

# 基于熵的小流域治理效益评价模型及其应用

时光新<sup>1</sup>, 尹成信<sup>2</sup>

(1. 平邑县对外农业协作办公室, 山东 平邑 273300; 2. 平邑县仲村镇水利站, 山东 平邑 273300)

**摘要:** 小流域治理效益的评价是一个多层次多指标的评价过程, 根据各评价指标特征值之间的变异程度, 利用信息论中熵这一工具, 确定各评价指标的权重, 以减小人为赋权的主观性。在此基础上, 建立数学评价模型, 使评价结果更加客观。

**关键词:** 熵 效益评价 优劣排序

文献标识码: B 文章编号: 1000-288X(1999)05-0038-03 中图分类号: S157

## Benefit Evaluation Model and Its Application on Small Watershed Control on the Basis of Information Entropy

SHI Guang-xin<sup>1</sup>, YIN Cheng-xin<sup>2</sup>

1. The Foreign Agricultural Coordinated Office of Pingyi County, Pingyi County 273300, Shandong Province, PRC; 2. Water Conservancy Station of Zhongcun Town, Pingyi County 273300, Shandong Province, PRC)

**Abstract** The benefit evaluation about small watershed control is a multi-level and multi-index problem. According to variation degree among the characteristic values of evaluation indexes, the information entropy was used as a tool to determine the weight, so as to reduce the subjectivity of people. The model improved on the basis of information entropy can make the evaluation result more objectives.

**Keywords** information entropy; benefit evaluation; merit and demerit arrangement

小流域治理效益的评价, 是一个多层次多指标的评价过程, 要对其做全面、科学地评价, 除了建立一套能从总体上反映治理效益的指标体系外, 确定各个评价指标的权重是至关重要。目前, 常用文献 [1] 中评价方法的指标权重, 主要采用主观赋权法——AHP法。这种赋权方法能够充分考虑专家的意见, 同时, 它要受到专家的知识 and 经验的影响。为消除这种人为影响, 本文根据评价指标特征值之间的变异程度, 利用信息论中熵的概念, 来确定评价指标的权重。在此基础上, 建立数学评价模型, 以使评价结果更加客观。

### 1 数据预处理

设有  $n$  个待评价小流域, 参与评价的指标有  $m$  个, 则有评价指标特征值矩阵  $X$ :

$$X_{ij} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \cdots & X_{mn} \end{pmatrix} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

矩阵中:  $X_{ij}$ ——第  $j$  个小流域第  $i$  指标的特征值。

由于参与评价的各项指标对治理效益的贡献存在正负效应, 即有些评价指标的特征值愈

大, 对治理效益的贡献愈大; 有些评价指标的特征值愈大, 对治理效益的贡献则愈小。为消除这种影响, 需对矩阵 (1) 中的特征值进行同度量化处理, 方法如下:

$$\begin{cases} X'_{ij} = X_{ij} / \max X_{ij} & \text{正效益类指标} \\ X'_{ij} = \min X_{ij} / X_{ij} & \text{负效益类指标} \end{cases} \quad (2)$$

据此得到标准化矩阵  $X'$ :

$$X'_{ij} = \begin{pmatrix} X'_{11} & X'_{12} & \cdots & X'_{1n} \\ X'_{21} & X'_{22} & \cdots & X'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X'_{m1} & X'_{m2} & \cdots & X'_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

## 2 建立数学评价模型

第 1 步, 计算第  $i$  项指标下第  $j$  条小流域评价指标特征值比重

$$p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{j=1}^n x'_{ij}} \quad (4)$$

第 2 步, 计算第  $i$  项指标的熵

$$e = - \sum_{j=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (5)$$

第 3 步, 计算第  $i$  项指标的权重

$$a_i = g_i \sum_{j=1}^n g_j \quad (6)$$

以上式中:  $p_{ij}$ ——第  $i$  项指标的比重;  $e$ ——第  $i$  项评价指标的熵值;  $c$ ——系数,  $c = 1 / mn$ ;

$a_i$ ——第  $i$  项指标的权重;  $g_i$ ——第  $i$  项指标的差异性系数,  $g_i = 1 - e_i$

第 4 步, 数学评价模型

$$w_j = \sum_{i=1}^m a_i p_{ij} \quad (7)$$

式中:  $w_j$ ——第  $j$  个小流域的综合评价价值。可按  $w_j$  由大到小, 对治理效益进行优劣排序

## 3 治理效益评价实例分析

王茂沟、川掌沟、堡子沟、老虎沟和六道沟是黄土高原的 5 条小流域, 经过多年的综合治理, 各流域的单项指标都有较大程度地提高。现利用上述评价方法对其治理效益进行评价, 评价指标体系和各项评价指标的特征值见表 1

表 1 各小流域治理经济、社会和生态效益指标实测值

效益类别 $B_i$	指标项目 $I_i$	王茂沟	川掌沟	堡子沟	老虎沟	六道沟
经济效益 指标 $B_1$	$I_1$ 经济内部回收率 %	0.62	21.66	17.51	15.63	22.01
	$I_2$ 土地生产率 (元 $\cdot$ hm $^{-2}$ $\cdot$ a $^{-1}$ )	1173	1634	2192	1023	1408
	$I_3$ 劳动生产率 (元 / 工日)	4.74	16.30	8.95	5.70	10.65
	$I_4$ 资金生产率 (元 / 100 元)	236.7	300.9	235.2	244.4	411
社会效益 指标 $B_2$	$I_5$ 环境人口容量	1.05	1.24	1.04	1.00	1.18
	$I_6$ 粮食满足程度 (kg / 人)	383	456	545	435	508.4
	$I_7$ 人均基本农田 (hm $^2$ / 人)	0.163	0.14	0.214	0.137	0.092
	$I_8$ 系统商品率 %	6.34	8.10	9.13	4.95	23.76
生态效益 指标 $B_3$	$I_9$ 生态经济结构势	0.63	0.40	0.36	0.29	0.35
	$I_{10}$ 种植业能量产投比	2.56	2.04	2.34	1.89	1.60
	$I_{11}$ 治理程度 %	82.0	78.1	86.6	73.3	79.97
	$I_{12}$ 林草覆盖率 %	58.5	71.7	34.4	36.3	35.0
	$I_{13}$ 侵蚀模数 $/(t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1})$	1650	3222	739	1409	13896
	$I_{14}$ 地表径流模数 $/(10^4 m^3 \cdot km^{-2})$	2.01	2.61	0.64	0.43	0.10

注: 表中第 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14 项指标为正效益类, 第 13 项指标为负效益类。

第 1 步: 由式 (2) 对特征值进行标准化处理

$$X'_{ij} = \begin{pmatrix} 0.937 & 0.984 & 0.796 & 0.710 & 1.000 \\ 0.535 & 0.745 & 1.000 & 0.467 & 0.642 \\ 0.291 & 1.000 & 0.549 & 0.350 & 0.653 \\ 0.576 & 0.732 & 0.572 & 0.595 & 1.000 \\ 0.847 & 1.000 & 0.839 & 0.807 & 0.952 \\ 0.703 & 0.837 & 1.000 & 0.798 & 0.933 \\ 0.762 & 0.654 & 1.000 & 0.640 & 0.430 \\ 0.267 & 0.341 & 0.384 & 0.208 & 1.000 \\ 1.000 & 0.635 & 0.571 & 0.460 & 0.556 \\ 1.000 & 0.797 & 0.914 & 0.738 & 0.625 \\ 0.947 & 0.902 & 1.000 & 0.846 & 0.923 \\ 0.816 & 1.000 & 0.480 & 0.506 & 0.488 \\ 0.448 & 0.229 & 1.000 & 0.525 & 0.053 \\ 0.770 & 1.000 & 0.245 & 0.165 & 0.038 \end{pmatrix}$$

第 2 步: 由式 (4) 计算单项评价指标比重

$$p_{ij} = \begin{pmatrix} 0.212 & 0.222 & 0.180 & 0.160 & 0.226 \\ 0.158 & 0.220 & 0.295 & 0.138 & 0.190 \\ 0.102 & 0.352 & 0.193 & 0.123 & 0.230 \\ 0.166 & 0.211 & 0.165 & 0.171 & 0.288 \\ 0.191 & 0.225 & 0.189 & 0.182 & 0.214 \\ 0.165 & 0.196 & 0.234 & 0.187 & 0.218 \\ 0.219 & 0.188 & 0.287 & 0.184 & 0.123 \\ 0.121 & 0.155 & 0.175 & 0.095 & 0.455 \\ 0.310 & 0.197 & 0.177 & 0.143 & 0.172 \\ 0.245 & 0.196 & 0.224 & 0.181 & 0.153 \\ 0.205 & 0.195 & 0.217 & 0.183 & 0.200 \\ 0.248 & 0.304 & 0.146 & 0.154 & 0.148 \\ 0.200 & 0.102 & 0.444 & 0.233 & 0.024 \\ 0.347 & 0.451 & 0.111 & 0.074 & 0.017 \end{pmatrix}$$

第 3 步: 利用公式 (5), (6) 计算得到评价指标权重向量

$$A_i = (0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.071, 0.072)^T$$

第 4 步: 由评价模型 (7), 计算得:  $W_j = (0.206, 0.230, 0.217, 0.158, 0.190)$

同理, 可得经济效益、社会效益、生态效益的  $W_j^1, W_j^2, W_j^3$  分别为:

$$W_j^1 = (0.159, 0.251, 0.208, 0.148, 0.233); W_j^2 = (0.259, 0.241, 0.220, 0.161, 0.119);$$

$$W_j^3 = (0.239, 0.250, 0.152, 0.133, 0.226)$$

据此, 可对 5 个小流域治理效益进行优劣排序, 结果如下:

经济效益优劣排序: 川掌沟 > 六道沟 > 堡子沟 > 王茂沟 > 老虎沟

社会效益优劣排序: 王茂沟 > 川掌沟 > 堡子沟 > 老虎沟 > 六道沟

生态效益优劣排序: 川掌沟 > 王茂沟 > 六道沟 > 堡子沟 > 老虎沟

综合效益优劣排序: 川掌沟 > 堡子沟 > 王茂沟 > 六道沟 > 老虎沟

评价结果和实际情况基本相符, 由此评价结果可以清楚地看出, 今后每条小流域治理效益的努力方向。

本文利用信息论中熵的原理, 根据各评价指标特征值之间的变异程度, 得到各评价指标对小流域治理效益的贡献系数, 即权重。并据此建立数学评价模型。它充分利用了原始数据中的信息, 在一定程度上消除了人为赋权的主观性。评价实例表明, 该方法计算简便, 数学含义清晰, 评价结果客观、实际, 具有一定的推广应用价值。

#### 参 考 文 献

- [1] 李智广, 等. 小流域治理综合效益评价方法刍议 [J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 19-23.
- [2] 陈耀辉. 固定资产评估的熵值——模糊综合评价法 [J]. 预测, 1998, 17(4): 60-61.