

# 北京市大兴永定河沙地综合治理效益评价

王晓慧

孙保平

(中国林业科学研究院资源信息研究所·北京·100091) (北京林业大学水土保持学院)

**摘要** 建立了一套能完整反映北京市大兴永定河沙地治理中经济发展、社会进步和生态环境改善的效益评价指标体系。采用多层次模糊综合评价方法进行评价,采用层次分析法确定评价因子的权重,实现了效益评价的客观合理性。

中图分类号: S157.2

**关键词:** 大兴永定河沙地治理 效益评价指标体系 多层次模糊综合评价法 层次分析法

## Benefit Evaluation of Sandy Land Comprehensive Control in Yongding River Watershed, Daxing County, Beijing City

Wang Xiaohui

Sun Baoping

(Research Institute of Forest Resource Information Technique,  
the Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091, PRC)

(College of Soil and Water Conservation)

**Abstract** A indicator system of benefit evaluation to reflect economic and social development and ecological improvement is established. To evaluate benefit with fuzzy comprehensive evaluation and to set factor significance with analysis hierarchy process, it was realized that benefit evaluation was objective and reasonable.

**Keywords:** sandy land control in Yongding river watershed; indicator system of benefit evaluation; multilevel fuzzy comprehensive evaluation; analysis hierarchy process

北京市大兴永定河沙地综合治理,以建设永定河沙地新的、高效和谐的人工—自然景观和生态经济系统为目标。本文对其治理成效进行科学的综合评价,就评价指标体系和评价方法进行研究,可以掌握系统的演替方向和某些因子的变化规律,了解到存在的主要问题和治理措施的轻重缓急,可以为进一步的治理开发和实现可持续发展提供科学的决策依据。

### 1 效益评价指标体系的确立

北京市大兴永定河沙地综合治理效益由生态、经济和社会效益来综合反映,它们之间的关系既有相对独立性,又有相互交叉的联系。因此,必须从系统整体出发,将生态、经济、社会效益统筹兼顾,按整体平衡的观点,充分反映三大效益的特点,并以计算简便,易于推广应用为出发点,按科学性、整体性、可比性、定量性、重点性的原则构建评价指标体系(图 1)。

### 2 效益评价方法的确立

#### 2.1 多层次模糊综合评价方法的原理

大兴县沙地综合治理效益评价指标体系共有 3 大类 16 项评价指标,通过治理前后各项的计算比较,虽然可以看出治理的概况,但仍是单指标法的一种延伸,为了把握治理成效的全貌,

全面考虑各评价因素间客观存在的层次关系,采取多层次模糊综合评价方法<sup>[1]</sup>。

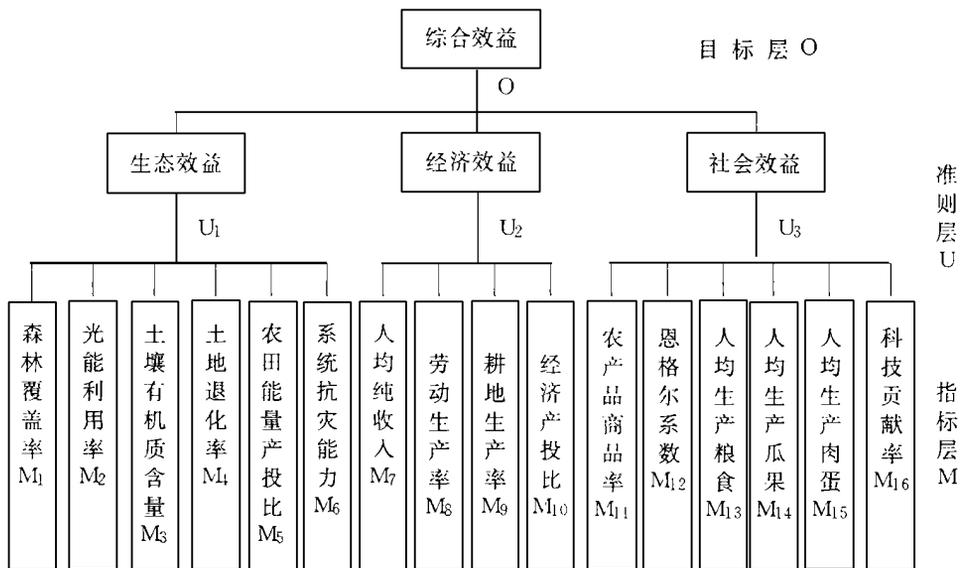


图 1 大兴县沙地综合治理效益评价层次结构模型

多层次模糊综合评价,是由下而上进行模糊合成运算。综合评价的一般模糊关系方程是:  $B = A \circ R$ , 式中  $B$  为评价结果即判决子集;  $A$  为模糊集中的权重分配;  $\circ$  为模糊算子;  $R$  为各评价因素的单因素评价矩阵。M 层中生态效益、经济效益和社会效益的评价矩阵  $R_i (i = 1, 2, 3)$  由各评价指标的实际值按隶属函数标准化计算而得。M 层的评价结果  $B_i$ , 将做为 U 层评价中相应的  $R_i$  值。考虑到影响因素众多,且为整体因素起作用,故采用加权平均模型  $M(\cdot, \oplus)$  予以计算。

### 2.2 层次分析法确定各因素的权重

层次分析法可以对非定量事物做定量分析,对人们的主观判断作客观描述,因此,采用层次分析法来解决权重问题<sup>[2]</sup>。本评价中各因素的权重见表 1。

表 1 权重向量表

| $A$                         | $A_i$  |
|-----------------------------|--|
| $A = (0.309, 0.529, 0.162)$ | $A_1 = (0.330, 0.065, 0.242, 0.100, 0.079, 0.184)$ |
|                             | $A_2 = (0.425, 0.150, 0.239, 0.186)$               |
|                             | $A_3 = (0.361, 0.134, 0.090, 0.160, 0.075, 0.180)$ |

### 2.3 各指标标准化

建立模糊数学隶属度函数对指标进行标准化,根据对指标性质的分析,采用升半梯形、降半梯形 2 种类型<sup>[3]</sup>,表达式如下:

(1) 升半梯形函数:

$$U(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 < x < a_2 \\ 1 & x \geq a_2 \end{cases}$$

(2) 降半梯形函数

$$U(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1} & a_1 < x < a_2 \\ 0 & x \geq a_2 \end{cases}$$

式中:  $x$ —— 指标实际值;  $a_1, a_2$  —— 指标的上、下限,可依据评价标准,即基准值和理想值

确定。两种隶属函数的分布见图 2。

## 2.4 评价标准值的确定

评价指标的标准值是指基准值和理想值。基准值是评价指标对于特定时间上一定范围总体水平的参照值,理想值是在某一时段内预计将要达到的值或理论上的最优值<sup>[3]</sup>。

研究对象大兴县基准值的参照时间为 50~60 年代,理想值的时间界限为 2010 年(见表 2)。确定基准值的参照依据有 50~60 年代大兴县自然条件和社会经济情况;典型调查资料;专家咨询和专项研究资料;某些指标的计算与推导。理想值的确定依据是:(1)客观标准:指系统本身在理想条件下所能达到的最高或最低值。如:土壤肥力、土地退化率、光能利用率、农田能量产投比、经济产投比、系统抗灾能力。(2)社会规范标准:指根据国家和县已明确制定规划目标,以 2010 年全县预计的平均先进水平表示。如人均纯收入、人均产粮、人均产果品、人均生产肉蛋、森林覆盖率、劳动生产率、耕地生产率。(3)人为标准:根据人们的实践经验人为确定的标准。如:恩格尔系数、农产品商品率、科技贡献率。

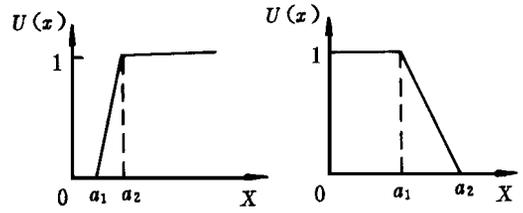


图 2 模糊数学隶属函数分布图

表 2 效益评价指标标准值

| 评价指标                        | 基准值   | 理想值  | 评价指标        | 基准值  | 理想值   |
|-----------------------------|-------|------|-------------|------|-------|
| 森林覆盖率/%                     | 3.7   | 35   | 光能利用率/%     | 0.38 | 0.95  |
| 有机质含量/(g·kg <sup>-1</sup> ) | 3.7   | 14   | 土地退化率/%     | 37.6 | 0.98  |
| 农田能量产投比                     | 1.59  | 2.70 | 系统抗灾能力      | 0.81 | 1     |
| 人均纯收入(元/人)                  | 46.7  | 6500 | 劳动生产率(元/人)  | 709  | 18500 |
| 耕地生产率/(元·hm <sup>-2</sup> ) | 862.5 | 7800 | 经济产投比       | 1.1  | 3.0   |
| 农产品商品率/%                    | 37    | 90   | 恩格尔系数/%     | 60   | 39    |
| 人均产粮(kg/人)                  | 169   | 1560 | 人均产果品(kg/人) | 15   | 950   |
| 人均生产肉蛋(kg/人)                | 8.4   | 230  | 科技贡献率/%     | 4    | 50    |

利用上述两类函数,依据评价标准值对评价指标实际值标准化,结果如表 3,其中第 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 指标为升半梯形标准化类型,第 4, 12 指标为降半梯形标准化类型。

## 2.5 效益评价值的计算

M 层评价为  $B_i = A_i \circ R_i (i = 1, 2, 3)$ 。式中:  $A_i$  为 M 层中对应于生态效益、经济效益和社会效益的评价指标的权重向量;  $R_i$  为 M 层生态效益、经济效益和社会效益的单因素评价矩阵,由表 3 中相应的指标标准化值组成。

$$(1) \text{对生态效益的评价: } B_1 = A_1 \circ R_1 = (0.0264, 0.3338, 0.7127)$$

$$(2) \text{对经济效益的评价: } B_2 = A_2 \circ R_2 = (0, 0.1046, 0.6595)$$

$$(3) \text{对社会效益的评价: } B_3 = A_3 \circ R_3 = (0.0054, 0.1375, 0.6786)$$

(4) 将 M 层的生态效益、经济效益和社会效益的评价值  $B_i (i = 1, 2, 3)$  做为高层次 U 层的模糊评价矩阵 R, 则 U 层综合效益的评价为:  $B = A \circ R = (0.0090, 0.1808, 0.6790)$ 。前式中:

$$A_1 = (0.330, 0.065, 0.242, 0.100, 0.079, 0.184); A_2 = (0.425, 0.150, 0.239, 0.186)$$

$$A_3 = (0.361, 0.134, 0.090, 0.160, 0.075, 0.180); A = (0.309, 0.529, 0.162)$$

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.24 & 0.62 \\ 0.07 & 0.37 & 0.79 \\ 0 & 0.35 & 0.71 \\ 0 & 0.35 & 0.89 \\ 0.02 & 0.15 & 0.64 \\ 0.11 & 0.58 & 0.79 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0.05 & 0.85 \\ 0 & 0.43 & 0.56 \\ 0.02 & 0.21 & 0.69 \\ 0 & 0.02 & 0.59 \\ 0 & 0.05 & 0.67 \\ 0.02 & 0.20 & 0.50 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0.02 & 0.75 \\ 0 & 0.03 & 0.77 \\ 0 & 0.22 & 0.53 \\ 0 & 0.21 & 0.53 \end{bmatrix}$$

$$R = \begin{bmatrix} 0.0264 & 0.3338 & 0.7127 \\ 0 & 0.1046 & 0.6595 \\ 0.0054 & 0.1375 & 0.6786 \end{bmatrix}$$

生态效益、经济效益、社会效益和综合效益的评价值见表4。

表3 效益评价指标标准化值

| 效益评价指标 |                               | 1952年 |      | 1975年 |      | 1994年 |      |
|--------|-------------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|
|        |                               | 实际值   | 标准化值 | 实际值   | 标准化值 | 实际值   | 标准化值 |
| 生态效益   | 森林覆盖率                         | 3.7   | 0    | 11.2  | 0.24 | 23.1  | 0.62 |
|        | 光能利用率                         | 0.42  | 0.07 | 0.59  | 0.37 | 0.83  | 0.79 |
|        | 有机质含量/(g · kg <sup>-1</sup> ) | 3.7   | 0    | 7.3   | 0.35 | 11.0  | 0.71 |
|        | 土地退化率                         | 37.6  | 0    | 24.7  | 0.35 | 5.1   | 0.89 |
|        | 农田能量产投比                       | 1.62  | 0.02 | 1.78  | 0.15 | 2.40  | 0.64 |
|        | 系统抗灾能力                        | 0.83  | 0.11 | 0.92  | 0.58 | 0.96  | 0.79 |
| 经济效益   | 人均纯收入                         | 48.8  | 0    | 177   | 0.02 | 4890  | 0.75 |
|        | 劳动生产率                         | 709   | 0    | 1133  | 0.03 | 12270 | 0.77 |
|        | 耕地生产率                         | 57.5  | 0    | 330   | 0.22 | 719   | 0.53 |
|        | 经济产投比                         | 1.1   | 0    | 1.5   | 0.21 | 2.1   | 0.53 |
| 社会效益   | 农产品商品率                        | 37    | 0    | 39.7  | 0.05 | 82    | 0.85 |
|        | 恩格尔系数                         | 60    | 0    | 51    | 0.43 | 46    | 0.56 |
|        | 人均产粮                          | 201.6 | 0.02 | 407   | 0.21 | 951   | 0.69 |
|        | 人均产果品                         | 15.8  | 0    | 209.7 | 0.02 | 658.1 | 0.59 |
|        | 人均产肉蛋                         | 8.4   | 0    | 12.1  | 0.05 | 139.5 | 0.67 |
|        | 科技贡献率                         | 5     | 0.02 | 13    | 0.20 | 27    | 0.50 |

## 2.6 效益得分值的计算

为了让所得评价结果直观明了,将效益评价值  $B$  换算成百分制得分<sup>[4]</sup>,公式为  $b_i = \text{int}(100b_i + 0.5)$ ,结果见表5。

表4 效益评价值

| 年份   | 生态效益   | 经济效益   | 社会效益   | 综合效益   |
|------|--------|--------|--------|--------|
| 1952 | 0.0264 | 0      | 0.0054 | 0.0090 |
| 1975 | 0.3338 | 0.1046 | 0.1375 | 0.1808 |
| 1994 | 0.7127 | 0.6595 | 0.6786 | 0.6790 |

表5 效益评价得分

| 年份   | 生态效益 | 经济效益 | 社会效益 | 综合效益 |
|------|------|------|------|------|
| 1952 | 3    | 0    | 1    | 1    |
| 1975 | 33   | 10   | 14   | 18   |
| 1994 | 71   | 66   | 68   | 68   |

## 2.7 评价结果等级划分

将生态效益、经济效益、社会效益和综合效益评价结果按得分划分 4 个等级(见表 6)。

## 2.8 评价结果

依据各类效益得分值和评价等级的划分,得出各类效益的评价结果(见表 7)。

表 6 效益评价等级划分

| 等级   | I <sub>1</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>3</sub> | I <sub>4</sub> |
|------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 得分区间 | 80~100         | 70~79          | 60~69          | 59             |
| 评语   | 优              | 良              | 中              | 差              |

表 7 效益评价结果

| 年 份  | 生态效益           |    | 经济效益           |    | 社会效益           |    | 综合效益           |    |
|------|----------------|----|----------------|----|----------------|----|----------------|----|
|      | 评价等级           | 评语 | 评价等级           | 评语 | 评价等级           | 评语 | 评价等级           | 评语 |
| 1952 | I <sub>4</sub> | 差  |
| 1975 | I <sub>4</sub> | 差  |
| 1994 | I <sub>2</sub> | 良  | I <sub>3</sub> | 中  | I <sub>3</sub> | 中  | I <sub>3</sub> | 中  |

(1) 大兴县沙地综合治理成效显著,生态效益、经济效益、社会效益和综合效益一直呈增长趋势。经济效益、社会效益和综合效益均由 50 年代和 70 年代的差(I<sub>4</sub>级)达到 90 年代的中等水平(I<sub>3</sub>级),生态效益由 50 年代和 70 年代的差(I<sub>4</sub>级)达到 90 年代的良好(I<sub>2</sub>级)。

(2) 从不同时期治理效益增长幅度来看,70~90 年代增长幅度比 50~70 年代大。生态效益、经济效益、社会效益和综合效益的得分增长平均值在 50~70 年代和 70~90 年代分别为 17.5 和 49.5。

(3) 从当前治理情况来看,90 年代经济效益、社会效益和综合效益均为中等水平(I<sub>3</sub>级),生态效益为良好水平(I<sub>2</sub>级)。进一步治理应大力提高经济效益和社会效益。只有三类效益兼顾,共同提高,才能实现生态效益、经济效益和社会效益的协调发展和综合效益的稳步提高。

## 3 结 论

(1) 北京市大兴永定河沙地治理效益评价指标体系的建立,为效益评价以及进一步决策提供了科学的依据。

(2) 采用多层次模糊综合评价方法进行评价,可以全面考虑各评价因素间客观存在的层次关系;采用层次分析法确定评价因子的权重,使权重确定具有客观性;将模糊评价结果转换为百分制得分,并进行等级划分,使评价结果直观明了。

(3) 本文研究对象北京市大兴永定河沙地紧邻北京,该地区经济较发达,沙地治理技术形式多样,措施先进,治理与开发效果显著,在同类地区居于领先水平。基于此较高治理水平所构建的评价指标体系亦具有超前性,可为同类地区借鉴。

### 参 考 文 献

- 1 贺北方,等.多级模糊层次综合评价的数学模型及应用.系统工程理论与实践,1989(6):1-6
- 2 蔡常丰.数学模型建模分析.北京:科学出版社,1995
- 3 齐鑫山.山东省生态农业综合评价标准值的确定及其应用.生态农业研究,1995,3(3):34-39
- 4 张跃.模糊数学方法及其应用.北京:煤炭工业出版社,1992