

基于移动定位的行为数据采集与地理应用研究

柴彦威^a, 赵莹^a, 马修军^b, 张艳^a

(北京大学^a城市与环境学院城市与经济地理系; ^b智能科学系, 北京 100871)

摘要: 微观个体行为的研究是人文地理学者解释人文地理现象的重要视角, 而个体时空数据的获取是制约行为研究的重要瓶颈之一。随着手机的普及, 移动定位服务为个体时空数据的获取提供了新的技术手段。通过与人口普查、交通调查等传统移动性数据获取方法的比较, 基于移动定位的时空行为数据所具有特点包括: (1)采集个体位置和移动信息真实; (2)定位精度高、信号覆盖广; (3)可持续实时动态获取移动信息; (4)可减少行为数据编码过程的信息损失, 适合大规模采集。详细介绍了基于移动通信网络 and 手机终端的移动定位技术原理, 并通过微观个体行为分析和宏观城市动态空间规划的两个典型案例, 实证基于移动定位的时空行为数据在城市规划等领域的可行性和适用性。移动定位方法显示出了巨大的技术优势和应用前景, 但一些重要的基础性问题仍没有解决, 特别是个人的隐私保护和移动定位的地理尺度问题。现有的研究成果表明, 基于移动定位数据的地理应用仍处在试验和探索阶段, 新的数据获取协议、数据分析方法、地理时空模式提取方法等研究亟待展开。

关键词: 移动数据; 个体行为; 移动位置服务 (LBS); 地理应用

中图分类号: F062.5

文献标志码: A

文章编号: 1003-2363(2010)06-0001-07

0 引言

人类行为及其与所处系统的经济、社会等因素之间的互动关系一直是人文地理学研究的焦点。在人本主义及后现代主义思潮的影响下, 人文地理学研究越来越关注人与社会的实际问题^[1], 试图从微观个体行为的视角解释人文地理现象, 强调人 (特别是社会人) 与环境 (特别是社会地理环境) 的互动研究, 研究的目的从重视生产的经济目标转向重视生活质量的社会目标^[2]。从研究方法上, 人文地理学研究已经从传统的汇总层面分析向非汇总的、个体的过程研究转变, 从以前重视形式与结构的描述向重视过程的描述和解释转变^[3-4]。在这一趋势下, 对于个体活动的行为过程的研究不断受到重视, 逐渐形成了一些具有代表性理论分析方法, 如人类活动分析法 (activity based approach)、时间地理学方法 (time geography approach) 等, 并建立起以过程为导向的, 从微观个体行为的视角解释城市社会及空间体系的研究范式。

然而, 时空数据的采集和生产是制约个体行为研究的瓶颈之一。早期研究由于无法获取个体详细完整的时空活动轨迹而导致在理论方法上不得不进行简化, 使

得理论模型的操作和应用受到很大限制。例如, 哈格斯特朗 (Hagerstrand) 等早在 20 世纪 50—60 年代就提出了时间地理学理论框架, 但由于当时获得时空数据的手段极其落后, 并且缺乏时空分析的计算机技术, 使得时间地理学的相关模型缺乏可操作性, 规划应用较少^[5]; 交通研究试图用精确化的模型来估计交通发生量, 并建立了对时空行为进行分析与预测的交通模型, 包括制约模型 (constraints-based models)、效用最大化模型 (utility-maximizing models)、计算过程模型 (computational models) 等^[6], 但是它们所基于的出行需求数据库大多来源于大都市区政府所实施的出行调查, 数据收集量及地理精确度难以保证, 极大地限制了交通模型的发展与应用。

基于手机的移动定位技术为个体时空数据的获取提供了契机。移动通信网络向 3G (3rd generation) 迈进, 并进一步与移动互联网融合, 手机日益成为人们获取信息的必备工具。手机通讯的普及改变着城市生活的方式, 使人们获得了更多的活动自由度, 不再局限于固定的地点和固定的通信联系。同时, 随着手机定位技术日益成熟, 移动运营商都推出了以移动位置服务 (location-based services, LBS) 为代表的增值业务。通过手机定位技术所获取大量人群移动数据, 促进时空行为模型的发展与应用, 成为最令地理学家兴奋的信息来源之一^[6-7]。

本研究对基于手机移动定位技术的时空数据采集方法及应用研究进行介绍。首先通过将手机移动数据的采集方法与传统时空数据收集方法进行对比, 总结手机移动定位技术对时空行为数据采集方法的革新。然

收稿日期: 2010-09-15 修回日期: 2010-10-10

基金项目: 2009 年 FM 共享大学研究项目; 国家自然科学基金资助项目 (40801046)

作者简介: 柴彦威 (1964—), 男, 甘肃会宁人, 教授, 博士生导师, 主要从事城市社会地理学与行为地理学研究, (E-mail) chyw@pku.edu.cn

后介绍国外已有的实验研究案例,从应用层面分析手机移动数据作为城市规划研究数据源的可行性与实用性。最后,对手机移动数据的应用前景及制约因素进行讨论。

1 传统移动与手机移动数据获取对比

1.1 传统移动数据获取方法

传统的地理数据采集方法中会涉及一部分关于人的移动性的数据,例如,人口普查 (population census geography)、地理—人口统计 (geodemographics) 及交通调查 (transportation research)^[8]。

人口普查数据是人口统计学研究的主要数据来源,具有覆盖面广、可信度高的特点^[9]。其中,迁移统计和工作地统计是人口普查部门对人口迁移进行的调查,其中工作地统计中关于移动性的变量涉及通勤距离、交通工具等。然而,人口普查数据并不适合现代社会移动性研究,其主要缺陷是更新时间较长,并且以家庭为测量单元、以居住地点为空间定位点,是区域间移动流的汇总结果。此外,人口普查数据不能涵盖空间移动的复杂性,没有考虑弹性工作、居家办公、流动工作等复杂的实际情况^[8]。

地理—人口统计数据是对人口类型及随地理区域变化而变化的动态研究数据。它与人口普查相类似,人口的社会经济信息多与居住地关联,目的是调查人们在不同地理区位的生活方式特征,如工作地、消费和娱乐地等。近期,英国的地理—人口统计学专家 Keith Dugmore 指出地理—人口统计部门迫切需要研究居住地以外人口信息的数据源,这些移动数据不仅包括具有高度空间移动性的群体,而且包括具有主观选择偏好的个体^[10]。

与上述两种数据不同,交通研究并不覆盖国家或区域层面上的全部人口,而是只关注某些交通网络的潜在使用者,其采集方法主要有回想法 (recall method) 和活动日志法 (activity diary)。回想法要求被调查者回想和记录前期的活动,依赖于被调查者对活动、时间和地点的记忆能力。活动日志法被认为是一种较好的时空数据采集方法,但其缺点也很明显,活动日志中经常有较多的记录错误,并且被调查者有时不愿意记录某些活动,有时会漏掉短的出行记录或者多目的出行活动中漏掉一些停留地点^[11]。近年来,与地理信息系统 (geographic information system, GIS) 相结合,将全球定位系统 (global positioning system, GPS) 引进到对个体出行的测量中,不仅提高了地理精度,而且有助于被调查者回忆出行目的,极大地提高了出行需求数据库的质量^[8]。但是, GPS 技术也存在着一些缺陷,例如在建筑物内部或者靠近建筑物时数据的不可获取性或不精确性; GPS 单位成本的昂贵以及数据库的复杂性形成监测数量以及

持续时间的限制、被调查者携带 GPS 终端的不便利以及部分终端仅追踪机动车等问题^[12]。

从以上综述发现,传统移动数据的获取具有以下特点: (1) 数据采集以空间单元为中心,而非以人为中心; (2) 以家庭为基本分析单元,而非分析个体的移动性; (3) 更新周期长、调查成本高、精确度低,无法满足当代社会和城市快速变化的步伐; (4) 关于移动性的数据描述通常具有模糊性和不确定性,在分析过程中难以进行数字编码。因此,当代社会移动性分析研究迫切需要新的个体时空数据采集技术和方法。

1.2 手机移动数据获取方法

基于手机用户的移动性数据采集已经具备了良好的技术和社会基础。首先,随着现代科技进步,移动定位技术可使终端设计缩至芯片体积,从而与移动手机融为一体,使手机兼具定位功能。其次,手机通讯的普及已渗透到生活的方方面面,成为被广泛接受并使用的通讯工具。中国是全球首位手机消费国,截至 2008 年 12 月,手机用户已达到 6.4 亿个,手机普及率达到 48.5%^[13]。对城市规划者而言,手机完全可以被用作是人们随时随地携带的定位仪器。最后,手机用户的个人社会经济属性信息具有可获取性。手机用户的管理制度已日渐完善,管理系统可根据手机号码得知用户的性别、年龄、收入等个人信息。如果将手机用户的移动信息与个人信息相结合,则可以更好地描绘出社会的时空活动,成为个体时空行为研究的重要信息源。

基于手机用户的移动性数据具有以下特点: (1) 手机定位可以采集个体真实位置和移动数据,包含时间、空间的多重维度^[14]; (2) 手机移动数据比传统移动数据具有更高的质量与精度,手机信号的覆盖面广,大大降低了无信号现象发生的概率; (3) 基于手机定位可获得个体的实时移动信息^[15],从而支持个体时空行为轨迹的分析; (4) 手机移动数据适用于移动性测量与建模,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,适合于大规模的时空数据分析^[16]。手机移动数据能够克服传统时空数据的诸多不足,是未来进行个体时空行为数据获取的重要手段。

2 手机移动定位技术及精度分析

2.1 基于手机定位的移动位置服务 (LBS)

移动位置服务 (location-based services, LBS) 是移动运营商根据移动用户的当前位置,为个人提供特定的信息增值服务,其关键技术是手机移动定位。移动位置服务被认为是“通过挖掘移动设备的地理位置而为其提供服务的体系”,也被认为是“地理信息所引发的应用

领域”^[17]。1996年,美国联邦通信委员会要求电信运营商为手机用户提供紧急救援(E911)服务,最终促成了LBS的出现。此后,德国、法国、瑞典、芬兰等国家纷纷推出各具特色的商用位置服务。GPS与GIS领域的发展刺激了各行业对LBS的想象力,许多国家的移动运营商开始广泛利用该项服务,根据手机用户的地理位置为其提供量身定制的服务^[18]。

在紧急救援的理念下,LBS发展了众多商用服务,包括允许用户查找最近饭店信息的导航系统、允许空间分布式聊天的应用等。根据服务对象的不同,LBS服务可划分为个体用户服务、群体用户服务和第三方服务^[19]。

(1)个体用户服务是最简单的形式,LBS可提供现实与虚拟空间的导航服务,如驾驶导航、游客可达性信息、地理黄页服务等;(2)群体用户服务会产生更多的应用,如分布式聊天、朋友追踪、基于位置的游戏、时实交通信息等;(3)第三方服务既是LBS服务的起源服务,也是最具潜力的应用领域。它包括应急救援、家庭看护、公共安全监控、商业安全与服务优化等。第三方服务可通过匿名汇总的方式收集手机用户的位置和移动数据,用于城市时空行为模式的研究;还可将移动信息与用户个人信息相关联,形成理解和控制城市现象的强大工具。

2.2 LBS定位技术原理

LBS定位的主流技术包括蜂窝基站定位(cell identification)、观察角度(angle of arrival)、观察时差(time of arrival)和辅助全球卫星定位系统(assisted global positioning system, A-GPS)等,它们在定位原理与定位精度上都显示出不同的特性^[19]。

2.2.1 蜂窝基站定位是最早的、最简单的手机定位技术。通信网络通常被看作是蜂窝型的网络,“蜂窝”指信号塔或基站周围无线电频率信号覆盖的区域。网络中的蜂窝作为信号传播连续空间,当手机用户移动时,网络将识别该用户属于哪个相应基站的服务区。随后,该基站将自动“追踪”用户,将手机信号传递到下一个基站^[20],以实现信息传递。蜂窝基站定位的误差较大,一般在200~1000 m范围内。

2.2.2 观察角度定位是根据手机信号到达基站的角度来判断手机用户位置的方法。它建立在蜂窝基站设施上,并将定位误差减少到50~150 m^[19]。但在实际操作中,观察角度判断的较小误差可能引起定位判断的严重误差。因此,观察角度定位常常与观察时间定位相结合来判断手机用户的位置坐标。

2.2.3 观察时差定位运用手机信号的传递时间来判断用户与基站的距离。通常,手机发出与接收信号的时间差是无线电信号在手机用户与蜂窝基站之间往返的过程。由于无线电信号的传递速度较快,只有在蜂窝基站

的半径大于500 m的城市郊区或农村地区,该定位方法才具备较好的位置判断水平^[19]。

2.2.4 辅助全球卫星定位系统(A-GPS)既利用全球卫星定位系统GPS又利用移动蜂窝基站。普通的GPS系统是由GPS卫星和GPS接收器组成,而A-GPS在系统中还有一个辅助服务器。在蜂窝通信系统中,A-GPS系统通过手机定位服务器作为辅助服务器来协助GPS接收器完成测距和定位服务,辅助定位服务器有比GPS接收器强大的信号接收环境和能力。由于移动网络的协助,部分原本由接收器处理的工作被辅助定位服务器所处理,GPS接收器的效率大大提高^[21]。A-GPS的定位精度在开阔空间可达到3 m在雨雾天气也可达到20 m。

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间分布密度,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。通过基站形成手机用户通讯识别,运用观察角度与观察时差方法进一步判断用户在基站覆盖范围内的精确位置,从而记录活动发生的时间刻度与空间坐标。A-GPS是手机定位精度提高的重要突破口,兼顾蜂窝基站信息覆盖面广和全球卫星定位系统定位精准的双重特点,是一种可操作的、高精度的定位方法。但是,现有定位方法只包含手机用户活动的时间与空间信息,而对活动内容信息的收集仍需进一步改进。现有的LBS手机用户调查中,已有部分尝试在手机中嵌入调查问卷或出行日志表格,以辅助完成全面的调查^[19]。

3 基于手机移动数据的地理应用案例

近年来,一些研究已经开始尝试和探索利用手机进行时空数据采集,并运用于城市的通勤、购物、娱乐等日常行为的时空特征研究。基于LBS的时空数据采集方法主要分为两类:一类标识手机用户身份,结合问卷调查进行连续位置跟踪,以获取个体研究样本的时空行为数据;另一类不标识手机用户身份,获取城市各区域不同时段宏观移动数据。通过微观与宏观层面的两个实例,来阐释手机移动数据分析在城市空间研究与规划的应用潜力。

3.1 基于个体行为的城市规划应用

为探索LBS数据收集功能的实用性,Ahas等分别于2003~2004年在爱沙尼亚的塔林市进行了两次手机用户位置跟踪调查^[15],尝试运用基于手机的移动定位数据解决城市公共空间组织与规划的问题。该实验选择了300个手机用户,结合调查问卷进行了连续7d的定位跟踪,不仅有详细的手机用户活动信息,而且与社会经济属性相关联,探讨何人在何时何地发生移动和活动。

实验目的是希望通过微观个体时空行为的视角,弥

补“静态”城市规划方法不能解决的实际居民生活的动态性问题,来体现“以人为本”的城市规划理念。实验内容是通过个体时空行为的观察,了解城市空间集聚与扩散的规律,从而为交通与设施规划提供建议,评估规划政策。实验通过手机定位将 30 个用户在城市空间的一周的移动情况进行详细的数据采集,如图 1 所示,可以实时观察公众对城市空间的利用情况,并且根据个体使用设施的时空行为,使规划政策的公众参与更为具体和明确。更重要的是,通过对比政策调整前后公众时空活动的改变,了解政策的实施机制与效果评价。实验还进一步展示出“动态空间”的理念,即城市空间能够随

着行为者数量和属性的变化而提供不同的服务,包括:

(1)标志、符号和语言的设计变化,例如根据游客需求设计的多语种道路指示牌;(2)空间功能的变化,例如市政服务根据一天内人群流向特征的变化而进行动态调整;(3)空间的形状、意义和内容的变化,如人群属性的变化会改变区域的空间意义。该实验结果表明,通过手机定位采集个体移动数据,不仅具有较低的采集成本,而且其质量和精度远远高于传统的交通日志和问卷方法,有力地证明了 LBS 数据在城市研究中的技术可行性和应用潜力。

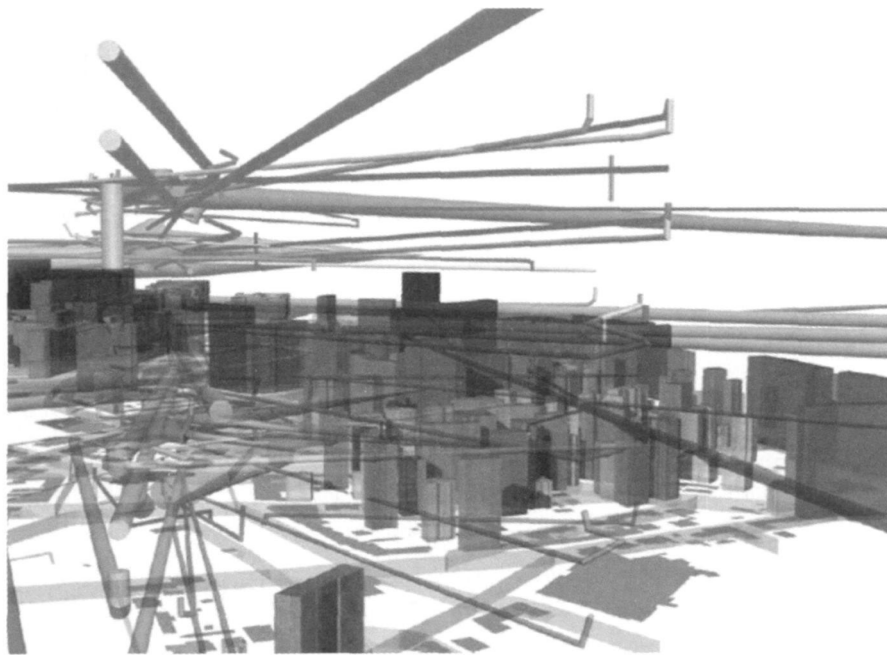


图 1 手机用户在城市空间的移动情况^[15]

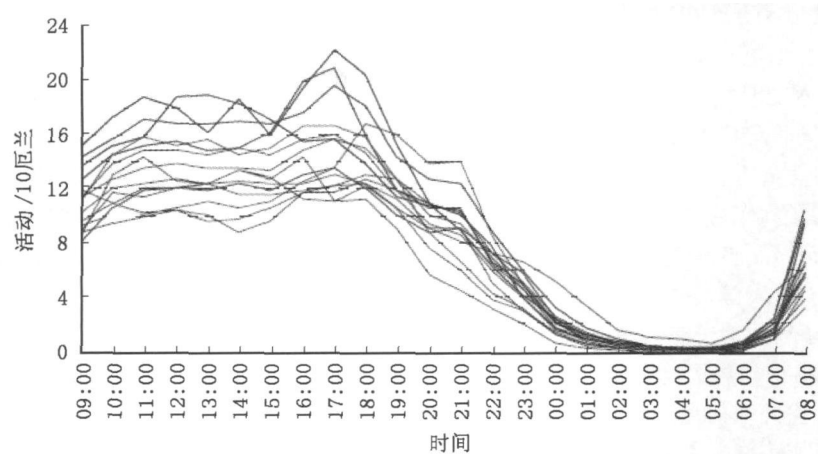
Fig 1 Daily movement of 30 Participants in urban space

3.2 基于汇总的城市动态景观分析

Ratti 等在 2004 年收集了意大利米兰市 232 个通讯基站的数据传输量,进行了“移动景观 (mobile landscapes)”项目的研究^[19]。该实验存在 3 个假设:(1)假设研究区域内手机拥有者是随机分布的,拥有者使用手机的频率在时空上是稳定的;(2)将每个基站所覆盖的区域约化为面积相等的区域;(3)手机信号由最近的基站传输,通话次数与时长均影响信息总量。基于此,研究区域内手机信息量时空分布特征,即是研究区内人口活动的随机样本,表征了城市空间活动的特点。

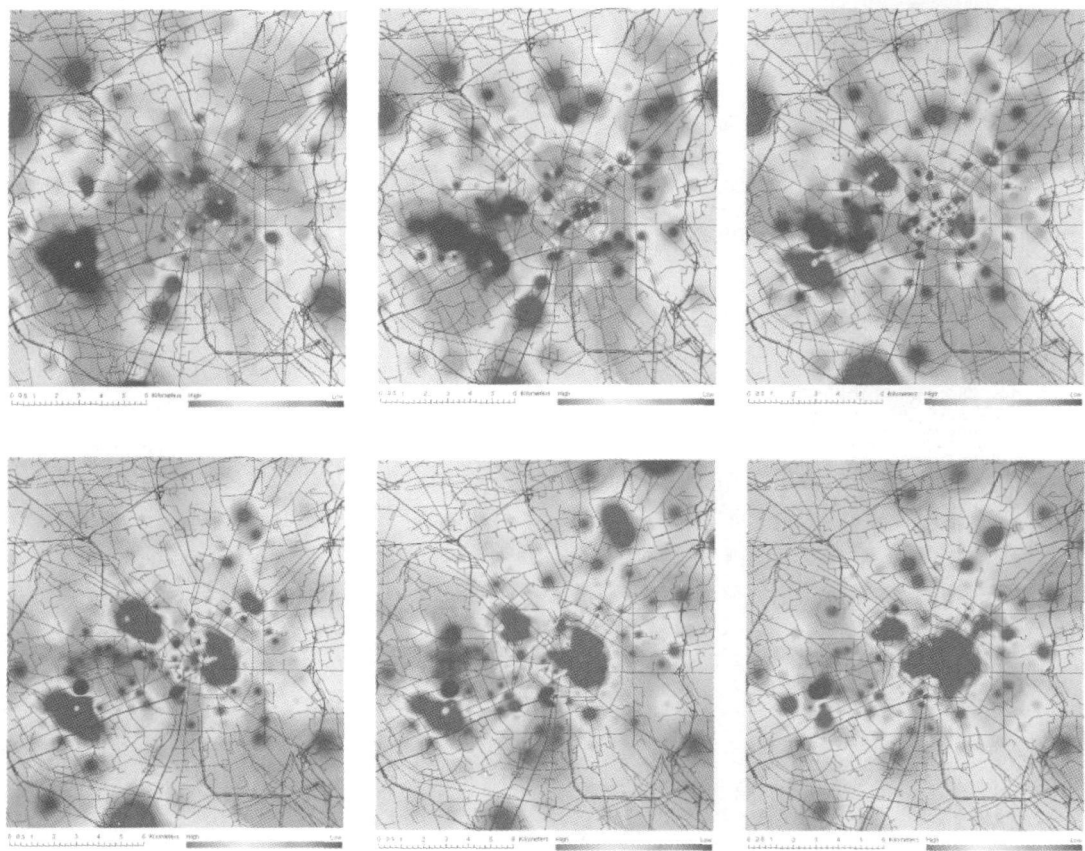
实验结果表明,手机移动数据的收集有助于进行城市规划、城市设计以及城市问题的研究。首先,信息量的统计可以反映特定地点在特定时间段内的交通强度变化,从而识别城市交通结点的区域,如图 2 所示。这

种活动时间节奏的研究框架可由一天扩展至一周、一个月等不同时间尺度的汇总分析。其次,信息量还能间接反映出基站所在区域的土地利用特征和强度。一般而言,上班时间手机使用量高的区域是商务办公区,晚间和早间出现手机使用峰值的区域则具有居住区特征。另外,通过不同区域手机信号强度的对比,如将原数据除以同一时间整个研究区的平均水平,由此判断特定区域的活动强度,从而研究不同区域的空间差异。最后,通过与 GIS 地理数据库的结合,可以把手机信息量表示在真实的地理空间上,绘制出城市的动态地图,揭示人类在城市空间中的活动规律。如图 3 所示,从 9:00 至 13:00 研究区内手机信息量的空间分布可揭示通勤规律:手机使用强度的峰值清晨出现在郊区,随后逐渐地向市中心区推进,中午停留在城市的核心办公区。



说明:资料来源于 C. Frenchman D Ratti, et al,2006 年。厄兰是话务单位,表示 1 个电话通话 1 h;图中每根曲线表示 1 个基站在 1 d(24 h) 通话量的变化情况,能够反映区域的交通强度。

图 2 信息量统计的米兰都市连绵区交通强度反映
Fig.2 Traffic intensity observed by cell activity in Milan metropolitan area



说明:资料来源于 C. Frenchman D Ratti, et al,2006 年。
图 3 米兰都市连绵区 9:00 至 13:00 手机使用强度分布图

Fig.3 Maps showing areas with different cell phone call density in Milan between 9 a. m. and 1 p. m.

该实验通过 IBS 获取城市范围内各时间点的实时手机信号数据,并用动态地图进行刻画,来研究城市的移动性特征,有力地证明了基于手机的个体时空数据采集是研究者进行城市空间活动模式分析的新数据源,并为城

市研究开拓了更广阔的方向。
4 结论与讨论
个体时空数据的获取技术是制约个体行为研究的

瓶颈之一,也是联系城市社会学、时间地理学、行为地理学、GIS等学科的纽带。通过对比传统移动性数据源,分析了基于移动定位技术的时空移动数据收集方法的优势和潜力,并对 LBS移动定位方法及其精度进行了回顾,选取了微观个体行为分析和宏观城市动态空间规划的两个典型案例,证明了其作为城市规划研究新数据源的可行性与实用性。基于手机用户的个体行为时空数据获取方法是一项具有巨大潜力的数据获取技术,能方便快速获取大规模城市居民的实时移动性数据,为了解实时变化的城市空间结构与居民行为时空模式提供有力的支撑,为理解城市空间结构与居民行为决策之间的互动机制提供可能,具有广阔的应用前景。

未来 5~10 年,基于移动定位技术所提供实时移动数据,还将更广泛地应用于区域规划、城市规划、旅游规划等领域。在区域城镇体系结构的研究中,空间流分析是把握空间结构的重要方法。手机移动数据可根据规划者的需求进行空间尺度与时间维度的变化,为人流、信息流的方向与强度分析提供了丰富的数据基础。在城市规划中,通过手机移动数据所表现的人口空间集聚规律,有助于交通问题的发现与解决,有助于城市地块环境容量参数的确定,是极具潜力的规划辅助工具。在旅游规划管理中,手机移动数据有助于研究者认识旅游者在景区浏览的规律,为旅游景区时空优化、旅游者时间管理提供科学依据。

但是,该项研究仍处于探索和实验阶段,一些重要的基础性问题仍没有解决。例如,现代城市和社会的移动性如何监测和表现?基于手机定位的地理精度及其限制因素是什么?如何确定 LBS采集数据的地理时空尺度?人文地理研究中基于 LBS定位数据会涉及怎样的个人隐私问题?如何获取典型人群长期的连续时空活动数据?其中,个人位置隐私的保护是限制此项研究的一个关键问题。手机定位带来的个人隐私问题曾经导致 LBS服务的发展出现了一段停滞,但是,正如 20 世纪 70 年代的互联网并没有因为害怕黑客和垃圾邮件而停止不前一样,人们对新技术的接受与使用需要一定的周期,新的应用模式和法律规范将会在保护个人位置隐私的基础上提供丰富的服务。欧盟国家已经开始运用法律手段对行为监控进行约束和限制^[22],研究者也尝试运用匿名收集、汇总处理等科学方法来增强手机采集的可行性。

LBS为大规模时空数据采集提供了可能,但基于 LBS的高精细度时空数据也给研究带来了新的挑战。LBS数据采集产生了海量的时空数据,之前的研究受制于数据的匮乏,现在转而要面对数据爆炸的困境,在个体行为理论和数据分析方法方面,还有很大的发展空间。

间:(1)LBS的时空数据精细,但同时也充满着噪声和数据缺失等问题,如何从精细但充满噪声的时空数据中提取时空行为特征和行为活动模式,是要解决的难题之一,这方面的研究还很少;(2)基于高精细度 LBS时空数据,对微观人文过程的可视化和模拟仿真研究仍需要进一步完善;(3)除了和时间地理学分析方法的结合研究外,基于个体行为时空数据的空间行为模式及理论研究也亟待展开。

参考文献:

- [1] 柴彦威,周尚意,吴莉萍,等.人文地理学研究的现状与展望[J]//中国科学技术协会,中国地理学会.地理科学学科发展报告.北京:中国科学技术出版社,2007:111—147.
- [2] 柴彦威.中国城市的时空结构[M].北京:北京大学出版社,2002.
- [3] Golledge R G, Simson R J. Spatial Behavior: A Geographic Perspective[M]. New York: London: The Guilford Press, 1997.
- [4] 柴彦威,沈洁.基于居民移动—活动行为的城市空间研究[J].人文地理,2006,21(5):108—112.
- [5] Miller H J. A Measurement Theory for Time Geography[J]. Geographical Analysis, 2005(37): 17—45.
- [6] Timmermans H, Arentze T, Joh C H. Analysing Space-time Behavior: New Approaches to Old Problems[J]. Progress in Human Geography, 2002, 26(2): 175—190.
- [7] Longley P A. Geographical Information Systems: Will Developments in Urban Remote Sensing and GIS Lead to Better Urban Geography? [J]. Progress in Human Geography, 2002, 26(2): 231—239.
- [8] Mateos P. Mobile Phones: The New Cellular Geography[MSc in Geography Information Science and Human Geography]. Leicester City University of Leicester, 2004.
- [9] Martin D. The UK Census of Population 1991[M]. Norwich: CATMOG GeoAbstracts, 1993.
- [10] Gordon W, Valentine V. The 21st Century Consumer: An Endlessly Moving Target[R]. United Kingdom Market Leader: The Journal of the Marketing Society, 2001.
- [11] Ettema D, Timmermans H, Van Veggel L. Effects of Data Collection Methods in Travel and Activity Research[C]. Eindhoven: European Institute of Retailing and Services Studies, 1996.
- [12] Wolf J, Guensler R, Washington S, et al. Personal Travel: The Long and Short of It[EB/OL]. (1990—07—01)[2010—10—10]. <http://gulliver.wtj.org/publications/circulars/e026/e026.Pdf>

- [13] 金贞花. 中国手机市场现状及消费者购买行为分析 [J]. 延边大学学报 (社会科学版), 2009, 42(5): 92—97.
- [14] Zook M, Dodge M. New Digital Geographies: Information, Communication and Place M [// Brunm SD, Cutter S L, Harrington JW. Geography and Technology. Netherland: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [15] Ahas R, Mark U. Location-based Services: New Challenges for Planning and Public Administration [J]. Futures, 2005, 37: 547—561.
- [16] Miller H J. What about People in Geography Information Science? [C] // Fisher P, Unwin D. Representing GIS. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [17] Hanlon C. Location-Aware Services: Where on Earth? [EB/OL]. (2007—02—01) [2010—10—10]. <http://www.campustechnology.com/articles/2007/02/locationaware-services-where-on-earth.aspx>
- [18] 梅珊. 方兴未艾的 LBS 系统 [J]. 中国科技财富, 2003(12): 78—80.
- [19] Ratti C, Frenchman D. Mobile Landscapes: Using Location Data from Cell Phones for Urban Analysis [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2006, 33: 727—748.
- [20] Spinner J E. Mobile Positioning and LBS Applications [J]. Geography, 2003, 88: 256—265.
- [21] Jarvinen J, DeSalas J, LaMance J. Assisted GPS: A Low—infrastructure Approach (2002—03—01) [2010—10—10]. <http://www.gpsworld.com/gps/assisted-gps-a-low-infrastructure-approach-734>
- [22] Markkula J. Dynamic Geographic Personal Data: New Opportunity and Challenge Introduced by the Location-Aware Mobile Networks M [// Cluster Computing. Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 2001: 4369—4377.

Mobile Positioning Method for Spatial-temporal Behavioral Data Collection and Its Geographical Applications

Chai Yanwei^a, Zhao Ying^a, Ma Xujun^b, Zhang Yan^a

(a Department of Urban and Economic Geography

b Department of Machine Intelligence, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: Human activities and movements in space-time are important perspectives to understand complicated human phenomena in geography, but the limited development may be attributed to the lack of detailed individual level data. Since the location of mobile phones can be precisely tracked in space, they can be used for investigating the space-time behavior of individuals. Compared with traditional mobility data collection methods, the mobile positioning method has several advantages such as high quality, large quantity, low cost and real-time dynamic data. This paper reviews basics, taxonomy and principle of location-based services (LBS), and accesses accuracy issues when using mobile positioning data in geographical studies. Two typical applications, social positioning studies in Tallinn and “Mobile Landscape” project in Milan, are given to show how to use mobile positioning method in urban studies. The applications show that mobile positioning method has great potential in geographical studies. However, there are also several important research challenges in the field of the new data collection method such as privacy protection, positioning precision, new data analysis and simulation methods.

Key words: mobile data; individual behavior; location-based services (LBS); geographical application