

DOI:10.13203/j.whugis(综述)20200001-11


文章编号:1671-8860(XXXX)XX-0001-11

公共卫生与安全应急视角下人群动态的观测思考与挑战

方志祥¹

1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,湖北 武汉,430079

摘要:公共卫生事件和公共安全应急事件凸显了人群动态的观测重要性,人群动态的观测是对人观测的重要组成部分,也是构建“空一天一地一海一人”全球观测体系的重要环节。首先介绍人群动态的观测概念、内涵和边界,以及该方面理论的作用与意义;接着,基于公共卫生与安全应急的视野,重点分析人群动态的精准性、科学性和按需性等观测需求、以及人群动态的数据感知、人群规模的采样扩样、人群动态的定量建模、人群动态研究领域等现状;然后,从4个重要方面思考人群动态的观测任务,包括个体与群体的严谨区分、以时空过程为中心的非常态观测、数据缺失下的观测思维突破、特定情景推演下的人群动态科学预测等;最后,结合公共卫生与安全应急任务,总结3个重要的研究挑战,包括观测能力的提升挑战、对人与对地观测的融合观测挑战、对人观测的研究伦理挑战等。该文所提出的概念、思考维度与挑战方向,对应对公共卫生与安全应急重大事件、弄清城市多类空间发展规律、掌握空间演进分异机制、掌控城市空间发展路径等提供基础理论与方法,具有重要的前沿探索意义。

关键词:人群动态;观测;位置感知大数据;公共卫生;安全应急

中图分类号:P208

文献标志码:A

公共卫生事件^[1-7](如SARS、COVID-19等)和公共安全应急(如危险品泄漏与爆炸、人群非正常聚集与踩踏等)是人类生活所面临的两个典型安全挑战,其影响具有较大的不确定性、动态扩散性、未知后果严重性等特点。在公共卫生与安全应急情形下,研究者和相关部门都亟需回答一系列紧急问题,如所影响的人群是哪些?这些人群都去什么地方了?这些人曾去过什么地方?如果降低对这些人群的影响?以及如何有效阻止这些人群对其他人群的衍生影响?总之,如何精准把控人群动态是解决这些问题的关键所在。虽然手机数据、社交媒体数据、公共交通数据、城市视频数据等提供了较为丰富的人群动态采样数据,但是由于其离散不规则的数据采样、有用信息的稀疏性以及环境对人群的高动态影响等,如何满足公共卫生事件和公共安全应急下的高动态、高精度的人群动态观测需求是较大的研究和应用挑战。本文结合公共卫生事件和公共安全应急,思考并剖析人群动态的观测能力现状以

及其面临的问题,并分析未来研究的一些挑战。

1 人群动态的观测概念、内涵与边界

“观测”指对天文、自然、人文等现象进行观察与测定/测度。传统观测任务主要是面向空、天、地、海等空间的对象,采取光学、电波、声学等物理特性,开展位置测定、现象测度的全球与太空观测,已经构建了空-天-地-海为主体的全球观测体系,以及太空-地面一体的太空观测体系,为人类发展提供全局性的地理空间信息、以及精细化的物质空间动态等关键支撑。但是,传统的观测体系构架中忽略了对人群动态观测的重要一环,不利于科学调控人群活动对地理环境的影响,甚至有效引导和管理地理空间与社会系统良性可持续发展。比如,城市是人类活动的主要聚集空间,城市人类活动与经济、社会、环境、交通、医疗、教育等密切相关,对城市的形成、发展、空

收稿日期:2020-08-16

项目资助:国家重点研发计划(2017YFB0503802);国家自然科学基金(41771473)。

第一作者:方志祥,博士,教授,主要研究时空地理信息系统、人类活动大数据时空建模与分析、行人导航理论与方法。zxfang@whu.edu.cn

间结构和分布规律等产生影响；同时，城市空间结构布局深刻影响人类活动的时空模式，迫切需要较为完善的人群动态观测的理论、方法与技术支撑，为构建可持续、环境友好的智慧城市提供以人为核心的活动规律与引导知识基础。

本文提出对人群动态的观测概念，即探测与度量地理环境中人群活动时空动态特征、模式、规律、影响作用等，其科学问题是人群活动动态的定类、定级与定量观测的可靠性与稳健性。人群动态所表达的涵义，与人类动态(human dynamics)有明显的差异，主要聚焦于人群活动所呈现出来的多空间特性、多对象交互性能、吸引与聚集效应等方面的时空动态特征、模式、规律、影响作用等基本范畴。对人群动态观测理论是调控人群活动对地理环境影响的这一地学研究科学难题的重要基础理论，是对地观测与对人观测理论研究的重要交叉，是构成“空-天-地-海-人”完整全球观测系统核心任务之一(见图1)，已成为地理信息科学的前沿理论与研究热点。

图2给出了人群动态的观测内核与内外边界关系，其理论的内核是多类人群对象在多个空间和多个时空尺度等时空约束下混合交互的动态定量建模，是地理信息科学表达人、事、物、环境等核心要素之一，在信息表达、理论建模、可视分析、规律揭示等方面的基础决策源，与城市地理学和城乡规划学、交通工程学、统计物理学、环境生态学、社会学、军事学、公共卫生科学、公共管理科学、安全科学与工程、人文地理学等学科有重要的交叉，并具有明显的外部边界。人群动态的观测理论的提出，可用于理解和认识不同地理环境中人群活动时空机理，为弄清人群活动和承载环境的多类空间发展规律、掌握环境空间演进分异机制与空间发展路径等提供基础理论与方法。人群动态的观测理论是地理信息科学研究人、分析人、服务人的最为核心的问题之一，在地理信息科学学科具有重要的基础理论地位，是地理信息科学学科与地学交叉研究与应用的前沿方向。

Fig.2Core Thoerries and Boundaries of Crowd Dynamics Observation

2 公共卫生与安全应急下人群动态的观测

2.1 人群动态的观测需求

在公共卫生与安全应急情形下，对人群动态

的观测有着较高的要求，主要体现在精准性、科学性和按需性等方面，具体为：

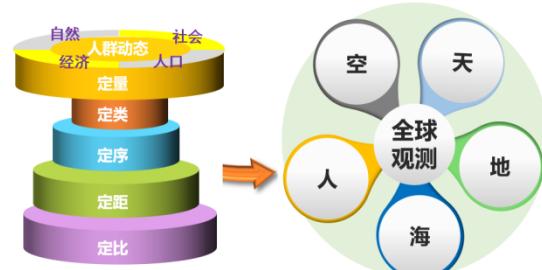


图1 对人群动态的观测支撑空天地海人观测

完整全球观测体系

Fig.1 Crowd Dynamics Observation to Support Global Observation System Framework



图2 对人群动态的观测理论内核与内外边界

Fig.2 Core Thoerries and Boundaries of Crowd Dynamics Observation

1) 在精准性方面，需要多空间人群活动精准识别与快速响应。手机数据等位置大数据，铁路、飞机、汽车、轮船等交通大数据，以及城市视频大数据等多类型数据，记录了较为全面的人群移动数据样本，可以用来反映公共卫生事件中的感染者的异常轨迹状态、感染者群体的空间流动规律，以及公共安全应急事件中的潜在参与者与受影响者。其精准性的观测需求主要包括人的活动空间精确定位，特别是感染者曾经到过的地方；物理空间轨迹的高精度复原和比对，搜索可能被感染的人群、或者公共应急事件的参与者群体，并判断是否存在群体过度聚集现象；个人空间之间的交互评估，判断个人的暴露风险；社交空间被感染者的呼救信息，准确掌握现实工作中

遗漏的病人信息;心理问题直接影响群众的身心健康和行为活动,需要准确了解不同疫情情况下的不同群体的心理健康状况;此外,如何快速跟踪舆情和定位问题,对有效疏导舆论有重要意义。总体上来讲,多空间中人群活动的精准识别与快速响应,为人群中的可疑人员筛查、精准防控与救治提供快速判断依据,是构建有效防控方案的重要基础。

2)在科学性方面,一方面需要从位置大数据中科学引导就医与隔离防控,毕竟任何城市的医院资源与能力是有限的,科学引导分级就医与隔离是个难题。需要根据感染者和接触者的手机位置数据,预估公共卫生与安全应急下受影响的人数,并结合医疗资源分布与调度配置能力,合理划分出区域性的分级引导与隔离方案;同时在医院区域,需要根据医院区域内容的室内外人群定位大数据,依据空气动力学和病毒传播学的理论,构建感染者之间、感染者与医生之间的安全就医流线空间布局,大大减少甚至避免医院区域的重复交叉感染;室内定位系统支持下的定位大数据,可以辅助医疗机器人自主空间人群感知和开展非接触式诊疗,提高诊疗的安全性,避免二次感染与影响。另一个方面,在公共卫生与安全应急情形下,城市交通组织、定点隔离组织、社区抗疫组织、抗疫产业复工、复工复产复学的科学决策,需要科学的人群动态的预测来帮助政府作出合理、有效的决策,迫切需要大规模时空过程与资源优化,来支撑疫情防控的组织和高效保障,具体包括:卫生与安全动态预测,指导政府准备极限状况下的防治准备;人群应对卫生与安全的群体性空间行为模拟和预测,能有效支撑精准布防组织;卫生与安全应急防控政策的模拟仿真,针对不同政策条件,采取模拟仿真的方式,能够获取到一些指导防控的参考边界条件;防控措施具有多阶段特性,通过预测和仿真,科学决策各阶段的实施范围、实施时间区间和政策实施顺序,具有科学的时空过程特性;最后,还需要结合多源数据,评估措施政策实施的效果,为下一步工作方案做指导。

3)在按需性方面,需要构建以人为本的人群时空需求动态服务,实现物资与信息的按需动态配置。具体包括疫情舆情动态时空可视化,可以供政府、公众及时了解发展态势;周边疫情与同行感染风险查询,为公众提供准确的暴露风险评估手段;资源的按需配置,比如医疗资源在就诊

和救治病人动态的影响下,容易出现不同程度的资源短缺,在紧急情况下需要做到合理按需配置,特别是把医疗大数据反映的医疗“供给”能力与位置大数据反映“需求”预测能力科学地结合起来,分析出医疗应急资源的储备与临时调度能力,通过两类大数据动态约束下的选址理论模型,在多种运输模式的联合作用下,建立科学的医疗资源与应急资源的协调与调度机制,有序保障公共卫生防控与公共安全应急;日常生活物资保障,封城期间受影响的群体非常多,需要及时收集群众的需求,并提供及时的物资保障基本的生活;公共卫生事件期间受影响较大的一个群体是慢性病患者,如何及时保障他们的购药和看病需求是个难题。为此,需要构建安全有效的物流服务保障体系和在线医疗服务保障体系,来满足群众的基本需求。

2.2 人群动态的观测现状

大数据时代的空间信息和通信技术发展,为捕捉人类的活动、观测人群活动特性等提供了新的手段,比如:用户量非常大的手机数据蕴含丰富的主动和被动定位信息,对人类活动观测提供了大样本、广覆盖的时空活动观测数据;公交与地铁智能卡刷卡数据和出租车位置数据,为分析、监控公共交通系统服务能力与质量、及时科学调度公共交通系统、以及感知城市交通问题等任务,提供了空间和时间都高度覆盖的个体观测数据;全球范围内飞机和船舶数据,为大范围人群移动和迁徙、国家经济关系等研究提供准确的活动数据支撑;社交媒体和手机应用程序的位置数据与空间相关发布信息,为城市动态变化监测、灾害与应急及时反馈与决策等,提供了实时性好、时间跨度较长的人群活动观测数据。总之,位置大数据为对人群动态观测保障了很强的可行性。其现状主要从如下4个方面进行阐述:

1)人群动态的数据感知。手机数据、交通智能卡数据、车载 GPS 数据、共享骑行数据、社交媒体数据、视频数据等^[8]为人群动态的感知提供了良好的数据基础。手机数据几乎能够覆盖绝大多数人口,是较好的人群动态感知数据,但是在个体活动细节上存在缺失、轨迹精度上存在明显不足;交通智能卡数据方便构建群体的出行需求与探测个体的出行模式^[9],可以分析群体出行行为的一致性、出行的可变性和交通模式的可变性等,但是该类数据只能反映部分乘坐公共交通的出行动态,无法反映其他交通模式下的人群动态

特征;车载GPS数据由于采样精度和频率相对较高,对分析人群动态的具有一定的空间覆盖优势,但是数据存在城市GPS信号遮挡和多路径效应、轨迹的语义信息缺失等影响,会出现轨迹异常现象,对人群动态的观测造成一定干扰,并且采样规模不如手机数据,其人群动态的代表性存在一定缺陷;共享单车和电动车等骑行数据填补了段距离出行的非公共交通出行动态的观测空缺问题,但是该类数据仍受限于局部区域投入的车辆数,不能代表局部区域的全部人群出行动态;社交媒体数据一般是某些特定群体使用较多、并具有较大的稀疏性,可以反映部分群体的位置动态和关注动态,但是对人群动态的观测仍存在有偏性问题;视频数据在局部区域人群活动动态实时监控具有一定的优势,常用采用前景像元法、纹理分析法、目标识别方法等进行人群运动分析^[10],比较局限于局部空间区域的图像空间的分析,对全局空间仍存在感知能力不足的问题。

2)人群规模的采样扩样。人群规模的采样是人群动态观测的关键问题,传统的数据抽样方法^[11]都可以进行人群规模采样,具体包括:概率抽样(简单随机抽样 Simple random sampling、系统抽样 Systematic sampling、分层抽样 stratified sampling、整群抽样 cluster sampling)、非概率抽样(方便抽样 convenience sampling、定额抽样 quota sampling、判断抽样 judgement sampling、滚雪球抽样 snowball sampling)等,以及结合拒绝采样、孤立点分析的抽样、合成少数过采样技术(Synthetic minority oversampling technique)等方法与技术,通过留出法(hold-out)、交叉验证法(cross validation)、自助法(bootstrap)等抽样数据。由于人群动态观测的数据采样是有限的,一般难以做到全样本,可以采用直接扩样和校核扩样^[12]等方法进行扩样。此处的采样扩样,都需要考虑人群动态的感知数据类型与功能、时空出行规律与影响因素(如:节假日、工作与非工作时段、地铁与公交站点、空间土地利用类型等)等,做出合理的采样与扩样。

3)人群动态的定量建模。已有的人群动态相关的定量研究主要聚焦在时空断面上的统计特性(人流量、人口密度、活动范围与周期等),如公共卫生事件中所关注的疑似感染人数、隔离人数、确诊病人人数、死亡人数、空间交互强度等^[13],公共应急事件下的火灾、应急避洪人数、地

震遇难人数、空间定位请求人次^[14],难以反映具有跨模态特性的时空过程特征,方志祥等提出了人群活动轨迹跨模态重构的时空特性定量系列模型,包括时空过程稳定性^[15]、时空拥挤度^[16]、时空利用率^[17]、时空风险^[18]、时空网络结构动态^[19]等,初步构建人群动态过程时空特性的定量刻画能力。

4)人群动态研究领域。主要涉及5个科学领域:(1)从地理信息科学角度,研究城市人群活动信息的获取、存储、分析与应用等理论与方法^[20-31];(2)从城市地理学角度,研究城市人群活动出行行为、空间结构与社会特性等之间的关系,以及城市空间发展与功能构成的深层机制^[32-40];(3)从交通工程学角度,研究大数据支持下面向人群活动的城市交通工程(交通调查——现状分析——需求预测——交通诱导——交通规划)^[41-45]; (4)从统计物理学角度,研究人类移动行为、移动性等统计规律及其产生机制与内在动力学模型^[46-51]; (5)从人文地理学(人口地理、旅游地理、行为地理等)角度,研究人口流动、人口迁移、职住通勤旅游时空间行为等人地关系及其时空分异特征和空间演化机理^[52-57]。在公共卫生与安全应急领域,人群动态的研究主要涉及到目标群体的准确跟踪与及时救治、影响人群的预测^[13]、风险人群的预警与舆论的引导^[58]等方面。

3 公共卫生与安全应急下人群动态的观测思考

在公共卫生与安全应急下人群动态的观测,需要综合考虑对象与技术要素、观测思维等方面,开展有效观测工作。

3.1 观测中个体与群体的严谨区分

人群动态的观测一般借助于大数据技术进行,具有一定的通用性,不可避免涉及个体与群体的观测范畴问题,这里主要是区分两个重要关系:个体与群体;特定群体与其他群体。具体地,个体是群体的组成要素,需要观测个体的空间动态,由此进行集成分析,提取出群体的时空动态信息;群体观测如缺少个体信息,则成无源之水,无法进行观测。因此,人群动态的观测需要界定清楚对其非常重要的个体信息部分,如个体时空轨迹、出行语义标注等,而对人群动态关系不紧密的其他敏感个人信息则不能涉及,如家庭详细住址、职业、收入等。第二个重要关系是区分特定群体与其他群体,在公共卫生与安全应急下会

形成一些特定的群体,比如:感染者群体、应急指挥群体、应急保障群体等,对其观测中需要清除区分特定群体与其他群体,通过信息规整、数据挖掘与轨迹重构等技术,构建快速的区分与过滤方法,为精准化决策提供科学依据。

3.2 以时空过程为中心的非常态观测

公共卫生与安全应急都常以时空过程为基础,具有明显的时空周期特性与规律,需要区分两个重要方面:第一个是观测任务的轻重缓急明显区分,在不同的阶段存在不同的观测重心,比如:初期以感染者群体的追踪、源头的回溯与定位,以及中后期的以区域性防控为中心的人群动态观测任务,需要针对时空阶段中任务的优先级来设定相应观测方法。第二个是公共卫生与安全应急下需要采取非常态观测手段,比如通常情况下不采用手机信令数据做扇区解析和群体定位,或者用无线定位、蓝牙感应、健康码等锁定特定群体,但是在该条件下,针对特定的群体可能需要紧急采取这类的观测和分析任务;公共安全应急中可能需要通过手机跟踪、人脸识别与视频快速比对等方法捕获特定群体的活动动态,支撑应急的快速应对。

3.3 数据缺失下的观测思维突破

在公共卫生与安全应急情况下,通常很难取得丰富完备的观测数据,往往会出现重要数据覆盖不全或者缺失等现象,如何突破人群动态的有效、精确观测困局就是一个难题。因此,在数据缺失的情况下,需要突破传统观测的思维,构建贴合实际的观测策略与科学方法整合,包括:(1)跨空间动态的时空关联:根据历史物理空间活动与网络空间活动的规律,建立跨空间的时空关联观测方法,当然还需要带入公共卫生与安全应急的行为突变规律及其分析方法。(2)小样本人工采样与大数据分析结合的从点到面的观测推理:构建确定性的小样本采样及其代表性差异分析方法,进而与大数据分析结果进行时空关联建模,实现从点域局部小样本到面域大数据的关联推理观测。(3)社会力量与技术能力互补下的人群动态观测:社区工作者、志愿者等社会力量所组织的时空断面观测数据与各种技术能力(手机、视频、社交网络、扫码登记等)观测结果建立合理逻辑下的融合观测方法,突破特定数据技术能力不足的局限。

3.4 特定情景推演下的人群动态科学预测

预测对公共卫生和安全应急来说是紧急应

对的必要手段,也是一个重要的科学难点。公共卫生和安全应急下的预测,虽然存在诸多的不确定性,比如:管控措施的变化、人群反应的变化、保障物资条件的变化等,但对从时空演变过程来正确管控与处置具有重要的科学指导意义。该条件下的预测需要做到几个科学性:(1)极限条件的科学判断:关键技术使用条件时效、社会空间与舆论传播的不受控、物资保障条件的极度匮乏等极限条件,需要很好融入到人群动态的预测模型,为极限条件下的公共卫生与安全应急提供科学决策依据;(2)极端管理措施的科学预判:由于公共卫生的疫情传播和安全应急下的恐慌扩散等,需要从本源角度科学预判可能的极端管理措施,如:新冠疫情下的封城、关闭公共和社会交通、公共安全危险区域的严格管制等,这对特定情境下的人群动态预测与推演提供降低最大损失的预案思路;(3)综合因素的影响预估:公共卫生和安全应急受影响的因素是多方面的,包括人、事、物、信息等,相互影响、相互牵制、相互转化。在科学预测人群动态的过程中,需要结合卫生和安全事件本质与最有效措施,综合这些因素的影响作用,构建符合事件应对本质的科学预测模型,比如:新冠中的隔离与周期、传播方式与途径,化学品爆炸中的环境、生态、水质等净化方式与过程等。

4 公共卫生与安全应急下人群动态的观测挑战

4.1 观测能力有待加强

公共卫生与安全应急事件下,往往缺少关键的人群动态的观测数据,该现象受制于:(1)没有专门的针对性的观测系统布局:现有手机数据、视频数据、定位数据、蓝牙感知数据、社交网络数据等都不是专门针对人群动态的观测系统,其观测能力不足以达到类似公共卫生传染距离之类的精度要求;(2)观测技术设施的损坏:如火灾或者大型爆炸现场情况下的特定通信设施和视频设备系统的损坏,无法使用和获取数据;(3)法律法规与管理机制的限制:一些涉及核心业务与隐私保护或保密的数据使用受到特定管理机制的限制,难以公开使用等等,这些限制导致人群动态的观测能力存在较大局限性,应对公共卫生与安全应急实践存在较大的观测技术挑战。为应对这一挑战,有必要构建基于移动通讯网络和无线传输网络(如5G、6G、城市高清视频系统等)的

高精度人群动态观测系统。

4.2 对人与对地的联融合观测挑战

在公共卫生与安全应急下,对人观测需要与对地观测进行联合与融合观测,解决人、事、物与信息的全方位感知挑战问题。主要包括:(1)人事物的多空间联合观测:公共卫生与安全应急存在物理空间、网络空间、社交空间、心理空间等多空间的联合作用,其人事物需要从多维空间进行对人与对地的联合观测与融合分析,比如:公共卫生事件下的大规模人群隔离,需要从物理空间观测是否严格遵守隔离措施、观测周边环境变化对其措施执行的影响,观测隔离人群并进行社交与心理空间的合理疏导;重大爆炸现场的影响人群观测、破坏与污染状况观测等。(2)人事物的影响观测:公共卫生与安全应急不可避免涉及到群体利益和地理空间影响,需要构建对人事物的影响的融合观测,如:公共卫生事件下的群体分布和行为是否产生异常、安全应急事件下的次生衍生灾害是否发生;(3)应对干预的效果观测:公共卫生与安全应急的应对需要科学的干预与决策,离不开对人与对地联合观测下的应对干预效果的动态分析,如:公共卫生事件干预下的传播阻断效果、安全应急事件干预下的损失避免情况等。

4.3 对人观测研究伦理机制有待健全

人群动态的观测,不可避免涉及到研究伦理问题。一般来说,需要遵守以下基本原则:无论面向个人还是群体的研究,都必须遵守本国法律法规,不能超出法律法规的范畴;面向个体的研究,尊重个体意愿为前提;在群体的研究中,遵循社会公共利益至上的原则;严格遵循社会公益性与非经济利益性等。在面对公共卫生事件下的疫情溯源与紧急防控、区域性物理精准隔断措施制定、紧急卫生资源分配等重大问题面前,需要健全研究伦理和管理机制,如对大多数的社会群体来说,早期病人的空间轨迹精确公开和查询应该是服从社会公共利益至上;紧急防控是重大公共卫生疫情发展到一定程度的必然措施,快速区分感染者和接触者关乎管控成败,需要突破个体意愿的前提;区域性物理隔断是疫情传播到一定程度的严控措施,对切断传播路径、防治传染病的扩散、控制病源的有效措施,需要感染者和接触者的群体信息,特别是在面临特大医疗需求容量时,需要构建围绕定点医治的分级治疗与隔离,建立精确的隔离措施至关重要;公共卫生事件紧

急应对时的卫生资源分配,是体现公正和受益最大化、健康最大化和伤害最小化的关键所在。在对公共卫生事件紧急应对时,卫生资源分配(包括:防护装备、药品、护理床位、生活物质等等)科学与及时决策,在循社会公益性与非经济利益性下,需要获取大量的目标群体位置信息,包括感染者、接触者、医护人员、运输群体等,从而面向医院救治和面向公众防护的紧急卫生资源的实时需求,构建应急情形下的卫生资源分配与配送方案。总之,亟需健全和构架新型的快速获取群体信息的研究伦理管理机制,以适应公共卫生与安全应急事件的科学决策。比如:构建对人群动态观测科学伦理的快速在线审批机制,在保障感染者和接触者个人隐私不公开和不做商业用途的基础上,协调全国各地具有较强的大数据对人观测与分析能力的研究机构。

5 结语

人群动态的观测是研究人、分析人、服务人的最为核心的基礎问题之一,是时空大数据时代赋予新生命的观测任务。本文提出人群动态的观测概念、内涵与学科边界,有利于测绘科学与技术与地理信息科学在该领域的学科定位。目前的对人观测还不是独立的理论体系与完整技术系统,需要多学科在空间大数据泛在感知、多源数据融合与协同处理、社会地理计算与高性能计算、社会群体的知识建模与学习等方面无缝集成,为应对公共卫生与安全应急重大事件、甚至弄清城市多类空间发展规律、掌握空间演进分异机制、掌控城市空间发展路径等提供基础理论与方法,具有重要的前沿交叉研究意义。

人群动态的观测具有广泛的应用前景,特别是在应对公共卫生与安全应急领域的紧急事件时具有非常重要的支撑作用,如全世界新冠疫情的处理和应对。通过人群动态的观测及其时空GIS分析,(1)在资源环境领域,可以感知与建模人群活动对不同地理资源环境的影响作用,为调控人群活动对不同地理资源环境的影响提供基础的科学决策理论与知识;(2)在城市规划领域,可以了解与分析城市人群活动空间与动态交互特性,并进行具有前瞻性的群体活动空间布局优化与决策;(3)公共安全领域,可以研究人群活动时空过程及其演变规律、分析重大传染病的时空传播机理与过程动态、构建精确的公共安全防控措施;(4)智慧城市服务领域,可以分析城市人

流、物流、信息流的高动态规律,构建以人为中心的智慧服务理论与技术创新;(5)城市管理领域,可以分析不同民族、收入水平、教育程度、经济领域等城市居民与流动人口,在空间聚集分异、混合与融合、文化发展、科技创新等方面的基本规律。因此,人群动态的观测是测绘科学与技术、地理信息科学学科与地学交叉研究与应用的前沿方向。

参 考 文 献

- [1] Wu F, Zhao S, Yu B, et al. A New Coronavirus Associated with Human Respiratory Disease in China [J]. *Nature*, 2020, 579(7798): 265-269
- [2] Layne S P, Hyman J M, Morens D M, et al. New Coronavirus Outbreak: Faming Questions for Pandemic Prevention [J]. *Science*, 2020, 368(534) : eabb1469
- [3] Yang Z, Zeng Z, Wang K, et al. Modified SEIR and AI Prediction of the Epidemics Trend of COVID-19 in China under Public Health Interventions [J]. *Journal of Thoracic Disease*, 2020, 12(3) : 165-174
- [4] Cooke K L, Van Den Driessche P. Analysis of an SEIRS Epidemic Model with Two Delays [J]. *Journal of Mathematical Biology*, 1996, 35 (2) : 240-260
- [5] Jumpen W, Wiwatanaapataphee B, Wu Y H, et al. A SEIQR Model for Pandemic Influenza and Its Parameter Identification [J]. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2009, 52 (2) : 247-265
- [6] Wang H, Wang Z, Dong Y, et al. Phase-adjusted Estimation of the Number of Coronavirus Disease 2019 Cases in Wuhan, China [J]. *Cell Discovery*, 2020, 6(1): 1-8
- [7] Maier, B. Brockmann, D. *Effective Containment Explains Sub-exponentialGrowth in Confirmed Cases of Recent COVID-19 Outbreak in Mainland China* [J]. *arXiv*, 2020:07572v1
- [8] Shaw, S-L, Fang Z, Chen B, et al. Spatial and temporal GIS analysis of urban human activities [M]. science press, 2018(萧世 , 方志祥 , 陈碧宇 , 尹凌 , 陈洁 , 杨喜平 . 城市人群活动时空 GIS 分析[M]. 北京:科学出版社,2018)
- [9] Liu Y, Xiao Y, Gao S, et al. A Review of Human Mobility Research Based on Location Aware Devices [J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2011, 27(4):8-13(刘瑜,肖昱,高松,康朝贵,王瑶莉. 基于位置感知设备的人类移动研究综述[J]. 地理与地理信息科学,2011, 27(4):8-13)
- [10] Song H, Liu X, Lv G, et al. Real-time Monitoring for the Regional Crowds Status [J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2012 (6): 686-692,697 (宋宏权, 刘学军, 阎国年, 张兴国. 区域人群状态的实时感知监控[J]. 地球信息科学学报 , 2012 (6): 686-692,697)
- [11] Freedman D, et al. Statistics [M]//Wei Zongshu. Shi Xiquan, et al. trans. Beijing: China Statistics Press, 1997(Freedman D 等,著 . 魏宗舒,施锡铨等译. 统计学[M]. 北京:中国统计出版社,1997
- [12] Ma X. Study on Data Sampling Expansion Method of Resident Trip Survey[J]. *Journal Of Transportation Engineering And Information*, 2010, 8(1):14-20(马小毅,. 居民出行调查数据扩样方法研究[J]. 交通运输工程与信息学报 . 2010, 8(1):14-20)
- [13] Feng M, Fang Z, Lu X, et al. Traffic Analysis Zone-Based Epidemic Estimation Approach of COVID-19 Based on Mobile Phone Data:An Example of Wuhan [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(5):651-657(冯明翔, 方志祥, 路雄博, 等. 交通分析区尺度上的新型冠状肺炎时空扩散推估方法:以武汉市为例[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2020,45(5):651-657)
- [14] Yi J, Wang L, Qian J, et al. Spatio-temporal responses of urban road traffic and human activities in an extreme rainfall event using big data [J]. *Acta GeographicaSinica*, 2020, 75(3):497-508(易嘉伟, 王楠,千家乐,等. 基于大数据的极端暴雨事件下城市道路交通及人群活动时空响应[J]. 地理学报 , 2020, 75(3):497-508)
- [15] Fang Z, Yang X, Xu Y, Shaw S-L, Yin L. Spatio-temporal model for assessing the stability of urban human convergence and divergence pattern[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2017, 31(11):2119-2141
- [16] Li Q, Li Q, Fang Z. An emergency evacuation routing optimization method based on space-time congestion concept [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2011,40(4):517-523(李清泉,李秋萍,方志祥. 一种基于时空拥挤度的应急疏散路径优化方法 [J]. 测绘学报 , 2011, 40(4):517-523)
- [17] Fang, Z, Li, Q,Li,Q,et al. A Proposed Pedestrian Waiting-Time Model for Improving Space-Time Use Efficiency in Stadium Evacuation Scenarios[J]. *Building and Environment*, 2011, 46 (9) : 1774-1784
- [18] Fang Z, Yu H, Ke R, Shaw S-L, Peng G. Automatic Identification System-based Approach to Assess Near Miss Collision Risk of Ship in Ports [J].

- [18] IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2019, 20(2), 534-543
- [19] Zhou Y, Fang Z, Thill J-C, et al. Functionally critical locations in an urban transportation network: Identification and space-time analysis using taxi trajectories [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2015, 52, 34 - 47
- [20] Shaw S-L. What about “time” in transportation geography? [J]. *Journal of Transport Geography*, 2006, 14(3): 237-240
- [21] Zhao ZL, Shaw S-L, Xu Y, et al. Understanding the bias of call detail records in human mobility research[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2016, 30(9):1738-1762.
- [22] Schneider CM, Belik V, Couronné T, Smoreda Z, et al. Unravelling daily human mobility motifs [J]. *Journal of The Royal Society Interface*, 2013, 10 (84):20130246
- [23] Yang X, Fang Z. Recent progress in studying human mobility and urban spatial structure based on mobile location big data[J]. *Progress in Geography*, 2018, 37 (7): 880- 889(杨喜平, 方志祥. 移动定位大数据视角下的人群移动模式及城市空间结构研究进展 [J]. 地理科学进展, 2018, 37 (7) : 880- 889.)
- [24] Yang X, Fang Z, Zhao Z, et al. Analyzing space-time variation of urban human stay using kernel density estimation by considering spatial distribution of mobile phone towers. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 42(1): 49-55(杨喜平, 方志祥, 赵志远, 等. 顾及手机基站分布的核密度估计城市人群时空停留分布[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2017, 42(1):49-55)
- [25] Liu Y, Kang C, Wang F. Towards Big Data-Driven Human Mobility Patterns and Models [J], *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(6):660-666(刘瑜, 康朝贵, 王法辉. 大数据驱动的人类移动模式和模型研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2014, 39(6):660-666)
- [26] Xu J, Fang Z, Shaw S-L, et al. The Spatio-temporal Heterogeneity Analysis of Massive Urban Mobile Phone Users’ Stay Behavior: A Case Study of Shenzhen City[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2015, 17(2):197-205(徐金垒, 方志祥, 萧世伦, 等. 城市海量手机用户停留时空分异分析:以深圳市为例 [J]. 地球信息科学学报, 2015, 17 (2) : 197-205)
- [27] Kang C, Qin K. Understanding operation behaviors of taxicabs in cities by matrix factorization[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2016, 60: 79-88.
- [28] Yang X, Fang Z, Yin L, et al. Revealing the relationship of human convergence – divergence dynamics and land use: A case study on Shenzhen City, China[J]. *Cities*, 2019, 95, 102384
- [29] Fang Z, Shaw S-L, Tu W, et al. Spatiotemporal analysis of critical transportation links based on time geographic concepts: a case study of critical bridges in Wuhan, China[J]. *Journal of Transport Geography*. 2012, 23:44-59
- [30] Fang Z, Tu W, Li Q, Li Q. A multi-objective approach to scheduling joint participation with variable space and time preferences and opportunities [J]. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19 (4) : 623-634
- [31] Yin L, Shaw S-L. Exploring space-time paths in physical and social closeness spaces: a space-time GIS approach [J] , *International Journal of Geographical Information Science*, 2015, 29 (5) : 742-761
- [32] Cai Y, Shen J. Activity-based approach to human spatial behavior research [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(5):594-600(柴彦威, 沈洁. 基于活动分析法的人类空间行为研究 [J]. 地理科学, 2008, 28(5):594-600)
- [33] Pei T, Sobolevsky S, Ratti C, et al. A new insight into land use classification based on aggregated mobile phone data [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2014, 28(9) :1988-2007
- [34] Long Y, Sun L, Tao S. A Review of Urban Studies Based on Transit Smart Card Data [J]. *Urban Planning Forum*, 2015(3):71-77(龙瀛, 孙立君, 陶遂. 基于公共交通智能卡数据的城市研究综述[J]. 城市规划学刊, 2015(3):71-77)
- [35] Wang B, Zhen F, Zhang H. The Dynamic Changes of Urban Space-time Activity and Activity Zoning Based on Check-in Data in Sina Web [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 35(2):151-160(王波, 甄峰, 张浩. 基于签到数据的城市活动时空间动态变化及区划研究 [J]. 地理科学, 2016, 35 (2) : 151-160)
- [36] Liu X, Long Y. Automated identification and characterization of parcels with OpenStreetMap and points of interest[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2016, 43(2):341-360
- [37] Schwanen T. Information Technology and Mobility [M]. Hoboken:JohnWiley&Sons. 2017
- [38] Liu Y, Liu X, Gao S, et al. Social Sensing: A New Approach to Understanding Our Socioeconom-

- ic Environments [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2015, 105:512-530
- [39] Shaw S-L and Sui D. Human dynamics research in smart and connected communities[M]. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG. 2018.
- [40] Chen J, Shaw S-L, Yu H, et al. Exploratory data analysis of activity diary data: a space-time GIS approach[J]. *Journal of Transport Geography*. 2011, 19(3):394-404.
- [41] Wang W, Yang Z, Li F, et al. Weighting calculation and judging method of regional traffic state based on information coordination [J]. *JOURNAL OF JILIN UNIVERSITY(ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDITION)*, 2007, 37 (3) : 524-527. (王伟,杨兆升,李贻武,等,. 基于信息协同的子区交通状态加权计算与判别方法[J]. 吉林大学学报(工学版),2007,37(3):524-527)
- [42] Shao C. Urban transportation planning[M]. Beijing Jiaotong University Press. 2014(邵春福. 城市交通规划[M]. 北京:北京交通大学出版社,2014)
- [43] Miller H, Shaw S L. Geographic information systems for transportation in the 21st century[J]. *Geography Compass*, 2015, 9(4):180-189.
- [44] Tu W, Cao J, Yue Y, et al. Coupling mobile phone and social media data: a new approach to understanding urban functions and diurnal patterns[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2017 (4):1-28.
- [45] Zhang J, Yang H. Modeling route choice in certain network equilibrium with heterogeneous prevailing choice sets [J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2015, 57: 42-54.
- [46] Brockmann D, Hufnagel L, Geisel T. The scaling laws of human travel [J]. *Nature*, 2006, 439 (7075):462.
- [47] González M, Hidalgo C, Barabasi A. Understanding individual human mobility patterns [J]. *Nature*, 2008, 453(7196):779-782.
- [48] Song C, Qu Z, Blumm N, et al. Limits of predictability in human mobility. *Science*, 2010, 327(5968): 1018-1021.
- [49] Wang B, Zhou T, Zhou C. Statistical Physics Research for Human Behaviors, Complex Networks , and Information Mining[J]. *Journal of University of Shanghai for Science and Technology*, 2012,34(2): 103-117(汪秉宏,周涛,周昌松,. 人类行为,复杂网络及信息挖掘的统计物理研究[J]. 上海理工大学学报,2012,34(2):103-117)
- [50] Zhou T, Han X, Yan X, et al. Statistical Mechanics on Temporal and Spatial Activities of Human [J]. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China*, 2013, 42 (4) : 481-540. (周涛,韩筱璞,闫小勇,等. 人类行为时空特性的统计力学[J]. 电子科技大学学报, 2013, 42 (4) : 481-540)
- [51] Zhao K, Musolesi M, Hui P, et al. Explaining the powerG law distribution of human mobility through transportation modality decomposition [J]. *Scientific Reports*, 2015,5: 9136.
- [52] Liu J, Yue T, Wang Y, et al. Digital Simulation of Population Density in China [J]. *ACTA GEOGRAPHICA SINICA*, 2003, 58(1) : 17-24(刘纪远,岳天祥,王英安,等,. 中国人口密度数字模拟[J]. 地理学报,2003,58(1):17-24)
- [53] Ge M, Feng Z. GIS-based Analysis of Population Distribution in 2000 in China [J]. *Population research*. 2008, 32(1):51-57(葛美玲,封志明. 基于GIS的中国2000年人口之分布格局研究:兼与胡焕庸1935年之研究对比[J]. 人口研究,2008,32(1): 51-57)
- [54] Bai Z, Wang J, Yang Y, et al. Characterizing spatial patterns of population distribution at township level across the 25 provinces in China[J]. *Acta GeographicaSinica*. 2015, 1229-1242(柏中强,王卷乐,杨雅萍,等. 基于乡镇尺度的中国25省区人口分布特征及影响因素[J]. 地理学报,2015,70(8):1229-1242)
- [55] Deville P, Linard C, Martin S, et al.. Dynamic population mapping using mobile phone data [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014, 111(45):15888-15893
- [56] BassolasA ,Lenormand M, Tugores A, et al. Touristic site attractiveness seen through Twitter [J]. *E PJ Data Science*, 2016, 5(1):12.
- [57] Bao J, Zhang J, Xu H, et al. Tourism geography in China: Between hometown and alien land[J]. *Geographical Research*, 2017, 36(5):803-823(保继刚,张捷,徐红罡,等. 中国旅游地理研究:在他乡与故乡之间[J]. 地理研究, 2017,36(5):803-823.)
- [58] Qing Q. Epidemic prevention and control mechanism in megacities: experience, dilemma and reconstruction [J]. *Journal of Hubei University (Philosophy and Social Science)*, 2020, 47(3) : 21-32(卿菁. 特大城市疫情防控机制:经验、困境与重构[J]. 湖北大学学报(哲学社会科学版),2020,47(3) : 21-32()

Thinking and Challenges of Crowdynamics Observation from the Perspectives of Public Health and Public Security

FANG Zhixiang¹

1 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: Public health and public security events present the importance of crowd dynamics observation. The crowd dynamics observation should be a key component of human—orient observation, and the necessary elements of global observation system framework consisting observations of space, sky, land, ocean and people. This paper firstly introduces a concept of crowd dynamics observation, defines its scientific connotations and boundaries, and highlights the role and significance of this theory. Then, from the perspective of public health and safety emergency, this paper analyzes the characteristics of accuracy, scientificity and on—demand in crowd dynamics observation requirements, and introduces the state of art of crowd dynamics observation including data perception of crowd dynamics, sampling and expansion of population scale, and quantitative modeling of crowd dynamics, crowd dynamics research field, etc. Next, this paper thinks about the observation tasks of crowd dynamics from four important aspects, such as, rigorous distinction between individuals and groups, abnormal observations centered on spatiotemporal processes, breakthroughs in observational thinking under missing data, and scientific predictions of crowd dynamics under specific scenarios, etc. Finally, this paper summarizes three important research challenges combined with public health and safety emergency tasks, namely, the challenge of improving observation capabilities, the challenge of fusion observation of human and earth observation, and the research ethical challenge of human observation. In short, the concepts, thinking dimensions and challenges proposed in this article provide basic theories and methods for major public health and safety emergencies, clarifying the laws of urban multi—type spatial development, mastering the differentiation mechanism of spatial evolution, and controlling urban spatial development paths. All of them shows a significance of the frontier exploration.

Key words: Crowd dynamics; observation; location—aware big data; public health; safety emergency

First author: FANG Zhixiang, PhD, professor, specializes in space—time GIS, spatiotemporal modeling of urban big data and pedestrian navigation. E-mail:zxfang@whu.edu.cn

Foundation support: The National Key Research and Development Program of China(2017YFB0503802); the National Natural Science Foundation of China(41771473).

引文格式: FANG Zhixiang. Thinking and Challenges of Crowdynamics Observation from the Perspectives of Public Health and Public Security[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, XXXX, XX(XX):1-11. DOI:10.13203/j.whugis(综述)20200422(方志祥. 公共卫生与安全应急视角下人群动态的观测思考与挑战[J]. 武汉大学学报·信息科学版, XXXX, XX(XX):1-11. DOI:10.13203/j.whugis(综述)20200422)

网络首发:

标题:公共卫生与安全应急视角下人群动态的观测思考与挑战

作者:方志祥

收稿日期:2020-08-16

DOI:10.13203/j.whugis20200422

引用格式:

方志祥. 公共卫生与安全应急视角下人群动态的观测思考与挑战[J]. 武汉大学学报·信息科学版. doi: 10.13203/j.whugis20200422(Fang Zhixiang. Thinking and Challenges of Crowdynamics Observation from the Perspectives of Public Health and Public Security[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University. doi: 10.13203/j.whugis20200422)

网络首发文章内容和格式与正式出版会有细微差别,请以正式出版文件为准!

您感兴趣的其他相关论文:**交通分析区尺度上的 COVID-19 时空扩散推估方法:以武汉市为例**

冯明翔, 方志祥, 路雄博, 谢泽丰, 熊盛武, 郑猛, 黄守倩.

武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(5): 651-657, 681

<http://ch.whu.edu.cn/cn/article/doi/10.13203/j.whugis20200141>

COVID-19 疫情早期中国确诊时间的时空特征及动态过程分析

张新, 林晖, 朱长明, 王劲峰, 李满春, 徐成东, 胡茂桂, 孟斌, 曹春香.

武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(6): 791-797

<http://ch.whu.edu.cn/cn/article/doi/10.13203/j.whugis20200255>

基于时空位置大数据的公共疫情防控服务让城市更智慧

李德仁, 邵振峰, 于文博, 朱欣焰, 周素红

武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(4): 475-487, 556

<http://ch.whu.edu.cn/cn/article/doi/10.13203/j.whugis20200145>

城市建筑群航天遥感动态监测

汪韬阳, 李熙, 田礼乔, 陈振炜, 李治江, 张过, 李德仁, 沈欣, 李欣, 蒋博洋, 周屈, 邓实权, 王剑茹, 朱浩楠.

武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(5): 640-650.

<http://ch.whu.edu.cn/cn/article/doi/10.13203/j.whugis20200096>

