

信息量模型在山地斜坡地质灾害风险评价中的应用

——以贵定县宝山盘江重点区为例

江攀和,张明思,梁劲松,陈 磊

(贵州省地矿局 102 地质大队,贵州 遵义 563000)

[摘 要] 为了对野外风险斜坡及潜在地质灾害进行快速识别,现基于斜坡单元采用信息量模型对贵定县宝山至盘江重点区开展地质灾害风险评价,并分析地质灾害分布与风险斜坡的相关性。结果表明:1. 风险评价结果中极高风险斜坡 42 处,高风险斜坡 308 处,中风险斜坡 580 处,低风险斜坡 280 处,分别占比 3.47%、25.45%、47.93%及 23.14%;2. 地质灾害主要分布于极高及高风险斜坡,低风险斜坡中无地质灾害分布;3. 通过对比评价结果与研究区实际情况,表明风险评价结果较为合理,信息量模型可以应用于山地斜坡地质灾害风险评价,同时评价结果为下一步指导地质灾害防治工作提供了重要的信息及依据。

[关键词] 风险评价;风险斜坡;斜坡单元;地质灾害;信息量模型;贵州

[中图分类号] P694;P642.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2022)02-0159-08

1 引言

地质灾害风险评价定义为对特定影响因子造成暴露于该因子的单体或区域地质灾害发生的机率及对人类产生危害的程度、时间或性质进行定量描述的系统过程(向喜琼等,2000)。通过评价结果可以明确防灾减灾的重点方向和重点防治区域。

基于斜坡单元开展的地质灾害风险评价,前人早已开展了很多研究,宫清华等以华南松岗河小流域为例基于斜坡单元开展了浅层滑坡风险区划(宫清华等,2017);易靖松等以江口镇为例,采用工程类比法,对圈定的斜坡单元进行实地调查,获取斜坡的危险性及易损性,通过风险矩阵图得到了每一个斜坡的风险等级(易靖松等,2018);孙冉等以山东费县地区为例,采用层次分析法-信息量法模型对费县开展了地质灾害风险评价(孙

冉等,2015);甄艳等以都江堰虹口乡为例,利用 GIS 技术与信息量模型相结合,同时结合专家打分法,在虹口乡开展了地质灾害风险评价(甄艳等,2016)。本文在借鉴前人的研究成果基础上,基于斜坡单元,利用信息量模型开展贵定县宝山至盘江局部区域地质灾害风险评价,并分析风险评价结果与地质灾害发育分布的相关性,为下一步指导地质灾害防治工程提供重要的信息和依据。

2 研究区背景

研究区位于贵定县北部(图 1),行政区划隶属于宝山街道办、金南街道办及盘江镇,总面积约 67.47 km²。

区内地貌类型主要为溶蚀及构造侵蚀地貌,地形起伏较大,地形坡度较陡,局部发育陡崖;三叠系、二叠系、石炭系、泥盆系、奥陶系等地层在区

[收稿日期] 2022-01-13 **[修回日期]** 2022-03-21

[基金项目] 贵州省贵定县地质灾害详细调查及风险评价项目(MCHC-ZG20211007)。

[作者简介] 江攀和(1994—),男,工程师,学士,主要从事水工环地质工作,E-mail:843895115@qq.com。

内均有出露,岩性主要为白云岩、灰岩及泥岩;地质构造发育程度一般,断层主要呈南北向发育;地表溪流较为发育,地下水类型主要为基岩裂隙水及岩溶水,水位埋深受地形地貌影响较大;由于紧

邻贵定县城,周边人口密度较大,矿山开采、公路及建房切坡等人类工程活动较为强烈。

区内现状及历史地质灾害 22 处,其灾点密度为 0.33 个/km²,其中滑坡 15 处,崩塌 7 处。

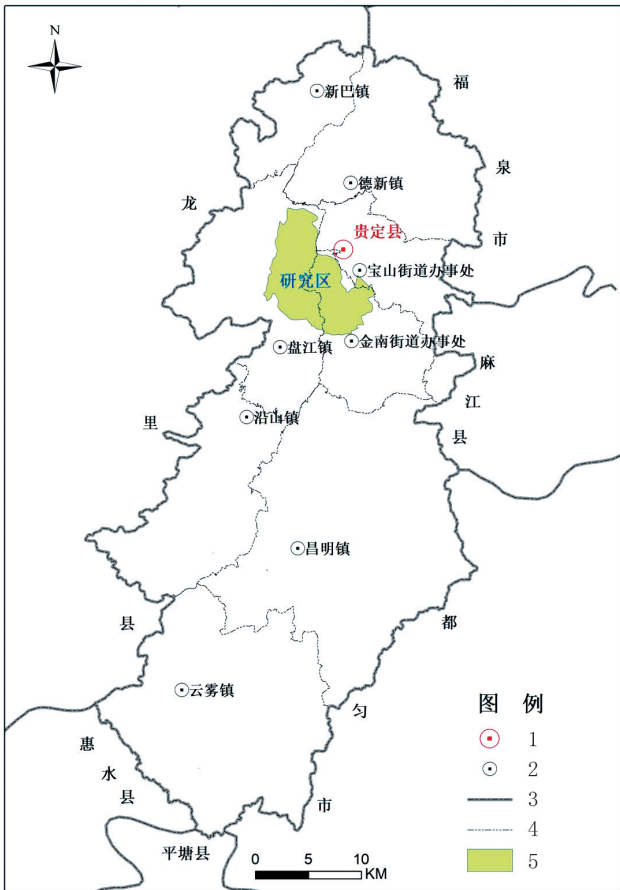


图 1 研究区地理位置

Fig. 1 Geographical location of the study area

1—县政府驻地;2—乡镇政府驻地;3—县界;4—乡镇界线;5—研究区

3 研究方法、数据采集及评价过程

3.1 斜坡单元划分

采用 GIS 软件中的水文分析工具基于 DEM 提取山脊线及沟谷线,两者叠加将不同坡向的斜坡切割成斜坡单元;受 DEM 精度及软件限制,本次将提取的斜坡单元进行“人工修整”,最终研究区划分了 1210 个斜坡单元(图 2)(张曦等,2018;田述军等,2019;冷洋洋等,2021)。

3.2 信息量模型

信息量模型反映了一定地质环境下最易致灾因素及其细分区间的组合;具体是通过特定评价

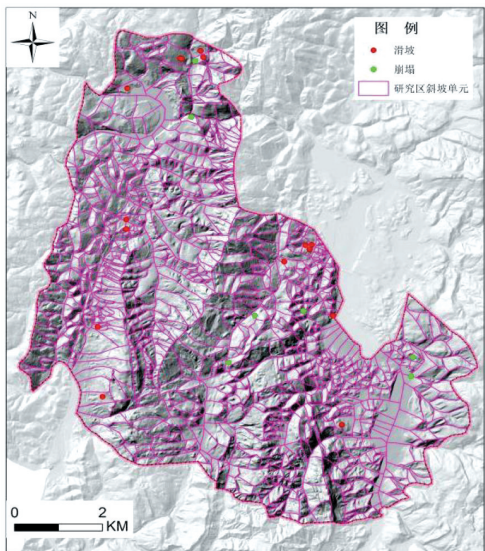


图 2 研究区斜坡单元划分图

Fig. 2 Slope unit division diagram in the study area

单元内某种因素作用下地质灾害发生频率与区域地质灾害发生频率相比较实现的,即信息量值的大小反映了评价因子与地质灾害发生的相关性,信息量越大,地质灾害发生的可能性就越高(许强等,2010;邓辉等,2014;常亚婷等,2021)。信息量计算公式如下:

$$I_{A_j-B} = \ln \frac{N_j/N}{S_j/S}$$
 (公式 1)

$$I = \sum_{j=1}^n \ln \frac{N_j/N}{S_j/S}$$
 (公式 2)

式中: I_{A_j-B} 是对应因素 A、j 状态(或区间)下地质灾害 B 发生的信息量, N_j 是对应因素 A、j 状态(或区间)下地质灾害分布的单元数, N 是调查区已知有地质灾害分布的单元数, S_j 是因素 A、j 状态(或区间)分布的单元数; S 为调查区单元

总数。

3.3 数据采集

采样点为区内现状及历史地质灾害点,共 22 处,其中滑坡 15 处,崩塌 7 处。

3.4 易发性评价方法及过程

3.4.1 易发性评价因子选取及权重赋值

地质灾害易发性受地形坡度、相对高差等诸多因素影响,由于不同因子对地质灾害易发性可能存在明显相关性,造成易发性评价结果趋于受同一易发性因子影响,为排除此种情况,初步选择地形坡度、相对高差等 10 项因子,借助 GIS 平台波段集统计工具分析不同因子之间的相关性,生成因子相关性矩阵,详见表 1。

表 1 易发性因子相关性分析矩阵表
Table 1 Matrix for correlation analysis of susceptibility factors

相关因子系数	地形坡度	相对高差	剖面曲率	平面曲率	地貌类型	地质构造	工程岩组	斜坡结构	地表水系	土地利用类型
地形坡度	1.00	0.51	-0.33	0.23	-0.03	0.07	-0.03	0.00	-0.02	0.20
相对高差	0.51	1.00	0.00	-0.01	-0.01	0.03	-0.07	-0.02	-0.11	0.15
剖面曲率	-0.33	0.00	1.00	-0.46	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01
平面曲率	0.23	-0.01	-0.46	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
地貌类型	-0.03	-0.01	0.00	0.00	1.00	-0.11	0.25	-0.01	0.19	-0.03
地质构造	0.07	0.03	0.00	0.00	-0.11	1.00	0.16	-0.01	0.15	0.03
工程岩组	-0.03	-0.07	0.00	0.00	0.25	0.16	1.00	0.00	0.25	-0.03
斜坡结构	0.00	-0.02	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.00	1.00	-0.01	0.00
地表水系	-0.02	-0.11	0.00	0.00	0.19	0.15	0.25	-0.01	1.00	-0.01
土地利用类型	0.20	0.15	-0.01	0.00	-0.03	0.03	-0.03	0.00	-0.01	1.00

根据波段集统计分析结果(正值越大越正相关,负值越大越负相关),同时考虑到地灾害发育规律,将相关性系数绝对值在 0.2 及其以上的因子视为明显相关,进行选择性的筛除,直到任意两个易发性评价因子均不存在明显相关关系,筛选过程如下:

- (1)土地利用类型与地形坡度明显相关,予以去除;
- (2)地表水系与地貌类型及工程地质岩组因子明显相关,结合区内地质灾害实际发育情况,将地表水系与地貌类型一并去除,保留工程岩组;
- (3)相对高差作为反应评价区域主要地貌特征的评价因子,其与地形坡度的相关性系数为

0.51,本次评价拟同时保留两个因子,坡度权重系数为 $1/(1+0.51)=0.66$,相对高差权重系数为 $1-0.66=0.34$;

(4)地形坡度与剖面、平面曲率同样存在明显相关关系,由于区内滑坡地质灾害主要发育在斜坡地形,在山脊或沟谷发育较少,平面曲率对于滑坡易发性评价予以保留;崩塌地质灾害主要发育在陡坡、陡崖等直线段斜坡位置,在凸、凹型坡发育较少,剖面曲率在崩塌易发性评价中予以保留。

综上所述,结合区内地质灾害发育情况,选择地形坡度、相对高差、剖面曲率、平面曲率、地质构造、工程岩组、斜坡结构等七种因子开展易发性评价,其相应权重系数见表 2。

表 2 易发性评价因子权重赋值

Table 2 Weight assignment of susceptibility evaluation factors

区域特征	地形坡度	相对高差	剖面曲率	平面曲率	地质构造	工程岩组	斜坡结构
地质灾害类型滑坡为主,崩塌次之。	0.198	0.102	0.1	0.1	0.1	0.2(0.3)	0.3(0.2)

注:区内平、剖面曲率分别针对滑坡及崩塌开展易发性评价,并非直接叠加;括号内为崩塌权重。

3.4.2 易发性评价方法及过程

采用信息量法对宝山盘江重点区地质灾害进行易发性评价,得到各个评价因子分级图(图3),需要说明的是分级评价因子信息量由地质灾害分布点数及分级评价因子区间面积决定,其中评价因子等级划分依据来源于野外调查。利用公式 1

进行信息量值计算,信息量计算结果表见表3。

按照表2中权重系数对上述各因子进行叠加,考虑平坝区分布(平坝区不进行评价,直接判定为低易发),叠加后根据信息量大小按自然断点划分得出极高、高、中、低4个易发性等级(图3)。

表 3 易发性因子区间信息量计算

Table 3 Calculation of information content of susceptibility factor interval

因子类型	因子区间	滑坡样本数量		崩塌样本数量		斜坡单元		滑坡信息量	崩塌信息量
		NJ	N	NJ	N	SJ	S	I	I
地形坡度(°)	0~15	6	15	0	7	177	1 210	0.951 8	0
	15~25	6	15	0	7	356	1 210	0.230 1	0
	25~45	3	15	0	7	413	1 210	-0.479 1	0
	45°以上	0	15	7	7	264	1 210	0	1.585 5
相对高差(m)	0~35	6	15	0	7	422	1 210	0.858 6	0
	35~65	5	15	5	7	427	1 210	-0.1 344	0.627 7
	65~103	4	15	2	7	209	1 210	-0.040 6	0.028 4
	103~241	0	15	0	7	152	1 210	0	0
平面曲率	沟谷地形	1	15			221	1 210	-0.691 9	
	斜坡地形	11	15			564	1 210	0.326 1	
	山脊地形	3	15			425	1 210	-0.523 4	
剖面曲率	突变型凸坡			0	7	133	1 210		0
	缓变型凸坡			4	7	495	1 210		0.583 1
	直线型坡			2	7	472	1 210		-0.357 7
	凹坡			1	7	110	1 210		0.839
地质构造	0~100	1	15	3	7	324	1 210	-0.945	0.915 8
	100~200	2	15	0	7	114	1 210	0.4 802	0
	200~500	3	15	0	7	317	1 210	-0.0 339	0
	>500	9	15	4	7	455	1 210	0.107	0.058 2
工程岩组	硬质岩组	0	15	3	7	328	1 210	0	-0.113 3
	软硬相间岩组	5	15	2	7	383	1 210	0.467	0.312 8
	软质岩组	10	15	2	7	499	1 210	0.762 4	-0.084 9
斜坡结构类型	斜向斜坡	2	15	1	7	408	1 210	-0.793 5	-0.724 5
	横向斜坡	10	15	4	7	456	1 210	0.578 3	0.424 1
	逆向斜坡	0	15	2	7	242	1 210	0	0.142 8
	顺向斜坡	3	15	0	7	104	1 210	0.872 7	0

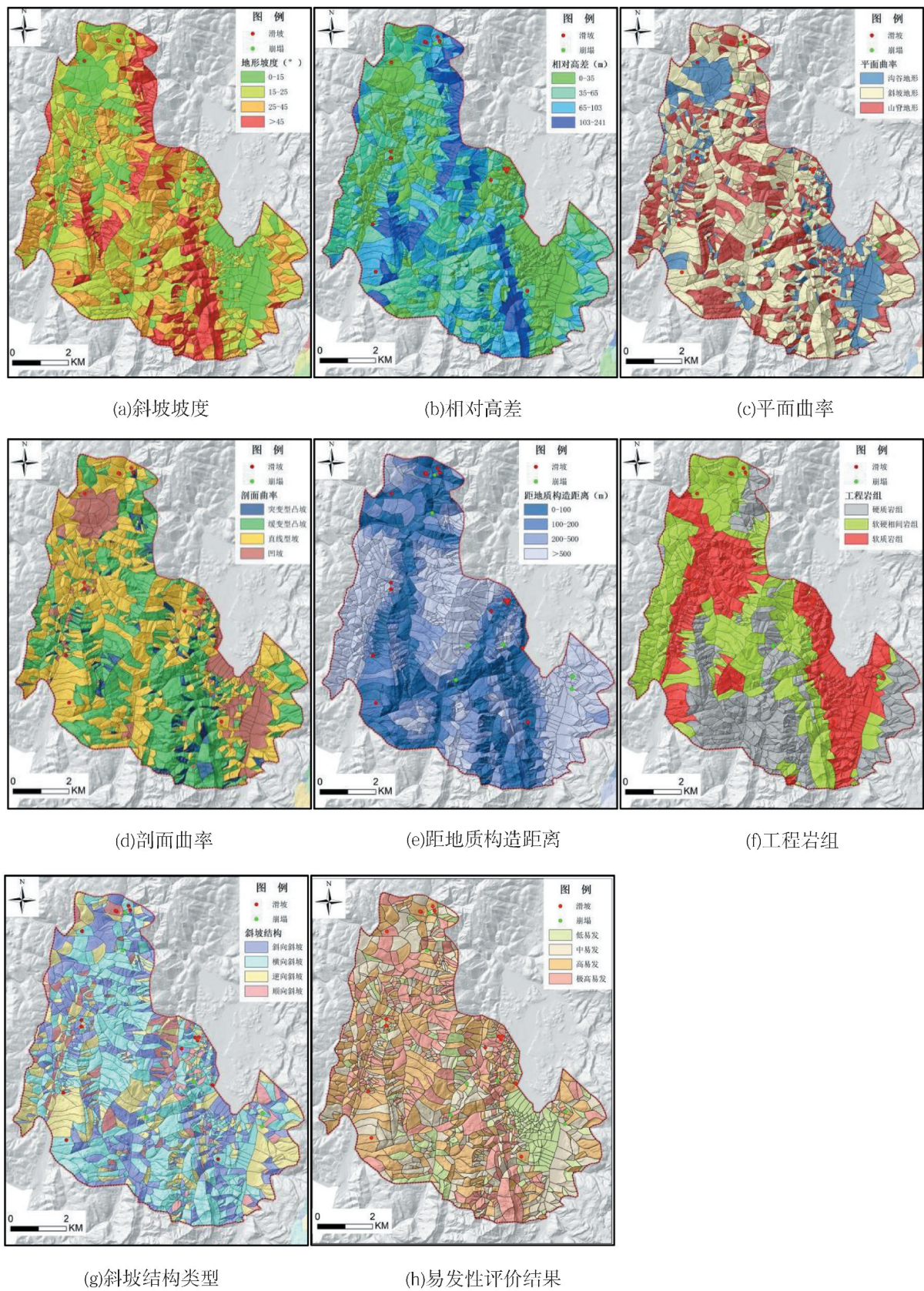


图 3 各评价因子分级结果及易发性评价结果图

Fig. 3 The classification results of each evaluation factor and the evaluation results of susceptibility

3.5 危险性评价方法及过程

在易发性评价的基础上,考虑环境因素、诱发因素和灾害历史因素(环境因素指斜坡单元的易发性因子信息量,诱发因素包括人类工程活动及

50 年一遇降雨,灾害历史因素指已经发生地质灾害的分布密度),根据公式 1 计算其信息量(表 4),信息量叠加后根据大小按自然断点法划分得出极高、高、中、低 4 个危险性等级(图 4)。

表 4 危险性评价因子区间信息量计算

Table 4 Calculation of interval information content of risk assessment factor

因子类型	因子区间	样本数量		斜坡单元		因子区间信息量
		NJ	N	SJ	S	
历史灾害密度 (已发生)	低	1	22	157	1 210	-1.050 8
	中	6	22	400	1 210	-0.190 6
	高	12	22	290	1 210	0.821 0
	极高	3	22	363	1 210	-0.788 5
人类工程活动	0~100	3	22	96	1 210	1.588 1
	100~200	17	22	621	1 210	0.347 7
	200~500	2	22	371	1 210	-1.268 6
	>500	0	22	122	121 0	0.000 0
50 年一遇年均降雨量	低	11	22	286	1 210	0.634 3
	中	6	22	430	1 210	-0.112 3
	高	4	22	326	1 210	-0.436 1
	极高	1	22	168	1 210	-1.184 1

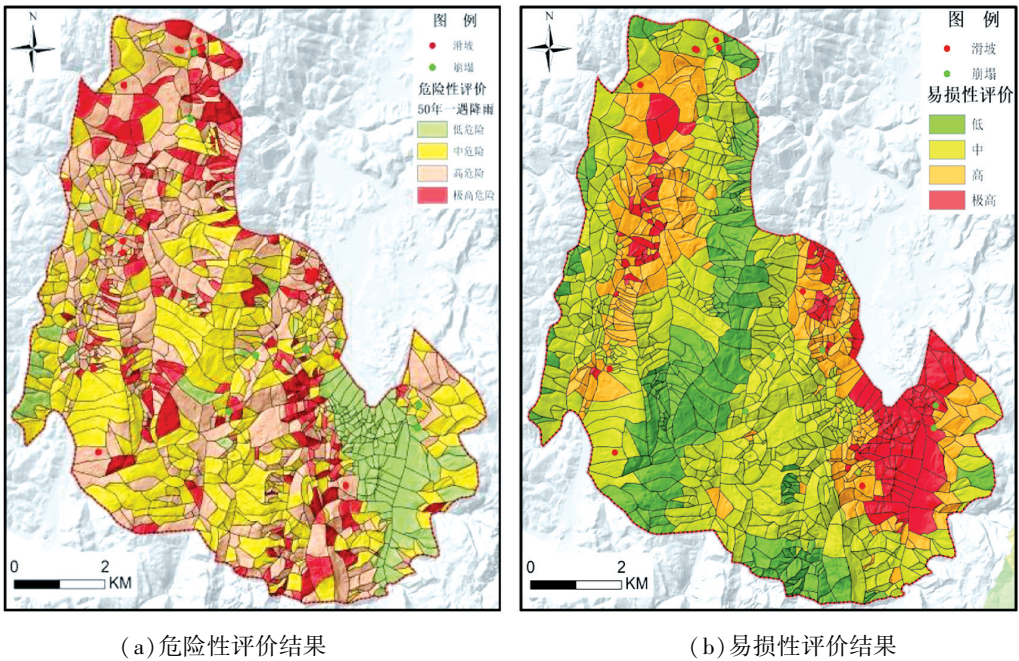


图 4 危险性易损性评价结果图

Fig. 4 The result of risk and vulnerability assessment

3.6 易损性评价方法及过程

根据实地调查获取的承灾体数据(人口及财产)及三调数据等,以斜坡单元为评价对象,同时体现以人为本的根本原则,将人口和财产易损性权重系数分别取 0.7 和 0.3 进行叠加,得到所在

斜坡地质灾害易损性评价结果图(图 4)。

4 风险评价结果

按照危险性、易损性与地质灾害风险等级的对应关系(表 5)(冷洋洋等,2021),得到研究区

地质灾害风险评价结果(图 5),确定风险斜坡等级为极高、高、中、低四个等级,其分布数量及区间占比详见表 6。其中极高风险区分布地质灾害点 6 处,高风险区分布地质灾害点 14 处,中风险区分布地质灾害点 2 处,低风险区无地质灾害点分布,评价结果与研究区实际情况较为符合,表明风险评价结果较为合理。

表 5 地质灾害风险等级与危险性、易损性对应矩阵表

Table 5 Correspondence matrix of geological disaster risk level,risk and vulnerability

危险性 易损性 风险等级				
	极高	高	中	低
极高	极高	极高	高	中
高	极高	高	中	中
中	高	高	中	低
低	中	中	低	低

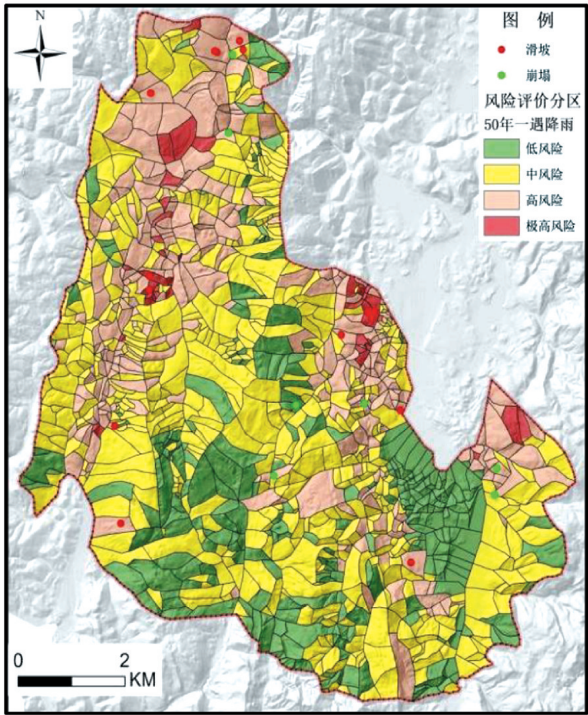


图 5 研究区风险评价结果

Fig. 5 Results of risk assessment in the study area

表 6 研究区斜坡单元风险评价等级统计表

Table 6 Statistical table of risk assessment grades of slope units in the study area

风险等级	极高风险	高风险	中风险	低风险	合计
斜坡数量(个)	42	308	580	280	1 210
百分比(%)	3.47	25.45	47.93	23.14	100.00

5 结论

(1)利用 GIS 波段集功能及定性分析对易发性评价因子进行了筛选及权重赋值,针对宝山盘江重点区的地质灾害发育分布特征及规律,建立

了一套评价指标体系,尽可能的减少了评价因子间的相互干扰,保证了评价结果的科学性合理性;

(2)基于 DEM 划分了 1210 处斜坡单元,选用斜坡单元进行评价,能够保证成灾过程的完整性,又便于开展监测工作;其评价结果中极高风险斜坡 42 处,高风险斜坡 308 处,中风险斜坡 580 处,低风险

险斜坡 280 处,分别占比 3.47%、25.45%、47.93% 及 23.14%,极高风险区分布地质灾害点 6 处,高风险区分布地质灾害点 14 处,中风险区分布地质灾害点 2 处,低风险区无地质灾害点分布,通过对比评价结果与研究区实际情况,表明风险评价结果较为合理,信息量模型可以应用于山地斜坡地质灾害风险评价,同时评价结果为下一步指导地质灾害防治工作提供了重要的信息及依据。

[参考文献]

- 常亚婷,刘征宇,向刚,等. 2021. 信息量模型在区域地质灾害危险性评价中的应用[J]. 贵州地质,38(04):430-436.
- 邓辉,何政伟,陈晔,等. 2014. 信息量模型在山地环境地质灾害危险性评价中的应用——以四川泸定县为例[J]. 自然灾害学报,23(02):67-76.
- 宫清华,黄光庆,张冬良,等. 2017. 基于斜坡单元的浅层滑坡风险区划——以华南松岗河小流域为例[J]. 安全与环境学报,17(2):615-620.
- 江攀和,张明思,彭杨,等. 2022. 贵州省贵定县地质灾害详细调查及风险评价报告[R]. 遵义:贵州省地矿局 102 地质大队.
- 冷洋洋,魏伦武,赖琪毅. 2021. 贵州山区地质灾害危险源识别方法——以盘州市盘关镇重点区为例[J]. 贵州地质,38(03):326-333+350.
- 冷洋洋,党杰,杨亮,等. 2021. 贵州省县(市、区)地质灾害详细调查及风险评价技术要求(试行)[R]. 贵阳:贵州省自然资源厅.
- 孙冉,王成都,夏哲兵,等. 2015. 基于 AHP-信息量法的费县地质灾害风险评价[J]. 环境科学与技术,(S1):430-435.
- 向喜琼,黄润秋. 2000. 地质灾害风险评价与风险管理[J]. 地质灾害与环境保护,11(1):38-41.
- 田述军,张珊珊,唐青松,等. 2019. 基于不同评价单元的滑坡易发性评价对比研究[J]. 自然灾害学报,2019,28(06):137-145.
- 许强,张一凡,陈伟. 2010. 西南山区城镇地质灾害易损性评价方法——以四川省丹巴县城为例[J]. 地质通报,29(5):729-738.
- 易靖松,张勇,石胜伟,等. 2018. 基于斜坡单元的山区城镇地质灾害风险快速评价研究——以江口镇为例[J]. 探矿工程:岩土钻掘工程,45(8):72-78.
- 甄艳,鲁小丫,蒲慧龙,等. 2016. 都江堰虹口乡地质灾害风险评价[J]. 测绘科学,41(11):66-71+97.
- 张曦,陈丽霞,徐勇,等. 2018. 两种斜坡单元划分方法对滑坡灾害易发性评价的对比研究[J]. 安全与环境工程,25(01):12-17+50.

Application of Information Quantity Model in Risk Assessment of Geological Hazards in Mountain Slopes

——Taking the Key Area of Panjiang in Baoshan, Guiding County as an example

JIANG Pan-he, ZHANG Ming-si, LIANG Jin-song, CHEN Lei

(102 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Zunyi, 563000, Guizhou, China)

[Abstract] In order to quickly identify the risky slopes and potential geological hazards in the wild, the information model is used to carry out the geological hazard risk assessment in the key areas from Baoshan to Panjiang in Guiding County based on the slope unit, and the correlation between the distribution of geological hazards and the risky slopes is analyzed. The results show that: 1. In the risk assessment results, there are 42 extremely high-risk slopes, 308 high-risk slopes, 580 medium-risk slopes, and 280 low-risk slopes, accounting for 3.47%, 25.45%, 47.93%, and 23.14%, respectively. 2. Geological hazards are mainly distributed in extremely high and high-risk slopes, and no geological hazards are distributed in low-risk slopes. 3. By comparing the evaluation results with the actual situation in the study area, it shows that the risk evaluation results are reasonable, and the information model can be applied to mountain slope geological disaster risk assessment, and the assessment results provide important information and accordance for the prevention and control of geological disasters in the next step.

[Key Words] Risk assessment; Risk slope; Slope unit; Geological hazard; Information model; Guizhou