

模糊综合评价法在矿区塌陷土地 复垦潜力评估中的应用

刘文生 韩彩娟

(辽宁工程技术大学土木建筑工程学院, 阜新 123000)

摘 要 为了合理利用土地、提高土地生产率、改善矿区及其周围的生态环境,对矿区塌陷土地复垦潜力进行了研究。阐述了模糊综合评价法的基本原理,并以南票矿区为例,选择了塌陷土地复垦潜力评价的二层树状结构因子,确定了隶属度函数、评价指标权重和评价集,得出了塌陷土地复垦潜力的评价结果。为其他矿区塌陷土地复垦潜力评价提供了理论依据。

关键词 模糊综合评价法 南票矿区 土地复垦

中图分类号 X820 文献标识码 A 文章编号 1673-9108(2008)12-1711-04

Application of fuzzy comprehensive evaluation in reclamation potential evaluation of collapse land in mining area

Liu Wensheng Han Caijuan

(Institute of Architecture and Civil Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000)

Abstract In order to make rational use of land, increase productivity of land and improve ecological environment in the mining area and its surrounding, collapse land reclamation potency in the mining area was studied. The basic theory of fuzzy comprehensive evaluation was elaborated. Taking Nanpiao coal mine as an example, choosing two layers of the evaluation factors tree of collapse land reclamation potency, the membership function, the weight of evaluation index and evaluation set were fixed, and the results of collapse land reclamation potential evaluation were gotten. It provides theory foundation for collapse land reclamation potency of other mining areas.

Key words fuzzy comprehensive evaluation law; Nanpiao coal mine; land reclamation

南票矿区位于辽宁省西南部山区,行政区划隶属辽宁省葫芦岛市。南票矿区因煤炭开采产生的沉陷区总面积达 31.8 km^2 ,造成沉陷范围内大量城乡居民住宅、医院和学校以及部分城市基础设施呈现整体或部分破坏现象,对人民的生命安全和生存环境构成严重威胁。为了促进该地区的经济发展,必须对现有已经被破坏的土地进行土地复垦,所以对南票矿区土地复垦潜力进行评价具有重要意义。

矿区塌陷地复垦潜力的评价对科学地指定复垦规划,确定复垦方向具有重要意义,传统的方法是利用层次分析法和潜力系数法等进行评价,如层次分析法^[1]是将评价指标硬性分类,再根据决策者的经验判断给予数量化的一种方法。而实际上这些指标的界限具有不确定性,划分出的等级也并非非此即彼,而是带有模糊性。考虑到一个评价单元的有些因素是因定值,而有些因素值难以具体确定,如年降

雨量不同年份有可能坡度值在不同位置存在着变化,因此本文在对南票矿区土地复垦潜力进行综合评价时,引入了模糊数学的方法将一些边界不清、不易定量的因素定量化,再进行综合评价。

1 模糊综合评价的原理^[2]

模糊综合评价就是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素,对其所作的综合评价。这里的着眼点是所要考虑的各个相关因素。

设评价因素集合为: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$

决策评语集为: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

收稿日期:2008-06-06; 修订日期:2008-08-24

作者简介:刘文生(1963~),男,博士,教授,主要研究方向:矿山开采沉陷预测与治理工程。E-mail:liuws88@163.com

首先对评价因素集合 U 中的单因素 $u_i (i=1, 2, \dots, n)$ 作单因素评价, 从因素 u_i 着眼确定该因素对决策等级 $v_j (j=1, 2, \dots, m)$ 的隶属度 r_{ij} , 这样就可以得出第 i 个因素 u_i 单因素评价集合: $r_i = \{r_{i1}, r_{i2} \dots r_{im}\}$ 。

它是决策评语集 V 上的模糊子集。这样 n 个评价集就构造出一个总的评价矩阵 R :

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \Lambda & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \Lambda & r_{2m} \\ M & M & M & M \\ r_{n1} & r_{n2} & \Lambda & r_{nm} \end{bmatrix}$$

R 即是评价因素论域 U 到决策评语论域 V 的一个模糊关系, r_{ij} 表示 u_i 因素对决策等级 v_j 的隶属度。因各个因素对评价的重要性不同, 必须确定各个因素的权重集 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ 。

于是, 当权重集 A 和模糊关系矩阵 R 为已知时, 可作模糊变换来进行综合评价:

$$B = A \odot R = (b_1, b_2, \dots, b_m)$$

式中 $\odot$ 为合成运算, B 称为决策评语集 V 上的等级模糊子集, $b_j (j=1, 2, \dots, m)$ 为等级 v_j 对综合评价所得等级模糊子集 B 的隶属度。

多层次系统的模糊综合评判将因素集分成几组, 每组包含若干个因素。评判是从低层到高层进行的。第 K 层评判因素的评判指标向量即第 $K-1$ 层评判指标的隶属度。评判时先按因素等级进行单因素的一级评判, 再做因素组的二级综合评判, 最后进行综合评判。

2 模糊综合评价法在南票矿区塌陷土地复垦潜力评价中的应用

2.1 南票矿区土地复垦潜力评价因子选择^[3]

根据实地调查研究, 在选择过程中, 依据主导性和稳定性原则来筛选因子, 在众多的土地因素中, 选择对土地生产潜力或限制性影响大的主导因子, 着重分析它们对潜力分类的影响或制约关系。根据因子的变异特性, 主要选择那些较稳定因子作评价, 而尽量避免选用易变的因子。根据所选择的指标, 其潜力或限制性因子可分为二层树状结构, 高层为 4 个方面: 地形改造条件 U_1 、土壤条件^[4] U_2 、水文地理条件 U_3 和社会经济条件 U_4 , 其下层共有 15 个因子^[2], 构成结构图(图 1)。

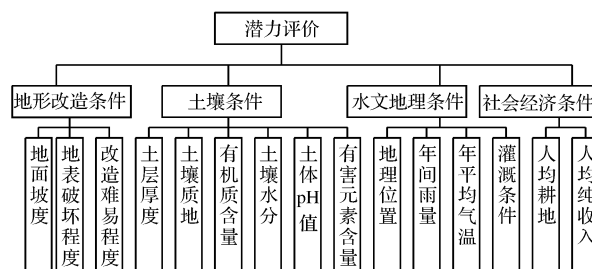


图 1 南票矿区塌陷地复垦潜力评价层次结构

Fig. 1 Hierarchy of Nanpiao collapse mine reclamation potential evaluation

2.2 矿区复垦潜力隶属度函数的确定

考虑各等级之间的模糊性, 本文采用公式法和专家打分法来确定隶属函数及隶属度。综合各因子数据的分布特征, 对连续性影响因素采用“降半梯形”分布计算各级隶属度^[2](公式(1)~公式(5))。对其他离散型因素则采用德尔菲法计算各级隶属度^[4](表 1)。

$$U_1(x) = \begin{cases} 1 & x \leq V_1 \\ \frac{V_2 - x}{V_2 - V_1} & V_1 < x \leq V_2 \\ 0 & x > V_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$U_2(x) = \begin{cases} \frac{x - V_1}{V_2 - V_1} & V_1 < x \leq V_2 \\ 0 & x \leq V_1 \text{ 或 } x > V_3 \\ \frac{V_3 - x}{V_3 - V_2} & V_2 < x \leq V_3 \end{cases} \quad (2)$$

$$U_3(x) = \begin{cases} \frac{x - V_2}{V_3 - V_2} & V_2 < x \leq V_3 \\ 0 & x < V_2 \text{ 或 } x > V_4 \\ \frac{V_4 - x}{V_4 - V_3} & V_3 < x \leq V_4 \end{cases} \quad (3)$$

$$U_4(x) = \begin{cases} \frac{x - V_3}{V_4 - V_3} & V_3 < x \leq V_4 \\ 0 & x < V_3 \text{ 或 } x > V_4 \\ \frac{V_5 - x}{V_5 - V_4} & V_4 < x < V_5 \end{cases} \quad (4)$$

$$U_5(x) = \begin{cases} 0 & x \leq V_4 \\ \frac{x - V_4}{V_5 - V_4} & V_4 < x \leq V_5 \\ 1 & x \geq V_5 \end{cases} \quad (5)$$

式中 V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 分别是土地复垦潜力分级的 5

级标准值(对于区间性指标取其平均值); x 为实测值。

2.3 评价指标权重的确定

评价指标的权重指该评价指标在综合评价中所占比重大小。权重确定的方法分为两类。一类为数理统计法,其代表方法有多元回归分析、灰色关联度分析^[5]等,其特点是侧重于数字的定量统计,以寻求数据之间的内在规律性。另一类为专家咨询法^[6],其代表方法有:排序法和层次分析法。二者各有其关键之处,数理统计法需要大量的代表性的数据,专家咨询法则要求有丰富专业经验的专家群体。从南票矿区采煤沉陷地的具体情况来分析,由于采煤沉陷对于企业和政府来说都是一个需要投入大量资金的棘手问题,它涉及到一些复杂的工农关系以及矿山企业与政府部门的关系,所以处理起来比较困难。数据方面也存在着一些差异,大量代表性数据的获取比较困难,所以数理统计法不适于该地区潜力评价指标因子权重的确定。而专家咨询法能够弥补这方面的不足,因此本文拟采用专家咨询法来确定该地区复垦指标因子的权重,见表 1。

2.4 评语集

根据复垦潜力从高到低可将其分为 5 个等级^[5],Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级复垦潜力较大,Ⅳ、Ⅴ级复垦难度较大,各因子的评分等级^[7]见表 2。

表 1 土地复垦潜力评价因子权重表
Table 1 Evaluation of potential land reclamation weight

第一层	权 重	因子层	权 重
地形改造条件	0.275	地面坡度	0.136
		地表破坏程度	0.432
		改造难易程度	0.432
土壤条件	0.408	土层厚度	0.254
		土质	0.143
		有机质含量	0.188
		土壤水分	0.153
		土体 pH 值	0.148
		有害元素含量	0.114
水文地理条件	0.213	地理位置	0.104
		年降雨量	0.48
		年平均气温	0.216
		灌溉条件	0.2
社会经济条件	0.104	人均耕地	0.857
		人均收入	0.143

表 2 复垦潜力影响因子及评价标准

Table 2 Reclamation potential influencing factors and evaluation criterions

复垦潜力 影响因子	复垦潜力评价级别				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
地面坡度(°)	<3	3~10	10~20	20~35	>35
地表破坏程度	1	2	3	4	5
改造难易程度	几乎不用	难度较小	有点难度	难度较大	很难改造
土层厚度(cm)	>100	70~100	40~70	20~40	<20
土质	壤质	粘土质	砂壤质	砂质	砾质
有机质含量(%)	>2	1.5~2	1~1.5	0.5~1	<0.5
土壤水分含量(%)	15~20	20~25	10~15	5~10	>25或<5
土壤 pH 值	6~8	5~6	4~5	8~9	>9或<4
有害元素含量	远低于规定	低于规定	接近规定	稍微超标	严重超标
地理位置	沿海城郊	沿海农村	中部城郊	中部农村	内陆农村
年降雨量(mm)	>1 500	1 000~1 500	500~1 000	100~500	<100
平均温度(℃)	>15	10~15	5~10	0~5	<0
灌溉条件	优	良	一般	较差	极差
人均耕地(hm ²)	<1/30	1/30~1/15	1/15~1/10	1/10~2/15	>2/15
农民收入(元)	>2 500	2 000~2 500	1 500~2 000	1 000~1 500	<1 000

2.5 模糊综合评价分析

模糊关系矩阵 R 和权重矩阵 A 建立之后,把 A 和 R 进行合成运算,便得到综合评价指数 $B = A \odot R$,其中 $b_j = U(a_i r_{ij}) = \max[(a_1 r_{1j}), (a_2 r_{2j}) \cdots (a_m r_{mj})]$,根据模糊数学最大隶属度原则, B 中最大值对应的等级,即为模糊评价中的最终评价等级。

根据南票矿区的实际情况,代入隶属函数或专家赋值确定的隶属度,得到评价矩阵,然后对地形改造条件 U_1 、土壤条件 U_2 、水文地理条件 U_3 、和社会经济条件 U_4 等4个一级因子做一级模糊评价,再对矿区土地复垦潜力进行二级评价,过程如下:

$$B_1 = (0.136 \quad 0.432 \quad 0.432) \times \begin{bmatrix} 0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0 & 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\ = (0.028 \quad 0.670 \quad 0.259 \quad 0.043 \quad 0)$$

$$B_2 = (0.553 \quad 0.254 \quad 0.111 \quad 0.059 \quad 0.023)$$

$$B_3 = (0.156 \quad 0.424 \quad 0.333 \quad 0 \quad 0.087)$$

$$B_4 = (0.029 \quad 0.114 \quad 0 \quad 0 \quad 0.857)$$

式中: B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 分别是基于4个评价因子的一级综合评价结果。

进行二级模糊评价时,将4类影响因子当作4个单因素看待,进行二级评价,即:

$$B = \begin{bmatrix} 0.275 \\ 0.408 \\ 0.213 \\ 0.104 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.028 & 0.670 & 0.259 & 0.043 & 0 \\ 0.553 & 0.254 & 0.111 & 0.059 & 0.023 \\ 0.156 & 0.424 & 0.333 & 0 & 0.087 \\ 0.029 & 0.114 & 0 & 0 & 0.857 \end{bmatrix} \\ = [0.28 \quad 0.415 \quad 0.187 \quad 0.036 \quad 0.117]$$

式中: B 为最终二级评价结果。

根据以上分析结果,按最大隶属度原则,南票矿区沉陷土地复垦潜力为Ⅱ级。所以,该地区的土地复垦潜力很大,应尽快进行土地复垦,使被破坏废弃

的土地重新得到利用。

3 结 论

(1)本文通过模糊综合评价法得出了南票矿区塌陷土地复垦潜力为Ⅱ级,通过二级评价指标可得出各个阶段的评语值,相应地可得到各个阶段的工程等级^[8],为后期的土地复垦做好准备工作。

(2)模糊综合评价法将土地复垦中一些边界不清、不易定量的因素量化,并考虑到了评价因素的不确定性、模糊性,在实际应用中便于操作,比传统的土地复垦潜力评价方法具有优越性。

参 考 文 献

- [1] 张丹凤,白中科,等. 矿区复垦土地评价法. 资源开发与市场,2007,23(8):30~32
- [2] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法与应用(第2版). 武汉:华中科技大学出版社,2000. 26~27
- [3] 汪鹏,马才学. 农用地分等定级指标体系建立方法探讨. 经济工作,2005,(6):103~104
- [4] 王建国,杨林章,单艳红. 模糊数学在土壤质量评价中的应用研究. 土壤学报,2001,38(2):176~183
- [5] 何书金,苏光全. 矿区废弃土地复垦潜力评价方法与应用实例. 地理研究,2000,19(2):165~171
- [6] 王德利,陈秋计. 矿区废弃土地复垦潜力的模糊层次综合评价模型. 北京工业职业技术学院学报,2002,8(1):28~31
- [7] Dobson A. P., Bradshaw A. D., Baker A. J. M. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biology. Science,1997,277:515~522
- [8] 于治平. 山西省晋城市城区土地复垦潜力研究. 科技情报开发与经济,2004,14(12):23~25