

# 基于 GIS 的略阳县地质环境质量评价

赵法锁, 宋 飞, 王艳婷, 马显春

(长安大学 地质工程与测绘工程学院 陕西 西安 710054)

[摘要] 基于地理信息系统(GIS)和多级模糊模式识别模型,建立了略阳县空间数据库和地质环境质量评价模型;综合考虑地形坡度、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因素,用层次分析法确定各指标权值,应用评价模型对略阳县地质环境质量进行了综合评价,把略阳县地质环境划分为优、良、中、差4个质量级别。

[关键词] 地理信息系统;地质环境;评价模型;多级模糊模式识别模型

[中图分类号] X141; P208 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)01-0088-04

## Geoenvironmental Quality Assessment of Lueyang County Based on GIS

ZHAO Fa suo, SONG Fei, WANG Yan ting, MA Xian chun

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

**Abstract** Based on GIS and the model of multi class fuzzy pattern recognition, the spatial database in Lueyang county and geoenvironmental quality assessment model are established. By considering such factors as terrain slope, engineering geological rock groups, structural type of rock and soil mass, ground water level, vegetation growth conditions, monthly precipitation, intensity of human engineering activities, the geoenvironmental quality in Lueyang county is assessed comprehensively with the assessment model. The geoenvironment quality is classified into four classes: best, good, moderate, and worst. The assessment result can provide rational plan and reference basis for the prevention and control of geological hazards and the protection of ecological geoenvironment.

**Key words:** geographical information system; geoenvironment; assessment model; model of multi class fuzzy pattern recognition

## 0 引言

人类通过生产活动与消费活动不断改变着周围地质环境的物质组成与状态,而地质环境质量的变化又不断地反作用于人类。为此,只有对地质环境质量进行科学评价,才能够达到合理地开发、利用、保护地质环境,合理地规划人类的工程、经济活动,最大限度地控制工程、经济活动对地质环境的

影响,从根本上改善地质环境,使之更适宜于人类的生产和生活的目的。

略阳县位于陕西省汉中市西北部。由于地质结构复杂,地质环境与自然生态环境脆弱,加之滥砍乱挖的人为作用,使该县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,不仅制约着经济的发展,而且还严重威胁着人民生命财产的安全。基于地理信息系统(GIS)对该县进行了地质环境质量综合评价,以期

[收稿日期] 2005 04 08

[基金项目] 国土资源部(市)地质灾害调查与区划项目(2001-039)

[作者简介] 赵法锁(1954-),男,河南浉池人,教授,博士生导师,从事工程地质与岩土工程教学和研究。

为地质灾害防治及生态地质环境保护提供合理地  
规划及参考依据。

## 1 区域地质环境

调查区出露的地层主要有元古界碧口群、震旦  
系、古生界志留系、泥盆系、石炭系及各期火成岩与  
新生界第四系。基岩岩性主要为砂岩、砾岩、千枚  
岩、页岩及灰岩等, 还零星出露有早古生代加里东  
期蛇纹岩、辉绿岩, 晚古生代华西期蛇纹岩、闪长  
岩、正长岩及中生代印支期花岗岩。新生界地层主  
要为晚更新统和全新统松散堆积物, 其成因为冲  
积、洪积、冲洪积及坡积、坡残积及风积等。

调查区大地构造位置跨一级构造单元昆仑秦  
岭褶皱系, 构造极为复杂, 以东西向线状褶皱为主,  
断裂构造也很复杂, 正逆均具, 部分有长期复活的  
现象, 一般断层线随大单元构造线的变化而转移,  
但各主要断裂也常构成不同构造单元的分界线, 主  
要断裂有北东东、北西西、近南北及北西、北东向等  
几组。

该区新构造运动发生在古构造基础之上, 继承  
第三纪末喜马拉雅运动的特点, 以上升运动为主,  
河流深切, 形成高山深谷。区内大多数断裂的形成  
可追溯到古生代或前寒武纪, 而在以后的历次地壳  
运动中又持续活动, 受喜马拉雅运动影响, 晚近期  
活动很强烈。

区内地下水按储存性质可分为松散岩类孔隙  
水、基岩裂隙水和岩溶裂隙溶洞水。按空间分布,  
松散岩类孔隙水主要分布在嘉陵江及其支流以及  
黑河、白河等汉江水系各支流的河谷区; 基岩裂隙  
水全区皆有, 但主要分布在调查区中部、北部的中  
山、高中山区。略阳地区地震烈度为Ⅶ度区。

## 2 地质环境质量评价

### 2.1 空间数据库的建立

收集研究区的所有资料, 并对资料筛选分类。  
数据按照实体描述类型分为空间数据和属性数据  
两类。采用 MAPGIS 对研究区基础资料进行数字  
化处理, 然后对基础图件进行分离图层, 进行分层  
式管理。按照空间数据各要素的特点, 将空间数据  
分解为单一性质的基本要素图层, 各图层主要为略  
阳县基本地理图层、地形等高线图层、地貌图层、地

层岩性图层、地质构造图层、矿产分布图层等。同  
时, 对需要进行投影变换、图幅拼接的地图数据进  
行投影变换、图幅拼接, 以实现不同比例尺地图的  
合成以及跨分度带地图的拼接。

属性数据包括对图形进行描述或说明的数据  
及用于进行评价的基础数据, 如高程信息、地理标  
注、地层岩性特征、植被发育情况等。属性数据通  
过 Access 数据库进行录入、管理, MAPGIS 通过接  
口进行调用。

### 2.2 评价指标体系

在对资料进行分析后, 通过两两比较法对指标  
进行筛选优化, 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 4 个等级, 相应地将评价  
指标也用 4 级来描述, 建立评价指标体系(表 1)。

表 1 地质环境质量评价指标分级标准

Tab. 1 Classification Standards of Geoenvironment  
Quality Assessment Indexes

评价指标	评价标准			
	优	良	中	差
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/m	> 30	20~30	10~20	< 10
植被发育情况/%	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

计算中采用层次分析法来确定评价指标的权  
重, 具体步骤如下:

(1) 构造判断矩阵。对于  $z_1, z_2, \dots, z_n$  个评价指  
标, 由专家组运用两两比较得判断矩阵  $Z$ 。

(2) 将判断矩阵按行求

$$v_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n z_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

(3) 归一化

$$w_i = v_i / \left( \sum_{k=1}^n v_k \right) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

(4) 求最大特征值

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(ZP)_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式中:  $P = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 。

(5) 进行一致性和随机性检验

$$C.I = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (4)$$

$$C.R = C.I / R.I \quad (5)$$

式中:  $C.I$  为一致性指标;  $n$  为矩阵阶数;  $R.I$  为平均随机一致性指标;  $C.R$  为随机一致性比率。只有当  $C.R < 0.10$  时, 求出的权值才比较合理。

通过计算, 得出各指标的权重如表 2。

表 2 评价指标权重

Tab. 2 Weighting of the Assessment Indexes

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 评价模型

评价数学模型采用由陈守煜提出的多级模糊模式识别模型, 其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。实现步骤为:

(1) 规格化处理。设某样本需要对模糊子集  $A$  进行识别, 样本的  $m$  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;  $h = 1, 2, \cdots, c$ ;  $i = 1, 2, \cdots, m$ 。

则递减型指标对  $A$  的相对隶属度

$$r_i = \begin{cases} 0 & x_i \leq y_{ik} \\ \frac{x_i - y_{ik}}{y_{il} - y_{ik}} & y_{il} > x_i > y_{ik} \\ 1 & x_i \geq y_{il} \end{cases} \quad (6)$$

$h$  级指标标准特征值对  $A$  的相对隶属度

$$s_{\bar{h}} = \begin{cases} 0 & y_{\bar{h}} = y_{ik} \\ \frac{y_{\bar{h}} - y_{ik}}{y_{il} - y_{ik}} & y_{il} > y_{\bar{h}} > y_{ik} \\ 1 & y_{\bar{h}} = y_{il} \end{cases} \quad (7)$$

递增型指标对  $A$  的相对隶属度

$$r_i = \begin{cases} 0 & x_i \geq y_{ik} \\ \frac{y_{ik} - x_i}{y_{ik} - y_{il}} & y_{il} < x_i < y_{ik} \\ 1 & x_i \leq y_{il} \end{cases} \quad (8)$$

$h$  级指标标准特征值, 对  $A$  的相对隶属度

$$S_{\bar{h}} = \begin{cases} 0 & y_{\bar{h}} = y_{ik} \\ \frac{y_{ik} - y_{\bar{h}}}{y_{ik} - y_{il}} & y_{il} < y_{\bar{h}} < y_{ik} \\ 1 & y_{\bar{h}} = y_{il} \end{cases} \quad (9)$$

(2) 求最优相对隶属度向量。样本对  $A$  的各个级别相对隶属度矩阵

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

式中:  $u_h$  为样本对  $A$  的级别  $h$  的相对隶属度, 按下式求解

$$u_h = \begin{cases} 0 & h < a \text{ 或 } > b \\ \frac{1}{\sum_{k=a}^b \left\{ \frac{\sum_{i=1}^m [w_i (r_i - s_{\bar{h}})]^p}{\sum_{i=1}^m [w_i (r_i - s_{\bar{k}})]^p} \right\}^{2/p}} & a \leq h \leq b \\ & d_h \neq 0 \\ 1 & d_h = 0 \end{cases} \quad (10)$$

式中:  $a, b$  为样本级别区间范围;  $w_i$  为样本指标  $i$  的权重;  $p$  为距离参数,  $p = 1$  为海明距离,  $p = 2$  为欧氏距离;  $d_h$  为广义权距离。

(3) 求级别特征值。相对级别特征值为级别变量  $h$  以对应的相对隶属度为权重的总和, 即

$$H_u = \sum_{h=1}^c u_h \cdot h \quad (11)$$

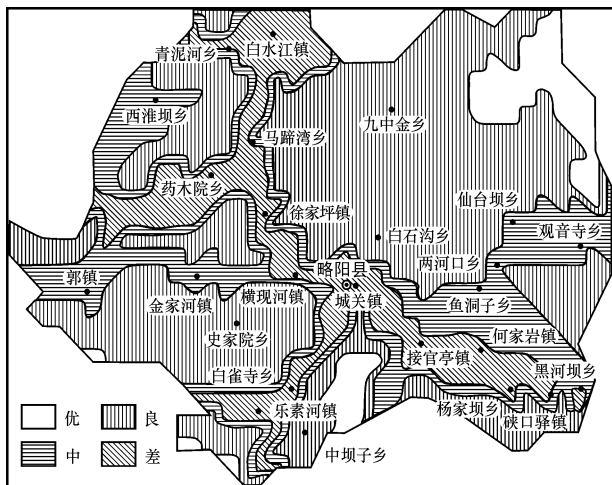
式中:  $H_u$  为相对级别特征值, 是描述状态或级别的无量纲数, 且  $1 \leq H_u \leq c$ 。由于其利用了全部相对隶属度信息, 其判断结论比最大隶属度原则更符合实际情况。因此, 可应用相对级别特征值来判定此样本属于何种级别。

### 2.4 评价结果分析

用 C++ Builder 6.0 开发的评价模型, 对略阳县进行了地质环境的质量评价, 将评价分为 4 个等级(图 1)。

#### 2.4.1 地质环境质量优区

区内人口稀少, 人类工程活动较弱, 植被发育较好, 滑坡、崩塌等地质灾害不发育。该区面积较



**Fig. 1 Assessment Result of Lueyang County in Shaanxi**

#### 2.4.2 地质环境质量良区

该区范围比较广,面积为  $1\,559.15\text{ km}^2$ , 占全县总面积的  $55.0\%$ , 主要分布在青泥河镇、白水江镇北部、西淮坝珍珠山至徐家坪任家台、郭镇西北部、金家河邓家营至史家院石登山、郭镇樊家尖至史家院混人坪、乐素河西南部、中坝子东部至城关镇南部、接官亭小沟里至杨家坝大院子、观音寺孟家河至炉子坝、两河口至观音寺北部以及白水江镇高山坪至白石沟蔡家河一带。

### 2.4.3 地质环境质量中区

该区面积为 671.66 km<sup>2</sup>, 占略阳县总面积的 23.7%, 主要分布在西汉水沿岸、横现河镇、史家院至郭镇公路沿线, 接官亭镇林口至杨家坝李家咀一带、黑河坝、鱼洞子至观音寺乡一带、白石沟至九中金、白水江镇公路沿线以及平行于嘉陵江沿岸的狭长地带。

#### 2.4.4 地质环境质量差区

区内地质环境条件极差,水系密布,人口密集,地形较陡,坡度一般为  $25^{\circ}$  以上,岩体破碎或软硬相间,人类工程活动极为强烈,滑坡、崩塌等地质灾害

该区总面积为 433.60 km<sup>2</sup>, 占全县面积的 15.3%, 分布在宝成铁路沿线和嘉陵江沿岸、青泥河、乐素河公路沿线、药木院南部至徐家坪西北部、略勉公路城关镇至硃口驿镇沿线以及杨家坝北部地区。

### 3 结语

运用 GIS 技术, 建立了略阳县空间数据库, 综合考虑地形坡度、工程地质岩组、岩土体结构类型、地下水位、植被发育的情况、月平均降雨量、确人类工程活动强度等指标, 运用层次分析法确定各权值, 采用多级模糊模式识别模型, 对略阳县进行了地质环境质量评价, 把略阳县地质环境划分为优、良、中、差 4 个级别。评价结果为略阳县地质环境的开发、利用和保护以及地质灾害的预防提供了一定的参考依据。

## [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] 陈守煜. 工程模糊集理论与应用[ M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.
- [ 2 ] 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.
- [ 3 ] 阮沈勇, 黄润秋. 基于 GIS 的信息量法模型在地质灾害危险性区划中的应用[ J]. 成都理工学院学报, 2001, 28( 1): 89 - 92.
- [ 4 ] 戴福初, 张晓晖, 李 军, 等. 地理信息系统 GIS 支持下的城市地质环境评价[ J]. 工程地质学报, 2000, 8( 4): 426 - 431.
- [ 5 ] 沈 芳, 黄润秋, 苗 放, 等. 地理信息系统与地质环境评价[ J]. 地质灾害与环境保护 2000, 11( 1): 6 - 10.
- [ 6 ] 卢全中, 郭相利, 赵法锁, 等. 略阳县地质灾害发育特征及其危险性初步评价[ J]. 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25( 1): 52 - 56.
- [ 7 ] 黄建军, 李雪梅. 宝鸡城市地质环境质量评价研究[ J]. 西安工程学院学报, 2001, 23( 1): 50 - 53.
- [ 8 ] 毛同夏, 石宏仁, 张丽君. 区域地质环境质量的定量评价与预测[ J]. 地学前缘, 1996, 3( 1): 141 - 147.
- [ 9 ] 祁 敏, 柏钰春, 王 勇, 等. 佳木斯市地质环境质量综合评价[ J]. 地质灾害与环境保护, 2004, 15( 2): 43 - 48.
- [ 10 ] 付延玲, 骆祖江, 王增辉. 用聚类分析模糊综合评判评价地质环境质量[ J]. 煤田地质与勘探, 1999, 27( 6): 47 - 50.
- [ 11 ] 乔晓英, 王文科. 基于 GIS 的冯家山灌区地质环境评价研究[ J]. 西安工程学院学报, 2002, 24( 1): 39 - 42.
- [ 12 ] 程凌鹏, 李智毅. 宁夏草原实验站地区地质环境质量的 GIS 综合评价[ J]. 现代地质, 2001, 15( 1): 108 - 112.