



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

大数据情境下面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系研究

朱光^{1,2} 颜焱¹ 张琳娜¹

1. 南京信息工程大学 管理工程学院 南京 210044; 2. 南京信息工程大学 自贸区研究院 南京 210044

摘要: [目的/意义] 针对突发气象灾害应急决策的情报保障需求, 构建了以大数据环境为基、情报技术为力、情报流控制为策、应急决策为标的新型情报响应体系。[方法/过程] 本文详细阐述了面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系中的整体框架与具体内容, 分析了情报响应系统的运行机理。[结果/结论] 该应急决策情报体系围绕情报的采集、组织、分析和应用等活动, 对大数据环境下突发气象灾害的数据信息进行自动监测与挖掘, 充分利用机器学习、自然语言处理等技术进行情报分析, 从而为突发气象灾害的事前、事中与事后提供各种决策支持与情报服务。

关键词: 气象灾害; 突发事件; 应急决策; 情报响应

中图分类号: G35; TP391

Research on Emergency Decision-making and Intelligence Response System for Meteorological Disasters in Big Data

ZHU Guang^{1,2} YAN Yi¹ ZHANG Linna¹

1. School of Management Science and Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Institute of Free Trade Zone, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China

Abstract: [Objective/Significance] In response to the demand for intelligence support for emergency decision-making in meteorological disasters, a novel intelligence response system is designed based on the big data environment, intelligence technology, intelligence flow control, and emergency decision-making. [Methods/Process] In this paper, the overall framework and specific contents of the intelligence response system for emergency decision-making of meteorological disasters is discussed in detail, and the operating mechanism of the intelligence response system is analyzed. [Results /Conclusions] According to the activities of information collection, organization, analysis and application, the emergency decision-making information system can monitor and mine the data information of sudden meteorological disasters automatically in the big data environment, and make full use of machine learning, natural language processing and other technologies for intelligence analysis, so as to provide various decision-making support and intelligence services for the whole process of sudden meteorological disasters.

Keywords: Meteorological disasters; emergency; emergency decision-making; intelligence response

基金项目 中国气象局气象软科学项目“面向突发气象灾害的应急决策与情报分析研究”(2020ZZXM38)。

作者简介 朱光(1986-), 博士, 副教授, 研究方向为文本挖掘、信息隐私, E-mail: guangguang4992@sina.com; 颜焱(1999-), 硕士生, 研究方向为大数据分析; 张琳娜(1999-), 硕士生, 研究方向为信息资源管理。

引用格式 朱光, 颜焱, 张琳娜. 大数据情境下面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系研究[J]. 情报工程, 2022, 8(1): 3-11.

引言

随着人类社会、经济和生活等各方面的发展,人口增长、环境污染与能源匮乏等问题日益突出,全球范围内的突发气象灾害频繁发生。河南暴雨、盐城龙卷风、印度洋海啸等突发气象灾害的发生,给人类安全和社会发展造成了巨大威胁,国内外学术界和政府部门对突发气象灾害相关问题日益关注^[1-2]。为了降低突发气象灾害造成的损失,迫切要实现面向突发气象灾害快速响应的应急决策。由于突发气象灾害具有出人意料、令人措手不及、态势演化迅速、影响面广泛等特点,应急决策需要以畅通的情报流为基础,以高效的情报采集、处理、组织、分析技术为支撑,为应急决策提供有效的信息保障^[3]。

基于此,面向突发气象灾害应急决策的情报体系研究成为必然。同时,随着前所未有巨量数据的聚集,大数据已经从单纯的商业行为上升到国家发展战略,大数据已经越来越被视为国家的一种战略资源,应急决策行为将建立在对大数据的挖掘和分析上,而并非基于经验和直觉。大数据不但影响着面向突发气象灾害的应急决策,也将改变原有情报体系的架构。因此,需要构建一个以大数据环境为基、情报技术为力、情报流控制为策、应急决策为标的突发气象灾害的情报响应体系。

1 国内外研究现状

近年来,来自信息科学、地理科学、新闻传播学、公共管理学等不同学科的研究者从各自的角度对突发气象灾害的应急决策进行了研

究探索,积累了初步的研究成果。这些研究成果主要来源于三个方面:政府机构、学术界以及企业界。政府主要从实践角度制定了应对突发气象灾害的计划、法律法规等^[4];学术界主要从理论角度对突发气象灾害的特征、阶段划分、信息获取处理等方面进行了深入研究^[5];企业目前关注监控系统的构建。情报分析体系的研究一直是个相对独立的领域,可以追溯到1978年^[6]。来自信息科学、公共管理学等不同学科的研究者从各自的角度对情报体系进行了研究探索,这些研究为本文建立面向突发气象灾害的应急决策与情报分析体系,提供了必要的基础和参考。

美国政府针对频繁发生的自然灾害和各种突发公共事件,成立了由总统直接领导的专门管理灾难的机构——联邦紧急事务管理署(FEMA: Federal Emergency Management Agency)^[7]。FEMA的成立标志着美国的应急管理体制由早期的被动模式转变为集中管理模式。国内对突发气象灾害的研究和立法起步较晚,2008年3月温家宝在政府工作报告中指出要“提高预防和处置突发灾害的能力”、“提高防灾减灾能力”,并将“进一步加强应急管理工作”作为2008年国务院57条工作要点之一^[8]。

学术界针对面向突发气象灾害的应急决策研究主要集中在应急决策的快速生成、应急决策评估、应急决策动态调整方面,曾庆田等^[9]针对跨组织应急联动系统的形式化建模和分析方法进行了研究,给出了应急联动任务的形式化模型,分析了跨组织协作过程中任务之间存在的各种关系。李迁等^[10]以无锡地铁工程突发事件应急处置流程为例进行了仿真,得到其时

间性能、运作效率等主要性能参数,为定量地评价工程突发气象灾害应急处置流程效能提供了一个新思路。宋宇博等^[11]考虑运营生产、治安消防和自然灾害3类应急预案,构建了城市轨道交通应急系统的随机模型,通过改变各个变迁的触发速率,分析了系统各种状态稳态概率的变化情况。Yu等^[12]认为城市应急联动系统是一个城市现代化的标志,随着中国城市化的加快,各个城市必须有效应对各种突发灾害以满足市民对公共安全的需求,运用了Petri网对我国的120、110、119和122应急系统进行了仿真分析,结果与实际操作吻合。Duan^[13]认为一个好的应急计划能够确保高效的应急行动,通过Petri网分析了应急响应行动,并以油库火灾的应急案例进行了实证研究。Santana等^[14]利用Petri网建立了应急管理中的决策者工作流程模型,并用模糊规则进行了仿真。

与此同时,研究学者们也对各行业领域的气象灾害预警管理和监测进行了相关研究。周景^[15]从灾害学角度出发,综合考虑电网自然灾害预警管理对象、电网自然灾害演化阶段、预警管理方法和预警信息技术四个方面,提出了电网自然灾害预警管理理论模型,设计并实现了电网自然灾害预警决策支持系统。叶欣梁等^[16]结合风险识别、风险分析等风险管理决策过程,在我国重点旅游地区建立自然灾害风险管理框架,为自然灾害应急决策提供了必要的支持。综合来看,目前面向突发自然灾害的应急决策研究已取得了诸多成果,但情报分析研究有所缺失,概念模糊,相关研究多偏重一般理论研究,缺乏大数据情境下面向突发气象灾害的应急决策机制与情报响应体系研究。基于此,本文将

注重于在大数据环境下,运用情报采集、情报组织和情报分析的最新技术、工具和手段,建设针对应急决策的突发气象灾害快速响应情报即时服务平台,做到突发气象灾害的事前预警、事中处理、事后管理,确保突发气象灾害应急决策和情报响应工作及时、高效、有序地进行。

2 情报响应体系设计

2.1 整体框架

大数据情境下面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系研究主要包括三个阶段,整体框架如图1所示。

(1) 突发气象灾害应急决策的情报体系构建,即围绕突发气象灾害的辅助决策,根据突发气象灾害信息流的特点,构建能够快速反应的情报体系。该情报体系不仅仅是计算机系统,也不仅仅是组织体系,而是以技术为主导,以信息(内容)为基础,以信息平台为载体的情报人员、机构、工具等因素的有机整体。

(2) 突发气象灾害基础资源的建设,即通过突发气象灾害案例知识库、突发气象灾害应对策略库、突发气象灾害计算模型、突发气象灾害信息分析库等基础资源建设,确保突发气象灾害相关信息的完备性、实施性和标准化,有效实现多部门之间的协同应对。

(3) 突发气象灾害的应对研究,根据突发气象灾害案例知识库、策略库以及计算模型,对获取的突发气象灾害信息提供相应的应对方法。即为不同类型的突发气象灾害、不同发展阶段的突发气象灾害快速反应,研究情报体系在其中的地位,凸显情报体系在应对突发气象灾害的快速响应中的作用。

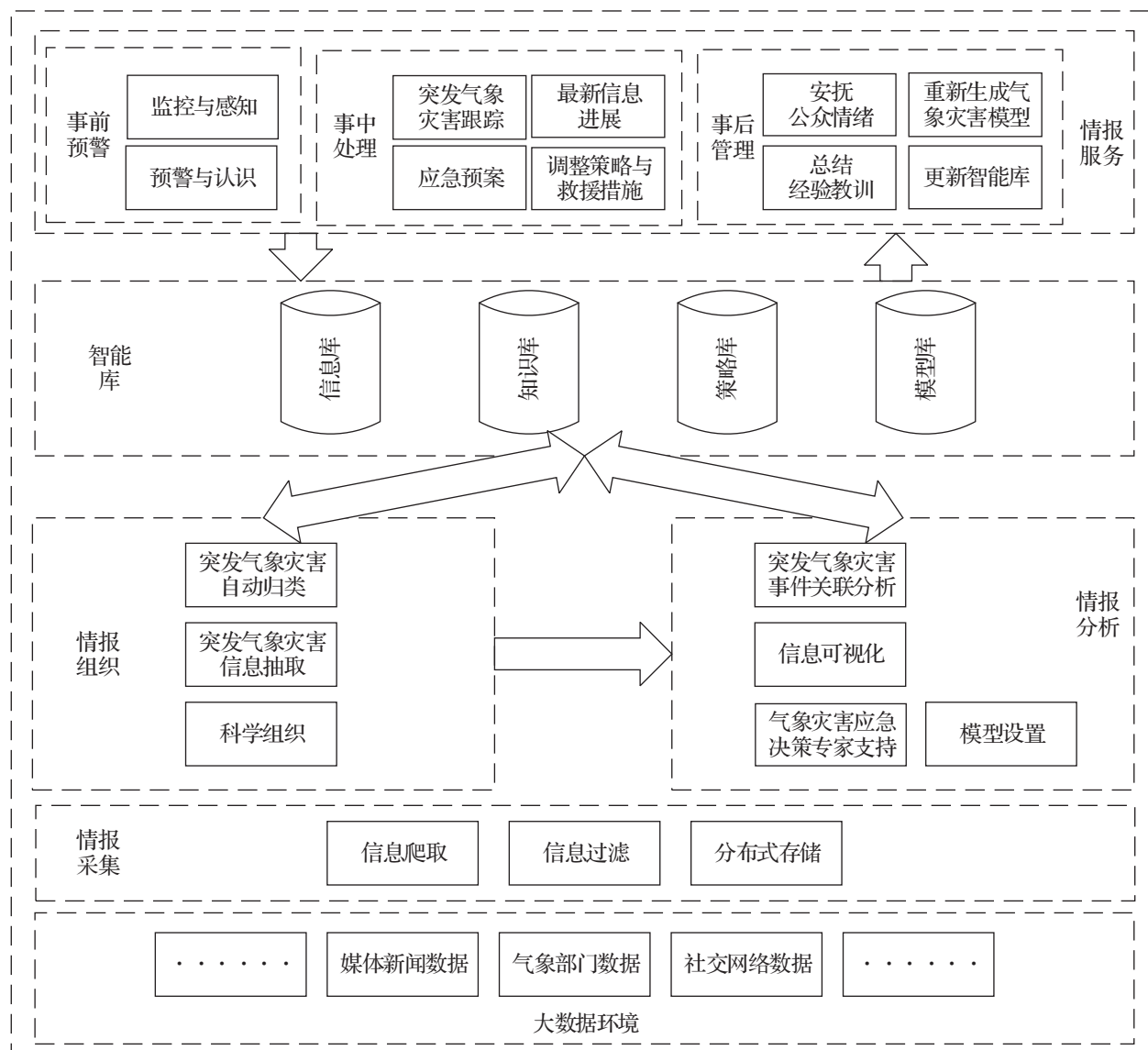


图1 情报响应体系整体框架

2.2 具体内容

大数据情境下面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系具体内容包含面向突发气象灾害的情报体系构建、面向突发气象灾害的情报组织、面向突发气象灾害的情报分析和面向突发气象灾害的情报服务四个部分。

(1) 面向突发气象灾害的情报体系构建。在全球气候变化的背景下，气象灾害的发生频

次和极端天气事件以及造成的社会经济损失呈现增多、加重的趋势，严重危害到人类社会的持续稳定发展，这便对气象灾害的监测和预警预报以及应急决策提出了更高的要求。因而，迫切需要构建面向突发气象灾害的情报体系，明确情报体系的组成要素和彼此关联，探索情报体系各部分在应对突发气象灾害快速响应过程中的作用，通过分析突发气象灾害信息系统

的功能、现有情报体系架构等,重新构建适应于突发气象灾害应急决策的情报体系,实现应急决策的快速响应。

(2) 面向突发气象灾害的情报组织。大数据环境下采集的数据具有数据结构多样化、数据内容庞杂、数据处理速度迥异以及数据存储安全性高低差异等特点,而面向突发气象灾害的应急决策需要精准的数据做支柱,所以需要制定各类型数据集成的接口标准,确定数据翻译的标准,与此同时,充分利用自然语言处理技术对该环节采集的数据进行真伪鉴别、有效处理和科学组织。在情报体系中情报组织包括信息的鉴别、处理和组织。因此,需要围绕信息库、知识库、策略库的构建,在相应知识库和策略库的基础上,构建面向突发气象灾害的相应计算模型。

(3) 面向突发气象灾害的情报分析。情报分析是应对突发气象灾害快速响应的“灵魂”,也是该情报体系的智囊部分,其分析结果是制定应对决策的源泉。大数据时代实时丰富的气象灾害数据使得面向突发气象灾害的情报预测分析研究更加可靠,与此同时该环境下的情报分析大多借助数据分析技术对上一环节获得的情报进行自动化分析。基于此,需要在突发气象灾害知识库、策略库和模型的基础上,利用数据挖掘、机器学习、深度学习、自然语言处理、计算机视觉、人机交互、知识图谱等方法挖掘分析突发气象灾害的数据特征,再将社会网络模型、复杂理论模型等模型引入到情报分析过程中,找出突发气象灾害数据情报中的相关规律,为决策部门提供快速的决策服务和预案参考。

(4) 面向突发气象灾害的情报服务。在突发气象灾害的应对过程,及时通过相关气象部门官网、公众号和社交媒体网站等平台发布气象灾害预警信息、预报气象灾害变化情况,气象灾害服务跟踪等,实现从最初的突发气象灾害的情报采集到最终的情报服务全过程公开透明,提高灾害预警公众覆盖率,实现对突发气象灾害有效控制和妥善处理。在此过程中,需要利用信息可视化、事件关联分析等技术,面向突发气象灾害,开展监控与感知、预警与认知等一系列情报服务。为政府面对突发气象灾害的应急决策提供帮助,并帮助公众更好的应对突发气象灾害。

3 实现路径

3.1 面向突发气象灾害的情报响应体系构建

针对突发气象灾害应急决策视角下情报响应体系的新特点,从基本概念出发,对涉及的情报组织、情报工作流程、情报技术和工具三个方面进行系统分析。

(1) 组织保障。组织保障,是指从组织制度、组织方式和组织信息管理三个层面确保有效控制面向突发气象灾害应急决策的情报流。在组织制度层面,制定一系列严格、规范的规章制度,确保突发气象灾害相关信息等内容的安全、有序、有效地流通、使用和管理,使得情报组织逐步走向规范化、制度化和法制化。在组织方式层面,由过去金字塔型的组织方式转变为网状的组织方式,情报流控制由条块分割型转变为自治单元型,减少层次,缩短回路,控制权下放,减少限制,多个部门和地区密切协作配

合,提高应对突发气象灾害的灵活性和自由度。在组织信息管理层面,由各级领导独自占有突发气象灾害相关信息的习惯性做法转变为实行突发气象灾害信息公告、公开政策,同时注意突发气象灾害及其次生灾害的信息收集与管理。

(2) 流程设计。流程设计涉及突发气象灾害应急决策快速反应的全过程,科学合理的流程是情报体系有效运行的必要条件。流程设计是指在突发气象灾害各个时期,设计、分析和优化情报各个工作步骤和运行流程。设计阶段,主要是基于一套统一的方法和统一的描述语言,透视现有流程质量,并根据突发气象灾害需求调整现有流程。设计阶段要解决“何人完成何种具体工作,以何种顺序完成工作,可以获得何种服务支持,以及在流程中采用何种软件系统”等问题,明确各个组织机构职责和主要任务,根据不同的突发气象灾害类别制定相对应的响应级别并依据其相应级别采取必要的措施。分析阶段,评估、总结突发气象灾害应急决策全过程,根据现有流程在应对突发气象灾害方面存在的不足,明确需要改进的领域。优化阶段,根据分析结果并结合应对突发气象灾害的目的、目标,重新划分情报工作各个步骤以及具体运行流程。

(3) 关键技术与工具。信息技术的飞速发展以及信息基础设施的极大改善,为突发气象灾害应急决策的快速反应提供了重要的环境基础。单纯依靠组织的调整、管理方法的改进已经不能适应时代发展的需要,还需要相应工具的支撑。必要的技术和支撑工具是实现突发气象灾害应急决策快速响应的重要条件。涉及的关键技术,主要包括:元数据技术、信息可视

化技术、人机界面技术、自然语言处理与文本挖掘、机器学习、自动抽词、自动分类、自动文摘、信息安全和保护技术等。

3.2 大数据情境下突发气象灾害的情报采集

在整个突发气象灾害情报响应体系中,情报采集是最基础的组成部分。它所采集到的海量的突发气象灾害历史数据、实时数据以及相关资料是情报组织的对象,是情报分析的内容。通过对突发气象灾害进行情报分析,既可以从中获得突发气象灾害的潜在信号、发展态势、民众情绪等实时信息,也可以完善案例库、模型库等基础性资源,为应急决策的快速响应奠定基础。

大数据情境下突发气象灾害的情报采集首先调研目前各个传播渠道中信息发布方式及时间规律,识别突发气象灾害信息中信息元素(事件类型、事件、地点等)。通过与专家沟通,为不同类型突发气象灾害建立相应的爬取底表,并完成信息的知识表达,从而确定存储方式。在文献调研与专家咨询基础上,建立面向突发气象灾害的海量信息获取模型、信息过滤模型、分布式存储机制,设计并实现突发气象灾害海量信息、实时数据的采集系统。

3.3 面向突发气象灾害的情报组织

在整个突发气象灾害情报响应体系中,情报组织是基础性要素之一,是实现突发气象灾害应急决策快速响应的数据保证。它从突发气象灾害情报采集系统接收采集到的海量情报信息,并利用一定的科学规则和方法,通过对信息外在特征和内容特征的表征和排

序,将其有序化与优质化,从而使面向突发气象灾害的情报分析更加准确和有效,同时也可促进政府或公众对突发气象灾害情报信息的有效获取和利用。

为了实现对突发气象灾害的有效组织和分析,结合其的情报流特征,使用基于七分位词位标注集和复杂语言特征模板的条件随机场,从突发气象灾害中抽取了人名、地名、组织机构名、时间信息、数字信息、人物属性等实体知识,并在此基础上借助知网、气象灾害词典和关键词底表,构建突发气象灾害知识库。该知识库可以用于界定信息的类型,有助于提高信息加工、处理、组织的精度,提高信息分析的准确性和效率。

3.4 面向突发气象灾害的情报分析

在整个突发气象灾害情报响应体系中,突发气象灾害情报分析是核心要素。面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系想要实现快速响应,不仅需要在突发气象灾害发生后进行快速的分析,还需要在事件发生前对已有案例进行分析,以构建不同类型的突发气象灾害知识库。

在文献调研和专家咨询的基础上,结合已有成果,对情报分析、突发气象灾害模型库进行深入剖析,掌握模型库构建的基本流程及其关键工作;继而建立面向突发气象灾害的情报分析系统模型,提出具体的模块划分单元,探讨实现该系统所需要的关键技术,尝试将命名实体识别、机器学习、数据挖掘、潜在语义分析等技术引入到该模型中,以解决突发气象灾害情报分析中模型库的构建问题。通过将模型

转换为实际可操作的情报分析系统,最终以某一类突发气象灾害为实验对象,来实现离线情报分析和即时情报分析服务。

3.5 面向突发气象灾害的情报服务

面向突发气象灾害的情报服务需要实现三个功能:第一,作为信息的“汇集点”,即在大量突发气象灾害中快速有效的整合、分析、提取危险源和事件现场的信息;第二,作为应对突发气象灾害的“智能库”(包括信息库、知识库、策略库和模型库),即提供不同条件下突发气象灾害的科学动态预测与危险性分析;第三,作为整个应急指挥决策的“控制台”,即判断预警级别并快速发布预警,逐步落实应急预案,调整决策和救援措施等,实现科学决策和高效处置。

根据上述分析,面向突发气象灾害的情报服务整体可以分为事前预警、事中处理和事后管理三项活动。

(1) 突发气象灾害事前预警。即根据收集到的信息和事先确定的预警预值,基于自动分类模型,分门别类地进行整理并加以综合分析,生成突发信息信息分析库,以便采取有效的应急措施,及早控制或者防止扩散。其目的在于根据突发气象灾害信息分析库、案例知识库等,有效预防和避免突发事件的发生和扩散,减轻其后果。突发气象灾害事前预警具有预见、警示、延缓、阻止和化解突发事件的功能。重点在于突发气象灾害的监控与感知、预警与认知。

(2) 突发气象灾害事中处理。即在突发气象灾害发生后,利用智能分析、语义推理等技术和工具,立即采取应急应对与实时处理。

其目的在于及时应对突发事件、减少损失。突发气象灾害事中处理重点在于突发气象灾害的跟踪阶段展示、关联分析和策略制定。突发气象灾害跟踪是指采用 TDT (Topic Detection and Tracking, 基于时序的自动检测和跟踪) 等技术, 自动跟踪和监测公众关于突发气象灾害的话题和焦点, 为政府及相关应急部门提供突发事件最新进展信息; 突发气象灾害阶段展示是指根据有关信息, 判别所处阶段, 并进行发展趋势分析; 突发气象灾害关联分析是指利用关联分析技术, 将每一个突发事件都可作为中心, 通过旋转事件中心, 直接查看相关联突发事件及其链式影响, 从而从海量的信息资源中发现潜在的规律。突发气象灾害策略制定是指借助已经构建的应对策略相似计算模型、应对策略库等技术工具, 为处在不同阶段的突发气象灾害提供决策支持服务和可参考预案。

(3) 突发气象灾害事后管理。即在突发气象灾害得到控制后开展的一系列恢复工作。其目的有两点: 一方面, 安抚公众心理情绪, 维护社会稳定和社会生活的连续性; 另一方面, 发现突发气象灾害中的制度缺陷、机构缺失和政策漏洞, 总结经验教训, 重新生成突发气象灾害模型, 更新案例知识库和应对策略库, 为应对新的突发气象灾害做好准备。

4 结语

本文构建大数据情境下面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系, 探索体系中各模块的功用, 实现情报响应体系与大数据技术的完美集合, 研究技术在情报响应体系中的角色、

技术在突发气象灾害应急决策中的作用。在此基础上, 建设突发气象灾害情报即时服务平台, 结合突发气象灾害的特点和应急决策的客观实际情况, 提供完备且及时有效的情报服务, 从实际应用出发, 促使在面对突发气象灾害时真正做到资源整合、统一监控、准确应对、快速反应。大数据时代, 构建面向突发气象灾害应急决策的情报响应体系是一个复杂的过程, 加强突发气象灾害案例信息库、知识库等有效信息资源的获取和完善, 充分利用现代信息技术和相关学科理论知识深度挖掘和分析突发气象灾害有关信息, 并通过即时情报服务平台提供事前预警、事中处理和事后管理服务, 从而确保建设出适合我国突发气象灾害应急决策的全面、完善的实践性情报响应体系。

参考文献

- [1] Xie N, Xin J, Liu S. China's regional meteorological disaster loss analysis and evaluation based on grey cluster model[J]. Natural Hazards, 2014, 71(2):1067-1089.
- [2] Hiwasaki L, Luna E, Shaw R. Process for integrating local and indigenous knowledge with science for hydro-meteorological disaster risk reduction and climate change adaptation in coastal and small island communities[J]. International journal of disaster risk reduction, 2014(10):15-27.
- [3] Shi J, Cui L. Characteristics of high impact weather and meteorological disaster in Shanghai, China[J]. Natural hazards, 2012, 60(3):951-969.
- [4] Wang Y, Xiao F, Zhang L, et al. Research on evaluation of meteorological disaster governance capabilities in Mainland China based on generalized λ -Shapley Choquet integral[J]. International journal of environmental research and public health, 2021, 18(8):4015.

- [5] McKnight B, Linnenluecke M K. Patterns of firm responses to different types of natural disasters[J]. *Business & Society*, 2019, 58(4):813-840.
- [6] Lei X U, Zhang Q, Zhang J, et al. Extreme meteorological disaster effects on grain production in Jilin Province, China[J]. *Journal of integrative agriculture*, 2017, 16(2):486-496.
- [7] Koch H, Franco Z E, O'Sullivan T, et al. Community views of the federal emergency management agency's "whole community" strategy in a complex US City: Re-envisioning societal resilience[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017(121):31-38.
- [8] 杨山林. 公安机关突发事件应急管理机制研究 [J]. 吉林广播电视大学学报, 2016(3):51-52.
- [9] 曾庆田, 周长红, 鲁法明, 等. 面向多视图的跨部门应急处置流程相似度计算方法 [J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(2):368-380.
- [10] 李迁, 刘亚敏. 基于广义随机 Petri 网的工程突发事件应急处置流程建模及效能分析 [J]. 系统管理学报, 2013, 22(2):162-167+176.
- [11] 宋宇博, 牟海波, 蒋兆远. 基于随机 Petri 网的城市轨道交通应急系统安全性能分析 [J]. 中国安全科学学报, 2011, 21(9):82-87.
- [12] Yu X, Chen H, Ji Z. Combination of probabilistic linguistic term sets and PROMETHEE to evaluate meteorological disaster risk: Case study of southeastern China[J]. *Sustainability*, 2019, 11(5):1405.
- [13] Duan R, Liu J, Wang C, et al. Influencing Factors of Public Participation in Meteorological Disaster Prevention and Mitigation[J]. *Sustainability*, 2020, 12(8):3108.
- [14] Santana J A D, Orozco J L, Lantigua D F, et al. Using integrated Bayesian-Petri Net method for individual impact assessment of domino effect accidents[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, (294):126236.
- [15] 周景. 电网自然灾害预警管理模型及决策支持系统研究 [D]. 保定: 华北电力大学, 2016.
- [16] 叶欣梁, 温家洪, 丁培毅. 重点旅游地区自然灾害风险管理框架研究 [J]. 地域研究与开发, 2010, 29(5):68-73+78.