程,既是一种总结也是一种思考。本书截稿时,感到这一研究工作只能说是一个新的开端,更多的问题等待着通过进一步的工作去回答。

关于连续数据环境下针对交通规划与管理决策分析技术的研究源于多年之前,最初的想法非常朴素,感到伴随智能交通等概念的普及,交通信息系统建设日益得到重视,需要基于交通信息系统所采集的大量相关数据建立一种分析工作的方法。初期的工作集中于研究各种来源数据中所包含的有价值的信息而展开,早期指导的一些研究生进行了许多有益的尝试。伴随研究工作的深入,感到这方面的工作远比初期预想的复杂,需要一个合理框架来有机衔接各种研究工作。为此得到国家自然科学基金支持,展开了“连续数据环境下的交通规划与管理”重点项目的研究,对于数据采集与质量控制、系统状态特征提取、内在规律的深度挖掘等,以及决策分析程序的变革进行了一系列研究工作,形成了本书中介绍的主要成果。

本书的成果是集体研究工作的结晶,我所领导团队中的教师和研究生围绕共同的研究目标进行了大量的工作,根据一个总体技术概念框架,大量相对独立的研究工作为最终的成果提供了扎实的基础。在第2章涉及的研究工作中,孙亚博士、朱鲤博士和张森博士等做出了相应的贡献;第3章研究是在王上硕士、陈君博士、刘翀硕士、叶亮博士等研究工作基础上形成;第4章中,弓晋丽博士、何翔硕士、钟秀硕士、段征宇博士等提供了重要的研究成果;第5章的内容,杨文博士的研究成果发挥了关键作用,并融入了刘翀硕士、刘振国硕士的成果;第6章中包含了陈君博士、刘靓博士、陈炼红硕士等的研究心血;第7章则是在叶亮博士、时力博士研究工作的基础上,融入朱琛、孙珊珊等硕士研究生的工作;第8章的成果中,张天然博士的工作发挥了关键作用;第9章的内容,薛原博士做出了杰出的贡献。还要感谢我的课题组其他成员,他们均在研究工作中发挥了很大的作用。同时,参与合作研究的陈小鸿教授、潘海啸教授、杨晓光教授、冉斌教授、张红军教授之间的讨论,都使得我在思路和信息方面获益匪浅。六年前开始动笔写作,期间对于整书的结构进行了四次大的调整,最终形成了以四层结构为框架的分析理论架构。

写作期间曾经多次自问,为什么需要研究一个新的理论方法?技术的进步的确是一个重要的原因,但这只是方法变革的催化剂而已。真正的需求还是来自城市交通发展本身。伴随社会经济发展,城市交通面临巨大的压力。作为长期从事交通工程领域的研究者,感到原有的经验难以适应发展的要求,回顾自身经历,曾经出现过许多判断失误,面对复杂的演变和多种影响因素的交叉作用,难以真正理解问题的内涵和规律。而应用传统模型分析技

术的多年经验告诉我们,如果缺少了判断力,模型输出的结果就不可能有效和正确使用。充分利用数据密集型环境,更加深入细致地认识研究对象,发现其特征和规律将为城市交通分析理论开拓广阔的空间。

近年来大数据理论的发展,对城市交通分析提出了新的挑战。通过海量信息深刻认识研究对象,并结合城市交通分析模型技术进一步认识其中的规律,是摆脱城市交通决策被动状态的一条可行的技术途径。面对大数据环境下的城市交通分析技术,本书的工作仅为一个起步,希望能够为这一领域的研究起到抛砖引玉的作用。



2013年3月于同济大学

目 录

前言

第 1 章	导论——发展所产生的技术变革	(1)
1.1	城市交通系统分析需求的变化	(1)
1.2	数据环境所产生的技术变革机遇	(7)
1.3	新数据环境下交通系统分析模型的架构	(21)
1.4	本书的内容结构	(24)
第 2 章	道路交通状态数据采集	(27)
2.1	定点检测器数据的质量控制与修补	(27)
2.2	FCD 数据的质量控制与修补	(34)
2.3	异常状态识别与数据清洗	(49)
第 3 章	交通需求数据采集与质量控制	(61)
3.1	移动通信数据的采集与前期处理	(61)
3.2	IC 卡数据的前期处理	(70)
3.3	牌照识别系统数据分析	(73)
3.4	交通行为的微观调查技术	(83)
第 4 章	道路拥堵状态特征分析	(92)
4.1	道路区段拥堵状态分析技术	(92)
4.2	路网拥堵状态日常直观监测	(117)
4.3	道路交通拥堵的空间关联性分析	(127)
4.4	路网对区域连通状态保障程度的特征分析	(135)
第 5 章	道路流量特征分析	(150)
5.1	传统技术概念基础上的深入特征分析	(150)
5.2	基于最小二乘支持向量机的近期流量规律模型	(151)
5.3	基于小波分析与 RBF 神经网络的断面交通流量模型	(160)
5.4	特定道路使用车辆构成分析	(165)
5.5	基于时间序列数据的吸引子重构	(174)
第 6 章	乘客出行特征的提取与分析	(180)
6.1	从 IC 卡数据中提取公交乘客行为信息	(180)
6.2	轨道交通 OD 信息的分析	(195)
6.3	居民出行距离规律研究	(202)
6.4	出租车使用行为分析	(206)

第 7 章 交通行为与心理及社会因素的关联分析	(215)
7.1 交通行为主观特征的分析	(215)
7.2 外围大型居住区的交通行为特征分析	(247)
7.3 管理因素对交通系统运行影响案例分析	(264)
第 8 章 交通政策效果评价分析模型	(275)
8.1 交通需求管理政策评价技术概述	(275)
8.2 政策模型参数——非同质时间价值研究	(281)
8.3 多用户多准则多模式四阶段组合模型研究	(293)
8.4 交通需求管理政策下的效果评价模拟测试	(300)
第 9 章 公交客流分析模型	(314)
9.1 公交客流分析模型特点概述	(314)
9.2 公交行程时间分布特征实证研究	(321)
9.3 拥挤状况下公交行程时间分布模型	(331)
9.4 行程时间不稳定情况下的公交客流随机用户均衡分配模型	(342)
9.5 算例分析	(356)
第 10 章 城市交通的战略调控	(366)
10.1 城市交通战略调控的认识论基础	(366)
10.2 战略调控的技术架构	(376)
10.3 针对战略调控的系统建模	(380)
10.4 提升交通影响评估质量抑制土地开发强度过大	(386)
10.5 特大城市小汽车保有控制的政策效果实证研究	(400)
10.6 新型交通服务模式的可接受度分析	(405)
第 11 章 结论与思考	(415)
11.1 收获	(415)
11.2 成果	(416)
11.3 确认	(417)
11.4 未来的工作	(418)
附录	(419)
附录 A	(419)
附录 B	(421)
附录 C	(427)
附录 D	(430)
附录 E	(431)
附录 F	(434)
附录 G	(437)
附录 H	(438)

第1章 导论——发展所产生的技术变革

1.1 城市交通系统分析需求的变化

研究中国城市交通必须注意其两大基本背景——城镇化和机动化。这一背景造成了城市交通具有快速发展和复杂社会系统特征。

1.1.1 城镇化对于城市交通系统演变的影响

我国的城镇化进程划分为以下几个阶段：城乡分离的城镇化起步阶段（1949—1957年）；城乡对立的剧烈波动阶段（1958—1965年）；城乡关系僵化的停滞阶段（1966—1977年）；城乡关系松动的复苏阶段（1978—1992年）；城乡关系改善的稳步增长期（1993—2002年）；城乡矛盾显现的高速发展期（2003年至今）。2010年第六次人口普查结果显示，我国城镇化率为49.62%，形成了具有中国特色的城镇化局面。^[1]

城镇化发展造成城市的空间结构发生演变，并逐步促使城镇群体形成非常紧密的内在联系。

以上海为例，人口的快速增长造成城市自身空间结构的变化，大量外来新增人口，以及由于拆迁等原因迁出中心城区的人口，在城市外围新城和外环线以外建设的大型居住社区形成新的集聚，特别需要注意的是，这部分人口在经济特征上属于中低收入阶层。也就是说，城市拓展过程中，大量中低收入居民在城市外围公共交通服务薄弱地区形成集聚，要求城市公共交通系统在兼顾运营经济性的同时，针对快速发展地区进行有效的扩展。

伴随城市产业结构空间布局的调整，中心城区越来越多的土地从第二产业用地转变为第三产业用地。由于第二产业与第三产业就业岗位密度的差异（从上海的历史数据来看，第二产业用地的岗位密度为6300人/km²，第三产业用地的岗位密度为30000人/km²），中心城区的就业岗位数量将进一步增加，加上中心城区居住人口处于减少的过程中，城市职住分离的情况有可能进一步加剧。

城镇群发展是城镇化的一个高级阶段，城镇群演化意味着服务职能不断向中心城市集聚，而核心城市的服务范围不断向城镇群拓展。由此产生的交通需求主要为商务、游憩活动，具有高频率、时效反应敏感的特征。例如，上海正在建设的迪士尼乐园项目和国家会展中心，其显然不是仅为上海市自身服务，而是以长江三角洲为核心的广阔区域为服务腹地。这种观光交通和会展交通显然与城市传统的非通勤交通相比存在巨大的差异，具有在一定区域内旅游点范围内周游的特征。

在这种快速发展的背景下，城市交通正在发生一系列质的变化，从单一城市的交通向具有紧密关联性的城市群交通体系的转变，从通勤交通占有主导地位向非日常交通占据重要份额的转变，从建设手段为主向采用包含政策等软对策手段的组合对策设计的转变，从单一

的数量保障向满足多样化需求的转变。快速的变化使得传统经验难以覆盖,传统交通系统分析理论(例如,被称为“四阶段法”的网络交通流分析模型)也出现了不适应而不能提供充分的决策分析支持。我们发现所面对的分析对象具有复杂社会系统的特征,需要借助新技术所提供的帮助,更加深刻地认识研究对象。

1.1.2 将城市交通视为复杂社会系统

相对其他学科来说,交通工程更加应该从全局和综合的角度来看待城市交通问题,其中的整体与局部的关系、要素之间的相互联系等更加需要统筹考虑。

城市交通是由多个层次不同的要素构成的复杂系统:交通基础设施、公共交通运营服务网络等构成综合交通服务体系;交通参与者、交通服务提供者、政府管理者构成系统的行为主体;交通战略、交通政策,以及相关的制度安排构成系统的外部环境;交通体系与城市的土地开发之间又形成了复杂的相互作用关系。同时,城市交通系统属于复杂社会系统,与一般物理系统控制不同的是,系统的管理调控者处于系统内部,其管理行为受到管理者自身认识的局限,其调控过程也是一个逐步认识规律、逐步明晰目标,以及不断调整控制行为的过程。

对于这类由许多相互作用单元和许多不同等级层次构成的系统,研究者一直试图构建一种既能够被普遍理解又能够揭示其本质的理论。由于不可能将其整体行为简化为由各个单元的特征性能构成的集合,因此这些系统通常被称为复杂系统。

从复杂系统观点出发来看待城市交通,首先需要注意的是其具有发展轨迹的多样性,在某个阶段、某些区域产生的扰动,会完全改变系统的演化轨迹;其次需要关注的是发展过程对于未来演变趋势和轨迹的影响,对网络交通状态的研究重点从对某种均衡态的预测转向过程影响演化路径的因素分析。

全球不同城市由于交通战略和交通政策等外部条件的差异而形成的不同发展结果,就是非线性造成演变多样性的一个例证。

在针对城市结构、交通模式和交通能源消耗的研究中^[2],通过对私家车能源消耗—出行特征因子、公共交通能耗—服务水平因子、小汽车出行距离因子、公交出行距离因子、非机动车出行因子等聚类分析发现,可以将 87 个不同国家和地区的城市划分为三大类、六个亚类(表 1-1),呈现出一种多样性。第一大类城市具有经济发达、密度低和交通能耗高的特征,其中,第 1 亚类城市包括美国的旧金山、亚特兰大、休斯顿、洛杉矶、芝加哥、丹佛、华盛顿、凤凰城、圣地亚哥、纽约,澳大利亚的墨尔本、帕斯、布里斯班、悉尼,以及新西兰的威灵顿;第 2 亚类城市包括加拿大的多伦多、卡尔加里、蒙特利尔、温哥华、渥太华,英国的曼彻斯特和伊朗的德黑兰。第二大类的城市基本上都是属于发展中国家,其中,第 3 亚类城市主要为发展中国家城市,包括开罗、开普敦、雅典、吉隆坡、台北、雅加达、胡志明市、利雅得和特拉维夫,另外还有发达国家的城市,如西班牙的巴塞罗那;第 4 亚类的城市包括波兰的克拉科夫、突尼斯城、津巴布韦首都哈拉雷、巴西的库里蒂巴和圣保罗、印度的孟买和钦奈。第三大类中城市的特点在于经济较为发达,但是交通能源消耗并不是很高。其中的第 5 亚类的城市较多,这些城市大都分布在欧洲和亚洲,它们是奥地利的格拉茨和维也纳,比利时的布鲁塞尔,德国的柏林、杜塞尔多、法兰克福、汉堡、鲁尔、慕尼黑、斯图加特,法国的巴黎、里昂、马赛、南特,荷兰的阿姆斯特丹,瑞士的日内瓦,西班牙的马德里,意大利的博洛尼亚和米兰,英国的

表 1-1 城市空间结构、交通模式和交通能耗的聚类分析结果

分类情况	第一大类		第二大类		第三大类		平均值
	第 1 亚类	第 2 亚类	第 3 亚类	第 4 亚类	第 5 亚类	第 6 亚类	
城市密度/(人·公顷 ⁻¹)	15	42	154	109	67	88	74
工作岗位密度/(人·公顷 ⁻¹)	7	17	58	40	37	42	34
人均 GDP/(美元/(人·年) ⁻¹)	27 516	17 309	7 949	2 728	30 864	22 940	22 062
CBD 工作岗位所占比例	11%	15%	15%	18%	23%	20%	18%
千人道路里程/(千米·千人 ⁻¹)	7 008	4 282	1 538	1 442	2 283	2 980	3 317
千人私家车保有量/(台·千人 ⁻¹)	596	460	280	171	416	342	398
百万人公交拥有量/(台·百万人 ⁻¹)	768	986	1 015	1 007	1 066	2 505	1 327
人均私家车出行次数/(次·日 ⁻¹)	3.27	2.05	1.17	0.44	1.29	1.19	1.61
非机动车方式出行比例	10.6%	15.5%	26.5%	41.1%	37.4%	28.4%	27.5%
公交出行比例	4%	11.2%	15.5%	35.1%	19.7%	28.8%	19%
私家车出行比例	85.4%	73.3%	58%	23.8%	42.9%	42.7%	53.4%
小汽车日平均出行距离/(千米·日 ⁻¹)	12.9	9.5	9.5	13.3	12	12.5	11.9
小汽车出行者年均出行距离/(千米·年 ⁻¹)	15 956	6 947	3 860	1 985	5 465	5 374	6 997
私家车出行者人均能源消耗/MJ	49 893	25 885	9 394	5 324	14 298	11 876	19 873
公交出行者人均能源消耗/MJ	806	951	576	876	912	1 814	1 061
私家车和公交人均消耗能源比值	61.9	27.22	16.31	6.08	15.7	6.55	18.73
人均交通能源消耗/MJ	50 699	26 835	9 970	6 200	15 210	13 690	20 934
私家车出行者每千米能源消耗/MJ	3.02	3.57	2.03	2.38	2.51	2.15	2.54
公交出行者每千米能源消耗/MJ	1.73	1.08	0.63	0.36	0.72	0.79	0.91
私家车出行者和公交出行者每千米能源消耗的比值	1.7	3.3	3.2	6.6	3.5	2.7	2.8
所有出行者每千米能源消耗/MJ	2.95	3.23	1.7	1.23	2.08	1.62	2.11

纽卡斯尔,另外还包括亚洲城市,中国的北京、上海和广州,以及日本的札幌;第三大类中的第 6 亚类城市主要为西欧城市,其中,包括丹麦的哥本哈根,挪威的奥斯陆,瑞典的斯德哥尔

摩,瑞士的伯尔尼和苏黎世,意大利的罗马,英国的伦敦和格拉斯哥以及东欧捷克的布拉格、布达佩斯,南非的约翰内斯堡,哥伦比亚的波哥大。此外,还有亚洲国家包括日本的东京、大阪,中国的香港,韩国的首尔,泰国的曼谷,菲律宾的马尼拉。

从表 1-1 中可以看到:不同城市由于其发展战略的差异,其交通模式和城市空间结构呈现了一种多样性的结果。对于中国城市来说也是这样,例如,北京和上海针对小汽车拥有的控车政策,由于实施时间和实施方案不同也造成不同的效果。

这促使我们产生一个猜测性判断:在不同的外部条件下,城市交通模式演变具有多样性结果,适时采用正确的交通发展战略将对城市的交通模式产生重大的影响,也就是说,在某些演化分岔点进行适度政策干预,会使得城市交通模式进入不同的发展渠道。正如现实中有的一些城市管理者产生的战略困惑:当我们面临高峰时间小汽车开不动、公交车挤不上、出租车打不到的局面时,究竟应该采用何种交通对策,就事论事地缓解对策是否会对城市交通模式产生长期不利影响?

另外,从一些城市交通模式演变的事例中,可以看到城市交通对策具有组合效应特征。

图 1-1 显示了柏林 2002 年与 2008 年 18~24 岁人群交通方式变化,可以看出,其绿色交通方式(步行、自行车、公共交通)有了显著提高。在一个有 350 万居住人口、170 万就业岗位、千人汽车保有量 324 台的城市,形成这种发展态势是非常可贵的。这种结果是城市空间多中心布局结构和土地的混合开发、便于使用的公共交通和慢行交通空间、社会观念的变化等多种因素综合作用所造成的。

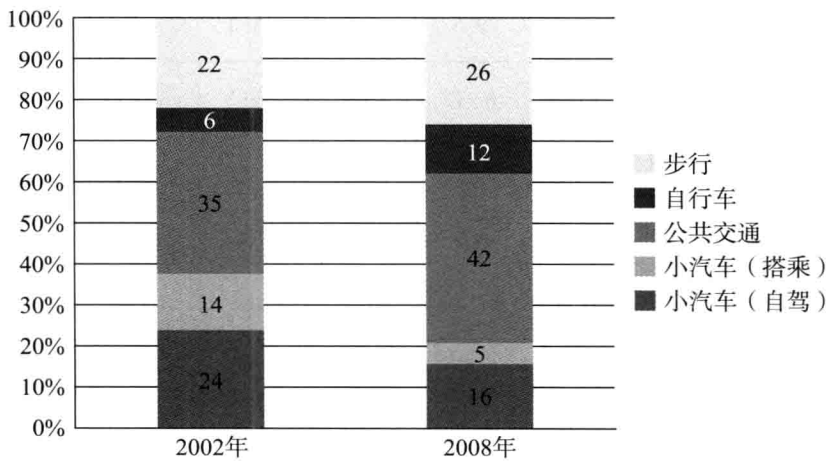


图 1-1 柏林市 18~24 岁人群交通方式的变化

图 1-2 和图 1-3 显示了日本东京都市圈不同交通方式的分担比例,从中可以看出轨道交通占有很大的比重。造成这种结果的原因是多方面的,主要包括:①在进入经济高速发展初期建成高速铁路网络;②基于轨道的高密度城市开发;③私营轨道公司在协调交通与土地开发中发挥了重要作用;④城市拓展过程中以轨道为基础进行新城开发;⑤城市间铁路与城市轨道实现直通运行;⑥在大都市圈构建了连接枢纽的环线;⑦城市轨道系统形成针对多样化需求的分级结构。

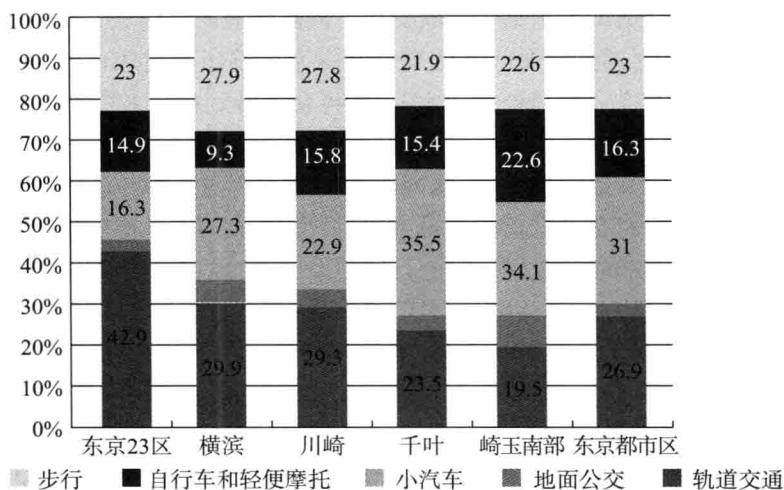


图 1-2 东京都市圈全出行目的的交通方式分担比例

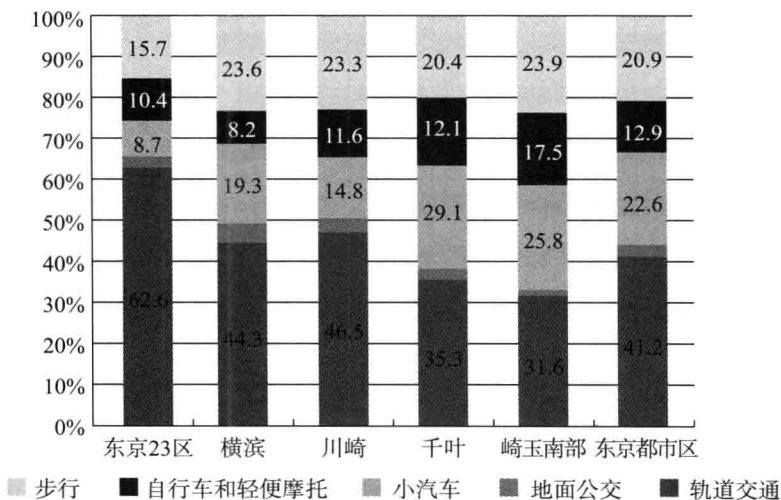


图 1-3 东京都市圈通勤目的的交通方式分担比例

换句话说，交通系统具有大量相互交互作用的要素，这些要素间作用呈现频繁发生的且对于发展模式产生重要影响的特征。

为了说明这种系统结构复杂，内部含有大量交互成分，并且交互过程频繁的城市交通演化过程，已有的基于还原论的建模方法不能很好地刻画和说明，这促使我们探讨新的分析模型和方法。^[3]

1.1.3 交通演变过程的态势辨识、过程追踪和系统调控

对于复杂系统来说，由于存在未来发展趋势的不确定性，因此，在特定假设之下进行系统优化并不能解决问题，需要强调的是对于系统演变态势的监测，以及通过政策等多种手段对城市交通的演变过程进行调控。

同时，对于城市交通的管理者来说，由于受到经验等多方面局限，其自身认识也是一个不断学习、逐步积累的过程，并不能先知先决地针对整个过程制定完美的解决方案。

以上海为例,城市交通的需求结构不断变化。通勤交通的比例从1995年的68%下降到2009年的49%,传统针对通勤交通问题的交通解决方案逐步不适应;城市自身人口的老年化比重不断上升,2011年为24.5%,预计2015年将会上升到接近30%,而老年人的出行行为与年轻人有很大的不同(图1-4),需要研究其造成的需求变化;长江三角洲城市群体系的逐步形成,城市群内部的大量商务交通、休闲游憩交通占有重要地位,正在建设的国家会展中心、迪士尼乐园等项目对交通需求的特殊性都需要认真研究;城市功能转型过程中,由于中心城服务业的集聚,会造成就业岗位向中心城的集中,而城市扩展造成居住向城市外围转移,职住分离有加大的趋势;由于外围大型居住区和保障性住房建设,使得相当部分中低收入阶层居民转移到公共交通服务薄弱的外围地区,综合交通系统如何向外围延伸成为亟待解决的问题;城市功能转型过程中必然会在原有中心城范围内进行用地结构和空间布局的调整,(在交通拥堵已经成为常态的地区,土地开发强度与交通供给能力的协调,成为一个重要的决策问题。)这些问题集中反映出战略调控并不是依托现有经验就可以完成的。

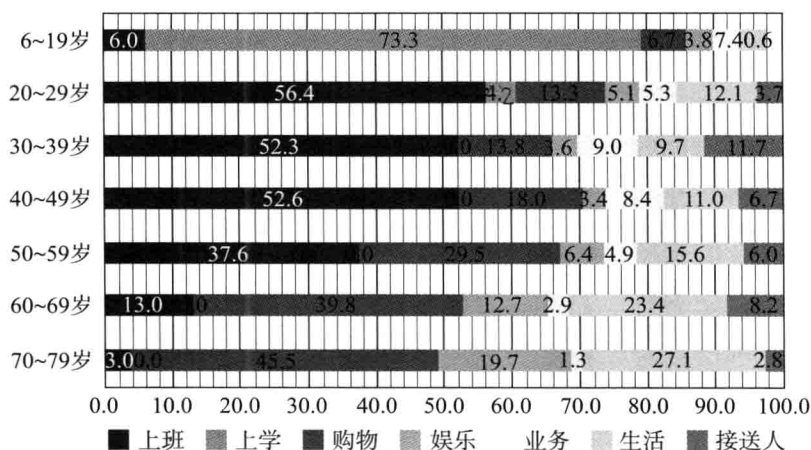


图1-4 不同年龄段居民出行目的的差异

面对新的需求,我们不仅需要预测未来,也需要认识过去,并把握当前阶段的发展特征和演变趋势。由此产生有效监测发展过程,理解变化过程,辨识发展特征,认识发展规律的技术支持需求。

为了理解城市交通系统演变,需要对如下演化机理进行深入研究:

(1) 城市空间结构与交通系统的协同演化机理——城市居住人口和就业岗位在交通区位条件下的迁移,城市土地开发强度和空间结构与综合交通网络交互作用下的空间联系结构演变,城市公共服务要素布局对于城市居民空间活动模式的影响等。

(2) 综合交通服务体系的演化机理——在政府政策调控作用下交通服务提供商和交通行为者的演化博弈,在考虑社会因素作用和习惯偏好等基础上交通参与者在综合交通网络上的选择行为及对交通服务需求的影响,道路网络交通状态的相变及控制等。

(3) 城市交通政策作用机理——在突破理性经济人假设基础上,交通政策对于不同群体交通行为个体的作用,考虑到交通行为者通过交通网络形成关联后政策作用的变化、阶段和时机不同对政策作用影响等。

1.2 数据环境所产生的技术变革机遇

伴随近年来技术的发展和交通信息系统建设,逐步形成了一种新型数据环境,为城市交通分析的技术变革创造了条件。

1.2.1 交通系统数据采集手段的变化

1.2.1.1 探测车交通数据采集^[4,5]

探测车交通数据采集技术受到了各国的重视,并成为了交通工程界研究的热点。欧洲、美国、日本等都在积极研发和推广应用,典型的应用系统包括英国的 FVD^①、美国的 ADVANCE^② 以及日本的新一代 VICS 试验系统^③。我国的许多城市,如北京、上海、深圳和宁波等,也开展了探测车技术的研究和应用。

探测车交通信息采集系统通常由三部分^[6]组成:①探测车辆;②车辆定位技术和数据传输通信系统;③交通信息中心。其数据处理过程如图 1-5 所示。

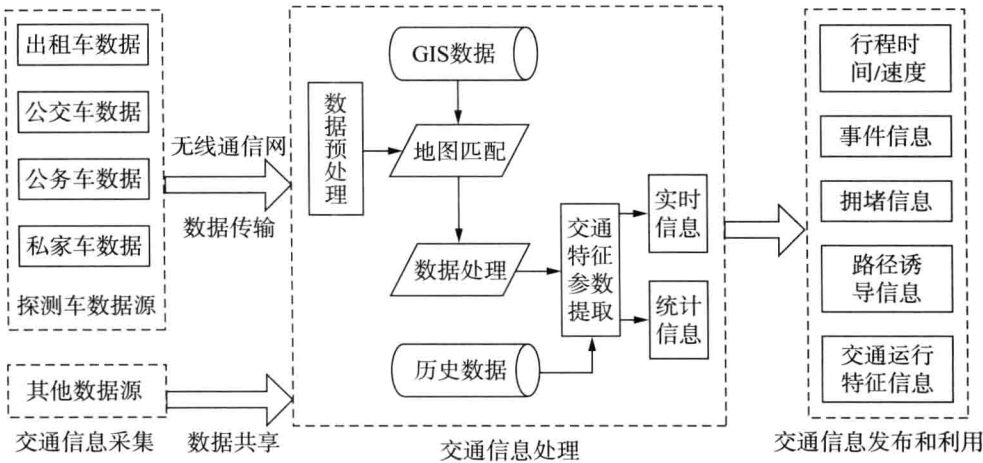


图 1-5 探测车交通信息系统结构框架

目前,探测车交通信息系统主要采用出租车、公交车作为探测车辆,将来还可以考虑公务车、私家车以及商业车辆作为探测车辆。

1. 出租车

出租车的主要优点在于较其他车辆出行率高、出行范围广、出行时间长。此外,目前很多出租车公司已经具备了现代化的通信和管理手段,出租车若作为探测车使用,其前期建设成本低。以北京为例,出租车约 6.7 万辆,占全市车辆数的 3%,但在整个北京市的城市交通

① www.itsholdings.com.
② www.gcmpic.ai.uic.edu.
③ Koji Wada. Research, Development and Field Testing of the Probe Car Information System(III)[C]. The 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transportation Systems, 16-20, 2003.

流中超过 15%，对北京市路网的覆盖率超过 70%。

出租车作为探测车的主要不足表现在：①出租车空驶率较高，在空驶状态时其行驶速度较正常行驶速度要低；②出租车的寻客、等客、上下客的无规律性使得利用出租车行驶状态对交通状态进行判断变得不够准确，加大了后续数据处理工作的难度。

2. 公交车

公交车作为探测车辆也有其独特的优势和局限性：①公交车的路网覆盖率高，一般情况下，能覆盖到大部分的城市区域；②公交车的运行时间较长，运行线路固定，能够反映固定线路和地点的交通流状态，方便建立历史数据库；③公交车在运行过程中需要频繁地停靠公交站点，导致了公交车不能够反映正常的交通流状态，这是公交车作为探测车的主要不足之处。

3. 公务车

公务车辆分为有特殊通行权和无特殊通行权两类，有特殊通行权的公务车辆，如警车、消防车、救护车等；无特殊通行权的公务车辆，如邮政车、清洁车、垃圾车等。无特殊通行权的公务车辆遵守交通规则，可以反映出正常的交通流，而且行走线路灵活，运行时间长。

4. 私家车

私家车已是城市交通流的主体部分，而且数量还在急剧增长。私家车作为探测车的最大障碍就是初期的设备成本和个人隐私问题。

作为示例，表 1-2 给出了某市出租车 GPS 的原始数据构成。

表 1-2 某市出租车 GPS 原始数据格式

字 段	示 例	备 注
日期	20060405	2006 年 4 月 5 日
时间	170236	17:02:36
车辆编号	13510232563	出租车的唯一标识
出租车公司	H	出租车公司代码
经度	114.114117	东经(度)
纬度	22.550917	北纬(度)
速度	45 km/h	该时间点车辆的瞬时速度
车辆航向	4	与地理北极方向的夹角，表示车辆在该点的行驶方向
运营状态	1	0 代表空车，1 代表重车(载客)
设备状态	1	0 代表异常，1 代表正常

1.2.1.2 定点交通数据检测技术^[7]

为了获得准确的交通流量等信息，在要控制的路段隔一定的间距布设车辆检测器(约 250~800 m 一组)。车辆检测器可检测^[8,9]出车辆交通流量(pcu/h)、平均车速(km/h)、车间距(m)、分类车长(m)、占有率(%)和车辆密度(veh/km)等信息并上传至监控中心的监控计算机。

固定型检测器^[10-12]可以从多种角度进行区别，如果从检测车辆的方式来分类，可以分为

磁频、波频和视频三种类型(表1-3)。

表1-3 基于不同采集方式的定点采集技术分类

分类类型		采集技术
磁频采集技术		感应线圈检测器 磁力检测器
波频采集技术	主动式	微波检测器 超声波检测器 主动式红外检测器
	被动式	被动式红外线检测器 被动式声学检测器
视频采集技术		光学视频检测器 红外视频检测器

磁频采集技术^[13]是指当车辆通过检测区域时,在电磁感应下交通检测器内的电流就跳跃式上升。当该电流超过指定阈值时会触发记录仪,实现对车辆数及通过时间点检测。使用磁频技术采集动态交通数据的设备主要有感应线圈检测器、磁力检测器等。

波频采集技术^[14]工作方式共有两种,第一种是交通检测器区域发射具有一定波长的能量波,当有机动车辆穿过检测区域时,该波束经车辆反射后被检测器接收,然后经过处理分析获得所需的交通参数。这种类型的设备主要有微波检测器、超声波检测器和主动式红外检测器等。另一种是检测器对通过检测区域的机动车辆本身发射的具有一定波长的能量波束进行吸收,经过分析处理后获得所需的交通参数。这种类型设备主要有被动式红外线检测器、被动式声学检测器等。

视频采集技术是一种将视频图像和电脑化模式判别技术相结合并应用于交通领域的新型采集技术。它通过视频摄像机和计算机模仿人眼的功能,将连续的模拟图像转换成离散的数字图像后,在成熟的物理模型和数字模型的基础上编制软件进行处理。

表1-4说明各种检测器采集到交通流参数的对比分析^[15]。交通流参数主要为交通流量、地点车速、时间占有率、车辆分型、车队长度、有效车辆长度、车头视距等。检测方式分为直接检测和间接检测,间接检测指通过直接检测到的其他交通参数推导出需检测的交通参数,或者通过多个该检测器的配合来计算得到间接检测的交通参数。

表1-4 检测器的检测参数

检测技术	断面流量	占有率	地点车速	车辆存在	静止车辆探测	车队长度	多车道覆盖	其他参数
单环形感应线圈	D	D	I	D	N	I	N	VEL, VC
双环形感应线圈	D	D	D	D	N	I	N	VEL, VC
磁力式	D	D	D	D	N	I	N	
微波检测	D	D	D	D	D	I	D	TH
红外主动式	D	D	I	D	N	I	N	VC

(续表)

检测技术	断面流量	占有率	地点车速	车辆存在	静止车辆探测	车队长度	多车道覆盖	其他参数
红外被动式	D	D	I	D	D	I	N	
超声波检测	D	D	I	D	N	I	N	
声呐式	D	D	D	D	D	I	N	
视频检测	D	D	D	D	D	D	D	TH, VC

注: D 为直接检测, I 为间接检测, N 为不能检测, VEL 为车辆有效长度, VC 为车型, TH 为车头时距。

从表 1-4 可以看出,不同的检测技术所检测的交通参数是不同的,例如,单环检测线圈、红外检测器与超声波检测器不能直接检测地点车速;有些检测器不能多车道覆盖,只能单车道下检测,只有微波、被动红外、声呐式和视频检测可以多车道覆盖下检测交通参数。所以可根据不同交通流参数监控的需求来选择相应的检测器。

1.2.1.3 公交 IC 卡交通数据采集技术^[16]

各个城市的公交 IC 卡的制式存在明显的不同。

例如,广西某市公交 IC 卡分为 A、B、C、D、E、F、G 卡,共 7 种,截至 2008 年 12 月底,共发行约 80 万张。

A 卡:普通乘车卡,可在所有无人售票公共汽车上乘车使用,按所乘线路票价的 9 折优惠扣款。任何人都可购买 A 卡。A 卡已发行 612 210 张。

B 卡:职工月票卡,每月充值 50 元,可乘坐原月票线路(1—19 路)公交车 100 次。凡持有该市身份证或户口簿者,均可购买 B 卡。B 卡已发行 122 292 张。

C 卡:学生月票卡,每月充值 30 元,可乘坐原月票线路(1—19 路)公交车 100 次。在校的全日制中、小学学生(含职高生)均可购买 C 卡。C 卡已发行 45 042 张。

D~G 卡:内部免费乘车卡。D 卡为公交公司员工卡, E 为家属卡(成人), F 为家属卡(学生), G 卡为退休职工卡。D~G 卡发放约 20 000 张。

B、C 卡的乘车次数只能是持卡本人在原月票线路(1—19 路)使用,且为当月有效,跨月余次作废。B、C 卡除乘车区外,还设有“备用车费存储区”(即“A 卡”的功能)。乘客可在该区存上备用车费,其用法与 A 卡相同。该卡为记名卡,用户可以对卡进行挂失,卡中与乘车相关信息主要包括:

kbh 为公交 IC 卡卡号。

xfrq 为刷卡的日期。

xfsj 为刷卡的时间。

qcbh 为乘坐的公交车的车辆编号。

xlbh 为乘坐的公交线路编号。

listno 为刷卡的记录编号。

此外,还包括消费金额、卡上余额、客户信息等字段内容。

而广东某市公交 IC 卡为不记名卡,不能挂失,使用范围为轨道交通、大巴公交车辆及便利店小额消费。乘坐地铁时持卡人需在入闸和出闸刷卡方能通行;乘坐一票制公交线路,持