

# 信息量模型在区域地质灾害危险性评价中的应用

常亚婷,刘征宇,向刚,付明宏

(贵州省地质矿产勘查开发局一〇四地质大队,贵州 都匀 558000)

**[摘要]**为了能够在地质灾害发生前对其进行预测,从而有预见性地采取相应的防治措施,以减少人员财产损失。以福泉市为例,采用 ArcGis 软件结合信息量模型的方法对通过分析地质灾害影响因素进行地质灾害危险性评价,利用地形条件、地层岩性、地质构造、气象水文以及人类工程活动等因素,建立区域地质灾害危险性评价指标体系。评价结果表明:极高危险区、高危险区、中危险区、低危险分别占比 10.8%、28.4%、25.8%、35.0%。此外,利用 ROC 曲线对本次评价精度进行验证,结果表明评价精度较高为 75.5%,评价结果可为福泉市地质灾害防治提供参考和依据。

**[关键词]** ArcGIS;信息量模型;危险性评价;指标体系;ROC 曲线

**[中图分类号]** P694 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2021)04-0430-07

## 1 引言

地质灾害是一种人与自然环境之间的相互作用,指在自然或者人为因素影响下,对人类生命财产造成损失、对环境造成破坏的地质作用或者地质现象(殷跃平,2008)、(章诗芳等,2017)。分析诱发因素和孕灾条件是研究地质灾害的基础,地质灾害危险性评价是以地质灾害孕灾条件与诱发因素为基础开展的一项重要工作。

地质灾害危险性评价方法通常有三种,分别是定性方法、定量方法以及介于两者之间的半定量方法(范强等,2015b)。定性方法主要表现为专家和地质学家的主观判定,对人的要求极高,通常需要经验丰富的专家意见;定量评价方法主要有信息量法(高治群,2010)、逻辑回归法(陈朝亮等,2019)、证据权模型法(范强等,2015a)、多元回归分析(兰恒星,2002)等方法;半定量方法主要在定性方法的基础上考虑了影响因子的权重。近些年来,GIS 技术以其独有的空间分析、数据处理

以及结合多种数学模型等强大功能被广大学者所接受并广泛应用于地质灾害危险性评价中,在众多模型中,信息量以其操作简单、实用、客观性强等优点使得其在地质灾害危险性评价中能够取得比较好的评价效果(张晓东,2018)。尤其适用于中小比例尺区域中。

地质灾害危险性评价前人早有研究,杨荣康等采用两级模糊数学综合评判法对安顺规划区岩溶塌陷进行了危险性评价(杨荣康等,2017);党杰等人基于 GIS 技术,通过对影响崩塌灾害发生的各因素进行叠加综合,来分析出灾害的易发性、危险性和易损性,为鱼洞河地质灾害预防提供参考(党杰等,2013);金帅采用信息量模型和 Logistics 模型进行耦合的方法来对宜宾市地质灾害进行危险性评价等(金帅,2021)。尽管前人利用多种方法对地质灾害危险性进行了评价,但是均没有把 GIS 和信息量模型完美结合起来,本次评价采用 GIS 与信息量模型相结合的方法来对福泉市地质灾害进行危险性评价,为地质灾害防治提供参考和依据。

**[收稿日期]** 2021-03-30 **[修回日期]** 2021-08-12

**[作者简介]** 常亚婷(1993—),女,硕士,助理工程师,主要从事水工环地质工作。E-mail:1713701826@qq.com。

福泉市地质灾害频发,规模以中小型为主,近20年来,各类地质灾害已造成超过30人死亡,直接经济损失达5 000万元以上,现存地质灾害隐患点威胁人口1 200多人,威胁财产达23亿元,因此,本文基于福泉市基础调查数据,采用信息量模型,结合GIS技术对福泉市进行地质灾害危险性评价。

## 2 研究区概况

福泉市位于扬子准地台黔北台隆遵义断拱贵阳复杂构造变形区与黔南台陷贵定南北向构造变形区交接部(曾牡丹等,2017),地势北西高,南东低,岩溶地貌发育,区内出露地层除白垩系、侏罗系与石炭系缺失外,其余地层均有出露,寒武系地层分布最广。整个区域岩性呈以碳酸岩为主,碎屑岩

为辅的特征,部分地区分布有少数变质岩。研究区地质灾害类型主要有崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、不稳定边坡5种类型,为了使得评价结果更加合理,本次危险性评价选取滑坡、崩塌以及不稳定斜坡三种类型共107处灾害点作为评价样本。

研究区降雨主要集中在5-10月份,根据调查结果显示,降雨时间与地质灾害集中发生时间基本吻合,地质灾害在空间上表现为各个乡镇均有分布,但分布密度差异性较大,主要集中在北部的道坪镇以及南部的马场坪街道办事处和凤山镇,研究区地质灾害分布图如图1,地质灾害点分布范围遍及整个区域,整体呈现南部多于北部,中部的特点;从地层上来看,地质灾害主要分布于软硬相间类工程地质岩组,从人类活动范围来看,地质灾害点主要位于人类工程活动强烈区域。

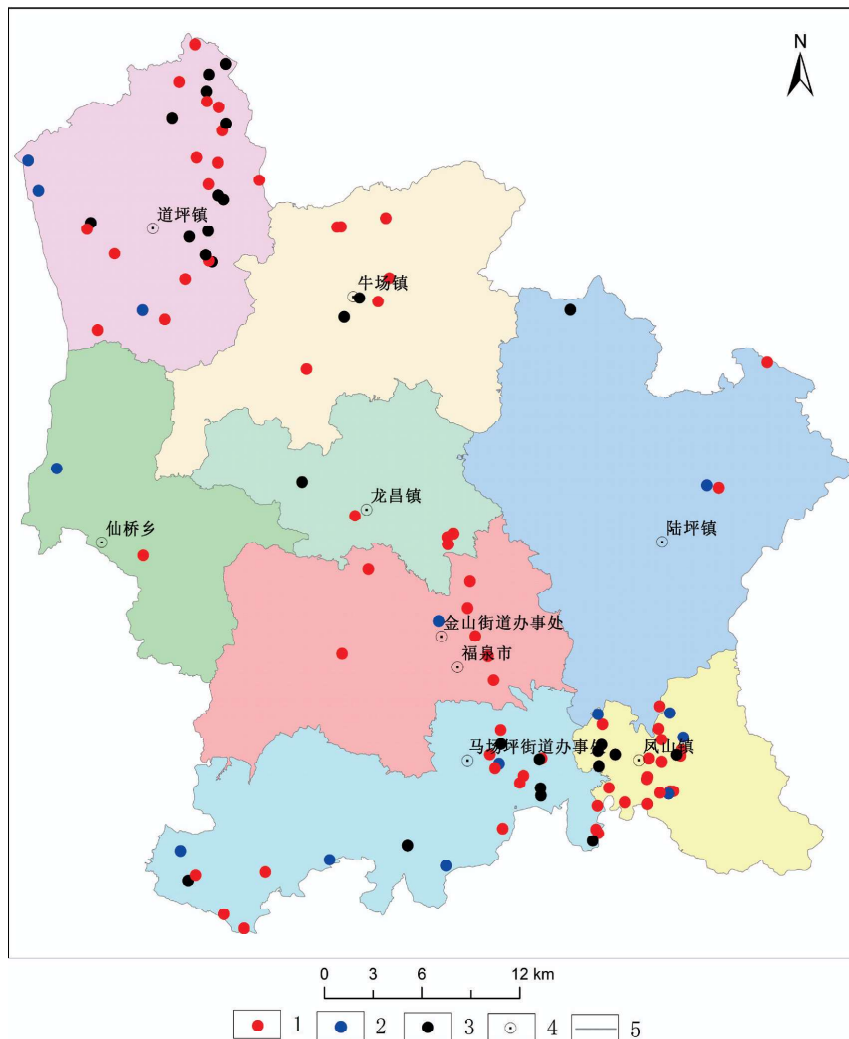


图1 研究区地质灾害分布图

Fig. 1 Distribution of geological disaster in the study area

1—滑坡;2—崩塌;3—不稳定斜坡;4—乡(镇)政府驻地;5—乡(镇)界限

### 3 信息量模型原理

信息量法模型是从信息理论中引出的一种统计预测方法,主要是通过把各影响因子量化、叠加、分析的一个过程,地质灾害的影响因子较多,不同因子影响性质及大小程度均不一样,信息量模型根据已有的灾害信息,将不同因子影响信息转化为信息量值,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。信息量计算公式如下(许强等,2010)

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

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

公式中  $I_{A_j-B}$  是对应因素 A<sub>j</sub> 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<sub>j</sub> 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<sub>j</sub> 状态(或区间)分布的单元数; S 为调查区单元总数。

### 4 地质灾害危险性评价

#### 4.1 评价因子选取

环境因素(内因)和诱发因素(外因)是影响地质灾害发生的主要因素,其中环境因素是指形成地质灾害的地质条件,包括地形地貌、地层岩性、地质构造等;诱发因素指的是诱发和加剧地质灾害的外在因素,包括降雨、人类工程活动等条件。本次研究在前人大量研究成果基础上选取高差、坡度、坡向、植被类型、斜坡结构、地层、河流、构造、降雨、灾害密度、人类工程活动、人口密度、财产密度等 13 个评价因子进行地质灾害危险性评价。本次地质灾害危险性评价数字高程模型 DEM 来源于地理空间数据云网站,精度为 30 m×30 m 栅格数据,评价单元为栅格单元,地质灾害点类型来源于实地调查,共划分评价单元 1856396 个,评价因子等级划分指标依据来源于对福泉市的地质灾害孕灾条件及威胁对象的详细调查。

#### 4.2 信息量值计算

利用 ArcGIS 结合信息量法对福泉市地质灾

害进行风险评价,得到各个评价因子分级图(图 2),需要说明的是分级评价因子对应的地质灾害点数并不能作为衡量信息量值大小的依据,其还与评价因子所占面积的大小也有关系。利用公式 2 进行信息量值计算,信息量计算结果见表 1。

### 5 地质灾害危险性评价

#### 5.1 评价结果

对研究区进行地质灾害危险性评价,将表 1 中得到的信息量值赋予各评价因子各评价单元,然后利用 ArcGIS 中栅格计算器对其进行叠加,最后对叠加结果采用自然断点法将其分为四个区间,分别是极高危险区、高危险区、中危险区、低危险区(图 3),各区间占比 10.8%、28.4%、25.8%、35%,极高危险区和高危险区总共占全市面积的 39.2%,主要分布在研究区北部和南部,呈带状分布,与福泉市的地质灾害分布情况相符,表明评价结果真实可靠。

#### 5.2 精度评价

ROC 曲线能简单、直观地反应所用分析方法特异性和敏感性的关系,准确性较高,因而被广泛应用于区域地质灾害危险性评价的精度验证(向喜琼等,2000)。ROC 曲线下的面积 AUC(0-1)能很好的指示危险性分区结果的精确程度,以 0.5 为界限,小于 0.5 则说明结果不理想,随机拟合的成分多,大于 0.5 则说明该分区结果是有效可靠的。图 4 为研究区 ROC 曲线图,横坐标表示地质灾害危险性由极高到低的分区面积累计占比,纵坐标表示灾害数量累计占比,本次评价结果 ROC 曲线面积 AUC = 0.755,即评价精度为 75.5%,说明本次危险性评价分区合理。

### 6 结论

(1)福泉市地质灾害发育,本次研究经过筛选后选取 107 个地质灾害点作为评价样本,并选取高差、坡度、坡向、植被类型、斜坡结构、地层、河流、构造、降雨、灾害密度、人类工程活动、人口密度、财产密度 13 个评价因子,采用信息量模型对其进行地质灾害危险性评价。

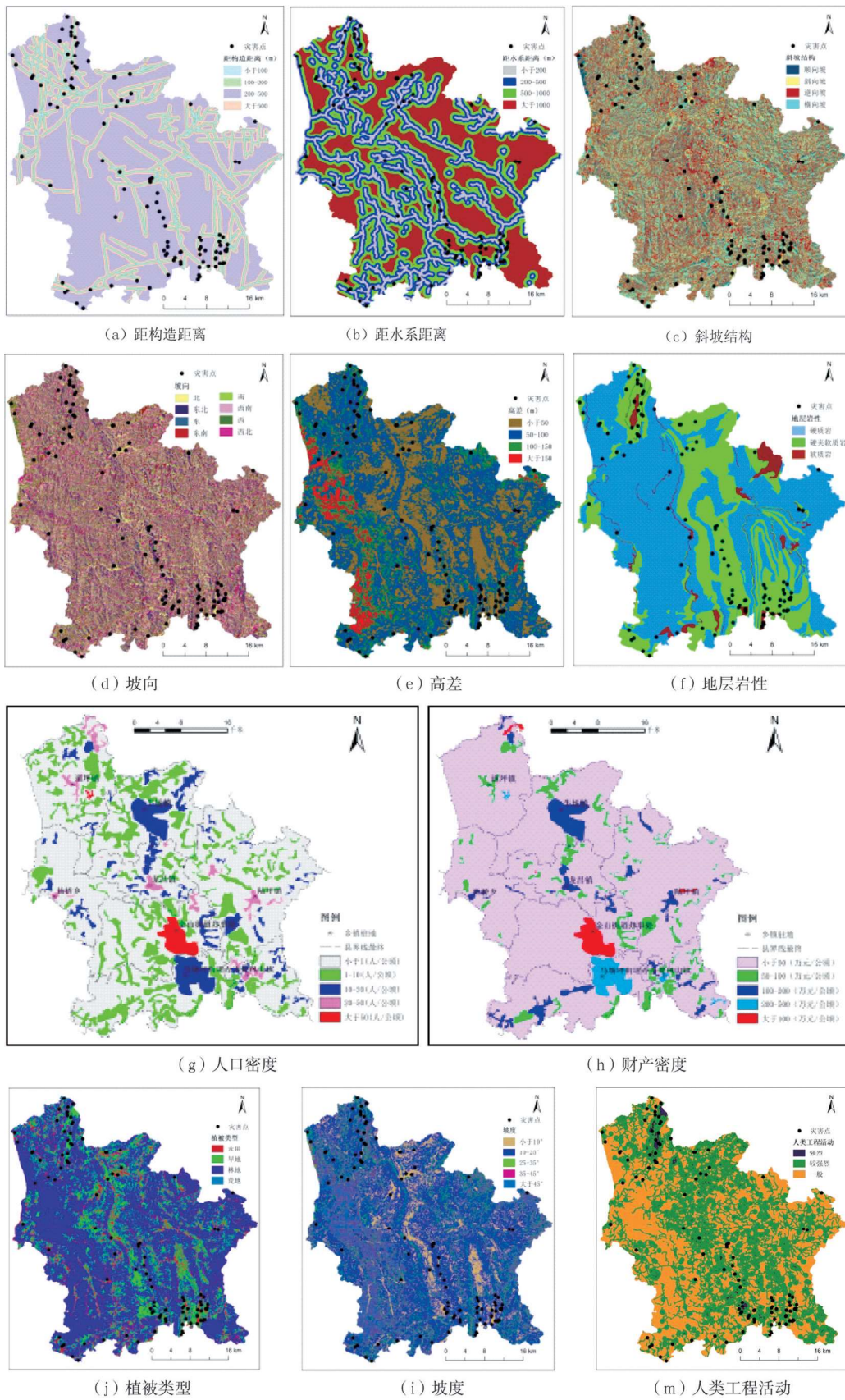


图 2 评价因子分级结果(a-m)

Fig. 2 Classification results of evaluation factors (a-m)

表1 评价因子信息量值

Table 1 Information value of evaluation factors

评价因子	因子分级	灾害个数	栅格数量	信息量值	评价因子	因子分级	灾害个数	栅格数量	信息量值
高差	小于 50	32	608 692	-0.092 0	人类工程活动	强烈	8	356 11	1.360 3
	50~100	56	911 900	0.063 3		较强烈	89	101 538 0	0.419 1
	100~150	16	256 231	0.080 0		一般	10	805 404	-1.535 1
	大于 150	3	795 73	-0.424 5	距河流距离	小于 200 m	39	321 726	-1.254 7
坡度	小于 10°	18	421 874	-0.300 7		200~500 m	34	400 775	0.228 8
	10°~25°	53	759 159	0.191 6		500~1 000 m	17	520 640	1.976 0
	25°~35°	19	343 246	-0.040 4		大于 1 000 m	17	613 254	0.743 4
	35°~45°	10	214 149	-0.210 5	距构造距离	小于 100 m	11	183 545	0.386 5
	大于 45°	7	117 967	0.029 1		100~200 m	10	168 852	-0.568 2
降雨	小于 105 0	9	256 981	1.492 3		200~500 m	33	415 607	1.489 7
	105 0~115 0	6	313 307	0.556 6	大于 500 m	53	108 839 2	1.047 9	
	115 0~125 0	31	458 662	-0.091 8	灾害密度	小于 0.02	4	804 797	-2.450
	125 0~135 0	31	589 562	0.159 2		0.02~0.1	37	765 196	-0.175 6
	135 0~145 0	20	198 874	-1.101 8		0.1~0.15	12	120 521	0.546 6
	大于 145 0	10	390 09	-0.498 2		0.15~0.20	21	867 37	1.435 2
地层	硬质岩	18	116 008 9	-1.312 3		0.20~0.25	11	287 79	1.891 8
	硬夹软	79	622 611	0.789 0	0.25~0.30	6	229 61	1.511 5	
	软质岩	10	736 96	0.856 1	大于 0.30	16	274 05	2.315 4	
植被类型	水田	0.01	149 859	-1.233 2	坡向	北	18	296 308	-0.198 8
	旱地	74	513 614	0.916 2		东北	11	226 708	-0.172 2
	林地	33	118 760 7	-0.729 6		东	14	209 734	0.215 8
	荒地	0.01	531 5	-1.156 9		东南	11	227 255	-0.174 6
斜坡结构	顺向坡	21	331 516	0.094 4		南	15	264 420	0.109 3
	斜向坡	36	613 921	0.017 2		西南	11	226 042	0.140 9
	逆向坡	35	624 714	-0.028 4		西	17	200 927	0.189 7
	横向破	15	286 245	-0.095 2		西北	15	205 003	-0.166 9
人口密度	小于 1	27	180 385 9	-0.500 5	财产密度	小于 50	48	182 485 9	-0.699 7
	1~10	49	342 76	-0.256 7		50~100	25	141 76	-0.348 5
	10~20	10	999 5	1.478 5		100~200	16	699 5	1.078 5
	20~50	16	328 7	1.678 9		200~500	13	524 2	1.174 5
	大于 50	5	497 9	2.432 5		大于 100	5	512 4	2.218 9

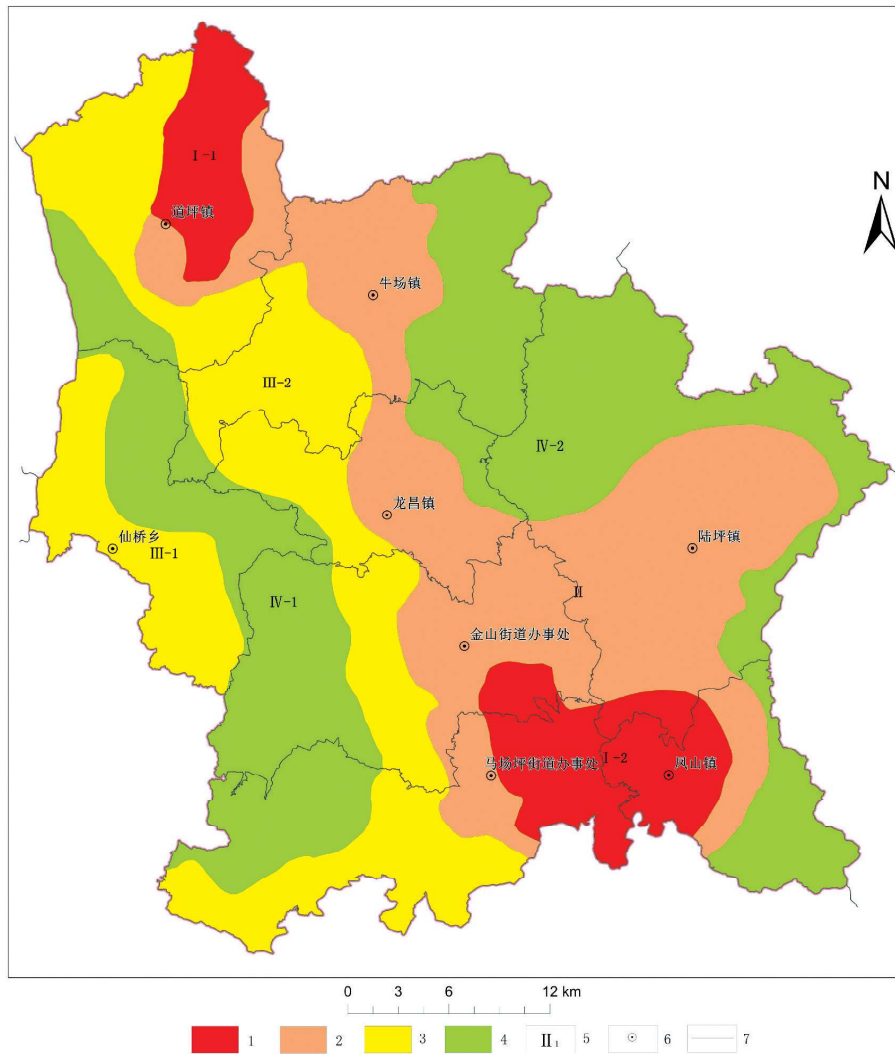


图 3 地质灾害危险评价图

Fig. 3 Evaluation of geological disaster hazard

1—极高危险区;2—高危险区;3—中危险区;4—低危险区;5—危险区编号;6—乡(镇)政府驻地;7—乡(镇)界限

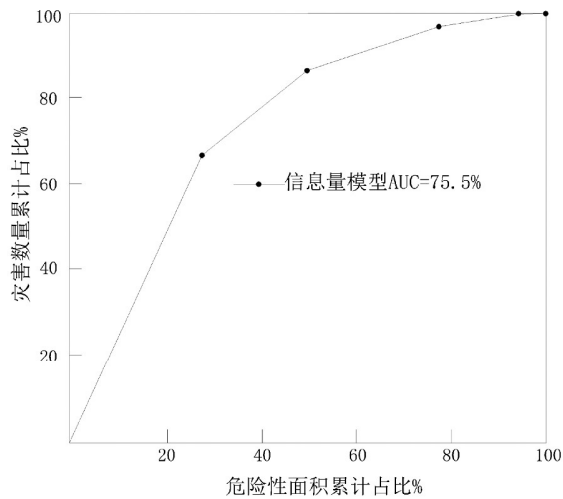


图 4 研究区 ROC 曲线图

Fig. 4 ROC curve of the study area

(2)采用自然断点法将评级结果划分为四个危险区,分别是极高危险区、高危险区、中危险区以及低危险区。其中极高危险区占比 10.8%、高危险区占比 28.4%、中危险区占比 25.8%、低危险区占比 35%。

(3)经过本次评价发现地质灾害在空间分布上具有一定规律。从地形地貌来看,地质灾害主要发生在高差 100 m 以下,坡度 0°~25°;从地层岩性来看,主要集中在软硬相间岩组中;从构造、水系来看,主要集中在距离构造大于 500 m,距离河流小于 500 m 范围内;从斜坡结构来看,主要分布在顺向坡、逆向坡以及斜向破分布地区,从诱发因素来分析发现地质灾害主要集中在降雨强烈区以及人类工程活动较强烈区(人类工程活动强烈区已治理)。

(4)利用 ROC 曲线对研究区地质灾害危险性分区结果精度进行评价,评价精度 AUC = 75.5%,说明本次危险性分区合理,能够很好的为福泉市防灾减灾提供依据和参考。

[参考文献]

陈朝亮,张文君,钱静,等. 2019. 基于改进 Logistic 回归模型在地质灾害评价中的应用[J]. 环境科学与技术, 42(04): 194-199.  
 党杰,杨麒麟. 2013. 基于 GIS 技术的贵州省凯里市鱼洞崩塌灾害风险评估[J]. 贵州地质, 30(04): 315-319.

范强,巨能攀,向喜琼,等. 2015a. 证据权法在滑坡易发性分区中的应用[J]. 灾害学, 30(1): 124-129.  
 范强,巨能攀,向喜琼,等. 2015b. 基于结果验证的信息量法地质灾害易发性评价—以贵州省开阳县为例[J]. 人民长江, 46(15): 65-68.  
 高治群,薛传东,尹飞,等. 2010. 基于 GIS 的信息量法及其地质灾害易发性评价应用:以滇中晋宁县为例[J]. 地质与勘探, 46(6): 1112-1118.  
 金帅. 2021. 基于耦合模型的地质灾害易发性分区——以宜宾市为例[J]. 科技创新与应用, 2021(10): 1-6.  
 兰恒星,伍法权,王思敬. 2002. 基于 GIS 的滑坡 CF 多元回归模型及其应用[J]. 山地学报, 20(6): 732-737.  
 向喜琼,黄润秋. 2000. 基于 GIS 的人工神经网络模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000(3): 26-30.  
 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.  
 殷跃平. 2008. 汶川八级地震地质灾害研究[C]//中国科学技术协会 2008 防灾减灾论坛特邀报告.  
 杨荣康,杨元丽,蒋镇涛,等. 2017. 基于两级模糊数学综合评判法的岩溶塌陷危险性评价——以安顺市中心城市规划区为例[J]. 贵州地质, 34(02): 109-115.  
 章诗芳,王玉芬,贾蓓,等. 2017. 中国 2005-2016 年地质灾害的时空变化及影响因素分析[J]. 地球信息科学学报, 19(12): 1567-1574.  
 曾牡丹,向刚. 2017. 贵州福泉市大湾磷矿区水文地质特征[J]. 四川地质学报, 37(3): 478-479.  
 张晓东. 2018. 基于遥感和 GIS 的宁夏盐池县地质灾害风险评价研究[D]. 北京: 中国地质大学.

## The Application of Information Value Model in Regional Geological Hazard Risk Assessment

CHANG Ya-ting, LIU Zheng-yu, XIANG Gang, FU Ming-hong

(104 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology & Mineral Exploration and Development, Duyun 558000, Guizhou, China)

[Abstract] In order to predict geological disasters in advance, so as to take the corresponding preventive measures to reduce the loss of human property. Taking Fuquan City as an example the paper used ArcGIS combined with the Information Value model to evaluate the risk of geological disasters by analyzed the factors affected by geological disasters, and established a regional geological hazard risk evaluation index system by using factors such as topography conditions, stratigraphy, geological structure, meteorological and hydrological and human. engineering activities. The evaluation results showed that the proportion of very high danger zone, high danger zone, medium danger zone and low danger ,they are 10.8%, 28.4%, 25.8% and 35.0%, respectively. In addition, used the ROC curve to verify the accuracy of this evaluation, and and the results show that evaluation accuracy is 75.5%, and the evaluation results can provide reference and basis for the prevention and control of geological disasters in Fuquan city.

[Key Words] ArcGIS; Information Value model; Risk assessment; index system; ROC curve