

文章编号: 2096-1618(2018)05-0540-04

汉江流域自然灾害监测预报预警大数据平台研究

王毅¹, 邹涛², 周义兵², 田光普², 占世林², 王雨斐³

(1. 陕西省气象局观测网络处, 陕西 西安 710000; 2. 陕西省安康市气象局, 陕西 安康 725000; 3. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘要: 基于“一张图”数据共享模式, 建立了安康市多部门数据的标准化数据库, 以气象灾害为基础, 搭建起主动链式灾害预警、预报体系, 实现流域洪水精准预测和水库梯级调度决策分析、精细化地质灾害预报预警以及森林防火预报预警等功能。通过开发研究, 最终完成了汉江流域自然灾害实时监测与预报预警指挥平台建设, 汉江洪水精细化预报预警、地质灾害精细化预报预警、森林火险精细化预报预警、气象灾害及雷达监测的自动报警、安康防灾减灾手机 App 等。该平台目前已在安康市、县两级气象部门投入了业务使用, 成为安康市县气象防灾减灾的主要的科技支撑。

关键词: 汉江流域; 自然灾害; 预报预警

中图分类号: TP301.6

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2018.05.010

0 引言

安康市地处秦岭、巴山之间, 汉江横贯其中, 境内沟壑纵横、河流众多。其复杂的地理环境和特殊的气候背景导致暴雨、干旱、洪水、泥石流、森林火灾等灾害频繁发生。1983年7月31日, 流量为37000 m³/s的罕见洪水, 摧毁了整个安康城区, 因灾死亡870人; 2000年7月12日紫阳县南部山区特大暴雨引发了山体滑坡和泥石流, 造成202人死亡; 2002年6月9日, 特大暴雨将宁陕县四亩地镇夷为平地, 造成173人死亡, 42人失踪; 2010年7月18日, 区域性大暴雨引发的泥石流、滑坡造成了63人死亡, 119人失踪; 2013年, 干旱引发的森林火灾、胡峰生态灾害, 造成了19人死亡^[1]。气象灾害以及其衍生灾害多发, 自然灾害防御工作显得尤为重要。

近年来, 安康气象部门加快气象现代化建设, 建成了涵盖每个镇村的气象数据监测网、信息发布系统、高清可视会商指挥系统, 充分发挥气象部门现代化建设的资源和技术优势, 整合利用部门内外的资源, 开展多灾种预报预警, 对于安康防灾减灾显得非常重要, 需求迫切。

1 数据与方法

1.1 建立汉江流域自然灾害大数据专享云

运用大数据云计算设计理念, 综合分析各行业数

据特点, 设计统一规范数据库结构, 开发不同行业数据处理程序接口, 后台实时收集数据入库, 形成一整套集气象、水文、水利、国土、林业、环保、民政及基础地理信息为一体的标准规范应用端支撑大数据库, 并租用电信资源池, 建立了汉江流域自然灾害大数据专享云。

1.1.1 气象部门

以站点和时间为主要索引建立了降水量、温度、湿度、气压、风向、风速等要数为字段的基本气象数据库, 以积温、霜冻、连阴雨、日照、云量、露点温度、蒸发量等其他气象资料为字段的分类气候资料数据库。通过陕南三市(汉江上游段)近60年平均气温、极端气温、最低气温、日照、相对湿度、蒸发量、降水量数据库建设, 数据处理模块对实时数据向历史数据库快速动态更新和追加, 实时同步土壤监测数据库、农业气象灾害数据库和自动站区域站数据库, 为后期预报模型的建立提供数据保障。

1.1.2 国土部门

国土地质灾害监测数据库、尾矿库数据库、隐患点数据库、地质地貌数据库。

1.1.3 水利部门

水库数据库、流域数据库、河流数据库。

1.1.4 农林部门

种植区划数据库、病虫害数据库、农业经济数据库、林业数据库、其他资源数据库。

1.1.5 环保部门

环境监测数据库。

1.1.6 安监部门

视频监控数据库。

1.1.7 政府其他部门

人口分布数据库、村镇数据库、信息员数据库、机关组织数据库、民政救灾数据库。

1.2 主要技术方法

1.2.1 多元数据融合展示

基于“一张图”数据共享模式(图 1),建立了安康市 10 部门 20 类数据的标准化数据库和电信专享云,实现多元数据叠加显示和融合展示。自然灾害涉及 80% 的信息资源与空间位置有关,通过这种方式,将自然灾害监测信息与人口、法人和宏观经济数据及政府各部门的专业数据进行空间关联,实现防灾、减灾资源的有效整合与集成,运用加密的数据管道服务收集各部门行业基础数据、监测数据、事件数据、视频等数据,基于管道数据服务制定各应急联动部门采集入库数据的统一标准,为自然灾害监测管理提供可视化的决策分析和数据共享服务^[1]。

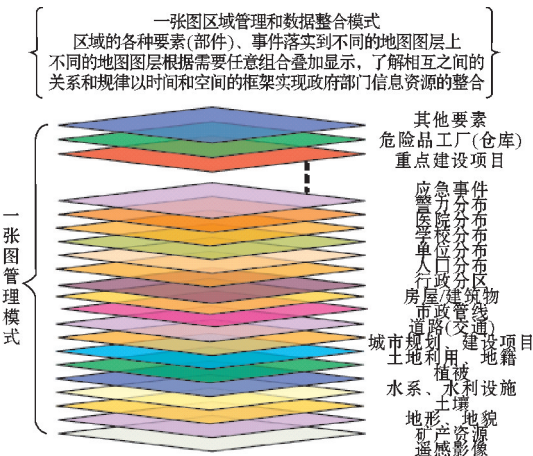


图 1 “一张图”数据整合共享模式

1.2.2 自然灾害智能识别与报警

运用统计学方法,自动分析气象信息与其他行业数据关联度,实现气象要素与各类灾害的自动匹配。以气象灾害为基础,构建起主动链式灾害预警、预报体系。针对自然灾害多种灾害连锁反映的特点,提出以安康城市为中心涵盖上游、下游的巨型链式灾害预警等级模型,实现暴雨、泥石流、滑坡、洪涝等多种灾害关联性预警、预报,将致灾因子作为一层神经网络矩阵模型输入,通过非线性激活方法取权重,产生一个模型数据集合输出,再将该层神经网络模型输出的数据集作为第二层神经网络矩阵模型的输入,产生一个更精细的模型数据集合输出,通过合适的矩阵数量,多层模型组织链接一起,形成神经网络处理中心,进行精准复杂的处理,输出灾害预警等级,进行辅助决策(图 2)。

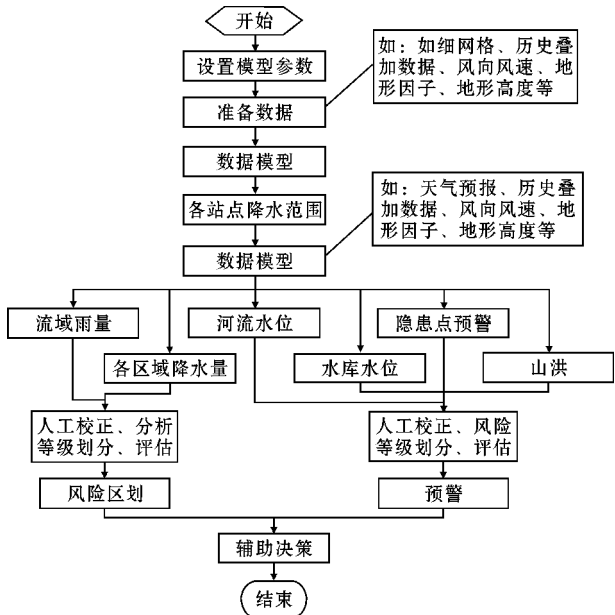


图 2 预警流程图

1.2.3 基于位置的预警信息靶向发布与救灾指挥

科学运用各类数据均具有基本地理信息(位置)的基本特征,设计自动智能的灾害预警信息发布与指挥算法,快速检索灾害发生类型、位置范围和需要发送的受众人群。开发了面向各级决策服务人员的应用软件平台,平台系统将预制的报警内容自动展示给决策服务和灾害指挥人员,采用人机交互的操作方式实现灾害信息的发布和防灾救灾指挥。

2 主要预报预警模块介绍

2.1 汉江大流域水文模型

结合世界上知名的 archydro^[2]和 TOPMODEL^[3]两个水文模型的特点,汉江流域的划分和水库梯级调度应用了 archydro 的进行处理,产汇流计算和蓄满产流计算应用 TOPMODEL 模式处理,结合精细化格点预报的应用,更加准确地提供高时空分辨率面雨量,在汉江流域实现覆盖溪流、二级河道到干流大范围径流计算,在陕西乃至全国首次实现大范围精细化气象水文的监测、预测、预警,有效提升了汉江流域洪涝灾害防范的能力。水位与流量计算主要公式如下:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial L} = 0$$
$$\frac{\partial Z}{-\partial L} = \frac{Q^2}{K^2} + \frac{v \partial v}{g \partial L} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t}$$

式中 A 表示过水断面面积, Q 表示流量, L 表示沿河流方向的距离, Z 表示水位, K 表示流量模数, v 表示断面平均速度。

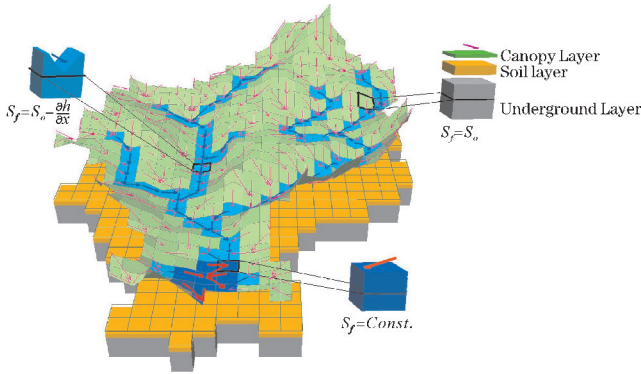


图 3 流域分析模型

模型分成 6 个独立的部分,每个部分称为一个模块。数据处理与流域划分模块:负责收集流域特性数据,包括 DEM,土地利用类型,土壤类型。将流域划分成单元流域,分成三种类型之一,确定单元流域的物理特性,估算单元流域上的降雨。蒸散发模块:计算径流蒸散发量。产流模块:计算各微流域的径流流量。汇流模块:计算各汇流点的洪水流量。参数确定模块:模型参数的设定。洪水模拟模块。

采用连续滚动预报计算方式,每 30 min 计算 1 次。预报结果包括断面以上流域面雨量过程、断面预报流量过程线、峰现时间、洪峰流量、水量、水淹分析等内容。预报结果可通过流域名称、行政区划、地图点选、流域分级等方式进行查询,采用过程曲线或表格方式显示。超过预警指标(由招标方提供)的预报结果在显著位置集中显示,并在图上预警断面处闪烁。通过预估降雨洪水分析、流域设计暴雨洪水计算得出结论,提供辅助决策依据。

2.2 精细化地质灾害预报、预警模块

根据精细网格预报、短期预报、实况天气、历史降水、地质因子等各种数据,预测隐患点(包括:尾矿库、泥石流点、崩塌点、滑坡点、不稳定斜坡等)灾害危险级别,进行预警时段推衍。

首先引入综合雨量^[4],即考虑前期降雨时间和日降雨量,其计算公式为

$$R_c(k)_{i,j} = R_0^{(k)} + \sum_{l=1}^z \lambda^l R_1^{(k)}$$

其中 $\lambda = 0.75$, 即 $R_c = R_0 + R_1 + R_2 + 0.75R_3 + 0.563R_4 + 0.422R_5 + 0.316R_6 + 0.237R_7 + 0.178R_8 + 0.133R_9$ 。

式中 R_c 为综合雨量, $R_0 \sim R_9$ 为前 0 天到前 9 天的日降水量。综合雨量和预报未来 24 h 降水量之和,

可用来预报地质灾害。

综合考虑地质分布图、地质灾害易发图、地质灾害风险图与地形、地貌数据和泥石流点、崩塌点、不稳定斜坡数据产生流域内地质灾害风险图谱等地质数据,考虑前期累计降水、降水强度,及未来降水预报(精细网格雨量预报数据、数值模式预值,短临预警、短期风险预报等),根据历史灾害进行阈值设定,不同时次的地质灾害预报、预警服务。

2.3 森林防火预报与预警模块

影响林区火险的森林特性、地形和小气候背景都成为分区因子,如森林分布、树种分布、人口密度、路网密度、草坡分布、坡向、坡度、海拔、郁闭度、树木龄级、木林用途;平均气温、相对湿度、降水量、降水后天数、静止锋、大气层结稳定度等因素,各因子的定性关系如下:

综合考虑以上因素,结合汉江流域现有资料,选择了以下因素:树种、林种和气象,各因子按其对火险贡献的大小加权平均。树种按《全国森林火险区划手册》^[5]的分类标准,分为:易燃类、可燃类、难燃类。利用星载雷达进行光谱分析,分辨植被种类,如:马尾松、油松、栎类等是易燃树种;桦类、杨类、漆树等是可燃树种;棕榈、樟、楠是难燃树种。分县乡统计出各类面积,权值 = 易燃 $\times 1/2$ + 可燃 $\times 1/3$ + 难燃 $\times 1/6$ 。树种按用途分别:薪炭(易燃),用材(可燃),防护(不燃),分县乡统计出各种面积,权值 = 薪炭 $\times 1/2$ + 用材 $\times 1/3$ + 防护 $\times 1/6$ 。

森林火险预报:

$$H_{\text{实}} = \sum (Eidi14 + tiRi) \quad (\text{实况风速} < 1.0 \text{ m/s 时})$$

$$H_{\text{实}} = \sum (Eidi14 + EiRif + tiRi) \quad (\text{实况风速} > 1.0 \text{ m/s 时})$$

$$H_{\text{预}} = H_{\text{实}} + tx \cdot Ri \quad (\text{预报风速} < 1.0 \text{ m/s 时})$$

$$H_{\text{预}} = H_{\text{实}} + tx \cdot Ri \cdot fx \quad (\text{预报风速} > 1.0 \text{ m/s 时})$$

H : 为火险指标 n : 为降水量小于 2 mm 的连续天数。

Ei : 第 i 天蒸发量 $di14$: 第 i 天 14 时饱和差 ti : 第 i 天平均气温($^{\circ}\text{F}$)

fi : 第 i 天日平均风速 tx : 预报明天最低气温 fx : 预报明天最大风速

Ri : 第 i 天降水量 $Ri \geq 2 \text{ mm}$ 时重新累加。

核心方法是按月分析发生森林火灾的条件因子,结合气温、风以及前期降雨量等气象因子,对森林火险等级进行预报,按图 4 流程计算火险等级作出预报。

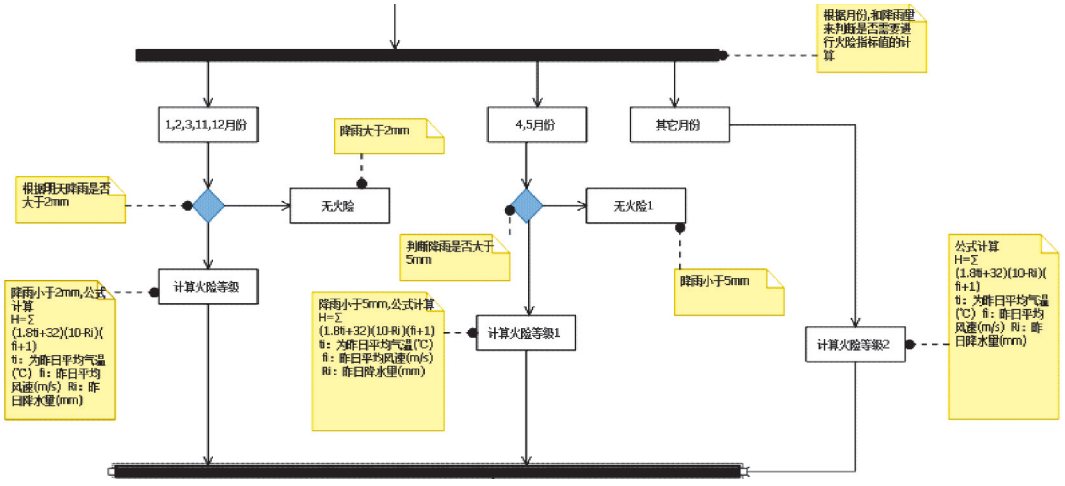


图 4 森林火险等级预报计算流程

3 结论与讨论

研究实现汉江流域自然灾害的智能识别与自动报警;实现汉江洪水精细化预报预警、地质灾害精细化预报预警、森林火险精细化预报预警;实现预报预警信息靶向精准发布;搭建基于大数据为防灾减灾指挥平台。系统仍存在一定局限性,一是部分灾害阈值需在应用中长期检验并修订;二是该研究中的自然灾害实时监测和精细化预报预警受实时监测数据及数值模式预报的及时性和准确率制约。

参考文献:

[1] 王毅.安康气象管理创新实践与业务技术研究[M].陕西师范大学出版总社,2017.

[2] Maidment, D. R. (ed.). Archydro: GISforWaterResources[EB/ OI] ESRIpress. 2002.

[3] 余新晓,赵玉淘,张志强,等.基于地形指数的TOPMODEL研究进展与热点跟踪[J].北京林业大学学报,2002,24(4): 117-121.

[4] 杜继稳,李明,高维英,等.陕北黄土高原区地质灾害与降水关系[J].干旱区研究,2009,26(4), 599-606.

Research of Big Data Platform on Real Time Monitoring Forecasting and Warning in Hanjiang River Basin

WANG Yi¹, ZOU Tao², ZHOU Yi-bing², TIAN Guang-pu²,ZHAN Shi-lin², WANG Yu-Fei³

(1. Shaanxi Provincial Bureau of Meteorology observing network office, Xi'an 710014, China; 2. Ankang City Meteorological Bureau, Ankang 725000, China; 3. Chengdu University of Information Technology Atmospheric Science college, Chengdu 610225, China)

Abstract: Based on the data sharing model of one map, we built a standardized database which contains multi-sector data of Ankang. According to meteorological disasters, we established an active chain disaster forecasting and warning system and realized capabilities of accurate prediction of river basin flood, decision and analysis of cascade reservoir scheduling, refined forecasting and warning of geological hazard and forest fire prevention. Through the development and research, the real time monitoring, forecasting and warning platform of natural disasters in Hanjiang river basin has been built which including refined forecasting and warning of geological hazard, forest fire and the flood in Hanjiang river, automatic alarm of meteorological disasters and radar monitoring, mobile application of disaster prevention and reduction in Ankang. The platform has been put into use by the meteorological departments of Ankang and the counties. It has become the main technical support for preventing and reducing meteorological disasters.

Keywords: the Hanjiang river basin; natural disasters; forecasting and warning