

可拓聚类预测方法在地质灾害危险性评价中的应用

刘勇健, 张丽娟, 杨雪强

(广东工业大学岩土工程研究所, 广州 510006)

摘要: 基于可拓学的物元模型和聚类分析原理, 提出了地质灾害危险性评价的可拓聚类预测方法。本文根据地质灾害危险性的9个影响因子, 构建了经典域物元和节域物元, 应用物元理论和可拓集中的关联函数建立预测模型, 通过聚类分析得到地质灾害危险性的预测结果。并将可拓聚类预测方法用于对云南昭通地区滑坡、泥石流危险性评价之中, 实例研究表明了可拓聚类预测方法用于地质灾害危险性评价的有效可行性。

关键词: 地质灾害; 危险性评价; 可拓集合; 聚类分析; 滑坡; 泥石流

中图分类号: P694 **文献标识码:** A

1 引言

地质灾害是指在自然因素和人为因素的作用下形成的, 对人类生命财产、环境造成损失的地质作用。近年来, 随着经济和社会的飞速发展, 地质灾害对社会经济的危害越来越突出, 随之地质灾害危险性评价也越来越受到各级政府和工程界的高度重视, 并已成为环境工程地质研究的热点问题之一^[1~9]。众所周知, 地质灾害危险性评价是风险管理和灾害管理的基础, 是地质灾害防治工作中的重要环节, 对于保障人民生命和财产安全至关重要, 同时也是各类工程立项决策的依据。地质灾害危险性评价与防治研究是一项极具现实意义的重要课题, 其研究成果具有广泛的应用价值。

国外对地质灾害危险性研究起步相对较早, 而我国地质灾害的危险性评价工作自20世纪80年代开始兴起, 经过20多年的发展, 理论和实践方面都取得了丰富成果。根据地质灾害危险性评价过程中所采用的不同手段, 地质灾害危险性的评价方法有: 统计分析法、模糊评判法、层次分析法、主成分分析法、神经网络法等, 而这些方法的一个共同特点就是人为参与较多, 经验占主导地位, 往往根据各地质灾害种类及制约因素的宏观变化规律, 人为地加以定性分析, 含有较大的随机性^[2~4], 这就使得评价结果

与实际情况存在一定的偏差。地质灾害的发育及危险程度受诸多因素影响, 而且各因素与评价结果成复杂的非线性关系, 因此, 应综合考虑各影响因素, 建立容定量与定性指标于一体的综合评判模型, 才能对地质灾害的危险程度做出比较客观的评价。我国著名学者蔡文等人1983年创立的可拓学为地质灾害危险性评价提供了一种全新的途径^[10, 11]。可拓学的物元理论引进了由事物、特征及其量值构成的“物元”概念。当对客观事物进行研究时, 将多个变量综合起来作为一个物元进行分析, 从定性和定量两个角度去研究解决矛盾问题。本文将可拓学的理论和方法引入地质灾害危险性评价之中, 在此方面作一次有益尝试, 并取得了较满意的结果。

2 可拓聚类预测的物元模型

可拓学的创立始于不相容问题的转化规律与解决方法的研究, 是用形式化模型研究事物拓展的可能性和可拓规律的科学方法。可拓学的逻辑细胞为物元、事元和关系元。在物元概念的基础上, 把客观世界看成一个复杂的、相互联系的物元网。一个物元的变换会导致相关物元的变化, 从而传导到与之相关的一系列物元中去。用这种思想来解决矛盾问题, 即可以研究一个物元的变换对其他事物的影响, 并防止其负面影响。

收稿日期: 2009-02-16 改回日期: 2009-06-15

可拓集合和物元概念根据事物关于特征的量值来判断事物属于某集合的程度,而关联函数能使聚类精细化、定量化,可拓聚类分析就是考虑到聚类样本之间的可拓关系而进行聚类的方法。利用可拓学理论建立物元模型时,首先,应用聚类分析方法对地质灾害的危险等级及其影响因子进行样本提炼并分成若干类别。然后,建立相应的经典域物元和节域物元,描述各类别与影响因子的模式,进而建立起待测样本与各类别之间的关联度和各影响因素的权系数。最后,当给地质灾害的影响因素特征值时,就可判断出地质灾害的危险程度,从而得到预测结果^[12]。

设 $I_i (i=1,2,\dots,m)$ 是 P 的 m 个子集, $I_i \subset P (i=1,2,\dots,m)$ 。对任何待测对象 $p \in P$, 用下面的步骤判断 p 属于哪个子集 I_i , 并计算 p 隶属于任何一子集 I_i 的程度。

第1步,确定经典域和节域,令

$$R_i = (I_i, C, X) = \begin{bmatrix} I_i & c_1 & X_{i1} \\ & c_2 & X_{i2} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & X_{in} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} I_i & c_1 & \langle a_{i1}, b_{i1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{i2}, b_{i2} \rangle \\ & \dots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{in}, b_{in} \rangle \end{bmatrix}, (i=1,2,\dots,m) \quad (1)$$

其中, c_1, c_2, \dots, c_n 是 I_i 的 n 个特征向量, 而 $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}$ 分别为 c_1, c_2, \dots, c_n 的取值范围, 称经典域, 并且有 $X_{ij} = \langle a_{ij}, b_{ij} \rangle (j=1,2,\dots,n)$ 。令

$$R_p = (P, C, X_p) = \begin{bmatrix} P & c_1 & X_{p1} \\ & c_2 & X_{p2} \\ & \dots & \dots \\ & c_n & X_{pn} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} P & c_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \dots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中, X_{p1}, X_{p2}, X_{pn} 分别是 P 关于 c_1, c_2, \dots, c_n 特征的取值范围, 称为 P 的节域, 即节域为相应经典域的并集 $\bigcup_{i=1}^m \langle a_{ij}, b_{ij} \rangle$ 。待测样本形成的物元 R_x 为

$$R_x = (P_0, c, x) = \begin{bmatrix} P_0 & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & \dots & \dots \\ & c_n & x_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

第2步,根据距的定义,确定关联函数值待测样

本各因子与各类的关联度按下式计算

$$K_i(x_j) = \begin{cases} \frac{-\rho(x_j, X_{ij})}{|X_{ij}|} & x_j \in X_{ij} \\ \frac{-\rho(x_j, X_{ij})}{\rho(x_j, X_{pj}) - \rho(x_j, X_{ij})} & x_j \notin X_{ij} \end{cases} \quad (4)$$

$$\rho(x_j, X_{ij}) = |x_j - (a_{ij} + b_{ij})/2| - (b_{ij} - a_{ij})/2$$

$$\rho(x_j, X_{pj}) = |x_j - (a_{pj} + b_{pj})/2| - (b_{pj} - a_{pj})/2$$

将实变函数中的距离概念拓展为距概念,可把点与区间的位置关系用定量的形式精确刻画。当点在区间内时,经典数学中认为点与区间的距离为0,而可拓集合中利用距的概念,用距的取值的不同表示点在区间内的位置的不同。在距的基础上建立关联函数,把“具有性质 I ”的事物从定性描述拓展到“具有性质的程度”的定量描述。

第3步,确定权系数并计算待测样本与各类的隶属程度。

本文采用比重权数法,即对于每一个要进行判别的类来说,待测样本每个因子的权系数由其与相对应特征的经典域最大值的比值占这一类中各因子与其相对应特征值经典域最大值的比值之和的比例确定,即:

$$\lambda_{ij} = \frac{x_j/b_{ij}}{\sum_{i=1}^n (x_j/b_{ij})} \quad (5)$$

式中,符号 j 代表因素, $(j=1,2,\dots,n)$; i 代表类别, $(i=1,2,\dots,m)$ 。

则待测样本 P_0 对 i 类的关联度为:

$$K_i(p_0) = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} K_i(x_j) \quad (6)$$

第4步,待测样本 P_0 所属类别的判定。

根据最大关联原则确定所属类别,若 $K_i = \max K_i(p_0), i=1,2,\dots,m$, 则判定样本 P_0 属于 i 类。

3 地质灾害危险性评价的可拓聚类物元模型的建立

我国地质灾害的危险性评价工作自20世纪80年代开始兴起,经过20多年的发展,在理论和实践方面都取得了丰富成果,其中,对于地震、滑坡和泥石流的研究较深入系统。这可能是由于地震、滑坡、泥石流在我国分布最广泛、危害最严重,并已成为影响人类生存环境和社会可持续发展最大的三大地质灾害^[2~9]。下面结合大量滑坡、泥石流实例,建立地质灾害评价的可拓聚类预测模型。

3.1 影响地质灾害危险性因素分析及等级标准

根据文献^[3~5]资料,运用可拓聚类预测方法对云南昭通地区滑坡、泥石流危险性进行综合评价。

大量的地质灾害研究经验表明,影响地质灾害发育的条件主要因素有:地形地貌条件、地质条件、气候条件、水文条件、植被条件、人类活动条件、岩土体条件等。本文选择相对高度 c_1 、河网密度 c_2 、岩石风化系数 c_3 、垦殖率 c_4 、50 mm 年降水日数 c_5 、地震烈度 c_6 、荒草地 c_7 、年降水变差系数 c_8 、25 山坡面积 c_9 ,共 9 个影响因素作为云南昭通地区滑坡、泥石流危险性综合评价指标。

表 1 云南昭通地区滑坡、泥石流危险性综合评价指标等级^[3]

Table 1 The level of evaluation indexes of landslide and debris flow risk degree in Zhaotong, Yunnan

评价指标	等级 1	等级 2	等级 3	等级 4	等级 5
相对高度 c_1 / m	2 000	2 000 ~ 1 750	1 750 ~ 1 500	1 500 ~ 1 250	1 250
河网密度 c_2 / km · km ⁻²	0.50	0.50 ~ 0.45	0.45 ~ 0.40	0.40 ~ 0.35	0.35
岩石风化系数 c_3	2.0	2.0 ~ 1.9	1.9 ~ 1.8	1.8 ~ 1.7	1.7
垦殖率 c_4 / %	40	40 ~ 35	35 ~ 30	30 ~ 25	25
5 mm 年降水日数 c_5 / d	3.0	3.0 ~ 2.0	2.0 ~ 1.0	1.0 ~ 0.5	0.5
地震烈度 c_6 / °	8.0	8.0 ~ 7.0	7.0 ~ 6.0	6.0 ~ 5.0	5.0
荒草地 c_7 / %	40	40 ~ 35	35 ~ 30	30 ~ 25	25
年降水变差系数 c_8	0.20	0.18 ~ 0.16	0.16 ~ 0.15	0.15 ~ 0.12	0.12
25 山坡面积 c_9 / %	50	50 ~ 40	40 ~ 30	30 ~ 20	20

表 2 待测物元的影响因子取值

Table 2 Values of influential factors on forecasted matter-elements

序号	县(市)	c_1 / m	c_2 / km · km ⁻²	c_3	c_4 / %	c_5 / d	c_6 / °	c_7 / %	c_8	c_9 / %
1	昭通	1 250	0.47	1.86	30.91	0.50	7	44.47	0.15	22.1
2	鲁甸	1 500	0.37	1.99	27.52	1.10	6	45.37	0.17	30.9
3	巧家	2 250	0.45	2.02	18.09	1.41	6	39.68	0.17	56.0
4	盐津	1 400	0.41	1.85	22.65	3.29	7	32.17	0.19	53.9
5	大关	1 750	0.29	2.01	24.23	1.86	8	42.70	0.15	55.7
6	永善	2 200	0.31	1.96	20.71	1.00	7	41.43	0.13	52.4
7	绥江-水富	1 175	0.51	1.70	26.16	2.92	6	14.44	0.15	45.6
8	镇雄	1 000	0.34	1.89	40.10	1.25	6	16.52	0.12	35.5
9	彝良	1 450	0.35	1.92	19.67	1.20	8	44.97	0.15	39.5
10	威信	1 000	0.38	1.82	29.06	1.35	5	21.35	0.11	41.4

本文将各评价指标作 5 级定量划分^[3],如表 1 所示,并规定危险性影响程度最大的为第 1 级,最小的为第 5 级。评判等级也相应按高、较高、中、较低、低依次划分为 1 ~ 5 级。从表 1 中可发现各指标的影响等级取值与地质灾害危险性的最高级和最低级对应的是大于或小于(或)某个数值,给可拓聚类分析带来不便。本文根据大量的实践及文献资料,对指标影响等级的最大值和最小值的取值论域进行处理。参照文献[3,4],在云南昭通地区滑坡、泥石流危险度区划过程中,区划的基本单元取县级行政区,如表 2 所示,10 个县的地质灾害构成待测物元。

3.2 经典域和节域的建立

地质灾害危险性评判等级(高、较高、中、较低、低依次为 1 ~ 5 级)分别记为 I_1, I_2, I_3, I_4, I_5 , 相应的影响因子分别记为 $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9$ 。结合物元概念,由表 1 可构造出地质灾害危险性评价中各程度等级的经典物元如下:

$$R_1 = \begin{bmatrix} I_1 & c_1 & <2\,000, 2\,250> \\ & c_2 & <0.50, 0.55> \\ & c_3 & <2.1, 2.1> \\ & c_4 & <40, 45> \\ & c_5 & <3.0, 4.0> \\ & c_6 & <8.0, 9.0> \\ & c_7 & <40, 45> \\ & c_8 & <0.20, 0.22> \\ & c_9 & <50, 60> \end{bmatrix}$$
$$R_2 = \begin{bmatrix} I_2 & c_1 & <1\,750, 2\,000> \\ & c_2 & <0.45, 0.50> \\ & c_3 & <1.9, 2.0> \\ & c_4 & <35, 40> \\ & c_5 & <2.0, 3.0> \\ & c_6 & <7.0, 8.0> \\ & c_7 & <35, 40> \\ & c_8 & <0.18, 0.20> \\ & c_9 & <40, 50> \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} I_3 & c_1 & <1\ 500,1\ 750> \\ & c_2 & <0.40,0.45> \\ & c_3 & <1.8,1.9> \\ & c_4 & <30,35> \\ & c_5 & <1.0,2.0> \\ & c_6 & <6.0,7.0> \\ & c_7 & <30,35> \\ & c_8 & <0.15,0.18> \\ & c_9 & <30,40> \end{bmatrix}$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} I_4 & c_1 & <1\ 250,1\ 500> \\ & c_2 & <0.35,0.40> \\ & c_3 & <1.7,1.8> \\ & c_4 & <25,30> \\ & c_5 & <0.5,1.0> \\ & c_6 & <5.0,6.0> \\ & c_7 & <25,30> \\ & c_8 & <0.12,0.15> \\ & c_9 & <20,30> \end{bmatrix}$$

$$R_5 = \begin{bmatrix} I_5 & c_1 & <1\ 000,1\ 250> \\ & c_2 & <0.30,0.35> \\ & c_3 & <1.6,1.70> \\ & c_4 & <20,25> \\ & c_5 & <0,0.5> \\ & c_6 & <4.0,5.0> \\ & c_7 & <20,25> \\ & c_8 & <0.09,0.12> \\ & c_9 & <10,20> \end{bmatrix}$$

根据经典域相应的范围和节域的定义,可建立相应的节域为 R_p ,令待测地质灾害危险度的物元为 R_x , R_p 和 R_x 分别为

$$R_p = (P, C, X_p) = \begin{bmatrix} P & c_1 & <1\ 000,1\ 250> \\ & c_2 & <0.30,0.55> \\ & c_3 & <1.6,2.1> \\ & c_4 & <18,45> \\ & c_5 & <0.0,4.0> \\ & c_6 & <4.0,9.0> \\ & c_7 & <20,46> \\ & c_8 & <0.09,0.22> \\ & c_9 & <10,60> \end{bmatrix}$$

$$R_x = (P, C, X_p) = \begin{bmatrix} P & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & c_3 & x_3 \\ & c_4 & x_4 \\ & c_5 & x_5 \\ & c_6 & x_6 \\ & c_7 & x_7 \\ & c_8 & x_8 \\ & c_9 & x_9 \end{bmatrix}$$

式中, $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$, 为待测样本的影响因子值, 10 县(市)的地质灾害影响因子取值, 如表 2。

3.3 计算待测样本各因子对各类的关联度及权系数

下面以昭通县和巧家县为例简介用可拓聚类预测方法进行滑坡、泥石流地质灾害评价的过程, 设昭通县和永善县的待评物元分别记为 R_{x1} 和 R_{x2} 。

$$R_{x1} = (P, C, X_p) = \begin{bmatrix} P & c_1 & 1\ 250 \\ & c_2 & 0.47 \\ & c_3 & 1.86 \\ & c_4 & 30.91 \\ & c_5 & 0.50 \\ & c_6 & 7 \\ & c_7 & 44.47 \\ & c_8 & 0.15 \\ & c_9 & 22.1 \end{bmatrix}$$

$$R_{x2} = (P, C, X_p) = \begin{bmatrix} P & c_1 & 2\ 250 \\ & c_2 & 0.45 \\ & c_3 & 2.02 \\ & c_4 & 18.09 \\ & c_5 & 1.41 \\ & c_6 & 6 \\ & c_7 & 39.68 \\ & c_8 & 0.17 \\ & c_9 & 56.0 \end{bmatrix}$$

根据关联函数的定义,运用式(4)计算待测样本与各类的关联度,并将结果记为矩阵 K 。

$$K_{x1} = \begin{bmatrix} K_1(x_1) & K_1(x_2) & \dots & K_1(x_9) \\ K_2(x_1) & K_2(x_2) & \dots & K_2(x_9) \\ K_3(x_1) & K_3(x_2) & \dots & K_3(x_9) \\ K_4(x_1) & K_4(x_2) & \dots & K_4(x_9) \\ K_5(x_1) & K_5(x_2) & \dots & K_5(x_9) \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} -0.750 & -0.273 & -0.368 & -0.455 & 0.833 & -0.333 & 0.061 & -0.455 & -0.698 \\ -0.667 & 0.080 & -0.143 & -0.273 & -0.750 & 0.000 & -0.894 & -0.333 & -0.597 \\ -0.500 & -0.200 & 0.080 & 0.036 & -0.500 & 0.000 & -0.947 & 0.000 & -0.395 \\ 0.000 & -0.467 & -0.200 & 0.070 & 0.000 & -0.333 & -0.965 & 0.000 & 0.042 \\ 0.000 & -0.600 & -0.400 & -0.314 & 0.000 & -0.500 & -0.974 & -0.333 & -0.148 \end{bmatrix}$$
$$K_{x2} = \begin{bmatrix} 0.000 & 0.000 & 0.040 & -0.996 & -0.530 & -0.500 & 0.012 & -0.375 & 0.080 \\ -1.000 & 0.000 & -0.200 & -0.200 & -0.995 & -0.295 & 0.011 & -0.167 & -0.600 \\ 0.400 & -0.333 & -0.600 & -0.993 & 0.103 & 0.000 & -0.425 & 0.077 & -0.800 \\ -1.000 & -0.333 & -0.733 & -0.987 & -0.102 & 0.000 & -0.605 & -0.154 & -0.867 \\ -1.000 & -0.500 & -0.800 & 0.000 & -0.392 & -0.334 & -0.699 & -0.500 & -0.900 \end{bmatrix}$$

根据式(5)的定义,计算出各类别对应每个因子的权系数 $_{ij}, (i=1,2,\dots,5; j=1,2,\dots,9)$

$$x_1 = \begin{bmatrix} 11(x_1) & 21(x_2) & \dots & 91(x_9) \\ 12(x_1) & 22(x_2) & \dots & 92(x_9) \\ 13(x_1) & 23(x_2) & \dots & 93(x_9) \\ 14(x_1) & 24(x_2) & \dots & 94(x_9) \\ 15(x_1) & 25(x_2) & \dots & 95(x_9) \end{bmatrix}$$
$$= \begin{bmatrix} 0.094 & 0.144 & 0.150 & 0.116 & 0.021 & 0.131 & 0.167 & 0.115 & 0.062 \\ 0.095 & 0.142 & 0.141 & 0.117 & 0.025 & 0.132 & 0.168 & 0.114 & 0.067 \\ 0.095 & 0.139 & 0.130 & 0.118 & 0.032 & 0.133 & 0.169 & 0.111 & 0.073 \\ 0.093 & 0.131 & 0.115 & 0.115 & 0.056 & 0.130 & 0.165 & 0.112 & 0.082 \\ 0.089 & 0.120 & 0.098 & 0.110 & 0.089 & 0.125 & 0.159 & 0.113 & 0.099 \end{bmatrix}$$
$$x_2 = \begin{bmatrix} 0.147 & 0.121 & 0.142 & 0.059 & 0.052 & 0.098 & 0.130 & 0.114 & 0.137 \\ 0.146 & 0.118 & 0.132 & 0.060 & 0.060 & 0.099 & 0.122 & 0.111 & 0.146 \\ 0.144 & 0.112 & 0.119 & 0.058 & 0.079 & 0.096 & 0.127 & 0.106 & 0.157 \\ 0.135 & 0.101 & 0.101 & 0.054 & 0.127 & 0.090 & 0.119 & 0.102 & 0.168 \\ 0.121 & 0.087 & 0.080 & 0.049 & 0.190 & 0.081 & 0.107 & 0.096 & 0.189 \end{bmatrix}$$

3.4 计算待测样本对各类的隶属度及预测结果

根据式(6)的定义,可计算出待测样本 P_0 对各类别 $I_i(i=1,2,\dots,5)$ 的关联度 $K_i(P_0)$ 。

$$K(P_0) = [K_1(P_0), K_2(P_0), K_3(P_0), K_4(P_0), K_5(P_0)]$$
$$= [-0.3650 \quad -0.3508 \quad -0.2659 \quad -0.2927 \quad -0.4144]$$
$$K(P_0) = [K_1(P_0), K_2(P_0), K_3(P_0), K_4(P_0), K_5(P_0)]$$
$$= [-0.1599 \quad -0.3795 \quad -0.2724 \quad -0.5441 \quad -0.6232]$$

根据 $K_i = \max K_i(p_0)$ 原则,得昭通县地质灾害危险性为 3 级,巧家县属 1 级。同理可计算出其他待测样本对各类的隶属度和可拓聚类预测结果,见表 3。

3.5 结果分析

从表 3 的可拓聚类预测结果可知,巧家、大关、永善县的滑坡、泥石流危险性预测等级为 1 级(滑坡、泥石流最严重区),昭通、鲁甸县、盐津和彝良县

危险等级为 3 级,绥江-水富县、镇雄县和威信县为 5 级。该结果与该地区的地形地貌条件、地质条件、气候条件、水文条件、岩土体条件等地质灾害的形成条件一致。如高危险区的巧家县位于金沙江左岸,是滑坡、泥石流的高发区。永善县和大关县位于马边-大关强震带南端,受滑坡、泥石流的潜在威胁很大。而绥江县、水富县地处四川盆地边缘,相对高差较小,岩层坚硬,为泥石流少发区。本文的评价结果与文献[3]和实际情况基本一致,表明本文所提出的地质灾害危险性评价的可拓聚类方法是可行的。

表 3 待测样本与各类别的隶属度及预测结果
Table 3 The correlated degrees of forecasted samples and the predicting results

序号	县(市)	$K_1(P_0)$	$K_1(P_0)$	$K_1(P_0)$	$K_1(P_0)$	$K_1(P_0)$	可拓聚类 预测结果	模糊 评判结果
1	昭通	- 0.365 0	- 0.350 8	- 0.265 9	- 0.292 7	- 0.414 4	3	5
2	鲁甸	- 0.367 6	- 0.388 2	- 0.205 8	- 0.227 9	- 0.463 4	3	3
3	巧家	- 0.159 9	- 0.379 5	- 0.272 4	- 0.544 1	- 0.623 2	1	1
4	盐津	- 0.302 0	- 0.246 5	- 0.169 7	- 0.188 7	- 0.364 2	3	3
5	大关	- 0.221 6	- 0.329 9	- 0.434 8	- 0.582 2	- 0.558 4	1	1
6	永善	- 0.235 9	- 0.450 1	- 0.519 9	- 0.577 7	- 0.538 5	1	1
7	绥江-水富	- 0.393 0	- 0.330 9	- 0.399 3	- 0.370 5	- 0.277 3	5	5
8	镇雄	- 0.475 9	- 0.401 9	- 0.359 7	- 0.366 2	- 0.301 4	5	5
9	彝良	- 0.417 4	- 0.382 8	- 0.353 7	- 0.397 9	- 0.463 3	3	5
10	威信	- 0.592 4	- 0.430 2	- 0.314 9	- 0.246 6	- 0.204 1	5	5

4 结语

地质灾害危险性评价不仅是深入认识地质灾害灾情状况的重要途径,而且是风险管理和减灾管理的基础。根据评价结果制定出相应的减灾政策,部署实施有效的减灾工程,为国土资源规划,重要工程选址,地质灾害治理、监测、预报以及制定救灾应急措施和保护环境提供科学依据。

一个地区的地质灾害的灾种、灾害的危险程度受众多因素的影响,这些因素中既有定性因素,也有定量因素,只有综合考虑各因素对地质灾害危险性的影响,才能获得较为合理的预测结果。可拓学的物元模型将多个变量综合起来作为一个物元进行分析,从定性和定量两个角度去研究解决矛盾问题,为地质灾害危险性评价研究提供一种新的方法。实例分析表明,该方法对建模样本的数量没有严格的限制,其预测精度不受样本数量的影响。在构造各样本经典域和节域物元时,可根据需要用不同的方法确定,得到更符合实际的模型,该方法具有很好的灵活性。理论上较为严谨,计算较为简单(既可手工算也可机器计算),预测精度高,具有较强的实用性(文中实例研究结果证明了该方法的优越性和实用性),因此,该方法在工程中具有广泛的应用前景。

参考文献

[1] Chung, R. M. Natural Disaster studies[M]. Natural Academy Press, Washington D. C, 1994.

[2] 李阔,杨景,唐川. 地质灾害危险性评价研究——以四川省青川县为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(2): 54-57.

[3] 刘丽,王士革. 云南昭通滑坡泥石流危险度模糊综合评判[J]. 山地研究, 1995, 13(4): 261-266.

[4] 刘丽,王士革. 滑坡、泥石流区域危险度二级模糊综合评判初探[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(3): 51-59.

[5] 匡乐红,徐林荣,刘宝琛. 地质灾害危险性评价指标规范化方法研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2007, 4(1): 39-43.

[6] 柳源. 中国地质灾害(以崩、滑、流为主)危险性分析与区划[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(1): 95-99.

[7] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国泥石流[M]. 北京:商务印书馆, 2000.

[8] 陈奇,李智毅,石怀伦. 区域地质灾害危险性评价的思想与基本方法[J]. 地质力学学报, 2004, 10(1): 71-80.

[9] 谢全敏,夏元友. 岩体边坡稳定性的可拓聚类预测方法研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(3): 438-441.

[10] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学文献技术出版社, 1994.

[11] DAVID K W, NG, CAI W. Treating Non - Compatible Problem from Matter Element Analysis to Extensions[J]. ACM SIGICE Bulletin, 1997, 22(3): 1-9.

[12] 沈航,邹平. 可拓聚类预测方法预测卷烟销量[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 2006, 31(3): 95-98.

(下转第 119 页)

THE APPLICATION OF 3D REMOTE SENSING IMAGE MODEL OF DEBRIS FLOW DISASTER WARNING IN GU-XIANG GULLY, TIBET

FENG Yu-lin¹, CHEN Jiang¹, JIANG Qi-gang², YANG Li-jun¹

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110032, China;

2. Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: The 3D Remote Sensing image models of debris flow disaster is constructed for interpretation, normalization, classification and evaluation of the disaster feature information. The "Grey Class Model" is constructed, and then the danger degree has been assessed on Guxiang gully debris flow. The evaluation is almost consistent with what experts have been investigated previously, and the result is greatly reliable to provide the scientific avoiding disaster datum for people.

Key words: remote sensing; 3D; Guxiang gully; debris flow; disaster warning

作者简介: 冯雨林(1980-),男,河南省人,工程师,硕士,毕业于吉林大学遥感与地理信息系统专业,现于沈阳地质矿产研究所勘查技术室,主要研究方向为遥感地质。

(上接第 113 页)

APPLICATION OF EXTENSION CLASSIFIED PREDICTION METHOD FOR RISK ASSESSMENT ON GEOLOGICAL HAZARDS

LIU Yong-jian, ZHANG Li-juan, YANG Xue-qiang

(Institute of Geotechnical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Based on the matter-element model and the classified analysis method, an extension classification prediction method for risk assessment on geological hazards is proposed. In the method, 9 influence factors on geological hazards are adopted to establish the classical and extensional matter elements, and the dependent function of material element and extension set is applied to establish prediction model for risk assessment on geological hazards. The predicting results of the stability of rock-mass slopes are obtained by applying the classified analysis. Through risk assessment on landslide and debris flow in Zhaotong county of Yunnan Province, the results show that extension classified prediction is available in risk assessment on geological hazards.

Key words: geological hazards; risk assessment; extension set; classified analysis; landslide; debris flow

作者简介: 刘勇健(1968-),女,博士,副教授,主要从事岩土工程的教学与研究工作。