第1卷第3期 1998年9月 管理科学学报 JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCES IN CHINA Vol. 1 No. 3 Sep. 1998

⑤ 28-35

综合评价结果的敏感性问题及其实证分析[①]

郭亚军[②]

(东北大学工商管理学院)

O159

【摘要】在综合评价模型及权重系数给定的情况下，讨论了综合评价的结果(或排序)关于评价指标类型一致化、评价指标无量纲化方法的敏感性问题，并给出了实证分析.

关键词：综合评价，敏感性，实证分析

权重系数

0 引 言

在经济与管理活动中，经常遇到综合评价(Comprehensive Evaluation,)问题. 所谓综合评价问题，就是当选定 m 项评价指标 $x_1,x_2,\cdots,x_m$ 时，对 n 个被评价对象(或系统)的运行状况进行分类或排序的问题. 通常采用如下两种综合评价模型

$$y_i = \sum_{j=1}^{m} w_j x_{ij} \tag{1}$$

$$y_i = \prod_{j=1}^{m} x_{ij}^{w_j} \tag{2}$$

式中 x_{ij} 为第 i 个评价对象的第 j 项指标值，w_j 为评价指标 x_j 的权重系数($w_j \geqslant 0, \sum w_j = 1$)，$y_i$ 为第 $i(i=1,2,\cdots,n)$ 个被评价对象的综合评价值.

无论采取线性模型式(1)，还是采取非线性模型式(2)，为使综合评价值 y 具有可比性，且使 $\{y_i\}$ 的排序客观、公正、合理，就必然先对评价指标的原始数据 $\{x_{ij}\}(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m)$ 进行若干"预处理". 这是因为：

① 由于 x_j 可能选取了"极大型"、"极小型"、"居中型"或"区间型"[1] 指标，为使 y 值具有明确的"趋向性"(如期望 y 值越大越好或者期望 y 值越小越好)，就必须对 $x_1,x_2,\cdots,x_m$ 进行指标类型一致化的"预处理".

② 由于 x_j 的产生背景，就决定了 x_j 带有相应的量纲，为使 y 值具有可比性，就必须对原始数据 $\{x_{ij}\}$ 进行无量纲化的"预处理".

③ 即使指标 $x_1,x_2,\cdots,x_m$ 中有 $k(1<k<m)$ 个无量纲的指标，如果它们的测度量级之间存在着悬殊差别，那么，这种测度量级之间的悬殊差别，对 $\{y_i\}$ 的排序影响也是非常大的. 例如在评价指标中分别选取 x_1 为产品次品率($x_1 \in (0,1)$)，取 x_2 为人口自然增长率($x_2 \in (-0.05, 0.09)$)，这两个指标虽然都是无量纲的，但在计算 y 值时，x_1 的"贡献"显然是大大超过 x_2 的"贡献". 这种"奇异"现象的出现，是由 x_1、x_2 的测度量级之间存在较大差别所造成的.

可见，为使综合评价的结果客观、合理、可比，就必须对原始数据 $\{x_{ij}\}$ 进行"指标类型一致化"、"指标无量纲化"、"指标测度量级无差别化"的预处理.

当然，使综合评价结果更为客观合理的另一个重要因素，即加权系数 w_j 的合理选择. 本文为突出重点，暂且不涉及 w_j 的确定方法的选择问题.

在实际工作中，应注意到 $\{y_i\}$ 的排序关于指标无量纲化方法及指标类型一致化方法的敏感性问题：即在同一评价模型及相同权重系数的情况下，采用不同的无量纲化方法及指标类型一致化方法，$\{y_i\}$ 的排序是不同的. 这种敏感性将产生一种不易被人觉察的"表面上的合理性掩盖着实际上的不合理性"的现象，而且这种现象是与决策

① 辽宁省自然科学基金资助项目(962163).

② 郭亚军：博士，教授，通讯地址：东北大学工商管理学院，邮编：110006.

者的主观意愿相独立的(当决策者没有注意或认识这一现象时). 这种现象的出现,对那些敏感的综合评价问题的影响是非常大的. 本文拟就此问题作些讨论.

1 综合评价结果 y 的敏感性

为了叙述方便,先给出如下几个假设:

假设 1 取定了 m 个相互独立的评价指标 $x_1,x_2,\cdots,x_m$ 且 $x_i \sim N(\mu_i,\sigma_i^2)(i=1,2,\cdots,m)$;

假设 2 选定了 m 个权重系数 $w_i(w_i \geqslant 0, \sum w_i = 1)$,即 w_i 均为已知的;

假设 3 $x_1,x_2,\cdots x_m$ 或为极大型指标或为极小型指标.

1.1 指标类型的一致化

若 x 为极小型(或极大型) 指标,则可通过变换

$$\hat{x} = M - x \tag{3}$$

或

$$\hat{x} = \frac{1}{x}(x > 0) \tag{3'}$$

化为极大型(或极小型) 指标,式中常数 M 为指标 x 的一个允许上界(或最大值).

变换式(3) 与式(3′) 对线性综合评价模型式(1)(或式(2)) 的影响是不同的,即有

结论 1 对线性综合评价模型式(1) 来说,线性变换式(3) 不改变评价结果 $\{y_i\}$ 的分散程度. 而非线性变换式(3′) 却改变了综合评价结果 $\{y_i\}$ 的分散程度.

结论 1 表明,指标类型一致化方法的选择对 y_i 的值及 $\{y_i\}$ 的排序是敏感的. 这一点在后面的例子中是非常明显的.

1.2 评价指标的无量纲化

对类型一致的评价指标进行无量纲化或量级无差别化时,通常采用如下方法:

①"中心化" 处理,即令

$$\tilde{x} = \frac{x-\mu}{\sigma}\left(\text{或}\ \tilde{x} = \frac{x-\bar{x}}{s}\right) \tag{4}$$

式中 $\bar{x}$、s 分别是指标观测值 x 的样本平均值和样本均方差.

②"极差化" 处理,即令

$$\tilde{x} = \frac{x-m}{M-m} \tag{5}$$

式中 m、M 分别为指标观测值 x 的最小值和最大值.

③"极大化" 处理,即令

$$\tilde{x} = \frac{x}{m} \quad (m > 0) \tag{6}$$

④"极小化" 处理,即令

$$\tilde{x} = \frac{x}{M} \tag{7}$$

⑤"均值化" 处理,即令

$$\tilde{x} = \frac{x}{\mu} \quad \text{或} \quad \left(\tilde{x} = \frac{x}{\bar{x}}\right) \tag{8}$$

无论采用哪一种无量纲化方法,$\tilde{x}$ 可统一写成

$$\tilde{x}_j = \alpha_j x_j + \beta_j,\ j = 1,2,\cdots,m \tag{9}$$

当采用线性综合评价模型式(1) 时,有

$$y = \sum_{j=1}^{m} w_j \tilde{x}_j = \sum_{j=1}^{m} w_j \alpha_j x_j + \sum_{j=1}^{m} w_j \beta_j \tag{10}$$

这时,综合评价结果 y 的分散程度可由其方差

$$D(y) = \sum_{j=1}^{m} w_j^2 \alpha_j^2 \sigma_j^2 \tag{11}$$

来刻画.

由式(10) 及式(11) 可知,y 值的大小不仅取决于权重系数 w_i,还取决于无量纲化方法的选择. 这就导致了在选定综合评价模型及给定 w_i 的情况下 y 值及其排序的敏感性问题.

很显然,这种敏感性对衡量综合评价结果的客观性,将带来一种"灾难",同时,在实际应用中也将会出现某种"混乱". 这就为管理科学理论工作者提出了一个问题:即如何确定综合评价结果的客观标准,以及如何正确使用无量纲化的某些方法的问题.

2 关于确定综合评价结果的客观标准的原则

综合评价,就是从整体上综合地体现出各被评价对象之间的差异,以达到对被评价对象进行分类或排序的目的. 当然,被评价对象之间的差异体现得越彻底越好.

对于类型一致的指标 $x_1,x_2,\cdots,x_m$ 及选定的权重系数 $w_1,w_2,\cdots,w_m$,仅就综合评价模型式(1)(或式(2)),分别应用无量纲化方法 ①～⑤,

令

$$\Delta_k = \max\{y^{(k)}\} - \min\{y^{(k)}\}, k = 1,2,3,4,5 \quad (12)$$

为综合评价值 y 关于第 k 种无量纲化或量级无差别化的极差. 式中 $\max\{y^{(k)}\}$、$\min\{y^{(k)}\}$ 分别为与应用第 k 种无量纲化方法相应的综合评价值 y 的最大值及最小值.

就如何确定综合评价结果的客观标准，本文提出如下原则：

1° 计算量要少(特别是在指标类型趋同化方面)；

2° $\max\{y_i\} - \min\{y_i\}$ 要大(尽量体现各被评价对象的整体差异)；

3° 评价模型要"好"(即若强调被评价对象的均衡发展，则用模型式(2)；若突出被评价对象的"局部"优势，则用模型式(1)).

3 应用例

某厂考核其下属 5 个分厂的工作业绩，建立 4 项评价指标：x_1—— 人均实现利税额(万元 / 人)，x_2—— 单位产值能耗(吨标准煤 / 万元)，x_3—— 产品合格率(%)，x_4—— 厂区绿化覆盖率(%).

测得原始数据为：

	x_1	x_2	x_3	x_4
S_1	87	0.80	88.8	65.0
S_2	90	0.85	89.8	60.0
S_3	95	0.91	90.2	62.0
S_4	85	0.90	93.2	61.7
S_5	100	0.95	94.5	58.5

由专家给出的判断矩阵

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1.15 & 1.80 & 2.20 \\ 0.87 & 1 & 1.50 & 2.0 \\ 0.56 & 0.67 & 1 & 1.2 \\ 0.45 & 0.5 & 0.83 & 1 \end{pmatrix}$$

试对这 5 个分厂的工作业绩进行排序.

应用几何平均值法，求得 $w_1 = 0.347, w_2 = 0.301, w_3 = 0.195, w_4 = 0.156$，判断矩阵 A 的一致性检验是显著通过的.

3.1 类型一致化方法对 $\{y_i\}$ 排序的影响

指标 x_2 为极小型指标，其余均为极大型指标. 先对 x_2 分别按式(3) 或式(3') 进行极大化(或极小化) 处理，然后再同其它指标一样进行相同的无量纲化处理，分别应用评价模型式(1) 及模型式(2)，计算各分厂的综合评价值并进行排序(见表 1 和表 2).

表 1 指标类型一致化(极大化) 对排序的影响

模型	无量纲化方法	极大化类型	y_i 值(越大越好)	排 序	$\max\{y_i\} - \min\{y_i\}$	注
(1)	$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}$	(3)	$y_1 = 0.2260$ $y_4 = -0.3216$ $y_2 = -0.1412$ $y_5 = 0.2292$ $y_3 = 0.0761$	$s_5 \succ s_1 \succ s_3 \succ s_2 \succ s_4$	0.5508	由于出现 $m = 0$，故只选用"均值化"处理方法
		(3')	$y_1 = -0.7241$ $y_4 = -0.1129$ $y_2 = -0.5122$ $y_5 = 1.0176$ $y_3 = 0.3322$	$s_5 \succ s_3 \succ s_4 \succ s_2 \succ s_1$	1.7423	
(2)	$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$	(3)	$y_1 = 1.1562$ $y_4 = 0.9321$ $y_2 = 1.0618$ $y_5 = 0.7960$ $y_3 = 0.9333$	$s_1 \succ s_2 \succ s_3 \succ s_4 \succ s_5$	0.3602	
		(3')	$y_1 = 0.9578$ $y_4 = 0.9857$ $y_2 = 0.9769$ $y_5 = 1.0540$ $y_3 = 1.0221$	$s_5 \succ s_3 \succ s_4 \succ s_2 \succ s_1$	0.0962	

表 2　指标类型一致化（极小化）对排序的影响

模型	无量纲化方法	极小化类型	y_i 值（越小越好）	排　序	$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$	注
(1)	$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}-\bar{x}_j}{s_j}$	(3)	$y_1=-0.2260$　$y_4=0.3216$ $y_2=0.1412$　$y_5=-0.2292$ $y_3=-0.0761$	$s_5\succ s_1\succ s_3\succ s_2\succ s_4$	0.5508	① 由于出现 $m=0$，故选用“均值化”处理方法 ② 由于应用式(3)分别对指标 x_1、x_3、x_4 进行“极小化”处理，出现 $x_{ij}=0$ 的情况，从而有 $\tilde{x}_{ij}=0$，即有 $y=0$ 的情况出现.
		(3′)	$y_1=-0.7241$　$y_4=-0.1129$ $y_2=-0.5122$　$y_5=1.0176$ $y_3=0.3322$	$s_1\succ s_2\succ s_4\succ s_3\succ s_5$	1.7423	
(2)	$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$	(3)	$y_1=0$　$y_4=1.0117$ $y_2=1.1843$　$y_5=0$ $y_3=0.8025$	s_1 or $s_5\succ s_3\succ s_4\succ s_2$	1.1843	
		(3′)	$y_1=0.9578$　$y_4=0.9857$ $y_2=0.9769$　$y_5=1.0540$ $y_3=1.0221$	$s_1\succ s_2\succ s_4\succ s_3\succ s_5$	0.0962	

表 3　应用各种无量纲化方法并由模型(1)得到的各种相应的排序

无量纲化方法	y_i 值（越大越好）	排　序	$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$	注
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}-\bar{x}_j}{s_j}$	$y_1=-0.7247$　$y_4=-0.1129$ $y_2=-0.5222$　$y_5=1.0176$ $y_3=0.3322$	$s_5\succ s_4\succ s_3\succ s_2\succ s_1$	1.7432	将极小型指标 x_2 按式(3′)化为极大型指标.
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}-m_j}{M_j-m_j}$	$y_1=0.2025$　$y_4=0.4281$ $y_2=0.2863$　$y_5=0.8430$ $y_3=0.5840$	$s_5\succ s_4\succ s_3\succ s_2\succ s_1$	0.6405	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\min\limits_i\{x_{ij}\}}$	$y_1=0.3758$　$y_4=0.5926$ $y_2=0.4463$　$y_5=0.9990$ $y_3=0.7493$	$s_5\succ s_4\succ s_3\succ s_2\succ s_1$	0.6232	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\min\limits_i(x_{ij})}$	$y_1=0.8946$　$y_4=0.9205$ $y_2=0.9109$　$y_5=0.9834$ $y_3=0.9529$	$s_5\succ s_4\succ s_3\succ s_2\succ s_1$	0.0888	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$	$y_1=0.9580$　$y_4=0.9856$ $y_2=0.9759$　$y_5=1.0542$ $y_3=1.0213$	$s_5\succ s_4\succ s_3\succ s_2\succ s_1$	0.0962	

由于表 1 及表 2 可知：

1° 在同一组权重系数条件下，无论应用综合评价模型式(1)或式(2)，y_i 的值及 $\{y_i\}$ 的排序结果关于指标类型一致化方法的选择（或用式(3)或用式(3′)）都是敏感的.

2° 对于线性综合评价模型式(1)，$\{y_i\}$ 的排序关于指标类型趋同方法（即 $x_1,\cdots,x_4$ 或同为极大型指标，或同为极小型指标）只就式(3)的情形是不敏感的.

3° 而对于非线性综合评价模型式(2)，$\{y_i\}$ 的排序不但关于指标类型趋同方式的选择是敏感的，而且关于指标类型一致化的方法选择（即选用式(3)或式(3′)）也是敏感的.

4° 有趣的是，对于式(1)来说，在进行指标类

型趋同化的两个不同过程中，虽然$\{y_i\}$的值是截然不同的，但$\{y_i\}$的排序却是一致的；而对于模型式(2)而言，在进行指标类型趋同化的两个不同过程中，虽然$\{y_i\}$的值是相同的，但$\{y_i\}$的排序是截然相反的.

上述情况的出现，对评定综合评价结果的客观性带来了一定的麻烦.

3.2 指标无量纲化方法对$\{y_i\}$的排序的影响

表 4 应用各种无量纲化方法并由模型(1)得到的各种相应的排序

无量纲化方法	y_i 值(越小越好)	排 序	$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$	注
$\tilde{x}_{ij}=\dfrac{x_{ij}-\bar{x}_j}{s_j}$	$y_1=-0.2260$ $y_4=0.3216$ $y_2=0.1412$ $y_5=-0.2292$ $y_3=-0.0761$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.5508	① 将极大型指标 x_1、x_3、x_4 按式(3)化为极小型指标. ② 由于采用式(3)的变换，使得 $m_r=0$ $(r=1,3,4)$ 故使 $\tilde{x}_{i1}$、$\tilde{x}_{i3}$、$\tilde{x}_{i4}$ 无意义. 但若取 $m_r=\min_i\{x_{ij}\}-k_{j0}$ 则此时$\{y_i\}$排序变化关于常数 k_{j0} 的选取是敏感的(见表 6).
$\tilde{x}_{ij}=\dfrac{x_{ij}-m_j}{M_j-m_j}$	$y_1=0.4957$ $y_4=0.6713$ $y_2=0.6152$ $y_5=0.4570$ $y_3=0.5555$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.2143	
$\tilde{x}_{ij}=\dfrac{x_{ij}}{\min\limits_i\{x_{ij}\}}$	见本表注 ②			
$\tilde{x}_{ij}=\dfrac{x_{ij}}{\max\limits_i\{x_{ij}\}}$	$y_1=0.7492$ $y_4=0.7558$ $y_2=0.7814$ $y_5=0.4570$ $y_3=0.6231$	$s_5>s_3>s_1>s_4>s_2$	0.3244	
$\tilde{x}_{ij}=\dfrac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$	$y_1=1.1449$ $y_4=1.1362$ $y_2=1.1991$ $y_5=0.6090$ $y_3=0.9058$	$s_5>s_3>s_4>s_1>s_2$	0.5901	

由表 1 及表 2 可联想到：就同一评价模型式(1)(或式(2))，在相同权重系数的条件下，对均为极大型(或极小型)的指标进行无量纲(或无量级差别)化时，是否也存在$\{y_i\}$的排序关于无量纲化方法选择的敏感性呢？对此，本文进行了各种相应的计算(见表 3、表 4 及表 5). 在此基础上，得到如下结论：

结论 2 在同一组权重系数及指标类型一致的条件下，由模型式(1)或式(2)所得到的$\{y_i\}$的排序与所选用的无量纲化方法可能有关也可能无关，这是由指标类型趋同化的选择方式所决定的.

3.3 $\{y_i\}$的排序关于指标最小值m_j取法的敏感性问题

当应用无量纲化方法式(5)及式(6)时，理应取$m_j=\inf\{x_j\}$. 但有时常常直接取$m_j=\min\limits_i\{x_{ij}\}$，这时直接应用评价模型式(1)或式(2)时，将遇到某些麻烦(如出现$\tilde{x}=0$等). 于是，容易想到：若适当取$m_{j0}\neq 0$，使$m_j<\min\limits_i\{x_{ij}\}-m_{j0}(j=1,\cdots,4)$时，应用评价模型式(1)或式(2)就不会有什么限制了. 但此时是否存在$\{y_i\}$的排序变化关于常数m_{j0}的取值的敏感性呢？对此，本文进行了各种计算(详见表 6)，得到了有趣的结论：

结论 3 在应用极差化法或极大化法进行指标的无量纲化处理时，m_j关于m_{j0}的取值对$\{y_i\}$的排序是无关的. 但对于线性综合评价模型式(1)来说，$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$将随着m_j的取值变小而减小；而对于非线性综合评价模型式(2)而言，当应用极大化方法(或极差化方法)时，$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$将随着m_j的取值变小而增大(或减小).

3.4 关于本例的“最佳”排序

由表 1—表 5 可知，本例的综合评价结果$\{y_i\}$的排序是多种多样的，本文从强调系统均衡、协调发展及遵循关于确定综合评价结果客观标准的原则 1°与 2°，认为本例的“最佳”排序结果为

$$s_1>s_2>s_4>s_3>s_5$$

$(\max\{y_i\}-\min\{y_i\}=0.5743$ (见表 6))

表 5　应用各种无量纲化方法并由模型(2)得到的各种相应的排序

无量纲化方法	y_i 值(越小越好)	排　序	$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$	注
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}-\bar{x}_j}{s_j}$	见本表注②			①将极大型指标 x_1、x_3、x_4 按式(3')化为极小型指标；②因"中心化处理"，当 $\tilde{x}_{ij}<0$ 且当 $w_j<1$ 时，$\tilde{x}_{ij}^{w_j}$ 的计算失去意义；③由排序的不完全，故未计算此项指标.
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}-m_j}{M_j-m_j}$	$y_1=0$　$y_4=0$ $y_2=0.2846$　$y_5=0$ $y_3=0.5550$	s_1 or s_4 or $s_5\succ s_2\succ s_3$	见本表注③	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\min_i\{x_{ij}\}}$	$y_1=1.0251$　$y_4=1.0550$ $y_2=1.0456$　$y_5=1.1282$ $y_3=1.0940$	$s_1\succ s_2\succ s_4\succ s_3\succ s_5$	0.1031	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\max_i\{x_{ij}\}}$	$y_1=0.8939$　$y_4=0.9199$ $y_2=0.9117$　$y_5=0.9837$ $y_3=0.9539$	$s_1\succ s_2\succ s_4\succ s_3\succ s_5$	0.0898	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}$	$y_1=0.9578$　$y_4=0.9857$ $y_2=0.9769$　$y_5=1.0540$ $y_3=1.0221$	$s_1\succ s_2\succ s_4\succ s_3\succ s_5$	0.0962	

4　结束语

本文只针对综合评价模型式(1)及式(2)的情形，就综合评价结果(或排序)关于评价指标类型一致(或趋同)化、评价指标无量纲(或量级无差别)化方法的敏感性问题进行了讨论，得出了若干有应用价值及理论意义的结论，现归纳如下：

1° 在评价指标类型趋同化处理中，要坚持"少数服从多数"的原则. 即将少数的类型非一致化的指标向多数的类型一致化的指标"看齐".

2° 对于无量纲的评价指标，也要进行测度量级无差别化的处理.

3° 根据评价的目的选择评价模型. 若强调系统(或被评价对象)的整体效应，突出系统协调、均衡发展的作用，可采用非线型综合评价模型式(2)；若强调系统的局部效应，突出指标间的"互补性"(即由某个指标值较小(或某个 w_j 较小)而造成的"损失"，可由某个或某几个取值较大的指标(或某个 w_j)给以"补偿")，可采用线型综合评价模型式(1).

4° 当采用模型式(1)时，建议应用中心化无量纲化方法，如用极差无量纲化方法，取 $m_j=\min_i\{x_{ij}\}(j=1,2,\cdots,m)$ 为宜；当采用模型式(2)时，建议应用极大化无量纲化方法，且适当取 $m_j<\min_i\{x_{ij}\}(j=1,2,\cdots,m)$ 为宜.

另外，值得提及的是，对于非线性综合评价模型式(2)来说，不宜对原始数据进行中心化的无量纲处理. 这是因为，当 $\tilde{x}_{ij}<0$ 且 $w_j\in(0,1)$ 时，计算 $\tilde{x}_{ij}^{w_j}$ 无意义. 这时可能想到，若对 $\tilde{x}_{ij}$ 进行整体平移，即令 $\tilde{x}_{ij}=\tilde{x}_{ij}+k_0$(选取正数 k_0，使得 $\tilde{x}_{ij}>0,i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,m$)时，就可应用模型式(2)了. 但非常遗憾的是，此时 $\{y_i\}$ 的排序关于正数 k_0 的选取是敏感的(见表 7).

表 6 指标最小值 m_j 的取法对排序的影响

无量纲化方法	模型	m_j 取值状况	y_i 值(越大越好)	排 序	$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$	注
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}-m_j}{M_j-m_j}$	(1)	Ⅰ	$y_1=0.5033$ $y_4=0.3277$ $y_2=0.3865$ $y_6=0.5420$ $y_3=0.4435$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.2143	①m_j 取值状况：Ⅰ：$m_1=\min\{x_{i1}\}$，$m_2=\min\{x_{i2}\}$，$m_3=\min\{x_{i3}\}$，$m_4=\min\{x_{i4}\}$；Ⅱ：$m_1=\min\{x_{i1}\}-1$，$m_2=\min\{x_{i2}\}-0.01$，$m_3=\min\{x_{i3}\}-0.8$，$m_4=\min\{x_{i4}\}-0.5$；Ⅲ：$m_1=\min\{x_{i1}\}-2$，$m_2=\min\{x_{i2}\}-0.02$，$m_3=\min\{x_{i3}\}-1.8$，$m_4=\min\{x_{i4}\}-0.5$；
		Ⅱ	$y_1=0.5461$ $y_4=0.3730$ $y_2=0.4356$ $y_5=0.5720$ $y_3=0.4878$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.1990	
		Ⅲ	$y_1=0.5854$ $y_4=0.4170$ $y_2=0.4876$ $y_5=0.6067$ $y_3=0.5319$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.1891	
	(2)	Ⅰ	$y_1=0$ $y_4=0$ $y_2=0.3425$ $y_5=0$ $y_3=0.4030$	$s_3>s_2>s_1>s_4>s_5$	0.4030	
		Ⅱ	$y_1=0.3718$ $y_4=0.2465$ $y_2=0.4070$ $y_5=0.2876$ $y_3=0.4590$	$s_3>s_2>s_1>s_4>s_5$	0.2125	
		Ⅲ	$y_1=0.4582$ $y_4=0.3231$ $y_2=0.4687$ $y_6=0.4044$ $y_3=0.5098$	$s_3>s_2>s_1>s_4>s_5$	0.1867	
$\tilde{x}_{ij}=\frac{x_{ij}}{m_j}$	(1)	Ⅰ	$y_1=0.6766$ $y_4=0.4922$ $y_2=0.5465$ $y_5=0.6980$ $y_3=0.6088$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.2058	
		Ⅱ	$y_1=0.7209$ $y_4=0.5390$ $y_2=0.5970$ $y_5=0.7293$ $y_3=0.6545$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.1903	
		Ⅲ	$y_1=0.7633$ $y_4=0.5865$ $y_2=0.6508$ $y_5=0.7668$ $y_3=0.7016$	$s_5>s_1>s_3>s_2>s_4$	0.1803	
	(2)	Ⅰ	$y_1=1.5555$ $y_4=1.2540$ $y_2=1.4285$ $y_5=1.0709$ $y_3=1.2556$	$s_1>s_2>s_3>s_4>s_5$	0.4846	
		Ⅱ	$y_1=1.6756$ $y_4=1.3509$ $y_2=1.5388$ $y_5=1.1536$ $y_3=1.3526$	$s_1>s_2>s_3>s_4>s_5$	0.5220	
		Ⅲ	$y_1=1.8438$ $y_4=1.4865$ $y_2=1.6934$ $y_5=1.2695$ $y_3=1.4884$	$s_1>s_2>s_3>s_4>s_5$	0.5743	

表 7　指标值的“平移”对排序的影响

k_0	y_i 值(越大越好)	排　序	$\max\{y_i\}-\min\{y_i\}$
2	$y_1=1.8490$　$y_4=1.5055$ $y_2=1.7870$　$y_5=1.6595$ $y_3=1.9320$	$s_3>s_1>s_2>s_5>s_4$	0.4265
3	$y_1=2.9733$　$y_4=2.5721$ $y_2=2.8093$　$y_5=2.8750$ $y_3=2.9550$	$s_1>s_3>s_5>s_2>s_4$	0.4012
4	$y_1=4.0319$　$y_4=3.5985$ $y_2=3.8188$　$y_5=3.9659$ $y_3=3.9651$	$s_1>s_5>s_3>s_2>s_4$	0.4334

本文只就综合评价结果的敏感性问题进行了初步讨论和实证分析，其中有关的理论问题将另文讨论．

参考文献

1　郭亚军著．多属性综合评价．沈阳：东北大学出版社，1996

2　王宗军．综合评价的方法、问题及其研究趋势．管理科学学报，1998，1(1)：73～79

3　吴敬业，史本山．评价模式对评价可靠性的影响分析．系统工程理论与实践，1993，13(3)：11～15

Sensibility and Practice Analysis of Comprehensive Evaluation Result

Guo Yajun

Faculty Business Administration of Northeastern University

Abstract　In case of giving comprehensive evaluation model and weighting parameters, the sensibility problem of comprehensive evaluation result has been discussed with regard to the unification of types of the index and the dimensionless method of index. And a practical analysis has been given too.

Keywords:　comprehensive evaluation, sensibility, practical analysis