

· 经验交流 ·

# TOPSIS 法在尘肺病危害程度评价工作中的应用

## Effect of TOPSIS method on the hazardous level evaluation of pneumoconiosis

王诚华<sup>1</sup>, 刘金荣<sup>1</sup>, 王永钧<sup>1</sup>, 刘四玲<sup>1</sup>, 王伟<sup>2</sup>

WANG Cheng-hua, LIU Jin-rong, WANG Yong-jun, LIU Si-ling, WANG Wei

(1. 天津市劳动卫生职业病防治院, 天津 300020; 2. 天津医科大学, 天津 300070)

**摘要:** 为更充分有效的开发和利用现有的卫生信息资源, 引用系统工程中的 TOPSIS 法对天津市的尘肺病危害程度进行综合评价和排序, 并借助秩序和比 (RSR) 法思想对方法做了进一步扩展, 在尘肺病防治工作中具有较强的实用性。

**关键词:** TOPSIS 法; 尘肺病; 危害程度; 评价

**中图分类号:** R135. 2 **文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-221X (2001) 03-0180-04

尘肺病危害程度的评价工作是一项复杂而细致的工作, 它包括众多的因素, 因此用传统的评价方法很难达到符合实际的准确要求。为寻求客观、可行、定量、准确的多指标的尘肺病危害程度综合评价方法, 我们引进系统工程中 TOPSIS 法进行评价, 并借助秩序和比 (RSR) 法思想对方法做了进一步扩展, 在实际工作中有较大的应用价值<sup>[1]</sup>。

### 1 计算方法与步骤

TOPSIS (Technique for order preference by similarity to ideal solution) 法, 即逼近理想解排序法, 意为与理想方案相似性的顺序选优技术, 是系统工程中有限方案多目标决策分析常用的一种决策方法<sup>[2]</sup>, 最初用于综合评价工业经济效益, 其优点是能对各决策方案进行排序比较。它基于归一化后的原始数据矩阵, 找出有限方案中的最优方案和最劣方案, 然后获得某一方案与最优方案和最劣方案间的距离 (用差的平方和的平方根值表示), 从而得出该方案与最优方案的接近程度, 并以此作为评价各方案优劣的依据<sup>[3]</sup>。

#### 1. 1 建立数据矩阵

设有  $n$  个评价单元, 每一评价单元有  $m$  个评价指标, 则数据矩阵  $X$  为:

$$X = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nm} \end{pmatrix} n \times m$$

#### 1. 2 使指标具有同趋势性

尘肺病危害程度评价指标有患病率、病死率、检出率等。

评价时要求指标应具有相同趋势, 若原指标已满足同趋势化要求, 也可不进行转化。

#### 1. 3 数据归一化

归一化后的数据矩阵记为  $Z$ :

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \cdots & Z_{1m} \\ Z_{21} & Z_{22} & \cdots & Z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1} & Z_{n2} & \cdots & Z_{nm} \end{pmatrix} n \times m$$

$$\text{其中元素 } Z_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n X_{ij}^2}} \quad i=1, 2, \cdots, n; j=1, 2, \cdots, m$$

#### 1. 4 确定指标最优值和最劣值

分别构成最优值向量  $Z^+$  和最劣值向量  $Z^-$ :

$$Z^+ = (Z_{11}^+, Z_{21}^+, \cdots, Z_{m1}^+),$$

$$Z^- = (Z_{11}^-, Z_{21}^-, \cdots, Z_{m1}^-)$$

$$\text{其中元素 } Z_{ij}^+ = \max \{ Z_{1j}, Z_{2j}, \cdots, Z_{nj} \},$$

$$Z_{ij}^- = \min \{ Z_{1j}, Z_{2j}, \cdots, Z_{nj} \}$$

#### 1. 5 计算各评价单元指标值与最优值和最劣值的距离

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_{ij}^+)^2} \quad i=1, 2, \cdots, n$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_{ij}^-)^2} \quad i=1, 2, \cdots, n$$

#### 1. 6 计算各评价单元指标值与最优值的相对接近程度

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad i=1, 2, \cdots, n$$

#### 1. 7 各评价单元优劣排序

按接近度大小对各评价单元优劣进行排序,  $C$  越大, 表明越接近最优水平。

#### 1. 8 TOPSIS 法的扩展

TOPSIS 法用于排队的相对接近度取值限于 0 与 1 之间, 如同秩和比法中的 RSR, 可做进一步的分析。根据  $C$  值大小分组, 列出不同组段的频数 ( $f$ )、累计频数 ( $f \downarrow$ ), 得出各组段的秩次范围 ( $R$ ) 及平均秩次 ( $\bar{R}$ ), 再计算出  $\frac{\bar{R}}{n}$  值 (以 % 表示), 求出所对应的概率单位值 ( $y$ ), 然后以  $y$  做自变量,  $C$  值为因变量估计出回归方程, 并据此进行合理分档。

#### 2 应用实例

根据天津市 1998 年底统计的职业病报告和尘肺病流调资

收稿日期: 2000-04-17; 修回日期: 2000-07-25

作者简介: 王诚华 (1949-), 女, 天津市人, 主管医师, 主要从事经常性职业卫生监督工作。

料, 对尘肺病危害程度评价如下。

## 2. 1 不同尘肺病种危害程度的评价

表 1 天津市 1998 年底各种尘肺累积、现患、死亡情况统计

| 尘肺种类  | 累积尘肺    |         | 现患尘肺    |         | 死亡尘肺    |             |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
|       | 构成比 (%) | 患病率 (%) | 构成比 (%) | 患病率 (%) | 构成比 (%) | 全死因病死亡率 (%) |
| 矽肺    | 30.59   | 5.73    | 30.81   | 4.82    | 29.51   | 16.68       |
| 铸工尘肺  | 26.61   | 7.47    | 25.77   | 6.08    | 30.65   | 19.91       |
| 石棉肺   | 21.54   | 59.95   | 21.24   | 51.90   | 23.01   | 18.46       |
| 滑石尘肺  | 8.72    | 12.38   | 8.75    | 10.50   | 8.57    | 16.97       |
| 电焊工尘肺 | 2.80    | 1.56    | 3.15    | 1.45    | 1.14    | 7.00        |
| 水泥尘肺  | 2.78    | 2.03    | 3.13    | 1.89    | 1.14    | 7.10        |
| 煤工尘肺  | 2.14    | 1.28    | 2.11    | 1.05    | 2.27    | 18.33       |
| 炭黑尘肺  | 1.89    | 5.42    | 2.13    | 5.08    | 0.72    | 6.60        |
| 其他尘肺  | 2.93    | 8.94    | 2.91    | 0.74    | 2.99    | 17.68       |

以上 6 项评价指标中均为低优指标, 已达同趋势性不需转换, 数据矩阵为  $X$ 。

$$X = \begin{bmatrix} 30.59 & 5.73 & 30.81 & 4.82 & 29.51 & 16.68 \\ 26.61 & 7.47 & 25.77 & 6.08 & 30.65 & 19.91 \\ 21.54 & 59.95 & 21.24 & 51.90 & 23.01 & 18.46 \\ 8.72 & 12.38 & 8.75 & 10.50 & 8.57 & 16.97 \\ 2.80 & 1.56 & 3.15 & 1.45 & 1.14 & 7.00 \\ 2.78 & 2.03 & 3.13 & 1.89 & 1.14 & 7.10 \\ 2.14 & 1.28 & 2.11 & 1.05 & 2.27 & 18.33 \\ 1.89 & 5.42 & 2.13 & 5.08 & 0.72 & 6.60 \\ 2.93 & 8.94 & 2.91 & 0.74 & 2.99 & 17.68 \end{bmatrix}$$

经归一化得矩阵  $Z$  为:

$$Z = \begin{bmatrix} 0.6498 & 0.0911 & 0.6630 & 0.0897 & 0.5988 & 0.3645 \\ 0.5653 & 0.1188 & 0.5546 & 0.1131 & 0.6219 & 0.4350 \\ 0.4576 & 0.9535 & 0.4571 & 0.9653 & 0.4669 & 0.4033 \\ 0.1852 & 0.1969 & 0.1883 & 0.1953 & 0.1739 & 0.3708 \\ 0.0595 & 0.0250 & 0.0678 & 0.0270 & 0.0231 & 0.1530 \\ 0.0591 & 0.0323 & 0.0674 & 0.0352 & 0.0231 & 0.1551 \\ 0.0455 & 0.0204 & 0.0454 & 0.0195 & 0.0461 & 0.4005 \\ 0.0401 & 0.0862 & 0.0458 & 0.0945 & 0.0146 & 0.1442 \\ 0.0622 & 0.1422 & 0.0626 & 0.0138 & 0.0607 & 0.3861 \end{bmatrix}$$

根据  $Z$  矩阵可得到最优值向量和最劣值向量分别为:

$$Z^+ = (0.6498, 0.9535, 0.6630, 0.9653, 0.6219, 0.4350)$$

$$Z^- = (0.0401, 0.0204, 0.0454, 0.0138, 0.0146, 0.1442)$$

计算各病种指标值与最优值和最劣值的距离及与最优值的相对接近程度, 例如矽肺:

$$D_1^+ = \sqrt{(0.6498 - 0.6498)^2 + \dots + (0.3645 - 0.4350)^2} = 1.2312$$

$$D_1^- = \sqrt{(0.6498 - 0.0401)^2 + \dots + (0.3645 - 0.1442)^2} = 1.0741$$

$$C_1 = \frac{1.0741}{1.0741 + 1.2312} = 0.4659$$

余类推。

2. 1. 2 各尘肺病危害程度排序 见表 2。按接近度大小对各评价单元优劣进行排序, 从排序结果可见, 天津市尘肺病危害最严重的是石棉肺, 其次为矽肺、铸工尘肺、滑石尘肺等, 电焊工尘肺危害最轻。

2. 1. 1 天津市 1998 年底各种尘肺累计、现患及死亡情况统计指标 见表 1。

表 2 各尘肺指标值与最优值的相对接近程度及排序

| 尘肺种类  | $D_i^+$ | $D_i^-$ | $C_i$  | 排序结果 |
|-------|---------|---------|--------|------|
| 矽肺    | 1.2312  | 1.0741  | 0.4659 | 2    |
| 铸工尘肺  | 1.2007  | 1.0040  | 0.4554 | 3    |
| 石棉肺   | 0.3230  | 1.5465  | 0.8272 | 1    |
| 滑石尘肺  | 1.3458  | 0.4269  | 0.2408 | 4    |
| 电焊工尘肺 | 1.6980  | 0.0349  | 0.0171 | 9    |
| 水泥尘肺  | 1.6895  | 0.0406  | 0.0235 | 8    |
| 煤工尘肺  | 1.6866  | 0.2584  | 0.1329 | 6    |
| 炭黑尘肺  | 1.6482  | 0.1041  | 0.0594 | 7    |
| 其他尘肺  | 1.6083  | 0.2761  | 0.1465 | 5    |

2. 1. 3 TOPSIS 法与 RSR 法结合应用 按计算方法及步骤 1.8 计算天津市 1998 年底 9 个尘肺病种危害程度  $C$  值分布及对应的概率单位值, 见表 3, 相关系数  $r = 0.9518$ 。据回归线分割值法, 回归方程:  $C = -1.2095 + 0.2767y$ , 据此可对不同尘肺病种的危害程度进行排序及分档。从表 4 可知, 其结果和实际情况相符。

表 3 天津市 1998 年底尘肺病危害程度  $C$  值分布及对应的概率单位值

| $C$    | $f$ | $f \downarrow$ | $R$ | $\bar{R}$ | $\frac{\bar{R}}{n} \times \%$ | 概率单位 $y$ |
|--------|-----|----------------|-----|-----------|-------------------------------|----------|
| 0.0171 | 3   | 3              | 1~3 | 1.5       | 16.67                         | 4.0339   |
| 0.1    | 2   | 5              | 4~5 | 4.5       | 50.00                         | 5.0000   |
| 0.2    | 1   | 6              | 6   | 6.0       | 66.67                         | 5.4316   |
| 0.4    | 2   | 8              | 7~8 | 7.5       | 83.33                         | 5.9661   |
| 0.8    | 1   | $m=9$          | 9   | 9.0       | 97.22*                        | 6.9110   |

\*按  $(1 - \frac{1}{4n})$  估计

表 4 天津市各尘肺病危害程度排序及分档

| 等级 | 百分位数 ( $P$ ) | 概率单位 ( $y$ ) | $C$       | 尘肺排序分档   |
|----|--------------|--------------|-----------|----------|
| 轻  | 30.89 以下     | 4.5 以下       | 0.0358 以下 | 电焊工、水泥   |
| 较轻 | 30.89 ~      | 4.5 ~        | 0.0358 ~  | 炭黑、煤工、其他 |
| 中  | 50.00 ~      | 5.0 ~        | 0.1741 ~  | 滑石       |
| 较重 | 84.13 ~      | 6.0 ~        | 0.4506 ~  | 矽肺、铸工    |
| 重  | 97.72 ~      | 7.0 ~        | 0.7271 ~  | 石棉       |

2. 2 不同工业系统尘肺病危害程度评价

2. 2. 1 天津市 1998 年底各工业系统尘肺病情统计指标

见表 5。

表 5 天津市 1998 年底各工业系统尘肺病人基本情况

| 工业系统 | 累积患病率 (%) | 现患病率 (%) | 现患病数  | 新病例检出率 (%) | 全死因病死亡率 (%) | 死亡数 |
|------|-----------|----------|-------|------------|-------------|-----|
| 机械   | 11.99     | 10.04    | 973   | 0.29       | 18.00       | 214 |
| 轻工   | 7.90      | 5.89     | 366   | 0.00       | 26.57       | 135 |
| 冶金   | 8.11      | 7.07     | 1 040 | 0.20       | 13.76       | 166 |
| 建材   | 16.00     | 13.60    | 1 266 | 0.46       | 17.86       | 277 |
| 化工石油 | 4.86      | 4.19     | 459   | 0.04       | 14.53       | 78  |
| 铁道   | 4.52      | 4.05     | 154   | 0.05       | 10.98       | 19  |
| 水电   | 1.23      | 1.15     | 27    | 0.34       | 6.90        | 2   |
| 城建   | 1.63      | 1.56     | 21    | 0.00       | 4.55        | 1   |
| 船舶   | 4.66      | 3.97     | 88    | 0.00       | 15.38       | 16  |
| 交通   | 0.73      | 0.70     | 20    | 0.04       | 4.76        | 1   |
| 核工业  | 7.14      | 3.70     | 3     | 0.00       | 50.00       | 3   |
| 煤炭   | 0.47      | 0.47     | 2     | 0.00       | 0.00        | 0   |
| 其他   | 0.72      | 0.57     | 219   | 0.003      | 20.65       | 57  |

2. 2 2 各工业系统尘肺病危害程度排序 见表 6。排序结果表明：在天津市 13 个工业企业中，以建材、机械、冶金系统的尘肺病危害最为严重；而以交通、煤炭、城建的危害最轻。

表 6 各工业系统尘肺病指标值与最优值的相对接近程度及排序

| 工业系统 | $D_i^+$ | $D_i^-$ | $C_i$  | 排序结果 |
|------|---------|---------|--------|------|
| 机械   | 0.6011  | 1.0587  | 0.6378 | 2    |
| 轻工   | 1.0593  | 0.6183  | 0.3686 | 4    |
| 冶金   | 0.8246  | 0.8453  | 0.5062 | 3    |
| 建材   | 0.4500  | 1.4440  | 0.7624 | 1    |
| 石油化工 | 1.1873  | 0.4124  | 0.2578 | 7    |
| 铁道   | 1.3263  | 0.4568  | 0.2562 | 8    |
| 水电   | 1.3755  | 0.5017  | 0.2673 | 6    |
| 城建   | 1.5265  | 0.0700  | 0.0438 | 11   |
| 船舶   | 1.3450  | 0.2847  | 0.1747 | 9    |
| 交通   | 1.5297  | 0.0578  | 0.0364 | 13   |
| 核工业  | 1.2755  | 0.7050  | 0.3560 | 5    |
| 煤炭   | 1.5957  | 0.0640  | 0.0386 | 12   |
| 其他   | 1.3845  | 0.2846  | 0.1705 | 10   |

2. 2 3 TOPSIS 法与 RSR 法结合应用 按计算方法及步骤

1. 8 计算天津市 1998 年底 13 个工业系统尘肺危害程度 C 值分

布及对应的概率单位值，相关系数  $r=0.9667$ 。按回归线分割值法计算回归方程： $C=-0.8549+0.2142y$ ，据此可对不同工业系统尘肺的危害程度排序及分档，其结果和实际结果相符，见表 7。

表 7 天津市 1998 年底各工业系统尘肺危害程度排序及分档

| 等级 | 百分位数 (P) | 概率单位 (y) | C         | 排序及分档           |
|----|----------|----------|-----------|-----------------|
| 轻  | 30.89 以下 | 4.5 以下   | 0.1090 以下 | 交通、煤炭、城建        |
| 较轻 | 30.89 ~  | 4.5 ~    | 0.1090 ~  | 其他、船舶           |
| 中  | 50.00 ~  | 5.0 ~    | 0.2161 ~  | 铁道、化工、水电、轻工、核工业 |
| 较重 | 84.13 ~  | 6.0 ~    | 0.4303 ~  | 冶金、机械           |
| 重  | 97.72 ~  | 7.0 ~    | 0.6445 ~  | 建材              |

从表 7 可见，其结果与前面排序结果相符。

3 讨论

目前，尘肺病危害程度评价指标多用发（患）病率、病死率、检出率等。这些指标虽然可从不同角度对尘肺病危害程度评价，但由于有多个指标，各指标的变化常常相互冲突，因而给综合评价和排序比较带来很大困难。尘肺病危害程度评价是一个综合性的问题，某一因素的高与低，并不能说明

其危害状况的好与差, 各因素的综合结果才是尘肺病危害程度的客观情况。我们用 TOPSIS 法对本市的尘肺病危害程度进行综合评价和排序, 主要特点有以下几方面。

### 3. 1 充分有效的利用信息资源

通过对天津市现有的尘肺病流调和职业病报告资料的再分析, 从中筛选出有代表性的指标来综合评价不同病种、工业系统尘肺病危害程度, 可得出良好的可比性评价排序结果, 为行政部门决策提供依据。资料再析就是最大限度的开发信息资源, 充分而有效地利用信息资源<sup>[4]</sup>。

### 3. 2 能定量反映不同评价单元的优劣程度

TOPSIS 法对原始数据进行同趋势化和归一化处理, 消除了不同指标量纲的影响, 排序结果充分利用原始数据信息, 能定量反映不同评价单元的优劣程度, 直观、可靠。

### 3. 3 对数据无严格要求

TOPSIS 法对数据分布及样本量、指标多少无严格限制, 数学计算亦不复杂, 既适用于小样本资料, 也适于多评价单元、多指标的大系统, 较为灵活、方便。

### 3. 4 可与秩和比法结合应用

借鉴秩和比法对相对接近度  $C$  的分析进行了深化和扩展, 既能排序又能合理分档, 前者能为后者分档提供定量依据<sup>[5]</sup>,

故在尘肺病防治工作中具有较强的实用性。

利用 TOPSIS 法进行综合评价, 最重要的是选择有代表性、合理的并能说明问题的评价因素或指标, 其次指标数据应具有准确性、可信性和科学性, 评价指标需要同趋势处理, 在选择评价指标时不仅要考虑工作质量指标和效益指标, 还要考虑工作数量指标; 在与 RSR 法结合应用时, 要注意合理分档, 分档根据为标准正态差  $U$ , 其范围以设定 -3 到 3 为宜<sup>[6]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 刘玉秀, 徐少青. TOPSIS 法用于医院工作质量的多指标综合评价 [J]. 中国卫生统计, 1993, 10 (2): 12-15.
- [2] 万崇华, 方积乾, 陈丽影, 等. 同一时点生命质量资料分析的 TOPSIS 法 [J]. 中国医院统计, 1998, 5 (3): 134-136.
- [3] 易发超, 刘自远, 蒋报海. TOPSIS 法在综合评价计划免疫工作中的应用 [J]. 中国卫生统计, 1995, 12 (2): 45-48.
- [4] 田凤调. 从战略高度看待统计信息资源的开发与利用 [J]. 中国卫生统计, 1998, 15 (3): 18-19.
- [5] 王严. TOPSIS 法用于公共场所卫生监督工作质量的多指标综合评价 [J]. 中国卫生统计, 1997, 14 (5): 34-35.
- [6] 田凤调. RSR 法中的分档问题 [J]. 中国卫生统计, 1993, 10 (2): 26-28.

## 模糊数学法进行健康监护综合评价的探讨

### Study on the comprehensive evaluation of health monitoring with fussy mathematical model

徐贻萍<sup>1</sup>, 朱宝立<sup>2</sup>

XU Yi-ping, ZHU Bao-li

(1. 江苏省卫生监督所, 江苏 南京 210009; 2. 江苏省疾病与预防控制中心, 江苏 南京 210009)

**摘要:** 将模糊数学的权数和多因素评判集合概念引入健康监护工作中, 综合评价一个企业的作业工人群体的健康质量, 使企业的劳动卫生职业病防治工作量 (等级) 化, 为企业间健康监护的工作比较和保护劳动者的身心健康提供了一个行之有效的方法。

**关键词:** 模糊数学; 综合评价; 健康监护

**中图分类号:** R135; O159 **文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-221X(2001)03-0183-03

健康监护工作是职业卫生工作中的重要内容之一。健康监护是对劳动者健康状况进行连续、动态的医学观察, 记录健康变化及其与职业危害因素的关系, 目的是早期发现健康损害, 及时调离危害岗位并进行诊断和治疗, 为评价职业危害治理效果提供依据。因此, 健康监护效果的评价就成为能否真实反映作业工人群体健康水平的重要因素。目前常采用体检异常率这一单一指标作为职业工人群体健康状况的评价指标, 不

难看出, 这种评价方法有其局限性, 它不能反映受检群体健康状况的综合水平, 健康状况未与现场资料有机结合, 不利于不同作业群体健康状况间的比较。本文借助模糊数学的基本原理与方法<sup>[1]</sup>, 根据健康监护的内容, 来综合评价一个企业的受检群体健康状况及职业危害程度, 作一初步探讨。

### 1 数学模型

#### 1. 1 模糊集合的确定

设  $U$  是  $N$  个评判因素的集合,  $V$  是  $M$  个评判等级集合, 本文根据目前的情况, 将  $U$  和  $V$  分别定为:  $U =$  [ 有害因素 评判等级 体检异常率 健康宣传情况 劳动条件 ],  $V =$  [ 优 良 一般 差 很差 ]。

#### 1. 2 模糊数的确定

评判因素的权重系数可请职业病防治专家确定, 也可用层次分析法计算。本文按照上述  $U$  的组成因素, 假定  $U =$  [ 50 30 10 10 ], 则三者之比为 5:3:1:1, 即权重系数分别为 0.5、0.3、0.1、0.1 (三者合计为 1.0)。

#### 1. 3 评价因素的指标量化与取值

对于各项评价指标, 在 5 个不同的评判等级间必须有明确的界限, 这样方能保证人们在使用时客观明了, 简单易行,

收稿日期: 2000-04-25

作者简介: 徐贻萍 (1966-), 女, 江苏六合人, 主管技师, 主要从事劳动卫生工作。