

# 熵权系数法在煤炭企业综合效益评价中的应用

李丽英 杨鹏

北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083

**摘要** 为了全面、科学地评价煤炭企业的综合效益, 依据一定的评价指标选取原则, 结合煤炭企业的特点, 建立了多层次的煤炭企业综合效益评价指标体系, 并采用熵权系数法进行煤炭企业的综合效益评价. 应用实例的评价结果表明, 煤炭企业综合效益评价指标体系是合理的, 基于熵的多因素综合评价模型适合煤炭企业的综合效益评价.

**关键词** 煤矿; 效益; 综合; 评价; 熵

**分类号** F407.21; F224

随着“环保、可持续发展、产品信誉”等越来越被人们所关注, 在对煤炭企业的评价中, 人们也不再只注重其经济效益, 而是更加地注重其综合效益. 然而, 从我国目前应用情况来看, 对煤炭企业经济效益评价的研究虽然较多, 而对于其综合效益的评价研究比较少, 因此迫切需要建立适合煤炭企业自身特点的全面的科学的综合效益评价体系. 基于此需求, 本文构建了煤炭企业综合效益评价体系. 由于煤炭企业供应链的综合效益受诸多因素影响, 而且这些影响因素之间又具有不同程度的关联性. 为了确保评价指标的科学合理性, 通过研究与分析, 采用建立具有递阶层次结构的评价指标体系的方法. 对企业经营状况进行绩效评价的方法也有很多, 由于熵权系数法能够很好地将客观评价因素和主观评价因素有机结合, 且在矿山企业绩效评价中应用研究较少, 所以本文对熵权系数法在煤炭企业综合效益评价中的应用做了重点研究.

## 1 煤炭企业综合效益评价指标体系的建立

### 1.1 选取评价指标的原则

为了使建立的评价指标体系全面、科学地体现煤炭企业的综合效益, 在指标选取中, 确立了如下原则.

(1) 指标体系应分出评价层次, 对每一层次的指标选取应具有代表性.

(2) 指标选取时, 应重视对企业长期利益和长远发展潜力的评价.

(3) 注意指标相互间的协调, 选取指标既具有全面性又不重复.

### 1.2 评价指标体系组成结构

根据以上选取评价指标的原则, 结合煤炭企业的经营成本大、资源有限性、安全风险大以及对周边环境影响大等特点, 建立了具有三层次结构的煤炭企业综合效益评价指标体系, 见图1. 在该指标体系中, 煤炭企业的综合效益主要体现在盈利能力、运营能力、偿债能力、物资与电力消耗、资源利用率、产品质量、安全效益和环境保护8个方面, 共16个评价指标.

### 1.3 评价指标体系各方面反映的意义

(1) 盈利能力、运营能力、偿债能力<sup>[1]</sup>. 从财务的不同角度上反映企业的经济效益.

(2) 物资与电力消耗. 主要指生产过程中对坑木、火药、钢材、电力等的消耗情况.

(3) 产品质量. 反映产品的市场竞争能力.

(4) 资源利用率. 反映资源开采效益、开采方法的合理性与先进性

(5) 安全效益. 反映煤炭企业生产过程中的作业安全情况.

(6) 环境保护. 反映煤炭企业的可持续发展能力.

收稿日期: 2004-01-24 修回日期: 2004-03-20

作者简介: 李丽英(1978—), 女, 硕士研究生

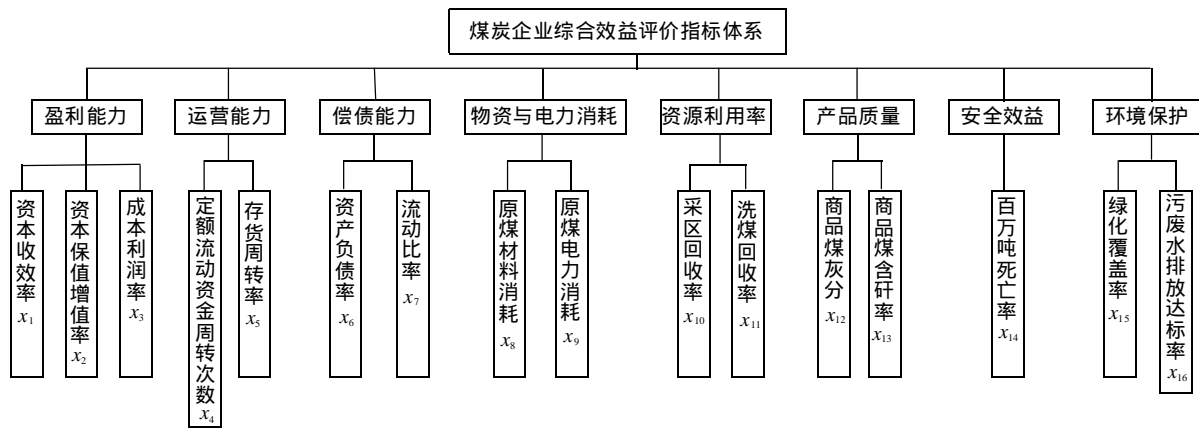


图 1 煤炭企业综合效益评价指标层次结构

Fig.1 Hierarchy of the evaluation of overall benefit in coal enterprises

1.4 评价指标的分类

资产负债率 $x_6$ , 流动比率 $x_7$ 为适度指标, 即假定最合适的是 $a$ , 则离 $a$ 偏差越小越好; 原煤材料消耗 $x_8$ , 原煤电力消耗 $x_9$ , 商品煤灰分 $x_{12}$ , 商品煤含矸率 $x_{13}$ , 百万吨死亡率 $x_{14}$ 为逆指标, 即这些指标的值越小越好; 其他指标都是正指标, 即指标的值越大, 反映企业的效益越好。

2 基于熵的多因素综合评价模型

熵权系数法在构造综合效益评价价值时所涉及的权数, 根据熵的性质和概念, 把多因素评价的被评价对象的固有信息和专家的主观信息进行量化和综合, 进而建立基于熵的多因素综合评价模型。由于熵权系数法既具有评价的客观性又能反映出企业着重追求的某些效益, 因此将熵权系数法应用于矿山企业的综合效益评价中。基于熵的多因素综合评价模型如下所述<sup>[2,3]</sup>。

2.1 建立评价矩阵

设有 $m$ 个评估指标,  $n$ 个评价对象, 则评价矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

2.2 确定各指标与理想值的接近度

设指标 $x_{ij}$ 对于其理想值的接近度记为 $d_{ij}$ , 且 $d_{ij} \in [0, 1] (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$ 。基本计算公式为:

(1) 对于正指标,

$$d_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}} \quad (1)$$

(2) 对于适度指标,

$$d_{ij} = \frac{1}{1 + |a - x_{ij}|} \quad (2)$$

其中,  $a$ 为理想值。

(3) 对于逆指标,

$$d_{ij} = \frac{\min\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}}{x_{ij}} \quad (3)$$

则得到 $D = (d_{ij})_{m \times n}$ 。

2.3 确定各指标对于被评事物评价决策重要性的熵值

第 $i (i=1, 2, \dots, m)$ 个评价指标的熵定义为:

$$e(d_i) = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (4)$$

其中,  $f_{ij} = d_{ij} / \sum_{i=1}^n d_{ij}, k = 1/\ln n$ 。

当 $f_{ij} (j=1, 2, \dots, n)$ 相等时, 指标 $i$ 的熵值最大, 即 $e(d_i) = 1$ 。并假定当 $f_{ij} = 0$ 时,  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

2.4 确定各评价指标的熵权

第 $i$ 个评价指标的熵权 $\theta$ 定义为

$$\theta = \frac{1}{m - E_e} [1 - e(d_i)] \quad (5)$$

其中,  $E_e = \sum_{i=1}^m e(d_i)$ , 且满足 $0 \leq \theta \leq 1$ 和 $\sum_{i=1}^m \theta = 1$ 。

指标的熵值越小, 其熵权越大, 反映该指标越重要, 提供的有用信息量越大。

2.5 确定实用权值

设指标 $i$ 的主观判断权值为 $\omega_i$ , 则指标 $i$ 的实用权值 $\lambda_i$ 为:

$$\lambda_i = \frac{\theta \omega_i}{\sum_{i=1}^m \theta \omega_i} \quad (6)$$

且 $\lambda_i$ 满足 $0 \leq \lambda_i \leq 1$ 和 $\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1$ 。

2.6 确定各评价指标接近度与理想接近度差的加权和

设各评价指标接近度与理想接近度差的加权和为 $S_j$ , 则

$$S_j = \sum_{i=1}^m \lambda_i (a_i - d_{ij}), j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

对于 $S_j$ 越小, 则对应的被评对象就越优。

### 3 应用实例

现以山西省某一煤炭企业为例,根据上述评价指标体系,采用熵权系数法评价该企业1999年至2002年的综合效益情况。评价指标体系的具体数值见表1(限于篇幅,部分数据在此省略)。

表1 煤炭企业综合效益评价指标值

Table 1 Evaluation index values of overall benefit in a coal enterprise %

项目	1999年	2000年	2001年	2002年
$x_1$	-11.28	-15.51	-11.33	-77.71
...	...	...	...	...
$x_6$	19.01	23.68	30.04	40.34
...	...	...	...	...
$x_{14}$	0.42	0.45	0.00	0.00
$x_{15}$	18.41	20.64	19.73	22.15
$x_{16}$	100	100	100	100

#### 3.1 各指标与理想值接近度的计算公式

(1)正指标,

$$d_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}} \quad (8)$$

当有 $x_{ij} < 0$ 时,

$$d_{ij} = \frac{x_{ij} + m}{\max\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\} + m} \quad (9)$$

其中, $m$ 为选定的常数,且 $m > 0$ 。

(2)适度指标,

$$d_{ij} = \frac{1}{1 + |a - x_{ij}|} \quad (10)$$

其中, $a$ 为理想值。

(3)逆指标,

$$d_{ij} = \frac{\min\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}}{x_{ij}} \quad (11)$$

当 $\min\{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\} = 0$ 时,

$$d_{ij} = \frac{1}{1 + x_{ij}} \quad (12)$$

计算结果见表2。

表2 各指标实际值与理想值的接近度计算结果

Table 2 Calculated results of approach degree between the actual values and perfect values of indexes

项目	1999年	2000年	2001年	2002年	总和
$x_1$	0.13	0.09	0.13	1.00	1.36
...	...	...	...	...	...
$x_6$	0.06	0.08	0.17	0.16	0.47
...	...	...	...	...	...
$x_{14}$	0.70	0.69	1.00	1.00	3.39
$x_{15}$	0.83	0.93	0.89	1.00	3.65
$x_{16}$	1.00	1.00	1.00	1.00	4.00

#### 3.2 计算熵值

资本收益率指标 $e(d_1)$ 为:

$$e(d_1) = -\frac{1}{\ln 4} \left[ \frac{0.13}{1.36} \ln \frac{0.13}{1.36} + \frac{0.09}{1.36} \ln \frac{0.09}{1.36} + \frac{0.13}{1.36} \ln \frac{0.13}{1.36} + \frac{1}{1.36} \ln \frac{1}{1.36} \right] = 0.62 \quad (13)$$

其余各指标 $i$ 的熵值 $e(d_i)$ 依次类推,计算结果见表3。

表3 权值计算结果表

Table 3 Calculated results of importance degree

项目	$e(d_i)$	熵权 $\theta_i$	主观判断权值 $\omega_i$	实用权值 $\lambda_i$
$x_1$	0.62	0.40	0.09	0.52
...	...	...	...	...
$x_6$	0.94	0.07	0.07	0.07
...	...	...	...	...
$x_{14}$	0.99	0.01	0.07	0.01
$x_{15}$	1.000	0.002	0.050	0.001
$x_{16}$	1.00	0.00	0.06	0.00
合计	15.06	1.00	1.00	1.00

#### 3.3 计算熵权

$$E_k = \sum_{i=1}^{16} e(d_i) = 15.06 \quad (14)$$

则对于资本收益率指标的熵权 $\theta_1$ 为:

$$\theta_1 = \frac{1}{16 - 15.06} (1 - 0.62) = 0.40 \quad (15)$$

其余各指标 $i$ 的熵权 $\theta_i$ 也依次类推,结果见表3所示。

熵权 $\theta$ 表示各指标对于被评价对象的相对重要程度。如资本收益率指标,各年的值之间相差较大,相应的 $\theta$ 值就较大;而采区回收率指标,各年的值之间相差不多,则相应的 $\theta$ 值就较小;对于污废水排放达标率指标,各年具有完全相同,则相应的 $\theta$ 值则为零,说明该指标并不能帮助我们做出任何优劣性选择。

#### 3.4 主观判断权值的确定

本文采取了特尔菲法,即请了5位专家,让他们分别给出对各指标权重的判断,然后经统计分析取各指标权值的中位数作为主观判断权值 $\omega_i$ ,结果见表3。

#### 3.5 计算实用权值

如资本收益率指标的实用权值 $\lambda_1$ 为:

$$\lambda_1 = \frac{0.09 \times 0.40}{0.09 \times 0.40 + 0.07 \times 0.004 + \dots + 0.06 \times 0} = 0.52 \quad (16)$$

其余各指标 $i$ 的实用权值 $\lambda_i$ 也依次类推,计算结果见表3。

#### 3.6 计算各评价指标接进度与理想接近度差的加权和

在本例中,各指标的理想接近度:

$$d_{ij}^* = 1, \sum_{i=1}^{16} \lambda_i = 1,$$

$$S_j = \sum_{i=1}^{16} \lambda_i (1 - d_{ij}), j=1999, 2000, 2001, 2002 \quad (17)$$

将各指标数值代入上式, 结果得:

$$S_{1999}=0.82, S_{2000}=0.85, S_{2001}=0.75, S_{2002}=0.10,$$

## 4 分析与结论

在该煤矿企业连续4年的经营中, 2002年企业的综合效益最好, 其次为2001年, 2000年比1999年的综合效益略差. 而且可以看出, 2002年的综合效益得分值比前三年小的多, 也就是2002年该企业的综合效益远远大于前三年的综合效益. 现结合该煤矿企业的实际经营情况分析如下.

1999年该煤炭企业在安全生产方面存在走过场、图形式的现象, 影响到企业的安全效益. 但是加强了成本管理, 提高了企业的经济效益.

2000年虽然煤产品的价格略有上涨, 但由于在落实成本管理规章制度上有不到位的现象, 以及职工在成本节约方面的观念、意识减弱等原因, 导致成本略有上升, 反而取得的经济效益略有下降. 在安全生产方面仍未引起重视, 未采取

必要的措施, 安全效益仍未提高.

2001年市场形势好转, 该煤炭企业增加了原煤产量, 加大了成本管理力度. 同时加强了安全技术管理, 改善了安全技术设施, 使得百万吨死亡率降为零, 提高了安全效益.

2002年煤产品市场供小于求, 商品煤价格上浮较大, 比去年几乎翻一番. 该煤炭企业的商品煤产量继续大幅增产, 销量收入是上年销量收入的2倍, 因此2002年取得的经济效益明显高于前三年.

以上分析表明, 该煤炭企业实际取得的效益状况与评价结果是相符的, 本文建立的煤炭企业综合效益评价指标体系是合理的, 并且基于熵的多因素综合评价数学模型对于煤炭企业综合效益评价也是适用的.

### 参 考 文 献

- [1] 何有世, 徐文芹. 因子分析法在工业企业经济效益综合评价中的应用. 数理统计与管理, 2003, (1): 19
- [2] 陆菊春. 熵权系数法在中小型水电工程决策评价中的应用. 水利经济, 1998 (5): 46
- [3] 单薇. 基于熵的科技进步绩效分析. 河南科学, 2002(8): 463

## Application of entropy coefficient to evaluation of overall benefit in coal enterprises

LI Liying, YANG Peng

Civil and Environmental Engineering School, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China

**ABSTRACT** In order to roundly and scientifically evaluate overall benefit in coal enterprises, an evaluation index system of overall benefit in coal enterprises was established based on the definite selection principle of evaluation indexes and the characteristics of coal enterprises, and the evaluation of overall benefit in coal enterprises was studied by means of the entropy coefficient method. The analysis of applied results of an coal enterprise shows that the evaluation index system of overall benefit in coal enterprises is reasonable and the model of multifactor comprehensive evaluation based on entropy is suitable to evaluate overall benefit in coal enterprises.

**KEY WORDS** coal mine; benefit; evaluations; entropy