

文章编号:1000-5471(2011)01-0198-05

基于 GIS 的嘉陵江北碛段岸坡 地质灾害危险性评价研究^①

王新才¹, 徐刚², 杨玲³

1. 珠海市第一中学, 广东 珠海 519075; 2. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715;

3. 重庆市水文水资源勘测局, 重庆 401147

摘要: 运用投影寻踪聚类评价方法和 GIS 空间叠置方法对重庆市北碚区嘉陵江段岸坡的地质灾害危险性进行了评价, 研究发现: 岸坡稳定性差的面积为 18.98%, 稳定性较差的面积为 37.77%, 两者之和占研究区总面积的 56.75%; 滑坡、泥石流多分布在向斜与背斜的过渡区域、河湾的凹岸和支流汇入处; 基于加速遗传法的投影寻踪评价方法可以用于地质灾害研究, 确定因子图层权重.

关键词: 地质灾害; 投影寻踪聚类评价方法; GIS 空间叠置法; 北碚区; 嘉陵江

中图分类号: X43

文献标志码: A

近年来, 在众多灾害研究中, 以“三峡工程”为契机而兴起的对河谷地质灾害的研究尤为突出, 出现了一系列新的理论和方法. 孙广中^[1]从坡度与岩层的倾向关系方面提出了岸坡变形强度的一般规律, 即顺向坡大于逆向坡, 逆向坡大于切向坡, 认为三者线变形模数的比例关系为 1:0.43:0.08; 黄润秋等^[2]从边坡地质灾害角度研究边坡稳定性; 张加桂^[3]从岩石的角度对由三峡库区泥灰岩分布而引起的库岸稳定性做了深入的研究. 本研究基于这样一个大背景提出了研究的论题, 通过对研究区域河流岸坡地质灾害的全面调查, 提出相应的防治对策.

1 研究区概况

本研究选取嘉陵江下游重庆市北碚区辖区江段两岸各 1 000 m 的范围作为研究区, 研究区地层厚度 6 000~7 000 m, 由古生代和中生代的地层构成. 二叠系仅出露于白庙子江边观音峡背斜的轴部, 二叠系岩性表现为浅海相碳酸盐岩. 整个研究区域地层以中生代的三叠系和侏罗系为主, 岩性主要表现为砂岩、碳酸盐岩、泥岩以及砂泥互层组合, 少量地区有第四纪松散堆积物^[4]. 地貌上研究区处在四川盆地东南, 华蓥山帚状构造带内, 由 2 个背斜 3 个向斜组成. 背斜和向斜相间排列, 背斜构造较为复杂, 向斜相对简单^[5].

2 研究方法

2.1 GIS 空间叠置法

地理信息系统空间叠置方法是通过各专题要素图层的交集运算, 把多个图层信息集成一个图层的多个

① 收稿日期: 2010-09-18

作者简介: 王新才(1983-), 男, 云南泸西人, 硕士, 主要从事基于 3S 的区域灾害与区域可持续发展方向研究.

通信作者: 徐刚, 教授.

属性值或综合属性值, 从而实现多信息的综合显示. 空间叠置方法包括矢量空间叠置和栅格空间叠置方法两种. 矢量空间叠置方法是所有参与交集运算的图层都以矢量数据文件格式存储, 运算的结果是把单个图层信息作为一个属性值字段存储在矢量多边形面文件中, 不同因子作为不同字段, 这样便于各个属性字段之间的相互组合和条件选择运算, 缺点是矢量文件数据量大. 栅格空间叠置方法由实现综合属性值的计算生成. 由于栅格数据格式文件自身的特征, 其属性字段值不可添加, 各个因子图层栅格文件通过栅格空间叠置运算, 只产生一个综合计算值. 综合值反映的是各因子在不同权重下的组合值, 其优点是数据量小, 计算速度快.

本研究结合了矢量数据文件格式和栅格数据文件格式两者的优势, 在数据准备和处理的前期阶段采用矢量方法, 灵活地修改、更新信息并实现部分图层交叉信息的条件组合计算; 在综合分析计算阶段使用栅格数据格式, 实现了速度和质量的统一.

2.2 基于加速遗传法的投影寻踪聚类评价方法

投影寻踪聚类评价方法(PPCE)的基本原理是把高维数据通过某种组合投影到低维子空间上, 对于投影到的构形, 采用投影指标函数来描述投影、暴露评价对象、集中同类的相似性与异类的差异性结构, 寻找出使投影指标函数达到最优的投影值, 然后根据该投影值的分布来分析原评价对象高维数据分类的结构特征^[6]. 投影指标函数的构造及优化是该方法的关键, 即运用加速遗传法进行优化. PPCE 的评价过程包括 4 个步骤^[7]:

第一步建立评价指标体系, 对评价指标样本数据进行一致无量纲化处理. 本研究采取越大越优的正向指标的一致无量纲化处理方法, 即

$$y(i, j) = [x(i, j) - x_{\min}(j)] / [x_{\max}(j) - x_{\min}(j)] \quad (1)$$

其中: $x_{\max}(j)$ 和 $x_{\min}(j)$ 分别为样本数据中第 j 个指标的最大值和最小值, $y(i, j)$ 是无量纲标准化后的数据样本值.

第二步构造一维投影指标函数 $z(i)$. 构造投影方向函数:

$$z(i) = \sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^p a(j) y(i, j) \quad (2)$$

$$a(j) \mid j=1 \sim p$$

其中 $a(j) > 0$, $\sum_{j=1}^p a(j) = 1$.

第三步运用加速遗传法优化投影指标函数, 得出最佳投影方向 a^* .

第四步分类排序. 把最佳投影方向 a^* 代入(2)式, 即可得各评价对象的投影值 $z^*(i)$. $z^*(i)$ 反映各评价指标的综合特征, 通过比较 $z^*(i)$ 的大小, 对评价对象分类.

3 研究实例

3.1 专题图层数据库建立

岸坡的形成及稳定受多种因素影响, 多因素共同作用于岸坡、改造岸坡. 本研究在大量的实地调查及参阅相关河谷地质灾害研究文献^[8-10]的基础上, 综合考虑自然、人文各方面因素, 选取 8 个影响该江段稳定性的主要因子, 即地表物质、岩层产状与坡向的关系、坡度、相对高度、斜坡后缘变形、河流作用、土地利用和人工切坡高度. 详细调查属性信息, 在 GIS 软件平台上建立研究区空间数据库, 生成 8 个专题图层, 其中产向关系图层生成较为复杂.

产向关系图层的建立过程主要分为 4 步. 第一步, 按 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的分辨率把坡向和坡度专题图层栅格文件转化为矢量面文件, 选择转换字段值分别为坡向值和坡度值; 第二步, 在 GIS 空间分析模块中对坡度矢量图层、坡向矢量图层和产状矢量图层进行交集运算, 生成产向关系图层. 坡度、坡向栅格文件转换成矢量文件时采用 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 大小的分辨率, 以及产状图层面文件的不规则性, 保证了产向关系图层生

成时最大矢量面图斑不大于 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$, 满足本研究地质灾害评价的需要; 第三步, 在产向关系图层中新建坡向倾向交角字段, 即[坡倾向角], 运用 GIS 的二次开发功能中 VBA 语言脚本进行计算, 通过 VBA 语言程序计算出交角, 计算结果存储在[坡倾向角]字段值中, 这一步计算结果用于顺倾坡、逆倾坡和侧倾坡的划分; 第四步, 根据[坡倾向角]字段, 结合岩层倾角和岸坡坡度两个属性信息, 编制程序实现参评因子等级表中的产向关系等级赋值, 实现参评因子等级表(表 1)中的产向关系 4 个等级的生成。

3.2 各专题图层客观权重确定

按照“较大区域均匀, 小区域随机”^[7]的原则给研究区域加上 $2\ 000\text{ m} \times 2\ 000\text{ m}$ 的格网, 用于选取图层权重训练样本点. 从研究范围内的 70 个地质灾害调查点中选取 40 个样本点作为训练模型建立基本样本点. 对选取的 40 个基本样本点的 8 个因子作进一步实地调查并进行定量、定性判断。

在对 40 个样本点基本信息的研究过程中, 发现不同河段同一因子的强度与其对应岸坡段地质灾害发生的规模程度有一定关系, 表现为坡度、相对高度、斜坡后缘变形、人工切坡高度、河流作用等 5 个因子成正相关; 地表物质因子中, 组成岸坡的物质越破碎, 地质灾害危险程度越大, 其危险程度大小依次为碎屑物、泥岩为主的岩组、砂泥岩互层; 产向关系的组合较为复杂, 不同岩层倾向与坡向组合对岸坡稳定性产生的影响表现为顺倾坡大于逆倾坡, 逆倾坡大于侧倾坡, 并且同一组稳定性与岩层倾角大小、坡度大小有关; 土地利用表现为从开矿区、城镇建设影响区、耕地区到林地区的规律变化. 根据以上各个因子的规律, 各因子均按 4 个等级划分, 形成参评因子等级表(表 1)。

表 1 研究区参评因子等级表

编号	参评因子	评价等级			
		IV	III	II	I
1	地表物质	碎屑物	泥岩为主的岩组	砂泥岩互层	砂岩为主的岩组 碳酸盐岩
2	岩层产状与坡向的关系	顺倾坡、岩层倾角 小于坡度	顺倾坡、岩层倾角 大于坡度	逆倾坡	侧倾坡
3	坡度/ $^{\circ}$	>35	$35 \sim 25$	$25 \sim 15$	<15
4	相对高度/m	>100	$100 \sim 50$	$50 \sim 20$	<20
5	斜坡后缘变形	>2 条拉张裂缝	<2 条拉张裂缝	断续细小拉张裂缝	无变形迹象
6	河流作用	强烈侵蚀	中度侵蚀	轻度侵蚀	以堆积为主
7	土地利用方式	开矿	城镇	耕地	林地
8	人工切坡高度/m	>20	$20 \sim 10$	$10 \sim 5$	<5

40 个基本信息样本点的 8 个属性信息经过 PPCE 评价过程的 4 个步骤计算, 4 次加速循环优化, 取 5 个优秀个体的平均值作为加速遗传法(RAGA)的结果, 得到最大投影指标函数值为 0.373 6. 最佳投影方向 $a^* = 0.15, 0.12, 0.15, 0.1, 0.16, 0.14, 0.08, 0.1$, 各因子的最佳投影方向 a^* 值即为相应个因子图层的权重值(表 2). 根据公式(2)计算出各个样本点的 $z^*(i)$ 值。

表 2 因子最佳投影方向表

地表物质	产向关系	坡度	相对高度	斜坡后缘变形	河流作用	土地利用	人工切坡
0.15	0.12	0.15	0.1	0.16	0.14	0.08	0.1

3.3 综合图层计算

构造综合性评价函数 H , 即

$$H = \sum_{i=1}^8 a^*(i) \times \text{图层}(i) \quad (3)$$

应用 H 函数在 GIS 空间分析模块中计算生成研究区 8 个因子综合评价图层的 Z 值, 计算结果显示 Z 值的范围为 1.22~3.45. 参照样本投影方向表中各个样本点的 $z^*(i)$ 值和学者对北碚地区地质灾害的研究

结果^[7-10],对综合值 Z 作 4 个等级划分(表 3).按表 3 的 4 个等级阈值对综合值 Z 分类,并模拟相应的稳定等级,可得研究区综合稳定性等级统计表(表 4).

表 3 综合稳定性评价等级阈值表

等级	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
分类界限值	1.22~1.6	1.6~1.9	1.9~2.3	2.3~3.45

表 4 研究区综合稳定性等级统计表

综合评价等级	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
栅格数/个	90 892	373 258	405 288	203 705
面积/ m^2	9 089 200	37 325 800	40 528 800	20 370 500
百分比/%	8.47	34.78	37.77	18.98

4 结论及防治对策

4.1 结 论

1) 通过对研究区综合稳定性等级评价,认为种类多、范围大是该区域地质灾害的特征,地质灾害严重影响着岸坡的稳定性;稳定性差的面积占研究区总面积的 18.98%,稳定性较差的面积占总面积的 37.77%,两者之和占研究区总面积的 56.75%;地质灾害体在分布上表现出一定的规律性,滑坡、泥石流多分布在向斜与背斜的过渡区域、河湾的凹岸和支流汇入处.

2) 在河流岸坡稳定性及岸坡地质灾害的研究中,选取因子图层是关键.地表物质、岩层产状与坡向的关系、坡度、相对高度等 8 个图层构成了本区研究的主要因子图层.因子图层的差异,构成了不同河岸的地质灾害等级和类型的差异.本研究 8 个专题图层可以作为相应专题研究的基础资料.

3) GIS 矢量空间叠置和栅格空间叠置法技术的组合应用,解决了两种数据格式的不足,为条件图层的组合做了试探性研究.研究中运用矢量数据格式文件对各个图层属性先进行条件选择组合计算,然后根据计算值转换为栅格数据文件,以栅格文件进行最终的综合叠加.该方法利用矢量数据可灵活添加字段、易于条件字段运算的优势,结合栅格数据量小优势,实现综合计算.

4) 采用加速遗传法的投影寻踪评价方法来确定地质灾害研究中的因子图层权重是一种创新.通过结果抽样检验,验证了该方法的可行性和可靠性.

4.2 嘉陵江北碛段地质灾害防治对策

根据本研究结果,结合北碚区嘉陵江的特殊环境和有关研究^[11],提出区域地质灾害防治、治理的几点对策.① 个体重点治理.对高危害性的灾害体,如澄江老城区滑坡、马家沱滑坡、玻璃厂滑坡、黄角车站滑坡、毛背沱滑坡、江家沱-河溪滑坡群以及北温泉危岩、观音峡危岩群等进行重点治理.② 区域综合治理.打破行政界限,对稳定性差和稳定性较差的等级区域作优先监测、防治和治理,其他区域进行定时随机抽样调查,做到重点区域以治为主,一般区域以防为主.③ 替代性工程的建设.研究区背斜区岩性均为坚硬的厚层砂岩和碳酸盐建造,便于隧道建设,在经济和技术可能的前提下,重要等级的道路可以隧道方式穿过背斜,避免目前峡谷区国道线暴露在大量的岩石临空面之下的现状,绕开了在江岸江水淘蚀区的工程建设.④ 保护江岸生态屏障,划定生态屏障区.根据坡面流水分水规律,在江边划出一定区域作为保护区,保护区内禁止开发,尤其是禁止工矿和农业生产.根据本研究稳定性等级的结果显示,建议将嘉陵江两岸各 1 000 m 的范围作为生态屏障区,对其进行限制用途开发,重点保护.

参考文献:

- [1] 孙广中.长江三峡工程库区顺层岸坡研究[M].北京:地震出版社,1993:2-5.
 [2] 黄润秋,许强,陶连金,等.地质灾害过程模拟和过程控制研究[M].北京:科学出版社,2002:152-160.

- [3] 张加桂. 三峡库区泥灰岩岩石的变形机理及地质灾害危险性研究 [M]. 北京: 地质出版社, 2005: 15—30.
- [4] 重庆市北碚区地方志编撰委员会. 北碚自然地理 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1987: 11—20.
- [5] 徐 刚. 山地丘陵负地貌制图讨论 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1988(2): 81—87.
- [6] 金菊良, 魏一鸣. 复杂系统广义智能评价方法及运用 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 88—99.
- [7] 王新才, 徐 刚. RAGA 和 PPCE 在崩塌、滑坡、泥石流灾害评价中的应用 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2009, 20(4): 50—54.
- [8] 徐 刚. 重庆城市滑坡及崩塌的发育规律分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1990, 15(4): 540—545.
- [9] 胡克定. 重庆市北温泉危岩带特征与防治对策 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 1995, 6(3): 57—61.
- [10] 张国智, 杨 斌, 徐茂其. 坡体稳定性综合评价—以重庆市北温泉公园后坡为例 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1999, 24(2): 232—238.
- [11] 徐 刚. 重庆城市灾害地貌防治与对策 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 1990, 15(4): 533—539.

The Geologic Hazard Evaluation of Bank Slope in Beibei by Using GIS

WANG Xin-cai¹, XU Gang², YANG Ling³

1. Zhuhai No. 1 High School, Zhuhai Guangdong 519075, China;

2. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

3. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Chongqing, Chongqing 401147, China

Abstract: The study used the method PPCE and based on RAGA and GIS spatial analysis interacts to evaluate geologic hazard of the reach of Jialing River in Beibei Chongqing. In this study, the authors used the new methods of RAGA and PPCE to analyze the regional geologic data which were obtained from studing area and combined with the redevelopment function of GIS using VBA script language, which carried out vector intersect and raster calculation. It is drawn the conclusion that the poor stability account for 18.98% and the less poor stability account for 37.77%, both the sum of account for 56.75%; landslides debris flow mainly distribute in the transition between syncline and anticline. The PPCE based on RAGA is efficient approach in the field of geologic hazard analysis and provide a new way of method for the re-searching of valley geological disasters.

Key words: geologic hazard; PPCE; GIS Spatial superposition method; Beibei; Jailing River

责任编辑 胡 杨