

基于 GIS 的广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估^{*}

莫建飞^{1,2}, 陆 甲³, 李艳兰³, 陈燕丽^{1,2}

(1. 广西气象减灾研究所, 广西 南宁 530022; 2. 国家卫星气象中心遥感应用试验基地, 广西 南宁 530022; 3. 广西气象气候中心, 广西 南宁 530022)

摘 要:以灾害学理论为基础, GIS、RS 为技术支持, 利用 1:5 万基础地理信息数据、TM 遥感影像数据, 建立广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估指标体系; 采用加权综合评价法计算洪涝灾害孕灾环境敏感性指数; 运用自然断点法将广西洪涝孕灾环境敏感性划分为低敏感区、次低敏感区、中敏感区、次高敏感区、高敏感区等 5 个区域; 用广西历史洪涝灾害频率分布数据进行对比验证。结果表明, 敏感区划结果与洪涝灾害频率区划结果基本吻合。

关键词:洪涝灾害; 孕灾环境; 敏感性; GIS; 广西

中图分类号: P426.616 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)04-0033-05

广西地处我国南部沿海, 地貌类型复杂多样, 地势自西北向东南倾斜, 河网密集, 受季风的影响, 暴雨出现频率大, 暴雨量大, 降水历时短, 水位变幅大, 石灰岩分布广, 排水不畅, 易暴雨成灾, 成为我国洪涝多发区之一^[1]。频繁的洪涝灾害使广西经济损失严重, 给人民带来了巨大的灾难。研究广西洪涝灾害孕灾环境本底条件, 寻求合理的区划, 对广西防灾减灾对策与措施的制定具有重要意义。

孕灾环境敏感性是指受到气象灾害威胁的所在地区外部环境对灾害或损害的敏感程度。在同等强度的灾害情况下, 敏感程度越高, 气象灾害所造成的破坏损失越严重, 气象灾害的风险也越大。目前许多学者根据地域的气候特点分析了不同地区的孕灾因子对洪涝灾害形成的影响。童亿勤^[2]等认为宁波水旱灾害的孕灾环境是在天气气候因子、地貌因子、水文因子、土壤植被因子、社会经济因子、防洪抗旱能力因子等自然因素和人为因素的共同作用下产生和发展的。邵晓梅^[3]等从自然地域分异规律的角度出发, 分析了河北省旱涝灾害孕灾环境的气候、地貌、水文三要素对洪涝灾害形成的影响。万君^[4]等认为地形及河网、江、河、湖泊和水库的分布以及土地覆盖类型对湖北省洪灾的危险性最大。洪涝灾害的形成因子均具有较强的空间变异性, 可用空间分布数

据来表现^[5]。鉴于 GIS 强大的空间分析能力, 洪涝灾害的评估方法与区划方面的研究也取得了许多显著的成果^[5-10]。但是目前尚未见到应用 GIS 技术对广西洪涝灾害孕灾环境研究的相关报道。本文从广西洪涝形成的背景与机理分析, 根据洪涝灾害成因^[11], 孕灾环境主要考虑地形、水系、植被等因子对洪涝灾害形成的综合影响。以 1:5 万基础地理信息资料、TM 遥感资料为主要数据, 运用 GIS 和 RS 技术, 采用加权综合评价法计算洪涝灾害孕灾环境敏感性集成化指数, 绘制广西洪涝灾害孕灾环境敏感区划图, 为广西洪涝灾害风险区划奠定基础。

1 数据源与处理

1.1 洪涝灾害资料

洪涝灾害资料主要包括广西历史旱涝监测公报和气候灾害专题评价数据, 由广西气候中心提供。经整理与统计, 运用 GIS 技术, 绘制广西洪涝灾害频率区划图^[12]。

1.2 地理信息数据

地理信息资料主要包括广西 1:5 万的境界、水系、居民点、DEM(数字高程模型)等基础地理数据。

* 收稿日期: 2010-05-21

基金项目: 广西科技厅项目(桂科攻 0816006-8); 中国气象局业务建设推广项目(桂科 072-8074)

作者简介: 莫建飞(1978-), 男, 广西象州人, 硕士, 主要从事 GIS、RS 应用方面研究. E-mail: mojfei@163.com

1.3 遥感影像数据

遥感影像数据有 2007 – 2008 年广西范围内的 18 景 TM 数据。根据实地调查,分析林地、灌草、农用地的影像光谱特征以及 R、G、B 假彩色合成的信息差异,建立植被信息解译的影像标志和信息提取模型,采用掩膜技术,决策树分类方法提取植被信息,并结合野外验证结果,进行人机交互修正分类结果,得到广西植被遥感分类信息^[13]。

2 孕灾环境敏感性评估指标体系

广西洪涝灾害的时空分布特点受亚热带季风气候和广西盆地与喀斯特等地貌控制,还受到水系形式及植被等因素的影响^[14]。广西水系的上游支流多,集水面积大,而中下游往往为单一河道,由于广西地貌有大盆地套着小盆地的特点,上游河床纵坡降与中下游的相差极大,因而中下游河流宣泄能力总是不能适应上游补给强度,造成中下游洪水大量壅积,泛滥成灾。全区森植被盖率虽然不算太低,但是喀斯特地区面积广大,地表岩石裸露,土被稀薄且分布不连续,水土保持功能差。且负地形封闭,谷洼地落水洞狭窄易被堵,暴雨时常集水成涝。因此,本文根据因子选择的主导性、稳定性、代表性、差异性等原则,主要选择地形、水系、植被等下垫面因素对洪涝灾害形成的综合影响,建立孕灾环境敏感性评价指标体系(表 1)。利用 AHP 法构造因素递阶层次结构,请专家对因素两两比较重要性,再利用归一法,层层得出各层对上层因子的权重,最后确定目标层的权重。通过一次性检验, $CR < 0.1$ 。

表 1 广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估指标体系

指标分类	基础层指标	目标层指标	权重
地形	地势	地形影响指数 (TAI)	0.45
	地形变化		
水系	河网密度	水系影响指数 (HAI)	0.3
	距离水体远近		
植被	植被覆盖度	植被覆盖度指数 (VCI)	0.25

2.1 地形评估指标

地形因子主要考虑地势和地形变化两个指标。地势采用高程表示,地形变化采用高程标准差表示。根据地形高程的大小,将广西的地势分为 4 级:一级 $\leq 100\text{ m}$ 、 $100\text{ m} < \text{二级} < 300\text{ m}$ 、 $300\text{ m} < \text{三级} < 700\text{ m}$ 、 $\text{四级} \geq 700\text{ m}$ 。根据高程标准差大小,将地形变化分 3 级评估:一级 $\leq 1\text{ m}$ 、 $1\text{ m} < \text{二级} < 10\text{ m}$ 、 $\text{三级} \geq 10\text{ m}$ 。高程越低、高程标准差越

小,影响值越大,敏感性越大,洪涝灾害风险性越大,越有利于形成涝灾。通过专家打分对地势和高程标准差的不同组合进行赋值(表 2)。

表 2 地形因子赋值表

地形高程/m	高程标准差/m		
	一级 (≤ 1)	二级 ($1 \sim 10$)	三级 (≥ 10)
一级 (≤ 100)	0.9	0.8	0.7
二级 ($100 \sim 300$)	0.8	0.7	0.6
三级 ($300 \sim 700$)	0.7	0.6	0.5
四级 (≥ 700)	0.6	0.5	0.4

2.2 水系评估指标

水系因子主要考虑河网密度和距离水体的远近两个指标。河网密度是指单位流域面积上的河流总长度,在 ArcMap9.2 中,利用“Density”将广西 1:5 万河流进行计算。河流按大小分为二级,其中一级河流,包括珠江(南盘江 – 红水河 – 黔江 – 浔江 – 西江)、长江(湘江、资江等)、桂南独流入海(南流江、钦江、北仑河等)、百都河等 4 大水系的干流,二级河流,包括 4 大水系的支流和其它河流等。湖泊、水库按水域面积分为 4 级: $0.1\text{ 万 km}^2 < \text{一级} < 1\text{ 万 km}^2$, $1\text{ 万 km}^2 < \text{二级} < 10\text{ 万 km}^2$, $10\text{ 万 km}^2 < \text{三级} < 20\text{ 万 km}^2$, $\text{四级} > 20\text{ 万 km}^2$ 。采用 GIS 的缓冲区分析功能,将距离水体远近的影响分为一级缓冲区和二级缓冲区,并给予 0 ~ 1 之间适当的影响因子值,原则是一级河流和大型水体的一级缓冲区内赋值最大,二级河流和小型水体的二级缓冲区赋值最小(表 3、表 4)。

表 3 湖泊和水库缓冲区等级和宽度的划分标准

水域面积/万 km ²	缓冲区宽度/km	
	一级缓冲区	二级缓冲区
0.1 ~ 1	0.5	1
1 ~ 10	2	4
10 ~ 20	3	6
> 20	4	8

表 4 河流缓冲区等级和宽度的划分标准

缓冲区宽度/km			
一级河流		二级河流	
一级缓冲区	二级缓冲区	一级缓冲区	二级缓冲区
8	12	6	10

2.3 植被评估指标

植被因子采用植被覆盖度作为评估指标。植被覆盖度是指有植被的面积占土地总面积的百分比。利用 TM 遥感植被分类信息,计算广西植被覆盖度指数 (VCI):

$$VCI = \frac{0.5 \times S_F \times P_F + 0.3 \times S_G \times P_G + 0.2 \times S_C \times P_C}{S_A}, \quad (1)$$

$$P_i = \frac{D_i}{D_s}, \quad (2)$$

式中: VCI 为植被覆盖度指数; S_A 为区域面积; P_F 为林地生长期; S_F 为林地面积; P_G 为草地生成期; S_G 为草地面积; P_C 为农田生成期; S_C 为农田面积; D_i 为一段时间内(一个月、一个季度、一年)植被的生长天数; D_s 为是一段时期内(一个月、一个季度、一年)的总天数。

根据广西植被的生长特点, 确定林地生长期为 1, 草地生长期为 0.75, 农田生长期为 0.75, 计算广西各县市的植被覆盖度指数。由于植被具有强烈的水土保持功能, 因此, 植被覆盖度越大, 表示一个地方的植被越多, 暴雨洪涝灾害的环境敏感性越小, 洪涝灾害的风险越小。

3 关键技术与方法

3.1 规范化方法

洪涝灾害孕灾环境敏感性包含若干个指标, 为了消除各指标的量纲和数量级的差异, 需对每一个指标值进行规范化处理。

$$D_{ij} = 0.5 + 0.5 \times \frac{A_{ij} - \min_i}{\max_i - \min_i}, \quad (3)$$

式中: D_{ij} 是 j 区第 i 个指标的规范化值, A_{ij} 是 j 区第 i 个指标值; \min_i 和 \max_i 分别是第 i 个指标值中的最小值和最大值。

3.2 加权综合评价法

加权综合评价法综合考虑各个具体指标对评价因子的影响程度, 是把各个具体指标的作用大小综合起来, 用一个数量化指标加以集中:

$$V = \sum_{i=1}^n W_i \cdot D_i, \quad (4)$$

式中: V 是评价因子的值; W_i 是指标 i 的权重; D_i 是指标 i 的规范化值; n 是评价指标个数。权重 W_i 的确定可由各评价指标对所属评价因子的影响程度重要性, 根据专家意见, 结合当地实际情况讨论确定。

3.3 自然断点分级法

自然断点分级法用统计公式来确定属性值的自然聚类, 是减少同一级中的差异, 增加级间的差异。

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=i}^j (A[k] - \text{mean}_{i-j})^2, (1 \leq i < j \leq N); \quad (5)$$

也可表示为:

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=i}^j A[k]^2 - \frac{(\sum_{k=i}^j A[k])^2}{j-i+1}, (1 \leq i < j \leq N). \quad (6)$$

式中: A 是一个数组(数组长度为 N), mean_{i-j} 为每个等级中的平均值。

3.4 孕灾环境敏感性区划

在 GIS 中采用 100 m × 100 m 的网格分别计算各孕灾因子影响指数, 经归一化处理后, 采用加权综合评价法, 计算广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估指数。再利用自然断点分级法, 将孕灾环境敏感性指数划分为 5 级, 绘制广西孕灾环境敏感性区划图(图 1)。

低敏感区: 主要包括西林、隆林、田林、乐业、天峨、南丹、凤山、凌云、那坡、靖西、金秀、资源等大部分区域和百色、德保、东兰、大化、龙胜、融水等县市的局部区域。该区以海拔 500 m 以上山地为主, 地势高、高差大, 水系不发达, 以林地为主, 植被覆盖度高, 具有强烈的水土保持功能, 孕灾环境敏感性低, 不容易孕育洪涝灾害。

次低敏感区: 主要包括河池、都安、环江、三江、天等、田东、宁明、全州、灌阳等大部分区域和贺州、苍梧、岑溪、容县、上思、龙州、大新、田阳、平果、德保、巴马、马山、忻城等县市的局部区域。该区主要以高丘陵、喀斯特地貌为主, 地势较高, 高差较大, 水系不发达, 植被以林地和灌草为主, 植被覆盖度较高, 具有较强的水土保持功能, 孕灾环境敏感性较低, 较不容易孕育洪涝灾害。

中敏感区: 主要包括崇左、扶绥、上思、鹿寨、柳江等县市的大部区域, 百色、平果、山林、马山、宜州、合山、象州、武宣等县市的局部区域, 桂西北的二级河流一级缓冲区, 右江、左江、西江的二级缓冲区。该区主要以中低丘陵为主, 地势较低, 高差较小, 河网较密集, 植被主要以林地、农作物为主, 植被覆盖度一般, 孕灾环境敏感性中等, 较容易孕育洪涝灾害。

次高敏感区: 主要包括南宁、武鸣、钦州、防城港、灵山、横县、贵港、桂平、柳州、柳城、桂林、富川等县市的大部分区域, 右江、左江、

西江、桂江、湘江的一级缓冲区，一级、二级水库湖泊的一级缓冲区。该区主要以平原为主，地势低，高差小，河网密集，植被主要以农作物为主，植被覆盖度小，孕灾环境敏感性高，容易孕育洪涝灾害。

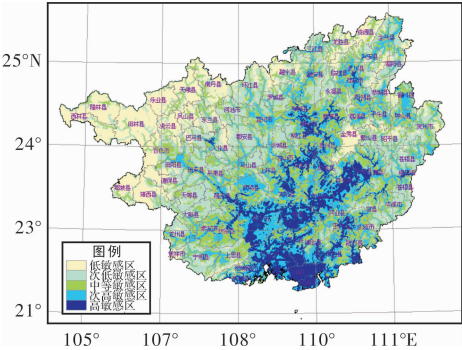


图1 广西孕灾环境敏感性区划图

高敏感区：主要包括北海、合浦、钦州、横县、桂平、平南、玉林等县市的大部分区域，南宁、宾阳、贵港、来宾、灵山、东兴、博白、陆川等县市的局部区域，邕江、郁江、西江、黔江、洪水河、柳江、南流江、钦江和大王滩水库、洪朝江水库、合浦水库等主干河流与大型水库湖泊的缓冲区。该区主要以河流冲积平原为主，较大平原有浔江平原、郁江平原、宾阳平原、南流江三角洲等，地势很低，高差很小，河网很密集，植被主要以农作物为主，植被覆盖度小，孕灾环境敏感性很高，最容易发生洪水泛滥。

3.5 结果验证

用广西洪涝灾害频率区划图(图2)与孕灾环境敏感性区划结果进行对比，结果表明，区划结果与洪涝灾害频率分布区基本吻合。广西洪涝频率的高值区与高、次高敏感区均分布在北海、钦州、防城港市大部，桂林市中部，柳州市北部各县及桂平、东兴、博白、陆川等地，频率在80%以上(其中沿海的北海市城区、钦州市城区、东兴、防城港、博白等地频率为90%~100%)；洪涝频率低值区与低、次低敏感区均分布在百色市的隆林、西林、乐业、那坡、田阳、宁明、灌阳等地，频率只有30%~50%；其余县市，如崇左、扶绥、上思、平果、宜州、象州等洪涝频率为50%~80%，与中敏感区也基本吻合。

4 结论与讨论

(1)本文采用GIS、RS技术对广西洪涝灾害孕

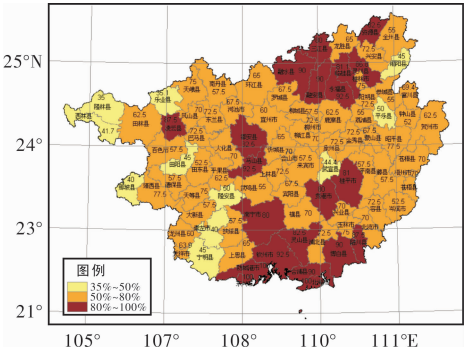


图2 广西洪涝灾害频率区划图

灾环境进行敏感性评估研究在广西属于首例，本研究应用GIS、专家评判和AHP法，建立广西洪涝灾害孕灾环境敏感性评估指标体系，采用加权综合评价法计算孕灾环境敏感性指数，并进行广西洪涝灾害孕灾环境敏感性区划，划分出广西低敏感、次低敏感、中等敏感、高敏感五个区域，并用历史洪涝灾害频率数据进行对比，结果表明区划结果和实际洪涝灾害频率分布区基本吻合，可为广西防灾减灾工作提供技术支持科学依据。

(2)从区划结果可知，地势越低、高差越小，河网越密集、植被覆盖度越低的区域越容易孕育洪涝灾害。广西洪涝灾害孕灾环境低敏感区主要分布在海拔500 m以上的桂西北百色市区域，高敏感区主要分布在北海、钦州、防城港等沿海地带，右江、左江、邕江、郁江、浔江、柳江、桂江等河流沿岸，浔江平原、郁江平原、宾阳平原、南流江三角洲等平原地区。

(3)1:5万高精度DEM、水系数据能准确地表现广西地形、河流、水库、湖泊的空间分布，能很好地反映对广西洪涝灾害形成的影响。基于TM中分辨率遥感数据获取的广西林地、灌草、农用地三种植被，根据广西植被生长特点，能准确地计算植被覆盖度。但是由于洪涝灾害形成、发展的复杂性，下垫面影响因子众多，要完全定量准确地分析洪涝灾害孕灾本底环境敏感性存在一定的难度。目前评估结果尚难以做到与实际完全吻合，还需要不断地深入研究，作出更加符合实际的洪涝灾害孕灾环境敏感性评估。

(4)孕灾环境敏感性因子是广西洪涝灾害风险评估一项重要的本底条件，结合致灾因子危险性、承灾体易损性、抗灾能力等评估指标，建立广西洪涝灾害风险评估模型，绘制基于GIS的广西洪涝灾害风险区划图，可为有关部门灾害管理和减灾决策制定提供参考依据。

参考文献:

[1] 胡小军, 延军, 维新. 1950 年以来广西洪涝灾害及趋势预测[J]. 灾害学, 1999, 14(4): 27-31.

[2] 童亿勤, 杨晓平, 李加林. 宁波市水旱灾害孕灾环境因子分析[J]. 灾害学, 2007, 22(3): 32-35.

[3] 邵晓梅, 刘劲袂, 许月卿. 河北省旱涝灾害孕灾环境本底条件研究[J]. 国土与自然资源研究, 2001(2): 1-3.

[4] 万君, 周月华, 王迎迎, 等. 基于 GIS 的湖北省区域洪涝灾害风险评估方法研究[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(4): 328-333.

[5] 杜晓燕, 黄岁樑, 赵庆香. 基于信息扩散理论的天津旱涝灾害危险性评估[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 22-25.

[6] 付意成, 魏传江, 王启猛, 等. 区域洪灾风险评价体系研究[J]. 灾害学, 2009, 24(3): 27-32.

[7] 周成虎, 万庆, 黄诗峰. 基于 GIS 的洪水灾害风险区划研究[J]. 地理科学, 2000, 55(1): 15-24.

[8] 陈香. 福建省暴雨洪涝灾害风险评估与管理[J]. 水土保持研究, 2007, 14(4): 180-185.

[9] 蒋新宇, 范久波, 张继权, 等. 基于 GIS 的松花江干流暴雨洪涝灾害风险评估[J]. 灾害学, 2009, 24(3): 51-56.

[10] 张婧, 郝立生, 许晓光. 基于 GIS 技术的河北省洪涝灾害风险区划与分析[J]. 灾害学, 2009, 24(2): 51-56.

[11] 曾令锋. 广西洪灾研究[J]. 自然灾害学报, 1998, 7(1): 105-110.

[12] 广西壮族自治区气候中心. 广西气候[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 44-49.

[13] 钟仕全, 莫伟华, 莫建飞, 等. 广西遥感本底信息数据库研究成果与应用[C]//全国卫星应用技术交流会论文集. 北京: 国家卫星气象中心, 2010: 589-597.

[14] 曾令锋. 广西洪涝灾害及减灾对策[M]. 北京: 地质出版社, 2000.

GIS-based Sensitivity Assessment on Environment of Developing Flood Hazards in Guangxi Province

Mo Jianfei^{1,2}, Lu Jia³, Li Yanlan³ and ChenYanli^{1,2}

(1. *Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute, Nanning 530022, China;*
2. *Remote Sensing Application and Validation Base of National Satellite Meteorological Center, Nanning 530022, China;* 3. *Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China*)

Abstract: Based on theory of disaster science and technical support of GIS and RS, an index system for sensitivity assessment on environment of developing flood hazards in Guangxi province is established by using 1:50000 basic geographic information data and TM image data. Sensitivity indices of environment of developing flood hazards are calculated by weighting comprehensive evaluation method. By using natural break method, Guangxi province is divided into 5 regions with low, secondary low, moderate, secondary high and high sensitivity degrees of environment of developing flood hazards. Frequency distribution data of historical flood disasters in Guangxi province are contrasted for verification. It is shown that the results of sensitivity zoning basically fit with results of flood frequency zoning.

Key words: flood disasters; environment of developing hazards; sensitivity; GIS; Guangxi province