

基于 RS 和 GIS 的洪涝灾害监测与评估研究

何桂珍^①,程效军^{①·②}

(^① 同济大学土木学院测量与国土信息系,上海 200092;

^② 现代工程测量国家测绘局重点实验室,上海 200092)

摘要:以鄱阳湖区为例,对洪灾的快速监测与评估进行研究。首先探讨了洪灾监测与评估所需的基础背景数据,包括数字地面高程模型(DEM)、本底水体数据及土地利用数据;然后介绍了以 RS 和 GIS 为支撑,对洪涝灾害进行监测评估,实现了对遥感获取的灾情信息与地面实况信息进行各种空间分析与专题分析,从而提取出洪涝淹没的范围和面积,及时地反映出淹没的程度及地理位置,快速地对洪涝灾情进行评估。最后结果显示:该方法快速、有效,能够为相关决策部门了解灾情、制定救灾方案以及灾后规划等提供决策支持。

关键词:鄱阳湖区;洪涝灾害;遥感;地理信息系统;监测评估

doi:10.3969/j.issn.1000-3177.2012.01.017

中图分类号:TP79 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3177(2012)119-0084-04

Study on Monitoring and Evaluating of Flood Disaster Based on RS and GIS

HE Gui-zhen^①,CHENG Xiao-jun^{①·②}

(^① Department of Surveying and Geoinformatics, Tongji University, Shanghai 200092;

^② Key Laboratory of Advanced Engineering Survey of SBSM, Shanghai 200092)

Abstract: In order to prevent and reduce the loss of flood disaster, monitoring and evaluating flood disaster has been researched for huge flood hazard, taking Poyang Lake area for an example. First is to discuss the basic background data needed in flood monitoring and assessment, including digital terrain elevation model (DEM), the background water data and land use data. Next, introduce the monitoring and evaluation of flood disasters based on RS and GIS, which can do a variety of spatial analysis and thematic analysis about flood information by remote sensing and ground-truth information to extract the scope and area of flood inundation, timely reflect the submerged extent and location, quickly assess the flood disaster. Finally, combining with background data, all types of damage data can be counted using GIS spatial analysis function, so as to achieve the purpose of rapid assessment of losses. The final results show that the method is fast, efficient, and able to provide decision support to understand the disaster situation, make disaster relief schemes and post-disaster planning for related decision-making departments.

Key words: Poyang Lake area; flood disaster; remote sensing; GIS; monitoring and evaluating

1 引言

洪涝灾害是最频发的自然灾害,严重影响国民经济发展、危害人民生命财产安全、破坏环境^[1]。随着经济的高速发展、人类工程的增加,洪涝灾害对人类的危害仍在加重。鄱阳湖是我国第一大淡水湖,

鄱阳湖地区是全国著名的商品粮之地,而另一方面鄱阳湖地区又是洪灾多发地区,每年因洪水所造成的经济损失十分巨大,特别是随着湖区人口增多与经济发展,洪灾所造成的损失呈上升趋势。如何应用高新技术改进洪涝灾害的预测预报与灾情评估方法,提高灾情数据的客观性与准确性,增强防灾、抗

收稿日期:2011-01-14 修订日期:2011-04-21

基金项目:国家自然科学基金(50239090)。

作者简介:何桂珍:(1983~),女,江西九江,博士研究生,主要研究方向:摄影测量与遥感。

E-mail:274509000@qq.com

灾和减灾能力,越来越受到政府部门的高度重视与专家们的广泛关注^[2]。

遥感技术的发展,为洪涝灾害的大面积、客观、实时监测与预测等提供了新的手段^[3],在 GIS 技术支持下,可实现对遥感获取的灾情信息与地面实况信息的有机结合,从而进行各种空间与专题分析,为有关部门尽快了解灾情、制定救灾方案以及灾后规划等提供重要的决策支持^[4]。遥感与 GIS 技术已广泛用于防洪、减灾、救灾方面,其应用贯穿在整个洪灾发生前后,比如洪水前期进行洪水模拟与预报,洪灾期间可以进行灾情发展过程监测,并据此制定相应的洪水调度方案,灾后可以进行损失评估等^[5]。

2 基础背景数据获取

用于洪水监测与评估的基础背景数据包括:地形(DEM)数据、本底水体数据、土地利用数据及其他相关数据,对于灾情分析这些数据都是重要的基础背景资料。

2.1 数字地面高程模型 DEM

在洪水灾害监测中,DEM 数据是分析洪水淹没范围最主要的基础背景数据,高精度的地形数据对分析洪水的水位、水深分布都是非常有效的^[6]。本文提出的 DEM 生成流程和效果如图 1、图 2 所示。

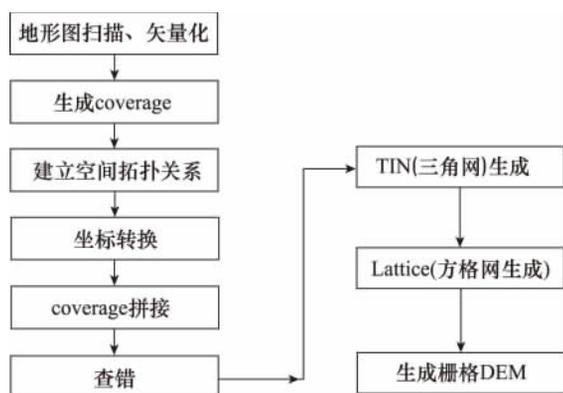


图 1 DEM 生成流程图

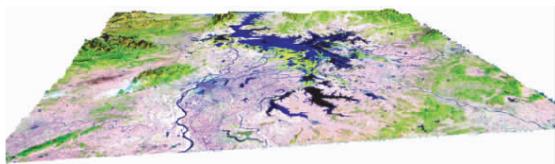


图 2 鄱阳湖区 DEM 图

2.2 本底水体数据

水是一种重要的资源,鄱阳湖区水资源的分布现状和湖体的面积范围是洪涝灾害监测的重要本底数据,在洪水发生时可进行判断洪水淹没范围的对比。对基础水体的提取,方法有两个:

(1)单纯地数字化 1:5 万水系图,但是该方法需要耗费大量的人力物力且现在一些水体已发生了变化。

(2)用 TM 影像结合地形图的方法提取 1:5 万水系图,这种方法能够节省大量的时间,又是水体现状的真实再现。但同时也需要注意的是,此方法对面积较宽的水体的提取精度较高,对面积较窄的水体提取精度有一定的局限性。因此,在鄱阳湖洪涝区,我们对于湖泊、水库、池塘及一些宽的双线河流,在 TM 图像上较易识别的,就直接用分类的方法提取;但是对于一些细小的河流,有些在 TM 图像上表现的断断续续,有些只能看到模糊的影子,如果单纯用 TM 图像来提取,精度将会受到很大的限制,就借助 1:5 万地形图作参照,采用屏幕数字化的方法提取,所提取到的鄱阳湖水系分布如图 3 所示。

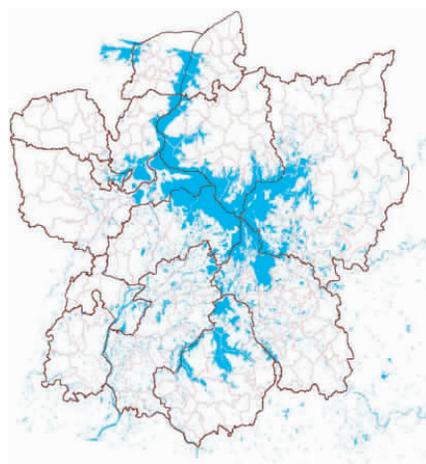


图 3 鄱阳湖水系分布图

2.3 土地利用数据

土地利用覆盖背景信息主要是用于计算洪涝淹没土地类型及面积,分类的方法主要是地统计学方法。地统计学以区域化变量理论为基础,以半变异函数为基本工具,研究在空间分布上既具有随机性又具有结构性的自然现象^[7~8]。区域化变量 $Z(x)$ 是指在空间分布的变量,是在区域内不同位置 x 取不同值 Z 的随机变量,它一般反映了某种现象的特征。变异函数也即半方差函数,是地统计学中研究变异性的关键函数,反映了不同距离观测值之间的变化,即两点之间插值的一半,假设区域化变量满足二阶平稳和本征假设,变异函数的定义明确如下:变异函数是在任一方向 A ,相距 $|h|$ 的两个区域化变量 $Z(x)$ 及 $Z(x+h)$ 的增量的方差,它是 h 及 A 的函数,其通式为:

$$\begin{aligned} \gamma(h, \alpha) &= 1/2 \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)] \\ &= 1/2 E\{[Z(x) - Z(x+h)]^2\} \end{aligned} \quad (1)$$

式(1)是理论上的变异函数,其中 E 是方差函数,但是,在实践中,样品的数目是有限的,我们把由有限实测样品值构成的变异函数称之为试验变异函数^[9~10],记为 $\gamma^*(h)$:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x) - Z(x+h)]^2 \quad (2)$$

式中, $N(h)$ 是研究区内间隔为 h 的点对数, $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 分别是 x 及 $x+h$ 点的变量值。实现结果如图 4 所示。

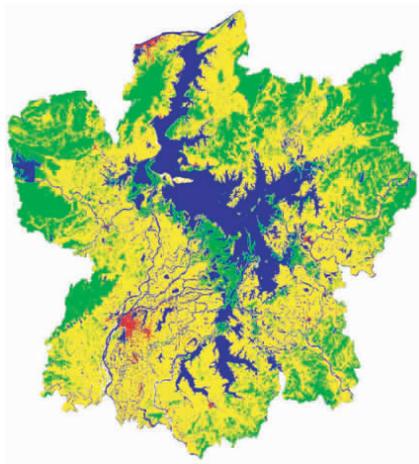


图 4 鄱阳湖土地利用分布图

3 鄱阳湖区洪涝灾害监测

以 RS 和 GIS 为基础,进行快速、准确、连续、动态与全天候的洪涝灾害监测,使之能够及时地反映洪水淹没的范围^[11],洪水淹没范围的遥感分析过程如下:

- (1) 利用遥感技术快速获取洪水灾情信息;
- (2) 利用遥感图像处理系统快速提取灾情信息。

通过遥感软件目视解译,在 SAR 图像上勾画出洪水淹没范围。快速准确地提取洪水淹没范围需要进行雷达图像上洪水边界的提取,在 PCI 的 Image-Works 模块中,同时打开经过校正的 Radarsat SAR 图像和 TM 图像,建立两者之间的地理链接,即当光标在一个图像上移动时,另一个图像相同坐标位置上的光标也随之移动,利用这一方法可以很方便地把 SAR 图像上的水体和阴影区分开来。水体在 SAR 图像上为黑色调,雷达阴影在 SAR 图像上也为黑色调,两者极易混淆,而 TM 是多光谱的图像,地物特征表现比较明显, TM5、4、3 波段组合的假彩色图像上,水体为浅兰至兰黑色,山体阴影为黑色调,用目视判读的方法就能把两者区分出来。在 SAR 图像上屏幕数字化洪水边界,当遇到不能确定是水体还是阴影的时候,就参照 TM 图像,看光标

在 TM 图像上所指的位置是否为阴影或山体。

(3) 把提取到的洪水边界进行数字化,把数字化的结果转到 ArcGIS 软件中进行编辑,然后与基础水体数据作对比,以确定洪水淹没范围,同时计算出洪水淹没面积。

(4) 鄱阳湖水体淹没模型:以鄱阳湖洪泛区 DEM 作为主要信息源,配以平水位的 TM 影像进行开发的,它能够直观地模拟鄱阳湖区水位发生变化时所发生的水体淹没情况,这对实施宏观决策与快速查询水体淹没的土地利用状况具有重要的意义。图 5,图 6 为不同水位所显示的不同淹没范围,图 7 为淹没水量和淹没水位过程线。

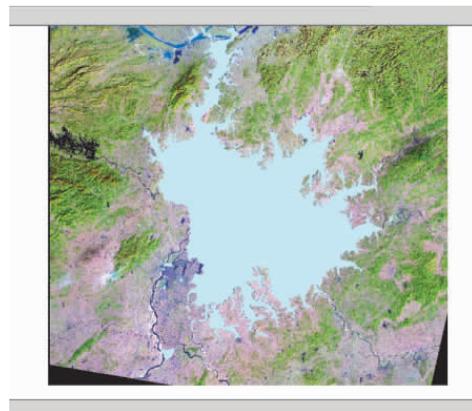


图 5 20m 水位时的淹没范围

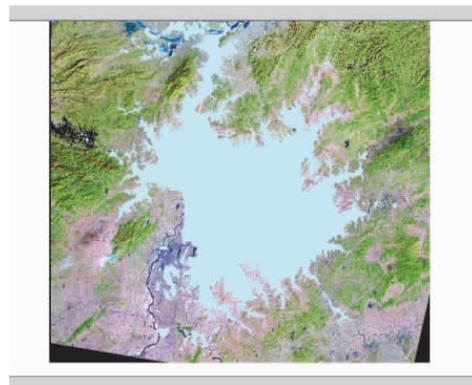


图 6 22m 水位时的淹没范围

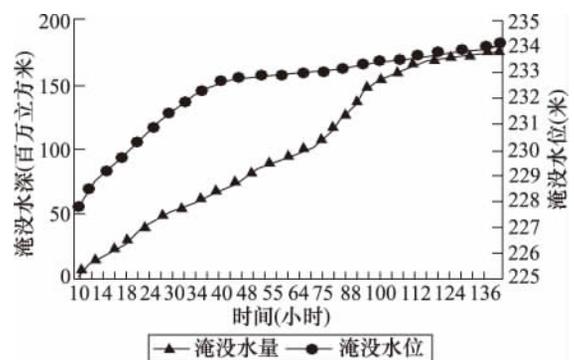


图 7 淹没水量和淹没水位过程线

4 鄱阳湖区洪涝灾害快速评估

洪涝灾情评估涉及区域环境背景、洪水特征以及社会经济等因素,因此需要使用大比例尺背景和灾情遥感影像图、土地利用类型图、水利工程图、地形图以及有关的社会经济统计等方面的背景数据。在背景数据库支持下,利用 GIS 技术的空间分析与空间统计功能,将遥感信息与背景信息快速复合和分析。具体洪涝灾情评估步骤和过程如下:

(1)将从遥感图像中提取的洪水淹没范围与各种背景数据(如居民地、行政界线、土地利用等)进行快速叠加,快速统计出各类受损数据,如淹没区的土地利用类型和人口、工、农业产值等^[12]。

(2)将洪水监测动态分析得到的不同时期的洪水淹没范围图,利用地理信息系统中的有关分析功

能,进行人机交互式操作,提出洪水发展趋势评估报告。

(3)依据社会经济数据库给出以乡为单元的受淹范围内的社会经济指标、灾害损失情况等,并按省、市、县不同级别的行政单位生成定性、定位、定量的图件、汇总数据与统计报表等,提供给有关部门使用,表 1 为直接经济损失统计成果。

将本系统的损失统计方法应用到 1998 年鄱阳湖区特大洪灾中,得到 1998 年鄱阳湖区洪灾的损失预测值为 376.81 亿元。根据年末经济统计,1998 年特大洪灾给鄱阳湖地区造成的直接经济损失约为 335.96 亿元。将模型计算出来的结果与实际经济损失相比较,偏差: $\sigma = \frac{376.81 - 335.96}{376.81} \times 100\% \approx 10.84\%$

表 1 直接经济损失(万元)

损失项目	房屋	生产工具	农产品	林果	养殖业	渔业
损失评估值	151977.75	138.3723	14820.97	116.0611	49851.78	64425.24
损失项目	农村损失	流动资产	固定资产	第二产业	第三产业	合计
损失评估值	281330.2	247728.4	156098.5	735823.7	390102.4	18011083.17

5 结束语

以 RS 和 GIS 为支撑的洪涝灾害监测评估可实现对遥感获取的灾情信息与地面实况信息进行各种空间分析与专题分析,从而提取出洪涝淹没的范围和面积,及时地反映出淹没的程度及地理位置,快速

地对洪涝灾情进行评估,为有关部门尽快了解灾情、制定救灾方案以及灾后规划等提供了重要的决策支持。另外,随着数据挖掘技术的迅速发展和不断成熟,可以考虑将来利用数据挖掘技术,预先挖掘到一些有关降水、灾害等信息,以预防及减少洪涝灾害造成的损失。

参考文献

- [1] 刘亚岚,王世新,等.遥感与 GIS 支持下的基于网络的洪涝灾害监测评估系统关键技术研究[J].遥感学报,2001(1):53-56.
- [2] LIU Xiaosheng, CHEN Youliang. Research of geographic information system of flood prevention and control in Poyang Lake area[C]//The CHINA Association for Science and Technology, 2004(1):462.
- [3] 乌伦,刘瑜,等.地理信息系统—原理、方法和应用[M].科学出版社,2001.
- [4] 徐美,黄诗峰,等.RS 与 GIS 技术支持下的 2003 年淮河流域洪涝灾害快速监测与评估[J].水利水电技术,2004(5):83-86.
- [5] 陈述彭,等.遥感地学分析[M].北京:测绘出版社,1990.
- [6] Fang Yu, et al. Research on information system of flood monitoring and rapid assessment in Poyang Lake[R]. 2004.
- [7] ZHANG Ding-xiang, LIXian-wen, YANG Ji-hong. Updating method of land use database based on hyper-spectral and high resolution images[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(6): 272-276.
- [8] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land use and land cover change implementation strategy[R]. IGBP Report No. 48, IHDP Report No. 10, Stockholm: IGBP, 1999.
- [9] Xia, YE Hui-an. Accuracy improvement of land use change detection using principal components analysis[J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1(4): 283-289.
- [10] SUHai-min, HE Ai-xia. Analysis of land use based on RS and geostatistics in Fuzhou city[J]. Journal of Natural Resource, 2010, 25(1): 91-99.
- [11] 闵刚,钱永甫.中国极端降水事件的区域性和持续性研究[J].水科学进展,2008,19(6):763-771.
- [12] 葛小平,许有鹏,等. GIS 支持下的洪水淹没范围模拟[J].水科学进展,2002,13(4):456-460.