

基于信息量法的泥石流易发性评价

张田一¹ 吕帅元² 潘育萌¹ 李佳颖³

1 西藏大学 2 中建六局华北建设有限公司 3 南京邮电大学

DOI:10.12238/eep.v7i12.2399

[摘要] 以工布江达为例,探究沟域单元对泥石流易发性评价结果的影响,将按沟域单元划分的泥石流易发性评价作为实验组,选取9个评价因子,利用SPSS软件对该评价因子进行共线性分析。剔除相关性较高的因子,保留4个评价因子。沟域单元实验组选取地形粗糙程度、工程地质岩组、距道路的距离、植被覆盖度(NDVI)四个评价指标,构建评价体系,使用信息量的方法对研究区各评价因子进行赋值计算,将最后所得结果,划分为5个等级的泥石流易发区(由低到高分别为低、较低、中、较高、高)。研究表明:利用沟域单元评价泥石流易发性,工作效率与准确性高,适用于小范围大尺度评价。

[关键词] 工布江达; 沟域单元; 层次分析法; 易发性

中图分类号: U417.1 文献标识码: A

Evaluation of debris flow susceptibility based on trench unit

Tianyi Zhang¹ Shuaiyuan Lv² Yumeng Pan¹ Jiaying Li³

1 Tibet University

2 China Construction Sixth Engineering Bureau North China Construction Co., LTD.

3 Nanjing University of Posts and Telecommunications

[Abstract] Taking Gongbu Jiangda as an example, the influence of gully unit on the evaluation results of debris flow susceptibility was explored. The evaluation of debris flow susceptibility divided by gully unit was taken as the experimental group, 9 evaluation factors were selected, and the evaluation factors were analyzed collinearity by SPSS software. Factors with high correlation were excluded and 4 evaluation factors were retained. The ditch unit experimental group selected four evaluation indexes, including terrain roughness, engineering geological rock group, distance from road and vegetation coverage (NDVI), and constructed an evaluation system. The evaluation factors in the study area were assigned and calculated using the method of information content. The debris flow prone areas are divided into 5 levels (low, low, medium, high and high respectively from low to high). The results show that the evaluation of debris flow susceptibility by ditch unit has high efficiency and accuracy, and is suitable for small scale and large scale evaluation.

[Key words] Gongbu Jiangda; Groove unit; Analytic hierarchy process; predisposition

引言

泥石流是一种常见于陡峭山区,且突发性较强、破坏力较大的地质灾害^[1]。西藏位于亚欧板块与印度洋板块交界处,且地形崎岖,坡度大,为泥石流的发育提供了有利的地形与丰富的物源条件^[2]。

泥石流易发性评价主要以划分评价单元,构建评价体系,建立评价模型等为基本步骤进行研究。王峰等^[3]利用沟域单元为泥石流的评价单元,结果表明基于该评价模型的精度较高。构建评价体系主与评价因子即孕灾环境因子,一般从研究区的地形条件、物源条件、水源条件考虑,但研究区域存在差异性,故没有形成统一标准^[4]。建立评价模型主要包括信息量模

型、逻辑回归模型、确定系数模型、神经网络模型、向量机模型、模糊数学模型、数值模拟模型等等。归纳为四类:专家评价模型、统计分析模型、机器学习模型与物理模型,现在泥石流易发性评价模型由单一模型向多模型耦合,定性评价向定量评价转变^[5]。

1 研究区概况

工布江达县位于西藏自治区林芝市西北部,区域总面积12886km²,下设9个乡镇,整体坐落于尼洋河流域,平均海拔为3600米,地形属于典型的深切割高山河谷地貌。该县位于冈底斯陆块和雅鲁藏布江结合带交汇处,强震带地区强烈的挤压和碰撞影响导致该地区构造活跃。处于高原温带季风湿润气候与半

湿润气候之间的过渡地带，年平均降雨量达600mm以上，为局部区域泥石流的形成发育提供了关键的水源条件。

2 数据来源

本文数据主要有30m分辨率的ASTER GDEM数据、1:500000地质图、地震加速度数据、Landsat 8卫星数据、泥石流历史灾害数量、西藏自治区路网数据分别用于提取研究区的地形地貌及水系发育信息、其区域地质岩性数据、峰值加速度区划信息以及植被覆盖度信息、提取路网数据。

3 泥石流易发性评价

3.1 沟域单元提取

沟域划分基于地形地貌特征，以山脊线为划分基础，在奥维地图中通过目视解译的方法结合野外调查结果进行沟域划分，将所得结果以shp格式导入ArcGIS进行分析，共得到101个沟域单元，其沟域面积在0.273~181.23km²之间，平均面积为43.86km²如图1所示。

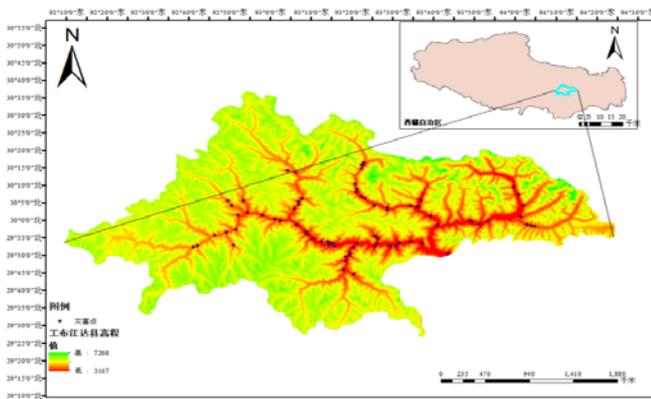


图1 研究区概况图及流域

3.2 构建评价体系

泥石流的形成发育依赖于地形、物源、水源条件，三者缺一不可。泥石流易发性评价指标主要从地形条件和物源条件中考虑，结合前人的研究经验与研究区的实际情况初步选取地形指标：平均坡度、地形起伏度、地形粗糙度、沟壑密度、Methon比率5个评价因子；物源指标：工程岩组、地震峰值加速度、植被覆盖率（NDVI）、距道路的距离个4评价因子共10个评价构建。再利用SPSS中的皮尔逊相关性分析确定评价因子的相关性，将其进行层次分析计算确定权重。

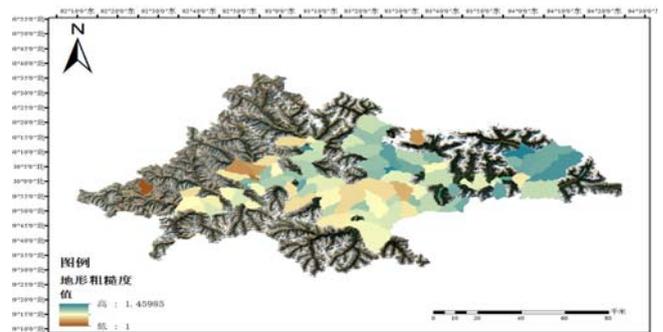
3.3 多因子相关性分析

因评价因子之间可能有相同因子，对泥石流易发性评价结果产生的贡献造成叠加，故泥石流易发性评价要求评价因子不相关。将本文选取的评价因子进行处理，利用皮尔逊相关系数对选取的因子进行相关性分析。将相关性因子高的剔除，保证评价因子的独立性，结果如表1。

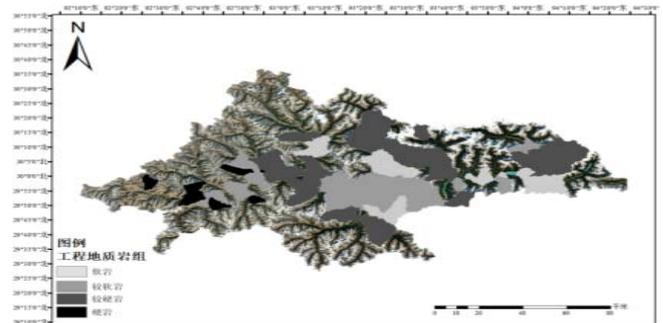
一般，皮尔逊相关系数介于0.1~0.5之间，呈无相关性；皮尔逊相关系数介于0.5~0.8之间，呈中度相关性；皮尔逊相关系数大于0.8，呈高度相关性。故将平均坡度、地形起伏度、沟壑密度、Methon、地震加速度剔除。

表1 评价因子相关性分析

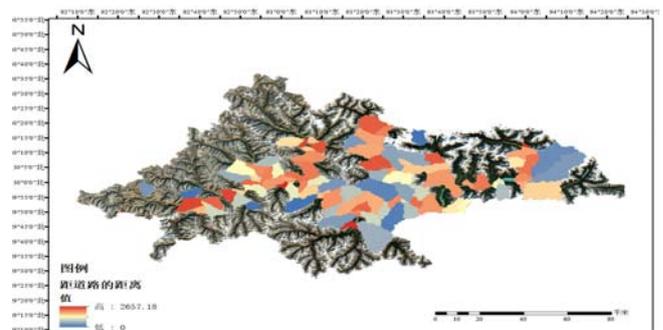
	平均坡度	地形起伏度	地形粗糙度	沟壑密度	Methon	岩性	地震峰值加速度	距道路的距离	NDVI
平均坡度	1								
地形起伏度	0.090	1							
地形粗糙度	0.064	0.287**	1						
沟壑密度	-0.041	-0.238	-0.100	1					
Methon	0.032	-0.205	0.321	0.802	1				
岩性	0.087	-0.244	-0.174	0.218*	0.147	1			
地震峰值加速度	0.212	0.268	0.207	-0.028	0.034	-0.110	1		
距道路的距离	-0.101	-0.011	0.330	0.112	0.240	-0.019	0.034	1	
NDVI	0.084	0.370	0.262	-0.890**	-0.658	-0.246	0.095	-0.122	1



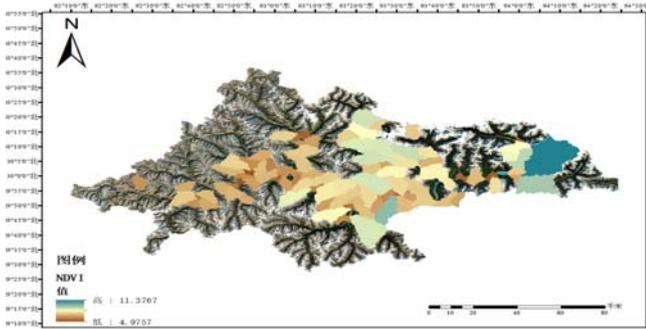
(a) 地表粗糙度



(b) 工程地质岩组



(c) 距道路的距离



(d) NDVI

图2 沟域泥石流易发性评价因子

3.4 评价模型方法

3.4.1 信息量法

信息量这一概念最早由美国数学家Shannon提出,1985年晏同珍等首次将信息理论应用于地质灾害研究。通过各致灾因子(如高程、道路、NDVI等)的共同作用,根据已知灾害点的因子属性,推断同类型环境中发生地质灾害概率。其计算公式如下:

$$I_j = \sum_{i=1}^n W_i \ln \frac{N_i / N}{S_i / S} \quad (1)$$

式中: I_j 代表泥石流的易发性结果, W_i 是计算得出的第*i*个因子权重; n 是因子的总个数, N_i 是第*i*个评价因子中分级区间中泥石流点个数; N 是研究区泥石流的总个数; S_i 是第*i*个评价因子分别对栅格数; S 为研究区内栅格总数。

表2 沟域信息量结果

评价因子	因子分级	分级栅格/个	泥石流数量/个	信息量值	权重	加权信息量
地形粗糙度	1 - 1.182	2113	6	0.287	0.204	0.042
	1.182 - 1.252	6812	14	-0.036		-0.007
	1.252 - 1.291	7423	18	0.129		0.026
	1.291 - 1.327	8097	17	-0.015		-0.003
	1.327 - 1.374	5526	16	0.307		0.063
1.374 - 1.460	6173	6	-0.785	-0.161		
工程地质岩组	硬岩	2376153	12	-1.130	0.163	-0.184
	较硬岩	270078	31	1.993		0.325
	较软岩	809663	20	0.457		0.074
	软岩	1466618	13	-0.568		-0.092
距道路的距离	0 - 0.206	871	7	1.328	0.251	0.337
	0.206 - 812.777	11140	11	-0.769		-0.195
	812.777 - 1198.391	4492	10	0.044		0.011
	1198.391 - 1560.974	5765	15	0.200		0.050
	1560.974 - 1850.644	8088	16	-0.074		-0.018
1850.644 - 2657.185	5788	18	0.378	0.096		
NDVI	4.976 - 7.201	1032	7	1.158	0.379	0.439
	7.201 - 7.714	6188	12	-0.094		-0.036
	7.714 - 8.184	13595	23	-0.231		-0.088
	8.184 - 8.901	11678	18	-0.324		-0.122
	8.901 - 9.796	2170	6	0.261		0.099
9.796 - 11.377	1481	11	1.249	0.473		

3.5 泥石流易发性评价结果

利用APH-信息量法耦合,分别计算出按流域单元与沟域单元各因子权重进行赋值,将四个因子的信息量分别输入对应的栅格,进行赋值计算。将所得结果从小到大分为依次为低、较低、中、较高、高易发性区间,如图3所示。分别得出按流域划分的易发性评价结果和按沟域划分的易发性评价结果。

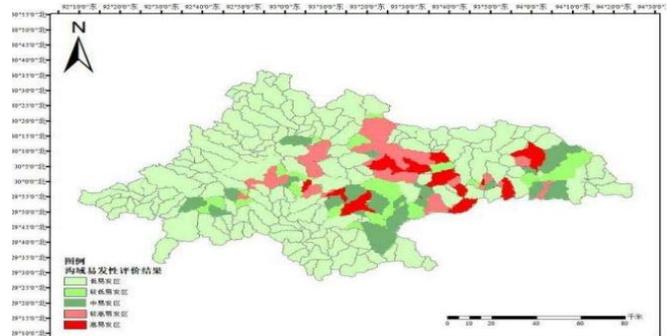


图3 沟域易发性评价结果

4 结论

将研究区划分为沟域单元,利用信息量耦合模型,利用个4不同的评价因子,对工布江达县进行泥石流易发性评价,得出如下结论。

(1)采用信息量法对研究区泥石流易发性进行评价,沟域单元划分的易发性评价结果较好地反映了泥石流的地貌单元特征,具有较高的可利用性,可以较好地工布江达县地质灾害防治工作提供依据。

(2)实验组的泥石流易发性低、较低和中易发区的频次指标体系所得的泥石流总频次之比均在60%以上,说明对工布江达县泥石流易发性评价,该指标体系的构建是准确有效的。

【参考文献】

- [1]崔鹏,唐邦兴.泥石流学科的发展和对策[J].地球科学进展,1993,8(2):14-18.
- [2]高波,张佳佳.西藏天摩沟泥石流形成机制与成灾特征[J].水文地质工程地质,2019,46(05):144-153.
- [3]邹强,唐建喜,李淑松,等.基于文响单元单元的泥石流灾害易发性分区方法[J].山地学报,2017,35(4):496-505.
- [4]李益敏,杨蕾,魏苏杭.基于小流域单元的怒江州泥石流易发性评价[J].长江流域资源与环境,2019,28(10):2419-2428.
- [5]王峰,杨帆,江忠荣,等.基于沟域单元的康定市泥石流易发性评价[J].中国地质灾害与防治学报,2023,34(3):145-156.

作者简介:

张田一(2001--),女,汉族,河南商丘人,西藏大学工学院硕士研究生,研究方向为地质工程。