



DOI:10.3969/j.issn.1672-7347.2013.02.015

<http://xbyx.xysm.net/xbwk/fileup/PDF/201302196.pdf>

## 一种新的改良 TOPSIS 法及其医学应用

王一任<sup>1</sup>, 任力锋<sup>2</sup>, 陈丽文<sup>3</sup>, 孙振球<sup>1</sup>

(中南大学 1. 公共卫生学院; 2. 卫生部肝胆肠外科研究中心; 3. 中南大学学报(医学版)编辑部, 长沙 410078)

[摘要] TOPSIS 法是一种应用十分广泛的静态综合评价方法。在实际应用中, TOPSIS 法存在着逆序问题。而且其评价值  $C_i$  只能反映各评价对象内部的相对接近度, 并不能反映与理想的最优方案的接近程度; 评价值  $C_i$  区分各评价对象优劣的范围也有局限。鉴于 TOPSIS 法应用的广泛性, 有必要对 TOPSIS 法的不足进行改进。本文将提出一种新的改良 TOPSIS 法, 并给出该法的医学应用实例。该法不仅具有强保序性, 而且比传统 TOPSIS 法灵敏。

[关键词] TOPSIS 法; 改良 TOPSIS 法; 逆序问题

## A novel improved TOPSIS method and its application in medical science

WANG Yiren<sup>1</sup>, REN Lifeng<sup>2</sup>, CHEN Liwen<sup>3</sup>, SUN Zhenqiu<sup>1</sup>

(1. School of Public Health; 2. National Hepatobiliary and Enteric Surgery Research Center; 3. Editorial Department of Journal of Central South University (Medical Science), Central South University, Changsha 410078, China)

### ABSTRACT

The TOPSIS Method is a static comprehensive evaluation method for wide range applications. However, it encounters the reverse order problem in practical applications. Moreover, its evaluation value  $C_i$  only reflects the relative proximity of each evaluation object inside but not to the degree of closeness to the ideal optimal solution. The evaluation value is also limited to distinguish between the ranges of merit ranking. Since TOPSIS method has the wide range of applications, it is necessary to overcome the drawbacks of TOPSIS method. This article proposes a new improved TOPSIS method, which shows strict isotonicity and is more sensitive than the traditional TOPSIS method. The medical application based on this improved TOPSIS method is introduced.

### KEY WORDS

TOPSIS method; improved TOPSIS method; rank reversal phenomenon

收稿日期 (Date of reception): 2012-09-07

作者简介 (Biography): 王一任, 博士, 讲师, 主要从事综合评价方法及其医学应用的研究。

通信作者 (Corresponding author): 陈丽文, Email: clwesu@163.com

基金项目 (Foundation items): 湖南省学位与研究生教育教学改革研究项目 (JG2012B005); 中南大学中央高校基本科研业务费项目 (2010-54); 中南大学研究生教学改革项目 (2012jg20)。This work was supported by Degree and Postgraduate Research Project of Education Reform of Hunan Province (JG2012B005), the Fundamental Research Funds for the Central Universities under Grant (2010-54), and Degree and Postgraduate Research Project of Education Reform of Central South University(2012jg20), P. R. China.

TOPSIS 法 (technique for order preference by similarity to ideal solution) 是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法<sup>[1]</sup>, 不但可用于经济效益评价、工业方案决策, 还可广泛应用于医学科研的各领域, 如评价公共场所卫生监督质量、计划免疫工作、疾病医疗后果、医院工作效益、医院工作质量、餐厅卫生环境、水质评价、尘肺危害程度等。然而 TOPSIS 法在实际应用中存在着逆序现象<sup>[2-4]</sup>, 其综合评价值只能反映各评价对象内部的相对接近度, 并不能反映与理想的最优方案的接近程度<sup>[4-7]</sup>。目前虽有学者对 TOPSIS 法进行了改进, 但同时从逆序问题、 $C_i$  值的意义与灵敏度等方面对 TOPSIS 法进行改造还未见报道<sup>[2-7]</sup>。鉴于 TOPSIS 法应用的广泛性, 笔者对 TOPSIS 法的逆序问题和  $C_i$  值进行研究, 提出一种新的改良 TOPSIS 法, 并给出医学应用实例。

## 1 原理与方法

### 1.1 传统 TOPSIS 法步骤<sup>[8]</sup>

1) 将原始指标作同趋势化处理, 通常采用低优指标转换为高优指标的方式, 转化方法可采用以下两种方法: 倒数法  $X'_{ij}=1/X_{ij}$ , 多适用于绝对数指标; 差值法  $X'_{ij}=1(100)-X_{ij}$ , 多适于相对数指标。 $X_{ij}$  为第  $i$  个评价对象第  $j$  个评价指标的原始数据。建立同趋势化后的矩阵  $X'=[X'_{ij}]_{n \times m}$ ,  $j=1,2,\dots,m$ ;  $j=1,2,\dots,m$ 。

2) 建立归一化后的矩阵  $A=[a_{ij}]_{n \times m}$ ,

$$a_{ij} = X'_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n (X'_{ij})^2};$$

3) 根据矩阵  $A$  得到有限方案中的最优方案和最劣方案。

最优方案:  $A^+ = (a_1^+, a_2^+, \dots, a_m^+)$ ,  $a_j^+ = \max_{1 \leq i \leq n} (a_{ij})$ ,  $j=1,2,\dots,m$

最劣方案:  $A^- = (a_1^-, a_2^-, \dots, a_m^-)$ ,  $a_j^- = \min_{1 \leq i \leq n} (a_{ij})$ ,  $j=1,2,\dots,m$

4) 计算各评价对象所有指标值与最优方案或最劣方案的距离  $D_i^+$  与  $D_i^-$ :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (a_j^+ - a_{ij})^2}; \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (a_j^- - a_{ij})^2}$$

式中  $w_j$  为第  $j$  项评价指标的权重,  $D_i^+$  与  $D_i^-$  分别表示第  $i$  个评价对象与最优方案或最劣方案的距离;  $a_{ij}$  表示某个评价对象  $i$  在第  $j$  个指标的取值。

5) 计算各评价对象与最优方案的接近程度  $C_i$ :

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

6) 按  $C_i$  大小将各评价对象优劣排序,  $C_i$  值越大, 方案越优。

### 1.2 传统 TOPSIS 法的不足

#### 1.2.1 TOPSIS 法存在逆序问题

TOPSIS 法存在逆序问题<sup>[2-4,9-10]</sup>; 即当增加或删除一个或多个评价对象后, 会引起其他评价对象排序的颠倒。TOPSIS 法产生逆序的原因: 1) 归一化矩阵的计算。评价对象的变换引起整个归一化矩阵的变化, 相当于参与评价的指标值变了。2) 最优方案与最劣方案的计算。TOPSIS 法中的最优与最劣方案是一种相对最优方案及相对最劣方案, 评价对象改变, 引起最优与最劣方案的改变; 最优与最劣方案变了, 相当于评价准则改变, 当然评价结果也就变了。

#### 1.2.2 综合评价值 $C_i$ 的缺陷

$C_i$  只能反映各评价对象内部的相对接近度, 并不能反映与理想的最优方案的接近程度<sup>[4-7]</sup>; 如下两种情形,  $C_i$  不能判断各评价对象孰劣孰优。以两指标  $X_1, X_2$  等权重的情况为例说明问题。

1) 情形一。

以两指标的最优值  $a_j^+$  和最劣值  $a_j^-$  ( $j=1,2$ ) 构建平面坐标图 (图 1)。点  $(a_1^+, a_2^+)$  为最优方案  $A^+$ , 点  $(a_1^-, a_2^-)$  为最劣方案  $A^-$ , 将最劣方案点与最优方案点以直线连接, 在线段  $A^-A^+$  上任取一点  $P$ , 过  $P$  点作垂线  $l$ , 在  $l$  上任取两点  $P_b$  和  $P_k$ , 使得  $P_bP = P_kP$ , 那么有

$$C_b = \frac{D_b^-}{D_b^- + D_b^+} = \frac{D_k^-}{D_k^- + D_k^+} = C_k$$

即 TOPSIS 法无法区分评价对象  $b$  和  $k$  的优劣。点  $P$  是任意选取的, 垂线  $l$  上到  $P$  的距离相等的点有无数对, 也就是说理论上存在无数对这样的评价对象, 它们到最优方案距离相等, 到最劣方案的距离也相等, 而它们的  $C_i$  值相等, 因此 TOPSIS 法不能区分的“评价对象对”有无数对。

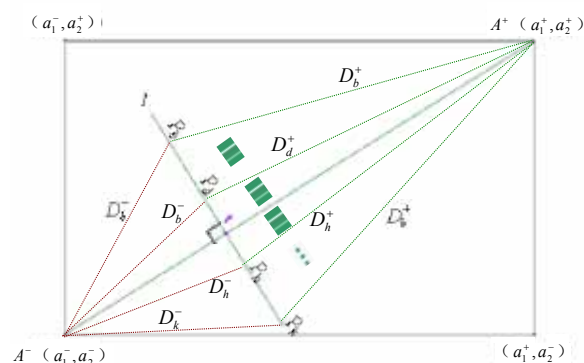


图 1  $C_i$  值所不能区分的评价对象优劣情况示意图。

Figure 1 Sketch map of the conditions that  $C_i$  can not distinguish the merits of the evaluation objects.

## 2) 情形二。

以两指标的最优值  $a_j^+$  和最劣值  $a_j^- (j=1,2)$  构建平面坐标图(图2)。点  $(a_1^+, a_2^+)$  为最优方案  $A^+$ , 点  $(a_1^-, a_2^-)$  为最劣方案  $A^-$ , 将最劣方案点与最优方案点以直线连接, 过线段  $A^-A^+$  上的中点  $M$  作垂线  $y$ , 在  $y$  上每一个点都可以看成是理论上存在的评价对象的归一化坐标, 即  $y$  上对应有无数个评价对象, 这无数个评价对象的  $C_i$  值全都相等, 均为  $1/2$ 。如  $P_b, P_d, \dots, P_h, \dots$  是  $y$  上的任意多点, 则他们代表了任意多个评价对象  $b, d, \dots, h, \dots (b, d, h$  不等, 均属于正整数), 显然有  $D_b^- = D_b^+, D_d^- = D_d^+, \dots, D_h^- = D_h^+, \dots$ 。故有

$$C_b = \frac{D_b^-}{D_b^- + D_b^+} = \frac{1}{2} = \frac{D_d^-}{D_d^- + D_d^+} = \frac{1}{2} = C_d = \dots = \frac{D_h^-}{D_h^- + D_h^+} = \frac{1}{2} = C_h \dots$$

因此, TOPSIS 法无法区分  $y$  上的这任意多个评价对象的优劣。

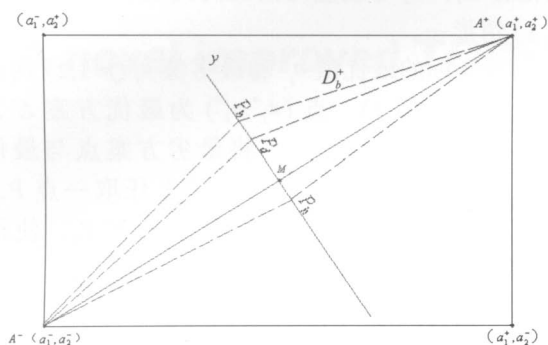


图2  $C_i$  值所不能区分的评价对象优劣情况二示意图。

Figure 2 Sketch map of the other conditions that  $C_i$  can not distinguish the merits of the evaluation objects.

例1: 为两指标6个对象的数据(等权重, 表1), 现采用 TOPSIS 法进行综合评价。

表1 两指标6个对象的数据

Table 1 Data of 2 indices in 6 subjects

评价对象	$X_1$	$X_2$
对象 A	1	80
对象 B	2	60
对象 C	3	40
对象 D	3	20
对象 E	1	60
对象 F	4	20

采用传统 TOPSIS 法评价结果见表2。

表2 例1的 TOPSIS 法评价结果

Table 2 TOPSIS evaluation for Case 1

对象	归一化矩阵		$D_i^+$	$D_i^-$	$C_i$	排序
	$X_1$	$X_2$				
对象 A	0.1581	0.6325	0.4743	0.4743	0.5000	1
对象 B	0.3162	0.4743	0.3536	0.3536	0.5000	1
对象 C	0.4743	0.3162	0.3536	0.3536	0.5000	1
对象 D	0.4743	0.1581	0.5000	0.3162	0.3874	5
对象 E	0.1581	0.4743	0.5000	0.3162	0.3874	5
对象 F	0.6325	0.1581	0.4743	0.4743	0.5000	1

传统 TOPSIS 法无法区分对象 D 与 E 的优劣, 但可明显看出 D 与 E 的指标值有差别, 此属于情形一。传统 TOPSIS 法无法区分对象 A、B、C 与 F 的优劣, 但可明显看出 A、B、C 与 F 的指标值有差别, 此属于情形二。

## 1.3 改良 TOPSIS 法步骤

1) 将原始指标作同趋势化与归一化处理: 高优指标采用式(1), 低优指标采用式(2)。

$$a_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^-}{X_j^+ - X_j^-}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$a_{ij} = \frac{X_j^+ - X_{ij}}{X_j^+ - X_j^-}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$X_j^+$  为把第  $j$  个指标的理想最优值经同趋势化处理后得到的值, 即在评价有效范围内, 第  $j$  个指标的任何取值经同趋势化处理后均小于等于  $X_j^+$ ;  $X_j^-$  为把第  $j$  个指标的理想最劣值经同趋势化处理后得到的值, 即在评价有效范围内, 第  $j$  个指标的任何取值经同趋势化处理后均大于等于  $X_j^-$ 。

2) 由于  $a_{ij} \in [0, 1]$ , 故定义有限方案中的最优方案和最劣方案为:

$$A^+ = [1, 1, \dots, 1]_{1 \times m}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$A^- = [0, 0, \dots, 0]_{1 \times m}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

3) 计算各评价对象所有指标值与最优方案及最劣方案的距离  $D_i^+$  与  $D_i^-$ 。

$$\text{无权重时: } D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (1 - a_{ij})^2} \quad (5)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (0 - a_{ij})^2}$$

有权重  $w_j$  时:  $D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j(1 - a_{ij})^2}$  (6)

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j(0 - a_{ij})^2}$$

无权重时,  $D_i^+$  与  $D_i^- \in [0, \sqrt{m}]$ ; 有权重  $w_j$  时,  $D_i^+$  与  $D_i^- \in [0,1]$ 。

4) 建立各评价对象的  $(D_i^+, D_i^-)$  二维空间。

5) 最优参照点。

无权重时, 设  $D_i^+ = 0, D_i^- = \sqrt{m}$  为最优参照点 A (图 3); 有权重  $w_j$  时, 设  $D_i^+ = 0, D_i^- = 1$  为最优参照点 A。

6) 计算各评价对象与参照点 A 之间的相对距离:

无权重时,  $C_i = \sqrt{[D_i^+ - 0]^2 + [D_i^- - \sqrt{m}]^2}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  (7)

有权重  $w_j$  时,  $C_i = \sqrt{[D_i^+ - 0]^2 + [D_i^- - 1]^2}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  (8)

7) 根据  $C_i$  的值对各评价对象由小到大进行排序。  
 $C_i$  值较小的评价对象为较优, 即与参照点 A 的相对距离较近的点为较优。如果计算评价对象  $X_i$ 、 $X_j(i \neq j)$  到参照点 A 的距离相等, 则设 (0,0) 为次优参照点 B, 计算评价对象  $X_i$ 、 $X_j$  到参照点 B 的距离:

$$C_i = \sqrt{[D_i^+ - 0]^2 + [D_i^- - 0]^2}, i = 1, 2, \dots, n$$
 (9)

取  $C_i$  值较小的评价对象为较优, 即在评价对象与参照点 A 等距离的情况下, 则选择与参照点 B 相对距离较近的点为较优。

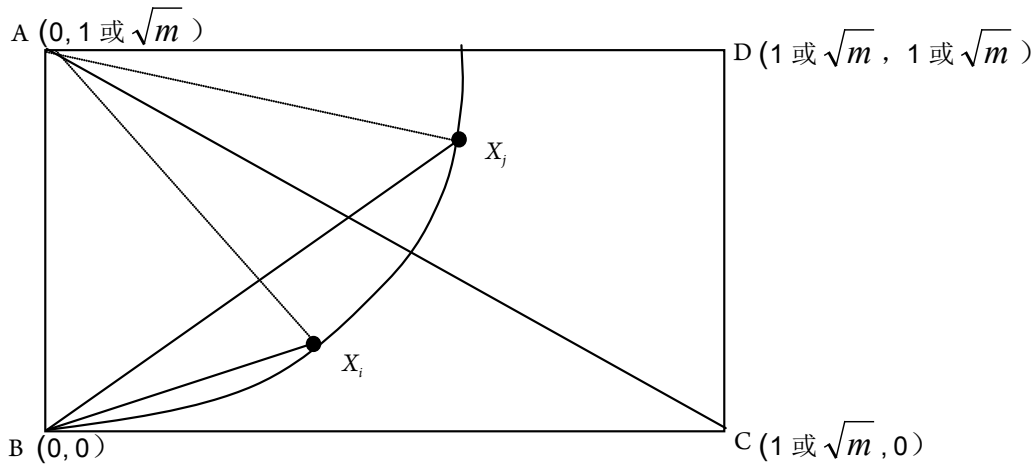


图 3 改良 TOPSIS 法  $C_i$  示意图。  
Figure 3 Sketch map of  $C_i$  by modified TOPSIS.

2 应用实例

例2: 资料来源文献[11]。评价7个地区  $\geq 60$  岁老年人的生存质量, 评价指标包括  $X_1$ (生理机能)、

$X_2$ (生理职能)、 $X_3$ (躯体疼痛)、 $X_4$ (一般健康状况)、 $X_5$ (精力)、 $X_6$ (社会功能)、 $X_7$ (情感职能)、 $X_8$ (精神健康)。各指标无权重(相当于等权重)且全为高优指标, 评价数据见表3。

表 3 7 个地区老年人生存质量各指标平均分  
Table 3 Mean score of different indices of life quality for the aged in 7 areas

地区	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
长沙	72.07	64.08	75.40	46.85	69.10	78.83	81.78	75.63
苏州	74.58	63.17	68.04	53.07	70.87	76.57	71.86	68.91
沈阳	77.79	54.77	72.32	61.83	69.35	73.65	63.41	71.75
广州	82.01	71.03	73.10	58.93	68.83	73.00	72.27	72.64
成都	79.78	79.06	78.27	56.77	70.85	82.57	82.96	77.54
天津	66.37	59.91	73.16	69.27	79.09	67.92	68.14	57.12
上海	67.11	76.15	72.37	54.63	68.13	77.22	77.71	78.63

取  $X^+ = (100, 100, 100, 100, 100, 100, 100, 100)_{1 \times 8}$ ,  $X^- = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)_{1 \times 8}$ 。  
应用 TOPSIS 法与改良 TOPSIS 法的评价结果见表 4。

表 4 7 个地区老年人生存质量的综合评价

Table 4 Comprehensive evaluation of life quality for the aged in 7 areas

地区	TOPSIS 法		改良 TOPSIS 法	
	$C_i$	排序	$C_i$	排序
长沙	0.4658	4	1.2023	4
苏州	0.3954	7	1.2729	5
沈阳	0.4181	6	1.2872	6
广州	0.5799	2	1.1484	2
成都	0.7199	1	0.9794	1
天津	0.4454	5	1.3019	7
上海	0.5756	3	1.1524	3

若沈阳由于某种原因退出参评, 则剩下 6 个地区老年人生存质量的综合评价结果见表 5。

表 5 6 个地区老年人生存质量的综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of life quality for the aged in 6 areas

地区	TOPSIS 法		改良 TOPSIS 法	
	$C_i$	排序	$C_i$	排序
长沙	0.4290	5	1.2023	4
苏州	0.3596	6	1.2729	5
广州	0.5521	2	1.1484	2
成都	0.6919	1	0.9794	1
天津	0.4428	4	1.3019	6
上海	0.5354	3	1.1524	3

沈阳退出评比前, TOPSIS 法的结果有长沙 > 天津 (“>” 表示优于)。沈阳退出后, TOPSIS 法的结果却成了天津 > 长沙, 其他城市的数据并未因沈阳的退出而改变, 却出现了逆序现象, 让决策者和被评价者难以接受这种结果。但改良 TOPSIS 法没有出现逆序, 而且不论增加还是删除某个或几个评价对象, 其  $C_i$  值不变, 优劣排序也不变。

另外, 笔者对例 1 的资料采用改良 TOPSIS 法评价, 取  $X^+ = (10, 100)_{1 \times 2}$ ,  $X^- = (0, 0)_{1 \times 2}$ , 获得了排序结果 (表 6)。

表 6 例 1 的改良 TOPSIS 法评价结果

Table 6 Result of Case 1 evaluated by modified TOPSIS

对象	归一化矩阵		$D_i^+$	$D_i^-$	$C_i$	排序
	$X_1$	$X_2$				
对象 A	0.1	0.8	0.9220	0.8062	1.1044	1
对象 B	0.2	0.6	0.8944	0.6325	1.1879	2
对象 C	0.3	0.4	0.9220	0.5000	1.2984	4
对象 D	0.3	0.2	1.0630	0.3606	1.4967	6
对象 E	0.1	0.6	0.9849	0.6083	1.2726	3
对象 F	0.4	0.2	1.0000	0.4472	1.3911	5

### 3 讨论

改良 TOPSIS 法相对于传统 TOPSIS 法的优点有以下几个方面。1) 改良 TOPSIS 法具有强保序性。在给出证明之前, 首先给出保序与强保序的概念。保序: 一种综合评价方法是保序的, 当且仅当增加 (或删除) 几个评价对象 (决策方案) 时, 它能保持原有对象 (方案) 优劣顺序不变。强保序: 一种综合评价方法是强保序的, 当且仅当增加 (或删除) 几个评价对象 (决策方案) 时, 它不仅保持原有对象 (方案) 优劣顺序不变, 而且能保持任意两个对象 (方案) 的优劣比例关系不变。

以有权重  $w_j$  时为例, 证明其强保序性, 设原有评价对象为  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , 现新增一评价对象  $S_{n+1}$ 。令  $b_j = X_j^+ - X_j^-$ ,  $d_j = \frac{X_j^-}{X_j^+ - X_j^-}$ ,  $b_j$  和  $d_j$  对于第  $j$  个变量而言是定值。

当  $n$  个评价对象时, 第  $i$  个评价对象第  $j$  个指标的归一化值  $a_{ij(n)}$ , 及第  $i(i=1, 2, \dots, n)$  个评价对象的综合评价值为:

$$a_{ij(n)} = \frac{X_{ij}'}{b_j} - d_j, \quad X_{ij}' \text{ 为经同趋势化处理的指标。}$$

$$C_i^{(n)} = \sqrt{[D_i^+(n) - 0]^2 + [D_i^-(n) - 1]^2} = \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (1 - a_{ij(n)})^2 + \left[ \sum_{j=1}^m w_j (0 - a_{ij(n)})^2 - 1 \right]^2}$$

当  $n+1$  个评价对象时, 设权重  $w_j$  不变, 第  $i$  个评价对象第  $j$  个指标的归一化值  $a_{ij(n+1)}$ , 及第  $i(i=1, 2, \dots, n)$  个评价对象的综合评价值为:

$$a_{ij(n+1)} = \frac{X_{ij}'}{b_j} - d_j = a_{ij(n)}$$

$$\begin{aligned} C_i^{(n+1)} &= \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (1 - a_{ij(n+1)})^2 + \left[ \sum_{j=1}^m w_j (0 - a_{ij(n+1)})^2 - 1 \right]^2} \\ &= \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j (1 - a_{ij(n)})^2 + \left[ \sum_{j=1}^m w_j (0 - a_{ij(n)})^2 - 1 \right]^2} \\ &= C_i^{(n)} \end{aligned}$$

故第  $i$  个评价对象其增加方案后的  $C_i^{(n+1)}$  与增加前  $C_i^{(n)}$  的完全相等, 因此, 它不仅保持原有优劣顺序不变, 并且能保持任意两个方案的优劣比例关系不变。故改进 TOPSIS 法是强保序的。

2) 改良 TOPSIS 法比传统 TOPSIS 法灵敏, 其  $C_i$  值的构建也比传统 TOPSIS 法合理。

①改良 TOPSIS 法  $C_i$  的计算, 是以各评价对象的点  $(D_i^+, D_i^-)$  与绝对最优点  $(0, 1 \text{ 或 } \sqrt{m})$  之间距离作为各评价对象与最优方案和最劣方案的绝对接近程度的衡量指标。比传统 TOPSIS 法中的比例公式直观、易懂。

②当存在传统 TOPSIS 法不能区分的两种情形, 而评价对象间又确实有区分优劣的必要, 此时改良 TOPSIS 法能进行区分 (表 6)。

目前对 TOPSIS 改进的研究还存在种种不完善, 一些研究人员<sup>[9-10]</sup>仅发现最优方案与最劣方案的改变会产生逆序, 而未发现其归一化方法也是产生逆序的原因, 因而他们改进的 TOPSIS 法还是存在逆序问题。其后,  $C_i$  值虽也获得改进<sup>[6-7]</sup>, 但改进后的  $C_i$  值也成了产生逆序的原因。笔者此次对 TOPSIS 法的改良彻底解决了上述问题。

## 参考文献

1. 王一任, 任力锋, 孙振球. 一种新的动态 TOPSIS 法在医疗质量评价中的应用[J]. 中南大学学报: 医学版, 2012, 37(10): 1071-1076.  
WANG Yiren, REN Lifeng, SUN Zhenqiu. Novel dynamic TOPSIS method in evaluation for quality of medical care[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2012, 37(10): 1071-1076.
2. Wang YM, Luo Y. On rank reversal in decision analysis[J]. Math Comput Model, 2009, 49(5/6): 1221-1229.
3. 陆伟锋, 唐厚兴. 关于多属性决策 TOPSIS 方法的一种综合改进[J]. 统计与决策, 2012, 367(19): 38-40.  
LU Weifeng, TANG Houxing. A comprehensive improvement of multiattribute decision TOPSIS method[J]. Statistics and Decision, 2012, 367(19): 38-40.
4. 俞立平, 潘云涛, 武夷山. 修正 TOPSIS 及其在科技评价中的应用研究[J]. 情报杂志, 2012, 31(6): 103-107  
YU Liping, PAN Yuntao, WU Yishan. Study on accurate TOPSIS and its use in science and technology evaluation[J]. Journal of Intelligence, 2012, 31(6): 103-107.
5. 王一任, 孙振球. 医用综合评价方法研究进展[J]. 中南大学学报: 医学版, 2005, 30(2): 228-232.  
WANG Yiren, SUN Zhenqiu. Progress of comprehensive evaluation method in medical field[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2005, 30(2): 228-232.
6. Ren LF, Zhang YQ, Wang YR, et al. Comparative Analysis of a Novel M-TOPSIS Method and TOPSIS[J]. App Math Res Exp, 2007: 1-10.
7. 任力锋, 王一任, 张彦琼, 等. TOPSIS 法的改进与比较研究[J]. 中国卫生统计, 2008, 25(1): 64-66.  
REN Lifeng, WANG Yiren, ZHANG Yanqiong, et al. A study on the improvement and comparison of TOPSIS method[J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2008, 25(2): 64-66.
8. 孙振球. 医学统计学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2010.  
SUN Zhenqiu. Medical statistics[M]. 3rd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2010.
9. 黄德才, 郑河荣. 理想点决策方法的逆序问题与逆序的消除[J]. 系统工程与电子技术, 2001, 23(12): 80-82.  
HUANG Decai, ZHENG Herong. Study on the problem and elimination of rank reversal existing in ideal point multiple attribute decision making[J]. Systems Engineering and Electronics, 2001, 23(12): 80-82.
10. 陈伟. 关于 TOPSIS 法应用中的逆序问题及消除的方法[J]. 运筹与管理, 2005, 13(3): 39-43.  
CHEN Wei. On the problem and elimination of rank reversal in the application of TOPSIS method[J]. Operations Research and Management Science, 2005, 13(3): 39-43.
11. 韦懿芸, 颜艳, 胡宇峰, 等. TOPSIS 法和秩和比法相结合综合评价城市老年人生存质量[J]. 中国老年学杂志, 2006, 26(4): 440-441.  
WEI Yiyun, YAN Yan, HU Yufeng, et al. Use TOPSIS method and RSR method to evaluate the QOL of the aged lived in cities[J]. Chinese Journal of Gerontology, 2006, 26(4): 440-441.

(本文编辑 彭敏宁)

本文引用: 王一任, 任力锋, 陈丽文, 孙振球. 一种新的改良 TOPSIS 法及其医学应用 [J]. 中南大学学报: 医学版, 2013, 38(2): 196-201. DOI:10.3969/j.issn.1672-7347.2013.02.015  
Cite this article as: WANG Yiren, REN Lifeng, CHEN Liwen, SUN Zhenqiu. A novel improved TOPSIS method and its application in medical science[J]. Journal of Central South University. Medical Science, 2013, 38(2): 196-201. DOI:10.3969/j.issn.1672-7347.2013.02.015