



面向灾害应急服务的自适应制图技术

杜清运^{1,2,3} 王煜森¹ 刘纪平⁴ 李爱勤⁵ 任 福^{1,2,3}
刘 涛⁶ 严 涵¹

1 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉,430079

2 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室,湖北 武汉,430079

3 数字制图与国土信息应用工程自然资源部重点实验室,湖北 武汉,430079

4 中国测绘科学研究院,北京,100830

5 浙江省测绘科学技术研究院,浙江 杭州,311100

6 兰州交通大学测绘与地理信息学院,甘肃 兰州,730070

摘 要:在灾害应急服务中,地理实体时空分布地图、专题信息统计地图等已成为重要的辅助决策手段。面对难以预测、复杂多变的防灾减灾形势,灾害应急地图服务要求做到迅速响应、实时更新。设计了一种面向灾害应急服务的自适应制图技术,在分析灾害应急场景的制图需求、地图内容和操作体验的基础上,阐述自适应制图的内容策略和技术流程,进一步剖析知识表达、模板构建、符号引擎、态势标绘、订单式制图和用户地图空间等制图关键技术,并给出了应用实例,为灾害应急服务提供技术参考。

关键词:灾害应急服务;自适应制图;动态专题符号;订单式制图

中图分类号:P283

文献标志码:A

中国是一个灾害大国,各类自然灾害和事故灾难的频发给经济、社会造成了严重的影响,也给相关部门的应急减灾工作带来了巨大挑战^[1]。应急减灾工作需要充分研究灾害事件整个发生过程中的各个要素,并从中提取有效信息,完善灾害的预防、监测、决策和部署等环节。随着“互联网+”、智慧政务等新领域的不断深入发展,应急减灾工作的信息化水平得到了显著提高^[2]。GIS能对灾害发生与演变各个阶段的数据进行精准把握和决策分析。地图作为空间信息的载体和传输渠道^[3],是能直观反映灾害应急服务要素地理空间分布状况的理想形式。

近年来,3S技术在灾害应急服务中产生了重要的应用价值^[4-8]。在大数据、云计算、新媒体和人工智能等时代背景下,地图在灾害的风险评估、灾情跟踪管理、响应和部署等方面都发挥着重要的作用,灾害应急制图的研究和应用不断深化,如通过众包模式开展的多方联动实景制图^[9]。

由于灾害事件的发生具有偶然性、不可预测性,而灾害本身具有很强的破坏性、不可抗拒

性^[10],导致灾害应急场景纷繁复杂,对灾害制图工作有较高的要求。为了适应多类自然灾害和事故灾难下的不同场景,灾害应急制图需预置非常全面的专题地图类型,需迅速响应,并时序动态更新,方可满足应急场景下的灵活制图需求。自适应制图方法是一种有效途径。

1 灾害应急场景

灾害应急场景是无数同类事件、预期风险及应急活动的集合^[11],描绘了与灾害发生各个阶段相关的各类情景,是灾害应急地图的制图对象。本文选取了地震、火灾、洪水、建筑物倒塌、地质灾害和交通事故等6类典型自然灾害或事故灾难开展研究。

1.1 制图需求

复杂灾害应急场景通常由灾害种类、灾害状态、影响区域等要素组成,需要从时间、空间、人员、事件等全方位理解。灾害应急场景制图包括以下特征:

收稿日期:2020-03-31

项目资助:国家重点研发计划(2016YFC0803106)。

第一作者:杜清运,博士,教授,主要从事理论地图学与地理信息科学理论、新媒体地图、移动地理计算等。qydu@whu.edu.cn

通讯作者:任福,博士,教授。renfu@whu.edu.cn

1)主题明确,内容全面。灾害应急场景涵盖了各类灾害发生演变的整个过程,每个场景都具有明确的制图主题,可从每一个场景中提取多类专题信息,编制各类专题地图,应用于灾情评估、应急救援等工作。

2)迅速响应,动态演变。各类灾害具有突发性,灾害发生后的响应时间十分紧迫,制图过程既具有紧急、快速的特点,又要考虑场景的动态演变,例如次生灾害的发生与演变、灾区受灾情况的变化、救援力量的调配等。

3)多层级需求,多尺度表达。灾害的发生地点和空间演变具有一定的不确定性。根据灾害发生的范围、规模和形势演变,灾害应急服务对象包括国家级、省区级、地市级、县城、乡镇等多层级,迫切需要多尺度制图表达。

1.2 地图内容

应急减灾工作需要应对灾前、灾中和灾后等整个灾害过程中的各类事件,根据《中华人民共和国突发事件应对法》,主要包含预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援、事后恢复与重建等^[12]。针对灾害应急场景的全面性、专题性和复杂性,灾害应急地图需全方位、多角度地表达各类灾害。

1)灾前。制图表达各类灾害的孕灾环境、致灾因子以及承灾体等信息,为灾害预防与应急准备、监测与预警等工作提供参考,内容包括基础地理信息要素、各类灾害专题信息要素、重点保护目标信息、历史灾害发生情况、救灾能力与物资储备、监测与预警信息等。

2)灾中。制图表达各类灾害的特性、灾情实时信息、应急响应和应急保障信息、次生灾害的预防信息,直观地呈现各类灾害的发生及演变状态,实时评估灾情并为灾害应急处置和救援等工作提供参考。

3)灾后。制图表达各类灾情统计与评估、恢复与重建信息,包括灾害类型、强度、规模、破坏损失程度等的全面统计和评估,为灾后安置与重建等空间部署工作提供参考。

1.3 操作体验

在灾害应急场景中,用户操作体验不完全由成图效果来决定,还直接受到制图效率、操作流程、可视化效果、交互定制等多因素影响。为满足高时效性制图需求,要求如下:

1)操作步骤尽可能清晰、简单和人性化,通过预先设计模式化与定制化相结合的制图模板,

能使灾害应急部门和非专业制图人员快速定位并制作出满足要求的地图。

2)设计快速引导机制,针对各类地理要素数据和专题统计数据,提供多套符号配置参数和多种地图布局、整饰方案。

3)为适应灾害动态演变特性,提供数据更新方法,支持用户保存与编辑制图状态以便于因态势变化而及时更新。

4)为满足多尺度空间应用需求,预置与各等级行政区划相适应的制图区域选择,便于用户快速定位到与灾害发生地点适应的尺度区域。

2 自适应制图

“自适应”源于生物学,指生物通过改变自身结构来适应外部环境的能力,后引申到计算机领域,指软件的处理方法能够适应需求的变换,自适应选择和完成集成方法、处理方式、流程控制和可视化表达^[13]。在制图领域,自适应是制图者和用户之间的一种技术与需求的协调统一关系^[13],探索面向用户设计的屏幕地图系统设计的理论方法^[14]。常见的自适应制图模式有以用户为中心、以地图为中心、以任务流为中心和引导式在线专题制图模式^[15]。

在灾害应急服务中,灾害场景是用户把握灾害事件与应急工作的核心要素。自适应制图是一种半自动制图过程,会根据用户需要自动筛选符合需求的灾害地图种类和地图风格样式,也需要用户交互确定制图位置和范围、地图类型、地图版面等内容^[16],最终建立场景数据到地图的“快速通道”。

2.1 内容策略

自适应制图涉及自变量、因变量和方法3个要素。针对上述制图需求,以用户为导向设计面向灾害应急服务的自适应制图策略(见图1),内容包括:

1)区域尺度选择。根据灾害发生区域、影响范围和应急处置等需要,选择与之相应的地理空间尺度,通常按行政区选择(例如省、市和县等),也可以自定义区域选择,之后自动依据制图区域对制图数据进行筛选,突出地图主题。

2)制图模板匹配。根据灾害类型,自动适配相应制图模板,同时结合用户偏好动态生成地图图层结构,快速地为各图层填入数据或在线服务接口,生成一幅“粗糙”地图。

3)动态符号生成。充分考虑各类要素数据

可视化的特点,为其预置丰富的地图符号库,对于各种专题统计信息,提供数据驱动的动态统计地图符号和多种色系的配色方案,支持符号参数的动态优化配置,进而生成一幅“精细”地图。

4)实时数据更新。针对数据动态变化的特点,设计“所见即所得”机制,实现地图的响应式更新,通过保存用户编辑状态参数,支持实时地更新地图图层数据源或在线服务接口。

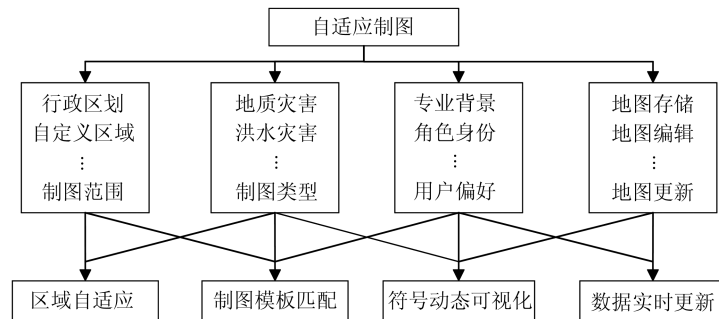


图 1 自适应制图策略结构图

Fig.1 Structure Diagram of Adaptive Cartography Strategy

2.2 技术流程

在线制图关注便捷操作和个性化定制^[17],相比而言,自适应制图目的是构建开放、分散和动态的制图整体技术方案,更加注重高效率和高质量。本文依据上述策略,利用文献阅读、图集案

例分析和专家经验调研等方法,提取典型灾害场景特征,遵循面向服务的架构(service-oriented architecture, SOA)设计引导式制图流程,攻克系列关键技术,最后生成动态专题地图服务,并推送给用户进行辅助决策(见图 2)。

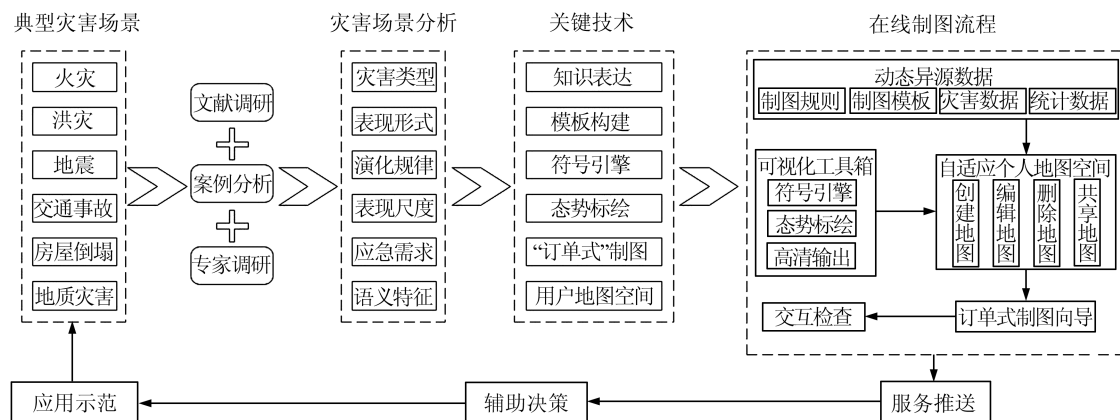


图 2 自适应制图技术路线

Fig.2 Technology Roadmap of Adaptive Cartography for Disaster Emergency

3 关键技术

3.1 知识表达

灾害制图工作是依据国家标准、行业规定以及制图专家经验知识等进行的,制图过程通常是将灾害知识和制图知识充分结合。灾害知识与不同的灾害应急场景有关,包括灾害种类、灾害状态和灾害空间尺度等;制图知识往往通过研读经典著作、优秀地图作品和咨询制图专家来获取。自适应制图要将两者通过形式化表达和计算机语言组织,有效建立制图场景中各类元素的关联,优化设计用户制图的操作流程,以提高制

图效率。自适应制图知识表达结构图见图 3,进一步细化为:

1)灾害应急场景知识,既包括灾害种类、灾害状态、制图类别等内容,又包括预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援、事后恢复与重建等内容;

2)灾害制图知识,包括灾害应急数据类型、数据组织、空间参考、要素关系、符号配置、地图注记、地图整饰等内容;

3)两者关系映射,将灾害场景特征和制图功能操作进行封装、关联和组合,建立两者之间的映射关系,依据用户所选定的灾害种类、灾害状

态(灾前、灾中或灾后等)和空间尺度(国、省、市、县、村等),推荐和匹配制图模板(见图4),之后按

照引导机制逐步完成图层配置、专题符号绘制、地图整饰等制图步骤。

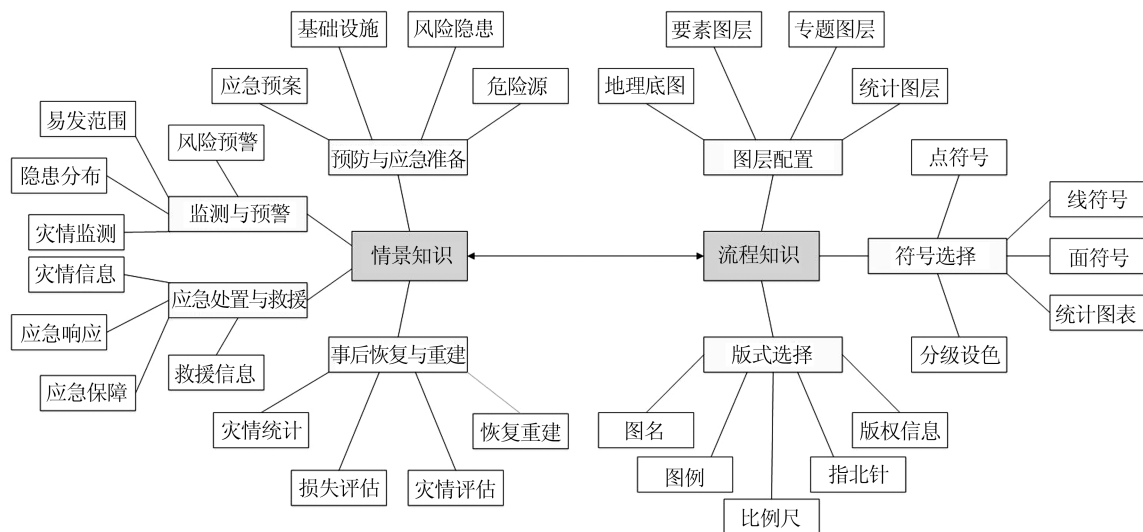


图3 灾害应急制图知识表达结构图

Fig.3 Diagram of Cartographic Knowledge Expression for Disaster Emergency

3.2 模板构建

灾害应急制图过程中,制图模板有着重要的地位^[18-19],它将灾害应急场景与制图过程联系起来,根据灾情数据信息把专题地图表示方法、表达信息^[20]进行封装,结构化地组织灾害应急地图所包含的内容。

制图模板实质上是归纳总结出常用的图种及其基本地图结构元素,包括构建和应用两个环节,两者通过用户制图操作过程紧密结合(见图4)。制图模板结构包含4类图层:

1)地理底图,提供制图区域地理背景信息,包括矢量底图、影像底图等;

2)数据分析层,提供数据分析结果的可视化信息,例如分级统计图、热力图、范围图、结构图等;

3)地理要素层,提供各类点、线、面地理要素的空间分布情况;

4)统计专题层,以分区统计图表、定点符号等形式表达相关统计信息。支持用户根据实际需求和审美来个性化配置各类图层的数据源、符号参数等。

3.3 符号引擎

符号引擎具有数据驱动、SOA设计和在线服务等特征,其结构包括数据组织、符号绘制和符号输出3个部分(见图5)。

1)数据组织负责数据的解析和清理,将其重构为符号绘制所需的数据格式;

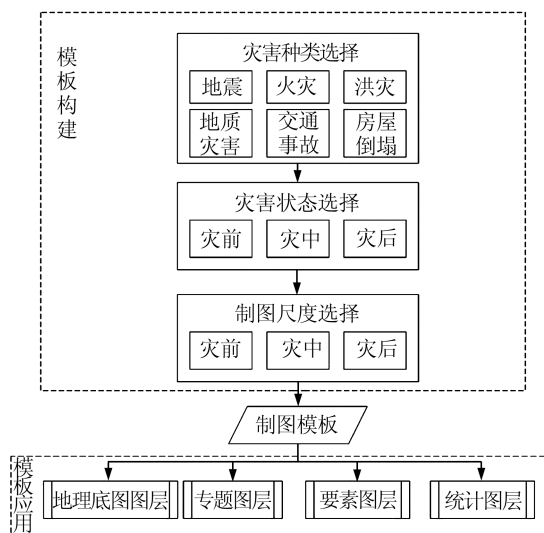


图4 灾害应急制图模板组织结构图

Fig.4 Structure Diagram of Mapping Template for Disaster Emergency

2)符号绘制使用上述数据,从符号库中调用相应的绘制参数配置信息,按照制图规则的约束,生成适合当前灾害场景的专题符号;

3)符号输出将对生成符号的大小、位置和绘制顺序进行调整,适应当前地图的可视化范围,以在线服务接口形式输出符号图层及其图例。

通常,灾害应急制图涉及两类数据:

1)灾情数据,如救助站的分布、水系分布和地震影响范围等,采用基本的点线面符号进行表达;

2)灾情专题数据,如全国各省的滑坡灾害次

数统计和某省各市地质灾害类型占比,采用常见的统计图表和分级设色的方式表达,对于多主题统计数据,可以设计组合符号来表达。

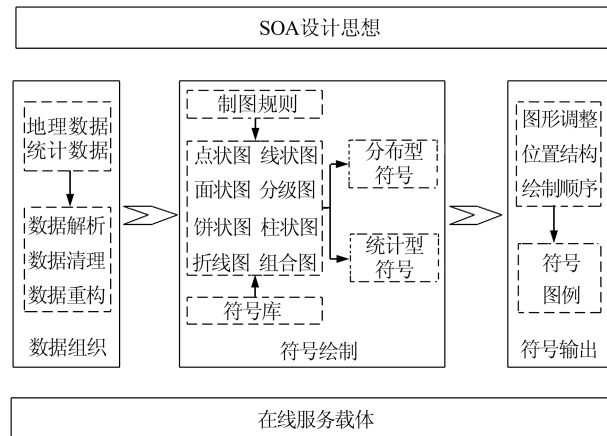


图 5 在线动态灾害符号引擎

Fig.5 Online Dynamic Engine of Disaster Symbols

3.4 态势标绘

广义的态势符号包括简单静态符号和带方向的动态箭头符号。前者分为静态的点、线和面等符号,主要表达独立的地理事件、不带有方向性的分布信息等;后者是狭义的态势符号,以箭头为载体,以线或面的形式直观地表达了行进方向、趋势和聚集、战略部署等态势信息,可分为单箭头符号、复合箭头符号、多箭头符号等。设计并建立态势符号的表达模型,需采用一定的数学和逻辑学方法,确定表达各类态势符号的算法和步骤。其中,带方向的动态箭头符号建模是很重要的内容。

态势标绘多用于表达军事领域的兵力部署、进攻路线和目标变化趋势等信息。态势标绘也支持用户根据灾害形势在地图上快速地绘制专门符号来表达灾害现场状况、周围基本设施和相关部门的救援路线等信息,能以最直观的形式实现灾害的应急部署,协调和指挥各部门的应急减灾工作。态势标绘离不开用户实时交互,多数采

用纯客户端方法完成,将构建的态势符号模型交互绘制在地图上,其流程结构图见图 6,图 6 中 POI(point of interest)表示感兴趣点,具体包含:

- 1) 获取不同符号对象的绘制模型,如点状、线状和面状等符号绘制模型;
- 2) 检测用户在地图界面上的点击、拖拽、放大缩小等事件,记录关键节点的屏幕坐标;
- 3) 依据用户的操作和标绘对象的绘制规则,实现动态标绘。

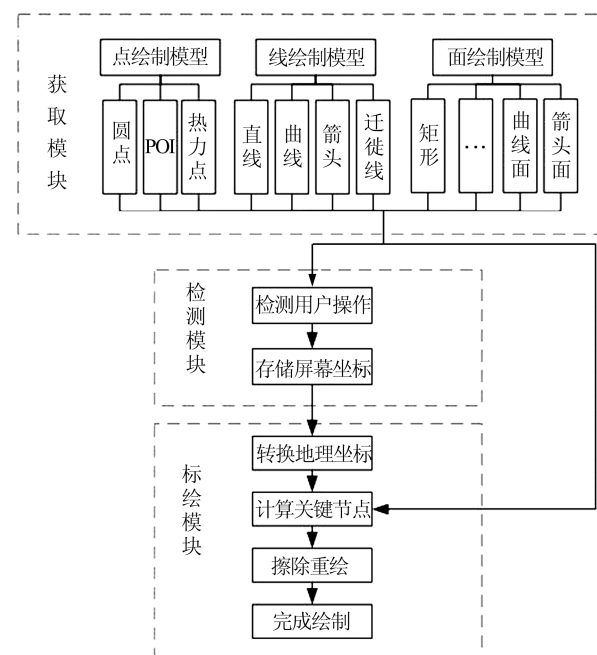


图 6 态势标绘结构图

Fig.6 Diagram of Situation Symbol Plotting

3.5 订单式制图

订单式制图模式类似于工厂车间的“生产线”^[17],在制图者的参与下完成整个业务流程^[21]。订单式制图是指交互式引导机制,用户根据流程向导,可以创建订单、编辑订单、删除订单和分享订单(见图 7)。每个订单就是一幅定制化地图,同时支持地图的增、删、改、查和服务共享等操作,实现快速迭代和持续优化。

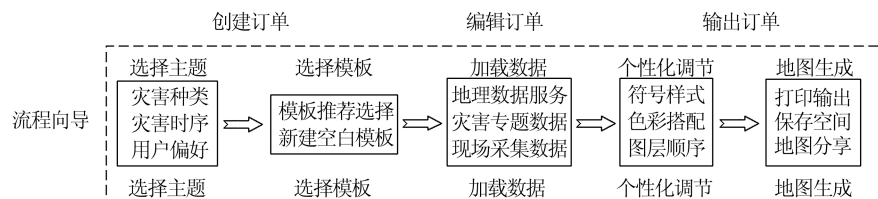


图 7 订单式制图模式的任务流程

Fig.7 Flowchart of Order-Based Mapping

订单式制图操作包括 5 个步骤:

- 1) 确定灾害种类、灾害状态和空间尺度,进

而约束了制图内容、表达方式和色彩方案等;

- 2) 依据主题和用户偏好信息,推荐多个制图

模板,每个模板预置了图层种类、数据类型和符号表示方法等参数,用户也可以选择新建模板,自行组织专题图层以及符号化方式;

3)配置每个图层的名称及数据源,可加载内置数据、上传数据或接入在线服务,包括地理数据、专题数据和现场感知数据等,之后,系统自动生成一幅默认配置的地图;

4)用户对符号参数的个性化设置,包括图层顺序、图层透明度、符号种类和色彩样式等进行优化调整,以满足不同制图需求;

5)用户可以将地图保存到个人地图空间,或使用系统预置的整饰布局方案在线打印,或以服务方式分享推送给其他应急部门。

3.6 用户地图空间

用户地图空间又称个人地图空间,类似于当前电商网站中“我的”功能。考虑到灾害环境的复杂多变性、应用部门综合减灾需求的差异性和制图表达的多样性等因素,用户地图空间保存用

户偏好、制图订单、操作上下文和环境设置等信息,能够增强个性化地图定制能力,实现用户自主控制制图流程、数据选择和符号变化等过程,随时调整数据内容的粒度与制图进程,体现灾害应急服务中地图“因人而异”的特点。

4 应用实例

针对地震、火灾、洪水、建筑物倒塌、地质灾害和交通事故等6类灾害,通过对现有优秀灾害地图作品的深入分析,归纳总结了灾害地图设计变量,厘清变量之间的依存、组合、关联、聚合等复杂关系,共提炼出300类灾害制图知识规则、200套灾害制图模板和100种动态制图符号,并集成搭建了SOA架构支持的灾害应急自适应快速制图平台(见图8)。平台用户地图空间(见图9)里展现用户制作的灾害应急地图,按主题、图组和制作时间进行排序。

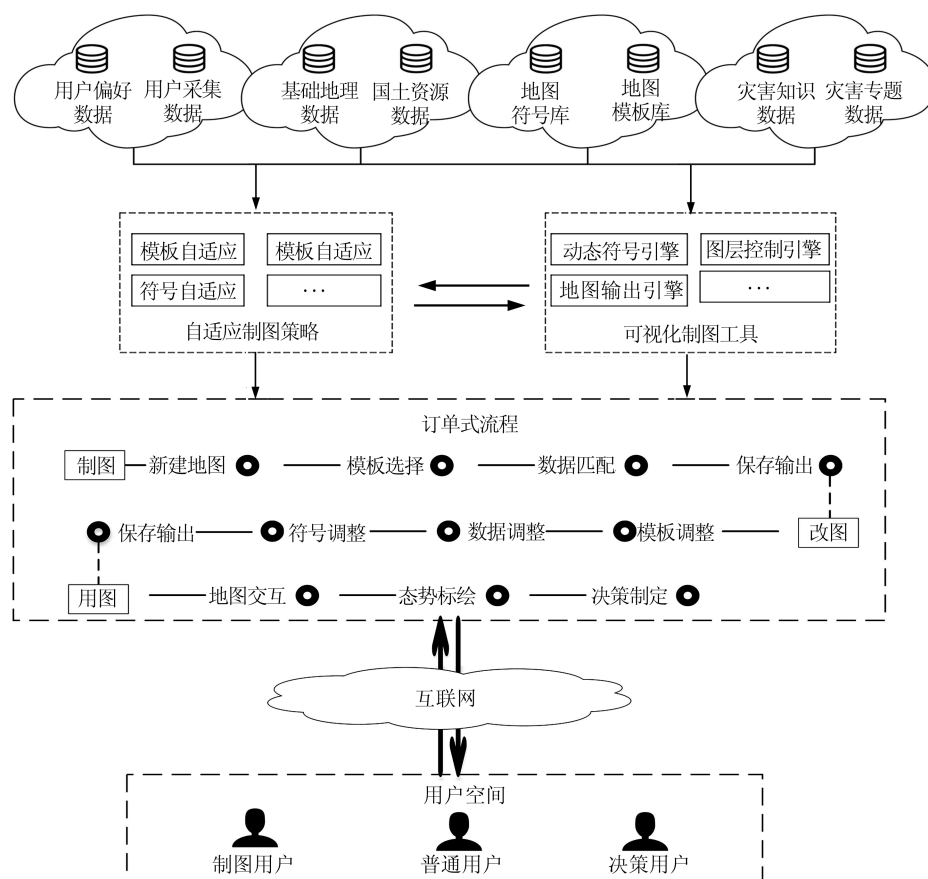


图8 灾害应急自适应制图平台系统架构

Fig.8 System Architecture of Adaptive Cartography Platform for Disaster Emergency

5 结语

总体上,面向灾害应急服务的自适应制图方

法在内容、功能、效率、体验等方面均满足灾害应急场景的高时效性需求,为应急减灾工作带来了新的技术方法,也是地图制图学和专业领域模型

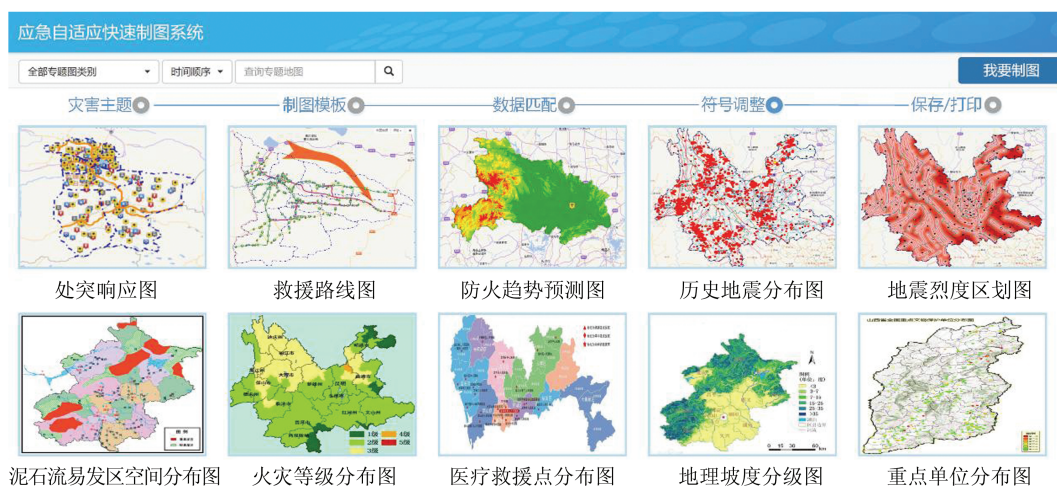


图 9 个人地图空间界面

Fig.9 Interface of Personal Map Space

结合的深度实践,具有重要的科学意义和工程价值。

参 考 文 献

- [1] Pang Chenmin. The Situation and Task of Disaster Prevention and Rescue in China[J]. *Disaster Reduction in China*, 2014(21):12-15(庞陈敏. 中国防灾减灾工作面临的形势与任务[J]. 中国减灾, 2014(21):12-15)
- [2] 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)
- [3] Li Zhilin, Zhang Wenxing, Zhang Hong. Some Basic Cartographic Concepts in Digital Era[J]. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 2013, 30(4): 375-379(李志林, 张文星, 张红. 数字化时代地图概念的探讨[J]. 测绘科学技术学报, 2013, 30(4): 375-379)
- [4] Mei Yang, Zhao Yong, Peng Zhenzhong, et al. Emergency Image Map Production Based on Map World[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2012(3):32-35(梅洋, 赵勇, 彭震中, 等. 基于天地地图的应急影像地图快速制作研究[J]. 测绘通报, 2012(3):32-35)
- [5] He Haixia, Yang Siqian, Huang He, et al. Research on the Emergency-Response-Oriented Rapid Mapping Based on RS Data[J]. *Remote Sensing for Land and Resources*, 2012(3):159-164(和海霞, 杨思全, 黄河, 等. 应急遥感快速制图技术研究[J]. 国土资源遥感, 2012(3):159-164)
- [6] Liu Xiaohui, Cui Jian, Cai Fei. Geo-ontology Modeling and Reasoning of Geohazard Emergency Response Knowledge[J]. *Geography and Geo-Information Science*, 2018, 34(4):1-6(刘晓慧, 崔健, 蔡菲. 突发地质灾害应急响应知识地理本体建模及推理[J]. 地理与地理信息科学, 2018, 34(4):1-6)
- [7] Reichel C, Frömming U U. Participatory Mapping of Local Disaster Risk Reduction Knowledge: An Example from Switzerland[J]. *International Journal of Disaster Risk Science*, 2014, 5(1):41-54
- [8] Gao Wenjuan, Chen Sisi, Li Jia. Rapid Charting Method for Emergency Scene Integration[J]. *Geospatial Information*, 2015, 13(4):46-48(高文娟, 陈思思, 李佳. 应急现场一体化快速制图方法[J]. 地理空间信息, 2015, 13(4):46-48)
- [9] Li Suju. Introduction to Multi-party Linkage Real World Mapping Mechanism[J]. *Disaster Reduction in China*, 2018(23):58-59(李素菊. 多方联动实景制图机制介绍[J]. 中国减灾, 2018(23):58-59)
- [10] Li Shiming, Liu Juanjuan, Wang Bo, et al. Unconventional Incident Management Research Based on Scenarios[J]. *Journal of University of Electronic Science and Technology of China (Social Sciences Edition)*, 2010, 12(1):1-3(李仕明, 刘娟娟, 王博, 等. 基于情景的非常规突发事件应急管理研究[J]. 电子科技大学学报(社会科学版), 2010, 12(1):1-3)
- [11] Du Ping, Liu Tao, Wang Wenning, et al. Research on Unconventional Emergency Scenario for Mapping[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2018, 43(12):38-43(杜萍, 刘涛, 王文宁, 等. 面向应急制图的非常规突发事件情景研究[J]. 测绘科学, 2018, 43(12):38-43)
- [12] General Office of the NPC Standing Committee. Law of the People's Republic of China on Emergency

- Response[J]. *Gazette of the Supreme People's Procuratorate of the People's Republic of China*, 2007, 28(21):44-48(全国人大常委会办公厅. 中华人民共和国突发事件应对法[J]. 中华人民共和国最高人民检察院公报, 2007, 28(21):44-48)
- [13] Liu Jiangtao. Study on Multi-domain User Model Oriented Adaptive Web Mapping Service[D]. Wuhan: Wuhan University, 2012(刘江涛. 面向多领域用户模型的自适应网络制图服务模式研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2012)
- [14] Wang Yingjie, Yu Zhuoyuan, Su Ying, et al. The Main Frames and Achievements in Adaptive Geovisualization System Research[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2005(4):92-96(王英杰, 余卓渊, 苏莹, 等. 自适应空间信息可视化研究的主要框架和进展[J]. 测绘科学, 2005(4):92-96)
- [15] Chen Lei, Du Qingyun, Sun Wen. The Design and Experiment of the Guide for Online Thematic Mapping Model[J]. *Geomatics World*, 2016, 23(2):119-124(陈磊, 杜清运, 孙文. 引导式在线专题制图模式的设计与实验[J]. 地理信息世界, 2016, 23(2):119-124)
- [16] Zhu Xiuli, Liu Wanzeng, Wu Chenchen, et al. Technology of Public Welfare Map Adaptively and Quickly Producing[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2019(6):136-139(朱秀丽, 刘万增, 吴晨琛, 等. 公益性地图自适应快速制作技术[J]. 测绘通报, 2019(6):136-139)
- [17] Ren Fu, Du Qingyun. Online Thematic Cartography in the Context of Smart City[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2014, 39(8):50-52(任福, 杜清运. 智慧城市语境下在线专题制图模式[J]. 测绘科学, 2014, 39(8):50-52)
- [18] Zhao Fei, Du Qingyun, Peng Zifeng, et al. Interactive Model for Web Thematic Cartography: An Indicator-Driven and Task Flow-Centered Approach[J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2011, 40(5):655-661(赵飞, 杜清运, 彭子凤, 等. 指标驱动下以任务流为中心的在线交互制图模型[J]. 测绘学报, 2011, 40(5):655-661)
- [19] Liu Jiangtao, Du Qingyun, Peng Zifeng. Study on User Preference Mining Methods in SDI Information Services[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2013, 38(3):329-333(刘江涛, 杜清运, 彭子凤. SDI信息服务部门用户偏好挖掘方法研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2013, 38(3):329-333)
- [20] Qu Xinyuan, Li Jiacun, Zhao Xiaoli, et al. Critical Techniques of Disaster-Oriented Remote Sensing Quick Mapping[J]. *Geo-spatial Information*, 2011, 9(5):112-114(屈新原, 李家存, 赵晓丽, 等. 面向灾害遥感快速制图的关键技术[J]. 地理空间信息, 2011, 9(5):112-114)
- [21] Song Tingting, Li Chengming, Du Zhongbo, et al. Service-Oriented Thematic Online Mapping System[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2018, 43(3):87-91(宋婷婷, 李成名, 杜中波, 等. 面向服务的在线专题制图系统[J]. 测绘科学, 2018, 43(3):87-91)

Adaptive Cartographic Techniques for Disaster Emergency Services

DU Qingyun^{1,2,3} WANG Yumiao¹ LIU Jiping⁴ LI Aiqin⁵ REN Fu^{1,2,3}
LIU Tao⁶ YAN Han¹

¹ School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China

² Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, China

³ Key Laboratory of Digital Mapping and Land Information Application Engineering, Ministry of Natural Resources, Wuhan University, Wuhan 430079, China

⁴ Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100830, China

⁵ Zhejiang Academy of Surveying and Mapping, Hangzhou 311100, China

⁶ Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China

Abstract: Objectives: In disaster emergency services, the spatial-temporal distribution maps of geographic entities, thematic information statistical mapping, etc. have become important auxiliary decision-making methods. In the face of unpredictable, complex and changing situations of disaster prevention and reduction, disaster emergency mapping services require rapid response, real-time updates to comprehensively and dynamically reflect the information of all aspects of emergency and disaster reduction work. **Methods:** In order to fully meet the content and efficiency requirements of emergency disaster reduction work, we pro-

posed an adaptive mapping method for disaster emergency services. First, based on the comprehensive analysis of the mapping requirements, map content and operation experience of the disaster emergency scene, we proposed a user-oriented adaptive mapping strategies, and described its specific mapping content in detail, including regional scale, mapping template, dynamic symbol and real-time data. Then, according to the characteristics of the disaster scene and adaptive mapping, the overall technical process was designed. The key technologies such as cartographic knowledge expression, construction of mapping templates, production engine of symbols, situational symbol plotting, order-based mapping mode and personal mapping space were also analyzed in depth to form a complete adaptive mapping solution for disaster emergency. **Results:** We used six types of disasters such as earthquake, fire, flood, building collapse, geological disaster and traffic accident as application examples. **Conclusions:** By analyzing previous excellent disaster maps and summering the mapping variables and the relationship between the variables, we used the proposed adaptive mapping technologies to extract 300 kinds of disaster mapping knowledge rules, 200 sets of disaster mapping templates and 100 kinds of dynamic mapping symbols, and build a disaster emergency adaptive rapid mapping platform to provide technical reference for disaster emergency services from the theoretical and practical levels.

Key words: disaster emergency service; adaptive cartography; dynamic thematic symbol; order-based mapping

First author: DU Qingyun, PhD, professor, specializes in the theoretical cartography and geographic information science theory, new media mapping, mobile geographic calculation, etc. E-mail: qydu@whu.edu.cn

Corresponding author: REN Fu, PhD, professor. E-mail: renfu@whu.edu.cn

Foundation support: The National Key Research and Development Program of China (2016YFC0803106).

引文格式: DU Qingyun, WANG Yumiao, LIU Jiping, et al. Adaptive Cartographic Techniques for Disaster Emergency Services[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, 45(8):1117-1125. DOI:10.13203/j.whugis20200138 (杜清运, 王煜森, 刘纪平, 等. 面向灾害应急服务的自适应制图技术[J]. *武汉大学学报·信息科学版*, 2020, 45(8):1117-1125. DOI:10.13203/j.whugis20200138)