

# 多级模糊模式识别模型在地质环境质量评价中的应用

李亚兰, 陈志新, 王佳运

(长安大学 地质工程与测绘工程学院, 陕西 西安 710054)

[摘要] 应用多级模糊模式识别模型进行地质环境质量评价, 克服了最大隶属度原则所不适用的地方, 而且以相对隶属度、隶属函数为基础理论, 使隶属度、隶属函数的计算更容易。建立环境质量评价模型, 并应用于陕西省略阳县地质环境质量综合评价中, 应用结果表明, 该方法合理、可行。

[关键词] 多级模糊模式识别模型; 地质环境质量; 评价; 层次分析法

[中图分类号] X141 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2004)04-0090-04

[作者简介] 李亚兰(1976—), 女, 新疆乌鲁木齐人, 现从事地质工程和岩土工程教学与研究工作。

环境质量评价的数学方法有多种, 如综合指数法、层次分析法、模糊综合评判法、灰色系统法及近年发展起来的人工神经网络法等都是较为常用的评价方法, 这些方法各有其优点。环境质量评价实际上是解决评价对象的多因子模式识别和排序问题, 对于此类问题应用模糊集合理论是最常用的方法。模糊集合论中, 最大隶属度原则被广泛地用于模糊综合评判、模糊决策等许多模糊集应用领域。但有些问题在应用最大隶属度原则时, 可能会导致结果失真。因为最大隶属度原则有时忽略有些信息, 导致判断失误。经研究, 笔者发现由陈守煜提出的多级模糊模式识别模型以相对级别特征值作为判断或识别的依据, 克服了最大隶属度原则所不适用的地方, 而且以相对隶属度、隶属函数为基础理论, 使隶属度、隶属函数的计算更容易。因此, 尝试采用多级模糊模式识别模型对地质环境质量进行评价。

## 1 模糊模式识别模型

### 1.1 指标相对隶属度公式

设某样本需要对模糊子集  $A$  进行识别, 样本  $m$

个指标组成的特征向量为:

$$X = (x_1 \ x_2 \ \cdots \ x_i \ x_m)^T,$$

式中:  $x_i$  为样本指标  $i$  的特征值,  $i = 1, 2, \cdots, m$ 。

如样本依据  $m$  个指标  $c$  个级别的已知指标标准特征值进行识别, 则有指标标准特征值矩阵:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1c} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2c} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mc} \end{bmatrix} = (y_{ih}),$$

式中:  $y_{ih}$  为指标  $i$  级别  $h$  的标准特征值,  $h = 1, 2, \cdots, c$ ;  $i = 1, 2, \cdots, m$ 。

通常将从1级至  $c$  级指标标准特征值减小称为指标递减型; 从1级至  $c$  级指标标准特征值增加称为指标递增型, 则递减型指标对  $A$  的相对隶属度(隶属函数)为:

$$r_i = \begin{cases} 0 & x_i \leq y_{ic}, \\ \frac{x_i - y_{ic}}{y_{i1} - y_{ic}} & y_{i1} > x_i > y_{ic}, \\ 1 & x_i \geq y_{i1}. \end{cases}$$

$h$  级指标标准特征值对  $A$  的相对隶属度为:

$$S_{ih} = \begin{cases} 0 & y_{ih} = y_{ic}, \\ \frac{y_{ih} - y_{ic}}{y_{i1} - y_{ic}} & y_{i1} > y_{ih} > y_{ic}, \\ 1 & y_{ih} = y_{i1}. \end{cases}$$

递增型指标对  $A$  的相对隶属度(隶属函数)为:

[收稿日期] 2004-02-26

[基金项目] 国土资源部县(市)地质灾害调查与区划项目  
(2001-039)

$$r_i = \begin{cases} 0 & x_i \geq y_{ic}, \\ \frac{y_{ic} - x_i}{y_{ic} - y_{i1}} & y_{i1} < x_i < y_{ic}, \\ 1 & x_i \leq y_{i1}. \end{cases}$$

$h$  级指标标准特征值, 对  $A$  的相对隶属度为:

$$S_{ih} = \begin{cases} 0 & y_{ih} = y_{ic}, \\ \frac{y_{ic} - y_{ih}}{y_{ic} - y_{i1}} & y_{i1} < y_{ih} < y_{ic}, \\ 1 & y_{ih} = y_{i1}. \end{cases}$$

1.2 模糊模式识别模型

通过隶属函数分别把指标与指标标准特征值矩阵变换为对  $A$  的指标与指标标准特征值的相对隶属度矩阵:

$$R = (r_1 \quad r_2 \quad \cdots \quad r_m)^T = (r_i),$$
$$S = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \cdots & s_{1c} \\ s_{21} & s_{22} & \cdots & s_{2c} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ s_{m1} & s_{m2} & \cdots & s_{mc} \end{bmatrix} = (s_{ih}).$$

设样本对  $A$  的各个级别相对隶属度矩阵为:

$$U = (u_1 \quad u_2 \quad \cdots \quad u_c)^T = (u_h),$$

式中:  $u_h$  为样本对  $A$  的级别  $h$  的相对隶属度,  $h = 1, 2, \cdots, c$ .

由样本在级别区间 $[a, b]$  范围内, 故矩阵  $U$  应满足归一化约束条件:

$$\sum_{h=a}^b u_h = 1,$$

同时应有  $u_h = 0$ , 当  $h < a$  或  $h > b$ .

为了求解样本对模糊概念  $A$  的级别  $h$  的最优相对隶属度, 建立目标函数:

求解

$$\min \left\{ F(u_h) = \sum_{h=a}^b D_h^2 \right\},$$
$$\begin{cases} \frac{\partial L(u_h, \lambda)}{\partial u_h} = 0, \\ \frac{\partial L(u_h, \lambda)}{\partial \lambda} = 0, \end{cases}$$

求得模糊模式识别模型为:

$$u_h = \begin{cases} 0 & h < a \text{ 或 } > b, \\ \frac{1}{\sum_{k=a}^b \left\{ \frac{\sum_{i=1}^m [w_i (r_i - S_{ih})]^p}{\sum_{i=1}^m [w_i (r_i - S_{ik})]^p} \right\}^{2/p}} & a \leq h \leq b, \\ & d_h \neq 0, \\ 1 & d_h = 0. \end{cases}$$

1.3 相对级别特征值

设级别变量  $h$  以对应的相对隶属度为权重, 其总和

$$H(u) = \sum_{h=1}^c u_h \circ h,$$

称为相对级别特征值或相对状态特征值。

相对级别特征值  $H(u)$  是一个描述状态或级别的无量纲数, 且

$$1 \leq H(u) \leq c,$$

相对级别特征值由于利用了全部相对隶属度信息, 其判断结论比最大隶属度原则更符合实际情况。据此, 可应用相对级别特征值  $H(u)$  反馈得到相应的级别, 对样本作出归属何种级别的判定。

2 应用实例

陕西省略阳县位于陕西省汉中市的西北部, 由于该地区地质结构复杂, 地质环境与自然生态环境脆弱, 加之滥砍乱挖的不合理人为作用, 使地质环境质量严重恶化, 滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害问题十分突出, 应用多级模糊模式识别模型对该地区进行了地质环境质量综合评价。

2.1 地质环境质量评价指标分级

根据野外调查、有关研究报告, 在对资料进行分析后, 经过指标筛选优化, 选取地形坡度、工程地质岩组、岩土体结构类型、地下水位、植被发育情况、月平均降雨量、人类工程活动强度等为主要评价指标。地质环境质量分为优、良、中、差四级, 分别对应数值 1, 2, 3, 4, 相应地将评价指标也用四级来描述, 地质环境质量评价指标分级标准见表 1。

表 1 地质环境质量评价指标分级标准

评价指标	评价标准			
	优(1)	良(2)	中(3)	差(4)
地形坡度/°	< 15	15~25	25~35	> 35
工程地质岩组	坚硬岩体	中等坚硬岩体	软弱岩体	松散体
岩土体结构类型	块状	层状	碎裂	松散
地下水位	滑面以下较深处 滑面以下较浅处 滑面附近 滑体 1/2 厚度处			
植被发育/%	50~100	30~50	10~30	< 10
月平均降雨量/mm	< 100	100~300	300~400	> 400
人类工程活动强度	无	较弱	中等	强烈

2.2 层次分析法确定权重

模型计算中采用层次分析法来确定评价指标

的权重,该方法可较大幅度减少主观因素的影响,其具体步骤如下:

- (1) 构造判断矩阵.对于  $\chi_1, \chi_2, \cdots, \chi_n$  个评价指标,由专家组运用两两比较得判断矩阵  $X$ 。
- (2) 层次分析法确定权值.假设有一同阶正则向量  $A$ ,使得存在  $XA = \lambda_{\max} A$ ,则  $\lambda_{\max}$  为矩阵  $X$  的最大特征值,  $A$  为对应于  $\lambda_{\max}$  的特征向量.解其特征方程得  $A$ ,经正规化后,其各分量即为所对应的  $\chi_1, \chi_2, \cdots, \chi_n$  的权值.理论上是可以解出的,但如果评价指标过多,则其计算方法较为复杂,很难解出,故采用求和法来计算特征向量的近似解。

① 将判断矩阵按列归一化:

$$b_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{k=1}^n x_{kj}} \qquad i, j = 1, 2, \cdots, n;$$

② 按行求和:

$$v_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \qquad i = 1, 2, \cdots, n;$$

③ 归一化:

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{k=1}^n v_k};$$

④ 求最大特征值:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(XA)_i}{a_i} \qquad i = 1, 2, \cdots, n.$$

通过层次分析法计算,得出各指标的权重(表 2)。

表 2 评价指标权重

指标	地形坡度	工程地质岩组	岩土体结构类型	地下水位	植被发育情况	月平均降雨量	人类工程活动强度
权重	0.152	0.345	0.233	0.097	0.033	0.044	0.096

2.3 利用模型进行地质环境质量评价

用 C++Builder 6.0 开发评价模型,进行分析计算,结果如图 1。



图 1 评价模型计算结果

将该计算结果存入 Access 数据库,用 MAPGIS 进行调试,然后通过空间分析,生成等值线,进行分区,就可以得到该地区地质环境质量评价分区图(图 2)。

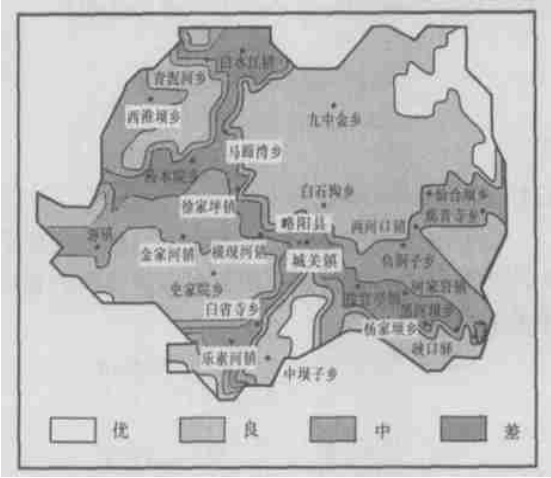


图 2 陕西省略阳县评价结果

ig. 2 Assessment result of Lueyang county in Shaanxi

将该地区地质环境质量评价结果与现场调查的地质灾害点(滑坡、崩塌、泥石流等)作比较,可以发现,评价结果为优的地区没有地质灾害点;评价结果为良的地区,地质灾害点有 8 处;评价结果为中的地区,地质灾害点有 50 处;评价结果为差的地区,地质灾害点有 106 处。各区地质灾害统计见表 3。

从表 3 中可以看出,野外调查中地质灾害较多的地段和评价结果为中、差的地区有较好的对应关系,特别是在评价结果为差的地区,地质灾害发生最多。这说明,评价结果基本正确。

表 3 地质灾害统计表

评价结果分区	优	良	中	差
灾害数量/处	0	8	50	106
灾害点密度/(处/ km <sup>2</sup> )	0	0.005	0.075	0.244
灾害面密度/(m <sup>2</sup> / km <sup>2</sup> )	0	288	3 898	13 435
灾害体密度/(m <sup>3</sup> / km <sup>2</sup> )	0	3 036	39 928	125 036

3 结论

地质环境质量评价,特别是定量评价一直是环境地质学研究中的难点.多级模糊模式识别模型以相对隶属度、隶属函数为基础理论,采用相对级别特征值作为判断依据,克服了模糊集合论中最大隶属度原则所不适用的地方.该方法用于地质环

境质量评价, 使评价结果具有较好的分辨率, 可以直接看出各单元环境质量的优劣程度, 从而为环境质量评价结果提供了更多的信息。经实践证明, 该方法结果真实可信, 具有通用性、合理性和实用性。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 杨建强, 林年丰. 多目标模糊优选模型在环境质量评价中的应用[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(4): 381~383.

[2] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.  
[3] 罗永忠, 唐小平, 祝世强. 模糊综合评判在成都市固体废弃物处理场环境水文地质评价中的应用[J]. 地质灾害与环境保护, 2001, 12(3): 42~45.  
[4] 蔡鹤生, 周爱国, 唐朝辉. 地质环境质量评价中的专家—层次分析定权法[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 1998, 23(3): 299~302.  
[5] 周爱国, 蔡鹤生. 地质环境质量评价理论与应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998.

Application of multi-classification fuzzy pattern recognition model in geoenvironment quality assessment

LI Ya-lan, CHEN Zhi-xin, WANG Jia-yun

(School of Geological Engineering and Surveying Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract** Based on the relative membership degree and function, the model of multi-classification fuzzy pattern recognition is applied in assessment of geoenvironment quality, which counteracts the defects of maximum membership degree law and makes it easier to calculate the relative membership degree and function. The paper has established assessment model of geoenvironment quality and uses it to assess the geoenvironment quality of Lueyang county in Shaanxi. The result indicates that the method is rational and practical.  
**Key words** multi-classification fuzzy pattern recognition model; geoenvironment quality; assessment; analytical hierarchy weighting process

[ 英文审定: 苏生瑞 ]

欢迎订阅 欢迎投稿  
《国土资源科技管理》(双月刊)

由国土资源部国际合作与科技司和成都理工大学主办的以刊载土地、矿产、水、海洋等自然资源管理成果的综合性学术刊物——《国土资源科技管理》, 以其科技性、学术性、实用性真诚地为土地、地矿、海洋、水利、测绘、农业、旅游等部门的各级领导、科技管理人员以及上列各专业的大专院校和科研院所的科技工作者服务。

《国土资源科技管理》报道的重点和内容: 国土资源的方针政策, 可持续发展战略研究; 土地、矿产、海洋、农业、旅游等资源的规划, 优化配置; 资源开发的生态效益、经济效益以及环境保护; 矿产、海洋和水资源的调查与勘查; 环境与地质灾害; 国土资源的研究与国际合作; 高新技术应用; 科技体制与管理体制改革的探索; 资源经济学的研究与企业发展策划; 信息网络与管理知识; 国土资源管理动态与经验交流。主要栏目: 国土资源管理; 可持续发展; 地学与资源研究; 科技管理; 信息与网络管理; 资源勘探和保护; 环境与地质灾害研究与管理; 西部大开发论坛等。欢迎作者寄赠上述各方面的研究成果, 支持本刊。

编辑部地址: 四川 成都市二仙桥东三路 1 号 成都理工大学《国土资源科技管理》编辑部  
邮政编码: 610059 电话: 028-84078996(传真) E-mail: gzg@cdu.edu.cn  
刊 号: ISSN 1009-4210/CN 51-1592/N 邮发代号: 62-171  
预定 2005 年本刊的读者, 请到全国各地邮局办理订阅手续。本刊为大 16 开, 72 页, 每逢双月 15 日出版, 每册定价 6.00 元, 全年定价 36.00 元。如误时漏订, 可与本刊编辑部直接联系。