

DOI:10.16867/j.issn.1673-9264.2024231

刘正坤,何莉,梁文康,等.基于大数据的水旱灾害防御预警调度系统及其应用[J].中国防汛抗旱,2025,35(7):56-59.LIU Zhengkun, HE Li, LIANG Wenkang, et al. Big data based on flood and drought disaster prevention, warning and scheduling system and its application[J]. China Flood & Drought Management, 2025, 35(7): 56-59 (in Chinese)

基于大数据的水旱灾害防御预警调度系统及其应用

刘正坤¹ 何莉² 梁文康³ 杜煜⁴

(1. 东深智水科技(深圳)股份有限公司,深圳518057;2. 深圳大学机电与控制工程学院,深圳518060;
3. 深圳坪山区水务局,深圳518118;4. 人工智能与数字经济广东省实验室(深圳),深圳518107)

摘要:传统水旱灾害预警通知方式,难以精准跟踪和统计受灾人员转移方向和转移数量,进而无法预估抢险救灾实际效果。当前移动通信方式全面普及,基于洪水风险图,结合运营商大数据,为实现灾害预警、科学调度提供了解决途径。基于洪水风险图和运营商大数据制定水旱灾害防御精准预警和调度决策方案,结合实测水情和预报数据实现洪水影响范围的精确匹配,生成对应的风险范围和预警信息。同时,将风险预警信息和运营商基于位置服务大数据结合起来,研发精准预警和调度决策应用系统。该系统可为水旱灾害预警和科学转移调度提供指导和决策支持,提高防灾减灾水平。

关键词:洪水风险图;运营商大数据;精准预警;灾情分析

中图分类号:TV87;X43

文献标识码:A

文章编号:1673-9264(2025)07-56-04

0 引言

全球对防御特大自然灾害的关注日益增加,而我国作为世界上受自然灾害影响最严重的国家之一,水旱灾害尤为突出^[1-2]。对水旱灾害进行深入研究,寻找预防和减少灾害的方法显得尤为迫切。这不仅对国家及区域的发展和制定减灾策略具有重要意义,还能推动水资源的综合利用。

水旱灾害的研究内容随着时代发展不断拓展。早期主要集中于水旱灾害成因研究^[3-4];20世纪90年代,随着气象数据的完善、地理技术和灾害领域研究方法的多样化,水旱灾害研究步入新阶段,主要集中于水旱灾害的时空分布^[5-6]、洪水灾害风险评估研究^[7-8]、水旱灾害遥感监测^[9]等。虽然这些研究加强了人们对水旱灾害的认知,但为避免或尽量减少水旱灾害对人民群众生命和财产造成损失,建立科学、有效的灾害预警才是应对水旱灾害的关键。2020年,

宋清泉^[10]开展了基于遥感技术的水旱灾害遥感监测技术研究与应用。2023年,续娟等^[11]提出建立针对性预警用语的短信预警发布系统。然而,传统水旱灾害防御预警一般是通过大面积群发短信或广播喊话方式进行粗放式通知,无法做到对受灾范围内的每一位群众进行精准的预警通知,更没有办法精准地跟踪和统计受灾区域内人员的转移方向、人员实际转移数量。因此,有必要完善水旱灾害预警发布机制,做好预警发布工作。同时,精准调度对于有效防范水旱灾害风险也至关重要。2016年,张劲松^[12]针对太湖流域特大洪涝,总结分析调度前充分准备、调度进行时的各类举措、调度指令执行及评估等具体实践,突出精准调度在有效抗御洪水中的重要作用。2023年,朱建英等^[13]总结了江苏省水旱灾害防御调度特点,提出了以系统思维开展水旱灾害防御调度的理念。

近年来,水利部已经完成了全国范围内的水情测报体

收稿日期:2024-07-19

第一作者信息:刘正坤,男,工程师,E-mail:176944505@qq.com。

通信作者信息:杜煜,女,助教,E-mail:duyu@gml.ac.cn。

基金项目:深圳市基础研究重点项目(JCYJ20210324120209027)。

系建设、全国重点地区洪水风险图编制、中小河流监测预警建设等项目,水旱灾害防御涉及的基础地理信息、水文气象信息、防洪工程等数据的质量和精度都有了极大的提升,预报调度模型构建和落地应用也在飞速发展。现阶段,水旱灾害防御中的预警信息发布和指挥调度主要依靠水利基础信息和水利专业模型计算成果,和现有智慧城市大数据能力结合还在不断探索中,并且预警信息发布和指挥调度独立运行,未能充分发挥信息化系统平台合力优势,导致部分地区水旱灾害防御信息化建设指挥调度效率较低。因此,需要运用智慧化手段及时掌握运行工况,整合预警信息发布和指挥调度对接互通,切实提升水旱灾害防御指挥决策能力。

随着手机和5G技术的全面普及,基于地理位置的服务(Location Based Services, LBS)大数据通过电信移动运营商的无线网络或外部定位方式,能获取用户移动终端的地理位置信息,在地震、拥挤踩踏、洪水等突发事件中广泛应用^[14-16]。在此背景下,结合水利信息化建设成果和运营商大数据平台能力的优势是一种具有广阔前景的选择和发展趋势。通过整合不同领域的专业知识和技术手段,实现数据集成和共享,提高数据处理与分析的效率和准确性,进而为水旱灾害防御和防灾减灾提供更科学的决策支持。因此,本文按照水利部提出的水情测报、洪水风险图等规范要求的应用与管理办法,结合运营商(移动、电信、联通)大数据,探讨如何构建洪水风险图、灾害预警和运营商大数据之间的平台整合,并搭建对应的大数据系统,以实现精确预警和科学调度。

1 系统功能设计

本文重点针对水旱灾害防御指挥过程中的预警生成、预警精准发送和人员指挥调度决策开展研究和技术实现探讨。基于运营商大数据的灾害精准预警和调度决策系统开发,综合利用水文洪水预报调度和洪水演进模型、大数据、地理信息系统(Geographic Information System, GIS)等技术,形成一个水利专业和软件工程高度结合的系统。系统功能设计主要包括7个核心模块。

(1)数据监测与查询。实时读入水雨情信息,河道断面参数,河道上下边界条件参数。查询范围包括水雨情查询和基础信息查询。水雨情查询分为雨情信息和水情信息;

基础信息查询主要实现对物资仓库、避灾场所、重要设施等备汛信息和堤防工程、泵站工程、水闸工程等水利工程信息的查询、统计功能。

(2)洪水风险与淹没计算。分析和匹配已编制的洪水风险图和实时水情、预测水情,采用水动力学恒定非均匀流模型计算上游断面水位,判断与实测上游断面是否一致,若一致,则设定此时的模型边界和流量数值为准确值,若不一致,则继续假定计算直至两者相等。根据下边界水位推上游各断面水位,迭代获得不同河段的河道断面流量及水位,得到网格化的河道沿程水位。将沿程水位与防洪保护区的分段堤顶高程对比计算判断是否出现风险。并分类设定为不同级别的预警阈值,进而得到对应风险量级下的淹没范围等数据,包括淹没边界、人口、重要设施、社会经济等信息。

(3)预警信息生成。根据洪水风险推演成果,对于可能出现风险的片区,调用该片区的洪水风险图分析成果,将其与实测水位或预测水位进行叠加分析和匹配,得到该风险图区域的洪水淹没范围和受灾情况。结合淹没范围和水情数据,自动生成风险预警信源、预警范围区块信息、预警短信提示信息,得到淹没网格化地址数据序列。

(4)预警推送。调用运营商接口数据,输入淹没网格化地址数据序列,利用运营商基站的建设成果,系统获取并生成淹没范围内的基站编码和能匹配基站位置的网格数组,运营商通过范围内的基站向覆盖内的群众发送预警短信。同时,调用运营商提供的短信发送反馈接口,生成区域内的人口变化数据。

(5)人口热力图生成。通过对运营商数据的调用,持续获取运营商各基站的短信推送成果的反馈数据,利用人口数据和基站位置区码(Location Area Code, LAC),形成时间序列数组,生成受灾范围内的人口热力图。该模块需要按一定的频率调用并生成热力图时间序列。

(6)灾情评估。基于不同时间段内的人口热力图成果,对比受灾前人口和受灾后的人口数据,结合洪水风险图和社会经济信息、历史灾情统计数据,对灾情进行评估。

(7)防御指挥调度。通过设定运营商接口的调用频率,形成受灾区域人口变化的时间序列,从而跟踪受灾人口转移的动态变化过程,分析受灾区域人员密集程度并进行指挥调度。

2 系统实现流程

为实现系统核心功能,梳理各功能模块之间的业务逻辑关系,构建系统实现流程(图1)。

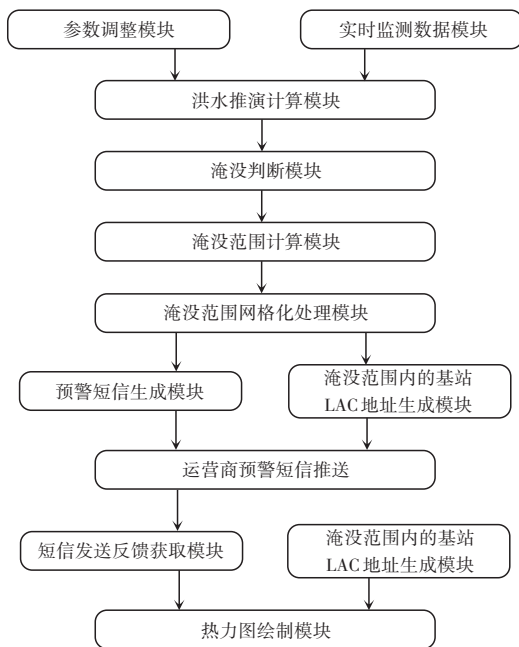


图1 系统实现流程图

系统首先按照洪水风险图应用与管理办法的要求,将洪水风险图的成果应用起来,利用实时监测数据和预测数据,实现受灾区的淹没范围精确计算和匹配,生成对应的风险预警信息。然后,将风险预警信息和运营商LBS大数据结合起来,对受灾范围内的常住人口和流动人口进行精准短信通知,充分保障预警信息的覆盖度和精准性。调用运营商数据,利用人口数据和基站LAC生成热力图。通过比对受灾前人口和受灾后的人口数据,结合洪水风险图和社会经济信息、历史灾情统计数据,对灾情进行评估分析。最后,设定运营商LBS大数据的调用频率,持续跟踪灾害区的人口情况和转移动态,分析受灾区域人员密集程度和转移方向,辅助指挥调度。系统实现的核心功能包括数据监测查询、洪水风险与淹没计算、预警信息生成与推送,灾情评估、受灾对象分流分析等。

3 系统应用情况分析

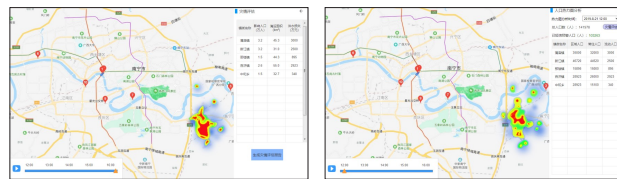
按照上述的建设思路和实现方案,本研究采用JAVA平台(J2EE)和微服务架构,结合GIS技术和大数据技术,

利用相关水利数据资源和运营商的接口服务,搭建了精准预警和指挥调度系统。系统一方面改变了原有洪水预警系统基于手机号码进行短信大面积普发、盲发的状态,减少了短信数量,提高了短信发送的精准度;另一方面也解决了无法持续感知短信发送对象的调度动态的问题。系统在南宁邕江流域片区进行了模拟应用,效果如下。

(1)实现了对水情测报和洪水风险图成果的高效管理和应用,以及对各设计频率洪水风险图及历史洪水淹没图的信息查询、调用和管理,涉及的信息包括水雨情、备汛物资信息、工情信息、淹没范围等。

(2)基于实时水情监测、水情预报和风险图成果,动态生成受灾范围和预警短信;基于运营商提供的短信接口协议,打通了运营商短信网关的对接,实现了受灾区域内的预警精准推送和人员全覆盖。

(3)通过调用运营商短信发送和反馈数据接口,生成人口热力图(图2(a)),比对受灾前人口和受灾后的人口数据,结合洪水风险图信息和历史灾情统计数据,对灾情进行数字化评估(图2(b));同时,持续跟踪受灾人口转移的动态变化,实现了人员转移的科学指挥调度。



(a)人口热力图

(b)灾情评估

图2 系统应用情况部分展示

综上所述,充分利用水情测报、洪水风险图等专项建设和运营商大数据资产,可以为水旱灾害防御和防灾减灾提供重要的参考信息和决策价值。本文所述的水旱灾害防御预警和指挥调度大数据系统可以提升预警信息的发送效率和准确性,实现灾害评估的精细化和科学化,有助于指挥决策更加科学合理。

4 结论

本文阐述了基于大数据的水旱灾害防御精准预警和调度决策系统,通过整合水情测报、洪水风险图以及运营商大数据,构建了一个精准预警和指挥调度平台,利用运营商大数据和接口服务,实现了预警信息在受灾区域内的精准推送和全覆盖,并对灾情进行实时评估统计。此外,通

过生成多个时间段内的人口转移热力图,系统实现了防灾减灾的科学指挥调度,从而大幅提升了防灾减灾工作的数字化和智慧化水平。

参考文献

[1] 赵海莉,张婧.基于Citespace和Vosviewer的中国水旱灾害研究进展与热点分析[J].生态学报,2020,40(12):4219-4228.

[2] 火传鲁,王恺.2023年全国汛情旱情和水旱灾害防御工作[J].中国防汛抗旱,2023,33(12):1-4.

[3] 李景保,余果,欧朝敏,等.洞庭湖区农业水旱灾害演变特征及影响因素:60年来的灾情诊断[J].自然灾害学报,2011,20(2):74-81.

[4] 范立君,马馨雨.松花江流域洪涝灾害成因探源(1949-1985)[J].吉林师范大学学报(人文社会科学版),2016,44(2):72-75.

[5] 赵英虎,刘媛媛,刘恒语,等.天津市降雨时空特征研究[J].中国防汛抗旱,2025,35(4):75-79.

[6] 吕雨生.浅析清代四川水旱灾害时空分布特征[J].农业灾害研究,2022,12(11):82-86.

[7] 刘仪航,韩剑桥,谢梦霞,等.基于GIS与AHP集成的黄土高原洪水灾

害风险评估[J].水土保持研究,2023,30(2):129-134.

[8] 李娜,王艳艳,王静,等.洪水风险管理理论与技术[J].中国防汛抗旱,2022,32(1):54-62.

[9] 陈龙,宋文龙,杨永民,等.2022年长江流域旱情遥感监测[J].中国防汛抗旱,2023,33(2):26-30.

[10] 宋清泉.水旱灾害遥感监测技术及应用研究进展[J].环境科学与管理,2020,45(9):143-146.

[11] 续娟,程建福,白石,等.内蒙古水旱灾害防御工作短信预警提醒的研究与应用[J].内蒙古水利,2023,43(8):22-23.

[12] 张劲松.精准调度的实践与思考[J].中国水利,2016(19):41-44.

[13] 朱建英,王正诚,周春飞,等.水旱灾害防御调度系统思维分析[J].中国防汛抗旱,2023,33(2):83-86.

[14] 蔡寅,张明,赵瑞,等.地震预警信息快速发布系统研究[J].震灾防御技术,2019,14(1):247-258.

[15] 张冬冬.LBS大数据在拥挤踩踏事件中的情报分析应用[J].情报杂志,2020,39(7):166-172.

[16] 黄艳,李昌文,李安强,等.超标准洪水应急避险决策支持技术研究[J].水利学报,2020,51(7):805-815.

编辑 江 密

(上接第22页)

用,需根据各测站测验河段实际情况,通过冲刷计算,合理确定固床坝埋设深度和坝顶高程。

(2)对于河宽不大的中小河流水文站,可对测验断面河床进行硬化处理,减少断面冲淤。

(3)对于比降较小、以淤积为主的河段,不适宜建固床坝,可采取河槽控制的形式改善测验条件。

参考文献

[1] 曹磊,刘明,扎西平措,等.基于枯汛分期的梯级水库间水位流量单值化研究[J].中国防汛抗旱,2024,34(8):22-26.

[2] 朱晓原,张留柱,姚永照.水文测验实用手册[M].北京:中国水利水电出版社,2013.

[3] 赵志贡,岳利军,赵彦增.水文测验学[M].郑州:黄河水利出版社,2005.

[4] 耿延博,王玉成.H-Q关系单值化处理技术在水情自动测报中的应用[J].中国防汛抗旱,2021,31(5):48-49.

[5] 赵昕,贾志伟,吴琼,等.水位流量关系单值化方法的研究历程和展望[J].人民长江,2024,55(3):89-96.

[6] 覃毅.三参数幂函数与点绘法在水文Z~Q关系曲线拟合中的对比分

析[J].广西水利水电,2020(1):21-23.

[7] 王新刚.三参数幂函数在水位-流量关系曲线中的应用[J].东北水利水电,2017(9):31-32.

[8] 张锦堂,丁琳,胡余忠.淮河鲁台子站单值化分析及流量实时在线实践[J].中国防汛抗旱,2022,32(8):81-84.

[9] 贾锁宝,王国兴,张瀚文.落差指数法在新沂河沭阳站上的测流研究[J].水文,2008,28(2):64-66.

[10] 何超典.落差指数法在水文测验整编改革中的应用[J].广西水利水电,1995(4):29-32.

[11] 魏进春,王善序.河流流量多元单值化新技术:投影追踪回归[J].人民长江,1995,26(8):37-39.

[12] 方绍东,胡学祥,徐学飞.云南省水文监测方式改革思路探讨[J].人民长江,2019,50(S1):71-74.

[13] 水利部水文局(水利部水利信息中心).河流流量测验规范:GB 50179—2015[S].北京:中国计划出版社,2015.

[14] 水利部长江水利委员会水文局.水文资料整编规范:SL 247—2020[S].北京:中国水利水电出版社,2020.

[15] 张维佳.水力学[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.编辑 江 密