

文章编号: 1004-4574(2009) 01-0174-06

基于 GIS的沐川县滑坡危险度区划

王 萌, 乔建平

(中国科学院 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 基于 GIS技术及统计方法, 对沐川县滑坡进行了区划研究。从与滑坡发育相关的因子中提取了 5 个本底因子: 地层、坡度、坡形、高差和坡向, 以此反演计算了研究区环境本底因子对滑坡的贡献和本底因子的权重。采用贡献率权重叠加法对研究区进行危险度区划, 其中高危险度区 114.7km², 中危险度区 229.9km², 低危险度区 100.9km²。经与野外调查结果对比检验, 区划可靠性达到 90% 以上。

关键词: 沐川; 滑坡; 危险度; 地理信息系统

中图分类号: P642.22 文献标识码: A

GIS-based hazard zoning of landslide in Muchuan County

WANG Meng QIAO Jian-ping

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

Abstract This paper gives a quantification assessment to 30 landslides in Muchuan County by GIS technology and statistical method and got 5 environmental factors related to landslide stratum, gradient, slope shape, relative height and aspect of slope. The contribution of environmental factors in study area to landslide and the weights of the environmental factors were calculated inversely. The hazard zoning was carried out in study area by use of superposition method for contribution rate weight.

Key words Muchuan; landslide; hazard degree; GIS

1 研究区概况

沐川县地处四川盆地西南边缘小凉山余脉山麓, 长江上游岷江、大渡河、金沙江之间的三角地带。幅员面积 1405 km²。多年平均降水量 1350mm, 最大达 1898.2mm, 降水多集中于 5-8 月。县域内的降水还有由西北向东南递增之势, 并具有随地面高程的增高, 年降水量渐增大的规律。境内地形地势西南高、东北低, 依次构成中山、低山和深丘的地貌特点。出露地层以三叠系和侏罗系的碎屑岩和红色碎屑岩面积最大, 岩性以砂岩、粉砂岩、泥岩夹砂岩、砂岩加泥页岩为主, 层状结构发育, 软硬相间, 力学强度低^[1]。西部紧邻马边县, 为地震多发区, 震级较高, 对区内滑坡、崩塌造成一定影响^[2]。通过实地考察, 收集到前人统计资料中滑坡 148 处。将其中 30 处经过野外调查的滑坡作为样本点, 利用 GIS 手段提取研究所需要的环境本底因子, 并计算各因子的权重进而反演整个研究区的滑坡危险度。其余 118 处滑坡作为检验验证滑坡危险度分区的准确性。

收稿日期: 2007-08-13 修订日期: 2008-06-21

基金项目: 乐山市科技孵化基金, 科技部国际科技合作重点项目 (2004DFB01100)

作者简介: 王萌 (1980-), 女, 硕士研究生, 主要从事 3S 技术在滑坡机理方面的研究。E-mail: wm@imde.ac.cn

2 研究方法

2.1 基于 GIS 的滑坡危险度区划原理

当前, GIS 技术的蓬勃发展为滑坡研究提供了一个卓有成效的平台。面对区域滑坡危险度区划需要大量数据的支撑, 借助 GIS 可能是最好的选择, GIS 为空间数据的提取、存储和分析提供了有力的支持^[3-5]。

基于 GIS 技术的滑坡危险度评价及区划的方法基本上分两个步骤。第一, 利用地理信息系统技术提取滑坡所在地点的环境因素资料, 通过对这些资料的研究寻找滑坡与环境因素之间的关系; 第二, 利用所得的滑坡与环境因素的关系评价滑坡危险程度并进行滑坡危险度区划。可以表示为

$$S = f(E),$$

式中, S 为滑坡危险区域; f 为滑坡与环境条件的关系; E 为环境本底因素。

首先通过滑坡专家获取与滑坡发育相关的主要因素; 其次利用 GIS 技术和其他地学运算方法对地区有关的地理环境条件进行定量描述, 并将定量描述的结果存于地理信息系统数据库中; 最后采用评价模型将这些地理环境条件的定量描述与所获取的滑坡与环境本底因素的关系相结合, 利用 GIS 空间叠加分析功能, 对地区滑坡危险度进行评价并将其表达为以很小象元为单位的数字图(图 2)。

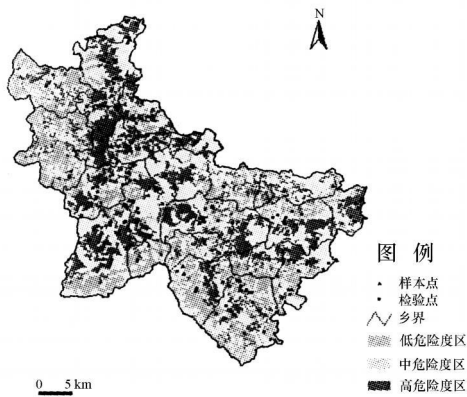


图 1 滑坡灾害点分布图

Fig 1 Distribution map of landslide points

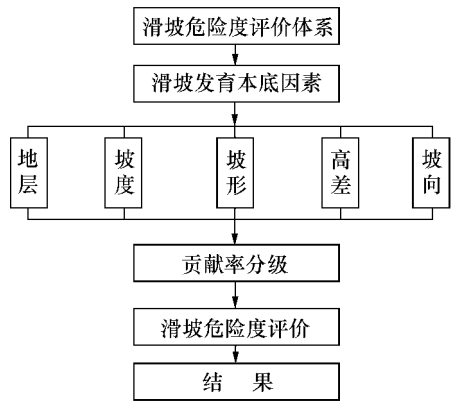


图 2 滑坡危险度评价体系框图

Fig 2 Block diagram of assessment system of landslide hazard

2.2 滑坡本底因素提取与分析

影响沐川滑坡危险度的因子很多, 主要分为自然和人为因素。属自然因素的有岩性与结构、坡度、坡向、坡高、坡形、植被覆盖率、河流冲刷、地下水活动、降水、地震等; 属人类因素的有不合理开挖、加载、排水、浇灌等。在上述诸多因素中, 任何一个单因素都不足以引起滑坡的发生。

滑坡危险度区划中, 由于人为因素的不确定性, 在 GIS 中无法定量表达, 本研究只考虑环境本底的作用。已有的研究证明滑坡发育与 5 个主要环境本底因素有关: 地层、坡度、坡形、高差和坡向^[6-8]。按文献[6] - [8]的方法可以得到这些本底因素对滑坡发育的贡献作用。

2.2.1 地层

通过数字化 1: 20 万沐川地质图投影得到。研究区分布的地层共 23 种, 把地层图层与滑坡样本点进行叠加, 得到各种地层对滑坡的贡献率(图 3)。

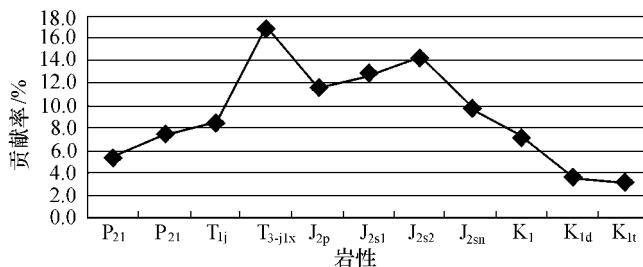


图 3 各地层滑坡贡献率

Fig 3 contributing rate of strata to landslide

2.2.2 坡度

利用 DEM 在 GIS 软件中自动生成。将沐川县坡度共分为 8 级, 即 a1 ~ a8 分别对应: 0° ~ 10°, 10° ~ 20° 70° ~ 80°。与滑坡样本点叠加后同样得到各个坡度等级的贡献率(图 4)。

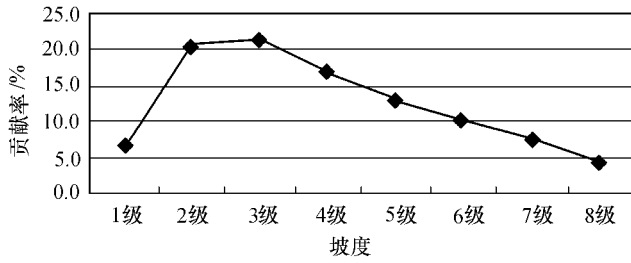


图 4 各坡度滑坡贡献率

Fig 3 Contributing rate of slopes to landslide

2.2.3 坡形

坡形是指一个斜坡的垂直纵剖面形态。根据实地调查, 将沐川斜坡形态分为五种(见图 4): I 型(凹形坡), II 型(上凹下凸形坡), II型(斜线形坡), IV型(凸形坡), V 型(上凸下凹形)。由于 GIS 软件中没有提取坡形的功能, 所以借助了 C 语言编程实现贡献率统计(图 5)。

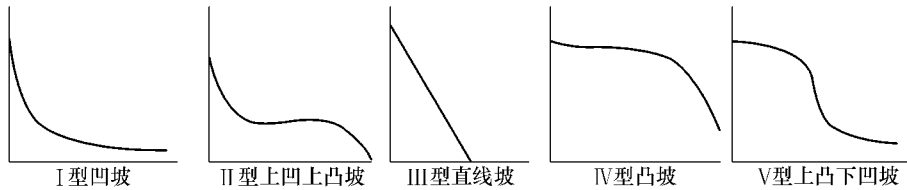


图 5 研究区典型坡形图

Fig 5 Typical slope shapes in study region

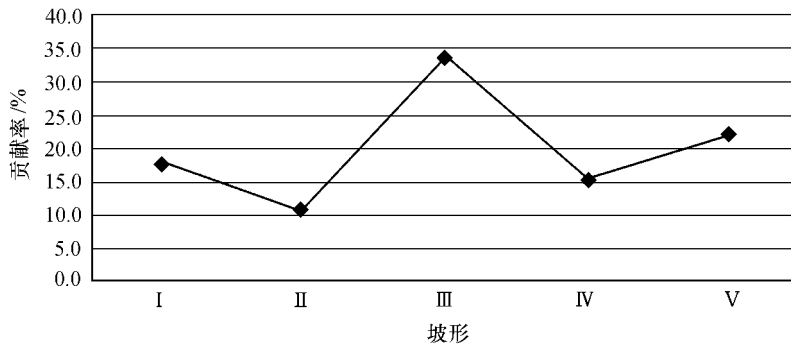


图 6 各坡形滑坡贡献率

Fig 6 Contributing rate of slope shapes to landslide

2.2.4 高差

利用 DEM 分别提取出山脊线和山谷线图层, 然后两个图层相减得到最终的斜坡高差数字化图层。将全区按每 100m 为间隔, 共分为 11 级, 即 h1 ~ h11, 分别对应: 0~ 100m, 100~ 200m 1000~ 1100m, 进行贡献率统计(图 7)。

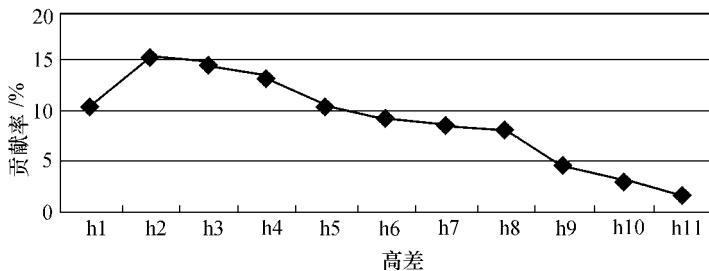


图 7 各高差滑坡贡献率

Fig 7 Contributing rate of relative height of slope to landslide

2 2 5 坡向

将坡向每隔 45° 分为一个区间顺时针依次计算, 所对应的方向与数值对应见表 1:

表 1 坡向分类对照表

Table 1 Classification of aspect of slope

(°)

N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
0~22.5	22.5~67.5	67.5~112.5	112.5~157.5	157.5~202.5	202.5~247.5	247.5~292.5	292.5~337.5
337.5~360			157.5	202.5	247.5	292.5	337.5

将坡向图层与滑坡样本点图层叠加, 得到各坡向的滑坡贡献率 (图 8):

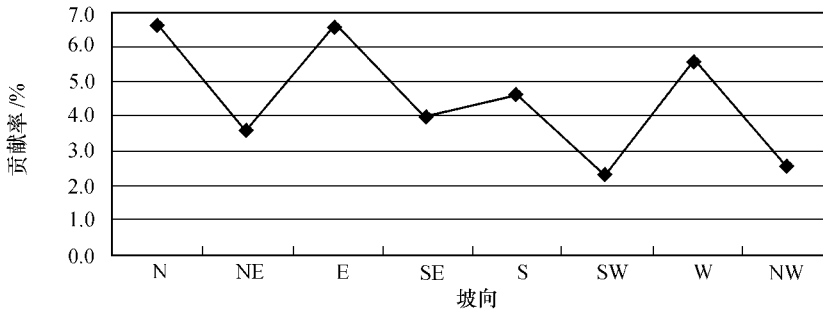


图 8 各坡向滑坡贡献率

Fig. 8 Contributing rate of aspect of slope to landslide

2 2 6 贡献率结果

为分析本底因素在滑坡发育中的贡献程度, 把各因素的贡献率按等差区间分为高、中、低 3 类^[9], 获得分类评价结果 (表 2):

表 2 本底因素贡献率统计表

Table 2 Statistics of contributing rate of background factors

贡献率分类	地 层	坡度 / (°)	坡 形	高 差 / m	坡 向
高	T _{3-jx} , J _{2s2} , J _{2s1}	10~40	III	100~400	E, N, W
中	J _{2p} , J _{2a1} , T ₁ , P ₂₁	40~60	V	0~100, 400~800	S, SE
低	K ₁ , P _{2b} , K _{1d} , K _{1t}	0~10, 60~80	IV, I II	800~1100	NE, NW, SW

2 3 滑坡危险度区划数学模型

2 3 1 权重

贡献率代表了本底因素的作用大小, 通常进行危险性评价使用的权重实际上就是对因素贡献作用大小的评价。在确定了贡献率基础上, 将其均值化、归一化, 得到各个本底因素的自权重:

表 3 本底因素自权重分配表

Table 3 Self-weight distribution of background factors

贡献率分类	地层	坡度	坡形	高差	坡向	平均
高	0.50	0.53	0.48	0.54	0.47	0.51
中	0.33	0.31	0.32	0.35	0.32	0.34
低	0.17	0.16	0.20	0.11	0.21	0.15
权重和	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

然后再依据以下 3 式, 得到多因素之间的互权重:

$$\begin{aligned}
 W'_U &= W_{Ui} / \sum W_{Uj} \\
 W'_M &= W_{Mi} / \sum W_{Mj} \\
 W'_L &= W_{Li} / \sum W_{Lj}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

式中, W'_U, W'_M, W'_L ——高、中、低贡献率因子互权重; $W_{U_i}, W_{M_i}, W_{L_i}$ ——高、中、低 3 级贡献率; $\sum W_{U_i}, \sum W_{M_i}, \sum W_{L_i}$ ——高、中、低 3 级贡献率之和。最终得到因素互权重分配, 如表 4

表 4 本底因素互权重分配表

Table 4 Inter-weight distribution of background factors

权重分配	地层	坡度	坡形	高差	坡向	权重和
0.14	0.19	0.35	0.13	0.19	1.0	

2.3.2 区划模型

采用多因子叠加模型对滑坡危险度进行区划, 公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^5 W_i W'_i U'_i, \tag{2}$$

式中: W_i ——自权重, W'_i ——互权重, U_i ——因子。通过式 (2) 获得连续空间上滑坡危险度区划 (图 9)。

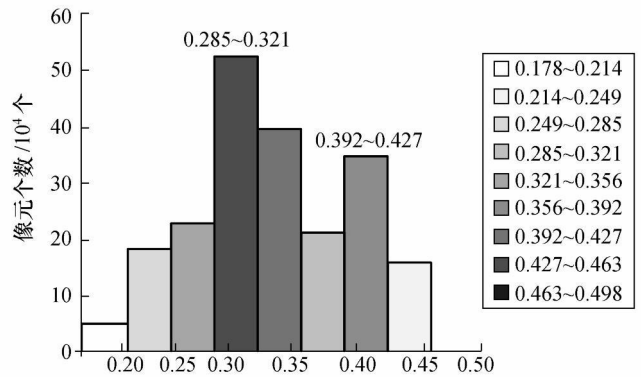
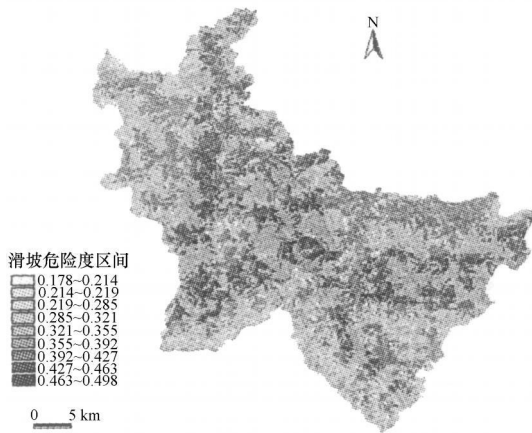


图 9 连续空间上的滑坡危险度区划

图 10 连续空间上的滑坡危险度区划直方图

Fig 9 Landslide hazard zoning in continuous space

Fig 10 Histogram of landslide hazard zoning in continuous space

未进行等级划分的区域滑坡危险度评价难以反映滑坡的危险度等级, 使用不便, 因此还有对其进行分区。

根据从一种状态跃变到另一种状态总存在一个临界值这个原理, 利用连续空间上的滑坡危险度区划直方图 (图 10), 选择拐点进行分区。得到的拐点分别是 0.285 和 0.392 即将 0.178~0.498 划分为 3 个区 0.178~0.285, 0.285~0.392, 0.392~0.498。最终得到沐川县滑坡危险度区划图 (图 11):

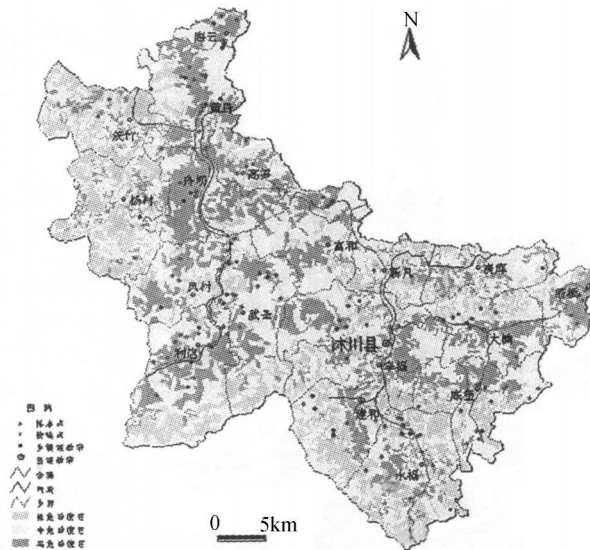


图 11 沐川县滑坡危险度分区

Fig 11 Landslide hazad zoning in Mochuan County

3 结果检验及分析

从根据野外调查结果获得的密度分布曲线上看, 滑坡分布密度与危险度级别有很强的关系。高危险度级别地区的滑坡分布密度大大高于其它两个级别, 分布密度随危险度级别的提高而增加, 而且高危险度级别分布密度的增加幅度也远远大于中、低危险度级别的增加幅度。中危险度区和高危险度区拥有滑坡的数量占到全部滑坡数量的 92.4% (图 12)。

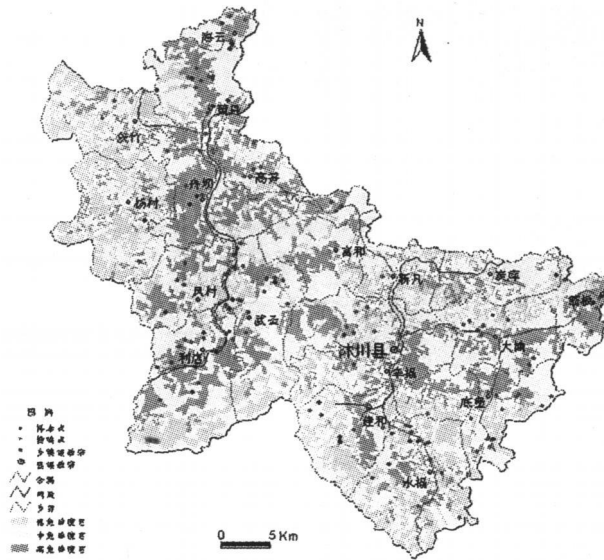


图 12 危险度级别与检验滑坡点分布密度

Fig 12 Relationship between hazard degree and landslide distribution density from field investigation

表 5 危险度级别空间分布范围比例和检验滑坡点在各级别中的分布比例

Table 5 Relationship between distributing rate of hazard degree and landslides in each degree

危险度级别	总面积 /km ²	百分比 %	滑坡点 /个	百分比 %	密度 / (个·km ⁻²)
低危险度 (1)	301.4	21.4	9	7.6	0.0299
中危险度 (2)	730.1	51.9	43	36.4	0.0589
高危险度 (3)	374.3	26.7	66	56.0	0.1763
合计	1405.8	100	118	100	—

参考文献:

- [1] 王作堂,高 路. 四川沐川县地质灾害的形成及防治 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(1): 76- 82
- [2] 乔建平,蒲晓虹. 四川沐川-马边 1994- 12- 30 5.5级地震山地灾害类型研究 [J]. 自然灾害学报, 1995, 4(3): 92- 98
- [3] 张桂荣,殷坤龙,等. 基于 GIS的陕西省旬阳地区滑坡灾害危险性区划 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 39- 43
- [4] 毕华兴,中北理,等. GIS支持下的滑坡空间预测与危险等级划分 [J]. 自然灾害学报, 2004, 13(3): 50- 57.
- [5] 周翠英,林春秀,等. 基于 GIS技术的区域性滑坡发生概率分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(6): 911- 914.
- [6] 乔建平,吴彩燕,等. 三峡库区云阳-巫山段地层因素对滑坡发育的贡献率研究 [J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(17): 2920- 2924
- [7] 乔建平,吴彩燕,等. 三峡库区云阳-巫山段坡形因素对滑坡发育的贡献率研究 [J]. 工程地质学报, 2006, 14(1): 18- 22.
- [8] 吴彩燕,乔建平,等. 基于 GIS的三峡库区滑坡坡形研究 [J]. 自然灾害学报, 2005, 14(3): 34- 37.
- [9] 乔建平,赵 宇,等. 四川省及重庆市滑坡危险度区划研究 [J]. 自然灾害学报, 2000, 9(1): 68- 71