

李向红, 唐桥义, 伍 静, 等. 桂林中小河流洪涝气象风险预警系统设计[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 42–46. [Li Xiang-hong, Tang Qiaoyi, Wu Jing, et al. Design of the Middle and Small Rivers Basin Flood Meteorological Risk Warning System of Guilin [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(1): 42–46.]

桂林中小河流洪涝气象风险预警系统设计*

李向红¹, 唐桥义¹, 伍 静¹, 王 娟¹, 王存真¹, 王军君¹,
何华君², 梁维亮³, 黄燕波⁴

(1. 桂林市气象局, 广西 桂林 541001; 2. 北京轩程通达科技有限公司, 北京 100024;
3. 广西区气象台, 广西 南宁 530022; 4. 北海市气象局, 广西 北海 536000)

摘 要: 基于自动站、数值预报和雷达估测降水等多种雨量资料, 利用 ArcGIS 技术提取河流的经纬度、流域范围, 利用泰森多边形技术计算流域面雨量, 结合对桂林中小河流域的历史暴雨洪涝风险个例分析结果, 确定临界面雨量, 建立桂林中小河流域洪涝灾害风险等级预警系统。利用数学内插技术进行雨量精细化插值, 实现全市 100 多个水库、200 多条河流关键点的雨量监测、预报、预警。利用 Web 和 GIS 技术实现桂林中小河流洪涝预警网页发布。

关键词: 河流洪涝; 气象风险; 预警; 广西桂林

中图分类号: P33; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2014)01–0042–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2014.01.008

桂林位于广西东北部, 辖 13 个县、市, 境内河流分布复杂, 有古宜河、洛清江、恭城河、荔浦河等中、小河流二百多条, 形成网状覆盖 13 个县市。同时桂林市地处低纬, 属亚热带季风气候区, 每年的 5、6 月份常常有连续性暴雨发生, 持续性高强度大暴雨常常引发桂林中小河流洪水, 所以建立桂林中小河流洪涝气象风险预警系统非常有必要。

1 国内外山洪地质灾害研究概况

关于洪涝的预报研究, Gruntfest 等^[1]指出累计雨量是江河的流量最主要的来源, 洪涝的流量与流域的面积、长度、倾斜度等有关, 地形陡峭落差大将产生流速更快的洪涝。Bluestein 等^[2]指出降水速率与水位上涨速度密切相关, 根据降雨速率将暴洪等级分为轻度、中度、重度三个等级, 当降雨速率 > 50 mm/h 时, 暴洪级别为重度, 因此, 可以应用降雨速率制作洪涝灾害的潜势预警。关

于暴洪预警业务, Doswell 等^[3]介绍美国国家气象中心针对暴雨造成的洪涝, 提供三种产品, 包括暴洪的监测、暴洪的预警、暴洪的评估。在全国范围提供发布 6~24 h 的山洪潜势预报, 针对特定的州发布 3 h 洪涝预警, 当有龙卷、雷暴出现时发布 1 h, 甚至更短时间的洪涝预警。

国内关于洪涝预报研究也很多, 如马艳^[4]、于文金等^[5]对暴雨洪涝风险进行了区划。何健^[6]等利用雷达回归与 GIS 技术反演面雨量研究。叶勇^[7]对小流域山洪灾害临界雨量确定方法进行了研究。马国斌^[8]、高煜中^[9]等通过提取降雨量、地形高程、地形标准差等因素作为评估因子, 建立洪涝灾害危险性评估模型。白美兰等^[10]利用 GIS 技术建立地理信息参数与汛期雨量的关系模型, 解决雨量资料分布不均匀的问题, 实现松嫩流域面雨量的实时动态监测。李兰等^[11]研究了基于 GIS 淹没模型的流域暴雨洪涝风险区划方法。可见, 面雨量的计算和临界雨量的确定等往往成为洪涝灾害的重要监测指标。

* 收稿日期: 2013–05–30 修回日期: 2013–07–17

基金项目: 桂林市科技开发计划项目“桂林市地质灾害气象条件研究”(20120119–1); 中国气象局华南区域气象中心项目“广西汛期连续性暴雨前期强信号研究”(CRMC2012M07); 2013 广西自然科学基金项目“孟加拉湾对流对广西锋面暴雨影响机制研究”(2013GXNSFAA019288)

作者简介: 李向红(1966–), 女, 广西桂林人, 教授级高级工程师, 主要从事暴雨天气预报及洪涝预警研究。

E-mail: gllxh99@163.com

2 系统关键技术介绍

桂林中小河流洪涝气象风险预警系统是基于桂林市 200 多条中小河流洪涝灾害的气象风险预警的需求而研制。

系统采用的资料有位于桂林的 200 多个自动站雨量资料、位于水利网的 500 多个站点雨量资料、桂林雷达监测资料、SWAN 系统的 1 h、QPE、QPF 资料、欧洲中心数值产品、日本数值产品、T639 雨量产品等。采用技术包括 STGis(北京轩程通达科技有限公司自主研发的 GIS 系统)、基于 Ajax 的 RIA 技术(STFNet 框架)、降水等值线算法、基于泰森多边形的面雨量算法、新安江洪水预报模型算法、格点内插技术、权重平均技术等。

2.1 系统架构设计

图 1 为系统构架设计框图。本系统一共分四层，最底层为数据层包括气象自动站数据、各种模式预报结果数据、雷达数据、水文水位数据、以及地理空间数据。

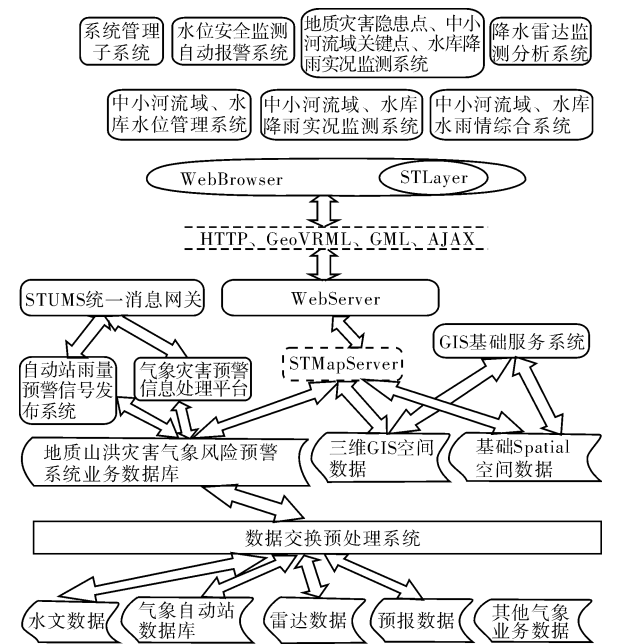


图 1 系统架构设计

之上一层数据采集同化处理层，由于各种数据格式、存储方式、存储地点不同，通过实时采集统一处理到系统业务数据库，形成中小河流洪涝灾害气象风险预警业务数据库。

在次之上为业务支撑层，主要包括：洪水预报计算、风险等级判定等。

最顶层主要包括系统管理、各种要素监测、预报预警展示、预警信息发布等。

降水量是洪涝灾害最主要诱发因子，本系统中有关降水量的等值线算法、面雨量算法等技术是系统的关键技术。本部分将介绍在本系统中有关该两种算法的研究与实现。

2.2 等值线算法研究以及实现

等值线算法主要分三部分，第一部分包含采样点(在本系统中，就是气象站点、洪涝隐患点等各种监控站点)的区域平面剖分；第二部分是降水量插值算法；第三部分等值线与等直面提取。

目前等值线算法已经有很多种，实现等值线算法第一步是需要对目标区域进行网格划分，一般有三角划分、矩形划分等；本系统采用三角划分。对网格点进行插值求值的主要难点是如何选择采样点问题，直接关系到最终结果的合理性。一般至少要选择包含目标格点三个采样点。

目前公认的最为合理的平面三角剖分就是 Delaunay 三角剖分，在本系统借助开源项目 OpenCV 实现 Delaunay 三角剖分。

确定了采样点的平面剖分后，就可以快速确定包含每个计算格点的采样点，根据相关的采样点采用插值算法可以得到每个格点的降水量的值。如何计算目标格点降水量的主要问题是参与计算采样点选取以及插值算法。

在实现等值线算法过程中，通过大量对比实验，最终采用“信息园内最多 6 点插值”算法^[12-13]。该“信息园内最多 6 点插值”算法基本思路是，对任意一个欲插值点 $M_i(x, y, z)$ ，确定其获取信息的圆，仅以 M_i 为圆心的信息圆内的雨量站与该点插值有关，如果站点少于 6 个则使用所有站点进行插值，否则使用 6 个最近雨量站进行插值。

但是“信息园内最多 6 点插值”算法对于在区域边缘计算则存在明显的错误。原因应该是，在计算格点插值的时候，没有考虑到计算区域内的最外围的测站应该和计算区域外其它站点的关联性，从而导致这种错误的出现。

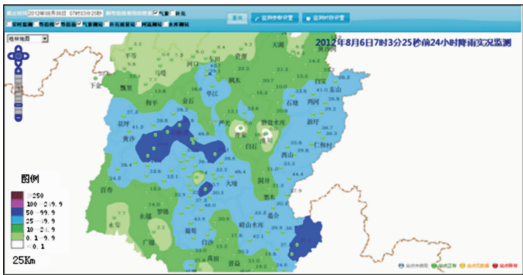
在本系统研究实现过程中，对“信息园内最多 6 点插值”稍作修订，修订成“信息园 6 点插值”算法。其思路基本上和原算法一致，主要在计算目标区域边缘地区的格点值的时候，选择考虑区域外采样点，如果没有则在区域插入一个无限远的 0 值采样点，在计算的时候把这些点考虑进来。实现的时候，无限远的距离是指距离区域中心点外接圆的直径三倍距离。

等值线算法第三个主要部分是等值线追踪以及等值面归并。在得到每个格点的值以后，把原

采样点和格点再次使用 Delaunay 三角剖分算法, 可以获得整个区域的最终平面三角剖分。并得到一个邻接三角形的队列。

根据每个三角形以及三个顶点的值, 对三角形进行归并。基本思想是, 对于每一个还没有处理的三角形, 针对某个阈值 M_i , 根据三角形三个顶点的值与阈值 M_{i+1} 进行比较, 可以把这个三角形归并到 M_{i-1} 到 M_i 或者是 M_i 到 M_{i+1} 区间段。

当三角形的三个顶点值完全大于 M_i 则放到下一个阈值 M_{i+1} 处理阶段处理; 或者根据三个顶点与 M_i 相对大小, 把这个三角形分成 2 个或者 4 个三角形, 归并到 M_{i-1} 到 M_i 区间段或者放到下一个阈值 M_{i+1} 处理阶段处理。图 2 为系统中等值线算法的实现效果图。



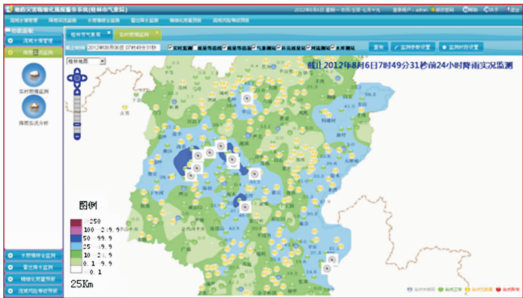


图4 桂林市中小河流域关键点、水库关键点降雨实况监测

当关键格点或者关键自动站点雨量将使水位上涨达到警戒水位时,该格点或关键点有有闪烁功能。

3.2 河流水位与流量监测系统

建立了桂林市中小河流、主要水库信息综合数据库,实现对所有河流水位信息的记录和查询,并能直接应用于地理信息 GIS 系统的查询定位等展示功能。可以将流域面雨量与江河水位的随时间动态变化趋势。可以同时显示在一张图上,如曲线图、柱状图。面雨量算法、自动站雨量由气象数据提供,中小江河能分别显示。

能提供前 12 h 水位曲线图及水位警戒线阈值曲线图,超过阈值将报警。有流域、水库关键点雨量值、或者流域面雨量对应未来 1 h、3 h、6 h 水位上涨的曲线显示。有流域面雨量显示对应未来 1 h、3 h、6 h 水位上涨的曲线显示。

江河、水库水位实况低于警戒水位的江河在地图上显示为蓝色,当江河水位的实时监测数据达到警戒水位时显示为黄色、达到危险水位时,显示为红色(图 5),显示闪烁的预警标志,并发出声音报警。

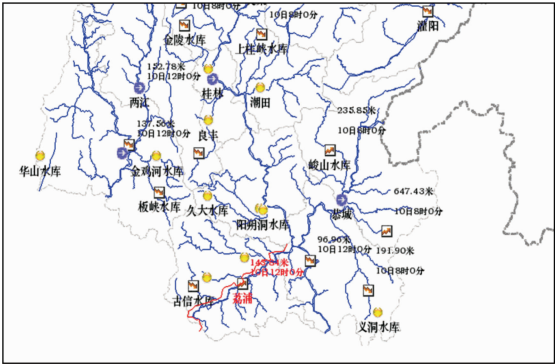


图5 超警戒水位河流显示为红色

4 中小河流洪涝风险预警

4.1 基于自动站面雨量的流域气象风险等级预警
收集桂林 13 个市、县的中小河流资料,将桂

林市河流分为一、二、三级。对桂林每条中小河流流域的历史暴雨洪涝风险个例进行分析,确定每条河流流域四个风险临界面雨量。同时利用自动站资料基于开源项目 OpenCV 获取目标区域的包含每个采样点泰森多边形法计算面雨量,这样可以对每条河流流域进行四个等级的洪涝预警。这种利用自动站雨量计算面雨量来预警的方法对 6 h 以内的洪涝预警还是非常有效的。图 6 为利用自动站雨量计算的面雨量流域洪涝风险等级预警图。

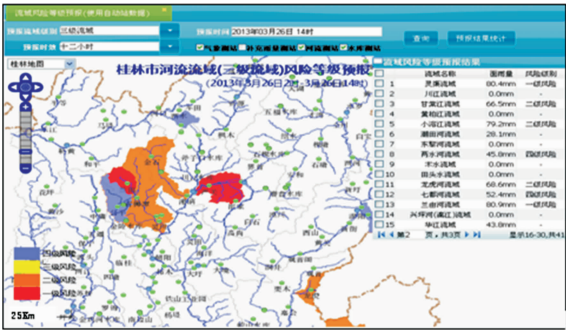


图6 2013 年 3 月 26 日 12 h 自动站面雨量流域洪涝风险等级预警图

4.2 基于多种数值模式面雨量的流域气象风险等级预警

而对于较长时间的洪涝预报就不能仅仅依赖自动站雨量的,因为自动站实况雨量计算的面雨量预警时效是短暂的,必须依靠客观数值预报产品。

利用数学内插技术,将 T639、欧洲、日本等数值预报的雨量预报产品格点值内插到各中小河的关键点个水库关键点上,可以获得这些关键点的短期雨量预报,包括未来 0 ~ 24 h 逐小时间隔、24 ~ 72 h 逐 12 h 间隔的流域定量精细化降水预报产品。再利用面雨量计算方法计算出每条中小河流的面雨量。可以获得 T639、日本、欧洲等雨量数值预报产品获得 12 h、24 h、48 h 等的河流面雨量预报等级,能够发布中小河流洪水气象风险等级提前预警。图 7 为 2013 年 5 月 15 日 20 时多种

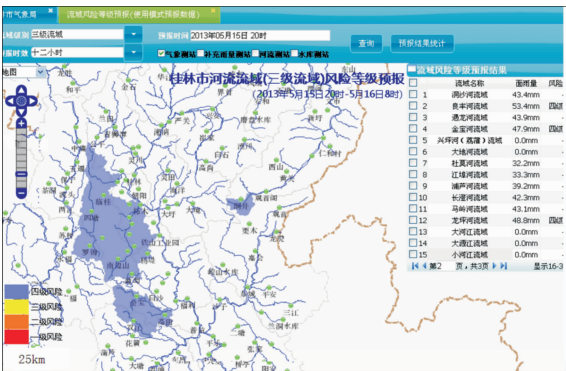


图7 2013 年 5 月 15 日 20 时多种模式预报未来 12 h 的桂林中小河流洪涝预警分布

模式预报的未来 12 h 的桂林中小河流洪涝预警分布图, 可以看到有多条河流出现了四级洪涝风险预警。经过检验与实况相符合。

5 小结

利用 WebGIS、面雨量计算、ArcGIS 等多种技术, 建立了桂林市中小河流流域气象风险预警系统。本系统加强了辖区内河流水位、水库、河流关键点雨量的监测。利用自动站关键点雨量计算面雨量, 与历史上的洪涝临界面雨量对比, 可以对短期的中小河流流域的洪涝进行预警。利用数值预报模式资料, 可以获得 T639、日本、欧洲等雨量数值预报产品 12 h、24 h、48 h、72 h、96 h 等的河流面雨量预报等级, 能够发布中小河流洪水气象风险等级提前预警, 可以利用 WebGIS 技术进行网页发布, 取得了很好的效果。

参考文献:

[1] Gruntfest E, C J Huber. Toward a compressive national assessment of flash flooding in the United States[J]. Episodes, 1991, 14: 26 - 34.

[2] Bluestein H B. Synoptic-dynamic meteorology in midlatitudes[J].

Observations and Theory of Weather Systems Oxford University Press. 1993, 2: 594 - 599.

[3] Doswell C A Ⅲ, H E Brooks. Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology[J]. Wea, Forecasting, 1996, 11: 560 - 581.

[4] 马艳, 黄容, 于进付, 等. 青岛环胶州湾地区暴雨特征及暴雨灾害风险分析[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 42 - 46.

[5] 于文金, 闵永刚, 吕海燕, 等. 基于 GIS 的太湖流域暴雨洪涝灾害风险量化研究[J]. 灾害学, 2011, 26(4): 1 - 7.

[6] 何健, 王春林, 毛夏, 等. 利用雷达回归与 GIS 技术反演面雨量研究[J]. 气象科技, 2006, 34(3): 336 - 339.

[7] 叶勇, 王振宇, 范波芹. 浙江省小流域山洪灾害临界雨量确定方法分析[J]. 水文, 2008, 28(1): 56 - 58.

[8] 马国斌, 李京, 蒋卫国, 等. 基于气象预测数据的中国洪涝灾害危险性评估与预警研究[J]. 灾害学, 2011, 26(3): 8 - 12.

[9] 高煜中, 邢俊江, 王春丽, 等. 暴雨山洪灾害成因及预报方法[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(4): 65 - 70.

[10] 自美兰, 沈建国, 郝润全, 等. 地理信息技术在松嫩流域信息查询和面雨量监测中的应用[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(3): 51 - 54.

[11] 李兰, 周月华, 叶丽梅, 等. 基于 GIS 淹没模型的流域暴雨洪涝风险区划方法[J]. 气象, 2013, 39(1): 112 - 117.

[12] 淮委会水情信息中心. 一种分析降水资料的图像客观插值法[J]. 水文, 1999, 35(2): 43 - 45.

[13] 葛守西. 现代洪水预报技术[M]. 北京. 中国水利水电出版社, 1999.

Design of the Middle and Small Rivers Basin Flood Meteorological Risk Warning System of Guilin

Li Xianghong¹, Tang Qiaoyi¹, Wu Jing¹, Wang Juan¹, Wang Chunzhen¹, Wang Junjun¹, He Huajun², Liang Weiliang³ and Huang Yanbo⁴

(1. Guilin Meteorological Bureau, Guilin 541001, China; 2. Beijing Xuanchen Tongda Science and Technology Limited Company, Beijing 100024, China; 3. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China; 4. Beihai Meteorological Bureau, Beihai 536000, China)

Abstract: Based on precipitation data of automatic stations, numerical prediction and radar precipitation estimation, longitude, latitude and the drainage basin area are got by using ArcGIS and the basin area precipitation is calculated by Thiessen Voronoi Technology. Combining with the analysis results on cases of historical small and medium-sized rivers flood in Guilin, the critical surface rainfall is determined and a warning system is built. Using the mathematical interpolation technique for fine interpolation of rainfall, the key notes rainfall monitoring, predicting and warning of more than 100 reservoirs and more than 200 rivers are realized. Using the GIS technology, the meteorological risk warning of the middle and small rivers basin flood can be issued by webpage.

Key words: river flood; meteorological risk; warning; Guangxi Guilin