

基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统设计

李晋峰^{1,2}, 王立俊^{2,3}, 王旭⁴, 刘骥超^{2,3}, 杜建华^{2,3}

(1. 海南省气象灾害防御技术中心, 海口 570203;
2. 海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海口 570203; 3. 海南省气象信息中心, 海口 570203;
4. 海南省灾害监测预警中心, 海口 570206)

摘要: 建设突发事件预警信息发布系统是防范灾害风险的重要手段; 根据海南省突发事件预警信息的特点及预警信息数据特征, 开展系统需求分析, 提出突发事件预警信息发布系统体系结构, 采用数据挖掘、数据仿真等大数据技术辅助应急决策, 分析发展态势, 并制定应急预案, 对预警效果进行评估, 动态调整应急策略; 系统总体架构分为业务应用、平台服务、数据支撑、基础设施等 4 个层级, 并设计了一个大数据预警信息发布模型; 系统功能框架分为实时采集、预警信息发布与预警信息发布渠道 3 个子系统, 对原有系统和新系统的预警信息采集、数据处理和发布性能进行对比测试, 基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统响应能力提高 1.8~2.5 倍。

关键词: 预警信息; 大数据平台; 信息发布; 发布系统

Design of Hainan Emergency Early Warning Information Release System Based on Big Data Platform

LI Jinfeng^{1,2}, WANG Lijun^{2,3}, WANG Xu⁴, LIU Jichao^{2,3}, DU Jianhua^{2,3}

(1. Meteorological Disaster Prevention Technology Center of Hainan Province, Haikou 570203, China;
2. Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570203, China; 3. Meteorological Information Center of Hainan Province, Haikou 570203, China;
4. Hainan Provincial Disaster Monitoring and Early Warning Center, Haikou 570206, China)

Abstract: The construction of emergency warning information release system is an important means to prevent disaster risk. According to the characteristics of emergency early warning information and early warning information data in Hainan Province, carry out system demand analysis, propose the system structure of emergency early warning information release system, use big data technologies such as data mining and data simulation to assist emergency decision-making, analyze the development trend, and develop emergency plans, evaluate the early warning effect, and dynamically adjust emergency strategies. The overall architecture of the system is divided into four levels: business application, platform service, data support and infrastructure, and a big data early warning information release model is designed. The system functional framework is divided into three subsystems: real-time collection, early warning information release and early warning information release channel. Through the comparative test of the collection, data processing and release performance of the early warning information of the original system and the new system, the response capacity of the Hainan emergency early warning information release system based on the big data platform has increased by 1.8 to 2.5 times.

Keywords: early warning information; big data platform; information delivery; release system

0 引言

海南省发生灾害的频率是比较高的, 尤其是自然灾害, 类型多种多样, 包括强对流天气、雷暴、干旱和洪涝等。且近几十年以来, 全球气候变暖趋势加剧, 台风强度及破坏力较之以往都有明显增强, 因超强台风而导致的巨灾事

件也时有发生。从 2008 年至 2018 年, 这十年时间里, 海南省就遭遇了 68 次降水量在 200 毫米以上的台风和降雨, 30 次降水量在 400 毫米以上。2014 年, 超强台风“威马逊”登陆, 受灾群众有 320 多万人, 造成海南 24 人死亡或失踪, 直接经济损失 109 亿元。

由于突发事件预警信息是涉及人们生命安全的重要影

收稿日期: 2023-02-10; 修回日期: 2023-03-10。

基金项目: 国家自然科学基金(41775011); 海南省气象局科技创新项目(HNQXSJ202202)。

作者简介: 李晋峰(1971-), 女, 山西原平人, 高级工程师, 主要从事计算机技术与应用气象服务方向的研究。

通讯作者: 杜建华(1981-), 男, 湖北洪湖人, 硕士, 正高级工程师, 主要从事气象数据理论和应用方向的研究。

引用格式: 李晋峰, 王立俊, 王旭, 等. 基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(8): 176-182.

响因素, 及时准确地发布预警信息所能够起到的重要作用是不言而喻的。现阶段虽然有多种方式手段可用来发布预警信息, 不过就整体而言还是存在诸多问题, 如收集信息的速度比较慢、全面性不足, 无法及时快速地发布信息等, 因此建立一个针对海南省的发布时效性高、信号覆盖范围广、容灾性能好、地域针对性强等性能的预警信息发布系统具有重要意义。而大数据技术可以快速、高效地收集突发事件的相关信息, 并以互联网平台为载体, 具有传播速度快的特点, 还能对网络上的信息进行分析、监测和评价, 从而对突发事件进行有效判断并发布预警信息。

2018 年, 我国专门组建了一个应急管理部以应对突发事件, 积极推进各部门与各机构之间共同协作、协同, 专家合作, 同时还着力搭建了一个跨部门、跨学科、可识别多种类型的灾害、能够进行演化预测的科技共享平台^[1]。可以说当前我国的自然灾害监测预警、风险识别及评估体系正在不断完善当中^[2-3], 针对自然灾害领域进行的理论研究, 并初步搭建起了风险相关数据库^[4]。但在资源统筹及信息共享方面也还存在诸多短板, 严重缺乏预防及救援能力等^[5-6]。美国、日本等发达国家在面对突发事件时, 其所搭建的监测网络及通信系统都是十分完善和严密的, 能够实现全天候 24 小时监测, 预警信息发布渠道也十分多元化, 预警区域内的每一个人就都能够及时收到预警信息。另外, 国外发达国家还会向民众发放各类灾害风险地图, 综合运用新闻发布会、培训教育等方式开展公众灾害意识教育, 提高公众风险意识。日本搭建了自动触发警报装置及自动处理发布实时气象数据装置。美国利用多元化的评估模型和监测指数提供突发事件实时信息, 在发布预警信息方面, 其可利用的途径和渠道包括国家气象局自动预警系统、订阅信息和自动呼叫系统等^[7]。

学者们在突发事件预警信息发布方面也进行了研究。王凯等人^[8]构建变形阶段大数据样本环境, 分析各岩性区内滑坡宏观位移阶段日变形速率分布规律, 利用聚类分析构建变形阶段多级预警判据, 分析对各级预警区间出现的空间概率及持续时间。Gao 等人^[9]认为基于卫星的降水估算在推动全球或区域气象、水文和农业模型方面发挥着至关重要的作用, 并改进了现有的卫星降水反演算法, 能够为洪水预报和自然灾害预警提供初步参考。Su^[10]针对现有地质灾害监测预警系统存在监测误差大、精度低等问题, 设计了一个基于大数据分析的地质灾害监测预警系统。该系统能够实现地质多维异构监测数据的融合, 并对异常地质信息进行挖掘传输到预警信息发布模块, 将预警信息以短信和电子邮件的形式发布。刘钊等人^[11]搭建地质勘查管理与服务的“智慧型”大数据平台, 构建地面沉降监测预警信息, 实现空间数据的展示、交互、分析等功能, 建设首都地质资源环境承载能力监测预警平台。

1 预警信息发布系统现状分析

1.1 突发事件类型及特点

我国《突发事件应对法》将突发时间划分成了如下自

然灾害、事故灾害、公共卫生安全事件和社会安全事件四大类, 且四者之间都存在共时性, 在一定条件下可以相互转化, 相互影响^[12]。突发事件具有突发性、不确定性、破坏性、衍生性、扩散性、社会性与周期性等特点, 同时海南省因其地理位置, 存在多种自然灾害、气象灾害的潜在威胁, 还可能产生社会安全事件、事故灾害等突发事件。无论是社会安全事件, 还是公共卫生安全事件, 或者是自然灾害事件, 只要是能够预警的, 那么就能够按照风险可能会带来的社会危害程度、影响范围等因素将其划分成不同的等级。在预警信息发布系统中明确突发事件类型及级别, 可以方便公众直观地获取信息, 做好充分准备, 避免由于信息不对等造成错误判断, 影响公众做出正确决策^[13]。

1.2 存在的不足

1) 各部门协调方面存在不足。海南省突发事件监测预警工作涉及到的领域比较多, 包括应急、农业、水务、海洋(自然资源)等, 这意味着有效沟通在其中将起到重要作用。且现阶段各种类型的灾害的预警技术发展存在较大差异, 各部门操作程序也未统一, 增加了预警信息发布的难度^[14]。

2) 各灾种的时空尺度有所不同, 且存在级联效应。灾害类型不一样, 则其时间尺度特征也不一样, 如地震的发生最快, 干旱的发生最慢, 在预测这两种灾害时其难度都非常高。另外, 目前发生的灾害还会带来十分显著的级联效应, 风险自身就是在不断变化着的, 人口流动性、环境发生变化等因素都会增加灾害风险的复杂程度, 且还会不断变化。

3) 预警信息传递及响应能力。在传递预警信息的过程中很有可能会出现信息失真或延迟的问题, 尤其是偏远地区更容易发生这些问题, 致使偏远地区的人们很难在第一时间及时获取到准确的、有效的预警信息。

4) 预警信息的有效性。预警系统不仅要及时发布信息, 还涉及到灾害研判、决策辅助、靶向精准发布等功能。同时随着发布平台及各渠道发送的预警信息日益增多, 缺乏统一的监控管理, 造成运维工作量急剧增加, 也会影响到系统的稳定性^[15]。

2 系统需求分析与设计

2.1 系统功能需求分析

根据海南省突发事件的特点, 以及国内外相关预警信息发布经验, 本文针对突发事件监测预警的关键性要素进行了研究分析, 以业务能力需求作为出发点设计了系统架构, 提出了基于大数据平台的海南省突发事件预警信息系统建设模式, 具备以下几种功能:

1) 风险分析能力。科学有效地防范突发事件风险, 就必须要有对其有一个正确的认识。为此, 通过各种监测数据的灵活运用, 对各种异常现象的发展过程及其变化趋势进行全面、动态性的跟踪, 借助先进的现代科学模型及计算方法进行全方位、多角度的研究分析灾害演变态势。同时, 积极搭建风险隐患数据库, 制定风险防控及应急预案, 以促进风险分析能力的有效提升^[16]。

2) 综合决策能力。灾害风险能不能得到有效化解与防

范，其关键在于综合决策，这就需要借助现代计算方法来充分挖掘和分析各种灾害实时监测数据信息，将其中有价值的信息提取出来。还需要对风险分析模型及推演系统进行深入研究，再结合所提取的信息来对灾害演变态势进行科学、准确地研判，为正确决策的制定提供可靠依据。另外，各部门与各系统之间应当通过有效的协调机制及相关平台来实现信息共享、协同合作，以促进综合研判及高效决策能力的不断提升。

3) 预警信息发布能力。开展综合监测预警工作的最终目的是预警发布，这就对信息发布手段提出了较高的要求，同时还要能够对各级突发事件预警信息发布系统进行充分、合理地利用，确保灾害预警信息能够在最短时间内传送给各家各户乃至每一个人。建立健全多元化信息发布机制，及时发现和消除预警发布盲区，信息发布的时效性及准确性都要有所保障，覆盖范围要广^[17]。

4) 预警联动处置能力。在突发事件发生的时候可在第一时间收到预警信息并采取适当的、有效的措施。其所涵盖的模块比较多，包括及时预警、快速响应等。要想提高快速应急反应能力，那么预警信息发布系统建设工作需要不断推进和完善，信息快速汇集传输机制要加快构建起来，为决策者和现场实现及时、高效的沟通提供可靠保障^[18]。

2.2 突发事件预警信息发布系统设计

及时、准确且有效地发布突发事件预警信息，这不但能够让公众和媒体及时获取信息，提前做好准备，以免出现以谣传谣等问题，且还有助于政府公信力的提升，让公众、政府与媒体之间的信息沟通更为顺畅。本研究将海南省预警信息发布与突发事件预警决策融合在了一起，通过对已经打通的预警信息发布资源渠道的充分利用来达到共享数据信息的目的，从而让各相关方面的预警数据信息能够高效、准确地整合，依托于大数据技术手段来搭建起了一套海南省突发事件预警信息发布系统，图 1 为系统体系结构图。

各种类型的突发事件从发生到发展，再到演化都会经

历一个较为复杂的、动态的过程，在情景、形势瞬息万变、错综复杂的情况下，如要能够根据即时情景来准确研判态势，要能够实时、科学地判断突发事件可能出现的发展趋势，实施某一决策所带来的效果是什么。所以，系统从突发事件预警出发，将突发事件发生的整个过程都囊括在了其中，具体如下：一是事前阶段，具体内容是事前进行分析、预测、预警并初步生成预案；二是事中阶段，这需要结合具体情景来提供相应的预警信息；三是事后阶段，主要工作内容是评估。系统在高效整合海南省预警数据之后可依托于大数据技术手段来充分发掘和量化分析数据信息，将隐藏在其中有价值的或是相互之间有关系的数据信息挖掘出来，并利用系统仿真、数据建模等工具手段来寻找规律，为相关部门作出正确决策提供依据^[19-22]。实时的效果评估还有助于系统形成动态的反馈机制，通过实时监测数据、评估效果等方式来准确预测突发事件发生的概率及其可能引发的不良后果，做出有效的应对预案，以促进海南省突发事件预警信息发布的科学性和有效性的不断提高。

2.3 系统架构设计

各种灾害类型的致灾因子、承灾载体及孕灾环境都是海南省突发事件预警信息发布系统的主要监测对象，系统在有效监测这三大类型的数据信息的基础上可及时上传和分享相关信息给各部门，为有关部门准确、有效识别和分析灾害风险，根据分析结果进行预警、及时采取有效措施来防范风险的发生提供了重要依据^[23]。本文以分层架构的模式来设计系统，该体系从上到下共包括了业务应用、平台服务、数据支撑、基础设施等 4 个层次。另外，为确保系统运行的有效性与高效性，本文同时设计了一套切实可行的规范体系与保障体系。系统总体架构如图 2 所示。

1) 业务应用层。系统的主要发布手段包括网站、广播电视、手机 App、社交媒体、电子显示屏、各个客户终端等，以上发布技术手段是在已有的突发事件预警发布手段的基础上予以扩充，使其适应突发公共事件的预警信息发布。这是借助计算平台、服务器及系统软件等设备的高效

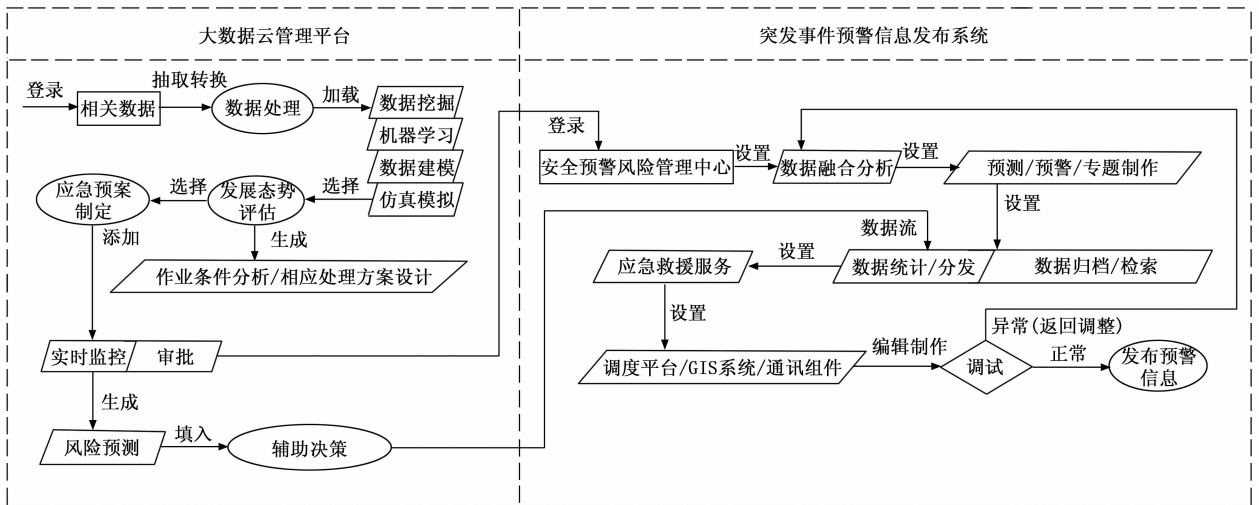


图 1 海南省突发事件预警信息发布系统体系结构图

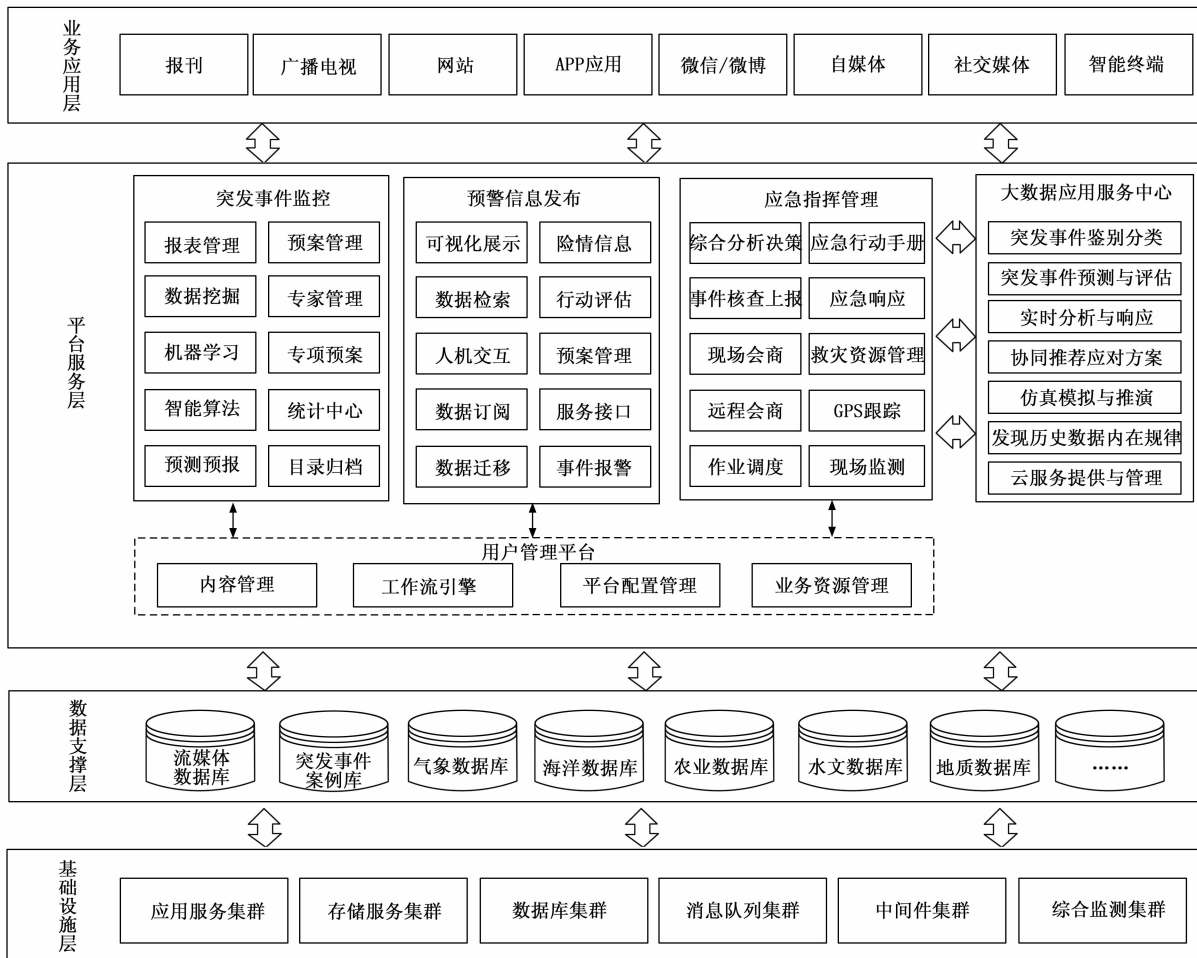


图 2 海南省突发事件预警信息发布系统总体架构图

运行来提供基础支撑环境的。

2) 平台服务层。海南省突发事件预警信息发布系统运行的核心部分就是平台服务层, 从监测突发事件开始到预警信息发布的整个过程当中, 都需要发挥出该层级的作用, 其所包含的平台服务主要有三大类, 分别是风险监测和发布预警。通过对致灾因子和隐患点的全方位实时监测, 进行风险评估并展开灾害趋势预测; 在风险评估结果的基础上, 确定警报阈值, 通过对各类发布渠道的充分利用, 从而能够精准全面的发布预警信息, 结合预警信息来着手开展适宜的、有效的风险防范措施; 预警信息等级还可为管理人员启动相应预案, 对各项应急资源进行合理有效的调度提供依据, 使得重大灾害风险能够得以有效防范和化解, 最大限度的减少损失。

3) 数据支撑层。通过自然灾害统一数据库的构建, 通过统一数据标准接口及规范的制定与实施, 从而能够在同一个平台上整合历史灾害数据、承灾体数据、实时监测数据等各类数据信息, 且能够实现统一存储、计算及治理数据的目的, 可统一汇集与管理数据信息。另外, 各平台、各层级及各部门也可通过数据服务层来达到共享和交换数据信息的目的, 让数据价值得到充分挖掘。另外, 为确保

各种类型的业务的运行正常与高效, 还需要搭建一个突发事件案例库, 保障突发事件综合监测预警和预警信息发布。

4) 基础设施层。该层级的搭建过程中运用到了许多先进的现代信息技术, 如应用服务器集群、中间件集群等, 同时还需要逐步完善工程基础设施, 这样一来就能够推演模拟突发事件情景, 为相关部门作出正确决策提供依据和支撑。另外, 还包括综合监测集群, 是在合理利用视频感知、地面监测站及传感器网络等一系列手段和设备的基础上形成的, 可从多个角度全方位监测各灾害隐患点, 能够为综合监测预警系统业务应用实施提供实时、准确的数据依据。

除了上面的 4 个层次, 还有标准规范与运行保障。这就需要构建统一的技术标准与业务规范, 使得各种数据资源得到有效利用的概率大大提高。另外, 数据格式与操作规范也需要统一起来, 预警流程应当实现规范化, 业务运行保障制度与合作机制应当合理且规范化。运行保障体系能够有效运转整个突发事件监测预警综合业务, 确保整个预警体系的运行效率、安全性和稳定性。

3 系统整体功能框架

3.1 系统的功能结构

目前预警信息发布系统的监测力度不足, 从而导致运

维工作量大、信息发布审核审批环节便利性不够、分区预警及多预警同时发布等功能需求、完善突发事件现场灾情搜集及移动视频会商功能、新型渠道拓展建设等问题。因此构建一个实时、高效、信息覆盖面和针对性强的预警信息发布系统迫在眉睫，海南省的突发事件预警信息发布系统整体功能结构如图 3 所示。

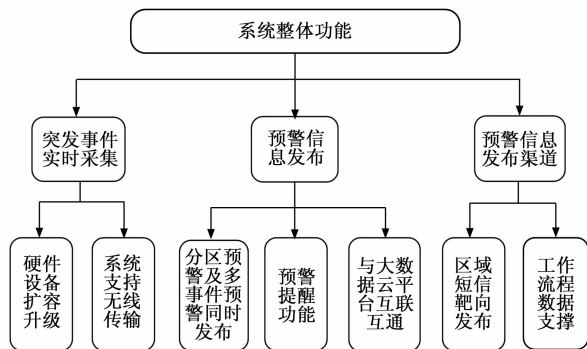


图 3 海南省突发事件预警信息发布系统整体功能结构图

1) 突发事件实时采集：根据突发事件现场保障需求，建设可与突发事件现场移动式实时音视频共享功能，实现突发事件预警信息的互联互通、信息共享和协同联动，为突发事件的应对提供实时数据。

2) 预警信息发布：基于海南省的突发事件预警信息发布应具有分区预警、多灾种预警信息同时发布、预警提醒功能、与大数据云平台对接实现靶向式精准发布等功能。该系统平时应能够提供海南省日常气象服务信息等；而遇到突发事件后，可提供给应急单位，实现高效率的预警信息审核审批及发布。

3) 预警信息发布渠道：该渠道是基于突发事件预警信息发布，通过其与三大运营商大数据进行整合，实现区域短信靶向发布，并利用移动大数据提供重点场所人口密度数据作为支撑，从而提高预警信息发布的针对性，便于指挥决策。

3.2 基于大数据的突发事件预警信息发布模型

基于大数据的突发事件预警信息发布模型分为基础数据支撑、大数据分析、智能 workflow 处理、融媒体内容一体化、云平台多渠道发布、实时数据交换共享及后台管理等部分，模型如图 4 所示。

其中，该模型以基层数据为导向，逐渐增加系统的可靠性、安全性和科学性，从而为预警信息发布提供依据，应支持多源数据，包括突发事件位置分布以及实时监测预报数据的展示，并与 GIS 地理信息系统相结合，根据海南省本地特征，将其在地图上展示，实现数据分布的可视化。同时基于海南省本地数据源，与地理信息系统相结合，使其能够在地图上标记重点防护目标的分布情况，包括经济、人口、医疗卫生、学校、水库、旅游景点、地质灾害隐患点等。

该模型利用智能标签技术，对相关资料数据分析，进行相关资源的推荐和引用，实现在预警发布过程中，资源的智能推荐，快速查看引用和当前相关的素材，提高效率，扩大预警的覆盖面。另外，该模型还具有智能提图功能。多媒体目前除了短视频的需求，还有更轻量的 GIF 图的需求，GIF 比短视频更节省流量更便捷。故在预警信息制作过程中，可直接截取视频中的精彩内容进行拼接，生成 GIF 动态图片、字幕叠图以供引用，提高效率。从预警信息发布流程来看，突发事件发生到采编、再到呈现在观众面前

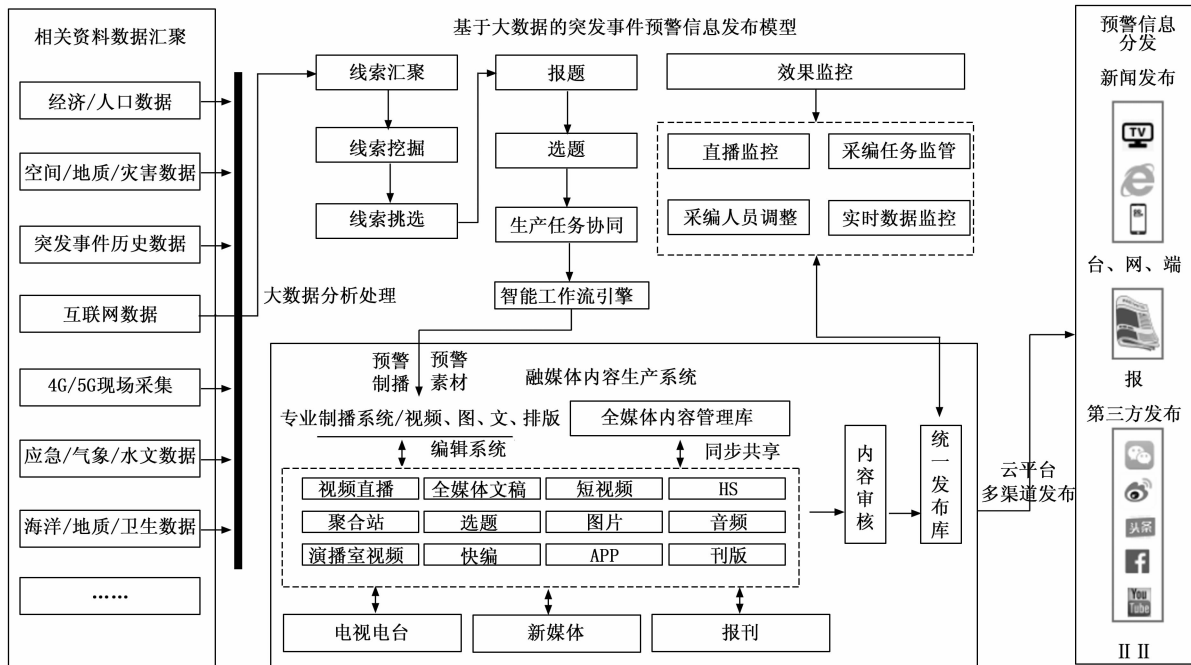


图 4 基于大数据的突发事件预警信息发布模型

的时间大大缩短, 甚至可以做到同步和实时; 从工作效率来看, 采编工作前端化, 前方和后方的界限不断模糊。采编机构设置从立体垂直变得愈发扁平化, 越来越向现场靠近, 提高了预警信息的时效性。能够打破传统的预警信息服务, 向提供媒体转型融合一体式服务转变, 大数据云端可将预警信息向自有平台、商业化平台和云平台终端以跨平台形式分发。

3.3 突发事件实时采集

当发生突发事件尤其是自然灾害时, 现场的实时情况尤其是灾情实况是指挥决策的重要依据, 也是预警信息靶向发布的重要参考。因此, 建设灾情实时采集系统, 实现预警信息发布中心与灾害现场的实时会商以及灾情搜集上报功能, 具有重要的现实意义。

由于需要将灾害现场的音视频文件实时传送到预警信息发布系统, 因此系统硬件设备应具有相应保障, 如具备高速传输速率及较大容量等。同时灾情实时采集系统还支持无线传输, 此系统主要分为三部分, 移动客户端负责采集音视频图像, 并能够接收发布中心的决策指挥信息; 资源处理中枢获取视频数据, 并进行解码转换; 资源服务可以将音视频信息回传到服务器, 用户也可根据需求对资源进行获取与访问等。

3.4 预警信息发布

以大数据平台为基础而搭建起来海南省突发事件预警信息发布系统需要具备分区预警、多灾种预警信息同时发布、预警提醒功能、与预警信息发布模型实现精准化靶向发布等功能。

1) 分区预警及多灾种预警同时发布: 根据实际需求, 同时为提高预报预警信息发布的精准度和效率, 系统应具备分区预警发布、多灾种预警同时发布等功能, 能够针对多个区域、不同灾种做分区预警、多灾种预警同时发布和解除, 且能够按照渠道的特性进行内容的生成包装。

2) 预警提醒功能: 预警平台提醒主要功能包括: 操作员待处理预警任务数据量的提醒、任务处理情况提醒、发布渠道故障提醒、预案单位发布预警等。

3) 与大数据云平台互联互通: 预警信息发布系统还应与大数据云平台实现互联互通。一方面, 确保指挥决策的相关信息能够及时落实并发布到指定区域与人群, 尤其是能够根据 GIS 进行区域精准化靶向发布, 对于靶向的发布对象采用合理的发布手段进行预警发布和通知。另一方面, 发布平台上所发的预报预警信息结果及统计情况需及时传输到指挥决策辅助平台进行展示。

3.5 预警信息发布渠道

通过预警信息发布渠道可有效整合突发事件预警信息发布系统与三大运营商数据, 充分利用三大运营商提供的资源, 从而实现区域短信靶向发布; 同时获取重点场所人口密度绘制出人口热力图作为数据支撑, 提高预警信息发布的针对性。考虑到数据的敏感性, 可在预警信息发布系统与运营商大数据平台间建立一个代理服务层, 负责数据

传递和中间结果计算。

4 系统性能测试与分析

国家突发事件预警信息发布系统是支撑国家、省、市、县四级相互衔接的突发事件预警信息发布工作的业务平台。2013 年, 原有的海南突发事件预警信息发布系统是国家突发事件预警信息发布系统的省级子系统, 该系统的并行处理能力和扩展型不足。基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统充分利用云计算、大数据、物联网等新技术, 提供突发事件综合风险分析与预警决策支持服务。对比测试系统的性能, 将相同大小的任务分别在突发事件预警信息发布系统和基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统上运行, 分别对预警信息采集、预警信息数据处理和预警信息发布等响应时间进行统计, 如表 1 所示。其中, 将突发事件预警信息中统计数据等结构化数据按照信息采集、数据处理、信息发布 1: 1: 1 的比例做加权平均分别在原有系统和新系统上运行, 响应时间提升 1.8 倍; 同理, 将音视频等非结构化数据按照信息采集、数据处理、信息发布 1: 1: 1 的比例做加权平均, 响应时间提升 2.5 倍, 运行管理响应时间提升 2 倍。

表 1 系统性能测试

数据类型	响应时间/ms					
	突发事件预警信息发布系统			基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统		
	信息采集	数据处理	信息发布	信息采集	数据处理	信息发布
结构化数据	530	930	780	335	385	520
非结构化数据	1 350	1 760	1 120	545	475	715
运行/管理数据	465	650	—	275	265	—

从结果分析可以看出, 输入结构化、非结构化及运行管理数据, 突发事件预警信息发布系统和基于大数据平台的海南省突发事件预警信息发布系统对预警信息采集、预警信息数据处理和预警信息发布响应时间提高 1.8~2.5 倍。

5 结束语

目前海南省在应对突发事件进行预警信息发布时形势依然严峻, 通过对各种资源及方式手段的灵活运用来推进突发事件综合监测预警系统建设工作。文章研究分析了国内外关于突发事件预警方面的现状, 并总结了突发事件的类型特点及海南省在面对突发事件做出预警时存在的问题。随后根据海南省特点进行了预警信息发布系统的功能需求分析和系统架构设计, 分析系统应具备风险分析能力、综合决策能力、预警信息发布能力。最后搭建了系统的整体功能框架, 完整的预警信息发布系统由基于大数据平台的预警信息模型统筹, 具体由灾情实时采集系统、预警信息发布系统、预警信息发布渠道等组成, 负责对突发事件信息进行采集、分析并发布预警, 从而使海南省应用大数据技术在面临突发事件时能够及时、准确、高效地发布预警

信息,能够让应对突发事件的能力得到有效提高。在下一步研究中将更多采集非结构化的图形视频等预警信息及专业模型来优化系统功能。

参考文献:

[1] 陈其针, 仲平, 张贤, 等. 构建中国自然灾害防灾减灾新体系 [J]. 水文地质工程地质, 2020, 47 (4): 1-4.

[2] 廖永丰, 赵飞. 强化我国自然灾害风险管理技术途径的思考 [J]. 中国防汛抗旱, 2018, 28 (11): 33-36.

[3] 李晋峰, 苗卫东, 颜仕龙. 海南移动“12121”声讯平台扩容升级的实现 [J]. 数字技术与应用, 2017 (3): 107-108.

[4] 王军, 李梦雅, 吴绍洪. 多灾种综合风险评估与防范的理论认知: 风险防范“五维”范式 [J]. 地球科学进展, 2021, 36 (6): 553-563.

[5] 张磊, 周洪建. 防灾减灾救灾体制机制改革的政策分析 [J]. 风险灾害危机研究, 2019 (1): 36-51.

[6] 汪明. 第一次全国自然灾害综合风险普查总体技术体系解读 [J]. 城市与减灾, 2021 (2): 2-4.

[7] Survey U S G, 徐志国, 邹立晔, 等. 美国国家现代地震监测系统 (ANSS) ——现状、发展机遇和战略规划 (2017~2027) [J]. 世界地震译丛, 2018, 49 (5): 397-423.

[8] 王凯, 张少杰, 马娟, 等. 大数据环境下滑坡宏观位移阶段空间分布规律及预警判据研究 [J]. 地球科学进展, 2022, 37 (10): 1054-1065.

[9] GAO Z, HUANG B, MA Z, et al. Comprehensive comparisons of state-of-the-art gridded precipitation estimates for hydrological applications over southern China [J]. Remote Sensing, 2020, 23 (12): 3997.

[10] SU B, XU Q, HUANG J, et al. Design and implementation of monitoring and warning system for geological disasters based on dynamic data-driven technology [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science and Technology Edition), 2018, 45 (5): 615-625.

[7] BANDALA M, WEST C, MONK S, et al. Vision-based assisted tele-operation of a dual-arm hydraulically actuated robot for pipe cutting and grasping in nuclear environments [J]. Robotics, 2019, 8 (2): 42.

[8] 杨健健, 张强, 王超, 等. 煤矿掘进机的机器人化研究现状与发展 [J]. 煤炭学报, 2020, 45 (8): 2995-3005.

[9] 闫敬旺, 王树斌, 谭震, 等. 煤矿机器人集群研发工程示范建设实践——陕煤集团神木柠条塔矿业有限公司智能矿井建设经验 [J]. 智能矿山, 2022, 3 (8): 48-58.

[10] 余煌, 金守宽, 李潇, 等. 一种新型管道清理机器人 [J]. 今日制造与升级, 2021, 5: 52-53.

[11] 曹建树, 徐宝东, 鲁军, 等. 蠕动式污水管道清淤机器人 [J]. 机床与液压, 2014, 42 (21): 50-53.

[12] 任新新, 胡文韬, 吕海翔, 等. 电缆管道巡检清理机器人的研究与设计 [J]. 电力学报, 2016 (2): 141-147.

[13] 王川伟, 马宏伟, 马琨, 等. 救援探测机器人越障能力研究 [J]. 煤炭技术, 2018, 37 (1): 230-231.

[11] 刘钊, 李敏, 韩征, 等. 基于 WebGIS 的地面沉降监测预警信息系统构建的研究 [J]. 城市地质, 2018, 13 (2): 98-103.

[12] 王文, 张志, 张岩, 等. 自然灾害综合监测预警系统建设研究 [J]. 灾害学, 2022 (2): 229-234.

[13] 曹之玉, 贺姗姗, 孙超, 等. 新一代国家突发事件预警信息发布云服务平台设计与实现 [J]. 科学技术与工程, 2021, 21 (4): 1483-1488.

[14] 周洁, 许丽佳, 林倩. 面向辅助决策的突发事件预警信息发布系统研究——以北京市突发事件预警信息发布系统为例 [J]. 科技风, 2018 (22): 76, 86.

[15] 刘秀娟, 陈华辉, 王延通. 基于移动短信的气象预警信息综合发布平台设计与实现 [J]. 现代电子技术, 2016, 39 (21): 29-31.

[16] 高国弘, 缙晓辉, 马旭成, 等. 基于蜂窝通信的突发事件预警短信靶向发布方案 [J]. 气象科技, 2022, 50 (1): 59-65.

[17] 邓芳, 苏道迁, 杨洋. 海南自贸港建设背景下的自然灾害防治对策研究 [J]. 中国减灾, 2020 (19): 34-39.

[18] 姚明. 海南应急管理一张图平台设计与实践 [J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44 (10): 160-161, 165.

[19] 周利敏, 龙智光. 大数据时代的灾害预警创新——以阳江市突发事件预警信息发布中心为案例 [J]. 武汉大学学报 (哲学社会科学版), 2017 (70): 121-132.

[20] 王立俊, 杜建华, 刘骥超, 等. 基于决策树挖掘算法的气象大数据云平台设计 [J]. 计算机测量与控制, 2022, 30 (11): 140-146.

[21] 王双双, 杜建华, 王立俊, 等. 基于气象大数据云平台的海南气象数据共享平台设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2022, 30 (10): 222-226, 232.

[22] 刘骥超, 叶钊, 谢寒生. 云计算环境下气象大数据的应用研究 [J]. 计算机技术与发展, 2019, 29 (5): 168-171.

[23] 路强, 张春莉, 徐小远, 等. 地震综合信息多渠道发布系统设计与实现 [J]. 震灾防御技术, 2020, 15 (3): 563-570.

[14] 陈亮, 石胜, 赵仁佳, 等. 隧道救援履带式机器人设计及越障性能分析 [J]. 医疗卫生装备, 2021, 42 (12): 17-22.

[15] 谷山强, 姜文东, 等. 电力隧道消防机器人实时避障控制系统设计 [J]. 科技通报, 2019, 2: 80-84.

[16] 葛世荣, 胡而已, 等. 煤矿机器人体系及关键技术 [J]. 煤炭学报, 2020, 45 (1): 455-463.

[17] XIE T, ZHANG Z, TIAN J, et al. Focal DETR: target-aware Token design for transformer-based object detection [J]. Sensors, 2022, 22 (22): 8686.

[18] 马思群, 王兆强, 韩博, 等. 改进的 LQR 横向路径跟踪控制器 [J/OL]. 机械科学与技术: 1-9 [2023-05-12].

[19] MORALES S, MAGALLANES J, DELGADO C, et al. LQR trajectory tracking control of an omnidirectional wheeled mobile robot [C] //2018 IEEE 2nd Colombian Conference on Robotics and Automation (CCRA). IEEE, 2018: 1-5.

[20] 胡杰, 钟鑫凯, 陈瑞楠, 等. 基于模糊 LQR 的智能汽车路径跟踪控制 [J]. 汽车工程, 2022, 44 (1): 17-25.

(上接第 147 页)