



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目

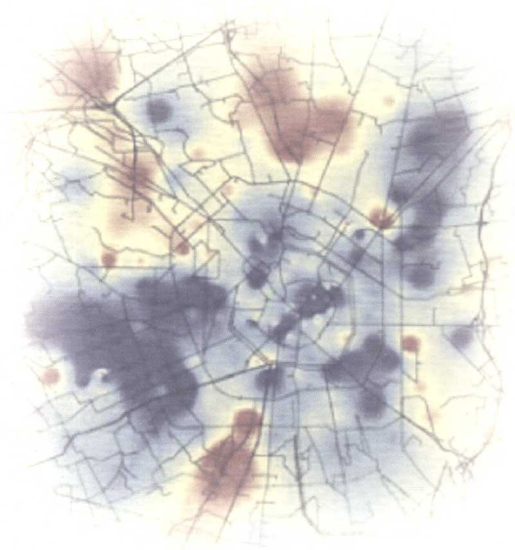
面向未来的交通出版工程·政策与规划系列

基于手机定位数据的个体出行 行为特征分析与技术研究

——方法与实证

杨 飞 姚振兴 著

同济大学出版社





国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目

面向未来的交通出版工程·政策与规划系列

基于手机定位数据的个体出行 行为特征分析与技术研究

——方法与实证

杨 飞 姚振兴 著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

基于手机定位数据的个体出行行为特征分析与技术研究:方法与实证/杨飞,姚振兴著. —上海:同济大学出版社,2017.5

(面向未来的交通出版工程·政策与规划系列/汪光焘主编)

“十三五”国家重点图书出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5608-6770-0

I. ①基… II. ①杨… ②姚… III. ①移动电话机—定位系统—应用—交通运输—研究 IV. ①U

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 037991 号

面向未来的交通出版工程·政策与规划系列

基于手机定位数据的个体出行行为特征分析与技术研究——方法与实证

杨 飞 姚振兴 著

出 品 人: 华春荣

策 划: 高晓辉 陆克丽霞

责任编辑: 高晓辉

责任校对: 徐春莲

装帧设计: 陈益平

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn
(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、建筑书店、网络书店
排版制作 南京新翰博图文制作有限公司
印 刷 上海安兴汇东纸业有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12.25
字 数 306 000
版 次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5608-6770-0
定 价 68.00 元

版权所有 侵权必究 印装问题 负责调换

《面向未来的交通出版工程·政策与规划系列》编委会

学术顾问

邹德慈 中国工程院院士
郭重庆 中国工程院院士
郑时龄 中国科学院院士

主任

汪光焘

副主任

杨东援

编委(以姓氏笔画为序)

马 林	方守恩	叶建红	朱 洪	关志超	杨 飞
杨 轸	杨 涛	杨 超	李 健	李 锋	吴 兵
宋小冬	张晓春	陈小鸿	邵 丹	林 群	赵鸿铎
段征宇	倪桂明	徐瑞华	海德俊	惠 英	潘晓东
潘海啸	薛美根				

■ 总 序 ■

PREFACE

伴随城镇化和机动化进程,交通的发展目标、关注问题和对策方法等也在发生着巨大的变化。未来的交通运输工程将是工程科学、人文科学等交叉学科融合发展又具有独立特色的领域,在这一领域中相关理论与技术正处于挑战、探索和机遇并存的重要发展阶段。

中国快速城镇化、机动化所带来的前所未有的压力,由于受到资源和环境的制约,已经不可能单纯依靠交通基础设施建设来加以化解,需要构建适合中国国情的战略—政策—规划—建设有机融合的城市交通一体化对策理论体系;城市交通进入建设与管理并重的转型发展阶段,将社会管理与交通技术系统建设有机融合,通过理性供给和动态调控,引导城市交通模式进入可持续发展的轨道,是理论研究者、管理者和工程技术人员苦苦思考与探索的问题。

近年来相关技术领域的快速发展,促使交通领域中的许多技术概念正在发生巨大的变化。信息技术与控制技术的融合,促成了车联网的孕育与发展;对交通安全的社会关注,促进了车辆与交通技术设施两方面的主被动安全技术的应用;“互联网+服务”、“互联网+交通”催生了共享单车、分时租赁、网约车等新型交通服务模式;新型有轨电车、个人城市交通(PRT)等交通方式正在逐渐走进我们的生活;交通信息系统建设以及大数据理论的发展,为针对具有复杂适应特征的城市交通系统监测和战略调控创造了条件。

在此背景下,无论是交通工程研究者、工程技术人员还是行业管理者,都深感原有知识和经验面临挑战,需要重新认识我们所面对的问题,适应需求和技术环境变化进行理论创新与技术变革。

《面向未来的交通出版工程》这套丛书正是为了适应这种需求而编纂。面对一个快速变化和发展的领域,采用滚动组织编写的方式,力求更快地反映出相关理论研究成果和实践经验。

在本丛书的出版选题中,强调如下三个基本原则。

(1) 适应发展阶段需求的理论针对性。

我国交通进入转型发展的新阶段:对生态环境和城市人居环境的关注,要求在可持续发展理念指导下,研究绿色交通和新能源车辆推广的对策问题;在城市规划进入用地总量控制内涵式发展的背景下,需要正确处理土地再开发引发建成区交通需求增长与交通基础设施难以大规模扩展的矛盾;城镇化进入城市群发展阶段,要求从城市群视野整合综合交通体系,调整中心城交通模式以适应功能布局的演化。

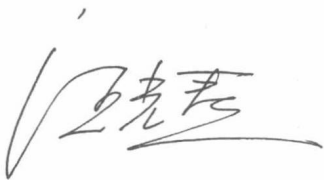
(2) 符合国际交通理论发展趋势的科学技术原创性。

在交通网络流分析和交通行为分析等传统领域的研究日益深化;大数据和复杂性理论的交融对交通理论变革产生了重要的推动作用;城市规划理论关注点从“位空间”转向“流空间”、地理学的关系转型和对空间中行为研究等方面所提供的成果借鉴。整个学科体系正在出现变革的趋势。

(3) 适合中国国情特点的实践探索性。

城市交通战略、政策和规划并非单纯的技术问题,而是一种科学发展观和公共政策的体现。正因为如此,在特定管理制度架构下的实践探索,具有理论和技术研究所不可替代的作用。

中国交通的快速发展迫切需要与之适应的理论与技术支持,中国交通的实践又为相关理论与技术的变革提供了成长的“土壤”。面对发展与变革,不必苛求体系的完美,研究和实践中的百花齐放,必然带来中国交通科学与技术领域的万紫千红。



2016年4月

前言

FOREWORD

席卷全球的大数据时代到来,通过海量数据的挖掘与分析将提供更有价值的信息辅助决策,成了国内外各行各业的研究热点前沿,其中,交通大数据环境构建与挖掘应用是大数据潮流发展的重要内容之一。以手机定位数据为主导的位置数据必然是交通大数据的重要核心基础,庞大的手机用户群体、广泛的通信覆盖网络、通信事件活动产生海量的位置数据是一项十分宝贵的资源,深入挖掘有望推断和揭示出交通活动的本源机理、深层次特征,进而为解析我国交通与城市发展演化的关系、特征与规律提供重要基础,意义深远。

交通出行需求识别包含人、车两大方面的基础数据,本源是人的出行。过去十多年,国内外对机动车的交通需求数据采集积累具备了很好的技术手段,例如 GPS 浮动车、环形线圈、视频检测、雷达探测、RFID 等技术,并在许多城市还构建了道路交通车辆的信息采集与发布系统,但对反映交通出行本源特征的个体“人”的出行活动追踪分析一直缺少十分有效的技术手段。交通流参数仅仅是交通需求在道路网上呈现的结果,而个体行为特征、演化模式和变化规律才是与交通需求本源直接相关的决定因素之一。传统的居民出行问卷调查数据存在的缺陷已经让交通工程同行抱怨不已,其中的问题包括主观回忆的数据错误、组织实施难度较大、成本较高等。目前,尽管国内外开展了一些新技术的研究和实证应用,但还存在较多不足,尤其是还未研究出较为成熟可以应用的个体出行活动数据精细化、客观准确的提取分析技术。随着 3G/4G-LTE 新一代移动互联网技术的迅猛发展,智能手机用户日益庞大,为追踪分析个体出行活动特征提供了载体和机遇,这可能给传统的交通行业发展模式带来巨大的冲击影响。

对于个人出行活动分析,手机位置大数据的应用目前主要在基于手机信令数据方面开展了较多应用实践,通过追踪挖掘手机用户在发生通信事件(通话、短信、上网等)与基站小区的信息交互“暴露”其所在的基站覆盖范围模糊位置轨迹,推演该

手机个体在城市中的活动特征,再进行计集统计结果。相关应用包括职住平衡、来外与流动人口活动分布特征、交通大区 OD、典型断面道路交通流等中宏观层面分析,大多用于城市规划、交通战略方面的管理决策支持。但是,由于基于手机信令数据的分析结果缺乏统计意义上的可靠性,存在较多数据结果精度方面的质疑和担忧;同时,其位置数据精度较粗,无法提供精细的出行链特征,不能支撑交通建模对交通数据的定量需求。

本书着重聚焦于个体出行数据高质量的精细化提取技术与方法研究,利用个体智能手机传感器数据(智能手机内置多种传感器,研发手机 APP 应用软件可导出所记录数据,包括手机 GPS 位置点位坐标、速度、加速度、卫星数量与精度、Wi-Fi 接入数据等),在此基础上同时探索融合 3G/4G-LTE 新一代移动通信网络信令事件数据(切换、位置区更新、视频、短信、微信 QQ 等上网),这些新型手机数据能够反映手机用户的时空位置变化和运动状态变化特征,综合运用小波分析、随机森林、聚类分析等模式识别的数据挖掘算法,力争实现精细化追踪提取个体出行活动特征,包括出行 OD、出行方式、换乘点时刻和位置、各出行方式段的出行时间、各驻留地停留时间等一系列详细的个体出行活动“体检报告”,为交通理论模型优化重构、城市和交通发展规划与管理决策提供坚实基础。

另一方面,尽管大数据研究很热,但我们更需要沉下来深入思考数据的具体用途和作用,泡沫和浮躁终究一事无成,所以,不能仅仅停留在大数据资源可能带来的美好“肥皂泡”的欣喜,而更需要针对性深入挖掘以投入应用产生实际价值。鉴于此,本书也对个体出行活动精细化数据的应用研究进行了思考和展望,如何支撑理论模型方面开展精细标定与优化,包括对传统四阶段交通模型的校核标定提升精度;公交 OD 反推模型评估优化,以及对基于活动的新一代交通需求分析模型实证标定等。目前,由于传统交通出行调查无法提供活动模型标定所需要的详细出行链数据,在国际上还未能广泛通过实证标定活动模型进行交通需求分析。

本书主要依托笔者主持的 2 项国家自然科学基金面上项目和教育部“新世纪优秀人才支持计划”项目的研究成果提炼总结而成,即“融合多源移动定位时空数据的居民出行行为与活动分析技术研究(项目编号:50908195)”“基于手机 APP 传感器数据的个体出行特征精细化提取与交通模型优化(项目编号:51678505)”和“基于新一代移动通信事件和定位技术的城市交通管理决策支持研究(编号:NCET-13-0977)”。本书一共包含 9 章,第 1 章研究概述,介绍了研究背景、研究目标、应用前景和主要内容等,总结了研究特色与创新点;第 2 章,全面总结了近年来基于手机信令数据、手机话单数据、个体 GPS 出行轨迹数据、手机社交网络签到数据等手机位

置大数据在交通数据提取中的应用研究和实际案例,明确该研究方向现状与基础;第3章介绍了主要使用的几种数据挖掘算法理论以及结合手机传感器数据进行应用的思路,包括聚类分析、神经网络、支持向量机、贝叶斯网络、随机森林、小波分析等;第4章对于本书用于获取手机传感器数据的APP进行介绍,初步解析了初始数据变化波动特征规律;第5章阐述了“行人—交通流—通信”集成仿真平台构建方法和步骤,通过仿真实验开展了技术效果评估分析;第6章进行了基于手机传感器数据的出行参数特征提取技术实证研究,运用多种数据挖掘算法结合实地测试数据给出了出行方式、出行转换点、出行时刻等微观出行链特征参数提取的具体过程说明与精度评估;第7章分析了本书重点研究的手机传感器数据提取技术的影响因素和敏感性分析,讨论了不同道路交通条件下的技术应用效果;第8章分析了精细化交通出行数据对于提升交通管理与规划的实践应用思考,例如对四阶段交通需求预测模型的改善,优化公交线路提升“最后一公里”接驳效率等;第9章进行了研究展望,对于未来个体交通数据提取以及交通大数据发展的重要问题进行了简要讨论。

本书在写作过程中得到了许多学者朋友和研究生的帮助,书中的部分重要成果来自于所指导研究生的研究和学位论文工作,包括博士生姚振兴持续在手机大数据提取方向的研究工作,硕士生曾大堃、赵瑜、韩旭、戴露的学位论文成果,感谢你们的努力付出为本书提供了坚实的成果积累。博士生姚振兴持续在该研究领域开展工作,紧密围绕基于神经网络、支持向量机、决策树等机器学习方法的手机轨迹数据挖掘算法,基于模极大值小波分析的交通方式识别算法等核心分析技术取得了突破性创新,以及在全书的统筹组织撰写工作方面的大量投入,成为本书的共同著作者。还要感谢研究生姜海航、周建尧、郑浩毅、卢泰宇、李玉、林园、王利雷、李琮等做出的工作,其中周建尧负责组织编写了第2章,李琮参与编写了第4章,姜海航主要负责编写了第5章,郑浩毅参与编写第8章,李玉参与编写了第9章。

由于笔者学术水平局限,交通大数据作为新兴的研究方向也正在经历不断探索和发展的阶段,本书难免存在疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。



2017年3月

于西南交通大学,成都

■ 目 录 ■

CONTENTS

总序

前言

1	研究概述	1
1.1	背景与意义	2
1.1.1	个体交通出行活动分析技术缺陷	2
1.1.2	手机传感器调查技术优势	4
1.1.3	数据瓶颈制约交通需求分析与交通模型发展	5
1.1.4	“大数据”时代交通调查技术发展新机遇	5
1.2	研究目标	6
1.2.1	学术理论目标	6
1.2.2	技术应用目标	6
1.3	应用前景	6
1.4	主要内容	7
1.4.1	个体出行手机传感器数据来源采集和解析	7
1.4.2	基于手机传感器数据的个体交通出行特征精细化提取	8
1.4.3	融合交通-通信集成仿真的个体出行活动仿真平台构建	10
1.4.4	个体出行精细化数据在交通规划管理中的应用探究	11
1.5	关键问题	11
1.6	技术路线	13
1.7	研究特色与创新	15
2	基于手机定位的个体出行特征分析技术综述	17
2.1	手机数据分析技术类型与特征	18

2.1.1	手机传感器数据分析技术及特征	18
2.1.2	手机信令数据分析技术	18
2.1.3	手机社交网络数据分析技术	19
2.2	基于手机位置数据的交通分析技术发展总结	19
2.3	基于手机信令数据的个体活动规律分析	24
2.3.1	居民活动规律动态监测	24
2.3.2	区域及断面客流分析	30
2.4	基于 GPS 定位数据的个体出行行为特征分析	33
2.4.1	出行链信息精细化提取	33
2.4.2	基于 GPS 轨迹数据的居民出行调查实地应用	40
2.5	基于手机 Wi-Fi 数据的活动强度分析	41
2.6	基于社交网络数据的居民出行特征分析	43
2.6.1	居民出行特征	43
2.6.2	OD 估计	44
2.6.3	职住空间特征	45
2.7	研究总结与发展趋势	45
	参考文献	46
3	基于手机传感器数据的挖掘算法理论与应用方法	51
3.1	个体出行链信息精细化提取技术思路	52
3.2	基于空间聚类算法的出行端点识别	54
3.3	基于小波变换模极大值算法的交通方式换乘点识别	56
3.4	基于机器学习算法的个体出行方式识别	59
3.4.1	基于神经网络算法的个体出行方式识别	59
3.4.2	基于支持向量机算法的个体出行方式识别	61
3.4.3	基于贝叶斯网络算法的个体出行方式识别	63
3.4.4	基于随机森林算法的个体出行方式识别	65
3.5	基于 GIS 地图匹配的个体出行链信息提取结果优化	66
3.6	本章小结	70
	参考文献	70
4	手机传感器数据采集 APP 开发与数据解析	73
4.1	数据采集 APP 开发	74
4.1.1	APP 详细功能	75
4.1.2	APP 操作界面	76

4.2	网络数据库管理系统构建	77
4.3	数据安全措施	78
4.4	手机传感器数据内容与基础特征分析	78
4.4.1	GPS 模块定位精度与质量	78
4.4.2	个体出行时空停留特征与 OD 特征分析	80
4.4.3	个体出行移动轨迹点密度特征分析	81
4.4.4	个体出行瞬时速度数据特征分析	85
4.4.5	个体出行瞬时加速度数据特征分析	90
4.5	本章小结	99
5	“行人—交通流—通信”集成仿真平台构建	101
5.1	仿真平台建设框架与思路	103
5.2	交通环境与个体交通出行仿真	104
5.2.1	交通仿真	104
5.2.2	交通仿真模块构建实例——以成都市为例	104
5.3	无线通信场景与通信仿真	105
5.3.1	无线通信事件说明及仿真	106
5.3.2	移动通信信号传播理论模型	109
5.3.3	移动通信环境及仿真实例——以成都市为例	112
5.4	手机传感器数据仿真	113
5.4.1	手机传感器数据扰动加载方法	113
5.4.2	数据加扰实例与效果评估	115
5.5	本章小结	118
	参考文献	118
6	基于手机传感器数据的精细化出行参数提取实证研究	119
6.1	手机传感器数据采集实地试验	120
6.1.1	不同出行目的的出行方案设计	121
6.1.2	多方式组合出行方案设计	122
6.1.3	不同交通状态的数据采集方案设计	124
6.1.4	出行日志采集工作	125
6.2	基于空间聚类算法的出行端点识别实证分析	125
6.2.1	算法参数配置	126
6.2.2	个体出行端点识别与出行轨迹切割	127
6.2.3	个体出行端点识别结果与误差分析	128

6.3	基于小波变换模极大值算法的交通方式换乘点识别实证分析	129
6.3.1	算法参数配置	129
6.3.2	多交通方式组合出行换乘点识别实例	130
6.3.3	交通方式换乘点识别结果与误差分析	133
6.4	基于神经网络算法的交通方式识别实证分析	134
6.4.1	算法参数配置	134
6.4.2	交通方式识别实例	135
6.4.3	交通方式识别结果与误差分析	137
6.5	基于 GIS 地图匹配的出行链信息识别结果优化实证分析	138
6.5.1	基于 GIS 地图匹配算法参数配置	138
6.5.2	公交车与小汽车的出行方式区分识别实证	140
6.5.3	结果分析	142
6.6	本章小结	143
7	不同影响因素及敏感性分析	145
7.1	关键参数及其对技术精度的影响机理	146
7.2	不同条件实地试验机数据特征分析	148
7.2.1	数据采集	148
7.2.2	数据特征分析	149
7.3	交通方式识别效果敏感性分析	149
7.3.1	算法的选择与影响	149
7.3.2	数据采样频率设置与影响	150
7.3.3	交通状态与影响	151
7.4	交通方式换乘时间点识别效果敏感性分析	152
7.4.1	算法的选择与影响	152
7.4.2	数据采样频率设置与影响	152
7.4.3	交通状态与影响	154
7.5	基于仿真数据的出行链信息识别效果敏感性分析	155
7.5.1	基于仿真数据的交通方式识别效果敏感性分析	155
7.5.2	基于仿真数据的换乘时间点识别效果敏感性分析	157
7.6	本章小结	160
8	精细化数据提取对交通规划与管理的改善应用思考	163
8.1	精细化数据提升传统四阶段模型精度	164
8.2	精细化数据优化公交站点与线网布局	167

8.3	构建基于精细化个体活动的交通模型	169
8.4	精细化个体出行数据的其他应用	169
9	研究展望	171
9.1	完善基于手机传感器数据的个体出行链采集体系	172
9.2	大数据环境下多元异构数据融合提升技术应用效果	172
9.3	探索基于精细化交通调查大数据的交通规划理论与方法	173
附录 A		175

1

研究概述

- 1.1 背景与意义
- 1.2 研究目标
- 1.3 应用前景
- 1.4 主要内容
- 1.5 关键问题
- 1.6 技术路线
- 1.7 研究特色与创新

1.1 背景与意义

既有的个体出行需求调查技术主要包括:①传统人工问卷调查;②逐步兴起的 GPS 出行轨迹追踪调查;③手机信令网络调查。三种主要的方法各有优缺点。从近年实践来看,传统人工问卷调查的问题突出集中在数据质量难以保证,大都依靠被访者主观回忆;欧美国家城市以及我国北京、上海等大城市,近年来积极探索运用 GPS 辅助居民出行调查,也存在 GPS 信号遮挡轨迹数据不完整、携带 GPS 设备不方便等问题,相应的 GPS 轨迹数据挖掘算法尚未有效研发以提取准确的出行链信息;依托手机信令数据进行出行需求分析,欧美国家已有相当的实践,目前也逐渐成为国内大城市交通管理部门的关注热点,但这种方法存在的主要问题,由于位置精度不高、在通信基站小区覆盖范围,该方法只能够探测宏观出行需求(例如交通大区出行 OD、职住分布),无法对微观层面的出行链特征进行有效提取。

目前不存在一种可以全面主导的调查方法,需要探索研究新的个体出行特征的调查方法,弥补既有方法的不足。从现状和趋势判断,调查数据精度将成为一个亟待回答的问题,个体出行特征调查急需一种较为可靠的参照数据,具备精细化、客观、准确的特点,能够用以衡量、判断和抽样检验各种调查方法提取的出行数据精度质量。本书尝试探索利用智能手机传感器数据的交通出行特征提取方法(智能手机内置 GPS、加速度仪等多种传感器,记录 GPS 位置时空轨迹数据、加速度数据、卫星数量、Wi-Fi 热点等传感器数据),走通技术流程,摸清数据规律,突破算法要求,能够提取该个体出行的全程特征信息,包括出行 OD、出行时刻、出行时长、出行方式、出行端点、停留时长以及出行目的等,并通过足量实证研究给出其提取数据精度,探索其作为出行特征调查参照校验数据的可行性。

1.1.1 个体交通出行活动分析技术缺陷

反映交通需求本源的个体交通出行活动特征是诊断交通现状问题、进行交通需求预测、制定交通政策的重要依据,既有的个体交通出行活动数据调查分析技术存在不足,尤其是数据质量的精准度方面,缺乏准确的数据源头,再精细的交通模型也可能无用武之地。当前急需对个体出行活动数据的精细化、客观化、高质量、动态化提取新技术的研究进行补充与提升,从而全面准确把握交通出行需求本源。

1. 传统的居民出行调查

传统居民出行调查是当前交通出行数据的主要来源,主要有问卷调查法、电话询问法、邮件访问几种方式,虽然传统居民出行调查方法在实际中使用较多,但随着居民出行活动频率及事件类型复杂程度的增加,其在调查数据精度、调查成本、数据更新周期等方面不足和缺陷日益突出,越来越难以满足现代交通规划、建设对数据精度、可靠性及实时动态性等方面的要求。

首先,回忆偏差、信息错误等现象普遍,数据精度难以保障。传统调查方法依靠被调查者回忆出行过程获取数据,如出行方式、出行的时间、出行目的地等,通常被调查者回忆负担较大,实施中往往存在信息记忆偏差、错误或不愿意配合等情形,严重影响了居民出行调查的数据质量。此外,传统居民出行调查方法更加无法获得用于完善交通模型的精细化交通出行数据,例如具体的出发时刻、到达时刻、交通方式、换乘时间等,数据瓶颈很大程度上制约了交通模型、交通规划方案的制定。

其次,调查成本高、组织实施难度大。全市范围内的大规模居民出行调查,需要政府高层行政职能部门牵头、多个城市及交通管理部门负责落实,且需各街道办事处协助入户调查,调查组织实施难度较大。此外,由于在调查中需要动用大量的人力物力,调查成本也不断增加,近年来很多大城市综合交通规划编制中仅用于交通调查的费用就高达几百万元。

最后,调查数据更新的实时动态性差。由于传统居民出行调查成本高、实施难度大,大规模的居民出行调查往往每隔 5~10 年才进行一次,北京、上海等特大城市新中国成立至今也就大概实施过 4~5 次,相当多的二线城市可能至今未实施过一次居民出行调查。在我国城市化进程加快、交通需求剧烈膨胀的背景下,传统调查数据根本无法及时、客观反映当前的居民交通出行规律,相当多的时候还在使用多年前的出行数据来进行交通需求预测,甚至有一些城市完全没有相关数据,仅通过小规模片段调查估算后就进行了交通规划。交通出行传统调查数据的客观性、动态性质量较差直接导致交通规划方案难以与现实需求有效匹配,规划实施效果也难以得到真正的保障。

2. 手持 GPS 终端设备调查

这是 2000 年左右国外开始探索的一种新型居民出行调查技术。在美国、英国一些城市开展了实际应用,获取个体出行数据以提高传统调查方法的数据质量并证实起到了较好的效果,但大多数主要是单一交通方式出行数据提取方法研究,对于我国城市普遍存在的多模式交通组合出行问题还缺乏适用性成果。除此以外,GPS 设备成本也是个不容忽视的问题。需要政府部门专门采购手持 GPS 终端设备,即使小样本抽样都可能导致较高的设备成本。例如,以人口达到 500 万的大城市而言,出行调查抽样率按照 2% 计算,需要调查 10 万人口,GPS 设备成本单价按照 1 000 元估算,仅设备费就将高达 1 亿元,这对相当多的城市交通管理部门来讲都是一笔难以想象的财政花销,对国外大多数城市人口规模不大的情况还能够顺利开展,而且由于携带不便也难以要求大量出行者长期携带手持 GPS 设备以开展动态出行调查,因此,对我国城市人口规模偏大的现状来讲可能很难具有可行性。

3. 基于移动通信网络信令数据的个体出行活动调查

该方法近几年国内外一些城市采用的新方法,属于一种集计的调查技术。例如,我国的上海、重庆、天津等为数不多的城市,开展了一些通过手机网络信令数据追踪手机的基站小区连续变化信息获取宏观层面的出行活动特征,包括居民职住地分布、出行