

云南鲁甸堰塞湖流域面雨量决策服务关键技术

赵鲁强¹ 田华¹ 李宛育¹ 刘鑫¹ 许凤雯² 包红军²

(1 中国气象局公共气象服务中心, 北京 100081; 2 国家气象中心, 北京 100081)

摘要: 2014年8月3日, 云南省昭通市鲁甸县发生地震, 形成红石岩堰塞湖, 对牛栏江上下游造成严重威胁。提供流域面雨量服务是堰塞湖抢险排险的重要保障。介绍了云南鲁甸堰塞湖流域面雨量服务中的流域边界确定和流域面雨量计算方法。在此基础上, 利用GIS地理建模技术, 构建了面雨量计算模型, 实现面雨量计算流程的集成和快捷计算, 为开展类似的应急决策服务提供方法和经验借鉴。

关键词: 堰塞湖, 流域边界, 面雨量, GIS, 应急决策

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2017.01.023

Key Techniques of Decision Making Service for Areal Precipitation Calculation in the Upper Reaches of Dammed Lakes in Ludian County, Yunnan Province

Zhao Luqiang¹, Tian Hua¹, Li Wanyu¹, Liu Xin¹, Xu Fengwen², Bao Hongjun²

(1 China Meteorological Administration Public Meteorological Service Centre, Beijing 100081

2 National Meteorological Centre, Beijing 100081)

Abstract: On August 3, 2014, the earthquake occurred in Ludian county of Zhaotong city, Yunnan province, forming Hongshiyuan dammed lakes. It seriously threaten to the upper and lower reaches of Niulanjiang river. It is very important to provide meteorological service of areal precipitation to the emergency rescue for the dammed lakes. In this paper, we introduce the method of boundary extraction and areal precipitation calculation in the upper reaches of dammed lakes in Ludian county, Yunnan province. Then we established a model of areal precipitation calculation by employing GIS geographic modeling techniques. It is found that the process integration and fast calculation may serve to the decision makers for such kind of emergency.

Keywords: dammed lake, basin boundary, areal precipitation, GIS, emergency decision

0 前言

2014年8月3日16时30分, 在云南省昭通市鲁甸县(103.3°E, 27.1°N)发生6.5级地震, 导致昭通市鲁甸县火德红乡红石岩村的牛栏江上游河段发生双侧严重山体垮塌, 造成会泽县纸厂乡江边村委会区域内牛栏江堵塞形成堰塞湖。红石岩堰塞湖属大型堰塞湖, 堰塞体危险级别为极高危险, 风险等级为I级(最高级别), 直接影响上下游4县(区)12个乡镇、3万余人。红石岩堰塞湖排险采取“上蓄、中挖、下泄”和群众避险转移相结合、辅以水文应急监测预警的综合措施。

面雨量是指某一时段内一定面积上的平均雨量^[1], 流域面雨量能客观地反映流域的降水情况。堰塞湖抢险排险决策的一个重要依据是水位和流量的变

化, 而流域的水位和流量变化与流域的平均降水量(面雨量)密切相关^[1]。因而, 简便、及时和准确地提供流域面雨量服务是堰塞湖抢险排险科学决策的重要保障。

流域面雨量的计算首先要有确定的流域边界。如何有效迅速地获取云南鲁甸堰塞湖上游小流域的边界, 是堰塞湖面雨量服务的关键。目前, 流域边界提取方法很多, 已由早期使用纸质地形图, 发展到通过水系图提取流域边界以及由遥感数据、数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)数据自动提取流域边界^[2]。

面雨量的计算方法很多, 主要有逐步订正格点法、三角形法、等雨量法、算术平均法和泰森多边形法等。方慈安等^[3]对几种流域面雨量的优、缺点进行了比较分析。泰森多边形由于考虑了各雨量站的权重, 而且当测站固定不变时, 各测站的权重也不变, 相对较合理, 精度也较高, 因此在面雨量业务中被应

收稿日期: 2016年8月29日; 修回日期: 2016年12月5日

第一作者: 赵鲁强(1965—), Email: zhaolq@cma.gov.cn

通信作者: 田华(1978—), Email: tianh1@cma.gov.cn

用广泛^[4-5]。

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 因具强大的地理信息和空间分析能力, 已广泛地应用于流域提取和面雨量计算中^[6-8]。本文基于GIS技术, 阐述了建立云南鲁甸堰塞湖流域面雨量的计算方法及其快捷实现流程, 拟为开展相关突发事件应急决策服务提供技术支撑。

1 堰塞湖上游流域边界确定方法

DEM是GIS的基础数据之一, 也是目前用于流域地形分析的主要数据。本文应用美国NASA公布的3弧秒 (约90m分辨率) 云南省区域DEM数据提取流域的边界。选用ArcGIS9.3作为GIS工具, ArcGIS环境下河网特征提取的有关命令都集成在水文工具集 (Hydrology) 中, 使用方便。利用王志等^[9]针对汶川地震灾区堰塞湖的流域边界提取方法, 设计了红石岩堰塞湖上游流域边界提取技术路线 (图1)。通过对DEM进行无洼地填补、计算汇流累积栅格确定流域的汇水出口, 然后结合水流方向逆向搜索流域边界, 再结合最新的震区遥感影像、水系数据进行边界的修正, 最终确定堰塞湖上游流域边界 (图2)。

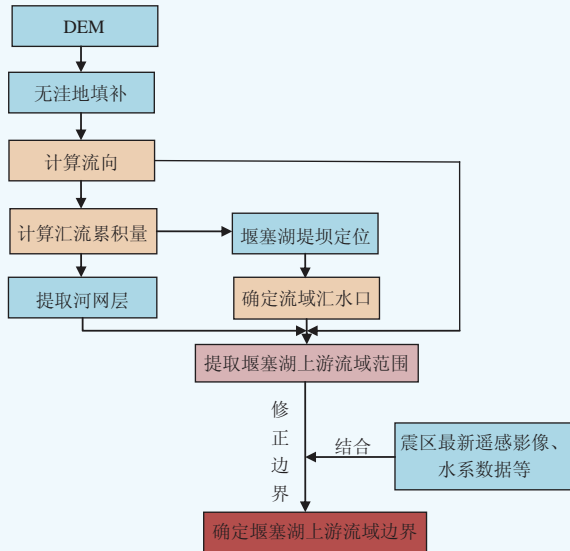


图1 云南鲁甸堰塞湖上游流域边界提取技术路线图

Fig.1 Technological way to boundary extraction for the upper reaches of dammed lakes in Ludian County, Yunnan Province

2 小流域面雨量计算方法

流域面雨量由流域内各气象站降雨量推算而来, 计算流程见图3。在云南鲁甸堰塞湖抢险排险气象服务中需要提供流域面雨量实况和预报服务。服务中使

用的降水站点实况数据格式为MICAPS 3数据。降水预报是由中央气象台精细化降水落区预报演算到站点上生成站点预报, 数据格式为MICAPS 14数据。首先要将MICAPS 3和14类数据进行转化生成ArcGIS支持的shp格式文件。MICAPS 14文件为文本格式, shp文件的数据组织方式为公开的^[10], 因此, 可编程实现文件格式的转化, 也可通过对MICAPS 3类和14类文件进行简单处理后, 直接将文件导入到ArcGIS中, 生成shp格式的带有降水信息的站点文件。堰塞湖流域面雨量计算采用了泰森多边形法。泰森多边形的形状由站点位置来确定。截取流域内气象站125个 (其中区域自动站121个, 国家站4个), 采用ArcGIS中空间分析工具集的泰森多边形工具, 建立堰塞湖流域内泰森多边形 (图4)。以流域边界裁剪, 计算裁剪后多边形面积, 利用式 (1), 通过站点降水和多边形面积的乘积之和与流域总面积的比, 计算出流域面雨量。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n A_i R_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \quad (1)$$

式中, A_i 为流域内泰森多边形面积, R_i 为流域内气象站降雨量值 (单位: mm)。

3 面雨量计算模型建设

GIS地理建模技术 (GeoProcessing) ^①是一种数据流图, 能将一系列的工具和数据“串”起来以创建高级的功能和流程, 实现复杂的、面向特定领域的建模能力。模型生成器 (ModelBuilder) 是ArcGIS所提供的图形化建模工具。在模型生成器环境下, 用户可将空间处理工具 (ArcToolbox) 和 GIS 数据集拖动到一个模型中, 然后按照步骤把它们连接起来创建高级功能和流程以实现复杂的 GIS 计算任务。当基于具体数据的模型创建好后, 把具体数据和工具参数设为空值, 则得到一个空间处理模型, 再将其相关参数设置为模型输入参数, 就得到了一个通用的处理工具^[11], 运行模型就可以得到处理结果。

为降低面雨量计算的复杂操作过程和减少计算时间, 满足堰塞湖抢险排险中快速及时的气象应急服务需求。本次服务中充分利用ArcToolBox丰富而强大的地理分析、数据处理功能, 以及ModelBuilder的直观调试等优点, 根据面雨量计算的算法流程, 将一些特殊处理过程开发成相应的工具, 构建面雨量模型, 形成工作流式的地理模型, 实现快捷操作, 最大程度提高了服务效率。

① ArcGIS Desktop Help 9.2: AnOverview of ModelBuilder.http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp_toolref/automating_your_work_with_models/an_overview_of_modelbuilder.htm.

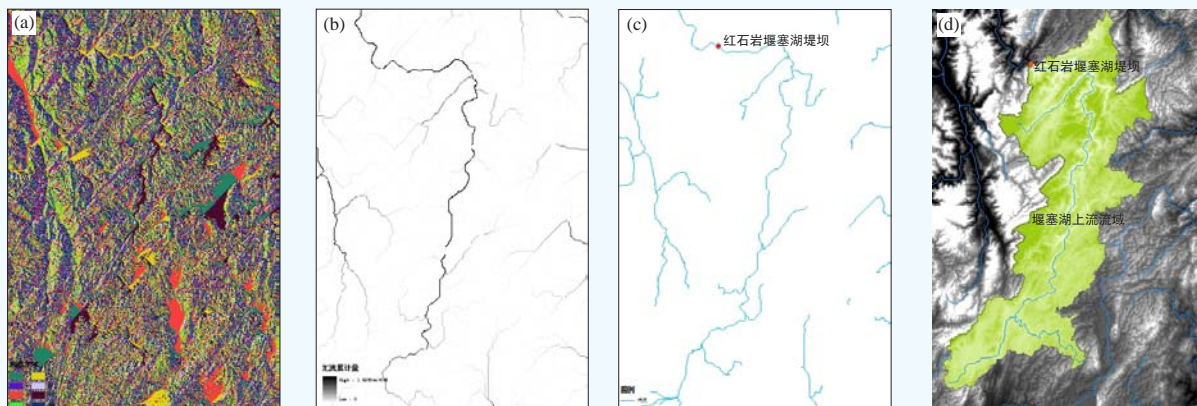


图2 云南鲁甸堰塞湖上游流域边界示意图
 (a) 水流方向栅格; (b) 汇流累积栅格; (c) 提取的河网层; (d) 红石岩堰塞湖上游流域
 Fig.2 The sketch map of boundary extraction for sub-watersheds in the upper reaches of dammed lakes in Ludian County, Yunnan Province
 (a) flow direction raster; (b) accumulated confluence raster; (c) extracted drainage network; (d) the upper basin of hongshiyuan dammed lake

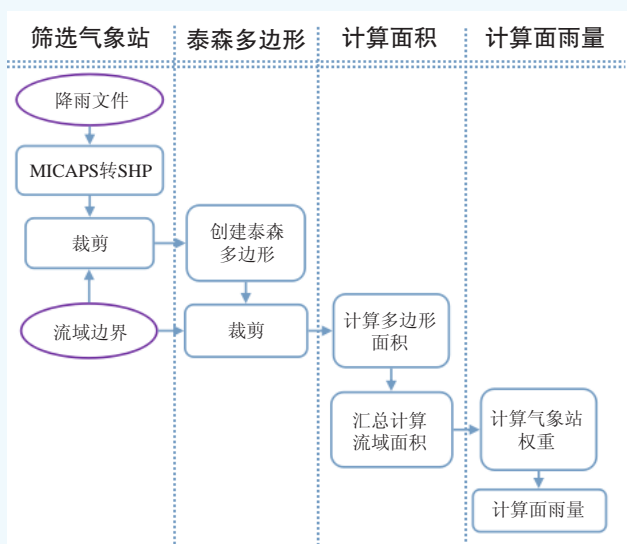


图3 面雨量计算流程
 Fig. 3 The flow chart of areal precipitation calculation

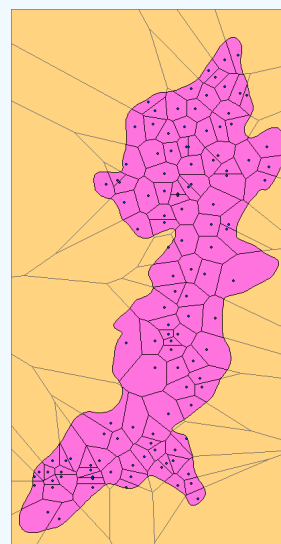


图4 对泰森多边形裁剪后生成的各多边形格网
 Fig. 4 Thiessen polygons for the basin of upper reaches in dammed lakes

3.1 流域内气象站及降雨量的确定

该模块共包含两项输入：降雨量文件（MICAPS 3数据）、流域边界。根据两个输入项首先确定流域内的气象站位置与降雨量数值（Value）。

使用ArcPy脚本工具，将MICAPS 3的气象站降雨量文件转换为shp格式点要素数据，保留站点编号及降雨量值等属性备用。将转换得到的点要素数据根据流域边界进行裁剪，仅保留流域内的气象站及降雨量数值。

3.2 创建泰森多边形

使用经过裁剪的点要素数据进行泰森多边形的创

建，并将降雨量字段连接到使用流域边界裁剪过的泰森多边形面要素数据上。至此，一个包含降雨量信息的面要素类创建完成。

在创建泰森多边形的时候，应将点要素数据主键FID保留输出，用来进行下一步连接字段操作。由于泰森多边形创建完成后为矩形，应使用流域边界再一次进行裁剪操作，以得到每个气象站在流域内所控制的实际面积大小。将流域内点要素数据属性表中的降雨量字段（Value）根据主键FID连接到流域内泰森多边形面要素数据属性表中。

3.3 计算面积

面要素类坐标系必须经过投影后才能进行要素面积的计算,再根据各个要素面积的累加得到流域总面积,进而得到每个多边形在流域内的权重。

地理坐标系无法进行面积的计算,将经过处理的泰森多边形面要素数据进行坐标投影,转换为以m为单位的投影坐标系。对投影过的泰森多边形面要素数据进行计算面积操作后,要素数据属性表中将多出F_AERA字段记录要素数据中每个要素的面积,默认以m²为单位。对泰森多边形面要素数据属性表中的F_AREA字段进行求和计算(SUM),得到一张dBASE格式的表,表中包含主键(ID)、进行统计计算的要素总数以及计算结果(即面积总和)。根据包含了面积总和的dBASE表主键(ID)与泰森多边形面要素数据的主键(FID),将代表流域面积SUM_F_AREA字段连接到泰森多边形面要素数据中,以进行最终结果的计算。

3.4 计算面雨量

当泰森多边形面积、流域面积以及代表站降雨量数据全部准备好后,根据式(1)计算得到结果即可。为包含了多边形面积、流域总面积、代表站降雨量的泰森多边形面要素数据属性表中添加字段result作为结果计算的中间字段。以([F_AREA] / [SUM_F_AREA]) * [Value]表达式来进行result字段的计算,表达式即为(多边形面积/流域面积) × 代表站降雨量。汇总统计数据再次使用汇总统计数据工具对result进行SUM计算,得到的dBASE表中结果即为最终的面雨量计算结果。由于dBASE表查看不便,将dBASE表转化为可以使用Excel查看的dbf格式数据进行输出。

3.5 面雨量计算操作界面

面雨量计算模型设置两个输入参数,提供简洁的操作界面,选择所需的降雨量数据和流域边界,点击确定后即可生成面雨量计算结果。

4 结论与讨论

1) 在云南鲁甸堰塞湖抢险排险气象应急决策服务中,采用GIS技术提取堰塞湖上游的流域边界,应用泰森多边形方法实现了云南鲁甸堰塞湖上游流域雨量的计算。以《云南鲁甸抗震救灾气象服务专报》

的形式提供给相关决策部门,为救灾抢险工作等提供了很好的水文气象保障服务。此外,本方法也在云南省气象台进行了本地化搭建和集成,有效提升了云南省气象台红石岩堰塞湖流域服务能力和服务效果。

2) 通过本文介绍的方法,采用GIS地理建模技术构建面雨量计算模型,实现面雨量计算算法流程的集成和快捷计算,可以客观、连续地为应急决策服务提供水文气象技术支持,也为以后开展类似的应急决策服务提供方法和经验。

3) 面对频发的各类自然灾害,在应急决策服务中只要涉及确定流域边界问题和计算面雨量问题,均可以应用本文所提供的方法。

4) 在面雨量计算模型整体建设过程中,堰塞湖上游流域边界的确定是否准确,直接影响了小流域面雨量计算结果的可靠性。因此,在确定堰塞湖上游流域边界时,应以本文介绍的客观方法为基础,适当考虑有关专家的意见对边界做必要调整。

5) 在面雨量计算模型整体建设过程中,当确定了堰塞湖上游流域边界后,由于小流域内直接影响面雨量的情况比较复杂,在应用泰森多边形方法过程中,各雨量站的权重问题至关重要,需在今后的应用中加强研究和总结。

参考文献

- [1] 徐晶,林建,姚学祥,等.七大江河流域面雨量计算方法及应用.气象,2005,27(11):13-16.
- [2] 周厚芳.流域边界提取方法.研究综述.人民长江,2001,42(增刊):28-31.
- [3] 方慈安,潘志祥,叶成志,等.几种流域面雨量计算方法的比较.气象,2003,29(7):23-26.
- [4] 陈光舟,张晓红.淮河流域面雨量计算方法的比较.安徽农业科学,2009,37(24):11637-11640.
- [5] 毕宝贵,徐晶,林建.面雨量计算方法及其在海河流域的应用,气象,2003,29(8):39-42.
- [6] 张树君,朱勤东.GIS环境下径河流域水系特征的提取及探讨.人民黄河,2014,36(10):55-57.
- [7] 石岚,徐丽娜,关作正.利用地统计分析及GIS技术实现流域面雨量预报.计算机应用,2009,29(s2):115-119.
- [8] 钟利华,钟仕全,曾鹏,等.基于GIS的广西电网流域面雨量计算方法与监测预警.气象研究与应用,2015,36(1):38-42.
- [9] 王志,赵琳娜,张国平,等.汶川地震灾区堰塞湖流域面雨量计算方法研究.气象,2010,36(6):7-12.
- [10] 刘锋,张继贤,李海涛.SHP文件格式的研究与应用.测绘科学,2006,31(6):116-118.
- [11] 陈雪冬.红水河上游“龙滩水库GIS”空间分析应用模型的设计与实现.成都:成都理工大学,2004.