

# 基于栅格的鄱阳湖生态经济区洪灾脆弱性评价

陈 萍<sup>1,2</sup>, 王兴玲<sup>3</sup>, 陈晓玲<sup>1,2</sup>

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点  
实验室, 湖北 武汉 430079; 3. 民政部国家减灾中心, 北京 100124)

**摘要:** 目前洪灾脆弱性研究主要是基于行政区划上的社会脆弱性评价, 无法揭示评价单元内部脆弱性的空间分布。选取鄱阳湖生态经济区作为研究对象, 根据人与环境系统的特点, 选择影响洪灾脆弱性的15个变量, 建立了基于栅格的洪灾脆弱性综合指数模型。结果表明, 研究区域的洪灾脆弱性以中度脆弱为主, 极度与高度脆弱区主要分布在人口密集的鄱阳湖东南与西南部的湖滨地区、主要河流的缓冲区以及土地利用类型为水田的区域。从脆弱性的3个要素(暴露度、敏感性和适应能力)的空间分布揭示了洪灾脆弱性空间分布形成的原因。基于栅格的评价结果, 能够充分反映县市内部和行政边界处洪灾脆弱性的空间分布与变化情况。

**关键词:** 栅格; 鄱阳湖生态经济区; 洪灾; 脆弱性

**中图分类号:** P237      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2012)08-0958-07

脆弱性是风险管理中一个非常重要的分析工具。政府间气候变化问题小组(IPCC)在第三次评估报告(TAR)中, 将脆弱性定义为系统在面对全球变化带来的负面影响时的敏感程度和不能应对的事实。此定义将脆弱性视为3个要素的函数: 暴露度、敏感性和适应能力<sup>[1]</sup>。其中, 暴露度用于测度系统经历环境变化的程度。例如海平面上升会增加海岸带社会生态系统对洪灾的暴露度<sup>[2,3]</sup>。敏感性用于测度系统易于遭受压力影响的程度<sup>[1]</sup>。适应能力用于测度系统调整自身结构以适应变化以及从灾害损失中恢复的能力。这三者共同作用决定了特定单元对压力的脆弱性。

洪灾的孕灾与成灾环境复杂, 区域差异大, 因此, 脆弱性评价困难很大<sup>[4]</sup>。国内外对洪灾脆弱性的评价方法主要是依据不同的脆弱性概念框架来构建评价指标体系, 采用定性或综合指数法来进行脆弱性评价<sup>[5-7]</sup>, 主要存在两方面不足: 一是仅关注洪灾的社会脆弱性<sup>[5]</sup>, 在评价过程中未将影响洪灾脆弱性的自然要素综合考虑; 二是以行政区作为评价单元<sup>[8,9]</sup>, 无法揭示评价单元内部脆弱性的

空间分布, 不能描述脆弱性的尺度效应。本文在分析研究区内影响洪灾脆弱性的社会因素与自然因素的基础上, 基于GIS与RS技术在栅格尺度上对研究区的洪灾脆弱性进行评价, 研究成果可为政府部门制定全面与多尺度的防洪管理政策提供有力的科学依据。

## 1 研究区概况

鄱阳湖生态经济区位于江西省北部, 是典型的亚热带湿润季风气候区。区内地形为一个大型盆地, 东、南、西三面高, 北部低, 自南向北、由外及里缓缓倾斜(图1)。地貌以平原、岗地、丘陵为主。该区域包括鄱阳湖平原及周边38个县、市、区, 土地面积占江西省总面积的30%以上, 人口则接近全省总人口的一半。由于与鄱阳湖直接相连, 当地的社会与经济生活长期受洪水的侵袭与影响。2009年底中央政府将建设鄱阳湖生态经济区上升到国家战略, 从国家层面探索鄱阳湖及其周边地区经济发展与生态建设的可持续发展道路。因此对该区域进行洪灾脆弱性评价对于政府

**收稿日期:** 2011-06-26; **修订日期:** 2011-11-14

**基金项目:** 973项目(2009CB723905)、国家自然科学基金委创新研究群体科学基金(41021061)、水利部水专项(201001054)、国家自然科学基金项目(41071261)和中央高校基本科研业务项目(XDJK2012C036)资助。

**作者简介:** 陈 萍(1978-)女, 湖南张家界人, 讲师, 博士研究生, 主要从事遥感技术在资源环境中的应用研究。E-mail: cp\_chen-ping@126.com

制定防洪减灾政策具有重要的意义。

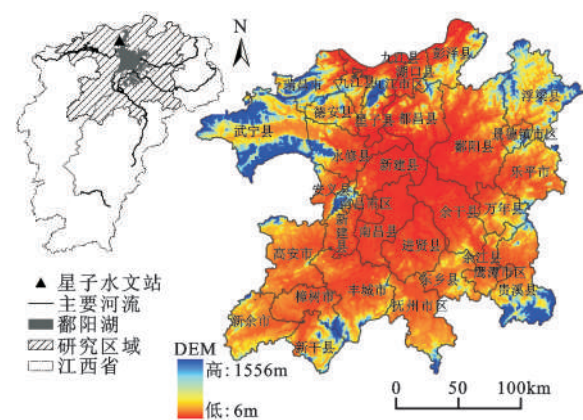


图1 研究区的地形与行政区划  
Fig. 1 Topography and administrative divisions of study area

2 研究方法

本文是以 IPCC 提出的脆弱性概念框架作为理论基础,结合鄱阳湖生态经济区人与环境系统的特点,选择影响洪灾脆弱性的多个变量,建立洪灾脆弱性综合指数模型。

2.1 评价指标体系与数据处理

2.1.1 评价指标体系的建立

脆弱性是暴露度、敏感性与适应能力的函数。暴露度是研究对象对压力的接近程度,主要与孕灾环境及人口的分布相关。敏感性与适应能

力反映了研究对象容易受压力影响的程度,应对压力的能力和从灾害事件中恢复的能力。根据研究区域的自然与社会经济发展特点,以及数据的可获得性,共选择 15 个变量作为评价指标(表 1)。

2.1.2 指标数据处理

1) 降水量。鄱阳湖洪水的形成与发展是在五河(抚河、饶河、信江、赣江与修水)洪水与长江洪水共同作用下完成的。每年 6~7 月是长江上游的雨季,这期间如果鄱阳湖流域的降水量越大,产生大洪水的风险就越高<sup>[1]</sup>。因此采用 6~7 月降水占全年降水的比重作为降水指标中的一个变量。根据该地区 30 个气象站点的气象数据,计算了多年平均降水量和 6~7 月降水比重。在 ArcGIS 9.3 下对这两个数据集进行了克里格空间插值,生成空间分辨率为 1 km×1 km 的降雨指标栅格图。

2) 地形。高程与坡度是孕灾环境中重要的地形变量。山高坡陡地区,河道狭窄,洪水的影响范围小;到了平原地区,水流渐缓,河道开阔,洪水的影响范围变大<sup>[12]</sup>。研究区内 30 个县市的水文站依其所在位置的不同,设置的警戒水位高程值在 19~50 m 之间。以这个范围作为高程等级划分的依据(表 2)来说明该因子对洪水暴露度的影响。在 ERDAS 8.7 下提取高程与坡度因子信息,并重采样为 1 km×1 km 的高程与坡度图。

3) 水文。湖泊缓冲区分析。在不同的水位下,

表1 洪灾脆弱性评价指标及其描述

Table 1 Indicators of vulnerability to flood

要素	一级指标	二级指标	权重	数据来源
暴露度	降水	平均降水量(mm)	0.035	气象站点
		6~7月降水比重(%)	0.035	
	地形	高程(m)	0.023	国家 1:25 万基础地理信息数据库
		坡度(°)	0.015	
	水文	河网密度/(km/km <sup>2</sup> )	0.055	
		湖泊缓冲区(m)	0.056	
		一级河流缓冲区(km)	0.039	
敏感性	人口分布	二级河流缓冲区(km)	0.017	2000年人口普查数据,乡镇边界矢量图
		人口密度/(人/km <sup>2</sup> )	0.148	
	土地利用	土地利用敏感性指数	0.192	HJ-1A/B 卫星数据
	人口结构	农业人口比重(%)	0.048	中国乡镇统计资料 <sup>[10]</sup>
		边缘人口比重(%)	0.048	
适应能力	财力	人均GDP(元)	0.155	根据乡镇公路里程反演得到
	临近性	镇与县驻地之间的距离(km)	0.085	国家 1:25 万基础地理信息数据
	就业机会	企业个数(个)	0.047	中国乡镇统计资料

表2 水文指标的暴露度分等级赋值

Table 2 Recoding ranks of exposure to flood for the sub-indicators

洪水暴露度等级与赋值	无	低	中	高	极高
	0	1	2	3	4
高程(m)	>50	35~50	28~35	22~28	19~22
湖泊缓冲区(m)	>23	22.5~23	21.5~22.5	19~21.5	<19
一级河流缓冲区(km)	>8	6~8	4~6	2~4	0~2
二级河流缓冲区(km)	>6.0	4.5~6.0	3.0~4.5	1.5~3.0	0~1.5

鄱阳湖洪水淹没的范围不同。用洪水的淹没范围来表示不同等级的湖泊缓冲区。在高水位时(鄱阳湖星子站水位高于 18.3 m 时),基于 DEM 可精确地提取鄱阳湖洪水淹没范围<sup>[13]</sup>。鄱阳湖星子站警戒水位为 19 m,因此本文关注高程为 19 m 以上的区域。当鄱阳湖水位高于 21.5 m 时,水位的微小变化均引起鄱阳湖水面的巨大变化<sup>[14]</sup>。因此 21.5 m 为鄱阳湖主体及附近区域的关键水位。1998 年鄱阳湖达到历史上的最高水位,星子站水位达到 22.51 m。高程大于 23 m 的地区受到鄱阳湖洪水的威胁很小。采用 19 m, 21.5 m, 22.51 m, 23 m 作为高程断点分区生成鄱阳湖 1 km×1 km 缓冲区栅格图(表 2)。

河流缓冲区分析。不同等级的河流对周边地区的影响范围不同。将研究区的河流分为两级:五大干流定义为一 级河流,五河的主要支流为二级河流。赣江作为江西省最大的河流,其下游平原离河最宽约为 8 km。同时根据 1998 年洪水淹没的遥感图像与国内相关研究<sup>[15]</sup>,将一级河流不同等级的缓冲区宽度设为 2 km, 4 km, 6 km 和 8 km;二级河流缓冲区为 1.5 km, 3 km, 4.5 km, 6 km。最后生成 1 km×1 km 的河流缓冲区图。将河流、湖泊缓冲区划分为 5 个等级,表示不同地段对洪水由无暴露到极高暴露度的差别。

4) 人口分布。人口通常集中在河流两岸肥沃的冲积平原上,而这往往是洪水暴露度最高的地方。当人口过于集中在这些区域,且无有效的洪灾应对措施,便会产生高洪灾脆弱性。以 HJ-1A/B 卫星影像为数据源提取了研究区的土地利用与覆

盖信息,并统计了每个乡镇内的居民地的面积,计算出乡镇内每个居民点栅格内的平均人口密度。得到 30 m×30 m 分辨率的人口密度图。最后转成 1 km×1 km 的人口密度栅格图。

5) 土地利用。不同的土地利用与覆盖类型对洪水的敏感性不同。例如 7 月是鄱阳湖地区水稻生育的关键期,洪水的发生会显著降低水稻的产量。因此水田在所有的土地覆盖类型中对洪水灾害最为敏感。本研究收集了 2009 年 5 月 11 日的 HJ1A-CCD2 的影像(行列号为 454-84)与 2009 年 8 月 26 日的 HJ1B-CCD2 的影像(行列号为 453-80)。对影像进行了几何校正、镶嵌与裁切等预处理。采用决策树分类法对影像进行解译,将研究区的土地利用/覆盖类型分为 7 类:林地、灌林地、水田、旱地、居民地、水体和未利用地。最终得到研究区的土地利用与覆盖专题图,其总体分类精度为 80.3%, Kappa 系数为 0.785。该分类精度能够满足本研究的精度需求。根据每种土地利用与覆盖类型对洪水的敏感程度,将敏感性分为 5 级,由低到高敏感性逐级增加(表 3)。此处定义一个土地利用/覆盖敏感性指数 LS。

$$LS=\sum_{i=1}^7R_i\times w_i$$

(1)

式(1)中  $R_i$  表示第  $i$  种土地利用/覆盖类型的敏感性赋值,  $w_i$  表示在 1 km×1 km 的栅格内第  $i$  种土地利用/覆盖类型的面积比重。LS 的值越大表示该栅格土地利用类型对洪水越敏感。

6) 人口结构。农业生产极易受洪水影响,农业人口是洪灾的敏感人群。边缘人口主要是指儿

表3 不同土地利用/覆盖类型的敏感性等级与赋值

Table 3 Recoding ranks of sensitivity to flood for different land use and land cover

洪水敏感性等级与赋值	无	低	中	高	极高
	0	1	2	3	4
土地利用/覆盖	水体,未利用地	林地,灌林地	旱地	居民地	水田

童与老年人。洪水发生时边缘人口对灾害的应对能力最弱,相比于其他人群他们对洪水最敏感、适应能力最低。边缘人口比重是乡镇中0~15岁及65岁以上人群总数占乡镇人口数的百分比。

7) 财力水平。经济水平决定了水利防洪设施的完善程度,而且直接影响着灾后重建工作的进行,是反映研究对象对洪灾恢复能力与适应能力的重要指标。通常采用人均GDP来衡量一个地区的经济发展状况。由于分乡镇的人均GDP数据未收集到,因此尝试建立了县级人均GDP与其他已有数据间的数学关系。通过分析发现,在县级水平上人均GDP与县内公路里程具有较好的相关关系,相关系数为0.706(图2)。对二者建立线性回归模型,回归方程为:

$$y = 9.257x + 1126.2 \quad (2)$$

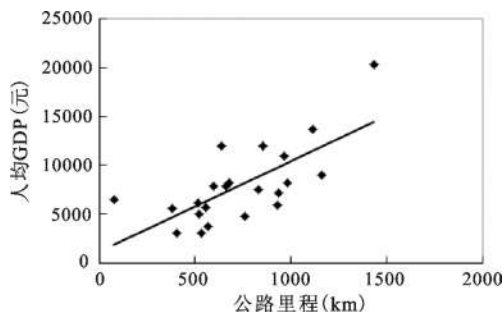


图2 县级水平上公路里程与人均GDP的散点图

Fig.2 Scatter plot of total highway mileage and per capita GDP at county level

在线性回归方程的显著性检验中  $F=19.92 > F_{0.01}=8.1$ , 因此(2)式回归方程在置信水平  $\alpha=0.01$  下是显著的。假设县级水平上建立的线性回归模型在乡镇水平上也适用,通过每个乡镇的公路里程数可计算出每个乡镇的人均GDP值。

8) 临近性。临近性主要考察每个乡镇中心通往县驻地的主要公路的距离。灾害发生后这个距离越近越有利于各种救灾物资的及时到达,开展灾后重建工作。因此可以用该变量来指示每个乡镇对洪灾的恢复能力。

9) 就业机会。就业机会是指洪灾发生后,农业生产受到影响时,农民寻找其他生活方式以及就业途径的可能性。采用乡镇内的企业个数来衡量。企业的增加有利于社会的开放,改变当地居民的思维模式以拓展其生存发展空间。此外,企业越多越有利于增加政府的收入,提高当地的经

济发展水平。这些都将提高农民对洪水的适应能力,降低地方的洪灾脆弱性。

## 2.2 单因子脆弱性的分级

结合鄱阳湖地区的特殊性对某些指标采用分级赋值的方法,例如高程、缓冲区与土地利用/覆盖指标等;其他的指标数据在ArcGIS下采用自然断点法分为5级:无、低度、中度、高度和极度脆弱。对于与洪灾脆弱性成正向关系的指标(例如多年平均降水量),5级赋值从0到4。与洪灾脆弱性成负向关系的指标(例如人均GDP),5级赋值从4到0。

## 2.3 变量的权重

采用层次分析法(AHP)确定各个变量的权重。将洪灾脆弱性评价分为4个层次,目标层,要素层,一级指标层,二级指标层(表1)。建立层次结构模型后,构造判断矩阵,并经过一致性检验得到各项指标权重(表1)。

## 2.4 脆弱性模型的建立

根据IPCC对脆弱性的定义,脆弱性是暴露度、敏感性与适应能力的函数,因此洪灾脆弱性可以表达成  $V=f(E, S, AC)$ , 其中  $E$  表示洪水的暴露度,  $S$  表示对洪水的敏感性,  $AC$  表示对洪水的适应能力。当用综合指数法评价时,脆弱性可以表达为:

$$FVI = E + S + AC = \sum_{k=1}^n I_k w_k \quad (k=1,2,3 \cdots n) \quad (3)$$

式(3)中  $FVI$  为洪灾脆弱性指数,  $E$  为洪水暴露度指数,  $S$  为洪水敏感性指数,  $AC$  为洪水适应力指数。它们是相应的评价指标与其权重乘积之和。  $I_k$  表示第  $k$  个二级指标的分级量化值,  $w_k$  表示第  $k$  个二级指标的权重值。

## 3 结果与讨论

将暴露度指数、敏感性指数与适应能力指数在ArcGIS下采用自然断点法分为5级:无、低、中、高、极度。“无”表示评价单元内社会与环境要素不会引起的洪灾脆弱性,其他等级依次类推。图3表明,从整体上看研究区的洪水暴露度等级不高。但在鄱阳湖西南与东南部湖滨地区,以及赣江、抚河、信江和饶河的河流缓冲地带,洪水暴露度明显高于其他地区。洪水敏感性主要以中高敏感等级为主。高敏感区分布在湖滨地区、研究区的西北与西南部。在图3中,适应能力等级越高,表示适应能力越弱(在指标量化时已将适应能力与脆弱

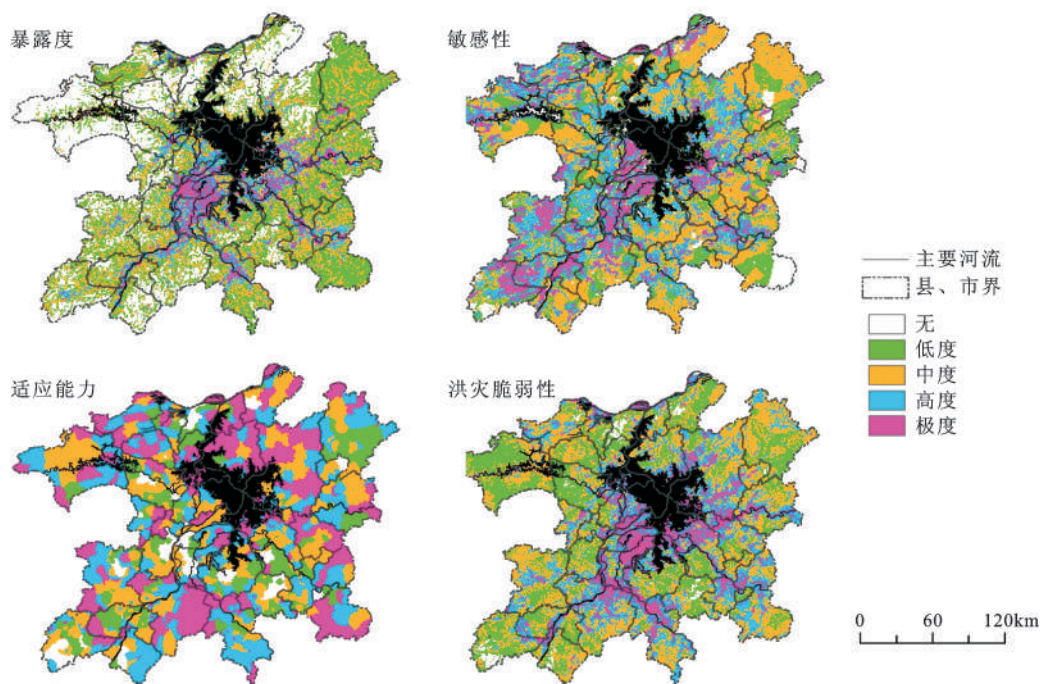


图3 研究区洪水暴露度、敏感性、适应能力及洪灾脆弱性的空间分布  
Fig. 3 Spatial distributions of flood exposure, sensitivity, adaptive capability and flood rability in study area

性的负相关关系调整为正相关关系),研究区的适应能力普遍较弱。

研究区的洪灾脆弱性指数在 0.30~2.74 之间,在 ArcGIS 下采用自然断点法将此范围分为 5 个等级(表 4),其中中度脆弱区占总面积的 44.8%,是研究区的主要脆弱性等级。其次为极度与高度脆弱区,所占面积比重为 21.2%,低度脆弱区占 26.3%,无脆弱性的区域所占比重很小,为 2.3%。图 3 中,鄱阳湖的水面通过 1989 年 7 月 15 日的 Landsat TM 影像提取,当日星子水文站测得的水位为 19.40 m,因此该图反映了在鄱阳湖警戒水位时研究区的洪灾脆弱性分布情况。

研究区的洪水适应能力普遍较弱。当某区域的洪水暴露度极高,且对洪水高度敏感时,它将对洪水高度甚至极度脆弱。研究区的极度脆弱区主要分布在离河湖近而且人口分布密集的区域,零星分布于鄱阳县与九江县,以及赣江、抚河、信江

与饶河的尾间。例如,南昌县与余干县的暴露度与敏感性等级都很高,因此它们的极度脆弱区所占面积最大,分别占极度脆弱区总面积的 25.6%与 14.2%。南昌县总面积的 1/3 处于洪水极度脆弱等级。从 1950~1990 年,南昌县共发生水灾 15 次,余干 28 次,其中余干县是研究区域中发生水灾次数最多的县<sup>[16]</sup>。高度脆弱区主要分布在鄱阳湖及五河的缓冲区,此外还集中分布在土地利用方式为水田的区域。这主要是因为这些区域洪水高风险时段正好是水田生育的关键时期,水田对洪水的敏感性最高。

中度脆弱性是研究区域的主要洪灾脆弱性等级,该等级区域的暴露度主要为中、低等级,高度敏感性,且适应能力低,洪灾脆弱性综合表现为中度脆弱。主要是分布在离河湖距离远,或是海拔相对较高、坡度较大的区域,不易受河湖洪水的影响。该等级区域的土地利用与覆盖类型主要是旱

表 4 研究区内不同洪灾脆弱性等级的面积统计

Table 4 Amount of areas of different ranks of flood vulnerability in study area

脆弱性等级	无脆弱性	低度脆弱	中度脆弱	高度脆弱	极度脆弱
分值范围	[0.3,0.7)	[0.7,1.1)	[1.1,1.5)	[1.5,2.0)	[2.0,2.74]
面积(km <sup>2</sup> )	1328	12506	21320	10088	2377
面积比重(%)	2.8	26.3	44.8	21.2	4.9

地、灌林地和林地。低度与无脆弱区分布在鄱阳湖周边海拔高度与坡度很大且人口稀疏的区域,因此洪水的暴露度很低;而且因其地表覆盖以林地为主,对洪水的敏感性也很低。洪水对这些区域不会造成灾害性后果。

表5是3个要素间主要的等级组合与洪灾脆弱性等级间的对应关系。从表5可以看出,当地方或群体处于洪水暴露度很高的情况下,其敏感性也很高,适应能力很弱。这是由于洪水暴露度高的地区往往是水和耕地资源最为丰富的地区,最适合农业耕作。这些地区敏感性会随着农业生产活动的开展而增加。另一方面洪水的高频率侵袭导致当地的经济发展受到威胁与制约,造成适应能力偏低的结果。当地方的洪水暴露度处于中、低等时,如果洪水敏感性高,而适应能力弱,会增加洪水的脆弱性。因此在这三者中,暴露度是洪灾脆弱性的主导要素,敏感性与适应能力是脆弱性的调节要素。

根据洪灾脆弱性要素的空间分布,需要采取不同的措施降低各县市的洪灾脆弱性。例如南昌县,尽管该县的经济水平较高,洪水适应能力很强,但仍以极度脆弱性为主。该县的洪水暴露度极高,可以通过加固圩堤或增加圩堤高度来降低;敏感性可以通过实施新的避灾减灾生产模式来降低。鄱阳湖东北部的鄱阳县属于高度脆弱区,该

县的洪水暴露度与敏感性较低,但适应能力很弱。因此防洪的重点是提高该县的对洪水的适应能力,例如制定洪水预防预警机制,完善救灾应急预案,以增强地方对洪水的响应能力;加大对农民的职业技能培训,拓宽农民的就业渠道,以提高农户的灾后恢复能力等。

4 结 论

- 1) 研究区的洪灾脆弱性总体上以中度脆弱为主。极度与高度脆弱区主要分布于鄱阳湖的缓冲区、五河尾闾及其缓冲区内人口稠密的地区,还集中分布在土地利用为水田的区域。中度脆弱区主要分布在离河湖距离稍远,以旱地、灌林地和林地为主的区域。低度脆弱区分布与海拔位置高、坡度大和经济水平相对较好且离湖较远的区域。
- 2) 栅格尺度的脆弱性空间分布图充分反映了在县市内部的空间分布和县市交界处洪灾脆弱性的变化情况,弥补了以行政区划为评价单元的方法的不足,为政府部门的防洪管理提供更有力的科学依据,同时也为区域脆弱性的尺度研究打下基础。
- 3) 暴露度是洪灾脆弱性的主导要素,敏感性与适应能力是脆弱性的调节要素。因此对不同的地方应根据这3个要素高低采取有针对性的防洪措施。

表5 脆弱性等级与3个要素等级间的关系分析  
Table 5 The relationship between flood vulnerability and the three components

洪灾脆弱性等级	无	低度	中度	高度	极度
暴露度等级	无;无	无;低度	中度;低度;中度	高度;极度	极度
敏感性等级	低度;中度	中度;低度	中度;高度;极度	极度;高度	极度
适应能力等级	低度;无	中度;低度	中度;高度;低度	中度;高度	极度

参考文献:

[1] McCarthy J J, Canziani O F, Leary N A, et al. Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability[J]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

[2] Mimura N. Vulnerability of island countries in the South Pacific to sea level rise and climate change[J]. Climate Research, 1999, 12: 137-142.

[3] Nicholls R J. Analysis of global impacts of sea-level rise: a case study of flooding[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2002, 27(32): 1455-1466.

[4] 石 勇,许世远,石 纯,等. 洪水灾害脆弱性研究进展[J]. 地理科学进展, 2009, 28(1): 41~46.

[5] 葛 怡,刘 婧,史培军. 家户水灾社会脆弱性的评估方法研究——以长沙地区为例[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(6): 33~37.

[6] 朱超洪,李仁东. 洞庭湖区农业洪涝灾害脆弱性变化研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2005, 39(2): 283~286.

[7] 石 勇,许世远,石 纯,等. 沿海区域水灾脆弱性及风险的初步分析[J]. 地理科学, 2009, 29(6): 853~857.

[8] 刘兰芳,邹 君,刘湘南. 农业洪涝灾害脆弱性成因分析及评估——以湖南省衡阳市为例[J]. 长江流域资源与环境, 2002, 11(3): 291~295.

[9] 谭丽荣,陈 珂,王 军,等. 近20年来沿海地区风暴潮灾害脆弱性评价[J]. 地理科学, 2011, 31(9): 1111~1117.

[10] 国家统计局农村社会经济调查总队. 2003年中国乡镇统计资

- 料[M]. 北京:中国统计出版社, 2004: 387~405.
- [11] 闵 骞. 20世纪90年代鄱阳湖洪水特征的分析[J]. 湖泊科学, 2002, 14(4): 323~330.
- [12] 田国珍, 刘新立, 王 平, 等. 中国洪水灾害风险区划及其成因分析[J]. 灾害学, 2006, 21(2): 1~6.
- [13] 齐述华, 顾中宇, Brown D, 等. 基于数字高程模型的鄱阳湖淹水范围制图研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010, 35(7): 857~862.
- [14] 黄淑娥, 王保生, 张建萍, 等. 江西98特大洪涝卫星遥感监测及鄱阳湖水体淹没模型的研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(2): 245~248.
- [15] 张念强. 基于GIS的鄱阳湖地区洪水灾害风险评价[D]. 南昌: 南昌大学, 2006.
- [16] 许怀林. 近代以来江西的水旱灾害与生态变动[J]. 农业考古, 2003, 3(44): 203~215.

## Flood Vulnerability Assessment of Poyang Lake Economical Ecological Zone at Raster Level

CHEN Ping<sup>1,2</sup>, WANG Xing-ling<sup>3</sup> CHEN Xiao-ling<sup>1,2</sup>

(1. Geographical Science School, Southwest University of China, Chongqing 400715, China; 2. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan, Hubei 430079, China  
3. National Disaster Reduction Center of China Ministry of Civil Affairs, Beijing 100124, China)

**Abstract:** Nowadays, researches on flood vulnerability assessment focus on social vulnerability to flood at administrative-division level, which can not present spatial distribution of vulnerability within assessing units and scaling effect of vulnerability. According to the features of human-environment system of Poyang Lake Economical Ecological Zone, fifteen indicators were selected to develop a composite index of flood vulnerability. The result indicated that the majority of the study area was moderately vulnerable to floods. High and extremely vulnerable areas were located at the lakeshore area of the southeast and the southwest of Poyang Lake, the buffer area of main rivers and the paddy fields. We analyzed the spatial distribution of flood vulnerability from the distribution of exposure, sensitivity and adaptive ability. The study was to develop a method to identify flood vulnerability at a grid level, which presented the spatial distribution of vulnerability within assessing units and at borders among units. It will supply policy makers with scientific grounds to establish multi-scale policy of flood protection.

**Key words:** raster level; Poyang Lake Economical Ecological Zone; flood; vulnerability