

基于手机信令大数据的应急人口热力图系统研究

赵深,李靖,朱文广

(联通数字科技有限公司湖南分公司,湖南长沙 410006)

【摘要】具备特定区域人口热力洞察监测的能力是智慧应急发展的必然要求,也是应急管理体系现代化的重要组成部分。H省地质灾害种类多,各类事故较为频发,亟需快速掌握特定区域的人员数量、流动趋势及人员基本属性等资讯,以便精准发布预警预报、精确实施应急救援。文章结合手机信令大数据的特点,从前端应用、后端数据处理等方面,对城市应急指挥救援开展了应用研究,并在H省内进行了相关应用实践。

【关键词】手机信令数据;大数据分析;应急救援;人口热力图

【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2022.01.005】

【中图分类号】TN929.5;TP311.13

【文献标识码】A

【文章编号】2095-7661(2022)01-0016-04

Research on Emergency Population Heat Map System Based on Cell Phone Signaling Big Data

ZHAO Shen, LI Jing, ZHU Wen-guang

(Unicom Digital Technology Company Limited Hunan Branch, Changsha, Hunan, China 410006)

Abstract: The inevitable requirement of intelligent emergency development is to be able to insight into monitoring population dynamics in specific areas, which is an important part of the modernization of emergency management system. There is a complete range of geological disasters and various accidents occur frequently in H Province. It is urgent that getting the information of the number of personnel, mobility trend and basic attributes of personnel in a specific area quickly in order to release early warning and forecast and implement emergency rescue accurately. Combined with the characteristics of cell phone signaling big data, the authors carry out application research on urban emergency command and rescue from the main aspects of front-end application and back-end data processing, and put relevant application into practice in H Province.

Keywords: cell phone signaling data; big data analysis; emergency rescue; population heat map

近年来,各类突发事件频发,全球对应急管理也越来越重视。在我国,应急管理一直是国家治理体系和治理能力的重要组成部分,担负保护人民群众生命财产安全和维护社会稳定的重要使命,国家高度重视应急管理信息化工作。具备特定区域人口热力洞察监测能力是智慧应急发展的必然要求,也是应急管理体系现代化的重要组成部分。H省地质灾害种类多,各类事故较为频发,亟需快速掌握特定区域的人员数量、流动趋势及人员基本属性等资讯,以便危机来临时精准发布预警预报、精确施救。

本文研究的基于手机信令大数据的应急人口热力图系统,主要是通过电信运营商的手机信令数据进行挖掘分析,实现选定区域的人员属性进行建模和研判,并进行可视化展示。该系统既能独立部署、单独应用,也能与其他系统对接融合,根据其他系统所传递的参数要求提供能力服务,进而达到多途径、全融合的效果。可有效辅助政府部门对受灾人员分布快速估算与定位、转移安置人口精准估算等,助力城市应急指挥救援。

1 手机信令大数据技术优势

手机信令数据,通常是根据事件的类型分为

【收稿日期】 2022-01-25

【作者简介】 赵深(1988—),男,湖南武冈人,联通数字科技有限公司湖南分公司 ICT 项目经理,硕士,研究方向:计算机应用技术、大数据技术。

主动信令和被动信令,主动事件如接听或拨打电话、接收或发出文本消息、关机或开机等将触发主动信令,而被动信令主要由固定周期性的手机用户位置更新、用户运动到一组新的蜂窝站、不同的移动通信技术(2G~5G)间切换的位置区更新等被动事件引起^[1]。

图1展示的是手机信令数据的采样机制,是手机信令数据可以用来转换为人员时空变化的最根本条件。直接利用手机数据,只能得到手机用户在各个移动通信网络中基站小区间的非连续运动情况,只有将这些非连续手机基站信号映射到城市地理空间上,进行地图数据的转换与处理,才能得到手机用户在城市地理空间中的运动情况。手机基站信号与城市地理空间的相互映射关系,就是利用手机信令数据来捕捉和分析人员时空出行,继而服务和应用于人员行动轨迹调查最为关键的基础技术之一^[2]。

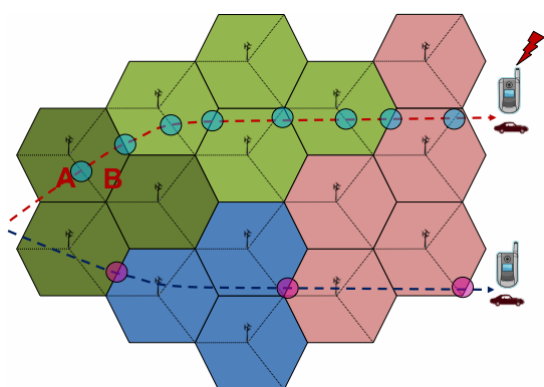


图1 手机信令数据的采样机制示意图

手机信令数据相较于其他互联网数据,具有连续性、无感知性、真实性的特点,特别适用于对人口的时空分布分析。连续性:在日常生活中,每个人出行时基本都会携带手机,手机信令数据则会不断产生,根据手机信令数据和基站的数据即可准确定位出使用者当前位置,具有稳定的时空连续性。无感知性:一般的互联网数据,如微信、QQ等,是需要通过机主的主动授权才可获取到位置数据,而手机信令可利用被动信令或主动信令获得定位信息,根据定位信息即可还原个体在空间、时间维度上的出行轨迹,数据获取方式更便捷,覆盖范围更广,数据样本更全面。真实性:根据国家相关规范要求,电信运营商数据均须通过实名认证,用户真实性几乎是100%。

2 基于手机信令大数据的应急人口热力图系统

基于手机信令大数据的应急人口热力图系统充分结合了手机信令大数据的连续性、无感知性、真实性的特点与优势,将个体信息汇集、建模、计算、处理形成实时动态的人口时空分布。而在城市应急指挥救援过程中,实时动态的人口时空分布是政府应急救援态势分析、指挥研判的重要依据之一,从而有效提升城市应急指挥救援的效率和科学管理水平。

2.1 系统架构

系统主要分为了云平台、后端数据层、前端应用层,如图2所示。

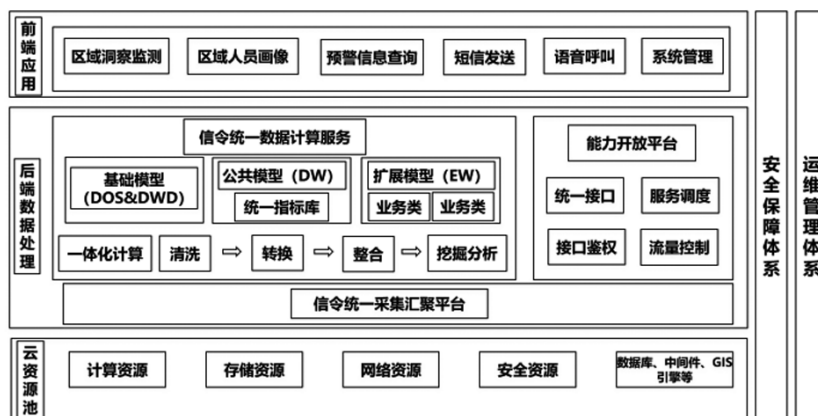


图2 系统架构图

云资源池是系统的承载环境,用来传输及处理系统数据,传统的物理设备也可满足系统要求,考虑使用云资源的主要原因也是便于系统的高效部署。云资源池建设包括系统运行所需的计算资源、存储资源、网络资源、安全资源以及数据库、中间件、GIS引擎等。云资源构建过程中引入云化和

分布式核心技术,突破传统架构的容量和性能瓶颈,实现系统的线性扩展、弹性调度。表现在应用上的服务化、负载均衡、异步处理解耦和高速缓存的使用,底层的分布式数据存储。另外,因信令数据为运营商敏感数据,安全资源按照《网络安全法和网络安全等级保护2.0》等保三级的要求设计,保

障系统安全可靠运行。

后端数据处理包含数据模型设计、数据统一接口开发以及数据服务调度等。其中数据模型主要是基础模型、公共模型以及扩展模型等,模型设计的科学合理性直接影响整体数据的质量。模型设计须结合运营商数据的特性进行针对性地开发和设计,再进行数据的清洗、转换、整合以及挖掘分析。统一接口开发对后台数据提供统一标准供使用者调用,实现了统一数据标准,方便数据共享,避免数据混乱。

前端应用包括人口区域洞察监测、区域人口画像、预警信息查询、系统管理等功能模块,采用模块化应用部署方式设计,相关业务功能模块可快速增加及更新迭代。同时预留相关API接口,便于后续结合系统的人口热力分析实现对区域人口的短信发送、语音呼叫等功能模块的开发,进一步满足应急指挥救援实际工作开展的需要。

2.2 系统建设原则与技术指标

2.2.1 开放性

系统建设基于行业内开放式标准,包括各种网络协议、数据库接口等,以保证软件系统的生命力,体现良好的扩展性能力。

2.2.2 安全性

系统提供有效的安全防护机制,确保系统和数据资源的安全,防止对系统资源的非法侵入,系统满足等保三级的防护要求。

2.2.3 高可靠性

系统具有高可靠性,系统满足7×24小时不间断工作,整体达到99.999%的可用性,支持在线升级且升级版本向下兼容,升级过程不影响现网业务。对于前端圈定的区域范围,预计5平方公里区域(不超过1千个基站)1分钟内返回区域实时画像的成功率在95%以上。

2.2.4 扩展性

系统设计时充分考虑扩展性。对于软硬件平台和应用软件,需要能够以多种方式支持系统的扩展,具备支持多种组件模块、多种物理接口服务。

2.3 前端应用

前端应用包括:区域洞察监测、区域人员结构分析、预警信息查询、统一用户认证与授权、系统配置管理等功能模块。

区域洞察监测:支持用户在PC端查看省级范围内全境地图,可自由缩放,并直接调用地图API服务,支持在地图上圈定范围等功能,圈定范围

后,可设置标签并保存为常用。

区域人员结构分析:支持调用后台数据处理层提供的用户画像服务,传入圈定范围经纬度、查询人员、查询渠道等信息,并支持信息的导出与统计分析功能。

预警信息查询:用户可自由根据时间段筛选查询运营商短信预警的综合统计情况。包括预警信息内容、发送数量、接收号码等。

统一用户认证、授权:用户认证,支持后台使用手机号码注册,账号创建成功后,可正常登录平台;用户授权,支持为新建人员配置角色功能。支持对已有人员角色删除和重新分配。

系统配置管理:账号管理,支持后台对账号的增、删、改、查,严格控制账号管理权限,所有账号均需与手机号绑定;权限管理,支持权限管理,按所辖行政区域进行管理,系统会有两类角色,数据角色和管理角色,数据角色控制查看用户数据,如访问数据量、敏感信息等,管理角色控制用户菜单查看等;菜单管理,对PC管理端各用户人员的菜单进行配置管理。

2.4 后端数据处理

2.4.1 信令数据采集与存储

设计数据接口在线调用运营商的在网用户数据模型,完成数据源配置、数据采集任务配置等,同时完成数据加载、数据稽核、数据生命周期管理等内容。

2.4.2 数据加工及质量控制

包含数据建模分析、数据加工、数据安全、数据治理、数据质量控制等内容。信令数据获取后,数据的加工和质量控制是尤其重要的,直接影响系统平台的准确性和可靠性。为了更加准确地获取人群位置,系统具备一套科学可靠的数据降噪、加工方法,在此仅择要说明讨论。

1)“乒乓效应”剔除。比如一定区域内两基站信号强度发生了剧烈变化,手机信令就会在两个基站间来回切换,对应的信令记录也会不断产生,这就是所谓的“乒乓效应”。而到访过存在“乒乓效应”区域的用户,信令数据事件就会激增,会给数据质量产生比较大的影响,须予以解决。对每日的信令记录进行统计,以基站对的形式,核对各基站对之间的切换数量,同时考虑时间周期,如果在一定时间段内发现某数据切换次数过多,即认为存在“乒乓效应”。再利用判定的结果,计算筛选出多余的信令事件,将其记录为1次驻留数据信息,从而消除产生的数据干扰。

2)中间干扰点过滤。大数据分析基于降噪校准模块,可以还原用户真实驻留与出行。传统的算法是将所有信令产生的位置数据都标记为驻留与轨迹,大量的轨迹和路径就会干扰数据分析的效率和结果。大数据分析通过对信令的观察,动态地分析基站小区的关系,然后将信令与基站小区关系结合分析,判断出用户是驻留还是出行经过,并且驻留数据处理环节会通过固定时间段的观察修正过去某个时间段的判断,从而得出准确的用户行动轨迹。

3)位置的准确性和连贯性。使用移动数据需要在准确性与连贯性间作出妥协。用户到底在哪里?他们去了哪些地方(非杂乱无章的位置)?基于信令数据和基站工参结合获得的位置信息,基本上会存在两种情况:空间准确但数据杂乱,位置不连贯,分析价值小;长时间连贯,虽对数据分析更有利用价值,但是空间上不准确。该问题通过设计的算法模型,再基于历史信令数据加强用户位置的准确性和连贯性,从而获得更有分析价值的准确的用户数据^[3]。

2.4.3 人口画像

可根据前端应用的操作请求展示对应的用户画像呈现。前端请求参数中会包含多边形的经纬度信息,根据经纬度信息获取区域内的基站列表,并根据基站列表获取各基站的统计信息,然后进行合并统计,并将结果返回到人口画像中。另外,结合信令人口数据,可根据实际应急指挥救援工作中的需要设计画像模型,如开展紧急转移人员分析服务、受灾区域人口画像分析模型服务、因灾紧急转移人员分析模型服务等场景性较强的个性化服务^[4]。

2.5 接口设计

系统接口设计预留了短信接口、语音接口、GIS接口、数据接口等,可便于与其他系统对接与调用。

3 应用案例

H省C市应急人口热力图系统依托云SaaS服务

模式进行部署,基于运营商手机信令数据,通过对信令数据的清洗、去重和建模分析等,结合科学可靠的扩样算法,准确计算出指定区域、指定时段内的全量人口时空模型。

在应急演练过程中,应急管理部门利用应急人口热力图系统进行探索实践,顺利实现了指定区域内整体人口画像分析、因灾紧急转移人员分析、受灾区域人员异常流动变化监测分析等功能服务,并符合现场实际管理的需要,也进一步验证了系统的实战应用性。

4 总结

基于手机信令大数据的应急人口热力图系统,将大数据、云计算、GIS等技术与城市应急指挥救援场景深度集成应用,实现对灾害发生后指定区域的受灾人口数量、人群画像、人员转移安置等多维度的科学分析^[5-6]。将手机信令大数据技术应用于城市应急管理,可进一步提升应急管理的风险管控、辅助指挥决策、救援实战等能力,提高应急管理的科学化、专业化、智能化、精细化水平,从整体上降低灾害事故风险和损失。

【参考文献】

- [1]韩滨鹏,任熙元,王德.北京市局部空间的在场人口研究:分布、流动性及时段特征——基于手机信令数据的探索[J].西部人居环境学刊,2021(5):104-112.
- [2]陈丽娜,吴升,陈洁,李明晓,陆锋.基于手机定位数据的城市人口分布近实时预测[J].地球信息科学学报,2018(4):523-531.
- [3]张雪霞,吴升,赵志远,王鹏洲,陈佐旗,方志祥.基于手机信令数据的城市小活动空间人群空间分布特征[J].地球信息科学学报,2021(8):1433-1445.
- [4]邱莉萍,邓拓,范腾,周国辉,刘睿卿.基于手机信令的人群密度分析与交通规划研究[J].电子世界,2020(21):88-89,93.
- [5]苏丹妮.基于手机信令数据的湖南实时交通旅游处理平台的实现及应用成效[J].交通世界,2020(29):21-24.
- [6]罗名海,谭波,秦思娴,肖琨,蔡明明,张月朦.大数据视角下的武汉市人口格局探析[J].地理空间信息,2019(10):1-6,10.