

九寨沟地质灾害预测的空间分析模型

辜寄蓉¹ 范晓² 彭东²

(1.成都理工大学沉积地质研究所,四川 成都 610059 2.四川省地矿局区域地质调查队,四川 双流 610213)

摘要 九寨沟是世界自然遗产,由于其活跃的新构造背景条件,因此是地质灾害的高发区。此次研究,应用了地理信息系统的空间分析工具,提取模型因子,采用模糊综合评价方法,建立九寨沟地区的地质灾害预测空间分析模型,划分地质灾害等级,对九寨沟地区的灾害进行预测,取得较好的效果。

关键词 地理信息系统 地质灾害预测 空间分析模型 模糊综合评价 九寨沟

中图分类号 :P694 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-3657(2002)01-0109-04

1 九寨沟地质灾害背景

九寨沟为世界自然遗产区及国家级风景名胜区、国家级自然保护区,位于阿坝藏族羌族自治州松潘、九寨沟(原南坪)两县境内,地处青藏高原和四川盆地接合部位,特殊的地质构造和自然地理条件,塑造了规模宏大、造型独特的高寒岩溶地貌和湖泊峡谷风光。

九寨沟西南侧是青藏高原东部的川西高原,它是晚新生代以来因该区地壳大幅度整体隆升而形成,景区所在高原边缘的岷山高山峡谷区的新构造块断运动强烈,形成了北西西向、北北东向的活动断裂网络,以及由南西向北东逐渐降低的阶梯状断块。九寨沟景区周边还有龙门山、雪山梁山、岷江、荷叶等多条著名的活动性大断裂带围绕。由于上述背景条件,九寨沟在形成迷人的自然风光的同时,也成为地质灾害多发地区。因此,进行地质灾害的预测和防治,就成为九寨沟景区一项迫切和重要的任务。本项研究是配合该区1:5万区域地质调查进行的科研课题之一。

九寨沟风景区主要的地质灾害类型有:滑坡、崩塌、泥石流和地震。上述地质灾害在九寨沟形成的主要条件因子包括:(1)景区内谷深坡陡,边坡坡角大,且沿沟有较大面积的历史砍伐区,原生植被遭受破坏;(2)地层褶皱强烈,发育有陡倾斜构造面的基岩临空区;(3)人为因素造成边坡稳定性失衡地带,主

要是修建公路时,公路沿线挖掘形成的边坡陡坎,一般高5~30 m,最高可达50 m,坡度达80°左右,甚至近于直立,有的形成凹岩腔;(4)九寨沟景区降水的年内分配极不均衡,85%以上集中在5~9月的雨季,此期间多暴雨、大雨,也容易因降水沿孔隙和裂隙在短期内大量渗入岩土体内,使岩土失稳,诱导滑坡、泥石流等灾害发生;(5)海拔3 800 m以上多为基岩裸露的石山,高山寒冻物理风化作用强烈,加上古冰川作用,积聚了大量的松散碎屑物质,为灾害体的形成提供了物源。

景区内地震发生频繁,为构造地震。据阿坝州地震监测中心的历史观测资料,20世纪50年代以来,震中在景区内的地震有51处,震级小于4级。另据历史记载和现代观测,17世纪以来,九寨沟景区周边大于6级的强震达11次之多,震源深度在12~15 km。这些地震活动,对诱发九寨沟景区内的地质灾害也有重要影响。

2 九寨沟地质灾害模型的建立

2.1 模糊综合评价的理论与方法

地质灾害是在自然因素和人为因素共同作用下形成的一种复杂的综合体,受时间、空间等因素的制约。在现阶段,这些制约因素的作用还难以用精确的数字表达。因此,提出用模糊评价方法,来评定地质灾害等级是适合的。

美国控制论专家L.A.查德(Zaden)于1965年首先提出了“模糊集合”的概念,把模糊概念用数学方法描述,从而创立了模糊数学。模糊数学是研究和处理模糊体系规律性的理论和方法,把普通集合论只取0或1两个值的特征函数,推广到[0,1]区间上取值的隶属函数,把绝对的属于或不属于的“非此即彼”扩展为更为灵活的渐变关系,因而把“亦此亦彼”中介过渡的模糊概念用数学方法处理。该方法称为“模糊集合综合评价法”^[1-3]。

方法介绍如下:

设对某一类对象(地质灾害)进行等级评定,作为考虑的着眼点,有P个评价因素 F_1, F_2, Λ, F_p ,每一个评价因素都有一个离散化的状态集,记为 V_1, V_2, Λ, V_p ,其中 $V_i = \{V_{i2}, \Lambda, V_{im}\} (i=1, 2, \Lambda, p)$ 。例如, F_1 =坡度,它所对应的状态集为

$$V_1 = \{V_{11}, V_{12}, V_{13}\}$$
$$= \{<50, 50-33, <33\}$$

又如, F_3 =地层,它所对应的状态集为

$$V_3 = \{V_{31}, V_{32}, V_{33}\}$$
$$= \{Cm^1, Pds^1, \text{其他}\} \text{ (注意: } V_{ij} \text{ 不一定是数量)}$$

假定,每一个评价因素状态集 V_i 都是一个全序集,且满足

$$V_{i1} > V_{i2} > \Lambda > V_{im}$$

在实际应用时,要求这里所定义的序关系具有这样的含义:设 O_1 与 O_2 是两个被识别的评价对象,从因素 F_i 着眼, O_1 处于状态 V_{ij1} , O_2 处于状态 V_{ij2} ,如果 $V_{ij1} > V_{ij2}$,那就意味着 O_1 优于 O_2 (仅就因素 F_i 而言)。

用 $V_i(o)$ 表示评价对象 O 在评价因素 F_i 方面所处的状态,每一个对象 O 都可以被向量 $(V_{1(o)}, V_{2(o)}, \Lambda, V_{p(o)})$ 所刻画,称为 O 的状态向量。

设 $U = \{O_t, t \in T\}$ (T 为指标集)是被评定的对象集,要求将它们分为 k 个等级,可按如下步骤进行:

①从 U 中选出 k 个对象 O_1, O_2, Λ, O_k ,要求对任意 $1 \leq i \leq p$ 的,都有

$$V_i(O_1) > V_i(O_2) > \Lambda > V_i(O_k)$$

称 O_1, O_2, Λ, O_k 为参考对象(或典型对象),称它们的状态向量为参考向量。

②评定等级,就是要区分地质灾害的强烈程度。但是这种“强”、“弱”具有一定的模糊性(Fuzzy)。因此它是论域上的一个Fuzzy子集,记作 N 。

$$\text{对每一个评价单元 } O, N = \sum_{i=1}^p F_i$$

表 1 九寨沟景区地质灾害模型因子
Table 1 Geological disaster model factors in the Jiuzhaigou scenic area

灾害因子	灾 害 因 子 得 分
坡度(F_1)	$\leq 33^\circ$ - 1 分 $33 \sim 55^\circ$ 1 分 $> 55^\circ$ 2 分
植被覆盖(F_2)	森林覆盖 - 1 分 灌丛覆盖 0 分 裸岩区 1 分
地层(F_3)	Cm^1 、 Pds^1 、 PTt 1 分 其他地层 0 分
断层(F_4)	断层通过处 1 分 非断层通过处 0 分
公路(F_5)	公路沿线 2 分 非公路沿线 0 分
高程	$> 3\ 800m$ 1 分 其他 0 分
地质灾害类型(F_7)	老地震震中 1 分;
	活动性沟谷泥石流 5 分 古泥石流堆积 2 分;
	坡面泥石流 4 分;
	滑坡 3 分;
	倒石堆 5 分;
	崩塌 2 分;
	其他 0 分

该方法应用模糊数学中的概念、理论和方法,可以对带有精确值、区间值和定性语言判断值的地质灾害评价指标进行统一的数值化处理,即,统一定量化,从而对地质灾害程度做出评价。此外,对评价因素和指标的规范统一,可以消除评价指标定性判断及权数专家评议的主观随意性影响,较好考虑到了各个定性和定量评价指标的相互作用和效应。

2.2 评价因子的选取

进行区域地质灾害模型建立时,须选取那些具有区域特色,切实与评价目标和结果密切相关的评价指标。评价指标选取时必须遵循以下原则:(1)稳定性原则;(2)主导性原则;(3)综合性原则。根据上述4种灾害的形成条件及参考相关灾害模型,提取相应的灾害因子。

评价因子属性值的读取,源自于此次工作之前按GIS要求建立起来的九寨沟景区1:5万空间数据库。该数据库分为地理、地质、水文、物化探、环境、旅游六大类共29个图层,包括各图层的图形库及相应的属性数据库。

2.3 评价流程

按照该方法的应用,利用面向对象编程技术和GIS技术^[4-7],地质灾害评价流程图如下。

3 地质灾害模型的GIS实现

3.1 空间分析^[4-7]

在GIS信息系统中包含上面的因子表的每一个因子,目前它们仍是以独立的形式存在的,需要将它们叠加到一起,形成包括所有信息的综合图层,供程

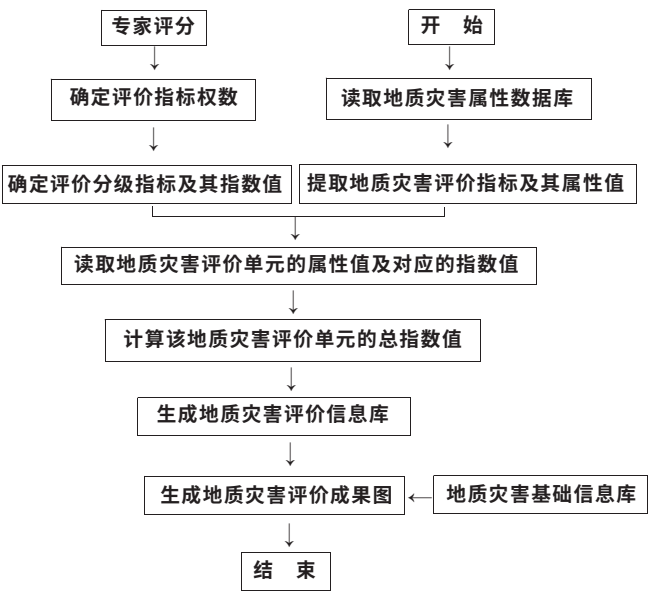


图1 地质灾害评价流程图

Fig. 1 Flow diagram of geological disaster evaluation

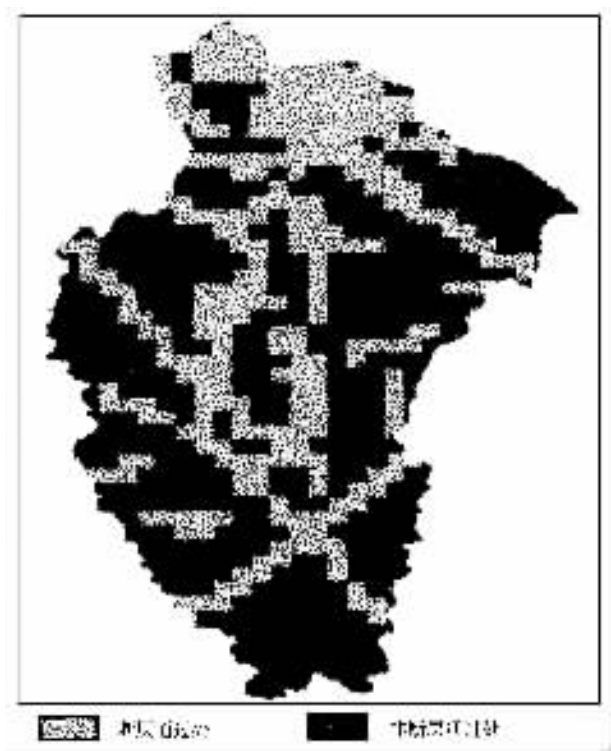


图2 灾害图层—断层

Fig. 2 Disaster layer—fault

序使用。

我们进行图层叠加的基础是 $0.25\times0.25\text{ km}^2$ 覆盖整个研究区域的均匀网格，每个 $0.25\times0.25\text{ km}^2$ 的网格就是我们的评价单元。图2显示的是断层图层与网

格图层叠加以后的情况。
按同样方法将所有单因素的图层都叠加到网格图层上以后,用编制的VB程序进行预测。

3.2 灾害预测

经模型预测,得灾害预测图3,图上颜色从浅到深表示灾害程度从低到高。从预测图3中,我们发现其灾害发育地点过于零散,不能系统地反映九寨沟地区的灾害发育情况,通过实地调查及听取专家意见,我们对灾害因子进行了调整,主要是调整了坡度因子和地层因子,对它们进行了进一步的细分。

表 2 坡度和地层因子调整	
Table 2 Factor adjustment for slope and strata	
坡度因子	坡度因子得分
< 25°	0 分
25 ~ 33°	1 分
33 ~ 50°	2 分
> 50°	3 分
地层因子	地层因子得分
PT ₁	1 分
第四纪地层	2 分
其 他	0 分

采用调整后的因子进行模型预测，得到灾害预测图4。从图4中可以看出：

①灾害高发区集中于公路及河流沿线，这是因
为公路修建以及河流的冲刷造成边坡的天然稳定性降低。



图 3 灾害预测图 1

Fig. 3 Geological disaster forecast 1

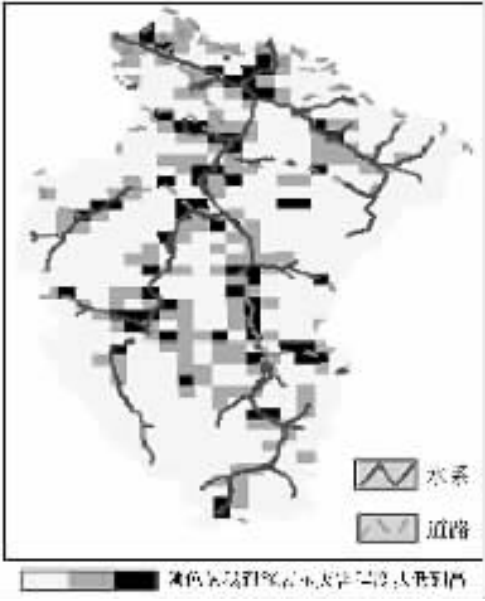


图 4 灾害预测图 2

Fig. 4 Geological disaster forecast 2

②熊猫海、五花海、扎如沟、长海段为灾害多发区域,这为重点防治提供了科学依据。

4 结 论

将模糊综合评价用于地质灾害评价,并采用

GIS方法提取评价因子和进行因子叠加,方法实用有效,最终的预测结果真实可信,为九寨沟世界自然遗产的保护和管理提供了新的思路和方法,达到了预期的效果。

参考文献：

[1] 昌纬.模糊模型识别及其在土地质量评价中的应用[J].数学的实践与认识,1983,(1) 1~8.
[2] 黄崇福,刘新立,等.以历史灾情资料为依据的农业自然灾害风险评估方法[J].自然灾害学报,1998,7(2) 1~9.
[3] 汪晶.风险评价技术的原理与进展[J].环境科学,1998,19(2) : 95~96.
[4] 陈述彭,鲁学军,周成虎.地理信息系统导论[J].北京:科学出版社,1999.
[5] 宫鹏.城市地理信息系统:方法与应用[R].北京:中国海外地理信息系统协会,1996.
[6] 李裕伟.空间技术的发展及其在地球科学中的应用[J].地学前缘,1998,5(1-2) 335~341.
[7] Fell R, Hartford D. Landslide risk management[A].In : Cruden D M, Fell R, eds. Landslide Risk assessment, Proceedings, Int 1. Workshop on Landslide Risk Assessment[C], Honolulu, 19~21 February, Balkema, Rotterdam, 1997, 51~109.

Spatial analysis model for the forecast of geological disasters in Jiuzhaigou

GU Ji-rong, FAN Xiao, PENG Dong

(1.Chengdu Institute of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China ;
2.Regional Geological Survey Party, Sichuan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Shuangliu 610213, China)

Abstract Jiuzhaigou is a world natural heritage. Because it occurred in an active neotectonic setting, it is an area where geological disasters take place frequently. In this research, the authors applied the GIS spatial analysis, abstracted model factors and used the integrated fuzzy evaluation method to establish a spatial analysis model for the forecast of geological disasters in the Jiuzhaigou area and grade the geological disasters in the area. The forecast for the disasters of the Jiuzhaigou area has yielded good results.

Key words geographic information system ; geologic disaster forecast ; spatial analysis model ; integrated fuzzy evaluation ; Jiuzhaigou