

DOI:10.13203/j.whugis.20200145



文章编号:1671-8860(2020)04-0475-13

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¹ 邵振峰¹ 于文博² 朱欣焰¹ 周素红^{3,4}

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

2 武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079

3 中山大学地理科学与规划学院,广东 广州,510275

4 广东省公共安全与灾害工程技术研究中心,广东 广州,510275

摘要:智慧城市离不开时空位置大数据服务。总结国内外公共疫情防控事件对时空位置大数据的要求,调研其在当前疫情防控中提供的具体服务情况,讨论还有哪些无法无法公共疫情防控需求之处,重点分析下一步应该如何完善时空位置大数据服务,以更好地服务于公共疫情防控,并分别从平时时空大数据位置服务的建设内容和战时数据共享机制等多方面给出建议。该文旨在采取科学手段完善时空大数据服务,力争在平时为公共疫情防控建立好技术支撑系统,并出台“战时”面向疫情防控需求的数据共享机制。

关键词:时空位置大数据;公共疫情防控;智慧城市;位置服务

中图分类号:P208

文献标志码:A

人类历史上曾出现过天花^[1]、麻疹^[2]、“黑死病”鼠疫^[3]、霍乱^[4]、疟疾^[5]等多种瘟疫,近年来也出现了埃博拉病毒^[6]、甲型H7N9流感^[7]、SARS^[8](Severe Acute Respiratory Syndrome)和新型冠状病毒肺炎^[9](Coronavirus Disease 2019, COVID-19)等突发传染病,给人类的公共健康带来了巨大危害。COVID-19疫情先后在中国各省及港澳台地区都出现了确诊病例,到2020年3月底,以武汉为主战场的全国本土疫情传播已基本阻断,疫情防控取得阶段性重要成效。

图1、图2为截至2020-03-26,中国省一级行政单位疫情的空间分布和数据情况(图1来源于自然资源部标准地图服务网站 <http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/editmap.html?mapId=%224028b0625501ad13015501ad2bfc0002%22&baseMapId=%224%22>)。图3为2020-01-11—2020-03-31中国累计确诊病例和新增确诊病例走势图。

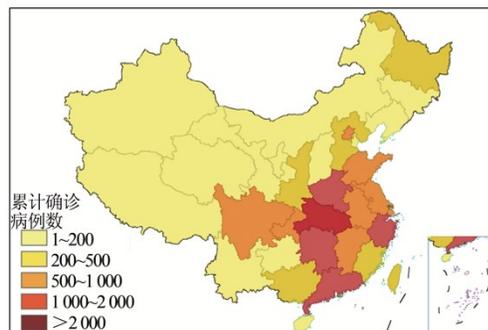


图1 COVID-19公共疫情中国省级空间分布图(截至2020-03-31,数据来源:中华人民共和国国家卫生健康委员会)

Fig.1 Spatial Distribution of COVID-19 at Provincial Level in China(As of 2020-03-31 00:00, Data Source: National Health Commission of the People's Republic of China)

在国际上,截至2020-03-31,有203个国家和地区也报告了COVID-19病例,具体分布见图4。世界卫生组织(World Health Organization,

收稿日期:2020-04-03

项目资助:国家重点研发计划战略性国际科技创新合作重点专项(2016YFE0202300);中国工程院咨询研究项目(2020ZD16);国家自然科学基金(41771454);湖北省自然科学基金计划创新群体项目(2018CFA007)。

第一作者:李德仁,博士,教授,中国科学院院士,中国工程院院士,国际欧亚科学院院士,现从事以遥感、全球卫星定位系统和地理信息系统为代表的空间信息科学技术的科研与教学工作,并推进地理国情监测、数字城市与数字中国、智慧城市与智慧中国的研究及相关建设。drli@whu.edu.cn

通讯作者:邵振峰,博士,教授,博士生导师。shaozhenfeng@whu.edu.cn

WHO)于2020-01-26将COVID-19疫情全球风险上调至“高风险”,并在2020-01-30宣布疫情为“国际关注的公共卫生紧急事件”,随后又在2020-02-28将疫情全球风险级别提高为“非常

高”。2020-03-11,WHO宣布COVID-19已构成“全球大流行”,同时动员更多国际资源应对疫情。

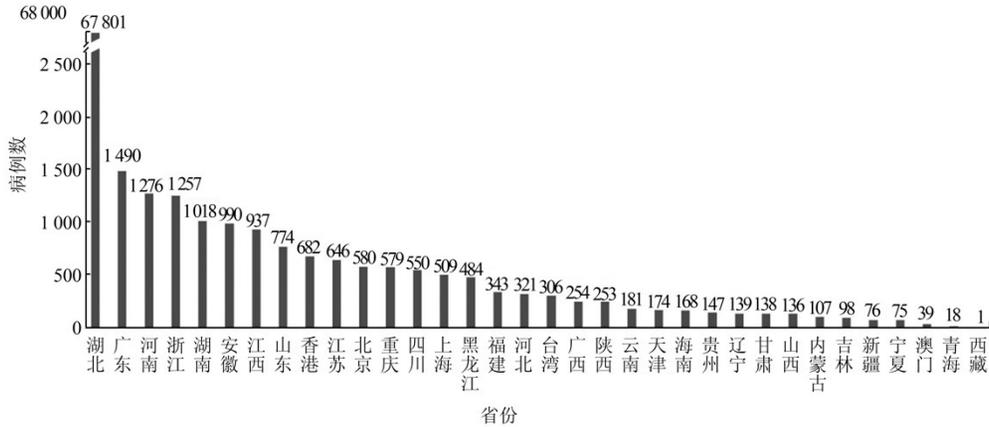


图2 COVID-19公共疫情中国各省及港澳台情况(截至2020-03-31,数据来源:中华人民共和国国家卫生健康委员会)
Fig.2 Situation of COVID-19 at Provincial Level and Hong Kong, Macao and Taiwan in China(As of 2020-03-31 00:00, Data Source: National Health Commission of the People’s Republic of China)

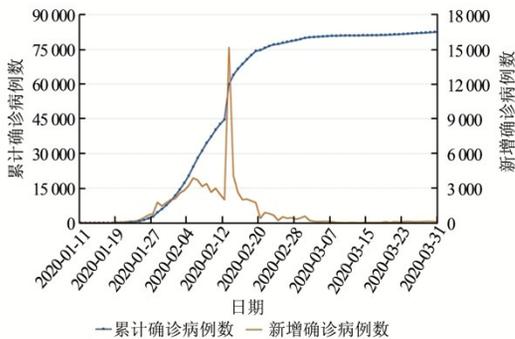


图3 中国COVID-19累计确诊病例数及新增确诊病例数走势图(2020-01-11 00:00—2020-03-31 00:00,数据来源:世界卫生组织)

Fig.3 The Cumulative Number of Confirmed Cases and the Number of Newly Confirmed Cases of COVID-19 in China (2020-01-11 00:00—2020-03-31 00:00, Data Source: WHO)

在当今全球化的时代背景下,人流、车流和物流都呈现出爆炸式增长,使得公共疫情防控成为世界难题。这些人流、车流和物流数据属于典型的时空数据,因此全社会迫切需要发展基于时空位置大数据的公共疫情防控服务。

1 国内外公共疫情防控事件对时空位置大数据的需求

时空位置大数据是同时具有时间和空间维度的、与地理位置有关的大数据。周成虎^[10]认为时间和空间是世上万事万物的基本属性,从空间

视角认识数据世界、用空间数据构建世界、挖掘空间数据中所隐含的知识是大数据研究的重要内容,也是提升智慧城市的建设水平、将人流、物流和信息流等统一起来、让人们的生活更加美好的手段。由于现实世界中超过80%的数据与地理位置有关,时空位置大数据成为包括面向疫情防控在内的很多具体大数据应用和服务的基础。时空位置大数据(表1)在疫情防控中发挥的作用主要体现在疫情监测和疫情信息服务两个方面。

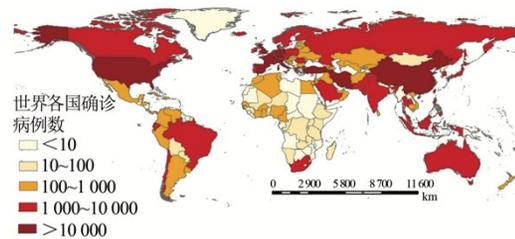


图4 世界各国COVID-19累计确诊病例空间分布(截至2020-03-31 00:00,数据来源:世界卫生组织)
Fig.4 Spatial Distribution of Cumulative Confirmed COVID-19 Cases in Countries Around the World (As of 2020-03-31 00:00, Data Source: WHO)

疫情监测指在传染病发生时,在人、动物或植物中进行的针对传染病疫情的监测。疫情监测的重点是预测预警疫情的暴发并监测疫情的发展和结束。疫情预测预警可以在疫情暴发和大流行前夕辅助发现疫情,协助分析疫情的成因、传染性、致病性等关键信息并报告和发布。

疫情预测预警可以为政府和公众预留用于病原研究、药物研发、人员调度和物资准备的时间。监测疫情发展情况包括获取感染区域、规模、密度、感染者的时空分布和流动情况,反馈感染人数、死亡人数、感染率、死亡率等疫情数据,从而帮助疫情防控部门了解疫情扩散的状态和各地区疫情的严重程度,协助其更加合理地部署和协

调医疗资源;帮助科研人员掌握疾病传播的模式和特点、明确工作重点和研究方向;帮助公众采取远离感染者、居家隔离、远离疫情严重的商场、露天市场及其他公共场所等方式科学地预防感染。上述信息同样可以作为判断疫情阶段性结束的指标,从而辅助社会尽快恢复正常的生活和生产秩序。

表 1 疫情防控中可用的时空位置大数据

Tab.1 Spatial and Temporal Location Big Data Available in Epidemic Prevention and Control

来源	类型	说明
通信运营商	移动	根据基站位置计算的用户位置、轨迹;通过信号最强基站定位,基站覆盖 50 m(市区)到 2 km(偏远山区),间隔 5 min;由用户电话号码可得到病人轨迹,但需公安部门授权
	联通	根据基站位置计算的用户位置、轨迹;通过信号最强的 3 个基站信令定位生成坐标点,市区 100 m 精度,静止状态 0.5 h 刷新记录,有发生位移产生基站信令变动和发生通讯等均有记录;由用户电话号码可以得到病人轨迹,但需要公安部门授权
	电信	根据基站位置计算的用户位置、轨迹;精度情况同上,由用户电话号码可以得到病人轨迹,但需要公安部门授权
https://www.juhe.cn/docs/api/id/8,通过移动、联通、电信基站的小区号和基站号进行基站位置查询,根据手机号注册,进行查询		
国家卫生健康委员会(卫健委)	病人数据	有病人详细信息,包括流行病学调查(流调)的病人重要轨迹节点时空信息,通过电话号码查询,可与运营商数据关联得到病人轨迹,但需要公安部门授权
阿里巴巴	疫情地图	疫情地图数据(卫健委)
	防疫地图	确诊病例小区数据(流调)
	同行程查询	交通行程数据(流调)
	密接风险自查	用户过去 14 天接触风险(后台数据未知)
	高德导航轨迹	定位数据、导航轨迹数据(精度均为 10~50 m)
腾讯	疫情地图	疫情地图数据(卫健委)
	医疗预防	定点医院位置数据
	小区地图	确诊病例小区数据(流调)
	轨迹地图	确诊病例轨迹信息(流调)
	同行程查询	交通行程数据(流调)
	位置数据	用户位置数据
百度	疫情地图	疫情地图数据(卫健委)
	周边疫情	确诊病例小区数据;周边人流高密集兴趣点
	迁徙地图	迁入、迁出人数占比
	同行程查询	交通行程数据(流调)
滴滴出行	百度定位轨迹	定位数据、导航轨迹数据(精度均为 10~50 m)
滴滴出行	用车数据	用户行程数据(定位、轨迹)(精度均为 10~50 m)
铁路 12306	乘坐火车数据	由用户电话号码或者身份证号码可以获得其乘坐火车的信息,搜索前后 3 排座位乘客信息
各大航空公司	乘坐航班数据	由用户电话号码或者身份证号码可以获得其乘坐飞机的信息,搜索前后 3 排座位乘客信息
交通管理部门	车辆运营数据	道路出入口车辆通行信息

疫情信息服务指为政府、企业和公众提供的一系列政策制定、资源配置、复工复产、人员管理、感染预防等方面的信息服务。这些过程中产生的大量人流、物流、患者和医疗资源的时空分布等数据同时具有时间、空间和专题属性,属于典型的时空位置大数据,因而深入分析、挖掘时

空位置大数据可以开发多项面向疫情防控的信息服务,便于政府和公众更加迅速、有效地应对疫情。例如,通常人口迁移会引发疫情扩散,当人口从疫情严重的地区流入较为安全的地区,该地区健康人口遭受感染的概率会显著增加,医疗系统的负担也会随之加大,因此在疫情期间开展

基于时空位置大数据的人口迁移监测和统计就有利于预测各地疫情暴发风险,辅助资源调配。监控药物、医疗防护用品、医疗设备和器材的生产和物流情况也有助于政府和医院合理规划配置医疗资源,制定疫情防控对策。此外,医疗资源的配置情况、各大医院医疗资源的实时使用情况等信息也能帮助公众对传染病预防采取主动反应。在各类重大公共卫生突发事件中,准确掌握上述信息往往能使公众及时、有效地避免无效的医疗资源挤兑和交叉感染。

截至2020-03-31,世界上共有203个国家出现新型冠状病毒肺炎确诊病例,分布在5大洲。其中有27个国家出现超过2 000例确诊病例,如图5所示。总数对比的分布图如图4所示,具体数据如图6所示。图7、图8为部分疫情严重国家从2020-03-10—2020-03-31累计确诊病例和新增确诊病例变化趋势图。

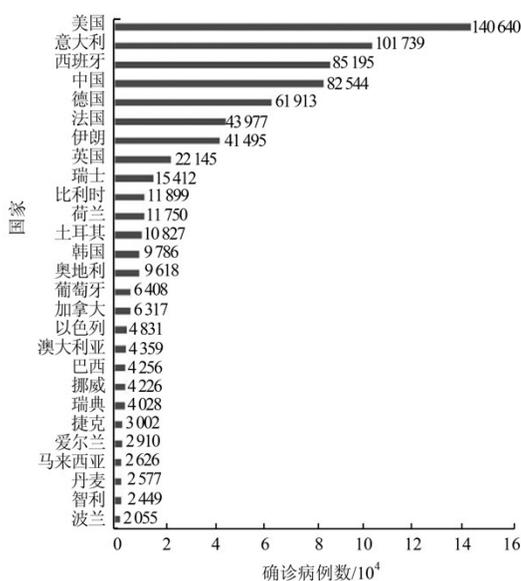


图5 世界COVID-19累计确诊病例数超过2 000的国家
(截至2020-03-31 00:00,数据来源:世界卫生组织)

Fig.5 Countries with More than 2 000 Cumulative Confirmed Cases of COVID-19 (As of 2020-03-31 00:00, Source: WHO)

2 当前时空位置大数据在公共疫情防控中提供的服务

时空位置大数据已在公共疫情防控的多个环节发挥作用。Rogers等^[11]曾将传染病的传播分为3个阶段,即鉴别病原微生物、其动物宿主以及在动物宿主间传播的途径;测量每种传染病的时空分布,特别要分析它的分布与周围环境的关

系;深入了解传染病传播过程,对其进行模拟,并将模拟结果与所观测过程相互验证。宫鹏等^[12]在上述研究的基础上,进一步指出在传染病传播过程的后两个阶段中,遥感和地理信息系统(Geographic Information System, GIS)在研究传染病的环境决定因子及其时空传播过程中可以发挥作用,尤其是测量并定量描述传染病时空分布模式、分析传染病扩散与环境因素的关系,最适合用GIS、遥感、统计(特别是空间统计)方法。祝丙华等^[13]、曾晓露^[14]利用国家疫情监测信息、国家气象监测信息、GIS、遥感卫星地图等大数据开展针对疟疾分布特征的研究,探索植被类型、土地覆盖和利用类型与疫情发生强度的关联,并将其作为预测自然因素作用下疟疾疫情的重要依据;郎猛^[15]基于GIS,应用Google Earth软件和神经网络建立了H7N9疫情流行与多环境因素的相关模型,并对疾病等级进行预测,从一个新的角度发现和了解H7N9流行的时空规律。钟少波^[16]利用GIS与遥感技术分析了乙肝和高致病性禽流感在中国的地理分布,根据疾病生物学和流行病学特征推定其环境危险因素,建立疾病与环境因素相关性的回归分析模型,并对疾病发生概率进行了预测。除上述理论研究外,时空位置大数据也常在各地突发公共卫生事件中服务于现代疫情防控工作。2010年海地地震后,瑞典卡罗林斯卡学院(Karolinska Institute, Sweden)和美国哥伦比亚大学(Columbia University)的一个联合研究小组分析了当地电信网络商提供的200万部手机的通话数据,并将其用于跟踪地震灾难后的人口流动,这使联合国和其他人道主义机构能够了解救济行动期间和随后霍乱暴发期间的人口流动情况,同时预测霍乱疫情暴发风险增加的地区,从而更有效地分配资源^[17]。类似的方法同样被用于预测肯尼亚疟疾疫情的扩散^[18]。2014年埃博拉出血热暴发期间,美国疾病控制与预防中心通过分析居民移动通信资料大数据准确定位疫区位置,从而合理规划资源,预防疫情扩散^[19]。加拿大Bio. Diaspora公司^[20]运用地理资讯系统,基于大数据分析技术,利用航班资讯、天文及风向等数据,追溯埃博拉病毒等传染病暴发点及预测扩散情况,并协助各地政府做出预防措施。O'Donovan等^[21]利用mHealth策略,基于人群移动信号大数据分析进行救济协助、需求评估和疾病监测,一定程度上服务于西非埃博拉疫情的控制。

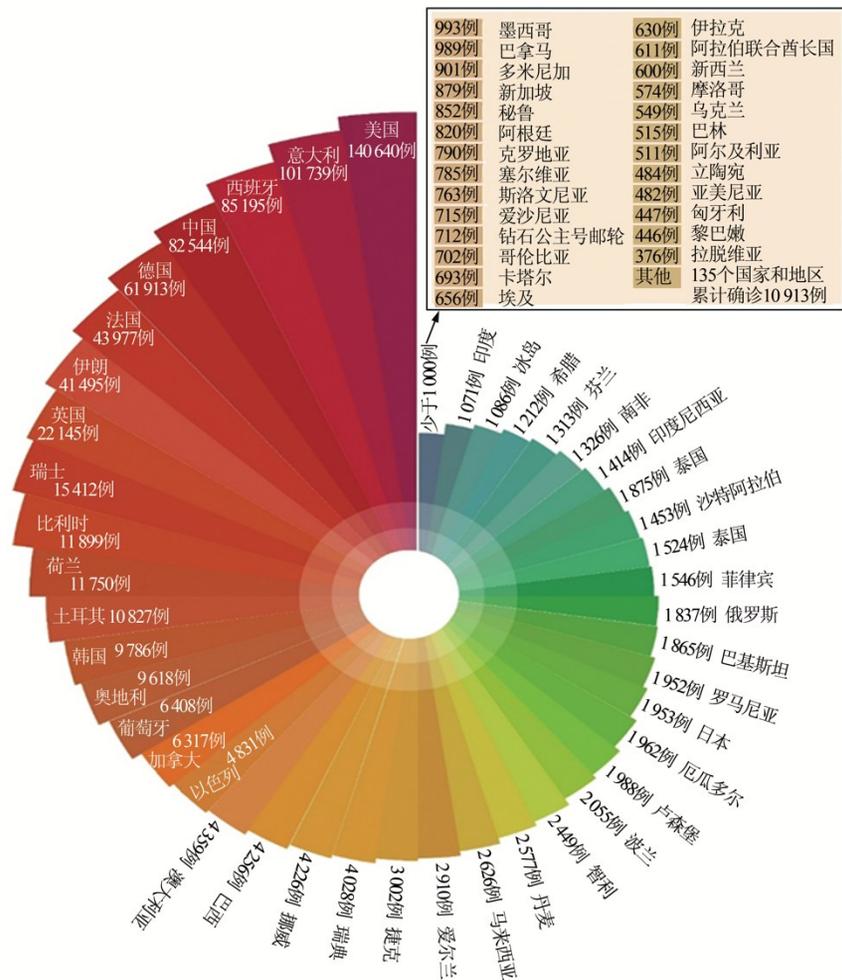


图 6 2020-03-31 全球 COVID-19 疫情示意图 (数据来源:世界卫生组织)

Fig.6 The COVID-19 Pandemic in 2020-03-31(Source: WHO)

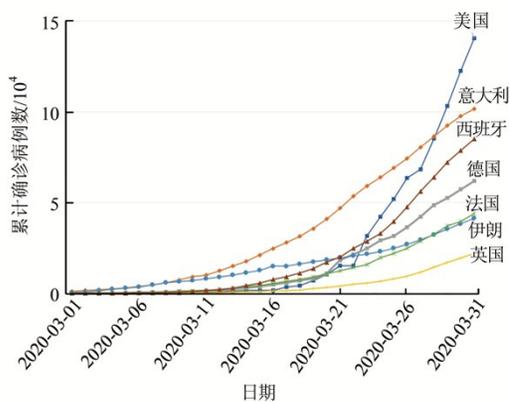


图 7 COVID-19 疫情严重国家(除中国外)累计确诊病例变化走势 (2020-03-01 00:00—2020-03-31 00:00, 数据来源:世界卫生组织)

Fig.7 Trends of Cumulative Confirmed Cases of COVID-19 in the Most Affected Countries (Excluding China) (2020-03-01 00:00—2020-03-31 00:00, Data Source: WHO)

时空位置大数据也服务于政府决策及其评估。2003 年 SARS 疫情期间,中国科学院地理科

学与资源研究所和中国疾病预防控制中心等单位联合研制了“国家 SARS 疫情控制与预警地理信息系统”,将空间定位、空间信息管理、空间信息分析技术和通信技术进行有机整合,实现了 SARS 疫情实时信息采集与实时传输、发布与监控和时空信息分析与知识发现等重要功能^[22],为疫情防控提供决策支持。Kraemer 等^[23]利用实时通信数据和病例的旅行史数据,反映 COVID-19 输入病例对中国各地区疫情传播的影响,并很好地解释了中国采取的防控措施对疫情传播的遏制作用。

在 2019 年 COVID-19 疫情中,时空位置大数据为公共疫情防控提供了疫情统计、病例分布情况、病例活动轨迹测算等方面的服务,协助疫情精准防控和社会复工复产。湖北省卫生健康委员会(湖北省卫健委)每天都发布公共疫情分布情况(见图 9),武汉市卫健委依托武汉市城市网格化平台,可以做到每天统计和汇总每个区的公共疫情分布情况。

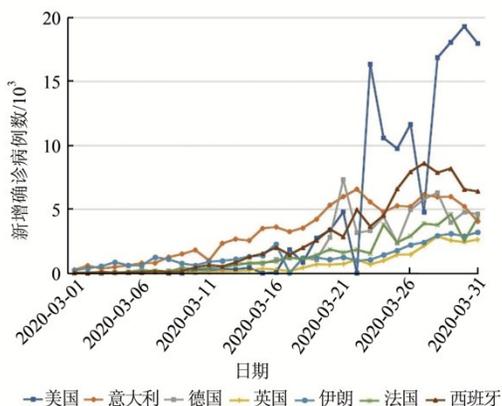


图8 COVID-19疫情严重国家(除中国外)新增确诊病例变化走势(2020-03-01 00:00—2020-03-31 00:00, 数据来源:世界卫生组织)

Fig.8 Trends of Newly Confirmed COVID-19 Cases in Most Affected Countries (Excluding China) (2020-03-01 00:00—2020-03-31 00:00, Source: WHO)

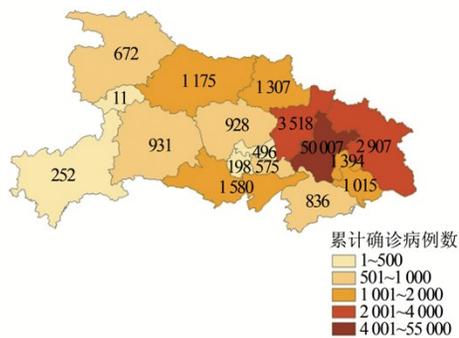


图9 湖北省COVID-19疫情空间分布图(截至2020-03-31,数据来源:湖北省卫健委)

Fig.9 Spatial Distribution of COVID-19 in Hubei Province(As of 2020-03-31, Data Source: Health Commission of Hubei Province)

深圳市腾讯计算机系统有限公司与中国国家信息中心共同启动共筑疫情“数据长城”计划(健康码),用互联网手段解决全社会对个人健康状况自查和核查的各类需求,向全国基层社区提供社区人员登记、复工人员登记、健康自查上报、疫情线索举报、发热门诊查询、口罩预约购买、医疗物资捐赠等多类服务。健康码以通信运营商基站定位和全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)作为数据源,根据具体用户所在地区及其历史轨迹,利用大数据手段对出行人员进行分类。如图10所示,如果用户从疫情严重地区前往疫情较轻地区,则“扫码”后将很可能不能在特定区域通行。

维智科技有限公司制作的面向居民的疫情生活小助手“生活通”(图11)可以围绕用户所在位置,展示出当前所在小区或写字楼的人群分

布,包括人口密度、返城人口比例、高风险人群到访比例以及3 km内的确诊情况,并结合多方数据给出风险评级。



图10 疫情“数据长城”计划(健康码)

Fig.10 Great Wall of Data (Health Code)



图11 维智科技推出疫情生活小助手“生活通”

Fig.11 WAYZ Launches Epidemic Life Assistant “Life Tools”

江西省政府推出公益性地理信息平台“天地图·江西”为下属各级政府和业务部门提供统一的智能地理底版。如图12显示了江西省区县一级的确诊病例空间分布情况:深红色代表疫情严重(南昌市、新余市等),白色代表疫情轻(景德镇市浮梁县、赣州市寻乌县等)。

武汉市早在2005年就建立了覆盖全市域16万个基础网格、近1500余万人口、400万套房屋、109万法人组织、200万部件等社会治理要素的大数据资源池,简称城市网格化管理和服务平台。疫情发生后,这一基于最小空间管理单元的空间多级网格平台可实现人、房、组织、事件、部件有效融合、自动综合和关联聚类,将确诊、疑似病人与社会管理资源池进行比对,获取人口实际居住情况,以此进行密切接触人员监管,并分析疫情

传播规律以及公共设施对疫情传播造成的影响。基于网格化管理体系,武汉市开发了“微邻里”全渠道在线抗疫平台、“肺炎自查上报”系统和拉网群治群防“关爱群”等线上疫情服务平台。“微邻里”全渠道在线抗疫平台用于处理社情民意、提供居民服务、引领社区治理,通过一个一体化的社区服务平台为居民解决实际问题(图 13 为“微邻里”平台政务自助机社区分布图,红色方框中的数字代表相应位置政务自助机的编号)。武汉“微邻里”上线 31 天,小时访问量最高达到 260 万,最高并发数达到 3 000。“肺炎自查上报”系统通过定位自动上报用户所在地社区服务中心,由社区安排用户就诊,以实现患者分级分流就诊。截至 2020-03-02 00:00,“肺炎自查上报”系统收到肺炎自查上报 41 394 例。拉网群治群防“关爱群”协助社区网格员每天通过“关爱群”了解被隔离居民、居家困难的孤寡老人的体温和生活状况,及时解决其生活困难、协助其就医就诊。经统计,武汉市网格化平台目前建立了 4 785 个“关爱群”。

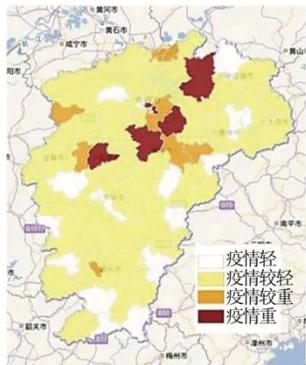


图 12 “天地图·江西”疫情专题地图

Fig.12 “Tianditu Jiangxi” Epidemic Thematic Map

图 14 为武汉大学开发的智能机器人“小珈”在雷神山参与抗击疫情服务,通过集成多传感器实现室内导航定位,承担递送化验单、送药、送餐进隔离区以及回收被服和医疗垃圾等工作。总体而言,时空位置大数据正在与疫情防控相关的多个领域发挥作用。积极引入时空位置大数据参与疫情防控和疫情研究工作已是各国提升公共卫生服务质量和效率的研究焦点。

3 当前时空大数据服务尚不能满足城市公共疫情防控需求之处

在 2019 年的 COVID-19 疫情中,我国政府采取停工、“封城”的策略隔离传染源、阻断疫情传

播。在结果方面,这种策略有效阻止了疫情的进一步扩散,但使居民的出行自由受到广泛限制,社会也因此承受停摆带来的巨大经济损失。在可持续性方面,这种防控策略显然无法长期进行。一方面居民无法忍受过长时间的居家隔离,另一方面停工所带来的社会停摆长期具有诱发经济危机的风险。发生在 2003 年的 SARS 疫情对亚洲各国旅游、餐饮、百货、会展、娱乐、培训等具有人口聚集性质的几大行业造成沉重打击,中国旅游业在疫情暴发较为集中的 3 个月损失约 1 400 亿元人民币^[24]。此外,疫情的区域性、全球性蔓延还会对局部或全球经济造成冲击。医疗物资、医疗器械、药品、食品的停产也不利于疫情防控。现代突发公共卫生事件中,如何在不停工、不“封城”、不限制健康人出行自由的情况下快速反应、控制疫情,是公共卫生体系与传染病防控工作的现实需求。



图 13 武汉市网格化管理与服务系统——武汉“微邻里”(政务自助机社区分布图)

Fig.13 Wuhan Grid Management and Service System—Wuhan “Micro-Neighborhood”(Distribution Map of Government Self-service Machines at Community Level)



图 14 机器人“小珈”在雷神山医院上岗工作

Fig.14 Robot “Xiaojia” Works at Leishenshan Hospital

面对这些需求,当前的时空位置大数据服务还不能完全满足,这正是其不足之处,主要表现在电信运营商和政府行业部门运营的时空大数据(表 1)之间还存在共享壁垒,政府也缺乏引导

这类数据共享的法律和机制,相关服务软件也需要进一步开发并共享接口,这些都是有待完善的地方。

1)数据共享要进一步加强

疫情防控的重点工作之一是隔离传染源,包括隔离确诊病例,并对密切接触者进行医学观察,这需要获取确诊病例在传染期内的时空轨迹。融合通信运营商、交通部门、铁路和航空公司、GNSS服务应用APP数据可以获得比较完整的用户时空轨迹;铁路、航空公司和交通部门可以提供乘客的航班号、列车号和高速公路出入口信息;通信运营商和GNSS服务应用可以提供不同精度的用户时空轨迹数据。当前病例时空轨迹数据的收集依靠各地方社区、公安或疾控部门的工作人员以人工口头询问方式采集,不仅效率低,而且可能出现漏报、错报或瞒报情况。而要融合上述时空数据,就需要进一步加强各单位的数据共享。掌握了确诊病例的时空轨迹,疾控部门就可以根据这些信息查找密切接触者。病例在交通出行过程中乘坐过的列车或航班、生活中到过的商场、居住小区等场所都存在密切接触者。利用上述时空位置大数据,结合传染病的传播特点,疾控部门就可以构建传播模型,迅速确定可能的密切接触者,并通知其采取必要的预防措施。由此可见,打通航空公司、铁路公司、通信运营商、互联网公司 and 政府部门间各平台的数据共享壁垒具有必要性。

此外,医疗资源的分布和实时使用情况等信息对于疫情严重地区的公众也具有重要的意义。这些信息包括具备检测能力的医院的位置、在诊人数、剩余床位及排队人数,通常储存在各大医院的医院信息系统中,但这些系统未能与各地卫健委联网。事实上,各大医院建有各自的医院信息系统,其标准、结构和功能各不相同,这使得国家疾控部门通过医院采集病人病历信息和医院的医疗资源使用情况存在困难。类似的问题同样存在于疫情的早期发现和预警中:临床医生发现疫情,要结合医院的医院信息系统和病人的电子病历向感染科人员人工登记,感染科人员再根据上述信息,以手工录入的方式登录国家疫情直报网络并填写疾病上报卡^[25]。如果各大医院的医院信息系统、检验科信息系统和影像归档与通信系统能够设计统一的标准和接口,与地方甚至国家卫健委的疫情防控系统直接联网,卫健委就可以抓取在诊人数、剩余床位等关键信息进行分

析或发布,从而在一定程度上缓解疫情中存在的院内人员聚集、院内感染和交叉感染的情况,也有利于卫生健康管理部门利用大数据手段及时发现和预警疫情。

2)时空轨迹数据不全、精度不高

当前时空轨迹获取面临数据不全的问题。基于GNSS定位的轨迹数据获取需要用户下载使用GNSS服务的手机应用(APP),如导航地图等,并对其授权。如果用户不能满足上述条件、其手机处于关机状态或者用户处于高大密集建筑物下、室内、地下等位置,则卫星定位数据就很可能是缺失的。对于基站定位,没有网络覆盖的区域也无法实现功能。同时,轨迹数据的精度也难以满足疫情防控的需要。民用全球定位系统(Global Positioning System, GPS)的定位精度平均可达10 m, GLONASS为20~70 m,我国自主研发的北斗卫星导航系统,其民用服务的定位精度平均可达20 m,基站定位的精度在20~200 m,通常在100 m左右。这样的定位精度显然难以用于准确划定与确诊病例有交集的密切接触者范围。

此外,准确的室内定位也成为定位领域的研究瓶颈^[26]。目前国内主流的室内定位手段包括Wi-Fi、蓝牙、超宽带、蜂窝移动网络以及惯性导航、地磁导航等,Chen等^[27]利用基于智能手机嵌入式传感器和低功耗蓝牙设备,结合经验模型设计了室内行人航迹推算(pedestrian dead reckoning, PDR)解决方案。尽管很多学者已经在室内定位领域开展了大量研究,但除蜂窝移动网络定位技术外,其他室内定位技术获取的数据难以通过运营商或职能部门以大数据手段批量、实时获取,也通常无法直接实现室内外定位的“无缝”衔接。5G协议的投入商用对室内定位领域是一个巨大的契机,其密集组网技术也使得基站定位具备广阔的应用前景和发展空间。5G移动通信技术可以与卫星导航技术结合,从而极大地提高卫星导航的速度和准确性^[28],而基于5G的移动边缘计算(mobile edge computing, MEC)网络边缘计算结合分布式室内覆盖基站有望在室内达到最高5 m的定位精度^[29]。“十三五”期间提出的“羲和计划”按照手机多源融合室内定位算法,在观测量层面紧耦合融合12种定位源的任意组合,可实现优于1 m的定位精度。提升室内外定位精度,就可以避免本次疫情防控工作中出现定位几十米甚至数百米不连续的情况,从而更精准地确定病人

的时空轨迹,辅助有针对性的消杀工作的开展,提升密切接触者的认定准确度,确保更多健康人可以自由出行。

3) 公民知情权与数据隐私权之间存在矛盾

大数据技术是一把“双刃剑”,在应用大数据便利人们生活的同时,必须同时做好用户个人隐私的保护。在 2019 年 COVID-19 疫情中,网络上出现多起个人或相关部门以寻找确诊病例密切接触者为名,未经许可公布他人姓名、手机号码、详细住址和身份证号码等个人隐私的侵权事件。要构建基于时空大数据的国家级疫情防控体系,必须考虑用户个人隐私的保护。例如,通信运营商提供的用户时空轨迹数据和卫健委提供的确诊病例的个人信息,必须经过脱敏处理,且确有必要才能共享。政府部门向科研机构共享这些数据,也必须隐去用户敏感信息。当前的做法是只获取个人轨迹信息,但隐去姓名、性别等个人隐私,数据交予相关部门内部,公众掌握有限的知情权。这样既可以保护个人隐私,又能够满足防控需求。

大数据共享的背后是相关法律法规的制定和共享、开放机制的建立^[30]。美国、英国、澳大利亚等外国政府的数据开放平台隐私保护政策比较有代表性,我国可从其政策实践中借鉴其在完善平台隐私保护政策、构建政府义务告知制度、加强个人隐私安全管理、健全用户信息权保障体系等方面的有益经验^[31]。

4 未来完善时空位置大数据服务的策略

结合 2019 年和 2020 年 COVID-19 疫情防控经验可知,完善时空位置大数据服务依然存在平台互通和数据共享等方面的阻碍,室内外定位精度和用户覆盖率问题制约时空位置大数据产品质量提升,大数据时代的数据安全和用户隐私保护也是亟待解决的问题。要改善这些情况,就要打通各数据平台间的壁垒,加快相关新兴智能产业发展,提升数字经济和社会治理能力,完善法律法规和制度机制建设,为智慧城市注入新的活力。

1) 建立一个基于时空大数据的国家级疫情防控体系

“十三五”期间,利用手机传感器、射频信号等声、光、电、场各种设备的定位功能融合集成,进行室内外多源融合高精度定位(米级、亚米级)

的“羲和计划”被提出。按照手机多源融合室内定位算法,在观测量层面紧耦合融合 12 种定位源的任意组合,可实现高可用和优于 1 m 的定位精度。这一计划未来如果大规模推广,将可以避免这次疫情中定位几十米、甚至数百米不连续的情况。基于这一理念,建议建设一个时空大数据的国家级疫情防控体系(如图 15 所示)。该体系由数据云平台、分析系统、响应系统和用户终端等部分集成。病人时空数据由各大医院的医院信息系统提供的病人信息和通信运营商提供的病人时空轨迹数据融合而成,并存储在病人时空数据库中。这个数据库可以接入已构建的时空数据云平台,并与疫情大数据分析系统连接;分析系统利用时空邻近分析、人工智能分析等技术判定疫情的发生并确定密切接触人群,其结果传入响应系统;响应系统分别对接政府部门、用人单位和用户个人,为政府提供疫情精准防控参考,为用人单位提供员工健康申报参考,为个人提供隔离、防护的信息服务。

以此次 COVID-19 疫情为例,COVID-19 病毒所引起的疫情与以往出现的 MERS (Middle East Respiratory Syndrome)、SARS、埃博拉出血热等疫情有显著差异,主要表现在:(1) COVID-19 潜伏期长,感染 14 天内可能不会出现任何症状,导致初期排查困难;(2) 传染性强,短时间、近距离正常接触可能被感染,从而导致集体感染暴发;(3) 伤害性大,感染后病变可能累及全身器官,从而导致病患死亡。面对此次疫情的上述特点,传统的疫情防控体系由于缺乏高科技应用和精细化管理,难以应对。如果能够建立一个基于时空大数据的国家级疫情防控服务体系,充分利用我国在地理信息系统、北斗卫星导航、室内外导航定位等领域取得的成果,就可以常态化、精细化地服务公共疫情防控,实时采集确诊病例、疑似病例、密切接触者个人信息,并反推其过去 14 天乃至更长时间的活动轨迹。这些数据的数据来源、个人信息是保密的,但公民可以根据个人的手机信息查询自身疫情防控风险范围。这需要公安、人社、城建、卫健、工信等部门,以及信息服务商、互联网服务商联动,形成一个多系统集成系统,在整个中央疾病防控管理体系下建设。系统建设由于在网络空间进行,所以对人们的现实生活没有干扰,也不会受到诸如春节假期等特殊时期的影响。通过这种方式,就可以利用网络空间精准的时空大数据分析取代物理空间

的“封城”,同时,由于能够做到对确诊病例的密切接触者准确“定位”,还能够解决此次疫情中无症状感染者的筛查和隔离问题。系统建成后,建议这个体系是通过一些接口松耦合的,平时各施其职,比如运营商提供电信服务,互联网服务商

提供其具体的服务,而一旦触发相应的疫情响应机制,则可以迅速通过接口实现数据共享并提供应对疫情防控期的服务,第一时间确定每个人和病毒携带者之间的交集。系统启动之后,还可以基于此开发各类相关应用。

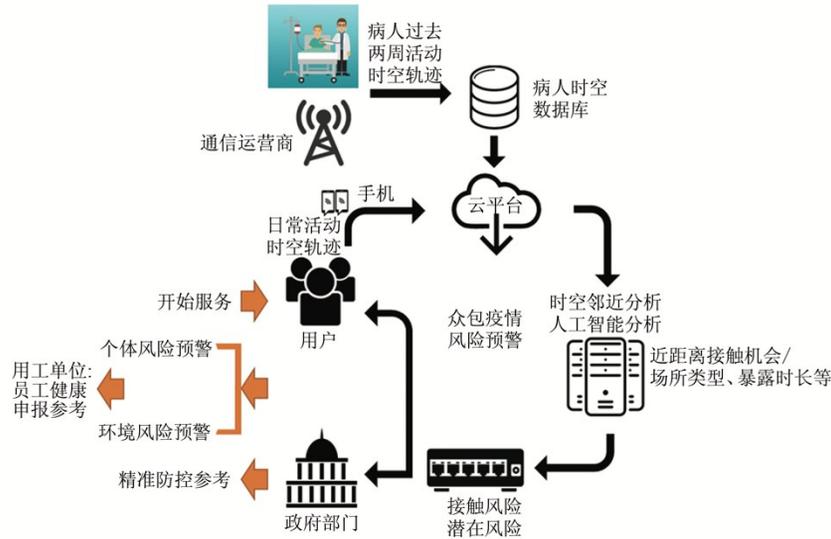


图 15 基于时空大数据的国家级疫情防控体系

Fig.15 National Epidemic Prevention and Control System Based on Spatio-temporal Big Data

2) 智慧城市需要更加智能

随着新一代信息技术、物联网、云计算等技术的发展,智慧城市在过去的5年中已经在互联网通信、遥感卫星与导航、大数据中心、时空信息云平台等方面取得了进展,并在智慧政务、智慧规划、智慧城管、智慧环保等领域累积了相当的成果。但这次疫情仍然暴露出智慧城市建设的不足,智慧城市仍然不够“智慧”。在未来的智慧城市建设中,需要为智慧城市增添新的功能,将人工智能与智慧城市结合起来。目前,人工智能技术推动智慧城市向纵深方向发展,已经呈现出公共服务、城市治理、共享经济3个方面的发展趋势^[32]。综合运用大数据、云计算、人工智能等新一代技术构建的“城市大脑”,可以对整个城市多元、多维信息进行动态实时分析和正确反馈,实现资源共享,达到自动调配公共资源、实时修正城市动态运行中的缺陷和问题的目的,从而指挥城市各个领域的运行,使智慧城市真正“智慧”起来。

3) 加快新兴智能产业发展,提升数字经济和社会治理能力

当前以人工智能、移动通信、工业互联网为代表的新一代信息技术正在加速发展,进一步激发了智能新兴产业发展的动能。智能新兴产业

发展要求强化新一代人工智能技术成果的转化应用,释放数字资源对经济社会发展的倍增效应。目前构建的智慧城市的城市空间框架大多数是二维的,少数是三维的。将城市框架从二维拓展到三维、从室外拓展到室内、从地上拓展到地下,将精度提高米级,将有数万亿级的市场等待开拓。基于此,再把各种内置化的应急系统与用户的手机相关联,发现问题随时调动,就可以进一步提高社会治理的能力^[33]。

5 时空位置大数据服务让城市更智慧

在云计算与数据挖掘等技术的支撑下,智慧城市的智能服务正从任何人可以在任何时间、任何地点获取任何信息的服务(anyone, anytime, anywhere, any information, 4A)转变为在规定的时、关注的地点将正确的信息传递给需要的人的灵性服务(right time, right place, right information, right person, 4R),这一转变的过程需要时空位置大数据参与其中各个领域和环节,让智慧城市真正“智慧”起来^[34]。城市的时空位置大数据通常包括城市监控视频数据、手机应用软件数据、交通运输单位数据、政府部门数据和通信运营商提供的用户通信和定位数据等^[35],其生产在一定程度上得益于城市中布设的智能传感器与

网络 GIS 的集成^[36]。基于事件感知的智能化对地观测系统为不同领域用户提供实时增强导航、精密授时、快速遥感(视频)增值、天地一体移动宽带通信、智能感知认知等服务,将会大大推动相关技术的大众化、商业化,助力时空位置大数据的获取和智慧城市建设^[37-38]。云计算技术可辅助建立从基础设施、数据、平台到服务一体化的时空信息云平台,并对上述时空位置大数据进行有效的管理,从而满足交通、物流、城市管理、旅游、安防、应急等各个行业的城市综合智慧应用及服务的需求^[39]。

近年来,随着城市传感器的普及和通讯、导航定位技术的发展,时空位置大数据正越来越多地在城市规划、智能交通、便民服务等领域取得成果。2012 年伦敦奥运会期间,负责运行伦敦公共交通网络的公共机构伦敦运输(Transport for London)在使用者增加 25% 的情况下,使用收集自闭路电视摄像机、地铁卡、移动电话和社交网络的实时信息等数据,确保火车和公交线路仅“有限地”中断,从而确保交通顺畅;斯德哥尔摩通过在城市道路上设置路边监视器,利用射频识别、激光扫描和自动拍照等技术,实现了对一切车辆的自动识别。借助这些设备,该市在周一至周五的特定时间段内对进入市中心的车辆收取拥堵税,从而使交通拥堵水平显著降低,同时减少了温室气体的排放。哥本哈根市政府利用 GIS 系统进行城市规划,力保市民在家门口方圆 1 km 的范围内能使用到轨道交通,而在 1 km 以内的范围推广使用一种在手把上安装了射频识别技术或是 GNSS 的智慧型自行车。这些设备可以自动获取车辆的时空位置数据,使车辆汇聚成“自行车流”,并通过信号系统保障出行畅通。

智能通讯、全球定位和传感器技术的进步使得时空位置大数据的获取成为可能,而在云计算与数据挖掘等技术的支撑下,时空位置大数据参与甚至主导智慧城市建设是必然趋势。在突发公共卫生事件中,时空位置大数据所支撑的智慧城市“疫情智慧防控”服务体系将发挥重大作用。公众的出行需求、企业的复产需求、社会的运转需求和疫情防控之间难以调和的矛盾,将有望通过利用时空位置大数据建立起的公共疫情防控服务体系得到解决,时空位置大数据服务让城市更加“智慧”的设想将得以实现。

6 总结与展望

基于时空位置大数据提供公共疫情防控服务是现代疫情防控体系建设的必然趋势,也是世界各国正深入研究的课题。在我国疫情防控工作中,时空位置大数据正发挥积极作用,但在其基础上构建的服务体系仍存在时空轨迹数据不全、精度不高、城市网格管理的精细程度不够、数据共享不足以及公民的知情权与数据隐私权之间存在矛盾等问题。基于此,本文针对基于时空位置大数据的未来公共疫情防控提出建议,包括建设基于时空大数据的国家级疫情防控服务体系、完善智慧城市建设、加快新兴智能产业发展,并推动提升数字经济和社会治理能力等。基于时空位置大数据的智慧城市建设,将有望解决公共疫情防控和公众出行、企业复产、社会运转之间的矛盾,利用网络空间精准的时空大数据分析能取代物理空间的“封城”,让智慧城市更加智慧。

参 考 文 献

- [1] Brown E H. Complications of Smallpox Vaccination [J]. *Postgraduate Medical Journal*, 1966, 41(480): 634-635
- [2] Richardson C D, Dörig R E, Marcil A, et al. The Human CD46 Molecule is a Receptor for Measles Virus (Edmonston Strain)[J]. *Cell*, 1993, 75(2): 295-305
- [3] Herlihy D. The Black Death and the Transformation of the West [M]. Harvard: Harvard University Press, 1998
- [4] Chin C S, Sorenson J, Harris J B, et al. The Origin of the Haitian Cholera Outbreak Strain [J]. *New England Journal of Medicine*, 2011, 364(1):33-42
- [5] Murray C J L, Rosenfeld L C, Lim S S, et al. Global Malaria Mortality Between 1980 and 2010: A Systematic Analysis[J]. *Lancet*, 2012, 379(9 814): 413-431
- [6] Feldmann H, Klenk H D. Marburg and Ebola Viruses [J]. *Advances in Virus Research*, 1996, 47 (2):1-52
- [7] Zhou Jianfang, Wang Dayan, Gao Rongbao, et al. Biological Features of Novel Avian Influenza a (H7N9) Virus[J]. *Nature*, 2013, 499(7 459):500-503
- [8] Rota P A, Oberste M S, Monroe S S, et al. Characterization of a Novel Coronavirus Associated with Severe Acute Respiratory Syndrome [J]. *Science*, 2003, 300(5 624):1 394-1 399
- [9] Huang Chaolin, Wang Yeming, Li Xingwang, et

- al. Clinical Features of Patients Infected with 2019 Novel Coronavirus in Wuhan, China [J]. *Lancet*, 2020, 395(10 223):497-506
- [10] Zhou Chenghu. The Value of Spatial Data in the Era of Big Data — A Review of the Theory and Application of Spatial Data Mining [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(7): Cover 3(周成虎. 大数据时代的空间数据价值——《空间数据挖掘理论与应用》评介[J]. 地理学报, 2016, 71(7):封3)
- [11] Rogers D J, Randolph S E. Studying the Global Distribution of Infectious Diseases Using GIS and RS [J]. *Nature Reviews Microbiology*, 2004, 1(3):231-237
- [12] Gong Peng, Xu Bing, Liang Song. Using Remote Sensing and Geographic Information Systems to Study the Spatial and Temporal Distribution of Infectious Diseases [J]. *Science in China Ser C Life Sciences*, 2006, 36(2): 184-192(宫鹏, 徐冰, 梁松. 用遥感和地理信息系统研究传染病时空分布[J]. 中国科学(生命科学), 2006, 36(2):184-192)
- [13] Zhu Binghua, Wang Ligui, Sun Yansong, et al. Progress in Researches on Surveillance and Early Warning of Infectious Diseases Based on Big Data [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2016, 32(9):1 276-1 279(祝丙华, 王立贵, 孙岩松, 等. 基于大数据传染病监测预警研究进展[J]. 中国公共卫生, 2016, 32(9):1 276-1 279)
- [14] Zeng Xiaolu. Study on the Distribution Characteristics of Malaria Epidemic Situation and Its Environmental Factors in Hainan Province [D]. Chongqing: The Third Military Medical University, 2015(曾晓露. 海南地区疟疾疫情分布特征及环境影响因素研究[D]. 重庆:第三军医大学, 2015)
- [15] Lang Meng. The Design of H7N9 Prediction Analysis and Information Management Systems Based on GIS [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2015(郎猛. 基于GIS的H7N9环境因素分析与信息系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学, 2015)
- [16] Zhong Shaobo. Application of GIS and Remote Sensing for Study of Epidemiology of Infectious Diseases-Case Studies of Hepatitis B and Highly Pathogenic Avian Influenza [D]. Beijing: Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, 2006(钟少波. GIS和遥感应用于传染病流行病学研究——以乙肝和高致病性禽流感为例[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所, 2006)
- [17] Matthew W. Ebola: Can Big Data Analytics Help Contain Its Spread? [EB/OL]. [2014-10-15]. <http://www.bbc.com/news/business-29627831>
- [18] Wesolowski A, Eagle N, Tatem A J, et al. Quantifying the Impact of Human Mobility on Malaria [J]. *Science*, 2012, 338(6 104):267-270
- [19] Dong Yinfeng, Liu Zhongyu, Wang Haofeng, et al. Importance of Big Data in the Disease Prevention and Control [J]. *Practical Journal of Medicine & Pharmacy*, 2015, 32(7):579-581(董银峰, 刘忠于, 王好锋, 等. 大数据在疾病预防控制中的重要性[J]. 实用医药杂志, 2015, 32(7):579-581)
- [20] Xin Yan. Bio Diaspora: Epidemic Spread Prediction Based on Big Data [J]. *New Economy Weekly*, 2014(11):44-49(辛妍. Bio Diaspora: 基于大数据的疫情扩散预测[J]. 新经济导刊, 2014(11):44-49)
- [21] O' Donovan J, Bersin A. Controlling Ebola Through mHealth Strategies [J]. *The Lancet Global Health*, 2015, 3(1):e22
- [22] Liu Jiuyan, Zhong Ershun, Zhuang Dafang, et al. Development and Application of National SARS Disease Controlling and Pre-warning Information System [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2003(5): 337-344, 433(刘纪远, 钟耳顺, 庄大方, 等. SARS控制与预警地理信息系统的研制与应用[J]. 遥感学报, 2003(5):337-344, 433)
- [23] Kraemer M U G, Yang C H, Gutierrez B, et al. The Effect of Human Mobility and Control Measures on the COVID-19 Epidemic in China [J]. *Science*, 2020, doi:10.1126/science.abb4218
- [24] Zhao Chunming. SARS and the Asian Economy [J]. *Journal of Technology and Enterprise*, 2003(7):24-25(赵春明. SARS与亚洲经济[J]. 科技与企业, 2003(7):24-25)
- [25] Xiao Yongping. Design and Implementation of Epidemic Monitoring and Reporting Management System [J]. *China Medical Devices*, 2019, 34(2):121-124, 133(肖永平. 疫情监测与上报管理系统的设计与实现[J]. 中国医疗设备, 2019, 34(2):121-124, 133)
- [26] Yan Dayu, Song Wei, Wang Xudan, et al. Review of Development Status of Indoor Location Technology in China [J]. *Journal of Navigation and Positioning*, 2019, 28(4):5-12(闫大禹, 宋伟, 王旭丹. 国内室内定位技术发展现状综述[J]. 导航定位学报, 2019, 28(4):5-12)
- [27] Chen R, Pei L, Chen Y. A Smart Phone Based PDR Solution for Indoor Navigation [J]. *Proceedings of International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation*, 2011, 10(1):1 404-1 408
- [28] Dammann A, Raulefs R, Zhang S. On Prospects of Positioning in 5G [C]. IEEE International Conference on Communications Workshops, London, UK, 2015
- [29] Wu Tong, Zhang Long, Sun Zhao. Big Data Appli-

- cation for Indoor Positioning Based on MEC [J]. *Telecommunications Science*, 2019, 35 (S2): 199-203 (吴彤,张龙,孙朝. 基于 MEC 的室内定位大数据应用[J]. 电信科学, 2019, 35(S2): 199-203)
- [30] Huang Guobin, Zheng Lin. Big Data Information Security Risks and Coping Strategies[J]. *Researches in Library Science*, 2015(13): 24-29 (黄国彬, 郑琳. 大数据信息安全风险框架及应对策略研究[J]. 图书馆学研究, 2015(13): 24-29)
- [31] Du Hehua. The Study and Reference of Privacy Protection Policy of Foreign Government Data Open Platform [J]. *Library Development*, 2020, doi: 10.19764/j.cnki.tsgjs.20192580(杜荷花. 国外政府数据开放平台隐私保护政策的考察与借鉴[J]. 图书馆建设, 2020, doi: 10.19764/j.cnki.tsgjs.20192580)
- [32] Dang Anrong, Zhen Maocheng, Wang Dan, et al. Current Situation and Trends of the New Smart City Development in China [J]. *Science & Technology Review*, 2018, 36(18): 16-29(党安荣, 甄茂成, 王丹, 等. 中国新型智慧城市发展进程与趋势[J]. 科技导报, 2018, 36(18): 16-29)
- [33] Li Deren. Construction of Space-Based Information Real-Time Service System [J]. *People's Tribune*, 2017(18): 26-27(李德仁. 建设天基信息实时服务系统的设想[J]. 人民论坛, 2017(18): 26-27)
- [34] Li Deren, Yao Yuan, Shao Zhenfeng. The Concept, Supporting Technologies and Applications of Smart City [J]. *Journal of Engineering Studies*, 2012, 4(4): 5-15 (李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧城市的概念、支撑技术及应用[J]. 工程研究—跨学科视野中的工程, 2012, 4(4): 5-15)
- [35] Li Deren. On Space-Air-Ground Integrated Earth Observation Network [J]. *Journal of Geo-information Science*, 2012, 14(4): 419-425(李德仁. 论空天地一体化对地观测网络[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(4): 419-425)
- [36] Li Deren, Shao Zhenfeng. On the New Geographic Information Age [J]. *Scientia Sinica*, 2009(6): 3-11 (李德仁, 邵振峰. 论新地理信息时代[J]. 中国科学, 2009(6): 3-11)
- [37] Li Deren. Towards Geo-spatial Information Science in Big Data Era [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2016, 45(4): 379-384(李德仁. 展望大数据时代的地球空间信息学[J]. 测绘学报, 2016, 45(4): 379-384)
- [38] Li Deren, Wang Mi, Shen Xin, et al. From Earth Observation Satellite to Earth Observation Brain [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2017, 42(2): 143-149(李德仁, 王密, 沈欣, 等. 从对地观测卫星到对地观测脑[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2017, 42(2): 143-149)
- [39] Li Deren, Yao Yuan, Shao Zhenfeng. Big Data in Smart City [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(6): 631-640(李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧城市中的大数据[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2014, 39(6): 631-640)

Public Epidemic Prevention and Control Services Based on Big Data of Spatiotemporal Location Make Cities more Smart

LI Deren¹ SHAO Zhenfeng¹ YU Wenbo² ZHU Xinyan¹ ZHOU Suhong^{3,4}

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

2 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

3 School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

4 Guangdong Provincial Engineering Research Center for Public Security and Disaster, Guangzhou 510275, China

Abstract: Smart cities cannot be separated from spatiotemporal location big data. This paper summarizes the needs of spatiotemporal location big data for public epidemic events at home and abroad, investigates the specific services that current spatiotemporal location big data can provide in public epidemic events, and discusses the current stage of spatiotemporal location big data services that cannot meet the requirements of public epidemic events. This paper also focuses on how to improve the spatiotemporal location big data services in the next stage to better serve the public epidemic prevention and control, and gives advice on spatiotemporal location service construction at ordinary times and data sharing mechanism in “wartime”. This

(下转第 556 页)

A Similar Trajectory Extraction Method Based on Improved LCSS

ZHANG Ping¹ LI Bijun^{1,2} ZHENG Ling¹ WANG Jianpei¹

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

2 Engineering Research Center for Spatio-Temporal Data Smart Acquisition and Application, Ministry of Education of China, Wuhan 430079, China

Abstract: With the rapid development of intelligent transportation, how to generate high-precision maps based on vehicle trajectory data has become a major problem in the industry. Trajectory similarity calculation and similar trajectory extraction are important steps to use the similar trajectory to infer the remaining lane position, and its correction greatly affects the accuracy of the lane position. The traditional LCSS (longest common subsequence) algorithm is mostly used to calculate the similarity of overlapping trajectories. To solve this problem, according to the characteristics that the lane trajectories are parallel and maintain a fixed distance, an improved LCSS method is proposed. Firstly, the buffer is constructed to screen out similar trajectories, then the trajectory alignment strategy based on translation and resampling is used to synchronize the two trajectories in space and time. Finally, the similarity of the two trajectories is calculated based on LCSS. When the similarity satisfies the threshold condition, it is determined that the trajectory pairs are similar. Experiment results show that the proposed method can effectively extract similar trajectories.

Key words: high-precision map; lane estimation; longest common subsequence; trajectory alignment; similarity

First author: ZHANG Ping, master, specializes in high precision maps. E-mail: zping@whu.edu.cn

Corresponding author: LI Bijun, PhD, professor. E-mail: lee@whu.edu.cn

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China(U1764262, 41671441, 41531177).

引文格式: ZHANG Ping, LI Bijun, ZHENG Ling, et al. A Similar Trajectory Extraction Method Based on Improved LCSS[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(4):550-556. DOI:10.13203/j.whugis20180406(张萍, 李必军, 郑玲, 等. 一种基于改进LCSS的相似轨迹提取方法[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(4):550-556. DOI:10.13203/j.whugis20180406)

(上接第 487 页)

paper aims to take scientific measures to improve the spatiotemporal big data services, strives to establish a technical support system for public epidemic prevention and control at ordinary times, and introduces a “wartime” spatiotemporal location big data sharing mechanism for epidemic prevention and control.

Key words: spatiotemporal location big data; public epidemic control; smart city; location-based service

First author: LI Deren, PhD, professor, Academician of Chinese Academy of Sciences, Academician of Chinese Academy of Engineering, Academician of Euro-Asia International Academy of Sciences. He is concentrated on the research and education in spatial information science and technology represented by RS, GPS and GIS, and promotes the construction of geographic national conditions monitoring, digital city, digital China, smart city and smart China. E-mail: drli@whu.edu.cn

Corresponding author: SHAO Zhenfeng, PhD, professor. E-mail: shaozhenfeng@whu.edu.cn

Foundation support: The National Key R & D Plan on Strategic International Scientific and Technological Innovation Cooperation Special Project(2016YFE0202300); the Key Projects of Consultation and Research of the Chinese Academy of Engineering(2020ZD16); the National Natural Science Foundation of China(41771454); Innovation Group of the Natural Science Foundation of Hubei Province(2018CFA007).

引文格式: LI Deren, SHAO Zhenfeng, YU Wenbo, et al. Public Epidemic Prevention and Control Services Based on Big Data of Spatiotemporal Location Make Cities more Smart[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(4):475-488. DOI:10.13203/j.whugis20200145(李德仁, 邵振峰, 于文博, 等. 基于时空位置大数据的公共疫情防控服务让城市更智慧[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(4):475-488. DOI:10.13203/j.whugis20200145)