

文章编号:1003-2398(2014)06-0018-06

智能手机定位数据应用于城市研究的进展与展望

郭 璨¹, 甄 峰¹, 朱寿佳²

(1.南京大学 建筑与城市规划学院, 南京 210093;

2.南京大学 地理与海洋科学学院, 南京 210093)

PROGRESS AND PROSPECT OF THE APPLICATION OF SMART PHONE LBS DATA IN URBAN RESEARCHES

GUO Can¹, ZHEN Feng¹, ZHU Shou-jia²

(1.School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University, Nanjing 210093, China;

2.School of Geography and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstracts: With the rapid development of information communication technology (ICT), the smart phones are developed and the mobile phone's functions are constantly more powerful. The author discusses that as one of the main source of big data, the LBS data of the smart phone is conducive to study Chinese cities. Many foreign scholars have already used this application for urban study and tried to apply their mobile software to urban governance. Related researches are not so many in China, however, though it has the most smart phone users in the world. The author tries to review the previous researches about applying these data to urban study. There are three parts in this paper. Firstly, the author summarizes the significance of these data. The second part explains the research method and emphasis. The features of these data and the application methods of previous researches are discussed. There are three main differences between smart phone and non-smart phone, which will contribute more to the study. By consideration with the data features as well as the research fields of smart city, the author introduces the applications of smart phone LBS data in urban study from the four aspects: the behavior of urban residents, urban spatial structure, urban ecological environment and urban governance and make some comments for the previous researches. At the end of this paper, the author discusses the prospect of the application of smart phone LBS data and underlines the application to planning practice. Therefore, it is necessary to promote the cross and integration of related disciplines such as sociology, economic geography, cultural geography, computer science, mathematics and geographic information science, in order to make full use of the smart phone LBS data in urban study.

Key words: smart phone; LBS data; urban study

提 要: 移动信息时代与大数据时代的到来, 促使城市研究方法趋于多元化。随着智能手机出现和手机功能不断发展, 手机普及率大大提高, 基于位置服务应用的智能手机数据成为最具研究意义的大数据来源之一, 为智慧城市建设和城市问题的研究提供了新的思路与方法。本文对该数据特征和以往其应用于城市研究领域的方法进行了总结; 结合该数据特征和智

慧城市研究领域, 从城市居民行为研究、城市空间结构研究、城市生态环境研究和城市管治四个方面介绍了智能手机定位数据在城市研究中的应用。文章的最后对手机定位数据在城市研究中的应用前景进行了探讨, 并强调手机定位数据研究应与规划实践相结合。

关键词: 智能手机; 定位数据; 城市研究

中文分类号: F290 **文献标识码:** A

基金项目: 国家自然科学基金项目(40971094); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(1115090201); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NECT-09-0470)

作者简介: 郭璨(1989)女, 江苏扬州人, 硕士研究生, 主要从事城市与区域规划研究。E-mail: xunling50339@163.com。

收稿日期: 2013-12-25; 修订日期: 2014-07-05

1 引言

随着城市功能和城市研究对象的复杂化,人的活动特征和城市空间结构呈现碎片化的趋势^[1],单纯从物质空间研究城市已远远不够,甄峰等认为全新的城市移动社会正在迅速出现,并提出建设融合技术、经济、社会、空间于一体的智慧城市^[2]。与过度强调技术的智能城市相比,智慧城市更强调人本与技术对城市发展的推动。其中技术是智慧城市的重要支撑,由移动信息技术和高速交通技术所构建的流空间是其核心。智能手机定位数据作为移动信息技术中可获得性最强、覆盖范围最广的大数据形式,使人的行为等社会经济属性反映在空间上成为现实,这符合智慧城市以人为本的要求,因此应用智能手机定位数据是智慧城市建设的重要环节,也是将大数据与智慧城市建设结合的关键(见图1)。

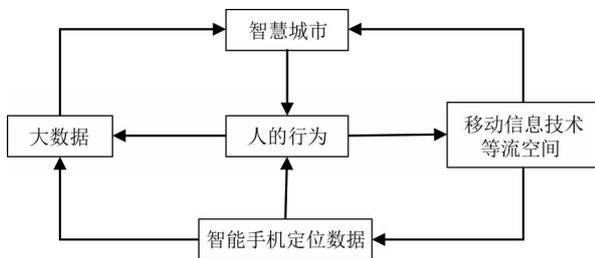


图1 智能手机定位数据研究体系

Fig1. Research System of Smart Phone LBS Data

如今移动电话不仅仅是一个通讯工具,而代表着移动信息时代最基本的生活方式,已经成为一个重要的可以随身携带的数据获取终端和信息处理平台。同时,安卓系统和苹果 iPhone 等智能手机的出现使得基于定位的移动社会网络(location-based mobile social networks)越来越普及,获取位置以及进行沟通等活动更加灵活可靠,因此用户拥有更自由的移动能力。这对城市内部各要素间的组织方式产生不同程度的影响,从而改变城市内部空间的流动性^[3],并逐渐对城市的空间结构和形态产生影响^[4]。其结果是,城市研究主体人的活动越来越复杂,城市动态也越来越复杂。

城市研究中,传统调查方法以活动日志和出行日志等问卷调查和访谈等方法获取人类行为数据^[5],其精确性因调查者的回忆、习惯、填写态度等影响而大打折扣^[6],智能手机定位数据能够实时反映人类活动,而且一些通讯服务系统本身具有一定的移动计算与交流分析能力,可减少行为数据编码过程的信息损失,适合于大规模的行为数据分析。基于移动设备的位置数据可能成为最快速、准确也最具发展潜力的城市分析数据来源之一^[7]。

由于智能手机的强大功能和高普及率,国外学者从各个领域来研究它的社会^[8,9]经济^[10-12]影响。随着手机获得数据领域的拓展(如手机用户定位等),学者们利用手机定位数据进行了多方面的研究分析,包括日常行为^[13-15]、社交交往^[16,17]、通话预测^[18,19]、社会亲近度^[20,21]和人的流动性^[22-26]。

手机数据的应用越来越成为居民行为研究、城市规划、公共交通运输规划、紧急事件控制和应急管理等领域的重要研究方法,从而进一步推动智慧城市的建设。

2 国内外研究思路与重点

当前,网络开始成为城市经济和社会发展不可或缺的平台,并全面影响着居民活动、企业经营、科技研发以及政府管理,基于定位功能的移动信息设备(GPS、智能手机、IC卡等)技术的逐渐成熟,中国的大数据时代已经到来^[27]。智能手机定位数据作为大数据的主要来源之一,使获取大量反映城市空间组织和居民行为特征的数据成为可能。下文主要从智能手机定位数据特征和重点研究领域两个角度对现阶段已有研究成果进行梳理。

2.1 智能定位手机数据特征与获取

传统(非智能)手机有的也带有GPS功能,但智能手机定位数据更具优越性。

2.1.1 智能手机定位数据与传统手机数据差别

相比传统手机,智能手机数据主要有三大优势:一是数据存储级别大大提高。传统手机集成GPS功能,但是其空间存储量往往在MB级别;而智能手机存储量往往在GB级别,且一般都有外置的TF卡。二是数据获取技术更加先进。早些年传统手机数据获取方法有:手机流量监控^[28-30]、访问流量监测蜂窝基站信息^[31]等。近些年,智能手机越来越普及,越来越多的研究者将基于位置服务应用(location-based services, LBS)作为研究数据的主要来源^[32]。LBS定位的主流技术包括蜂窝基站定位、观察角度定位、观察时差定位和辅助全球卫星定位系统(GPS)等^[7]。蜂窝基站定位、观察角度和观察时差的定位精度依赖于蜂窝基站的空分布密度,前两者适用于基站密度较大的城市地区,后者适用于基站分布稀疏的城市郊区或农村地区^[33]。三是数据类型更加多元。传统手机移动定位能够使用的数据有通话技术、短信文本和GPS数据,而智能手机数据包括带有地理标签的文本照片、通话时间地点信息、较为精确的定位数据和用户地理社会经济属性信息等。以上三点也促使智能手机定位数据成为大数据的重要组成,以分析研究时空社会流和使用者的社会特征,从而为智慧城市建设提供了更加精准和强大的数据支持,详见表1。

2.1.2 数据信息内容

智能手机定位服务系统主要由4部分组成:用户手机、移动网络或热点或WIFI、短消息服务中心和应用服务器,因此智能手机定位数据主要包括:用户个人信息与带有位置信息的个人社会经济属性信息、反映个体真实位置的文本与照片和可定制的移动数据等,包含时间、空间多重维度。智能手机定位数据具有海量信息、信息真实、空间覆盖和实时信息四大优势^[34],但也面临数据类型复杂、价值密度低等问题,因此对大样本信息内容的处理可能成为今后研究与实践相结合的关键。

2.1.3 数据获取方法

首先,智能手机定位技术可使终端设计缩至芯片体积

使手机兼具定位功能^[34]。其次,据中国工业与信息化部估计,截止至2013年10月我国手机用户数量突破11亿,位列世界第一,手机普及率达到84.9%,近50%的中国城市居民已经拥有智能手机。其中,69%的用户每天都会使用智能手机访问互联网,这个比率要高于美国的智能手机用户^[35],中国的智能手机时代已经到来,这使得智能手机如同城市传感器一样敏感^[36],成为随身携带的数据获取终端。最后,智能手机定位数据中包含用户的个人社会经济属性信息,可以将手机用户的移动信息与个人信息相结合,研究不同类型人群的行为特点,因此城市规划者的研究可以不再将居民当作均质的整体对待,从而促进城市规划工作更趋于公平,推进智慧城市建设。

表1 传统手机和智能手机定位数据对比
Tab.1 Comparison Between Mobile Phone Data and Smart Phone LBS Data

	传统手机数据特点	智能手机数据特点
数据级别	存储在MB级别	存储在GB级别
数据获取方法	手机流量监控、访问流量监测蜂窝基站信息等	LBS定位的主流技术包括蜂窝基站定位、观察角度定位、观察时差定位和辅助全球卫星定位系统
数据类型	通话记录、文本信息和GPS数据	带地理标签的文本或照片、定制的移动调查数据、GPS数据、通话记录等,比较精确的定位信息;用户社会经济属性信息等

近年来,信息技术的广泛应用推动智慧城市研究的发展,也带来了研究范式的转型。大规模手机定位数据内容体现出大样本量、实时动态、微观详细等特征^[27],且更加注重研究对象地理位置信息的提取。而对于智能手机定位数据的具体研究方法,则较多使用核密度分析、重力模型、网络分析及智能出行模型等传统城市研究方法或模型,并且对GIS工具的依赖程度逐渐增加(见图2)。

2.2 重点研究领域

Gifflinger^[37]等认为,智慧城市包含六大主要维度:智慧经济、智慧运输业、智慧环境、智慧居民、智慧生活和智慧管理。孙中亚、甄峰^[38]认为智慧城市规划建设重点应包括持续发展的城市经济、总体合理的城市空间结构、持续的生态环境、快速响应的基础设施、透明可行的城市管治、自由丰富的社交生活及富有生机的城市文化。

手机定位数据的获取能够提供城市社会网络动态(即城市居民行为动态),从而了解其在空间上的分布。结合学者们对智慧城市的理解和手机定位数据对地理空间的关注,笔者将相关文献分类,从城市居民行为研究、城市空间结构研究、城市生态环境研究和城市管治这四个方面对近些年智能手机定位数据在城市研究领域的应用进行简要回顾。

2.2.1 城市居民行为研究

城市建设强调以人为本,居民行为研究一直以来都是城市研究的重点,且日益呈现出研究方法科学化、研究对

象个体化、研究主题应用化等趋势^[39]。

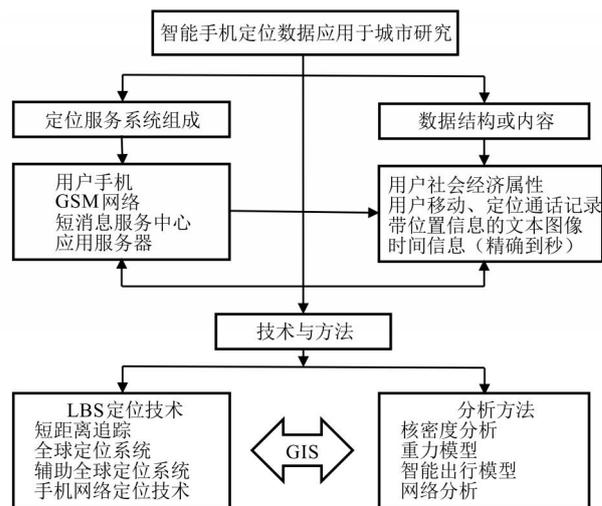


图2 现阶段智能手机定位数据研究方法

Fig.2 Research Method of Smart Phone LBS Data

Ahas^[40]等学者使用移动电话定位数据分析塔林的城市生活的昼夜节律和空间差异。研究随机抽取了277名居住在塔林城外的新住宅区的居民,选择2006年4月中的8天,以15分钟的时间间隔进行定位实验,用得到的时空间行为数据分析受访者在城市中工作、上学、服务与休闲活动节律。Licoppe^[41]等通过手机数据试图重新建构巴黎的城市移动性和基于活动空间通讯状况,并开发一个能够装载在智能手机上的软件,以获得用户移动路径和其手机通讯行为。研究对象为24个年轻人,男女各半。Nobuaki Ohmori^[42]应用GPS手机数据进行活动日志的调查,与传统的基于纸张的活动日志调查收集的数据相比,由智能软件通过比较收集的活动数据更为精确可靠,并将人的行为进一步反映到空间层面。

事实上目前研究对居民行为的研究较多,对居民行为的研究是利用智能手机定位数据研究其他城市问题的基础,其他三类的研究也一定程度上基于此类研究,且多数研究需要结合访谈、活动日志等其他手段进行数据补充,目前单纯靠智能手机定位数据研究居民行为并不全面。

2.2.2 城市空间结构研究

西方城市空间结构研究的理论和方法发展过程表现为:在方法研究上从城市空间的物质属性到城市空间的社会属性;在理论研究上从个体选址行为到社会结构体系,城市研究的一个核心领域是空间形态和社会过程之间的相互关系^[43]。手机定位数据同时反映了城市的空间属性和社会属性,进而促进城市空间结构规划更加合理。

(1) 功能分区研究

城市功能分区研究是城市建设的研究重点,城市规划根据城市规模和发展战略的需求对城市空间进行功能组织和布局安排。传统研究的出发点都是根据人口、用地、产业规模等对城市宏观层面的功能研究或布局,较少从人出发来划分具有共性特征的城市单元。

Ratti^[44]等学者利用英国一家大型电信数据库的通话定位

数据,使用细粒度的区域划分方法分析了数十亿人类个体交易网络,对英国地理行政区划进行评估,从而力图规划出相较行政区划而言更具地理凝聚力的功能区划。Phithak-
kitnukoon^[45]从波士顿中心枢纽地区手机用户那获取的近一百万条手机数据,将这些空间关联数据进行可视化分析,继而得出结论:同一个工作地区背景的人们在日常活动模式中有很强的相关性,但同一空间活动类型并非单一,进一步引导空间设计关注次要活动的需求。

利用智能手机定位数据进行城市行政区划或公共空间内部功能分区的方法,改变了传统的划分原则,研究结果更加满足人文需求,并体现出“紧凑混合布局”的规划理念。但是,目前利用手机定位数据对功能区的划分研究还比较缺乏,且如何协调各功能区间的关系将成为此类研究的挑战。

(2)城市交通研究

传统的交通研究方法主要是基于人口规模和功能分区来进行道路的选线与建设,这种方法更多考虑的是城市层面的空间协调,忽视了居民个体对交通条件的实际需求,灵活性较差,易造成交通资源的分布不均和交通拥堵等问题。手机定位数据可以实时监控实际交通需求,进而合理安排城市的交通资源。

杨飞^[46,47]将手机定位数据的应用引入国内交通调查,利用已有的手机通信网络设施,借助手机定位技术对目标对象进行连续位置跟踪,通过数据处理和建模分析提取追踪对象的OD信息。传统利用交通路口探测器进行交通调查的方法并不能实时跟踪每辆车的时空移动,因此Schlaich^[48]等提出旅客时空轨迹可以利用手机定位数据进行分析。该方法主要利用手机用户位置的更新,从手机数据中获得位置区域序列,并比较这些区位序列航线上通过的公路和铁路,进一步优化道路网络结构。Herrera^[50]等研究者借助智能手机上的一个利用蜂窝网络的交通监控系统,通过GPS设备提供的位置和速度测量的精度与现有的通信网络基础设施提供广泛的覆盖面,开发了移动世纪系统(mobile century),对美国加利福尼亚州的100辆小汽车进行监测。这些手机移动数据是使用虚拟分割线收集的,该系统提供了足够的数据流量监控。

国外在交通领域的研究注重保护参与研究者的隐私,并对实验中获得的数据进行实时处理,在互联网上实时更新,充分验证实时交通监控系统的可行性。相比国内研究者更注重分析方法和技术,手段相对落后。

2.2.3 城市生态环境研究

生态环境与人类的生存发展息息相关,过度追求城市建设和GDP的增长而忽视生态环境就会危害人类自身、阻碍社会的发展。因此近些年,城市规划建设将生态环境规划作为重要的专项规划之一,良好的生态环境也是智慧城市的重要考核标准之一。

Christin^[49]开发智能手机软件 uSafe 让使用者感知和报道周边的噪音污染等; Kanjo^[50]研发出 NoiseSpy 软件收集剑桥市中心周围噪音数据,他们将这些数据汇总到空间地图上,从而对规划人员有指导作用。Pooley^[51]通过使用智能

手机定位数据和图像,记录30名初中学生的行程路线,然后将得到的数据进行分析并模拟空气污染的航线。

现阶段研究主要集中在对城市中污染问题的反映与模拟,研究领域也较窄。如何拓宽利用智能手机定位数据研究城市生态环境问题的领域(如生态禁建区的划定和保护、风景绿道的使用情况等),进一步指导城市生态规划、建设智慧城市绿色片区,将成为今后发展的重点。

2.2.4 城市管治

移动信息技术为城市管治提供了新的技术支撑与工具,应顺应这一发展趋势考虑城市发展面临的主要问题,以便更有效地发挥城市规划的作用促使地理空间的转型以更好地适应移动信息时代的发展,学者们也从多方面进行尝试。

Calabrese^[52]采用本地化和处理网络事件等方法研发出一个城市实时监控系统,该系统由意大利电信平台基于移动蜂窝网络的匿名监测城市动态实时评价研发而成,实时提供关于城市人、车流动信息、公共设施的实时使用情况等。Woelfer^[53]和他的团队对一些无家可归的年轻人进行手机数据采集、调研,他们详细分析所得数据,力图探索使用手机数据来管理不安全的空间,并进一步加强空间设计。Blom^[54]来自诺基亚研究中心的研究员,通过移动通信系统的定位数据试图帮助公共场所提高安全性。调查选取了200多名20—30岁居住在班加罗尔、新德里和旧金山城内的女性,提出了舒适区(comfort zones)的概念,从而进一步指导社区空间规划以提升女性使用的安全性。

可以看出,从宏观角度利用定位数据辅助城市管理的研究较少(除Calabrese的实时监控系统),研究者主要试图从细节入手,关注特殊人群在城市空间中遇到的问题,并分析所得移动定位数据以期解决空间使用安全等问题。

3 应用前景与展望

现阶段应用手机定位数据的分析多与其他调查方法和数据综合运用,在调查软件的应用上存在缺陷,数据的可获得和侵犯居民隐私的矛盾较为突出。一方面WIFI普及以及手机网络便利性提高使得人们更多通过手机网络进行社交活动,丰富了手机定位数据的来源。这些大数据相较传统中小数据,更需要强大的分析技术与方法,数据的分析往往比数据的获取更难,也是进一步深入研究的关键。另一方面数据的所有权至关重要,现阶段学者研究需要同移动运营商合作,很多数据很难获取(尤其在国内)。然而未来,应该让研究者获取数据更加便利,与此同时研究者也应该做好保密工作,防止数据或隐私的泄漏。在此,本文试图从以下三个突破点入手,探讨智能手机定位数据可能的发展方向。

3.1 基于智能手机 大数据 的城市居民活动研究

城市空间结构表示不同人群,不同时间,在不同的地点,不同程度的行为的集中和分散的复杂关系,作为建筑师、规划者和城市理论研究者,乐于从形态这个方面来理解城市,但只了解形态是远远不够的^[55],应该从城市居民活

动入手,从而了解城市运作机制。这也是智能手机数据研究的发展方向,智能手机应用应该做到实时提供居民活动信息,帮助研究者深入了解城市居民动态活动,指导智慧城市建设以人为本。

3.2 基于定制化软件的特定城市问题研究

由于早期城市建设对物质空间的关注远远大于对于人与文化的关注,因此产生了社会隔离、生态环境恶化、基础设施不完善、经济发展不可持续等诸多城市问题。另外,现阶段数据获取有困难以及现有手机定位数据存在局限,因此城市研究者需要进行跨学科的交流,促进计算机、数学、地理信息系统等学科还需要进一步交叉与融合,从而指导技术开发人员进行基于特定城市问题的个性化软件定制(或开发一个应用植入已有社交网络),以方便特定研究数据的获取并为城市问题的解决提供有效建议。

现有手机定位系统也有待升级,比如:调整数据获取的时间间隔,可以根据移动设定为几分钟,而不是采用固定频率5—10分钟,如:快速移动时时间间隔较短,相反当行动更慢时时间间隔较长;数据与空间边界(如建筑边界)配准,使得空间定位更加精准,进一步研究同一空间中的其他次要活动。

3.3 建立基于手机用户的规划管理与决策支持系统

智慧城市强调在城市规划的制定与管理过程中加强公共参与,考虑不同人群的不同需求。虽然规划界一直要求城市规划从静态走向动态,但根据规划现状来看,规划后的城市管理与反馈工作进行的并不尽如人意,主要原因有:管理体系指标不够健全、评价研究方法可操作性不强、调研对象纷繁复杂而且基数较大。手机作为大多数居民随身携带的信息宣传与交流平台,为打破上述现状提供了新的思路和方法。

一方面,基于手机定位的同地域居民(不受户籍、性别、种族的干扰)能充分表达自己的意愿,为城市管理提供实时行为数据反馈,为管理体系指标的进一步完善提供依据,为规划评估提供更加多元可靠的数据来源,从而促进基于手机用户的规划管理与决策支持系统,推进城市规划民主化进程、社会话语权平等化的实现。另一方面,通过基于定位手机社交平台信息推送,政府可以宣传城市理念形象、城市重大灾害的传播与紧急救援等信息,提高居民或访客对城市的归属感与认同感,实现智慧城市建设。

参考文献

- [1] Cox K R, Jonas A E G. Urban development, collective consumption and the politics of metropolitan fragmentation[J]. *Political Geography*, 1993,12(1):8-37.
- [2] 甄峰,翟青,陈刚.信息时代移动社会理论构建与城市地理研究[J]. *地理研究*,2012,31(2):197-206.
- [3] Castells M. Space of Flows, Space of Places: Materials for A Theory of Urbanism in the Information Age[M]//Graham S (Ed.). *The Cybercities Reader*. New York: Routledge, 2004.
- [4] 席广亮,甄峰,魏宗财,等.南京市居民移动信息化水平及其影响因素研究[J]. *经济地理*,2012,32(9):97-103.
- [5] 柴彦威,张文佳,张艳,等.微观个体行为时空数据的生产过程与质量管理:以北京居民活动日志调查为例[J]. *人文地理*,2009,24(6):1-9.
- [6] Ettema D, Timmermans H, Van Veghel L. Effects of Data Collection Methods in Travel and Activity Research [C]. Netherlands, Eindhoven: European Institute of Retailing and Services Studies, 1996:109-121.
- [7] Ratti C, Williams S, Frenchman D, et al. Mobile landscapes: Using location data from cell phones for urban analysis[J]. *Environment and planning B: Planning and Design*, 2006,33(5):727.
- [8] Turner M, Love S, Howell M. Understanding emotions experienced when using a mobile phone in public: The social usability of mobile (cellular) telephones[J]. *Telematics and Informatics*, 2008,25(3):201-215.
- [9] Nickerson R C, Isaac H, Mak B. A multi-national study of attitudes about mobile phone use in social settings [J]. *International Journal of Mobile Communications*, 2008,6(5):541-563.
- [10] Liu C C. Measuring and prioritising value of mobile phone usage [J]. *International Journal of Mobile Communications*, 2010,8(1):41-52.
- [11] Giray F, Gercek A, Oguzlar A, et al. The effects of taxation on mobile phones: A panel data approach[J]. *International Journal of Mobile Communications*, 2009,7(5):594-613.
- [12] Li W, McQueen R J. Barriers to mobile commerce adoption: An analysis framework for a country-level perspective[J]. *International Journal of Mobile Communications*, 2008,6(2):231-257.
- [13] Eagle N, Pentland A. Reality mining: Sensing complex social systems[J]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2006,10(4):255-268.
- [14] Eagle N, Pentland A S. Eigen behaviors: Identifying structure in routine[J]. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2009,63(7):1057-1066.
- [15] Eagle N N. Machine perception and learning of complex social systems[D]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2005:125-136.
- [16] Clauset A, Eagle N. Persistence and periodicity in a dynamic proximity network[J]. *Persistence and Periodicity in a Dynamic Proximity Network*, 2012,12(11):12-17.
- [17] Eagle N, Pentland A S, Lazer D. Inferring friendship network structure by using mobile phone data[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(36): 15274-15278.
- [18] Phithakkitnukoon S, Dantu R. Predicting Calls-New Service for an Intelligent Phone[M]//Krishnaswamy D, Pfeifer T, Raz D (eds.). *Real-Time Mobile Multimedia Services*. Berlin: Springer Heidelberg, 2007:26-37.
- [19] Phithakkitnukoon S, Dantu R. Cpl: Enhancing Mobile Phone Functionality by Call Predicted List[C]. Mexico, Monterrey: On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2008 Workshops. Berlin: Springer Heidelberg, 2008:571-581.
- [20] Phithakkitnukoon S, Dantu R. Mobile social group sizes and scaling ratio[J]. *AI & Society*, 2011,26(1):71-85.
- [21] Phithakkitnukoon S, Dantu R. Mobile Social Closeness and Similarity in Calling Patterns[C]. USA, Las Vegas: IEEE Conference on Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2010) Special Session on Social Networking (Soc-Nets), 2010.
- [22] Azevedo T S, Bezerra R L, Campos C A V, et al. An Analysis of Hu-

- man Mobility Using Real Traces[C]. Hungary, Budapest: Wireless Communications and Networking Conference, 2009. WCNC 2009. IEEE. IEEE, 2009:1-6.
- [23]Lee K, Hong S, Kim S J, et al. Slaw: A New Mobility Model for Human Walks[C]. Brazil, Rio de Janeiro: International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2009) IEEE, 2009:855-863.
- [24]Candia J, González M C, Wang P, et al. Uncovering individual and collective human dynamics from mobile phone records[J]. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 2008,41(22):1-16.
- [25]Gonzalez M C, Hidalgo C A, Barabasi A L. Understanding individual human mobility Patterns[J]. *Nature*, 2008,453(7196):779-782.
- [26]Song C, Qu Z, Blumm N, et al. Limits of predictability in human mobility[J]. *Science*, 2010,327(5968):1018-1021.
- [27]秦萧,甄峰,熊丽芳,等.大数据时代城市时空行为研究方法[J].*地理科学进展*,2013,32(9):1352-1361.
- [28]Westerman M, Litjens R, Linnartz J P. Integration of probe vehicle and induction loop data: Estimation of travel times and automatic incident detection[J]. *California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH)*, 1996,13:1-118.
- [29]Ygnace J L, Drane C, Yim Y B, et al. Travel Time Estimation on the San Francisco Bay Area Network Using Cellular Phones as Probes [DB/OL]. *California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH)*. (2000-09-01)[2013-12-25]. <https://escholarship.org/uc/item/8xn8m01v>.
- [30]Lovell D J. Accuracy of speed measurements from cellular phone vehicle location systems[J]. *Journal of Intelligent Transportation System*, 2001,6(4):303-325.
- [31]Liu H X, Danczyk A, Brewer R, et al. Evaluation of cell phone traffic data in Minnesota[J]. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2008,2086(1):1-7.
- [32]Ahas R, Mark. Location based services: New challenges for planning and public administration?[J]. *Futures*, 2005,37(6):547-561.
- [33]黄潇婷,柴彦威,赵莹,等.手机移动数据作为新数据源在旅游者研究中的应用探析[J].*旅游学刊*,2010,25(8):39-45.
- [34]柴彦威,赵莹,马修军,等.基于移动定位的行为数据采集与地理应用研究[J].*地域研究与开发*,2010,29(6):1-7.
- [35]中国互联网络信息中心.全球动态[EB/OL]. (2013-08-13)[2013-12-25]http://www.cnnic.cn/gcjsyj/qyjsyj/hlwzcyj/qqdt/201308/t20130813_40932.htm.
- [36]Herrera J C, Work D B, Herring R, et al. Evaluation of traffic data obtained via gps-enabled mobile phones: The mobile century field experiment[J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2010,18(4):568-583.
- [37]Giffinger R, Gudrun H. Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of the cities?[J]. *Architecture, City and Environment*, 2010,4(12):7-26.
- [38]孙中亚,甄峰.智慧城市研究与规划实践述评[J].*规划师*,2013,29(2):32-36.
- [39]柴彦威,申悦,肖作鹏,等.时空行为研究动态及其实践应用前景[J].*地理科学进展*,2012,31(6):667-675.
- [40]Ahas R, Aasa A, Silm S, et al. Daily rhythms of suburban commuters' movements in the Tallinn Metropolitan Area: Case study with mobile positioning data[J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2010, 18(1):45-54.
- [41]Licoppe C, Diminescu D, Smoreda Z, et al. Using mobile phone geolocalisation for 'socio-geographical' analysis of co-ordination, urban mobilities, and social integration patterns[J]. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 2008,99(5):584-601.
- [42]Ohmori N, Nakazato M, Harata N. GPS Mobile Phone-Based Activity Diary Survey[C]. Tokyo: Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005:1104-1115.
- [43]唐子来.西方城市空间结构研究的理论和方法[J].*城市规划汇刊*, 1997(6):1-11.
- [44]Ratti C, Sobolevsky S, Calabrese F, et al. Redrawing the map of great britain from a network of human interactions[J]. *PLoS One*, 2010,5(12):e14248.
- [45]Phithakkitnukoon S, Horanont T, Di Lorenzo G, et al. Activity-Aware Map: Identifying Human Daily Activity Pattern Using Mobile Phone Data[M]//Albert Ali Salah, Theo Gevers, Nicu Sebe, et al. *Human Behavior Understanding*. Berlin: Springer Heidelberg, 2010:14-25.
- [46]杨飞,裘炜毅.基于手机定位的实时交通数据采集技术[J].*城市交通*,2005,3(4):63-68.
- [47]杨飞.基于手机定位的交通OD数据获取技术[J].*系统工程*,2007, 25(1):42-48.
- [48]Schlaich J, Otterstätter T, Friedrich M, et al. Generating Trajectories from Mobile Phone Data[C]. New York: Proceedings of the 89th Annual Meeting Compendium of Papers, Transportation Research Board of the National Academies, 2010:17-24.
- [49]Christin D, Roßkopf C, Hollick M. uSafe: A privacy-aware and participative mobile application for citizen safety in urban environments[J]. *Pervasive and Mobile Computing*, 2012,9(5):695-707.
- [50]Kanjo E. Noisespy: A Real-time mobile phone platform for urban noise monitoring and mapping[J]. *Mobile Networks and Applications*, 2010,15(4):562-574.
- [51]Pooley C, Whyatt D, Walker M, et al. Understanding the school journey: Integrating data on travel and environment [J]. *Environment and Planning A*, 2010,42(4):948.
- [52]Calabrese F, Colonna M, Lovisolo P, et al. Real-time urban monitoring using cell phones: A case study in Rome[J]. *Intelligent Transportation Systems*, 2011,12(1):141-151.
- [53]Woelfer J P, Iverson A, Hendry D G, et al. Improving the Safety of Homeless Young People with Mobile Phones: Values, Form and Function[C]. Vancouver: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2011:1707-1716.
- [54]Blom J, Viswanathan D, Spasojevic M, et al. Fear and the City: Role of Mobile Services in Harnessing Safety and Security in Urban Use Contexts[C]. Atlanta: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2010:1841-1850.
- [55]Batty M. Less is more, more is different: Complexity, morphology, cities, and emergence[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2000,27(2):167-168.

责任编辑 赵永宏