

DOI:10.13203/j.whugis20180309



文章编号:1671-8860(2018)12-2250-09

# 一体化综合减灾智能服务顶层设计研究

刘纪平<sup>1</sup> 张用川<sup>2</sup> 徐胜华<sup>1</sup> 张福浩<sup>1</sup> 王勇<sup>1</sup> 朱翊<sup>1</sup> 刘春阳<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 中国测绘科学研究院,北京,100830

<sup>2</sup> 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

<sup>3</sup> 中国矿业大学国土环境与灾害监测国家测绘地理信息局重点实验室,江苏 徐州,221116

**摘要:**现代空间信息技术可为防灾减灾提供数据资源、定位基准、基础框架和关键技术等支撑。目前中国减灾服务重决策轻预警,减灾服务技术、系统、应用集成不够,尚缺乏统一的认识与整体性的顶层设计指导框架。回归减灾服务本质,从测绘地理信息视角提出并阐释了一体化综合减灾智能服务的概念及内涵;考虑防灾减灾服务需求,设计了由感知层、技术层、系统层和应用层等构成的一体化综合减灾智能服务总体架构;重点阐述了减灾服务智能、综合、一体、精准、快速和高新等方面的思考,分析了一体化综合减灾智能服务的支撑技术;介绍了一体化综合减灾智能服务原型系统,以解决灾害事件、各种承灾体、孕灾环境等应急信息的一体化感知、定位、融合与综合场景模拟,以及知识化减灾服务等技术难题。

**关键词:**防灾减灾;智能服务;测绘地理信息;顶层设计

中图分类号:P208

文献标志码:A

中国是世界上自然灾害最严重的少数几个国家之一,自然灾害种类多,发生频率高,常常造成巨大的经济损失和人员伤亡。根据近 20 a 的统计资料,中国仅因地震导致的年均死亡人数达 3 573.5 人,年均经济损失 295.87 亿元,如何及时高效地掌握灾情,从而科学有效地实施防灾减灾、保障人民生命财产安全意义重大<sup>[1-2]</sup>。《国家综合防灾减灾规划(2016—2020 年)》中强调,要加大防灾减灾救灾科技支撑能力建设,推进“互联网+”、大数据、物联网、云计算、地理信息、移动通信等新理念、新技术、新方法的应用,提高灾害模拟仿真、分析预测、信息获取、应急通信与保障能力<sup>[3-6]</sup>。中国应急管理相关部门与学术界为提升防灾减灾服务能力,及时主动为政府应对突发自然灾害提供科学、合理、有序、高效的测绘保障服务,以满足科学处置各种自然灾害对地理空间信息的需求,将减灾服务能力建设作为当前地理信息服务研究与应用的重要方向之一<sup>[7-11]</sup>。

顶层设计是运用系统论的方法确立科学的方略和思路,从全局的角度,对某项任务或者某个项目的各方面、各层次、各要素统筹规划,以集中有

效资源,高效快捷地实现结构上的优化、功能上的协调、资源上的整合等目标。目前,顶层设计在电子政务、智慧城市、交通、水利、海事等领域已有应用实践,而在减灾服务领域研究较少。在国家重点研发计划项目“一体化综合减灾智能服务研究及应用”支持下,深入探索一体化综合减灾智能服务顶层设计,可以解决灾害事件、各种承灾体、孕灾环境等应急信息的一体化感知、定位、融合与综合场景模拟,以及知识化减灾服务等技术难题,明确减灾服务总体目标,有效整合现有各类信息资源,完善减灾业务体系,高效预防和应对各类自然灾害的发生。

## 1 一体化综合减灾智能服务的概念内涵

一体化综合减灾智能服务不是“一体化”“综合”“减灾”“智能”“服务”的简单相加,而是一种既相互联系又相互区别,既有理论基础又有实践意义的系统概念。联合国减灾署(United Nations Office for Disaster Risk Reduction, UNISDR)的专家们将减灾定义为“减轻或限制致灾因子和相

收稿日期:2018-08-29

项目资助:国家重点研发计划(2016YFC0803101, 2016YFC0803108);中国测绘科学研究院科研业务费(7771701)。

第一作者:刘纪平,博士,研究员,主要从事应急地理信息服务、政务地理空间大数据、网络空间数据挖掘研究。liujp@casm.ac.cn

通讯作者:张用川,博士生。532879324@qq.com

关灾害的不利影响”。减灾是一个综合性的应急工作,其目的是为了提高人们的抗灾能力。减灾服务主要围绕预防与准备、监测与预警、处置与救援、恢复与重建等灾害处理全过程提供减少灾害和减轻灾害破坏损失的服务。此处的服务主要强调在本地或通过网络为用户提供一些及时信息资讯、系统功能和针对性援助。测绘地理信息技术可为减灾服务提供数据资源、定位基准、基础框架和关键技术等支撑。测绘地理信息视角下,一体化综合减灾智能服务是以测绘地理信息数据和技術为基础,有机融合公共安全、人工智能、大数据、云计算、物联网、网络通信等先进技术,通过对灾害现场的整体感知,增强物与物、人与物之间的联系,全面、精确、实时地掌握各类风险动态,预测预防、控制可能发生的危险事故和突发事件,在危机事件发生后,能够做到信息共享与协调联动,实现人与技术的充分融合,使防灾减灾救灾管理更智能、更高效、更安全。

一体化综合减灾智能服务是一个综合性的系统工程,在面对复杂灾害时,不同部门和系统间能够实现信息共享和协同作业,更加智能地进行灾害的感知、分析和处置,充分利用资源,做出最好的管理决策,及时预测和应对突发事件和灾害,其内涵主要体现在以下 3 个方面。

1) 一体化综合减灾智能服务着力于揭示自然灾害及其灾害链的孕育、发生、演变、时空分布等规律和致灾机理,实现海量灾害信息的存储、传输与处理,并对灾害信息进行高效处理、分析、挖掘,实现态势全面感知、技术深度融合、设备泛在互联、综合智能救灾。

2) 一体化综合减灾智能服务是一个快速的应急响应和高效的协同运作系统。自然灾害的发生和演化具有不确定性,为了适应迅速变化的灾害事件态势,提升应急决策效率和应急情报服务的敏捷性十分必要。快速响应和高效协同主要体现在两个方面:①有应对各类自然灾害的支持基础,如应急预案的支撑、知识库的构建、相关智能化技术等;②有落实综合减灾的信息集成与协同能力,在智能减灾服务平台下进行高效的协同运作。

3) 测绘地理信息技术是一体化综合减灾智能服务的重要支撑技术。全面实时的灾害信息态势感知、高精度室内外无缝定位、多源灾情信息整合、灾害场景建模与可视化、应急自适应快速制图、灾害模型分析与推演、智能决策服务等现代空间信息技术对于提高灾害模拟仿真、分析预测、信

息获取、应急通信与保障等能力具有不可替代的作用。

## 2 一体化综合减灾智能服务的总体架构

一体化综合减灾智能服务顶层设计主要围绕事前预防、临灾预警、灾情救援和灾后恢复的综合减灾全过程,集成北斗网、通信网、互联网和传感网等载体,采用事件与场景关联的信息融合技术,实现灾情演变过程中场景动态更新与增强现实可视化;利用模型库驱动的决策分析与智能服务技术,构建一体化综合减灾智能服务系统,并为不同用户提供多层次的应用服务。基于上述思路,一体化综合减灾智能服务的总体架构主要包括感知层、技术层、系统层及应用层,如图 1 所示。

1) 感知层。感知层为一体化综合减灾智能服务提供数据资源,是综合减灾信息采集的关键部分,由基本的感应器件(射频识别(radio frequency identification, RFID)标签和读写器、各类传感器、摄像头、全球定位系统(global positioning system, GPS)、二维码标签和识读器等基本标识和传感器件组成)、感应器组成的网络(RFID 网络、传感器网络等)以及手机、平板电脑、电话等终端设备组成。

2) 技术层。技术层为应用系统建设提供技术支持,通过面向典型灾害的现场感知、空间定位、融合处理、场景建模、快速制图、模型分析、决策服务等技术,提高灾害模拟仿真、信息获取、分析预测、智能服务与决策保障能力。

3) 系统层。系统层是实际应用系统的建设主体,通过技术层相关整合机制的建立,一体化、全流程综合减灾智能服务系统具备应急救援指挥、应急人员装备位置信息实时获取、灾害现场三维场景建模与可视化表达、自适应快速应急制图、应急知识主动推送等功能,支持应急语义驱动的模式调度聚合与全过程应急服务,为开展国家、部门与地方减灾应用提供软件平台支撑。

4) 应用层。应用层主要面向应急指挥员、现场救援人员等不同层次用户提供一体化综合减灾智能服务,针对不同灾害环境实现室内外定位无缝连接、场景表达一体化融合、信息内容个性化展现、业务功能主动推送等新的应用方式,围绕地震、洪水、地质灾害、城镇火灾、交通事故、建筑物倒塌等典型灾害事件,在不同层次应急管理部门开展减灾应用。

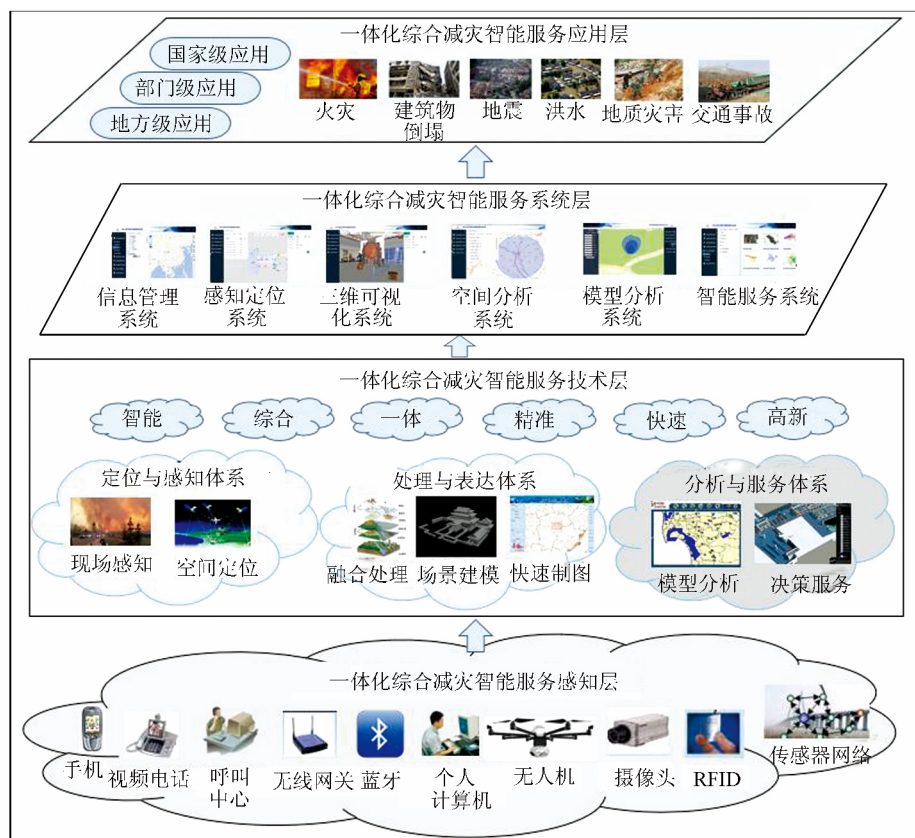


图1 一体化综合减灾智能服务总体架构

Fig.1 Overall Architecture of Integrated Comprehensive Disaster Reduction Intelligent Service

### 3 一体化综合减灾智能服务的技术内容

一体化综合减灾智能服务主要利用与位置相关的各种信息资源,解决复杂灾害环境下高精度室内外无缝定位、灾情与空间环境信息精准融合与综合场景模拟、全过程智能减灾服务等关键技术难题,这些技术内容的特征主要体现在减灾服务的智能、综合、一体、精准、快速、高新等几个方面,如图2所示。

#### 3.1 智能是减灾服务的核心

智能要求能够在复杂灾害场景下自动辨识用户的显性和隐性需求,并且主动、高效、安全地提供其需求的服务。智能贯穿应急定位、融合处理、建模可视化、制图表达、模型分析、智能服务等减灾服务技术体系,如图3所示。

1) 智能应急定位。当前灾害环境下空间定位的计算和服务模型都是用户驱动的模式,随着移动互联网等技术的发展,灾害环境下的空间定位逐渐向服务驱动模式的位置感知智能服务发展,即基于自适应切换定位、自适应应急组网定位,能智能感知并主动向用户提供与该用户相关

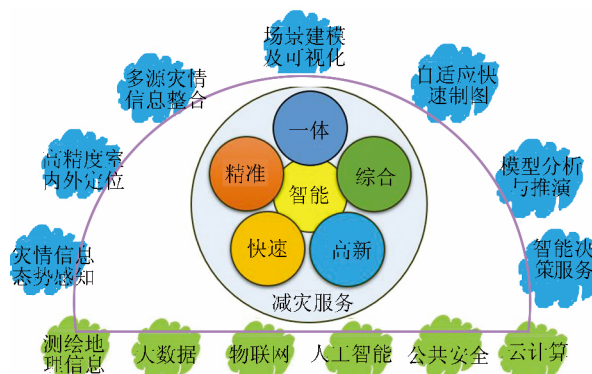


图2 一体化综合减灾智能服务技术内容

Fig.2 Technology Contents of Integrated Comprehensive Disaster Reduction Intelligent Service

的位置信息以及其他有用信息<sup>[12-15]</sup>。

2) 智能融合处理,传统的数据融合方法主要解决多个异构数据集数据的共享和融合问题,建立在规模较小、较为集中的系统上。融合处理智能依照空间位置与时间基准对灾情数据自动语义匹配和转换、灾情数据活化,形成对综合减灾服务目标的一致性完备描述和表达,提供多视角、全方位、高精度的数据。

3) 智能建模与可视化。随着各种监测预警体系日益完善,各种承灾体、孕灾环境数据日益丰

富,灾害场景构建也正在由被动接受、静态建模向主动感知、智能建模方面发展,即建模智能能够实现灾害场景快速感知、自适应自动构建以及灾害场景增强表达<sup>[16-18]</sup>,为用户提供一个可展示、可分析以及可探索的场景。

4) 智能制图表达。地图在灾害成因、灾后救援、灾后重建等灾害信息时空表达方面具有显著优势,通过构建需求导向的制图知识规则库、数据驱动的动态专题符号库、订单式制图的用户地图空间,可以实现灾害专题地图个性化、知识化快速设计生产<sup>[19-20]</sup>。

5) 智能模型分析。模型是分析灾害环境的有

效工具,采用基于灾害链的多灾种模型耦合、异构灾害模型群的智能化聚合管理、应急语义驱动的模型自主化服务方法,动态整合各个单一的分布式异构模型库,自动推理灾害的全过程,实现面向复杂灾害场景时对模型群内各模型的智能化调用和统一计算<sup>[21-22]</sup>。

6) 智能决策服务。决策服务通过利用灾情态势感知信息接入与可视化、减灾模型推演智能、应急预案智能匹配及在线协商、知识个性化推送、社交媒体灾害信息主题服务等智能信息化技术,从海量数据中分析出有用的信息,帮助决策者做出科学决策。

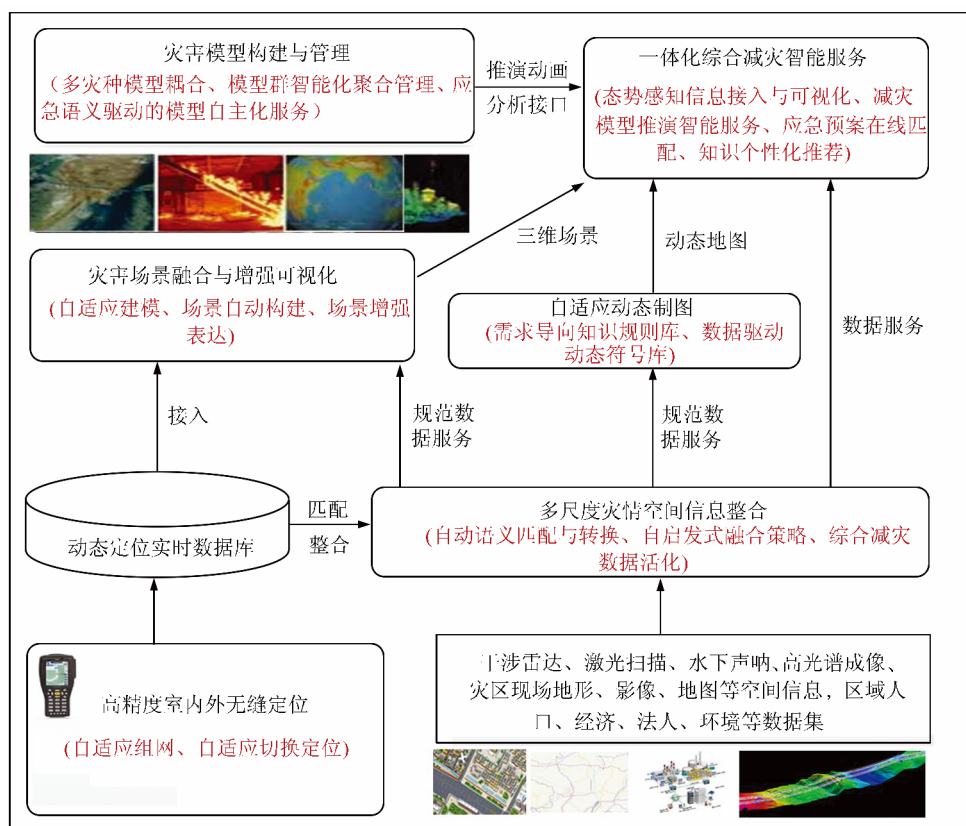


图 3 减灾智能服务技术流程

Fig.3 Technology Process of Disaster Reduction Intelligent Service

### 3.2 综合是减灾服务的本质

减灾服务已经从应对单一灾种向综合减灾转变,综合强调对各种突发事件及其全过程进行整体对待、全面研究、集成处理,主要体现在多源信息资源综合、灾害模型分析综合、跨部门减灾业务综合、多层次减灾应用综合。多源信息资源综合是提高一体化综合减灾智能服务数据广度、深度的重要突破点,进行多态灾情信息综合集成、多尺度空间信息综合集成、灾情信息与空间信息整合,能够有效地进行数据的快速归类 and 存档,同时为减灾服务提供基础灾害数据支持。灾害模型分析

综合利用灾害链分析传导机制,对洪水、地震等专业模型进行动态整合,形成多灾种协同处理耦合机制,支持模型按需调用与动态聚合。跨部门减灾业务综合通过多部门灾害业务协同、多部门会商决策实现跨部门减灾业务的综合。多层次减灾应用综合是从国家、部门和地方等多个层次及不同应用场景建立减灾服务应用系统,实现一体化、全流程综合减灾智能服务。

### 3.3 一体是减灾服务的根本

一体将多个原来相互独立的资源通过整合提供在同一体系下彼此包容、相互合作、共同协作的

服务。一体化减灾服务主要围绕室内外定位一体化、减灾服务流程一体化、软硬件装备一体化展开。在常用定位方式不受干扰的情况下,一体化室内外定位集成以北斗为主的全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)、超宽带(ultra wide band, UWB)、蓝牙(bluetooth)、无线网(WiFi)、惯性测量(inertial measurement unit, IMU)等手段实现在强信号、弱信号和无信号场景中定位;在断电、多障碍、高温浓烟等复杂环境下,一体化室内外定位则通过兼容北斗为主的GNSS/伪卫星/UWB的定位基站快速组网实现无缝定位。减灾服务流程一体化体现在建立涵盖室内外高精度定位、多源数据融合、建模可视化、制图表达、决策分析、智能服务全流程的综合减灾智能服务系统,支持应急救援指挥、灾害现场三维场景可视化、应急人员装备位置信息实时获取、跨媒介智能服务等功能,打造全流程综合减灾智能服务模式。软硬件装备一体化要求应急定位终端、应急定位组网系统、一体化综合减灾智能服务系统深度集成,有效解决系统之间的互连和互操作问题。

### 3.4 精准是减灾服务的要求

精准的信息是综合减灾的第一道防线,精准减灾服务针对不同突发事件和灾害环境、服务对象,提供空间位置上准确、内容上精细的服务。室内外一体化定位集成北斗网、通信网、互联网和传感网等多种信息载体,建立多定位系统协同平台进行数据的传输、收集和管理,专用数据采集终端室内外动态定位精度优于1 m。利用摄影测量技术、多传感器测量技术、工程数据空间建模方法对室内计算机辅助设计(computer aided design, CAD)工程数据、室内高精度定位数据进行一体化融合,采用室内外空间信息传递、多层次图形结构整合等技术,实现建筑物室内外数据融合精度优于0.5 m。通过服务关系统计计算、服务分组和服务映射,实现服务关系统计学习、服务粗分和服务细分,然后针对政府决策、现场指挥和人民群众等不同用户的需求推送不同粒度的服务内容,形成多粒度服务与不同用户需求的精确匹配,实现个性化主动服务。

### 3.5 快速是减灾服务的关键

快速是减灾服务的基本保障,目的是在突发事件发生时能够快速做出应急响应并在第一时间提供灾情信息服务。定位解算系统响应时间应少于200 ms,应急定位基站快速组网时间应少于5 min,可为救援人员提供基站位置初始值,从而对在复杂灾害情况下实现精准化救援具有重要的

意义。在各类灾情信息整合及标准化处理后,建立灾害场景实时图谱用于厘清灾害场景对象以及灾害场景数据,并进行灾害场景数据的优化取舍,进而实现多源数据的融合建模与适宜性表达,实现灾害场景融合建模时间应少于20 min。通过数据配置和管理以及专题页面的布局、生成、展示等,并以专题方式发布出去,从而为用户提供针对性的综合减灾信息服务,服务系统灾后服务构建时间应少于30 min。

### 3.6 高新是减灾服务的趋势

随着科学技术水平的整体进步,减灾服务的理念发生了巨大的变化,采用新技术、新方法、新材料、新思路,以新手段、新模式提供高新服务是防灾减灾的发展趋势。在地图表达方面,利用3D打印技术,快速制作灾情3D地图,直观展示受灾现场情况,为灾害应急管理提供工作底图,同时制图介质不再局限于传统的纸张和电子屏幕,可以是防火防水的新型柔性材料。在人机交互方面,使用智能语音导航、3D有机发光二极管(organic light-emitting diode, OLED)虚拟显示技术以及增强现实装备等增强复杂灾害场景中虚拟现实的身临其境和互动环境。在计算模式方面,在断电、断网等灾害应急情况下,个人计算机(personal computer, PC)、手机、定位终端、智能穿戴设备等通过雾计算、边缘计算等近端云计算模式实现近距离的计算和存储管理等任务。在服务方式方面,采用PC服务系统、手机应用程序、微信小程序等多种形式,面向浏览型、分析型、决策型等不同类型用户提供多样化服务。

## 4 一体化综合减灾智能服务支撑技术

大数据、云计算的出现,物联网技术的产生,人工智能方法的拓展,有可能为减灾服务的智能、综合、一体、精准、快速、高新提供新的途径。如图4所示,一体化综合减灾智能服务在测绘地理信息技术的基础上有机融合公共安全、人工智能、大数据、云计算和物联网,实现对应急场景的智能感知、分析、计算、控制、反馈和实时服务,使防灾减灾更高效、更科学<sup>[23-26]</sup>。

1) 测绘地理信息技术。利用遥感技术、地理信息系统技术、全球定位系统/中国北斗卫星导航系统(BeiDou navigation satellite system, BDS)技术等实现对灾害的灾前早期预警预报、防灾救灾预案制订,灾害发生过程中的灾害实时监测、灾

害损失快速评估,减灾抗灾的应急指挥调度、辅助决策等。在这些过程中,测绘地理信息技术可以

实现对灾害过程的实时监测,从而为各级部门的指挥调度、快速响应、联合行动提供可靠的依据。

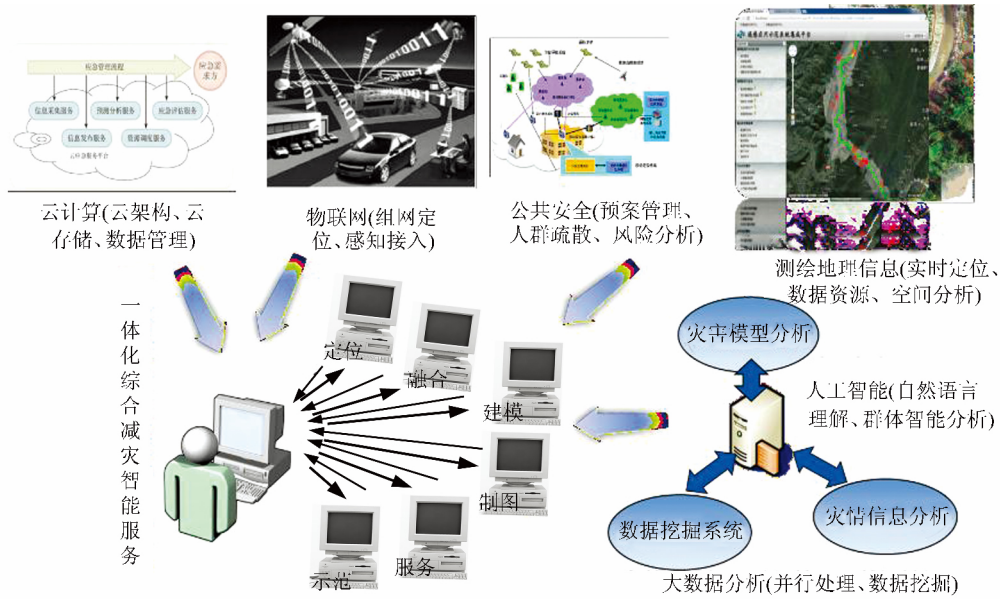


图 4 一体化综合减灾智能服务支撑技术

Fig.4 Supporting Technologies of Integrated Comprehensive Disaster Reduction and Intelligent Service

2) 公共安全技术。公共安全技术研究从致灾因子到成灾的孕育、发生、发展、突变及演化过程的动力学机理和规律,分析致灾因子的特性、灾害作用类型、灾害强度和时空规律等,进而实现对复杂突发灾害发生发展的科学预测。从分析致灾因子的特性、灾害作用类型和规律等方面,实现对复杂突发灾害的科学管理。

3) 人工智能技术。人工智能能够以人类不可比拟的精度、速度完成工作,要利用其研究公共安全等事件的演变规律,以此增强防控工作。利用人工智能深度学习、自我更新的原理,深入挖掘公共安全事件等产生演变规律,并根据其特征构建数据研判模型,增强减灾工作的精准性、时效性。

4) 大数据技术。大数据将是挖掘信息和知识的一个宝藏。大数据技术主要包括大数据存储技术、大数据计算技术和大数据应用技术,可以为灾情数据分析、挖掘和灾害预报预警提供有效的技术支撑。

5) 云计算技术。云计算技术可以提供统一且强大灵活的计算环境和硬件资源,而高性能的计算能力也是防灾研究以及建立灾害监测、预警、评估模型的基础,可以很大程度上释放计算资源的潜力,挖掘有效信息,提高解决复杂空间灾情信息分析和处理的能力。

6) 物联网技术。物联网技术的产生能快速、实时地对灾害现场人文和自然地理要素进行高密度的监测,提供多要素、连续的时间和空间数据体

系,实现人与人、人与装备、装备与装备的互联互通,更好地感知灾情。

### 5 一体化综合减灾智能服务系统初探

以地震、洪水、地质灾害、城镇火灾、交通事故、建筑物倒塌等 6 类灾害为研究对象,一体化综合减灾智能服务原型系统采用统一标准下基于微服务的松耦合系统架构体系,能够更好地实现异构系统的集成、应急装备定位及传感数据实时接入与存储、相关资源的整合,结合态势感知与跨媒介一体化展示技术实现灾害现场三维场景增强可视化,实现多类型应急装备、救援人员、重大场景的三维空间标定与联动可视化,为应急救援决策、指挥调度、信息发布提供支持全空间定位、异构融合、场景可视化、模型计算和推演下的基础的综合减灾智能服务架构。同时,根据不同的业务需要,可以快速定制不同的应急减灾应用,满足不同行业、地域、部门的多方面需求,为示范应用的开展提供快速的功能定制。

图 5 给出了一体化综合减灾智能服务原型系统的主要功能图示,图 5(a)展示了室内外高精度人员、车辆及装备定位模块,实现了定位装备的软硬件一体化以及各种室内外高精度定位手段的自适应切换;图 5(b)展示了三维场景建模及可视化表达模块,实现了应急灾害场景的快速建模与展

示、动态模拟与分析、增强表达与探索等;图5(c)展示了灾害模型的空间分析及推演模块,实现了多类型灾害模型的集成联动、按需调用与动态聚合,形成了以任务为导向、应急语义驱动灾害模型分析服务。图5(d)展示了综合减灾智能服务模块,包括快速自适应制图服务、知识图谱服务和主动推送服务等。快速自适应制图功能利用形式

多样、内涵丰富的应急制图知识规则集,并与工程化的参与式制图引擎动态匹配,实现灾害地图的快速制作。灾害知识图谱和主动推送服务对地震、火灾、交通事故、洪涝、建筑物倒塌、地质灾害等典型灾害进行本体构建和知识图谱表达,并根据灾害的事件背景、类型、规模、地点、事件、发展态势等具体情境信息进行分层次分类别的信息推送。



图5 一体化综合减灾智能服务系统功能

Fig.5 Function Example of Integrated Comprehensive Disaster Reduction Intelligent Service System

## 6 结 语

减灾服务是应急测绘和灾害研究的重要组成部分,本文从测绘地理信息视角,对一体化综合减灾智能服务顶层设计进行了思考。本文提炼了一体化综合减灾智能服务的概念及内涵,提出了一体化综合减灾智能服务的总体架构,围绕减灾服务智能、综合、一体、精准、快速和高新等特征,系统阐述了一体化综合减灾智能服务的技术内容,分析了一体化综合减灾智能服务的支撑技术,并介绍了一体化综合减灾智能服务原型系统,以推动综合减灾智能服务技术的开发应用,全面提升中国应急测绘保障能力。

致谢:武汉大学杜清运教授、任福教授,国家基础地理信息中心赵勇副主任、朱秀丽高级工程师,中国测绘科学研究院甄杰研究员、范荣双研究员、仇阿根副研究员、陶坤旺副研究员,北京建筑大学王坚教授,西南交通大学朱军教授,清华大学深圳研究生院王飞副教授等为本文提供了宝贵的

资料,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- [1] Fan Weicheng, Shan Cunchang. Public Safety and Emergency Management [M]. Beijing: Science Press, 2017(范维澄, 闪淳昌. 公共安全与应急管理[M]. 北京:科学出版社, 2017)
- [2] Zhu Qing, Cao Zhenyu, Lin Hui, et al. Key Technologies of Emergency Surveying and Mapping Service System[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2014, 39(5): 551-555 (朱庆, 曹振宇, 林珺, 等. 应急测绘保障体系若干关键问题研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2014, 39(5): 551-555)
- [3] Zheng Chengong. Implement the National Comprehensive Disaster Prevention and Mitigation Plan (2016—2020) [J]. *Disaster Reduction in China*, 2017(1): 14-15 (郑功成. 切实贯彻实施《国家综合防灾减灾规划(2016—2020年)》[J]. 中国减灾, 2017(1): 14-15)
- [4] Faraj S, Xiao Y. Coordination in Fast-Response Organizations[J]. *Management Science*, 2006, 52(8):

- 1 155-1 169
- [5] Martinis S, Kersten J, Twele A. A Fully Automated TerraSAR-X Based Flood Service[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2015, 104: 203-212
- [6] Ajmar A, Boccoardo P, Disabato F, et al. Rapid Mapping: Geomatics Role and Research Opportunities[J]. *Rendiconti Lincei*, 2015, 26(1): 63-73
- [7] 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)
- [8] Gasparini P, Manfredi G, Zschau J. Earthquake Early Warning Systems[M]. Berlin: Springer, 2007
- [9] Allen R M, Gasparini P, Kamigaichi O, et al. The Status of Earthquake Early Warning Around the World: An Introductory Overview[J]. *Seismological Research Letters*, 2009, 80(5): 682-693
- [10] Jeon H I, Kim Y. BOP (Beacon-Only Period) and Beacon Scheduling for MEU (Mesh-Enabled USN) Devices[C]. The 9th International Conference on Advanced Communication Technology, Phoenix Park, Korea, 2007
- [11] Jang M, Suh S T. U-city: New Trends of Urban Planning in Korea Based on Pervasive and Ubiquitous Geotechnology and Geoinformation[C]. International Conference on Computational Science and Its Applications, Hong Kong, China, 2010
- [12] Chen Ruizhi, Chen Liang. Indoor Positioning with Smartphones: The State-of-the-Art and the Challenges[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017, 46(10): 1 316-1 326 (陈锐志, 陈亮. 基于智能手机的室内定位技术的发展现状和挑战[J]. *测绘学报*, 2017, 46(10): 1 316-1 326)
- [13] Han H, Wang J. Robust GPS/BDS/INS Tightly Coupled Integration with Atmospheric Constraints for Long-Range Kinematic Positioning[J]. *GPS Solutions*, 2017, 21(3): 1 285-1 299
- [14] Yu H, Wang J, Wang B, et al. Generalized Total Kalman Filter Algorithm of Nonlinear Dynamic Errors-in-Variables Model with Application on Indoor Mobile Robot Positioning[J]. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 2018, 53(1): 107-123
- [15] Zhu Qing, Han Huipeng, Yu Jie, et al. Multi-objective Optimization Scheduling Method for UAV Resources in Emergency Surveying and Mapping[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2017, 42(11): 1 608-1 615 (朱庆, 韩会鹏, 于杰, 等. 应急测绘无人机资源多目标优化调度方法[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2017, 42(11): 1 608-1 615)
- [16] Liu M, Zhu J, Zhu Q, et al. Optimization of Simulation and Visualization Analysis of Dam-failure Flood Disaster for Diverse Computing Systems[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2018, 11(2): 179-194
- [17] Zhang H, Zhu J, Zhu Q, et al. A Template-Based Knowledge Reuse Method for Generating Multitype 3D Railway Scenes[J]. *International Journal of Digital Earth*, 2018, 11(2): 179-194
- [18] Qiu L, Du Z, Zhu Q, et al. An Integrated Flood Management System Based on Linking Environmental Models and Disaster-related Data[J]. *Environmental Modelling & Software*, 2017, 91: 111-126
- [19] Guo Renzhong, Ying Shen. The Rejuvenation of Cartography in ICT Era [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017, 46(10): 1 274-1 283 (郭仁忠, 应申. 论 ICT 时代的地图学复兴[J]. *测绘学报*, 2017, 46(10): 1 274-1 283)
- [20] Wu Fang, Gong Xianrong, Du Jiawei. Overview of the Research Progress in Automated Map Generalization[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2017, 46(10): 1 645-1 664 (武芳, 巩现勇, 杜佳威. 地图制图综合回顾与展望[J]. *测绘学报*, 2017, 46(10): 1 645-1 664)
- [21] Li Z, Wang F, Zheng X, et al. GIS Based Dynamic Modeling of Fire Spread with Heterogeneous Cellular Automaton Model and Standardized Emergency Management Protocol [C]. The 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on the Use of GIS in Emergency Management, Redondo Beach, California, USA, 2017
- [22] Li Z, Wang F, Zheng X, et al. GIS Based Dynamic Modeling of Fire Spread with Cellular Automaton Model [C]. The 25th International Conference on Geoinformatics, Buffalo, NY, USA, 2017
- [23] Wang Yandong, Li Hao, Wang Teng, et al. The Mining and Analysis of Emergency Information in Sudden Events Based on Social Media[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2016, 41(3): 290-297 (王艳东, 李昊, 王腾, 等. 基于社交媒体的突发事件应急信息挖掘与分析[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2016, 41(3): 290-297)
- [24] Fan Yida. Research on Spatial Data Sharing Mechanism for Major Natural Disaster Emergency Response[M]. Beijing: Science Press, 2014 (范一大. 重大自然灾害应急空间数据共享机制研究[M]. 北京: 科学出版社, 2014)
- [25] Song Changqing, Cheng Changxiu, Shi Peijun. Geography Complexity: New Connotations of Geogra-



- phy in the New Era[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(7): 1 204-1 213 (宋长青, 程昌秀, 史培军. 新时代地理复杂性的内涵[J]. *地理学报*, 2018, 73(7): 1 204-1 213)
- [26] Zhang Xiaoxiang, Bi Weiwei, Yuan Hongyong, et al. Study on Top Level Design of Informatization Construction for Disaster Prevention and Mitigation [J]. *China Safety Science Journal*, 2015, 25(3): 159-164 (张晓翔, 毕微微, 袁宏永, 等. 防灾减灾信息化顶层设计研究[J]. *中国安全科学学报*, 2015, 25(3):159-164)

## Top-Level Design Study for the Integrated Disaster Reduction Intelligent Service

LIU Jiping<sup>1</sup> ZHANG Yongchuan<sup>2</sup> XU Shenghua<sup>1</sup> ZHANG Fuhao<sup>1</sup>  
WANG Yong<sup>1</sup> ZHU Yi<sup>1</sup> LIU Chunyang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China

<sup>2</sup> School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

<sup>3</sup> NASG Key Laboratory of Land Environment and Disaster Monitoring, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China

**Abstract:** Geo-spatial information technology can provide data resources, positioning benchmarks, basic framework and key technologies for disaster prevention and reduction. At present, there are some problems in Chinese disaster reduction services. Too much emphasis is placed on decision-making and not on early warning. In addition, the technology, system and application integration of disaster reduction services is not enough. There is still a lack of a unified understanding and a holistic top-level design guidance framework of disaster reduction services. In order to solve these technical problems of integrated perception, location, integration and comprehensive scene simulation of emergency information such as disaster events, various disaster-bearing bodies, the disaster-pregnant environment, and knowledgeable disaster reduction services, this paper returns to the nature of disaster reduction services, puts forward and explains the concept, connotation and characteristics of the integrated disaster reduction intelligent services from the perspective of surveying, mapping and geoinformation. Besides, an integrated disaster mitigation intelligence services architecture is designed with the consideration of the demand for disaster prevention and reduction services. This enterprise architecture is composed of the perception layer, the technology layer, the system layer and the application layer. Then, this paper forms the intelligence, totalization, integration, accurate, rapid and novelty thinking of disaster reduction services. Finally, the supporting technologies of disaster reduction services are presented and the comprehensive disaster reduction system is introduced. The proposed top-level design for the integrated disaster reduction intelligent services can solve the integrated perception, positioning, integration and simulation of the scene, and intellectualized disaster reduction services and other technical problems.

**Key words:** disaster prevention and reduction; intelligent services; geographic information system; top-level design

**First author:** LIU Jiping, PhD, professor, specializes in geospatial big data for E-government, government geographic information services, emergency geographic information services. E-mail: liujp@casm.ac.cn

**Corresponding author:** ZHANG Yongchuan, PhD candidate. E-mail: 532879324@qq.com

**Foundation support:** The National Key Research and Development Program of China, Nos. 2016YFC0803101, 2016YFC0803108; Basic Research Fund of CASM, No.7771701.