

文章编号 : 1004-4574 (2002) 04-0084-06

基于 GIS 的湖北省洪水灾害危险性评价

何报寅¹, 张海林¹, 张 穗¹, 丁国平²

(1. 中国科学院测量与地球物理研究所, 湖北 武汉 430077; 2. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要:在湖北省 1:25 万数字地形图的基础上, 利用 ARC/INFO 地理信息系统平台强大的空间分析和叠加功能, 对湖北省洪水灾害危险性进行了初步评价。首先对构成洪水灾害危险性的 4 个因子——降水、地形、河网(包括河流、湖泊、水库)以及历史上洪灾发生的频次等进行了分析和数字化, 得出了各因子对洪水灾害影响程度的栅格图层; 其次, 对这些图层进行空间叠加, 得到了湖北省洪涝灾害危险性评价图。结果显示, 湖北省东部及中部地区的洪水危险性普遍高于其它地区, 特别是枝江以下的长江沿线以及钟祥以下的汉江中下游一线两岸地区, 危险性最高, 这与这些地区丰富的降水、低平的地势是密切相关的; 而鄂西南和鄂东南部虽然降水也比较丰富, 但由于该区地势高, 因此洪水危险性相对于中部来说总体上要低一些; 鄂西北地区尤其是神农架地区降水量少, 地势最高, 因而危险性最低。这个结果与湖北省的实际情况是符合的。

关键词:洪水灾害; 危险性评价; 地理信息系统; 湖北省

中图分类号: X43

文献标识码: A

GIS-based risk evaluation for flood disaster in Hubei Province

HE Bao-yin¹, ZHANG Hai-lin¹, ZHANG Sui¹, DING Guo-ping²

(1. Institute of Geodesy & Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China;

2. China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on the digital topographic map of 1/250000 scale, a primary evaluation for flood risk in Hubei Province has been made by use of the strong function on space analysis and overlap of ARC/INFO GIS platform. Firstly, through analysis and digitization, four raster coverages were made for the following factors that composed flood risk: precipitation, topography, river net (including rivers, lakes and reservoirs) and frequency of floods happening in history. Secondly, a map of assessment for flood risk in Hubei Province is made by overlapping these raster coverages of the four factors. Result shows that, the flood risk is highest in the most part of the core areas in Jiangnan plain and Xiangfang plain, their risk value is 5; it is less high in the edge areas of the plain and low in hill areas, the risk value is 4; most part of the mountain areas in west, northeast and southeast of Hubei Province have relative lower flood risk of value 2; the high mountain area of Shennongjia has lowest risk of value 1. The above result is agreed with the actual situations of the area.

Key words: flood disaster; risk evaluation; geographic information system; Hubei Province

收稿日期: 2002-02-25; 修订日期: 2002-06-20

基金项目: 国家发展计划委员会、国家地质调查局资助项目“湖北省国土资源遥感综合调查”(0799210014)

作者简介: 何报寅(1964-), 男, 广西玉林人, 副研究员, 博士, 主要从事长江流域环境演变、资源环境的遥感监测与评价、区域可持续发展等研究。

湖北省地处长江中游,位于北纬 29°01'53" ~ 33°16'47",东经 108°21'42" ~ 116°07'50" 之间。全省国土面积 $18.59 \times 10^4 \text{ km}^2$,东、北、西三面环山,中南部为汉江平原,与洞庭湖平原连成一体,是略向东南开阔的碟形地带;西部绝大部分为崇山峻岭,地形复杂;中南部平原湖区地势低洼,高程一般在 20 ~ 50 m 之间。

洪涝灾害是湖北省危害最大的自然灾害。由于四面环山,中间低平,湖泊、河流众多,又处于梅雨带内,每当初夏梅雨来临时,常常连降暴雨,造成山洪暴发。因境外客水进入和本地强降水,平原湖区江湖水位猛涨而形成外洪内涝。汛期外江洪水常高于堤内地面数 m 至 10 余 m。局部性的洪涝灾害几乎每年都有,大范围的严重洪涝在近 40 年内也多次出现,如 1954,1969,1980,1983,1991,1996,1998,1999 年都发生过严重的洪涝灾害。各地洪涝灾害大多发生在盛夏。

历史上洪涝灾害发生频次较多的区域在鄂西的鹤峰、恩施、建始一带,以及远安、随州、枣阳、襄樊一带;而鄂西北、鄂东南一带则要少一些,其它地区介于这两者之间。

无论是从省内各县、市的社会经济发展角度,还是从流域城镇的财产以及人民的生命安全角度来看,都有必要从宏观上了解全省遭受洪涝灾害损失的危险性程度。这对于保险公司确定保险费率,水利部门进行工程防洪效率估算,政府决策部门进行国土资源利用规划,经济主管部门确定区域经济发展与建设方向以及防洪救灾部门确定减灾目标,进行防洪减灾规划等等均具有重要的意义。通过对洪涝灾害进行危险性评价,各决策部门能够直观地由危险性评价结果图中了解到相关地区遭受洪涝灾害损失的危险程度。

1 洪水灾害危险性评价技术路线

本文的洪水灾害危险性评价基于洪水灾害的形成机制。主要考虑洪水灾害形成的自然因素如地形、水系分布、降水以及历史上洪灾发生的频度等,如图 1。

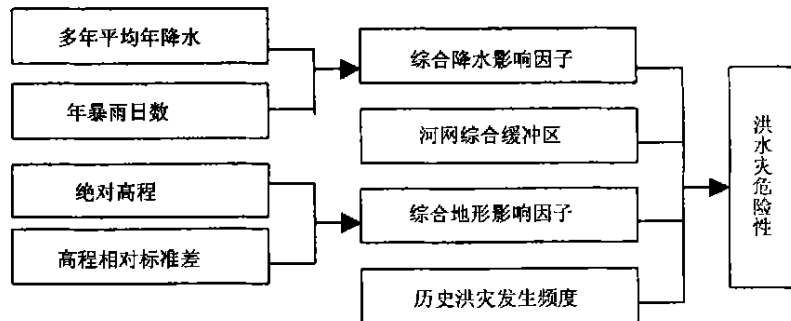


图 1 洪水灾害风险评价技术路线图

Fig.1 Technological route for flood risk evaluation

在技术上,采用地理信息系统——主要为栅格地理信息系统作为支撑手段。栅格地理信息系统具有强大的空间分析能力——地图代数,而且只要栅格取得足够小,就能基本保证每个栅格单元内各评价指标保证做到均质。因此,栅格单元是一种很好的评价基本单元。

在评价方法上,以栅格作为评价的基本单元,分别分析各评价因子对洪水灾害危险性的影响程度,然后利用 GIS 软件的空间分析功能模块提供的图层叠加功能,进行叠加操作,并进行分类,从而得到相应的结果。该方法比较客观,但是计算量也比较大(主要是大量的基于栅格的数值计算)。

2 湖北省洪水危险性评价

洪水灾害具有自然和社会的双重属性,洪水危险性评价是从形成洪水灾害的自然属性角度,即从形成洪水灾害的致灾因子和孕灾环境条件进行的洪灾危险性分析。

2.1 评价指标的选择

洪水的形成主要取决于天气因素和下垫面因素。天气因素主要有暴雨、台风、海啸等。对于湖北省来说

暴雨洪水是主要的洪水类型,因此天气影响因素主要是降水量和降水强度。下垫面因素包含地形、地貌、植被、土壤、湖泊及水库的分布等,其中以地形及河网、湖泊和水库的分布对洪水危险性影响最大。

本文在评价时主要考虑降水,地形,河网(河流、湖泊、水库)以及历史上洪灾发生的频次情况等4个因素。

2.2 降雨的空间分布特征及对洪水危险程度的影响

湖北省属亚热带季风气候区,全省大部分地区年降水量介于800~1600mm之间。降水分布趋势为由南往北递减,鄂西南最多,达1200~1600mm,全省大部分大于1600mm的降雨区集中于该区;鄂东南通山县一带也分布有降雨中心;1200mm的降雨等值线穿过宜昌—荆州—天门—孝感一带,该线以北的地区降水基本上小于1200mm,而该线以南则均在1200mm以上;鄂西北一带降水则小于1000mm。海拔1884.3m的绿葱坡年均降水量达1828.6mm。

湖北省各地降水量有明显的季节变化,一般是夏季较多,冬季最少,春秋两季各地不一。降水主要分布在受夏季风影响比较大的5~9月,这5个月的降水量约占全年降水总量的60%~70%。其中又以6月中旬至7月中旬雨量最多,强度最大,是湖北省的梅雨期。

洪水灾害的发生不仅和降水量有关,更和降水的强度有着密切的关系。降水强度的大小可通过多年平均年暴雨日数来反映。湖北省内降水强度比较强的地区有鄂西南鹤峰、利川、建始一带,鄂东南咸宁地区以及鄂东北一带,而鄂西北一带则降水强度较弱。

本文在实际评价过程中,综合考虑了降水量和降水强度的因素,根据降水量越大、年暴雨日数越多,则对洪水形成所做的贡献也越大的原则,确定出降水因子对洪水灾害形成的影响度划分标准(如表1所示)。据此并综合降水量以及降水强度(年暴雨日数)两个图层,利用ARC/INFO软件得到了湖北省综合降水因子的影响度图。

表1 综合降水因子的影响度划分标准

Table 1 Dividing standard for the affecting degrees of integrated precipitation factors

综合降水因子	降水量/mm			
	<800	800~1200	1200~1600	>1600
年暴雨日数 < 2d	0.4	0.5	0.6	0.7
年暴雨日数 2~4d	0.5	0.6	0.7	0.8
年暴雨日数 > 4d	0.6	0.7	0.8	0.9

2.3 地形特征及其对洪水危险性的影响

湖北省地跨中国地势第二级阶梯和第三级阶梯的过渡地带。鄂西山区为第二级阶梯的东部边缘,属云贵高原的一部分;其余地势区为第三级阶梯的一部分。全区地势起伏较大,最高点神农顶海拔3105.4m,最低点是龙感湖湖底,海拔10m。按照海拔高程,全区可分为鄂西山区、鄂东北低山丘陵区、鄂东南低山丘陵区、鄂北岗地丘陵区 and 江汉平原区等五个地势区。其中,江汉平原区大部分地面海拔20~100m,平原边缘为50m左右的阶地和100~200m左右的丘陵;而鄂北岗地丘陵区大部分海拔为100~200m之间;鄂东北低山丘陵区海拔基本上低于500m;鄂东南低山丘陵区以及鄂西山区海拔均很高,一般高于800m。以湖北省测绘局提供的125万地形底图为基础,利用ARC/INFO软件生成TIN,按250m×250m进行栅格化,得到湖北省数字高程模型,并进行分类,得到湖北省内高程分级图。

地形与洪水危险程度是密切相关的。地形对洪水形成的影响主要在于两个方面:地形高程及地形变化程度。地形高程越低,地形变化越小,越容易发生洪水。地形变化通常用坡度来表征。但是目前的GIS软件进行坡度计算的原理是仅考虑相邻栅格的高程变化程度,而实际上影响洪水危险程度大小的是一定范围内的地形变化,故仅仅考虑相邻栅格不是很合理。ARC/INFO软件的栅格(GRID)计算模块中提供了计算某个栅格一定邻域内高程相对标准差,该值能很好地反映栅格处的地形变化程度,因此本文采用高程相对标准差来取代坡度。高程相对标准差的计算可利用ARC/INFO GRID模块中提供的FOCALSTD函数进行计算,得到地形标准差分布图。标准差越小,表明该处附近地形变化也越小,越容易形成洪水。本文根据计算得到的均值和方差,确定出如下3级:1级(小于23.777m),2级(23.777~54.199m),3级(大于54.199m)。

根据地形因子中绝对高程越高,相对高程标准差越小,则洪水危险性程度越高的原则,确定出综合地形因子影响程度(0.0~1.0)划分标准(表2)。综合叠加地形高程与地形相对高程标准差的栅格图层,并根据表2确定的综合地形因子影响度的划分标准,得到综合地形因子影响度的栅格图。

表2 综合地形因子影响度的划分标准

Table 2 Dividing standard for the affecting degrees of integrated topographic factors

综合地形因子	地形高程/ m				
	< 100	100 ~ 200	200 ~ 500	500 ~ 800	> 800
1 级地形标准差 (< 23.777 m)	0.9	0.8	0.7	0.6	0.4
2 级地形标准差 (23.777 ~ 54.199m)	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3
3 级地形标准差 (> 54.199 m)	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2

2.4 河网分布及其对洪水危险程度的影响

河网的分布在很大程度上决定了评价区域遭受洪水侵袭的难易程度也不一样。距离河道、湖泊、水库等越近,则洪水危险程度越高。但是不同级别的河流其影响力的大小是不同的,级别越高,其影响范围越大;同一级别的河流如果其所处地形不同,影响范围也会不一样,平原区的河流具有更强的影响力。

在分析过程中,采用 ARC/INFO 软件提供的缓冲区分析功能来表征河网对洪水危险性的影响程度。通过对河网建立缓冲区,不同的缓冲区宽度代表不同地段受洪水侵袭的难易程度也不一样。本文分别对河流以及湖泊、水库建立了两级缓冲区,缓冲区的宽度则综合考虑了河流的级别、所处的地形,河流的地形属性是通过河流、湖泊图层与地形分级图层叠加分析得到的。具体等级的划定以及宽度的确定见表3。另外,根据历史上洪水的强度情况(根据长江、汉江沿岸的历史溃口扇以及1998年特大洪水期间的遥感影像),对荆江(枝江以下)段以及汉江中下游(钟祥以下)河段的缓冲区的宽度作了特别的规定(见表4),使得更加符合客观实际。

表3 湖泊和水库缓冲区等级和宽度的划分标准

Table 3 Dividing standard for the buffer zone ranks and widths of lakes and reservoirs

缓冲区等级	地形高程/ m					km
	< 100	100 ~ 200	200 ~ 500	500 ~ 800	800	
一级缓冲区	4	3	2	1.5	1	
二级缓冲区	10	8	6	4	2	

表4 河流缓冲区等级和宽度值的划分标准

Table 3 Dividing standard for the buffer zone ranks and widths of rivers

缓冲区等级	地形高程/ m					km
	< 100	100 ~ 200	200 ~ 500	500 ~ 800	800	
长江	一级缓冲区	8	6	5	4	3
	二级缓冲区	16	14	12	10	9
汉江	一级缓冲区	6	4	3	2	1
	二级缓冲区	14	12	10	9	8

注:长江缓冲区自枝江以下,汉江缓冲区自钟祥以下。

在利用 ARC/INFO 软件的 BUFFER 功能分别得到河流、湖泊(水库)的缓冲区后,再利用其提供的栅格化(GRID)功能,以 250m × 250m 为栅格单元的大小,将相应的多边形文件转换为栅格文件,并合并两者,得到综合缓冲区分布。根据距离河流、湖泊(水库)距离越近,洪水危险性越大的原则,可确定各级缓冲区对洪

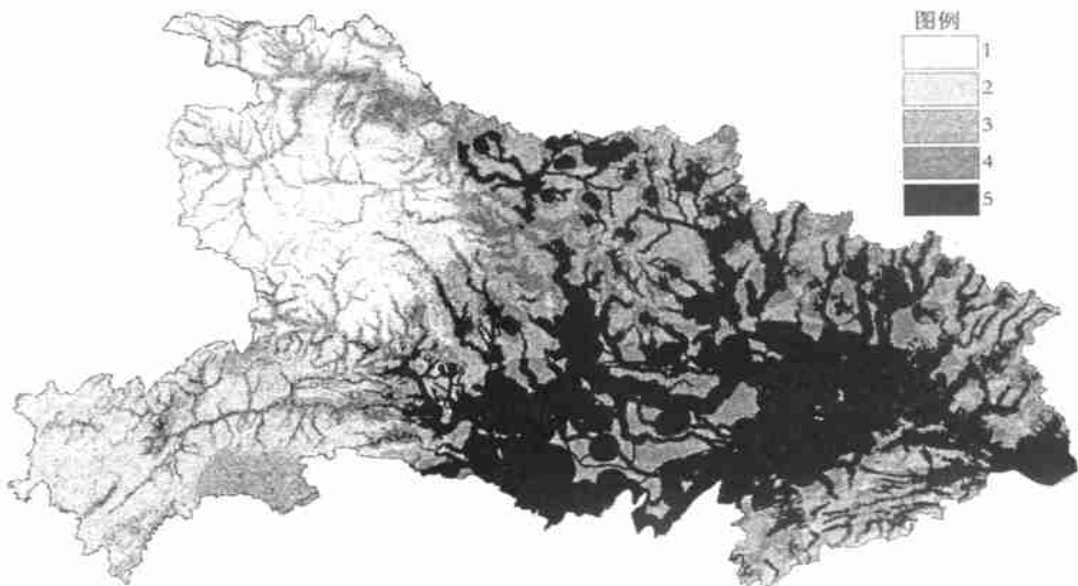
水危险性的影响度:一级缓冲区为 0.9,二级缓冲区为 0.8,非缓冲区为 0.5。

2.5 历史洪涝灾害分布及其对洪水危险性程度的影响

湖北省历史洪涝灾害的分布可通过盛夏洪涝灾害频次分布图来反映。根据频次越高,其洪水危险性也就越大的原则,确定出如下的历史洪涝灾害对洪水危险性的影响度:小于 4 次的区域为 0.6,4~8 次的区域为 0.7,8~12 次的区域为 0.8,大于 12 次的区域为 0.9。据此并利用 ARC/INFO 软件得到了湖北省历史洪涝灾害对洪水灾害危险性的影响度分布图。

2.6 湖北省洪水灾害危险性评价及结果分析

综合考虑降水、地形、河网分布以及历史洪涝灾害发生情况,并根据前述计算得到的降水影响度、地形影响度和河网影响度等栅格图层,在 ARC/INFO GRID 模块中的地图代数功能支持下,通过图层叠加,得到了湖北省洪水危险性评价结果图,见图 1。



(洪水危险性分为 5 个等级,区域的灰度越深表示危险性越高。)

图 2 湖北省洪水危险性等级

Fig.2 Ranks for flood risk in Hubei Province

从上图可以看出:湖北省东部及中部地区洪水危险性普遍高于鄂西山区,这与东部以及中部地区降水丰富、地势低平以及坡度变化小,而西部尤其是鄂西北地区降水量少、地势高密切相关。而鄂西南虽然降水也比较丰富,但由于该区属于云贵高原的一部分,地势高,因此总体上其洪水危险性相对于中部来说要低一些;东南部也是同样的情况。危险性比较高的分布区基本上集中于枝江以下的长江沿线以及钟祥以下的汉江中下游一线两岸。而对于降水稀少并且地形较高的神农架地区,则危险性很低。对于西部地区,洪水危险程度较高的地区主要分布在河流以及水库、湖泊两侧,尤其是包含清江等在内的长江、汉江的各级支流一带的两侧。

3 结论及建议

(1) 评价结果基本可靠。各地洪灾风险评价结果与实际情况基本上相吻合:江汉平原一带的洪湖、监利、石首、公安、松滋、荆州、仙桃、潜江等一带,武汉地区以及襄樊一带在评价结果图中均属于危险程度比较高的区域,而鄂西山区尤其是神农架林区以及鄂西北一带洪涝灾害危险性比较低,而实际上历年来防洪救灾的重点地段就集中于江汉平原、武汉地区。

(2) 研究结果具有一定的实际应用价值。为防汛救灾的各有关部门在宏观上确定决策方案提供了决策依据。如防汛指挥部门制定湖北省洪水灾害的防治规划和措施以及保险公司针对不同地区制定灾害保险额

时可作为参考依据。

(3) 先进的 GIS 技术大大地提高了分析评价的精度。在对各图层做栅格处理时,以 250m ×250m 作为栅格单元的大小,全省总计栅格数达 3×10^6 个,因此计算量相当大,离开计算机以及相关软件而仅靠人力来完成是不可想象的。

(4) 急需提高评价的比例尺。未来几年,依托可获得 1m ×1m 分辨率的卫星影像和高精度的 GPS 技术,可将评价比例尺提高到 1:1 万。

(5) 应该考虑更多的因素。如在评价洪水危险性时,还应考虑植被、土壤、水利工程、堤防等因素。

(6) 在危险性评价的基础上,进行洪水风险性评价。进一步考虑社会经济因素,如人口、耕地、GDP、农村居民点、城镇、交通线、油田、名胜古迹、大型厂矿区、各种工程设施等的分布,以及遭遇洪水时容易损失的程
度、社会防灾救灾能力等,就可以对洪水的风险性做出评价。

参考文献:

- [1] 湖北省地图集编纂委员会. 湖北省地图集[M]. 北京:中国地图出版社,1998.
- [2] 陈秀万. 洪水灾害损失评估系统——GIS 遥感与技术应用研究[M]. 北京:中国水利出版社,1999.
- [3] 韩坤立,韩爱果. 岷江上游小海子坝溃决洪水危险性评价[J]. 地质灾害与环境保护,1999,10(1):47-51.
- [4] 中国国家统计局. 湖北农村统计资料汇编(2000)[M]. 北京:中国统计出版社,2000.
- [5] 中国国家统计局. 湖北省统计年鉴(2000)[M]. 北京:中国统计出版社,2000.
- [6] 刘新立,史培军. 区域水灾风险评估模型研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报,2001,10(2):66-72.
- [7] 何报寅. 对长江洪水的分析[J]. 中国人口资源与环境,2000(10):123-124.
- [8] 何报寅,许贵来. 湖北省水资源现状与可持续利用战略对策[J]. 长江流域资源与环境,2000,9(2):207-211.
- [9] 冯利华. 基于神经网络的洪水预报研究[J]. 自然灾害学报,2000,9(2):45-48.
- [10] 魏一鸣,范英. 基于神经网络的洪水灾害预测方法[J]. 中国管理科学,2000,8(3):57-62.
- [11] Correia F N, Fordham M, Da Graca Saraiva M, Bernardo F. Flood hazard assessment and management: interface with the public[J]. Water Resources Management, 1998,12(3):209-227.
- [12] Correia F N, Rego F C, Da Graca Saraiva M, Ramos I. Coupling GIS with hydrologic and hydraulic flood modeling[J]. Water Resources Management, 1998,12(3):229-249.