第 27 卷 第 8 期
Vol. 27 No. 8

控 制 与 决 策
Control and Decision

2012 年 8 月
Aug. 2012

文章编号: 1001-0920 (2012) 08-1169-06

多属性群决策中基于数据稳定性与主观偏好的综合熵权法

周荣喜[1], 范福云[1], 何大义[2], 邱菀华[3]

(1. 北京化工大学 经济管理学院，北京 100029；2. 中国地质大学 人文经管学院,
北京 100083；3. 北京航空航天大学 经济管理学院，北京 100191)

摘 要: 针对熵权法下属性客观权重的分散度不高的问题, 提出了基于调节系数的改进的判断矩阵标准化处理方法. 以不同决策者对相同方案同一属性的评价值为基础, 根据数据稳定性与属性权重之间的正相关关系, 提出以属性评价值的熵作为数据稳定性的度量, 并由该熵值确定属性客观权重的方法. 同时, 依据群决策者对于属性的主观偏好值的稳定性及其平均值之间的关系给出了属性的主观权重. 最后通过算例表明了所提出方法的可行性与实效性.

关键词: 综合熵权法；数据稳定性；主观偏好；多属性群决策

中图分类号: C931　　　　**文献标识码:** A

Integrated entropy weight method based on data stability and subjective preference in multi-attribute group decision-making

ZHOU Rong-xi[1], *FAN Fu-yun*[1], *HE Da-yi*[2], *QIU Wan-hua*[3]

(1. School of Economics and Management，Beijing University of Chemical Technology，Beijing 100029，China；2. School of Humanities and Economic Management，China University of Geo-Sciences，Beijing 100083，China；3. School of Economics and Management，Beihang University，Beijing 100191，China．Correspondent：ZHOU Rong-xi, E-mail：zrx103@126.com)

Abstract: To increase the dispersion of the objective weights derived from entropy weighting method, an improved approach is presented for normalizing the decision matrix based on adjustment coefficient. The entropy of attribute evaluated values is used as a measurement of data stability, and the objective weights of attributes are determined through their entropies according to the positive relationship between data stability and attribute weights based on the same alternative and attribute but different decision-makers. Subjective weights of attributes are obtained on the basis of the stability of subjective preference values given by group decision-makers and average of them. Finally, an example is given to verify the feasibility and rationality of the proposed method.

Key words: integrated entropy weight method；data stability；subjective preference；multi-attribute group decision making

1 引 言

在多属性决策问题中, 属性权重的合理与否对决策结果的准确性至关重要. 目前, 属性权重的求解主要采用客观赋权法、主观赋权法和综合赋权法. 客观赋权法是根据决策问题本身所包含的数据信息而确定权重的一类方法, 其中应用较多的是利用信息熵来确定权重[1-3]. 主观赋权法根据决策者对属性的主观偏好对其赋予权重, 主要有专家调查法、层次分析法等, 也有采用信息熵来确定权重[4-5]. 综合赋权法是在综合考虑主观权重和客观权重的基础上利用一定的科学方法对主观权重与客观权重进行综合, 克服了主观赋权法的主观随意性与客服赋权法的片面性, 受到人们的广泛重视[6-10]. 文献 [6] 在建立客观权重模型合理性的判定定理和利用熵系数的客观权重模型的基础上, 通过折衷系数集成主观权重与客观权重. [7] 研究了主观信息与客观信息相结合的主、客观综合赋权方法. [8] 提出了一种能反映决策者主观信息和客观信息的属性权重集成赋权法. [9] 通过规划

收稿日期: 2011-01-29；**修回日期:** 2011-05-08.

基金项目: 国家自然科学基金项目(70871002, 70701003, 71171002)；中央高校基本科研业务费专项资金项目(ZZ1017, 2011YYL048)；北京化工大学学科建设项目.

作者简介: 周荣喜(1972−), 男, 教授, 博士, 从事决策理论等研究；邱菀华(1946−), 女, 教授, 博士生导师, 从事项目管理、决策分析等研究.

主、客观权重提出一种新的模糊 TOPSIS 多属性决策方法. [10] 针对不确定环境下的模糊多属性决策问题, 提出既能反映主观判断又能反映客观信息的数学规划模型.

现有文献中的综合赋权法所讨论的大都是单个决策者的情形, 对于群决策问题进行综合赋权法的研究成果较为少见. 现有熵权法的文献根据同一属性下不同方案的属性值来计算熵值, 并由此计算属性的客观权重. 一般地, 属性值相差越大, 熵值越小, 赋予属性的客观权重越大, 这在单决策者情形中是可行的, 但在多属性群决策问题中使用会引起决策偏差. 基于此, 本文提出一种新的针对多属性群决策问题的综合赋权方法.

2 多属性群决策中基于数据稳定性与主观偏好的熵模型

将多属性群决策问题描述为三元组 (X,V,D). 其中: $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}(n\geqslant 2)$ 为方案集; $V=\{v_1,v_2,\cdots,v_m\}(m\geqslant 2)$ 为属性集; $D=\{d_1,d_2,\cdots,d_s\}(s\geqslant 2)$ 为决策者集. 记 $N=\{1,2,\cdots,n\}$, $M=\{1,2,\cdots,m\}$, $S=\{1,2,\cdots,s\}$, 均有 $i\in N$, $j\in M$, $k\in S$.

2.1 属性的客观权重

决策者 d_k 对于方案 x_i 的属性 v_j 的评价值表示为 a_{ij}^k. 记 $A_i=(a_{ij}^k)_{s\times m}$ 为决策者 d_k 对方案 x_i 的 m 个属性进行评价的决策矩阵, 有

$$A_i=\begin{bmatrix} a_{i1}^1 & a_{i2}^1 & \dots & a_{im}^1 \\ a_{i1}^2 & a_{i2}^2 & \dots & a_{im}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1}^s & a_{i2}^s & \dots & a_{im}^s \end{bmatrix}.$$

对于同一方案的同一属性, s 个决策者对其评价越一致, 则该方案该属性的群决策结果越有效, 应对该属性赋予较大的权重; 反之, 则越无效, 应对该属性赋予较小的权重. 例如对于同一块玻璃的透明度, 若 s 个决策者的评价结果都是“好”, 则群体决策者对于该玻璃透明度的群体决策结果有效; 若一部分决策者评价结果是“差”, 一部分决策者评价结果是“一般”, 一部分决策者评价结果是“好”, 则该群体决策者对该玻璃透明度的评价结果很混乱, 视为无效.

信息熵在决策分析中应用广泛[11], 下面通过信息熵来衡量群体决策者对某个属性评价结果的一致性, 并给出该属性的客观权重. 对于同一方案的同一属性, 不同决策者所给出的评价值越一致, 则熵值越大, 属性权重越大. 可将熵值归一化后作为属性的客观权重, 但由于 $-p\log p(0<p<1)$ 函数在 $p<0.1$ 时增长迅速, 在 $p=0.2$ 和 $p=0.6$ 范围内变化较为平缓[12], 所得到的属性客观权重过于集中于平均值, 拉不开差距. 为了使属性的客观权重有差距, 即提高属性客观权重的分散度, 对 $A_i=(a_{ij}^k)_{s\times m}$ 作改进的标准化处理, 得到

$$R_i=(r_{ij}^k)_{s\times m}=\begin{bmatrix} r_{i1}^1 & r_{i2}^1 & \dots & r_{im}^1 \\ r_{i1}^2 & r_{i2}^2 & \dots & r_{im}^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1}^s & r_{i2}^s & \dots & r_{im}^s \end{bmatrix}.$$

其中

$$r_{ij}^k=\begin{cases} \Big(\dfrac{a_{ij}^k}{\max\limits_k(a_{ij}^k)}\Big)^\tau, \ v_j\text{为效益型}; \\ \Big[1-\dfrac{|a_{ij}^k-a|}{\max\limits_k|a_{ij}^k-a|}\Big]^\tau, \ v_j\text{为偏离型}, a\text{为常数}; \\ \Big(\dfrac{\min\limits_k(a_{ij}^k)}{a_{ij}^k}\Big)^\tau, \ v_j\text{为成本型}. \end{cases} \tag{1}$$

$\tau\geqslant 1$ 为调节系数, 能够调节属性客观权重的分散性. τ 越大, 各属性的客观权重分布越分散; 相反, 则各属性的客观权重分布越集中于平均值.

假定 $r_{ij}^k\Big/\sum\limits_{k=1}^s r_{ij}^k=0$, 有

$$\frac{r_{ij}^k}{\sum\limits_{k=1}^s r_{ij}^k}\ln\frac{r_{ij}^k}{\sum\limits_{k=1}^s r_{ij}^k}=0,$$

则群体决策者对于属性 v_j 的评价结果熵值为

$$E_j=-\frac{1}{\ln s}\sum_{k=1}^s\frac{r_{ij}^k}{\sum\limits_{k=1}^s r_{ij}^k}\ln\frac{r_{ij}^k}{\sum\limits_{k=1}^s r_{ij}^k}. \tag{2}$$

属性 v_j 对于方案 x_i 的客观权重为

$$w_{ij}=E_j\Big/\sum_{j=1}^m E_j. \tag{3}$$

各属性对应于方案 $x_1,x_2,\cdots,x_n$ 的客观权重为

$$\begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1m} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nm} \end{bmatrix}.$$

下面引入相对熵[12-14]求解各属性的客观权重. 设 $p_j,q_j\geqslant 0$, 且 $1=\sum\limits_{j=1}^m p_j\geqslant\sum\limits_{j=1}^m q_j$, 记 $P=(p_1,p_2,\cdots,p_m)$, $Q=(q_1,q_2,\cdots,q_m)$, 则称 $H(P,Q)=\sum\limits_{j=1}^m p_j\log(p_j/q_j)$ 为 P 相对于 Q 的相对熵. 其性质有:

1) $\sum\limits_{j=1}^m p_j\log\dfrac{p_j}{q_j}\geqslant 0$;

2) $\sum_{j=1}^{m} p_j \log \frac{p_j}{q_j} = 0$ 当且仅当 $p_j = q_j$.

当 P 和 Q 为两个离散分布时, 相对熵可用于度量二者符合程度. 当 P 和 Q 完全相等时, P 相对于 Q 的相对熵达到最小值. 因此, 可通过最小化属性对应于各方案的客观权重向量与属性的客观权重向量的相对熵, 获得与各方案一致的属性客观权重集. 模型如下:

$$\begin{aligned} &\min Z(W') = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} w'_j \log \frac{w'_j}{w_{ij}}; \\ &\text{s.t. } w'_j > 0,\ \sum_{j=1}^{m} w'_j = 1. \end{aligned} \tag{4}$$

其中 w'_j 为属性 v_j 的客观权重. 式 (4) 确定的最优化模型有如下全局最优解:

$$w'_j = \prod_{i=1}^{n} w_{ij} \Big/ \sum_{j=1}^{m} \prod_{i=1}^{n} w_{i}j. \tag{5}$$

该结论的证明参见文献 [13], 此略. 应用相对熵方法得到属性的客观权重 $w'_1, w'_2, \cdots, w'_m$.

2.2　属性的主观权重

属性的权重不但与群体决策者所给的属性评价值的稳定性有关, 更与群体决策者对属性的主观偏好程度有关, 即属性具有主观权重. 假设决策者 d_k 对于属性 v_j 的主观偏好用效用值 w_j^k 表示, s 个决策者对于 m 个属性的主观偏好矩阵为

$$(w_j^k)_{s\times m} = \begin{bmatrix} w_1^1 & w_2^1 & \cdots & w_m^1 \\ w_1^2 & w_2^2 & \cdots & w_m^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1^s & w_2^s & \cdots & w_m^s \end{bmatrix},\ \sum_{j=1}^{m} w_j^k = 1.$$

同理, 对于同一属性, s 个决策者主观偏好越一致, 则该属性的群体主观偏好越有效. 首先应用熵权法求取属性基于主观偏好的稳定性权重 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_m$.

假定 $w_j^k \Big/ \sum_{k=1}^{s} w_j^k = 0$, 有

$$\frac{w_j^k}{\sum_{k=1}^{s} w_j^k} \ln \frac{w_j^k}{\sum_{k=1}^{s} w_j^k} = 0,$$

则群体决策者对于属性 v_j 的主观偏好的熵值为

$$E'_j = -\frac{1}{\ln s} \sum_{k=1}^{s} \frac{w_j^k}{\sum_{k=1}^{s} w_j^k} \ln \frac{w_j^k}{\sum_{k=1}^{s} w_j^k}. \tag{6}$$

若数据越一致, 则熵值越大, 权重越大, 故通过下式得到属性 v_j 基于决策者主观偏好的稳定性权重:

$$\lambda_j = E'_j \Big/ \sum_{j=1}^{m} E'_j. \tag{7}$$

若 $\lambda_j > 1/m$, 则称群体决策者对于属性 v_j 的主观偏好较一致; 反之, 则较不一致. 对于属性 v_j, 若 $\frac{1}{s}\sum_{k=1}^{s} w_j^k > \frac{1}{m}$, 则称在不考虑群体决策者主观偏好一致性的情况下, 属性 v_j 的平均主观偏好相对较大; 反之, 则相对较小. 从而对于任意属性 v_j 有以下 4 种情况:

1) 属性 v_j 的平均主观偏好相对较大, 群体决策者对于 v_j 的主观偏好较一致;

2) 属性 v_j 的平均主观偏好相对较小, 群体决策者对于 v_j 的主观偏好较一致;

3) 属性 v_j 的平均主观偏好相对较大, 群体决策者对于 v_j 的主观偏好评价较不一致;

4) 属性 v_j 的平均主观偏好相对较小, 群体决策者对于 v_j 的主观偏好评价较不一致.

对于情况 1) 和情况 2), 由于群体决策者对于 v_j 的主观偏好较一致, 属性 v_j 的平均主观偏好能代表群体决策者的意愿, 可将属性 v_j 的平均主观偏好作为其主观权重, 于是有

$$w''_j = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^{s} w_j^k. \tag{8}$$

对于情况 3) 和情况 4), 群体决策者对于 v_j 的主观偏好较不一致, 属性 v_j 的平均主观偏好不能代表群体决策者的意愿. 由于所有属性的主观权重总和为 1, 在优先分配情况 1) 和情况 2) 中的属性主观权重后, 剩余权重

$$\psi = \sum_{j, v_j \text{属于情况 1) 和情况 2)}} (1 - w''_j) \tag{9}$$

可作为情况 3) 和情况 4) 中属性主观权重的总和. 在参考属性平均主观偏好和群体决策者对属性的主观偏好一致性的前提下, 记

$$\mu_j = \lambda_j + \frac{1}{s} \sum_{k=1}^{s} w_j^k.$$

按 μ_j 的大小将剩余权重 ψ 分配给 v_j 作为其主观权重, 有

$$w''_j = \frac{\mu_j \psi}{\sum_{j, v_j \text{属于情况 3) 和情况 4)}} \mu_j}. \tag{10}$$

2.3　属性的综合权重

按对稳定性与主观权重的偏好程度分别给出稳定性系数 α 和主观性系数 β, 一般地, $\alpha \leqslant \beta, \alpha+\beta = 1$, 可以求出属性的综合权重为

$$W = \alpha W' + \beta W''. \tag{11}$$

其中: $W = (w_1, w_2, \cdots, w_m)$ 为所求属性综合权重集; $W' = (w'_1, w'_2, \cdots, w'_m)$ 为属性的客观权重集; $W'' = (w''_1, w''_2, \cdots, w''_m)$ 为属性的主观权重集.

2.4 方案排序

决策者 d_k 对 n 个方案的 m 个属性进行评价的决策矩阵为

$$\hat{A}_k=(a_{ij}^k)_{n\times m}=\begin{bmatrix} a_{11}^k & a_{12}^k & \cdots & a_{1m}^k \\ a_{21}^k & a_{22}^k & \cdots & a_{2m}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}^k & a_{n2}^k & \cdots & a_{nm}^k \end{bmatrix}.$$

对决策矩阵 $\hat{A}_k=(a_{ij}^k)_{n\times m}$ 进行标准化处理[15], 得到

$$B_k=(b_{ij}^k)_{n\times m}=\begin{bmatrix} b_{11}^k & b_{12}^k & \cdots & b_{1m}^k \\ b_{21}^k & b_{22}^k & \cdots & b_{2m}^k \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1}^k & b_{n2}^k & \cdots & b_{nm}^k \end{bmatrix}.$$

其中

$$b_{ij}^k=\begin{cases} \dfrac{a_{ij}^k-\min\limits_i a_{ij}^k}{\max\limits_i a_{ij}^k-\min\limits_i a_{ij}^k},\ v_j\text{为效益型}; \\ 1-\dfrac{|a_{ij}^k-a|}{\max\limits_i |a_{ij}^k-a|},\ v_j\text{为偏离型}, a\text{为常数}; \\ \dfrac{\max\limits_i a_{ij}^k-a_{ij}^k}{\max\limits_i a_{ij}^k-\min\limits_i a_{ij}^k},\ v_j\text{为成本型}. \end{cases} \tag{12}$$

假设 s 个决策者的决策者权重分别为 $\ell_1,\ell_2,\cdots,\ell_s$, 则方案 x_i 的综合值为

$$z_i=\frac{1}{s}\sum_{k=1}^{s}\sum_{j=1}^{m}w_j\ell_k b_{ij}^k. \tag{13}$$

根据 z_i 可以得出 n 个方案的排序. z_i 越大, 方案 x_i 排名越靠前.

2.5 决策步骤

根据求解综合权重的具体过程, 给出多属性群决策步骤如下:

Step 1: 根据式 (1) 对决策矩阵 $A_i=(a_{ij}^k)_{s\times m}$ 进行标准化处理.

Step 2: 根据式 (2) 和 (3) 求得属性 v_j 对于方案 x_i 的客观权重 w_{ij}.

Step 3: 根据式 (4) 建立模型, 并由式 (5) 解得属性的客观权重 $w'_1,w'_2,\cdots,w'_m$.

Step 4: 对于 $(w_j^k)_{s\times m}$, 根据式 (6) 和 (7) 求得属性基于决策者主观偏好的稳定性权重 $\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_m$. 若 $\lambda_j>1/m$, 则根据式 (8) 求出 v_j 的主观权重 w''_j; 若 $\lambda_j\leqslant 1/m$, 则计算 $\mu_j=\lambda_j+\dfrac{1}{s}\sum\limits_{k=1}^{s}w_j^k$, 根据式 (9) 和 (10) 求出 v_j 的主观权重 w''_j.

Step 5: 给出稳定性系数 α, 主观性系数 β, 根据式 (11) 求得属性综合权重 $W=(w_1,w_2,\cdots,w_m)$.

Step 6: 对于决策矩阵 $\hat{A}_k=(a_{ij}^k)_{n\times m}$, 根据式 (12) 进行标准化处理得到矩阵 $B_k=(b_{ij}^k)_{n\times m}$, 再根据式 (13) 求取方案 x_i 的综合值 z_i, 并根据 z_i 得到 n 个方案的排序.

3 算例分析

假设有 4 个企业 (方案) 投标某一项目, 4 位决策者依据 4 个指标 (属性) 对各企业进行评价打分 (范围从 0~100), 评价结果如表 1~表 4 所示. 4 位决策者对于 4 个指标 (属性) 有其主观偏好值, 如表 5 所示. 为了在分析结果时排除决策者权重的干扰, 算例中假设 4 位决策者的权重分别为 $\ell_1=0.25$, $\ell_2=0.25$, $\ell_3=0.25$, $\ell_4=0.25$, 据此选择最优企业中标.

表 1 决策者对方案 x_1 的各属性评分

属性	v_1	v_2	v_3	v_4
d_1	82	82	79	80
d_2	77	87	42	86
d_3	93	85	63	84
d_4	51	84	73	82

表 2 决策者对方案 x_2 的各属性评分

属性	v_1	v_2	v_3	v_4
d_1	85	91	90	72
d_2	61	93	60	76
d_3	94	90	84	70
d_4	53	96	55	74

表 3 决策者对方案 x_3 的各属性评分

属性	v_1	v_2	v_3	v_4
d_1	69	77	96	78
d_2	79	81	87	81
d_3	94	78	62	79
d_4	56	81	75	78

表 4 决策者对方案 x_4 的各属性评分

属性	v_1	v_2	v_3	v_4
d_1	73	71	80	86
d_2	64	73	96	91
d_3	87	73	73	88
d_4	82	75	60	85

表 5 决策者对各属性的主观偏好

属性	v_1	v_2	v_3	v_4
d_1	0.16	0.41	0.24	0.19
d_2	0.23	0.22	0.42	0.13
d_3	0.24	0.31	0.28	0.17
d_4	0.19	0.21	0.32	0.28

按如下步骤求属性的综合权重:

Step 1: 根据式 (1) 对表 1~表 4 的属性评价打分矩阵进行标准化处理, 算例中 τ 取值为 4.

Step 2: 根据式 (2) 和 (3) 求得属性 v_j 对方案 x_i 的客观权重为

$$\begin{bmatrix} 0.231 & 0.271 & 0.227 & 0.271 \\ 0.218 & 0.278 & 0.226 & 0.278 \\ 0.225 & 0.269 & 0.237 & 0.269 \\ 0.247 & 0.264 & 0.226 & 0.263 \end{bmatrix}.$$

Step 3: 根据式 (4) 建立模型, 并由式 (5) 解得属性的客观权重为

$$w_1' = 0.172,\ w_2' = 0.330,\ w_3' = 0.170,\ w_4' = 0.329.$$

Step 4: 对于表 5, 根据式 (6) 和 (7) 求得属性基于决策者主观偏好的稳定性权重为

$$\lambda_1 = 0.253,\ \lambda_2 = 0.248,\ \lambda_3 = 0.251,\ \lambda_4 = 0.248.$$

由于 λ_1 和 λ_3 均大于 1/4, 根据式 (8), 有主观权重 $w_1'' = 0.205, w_3'' = 0.315$; 由于 $\lambda_2 = 0.248 < 1/4$, $\lambda_4 = 0.248 < 1/4$, 根据式 (9) 和 (10), 有主观权重 $w_2'' = 0.263, w_4'' = 0.217$.

Step 5: 假定稳定性系数 $\alpha = 0.4$, 主观性系数 $\beta = 0.6$, 根据式 (11) 求得属性的综合权重为

$$w_1 = 0.192,\ w_2 = 0.290,\ w_3 = 0.257,\ w_4 = 0.261.$$

Step 6: 根据表 1～表 4, 将决策者 d_k 对于 n 个方案的 m 个属性的评价值构建成决策矩阵 $\hat{A}_k = (a_{ij}^k)_{n\times m}$, 然后根据式 (12) 进行标准化处理得到矩阵 $B_k = (b_{ij}^k)_{n\times m}$, 再根据式 (13) 求得方案 x_i 的综合值 z_i 为

$$z_1 = 0.133\,8,\ z_2 = 0.129\,0,$$

$$z_3 = 0.121\,1,\ z_4 = 0.111\,4.$$

由于 $z_1 > z_2 > z_3 > z_4$, 方案 x_1 最佳.

算例中, 如果不考虑数据的稳定性, 则属性没有客观权重, 其权重由各决策者对属性的平均主观偏好代替, 分别为: 0.205, 0.288, 0.315, 0.193, 即属性 v_3 的权重最高. 由此将得出 4 个方案的综合值分别为 0.128, 0.137, 0.126, 0.102, 即方案 x_2 最优. 观察原始数据, 并结合本文的计算可知, 决策者群体对属性 v_3 的评价值一致性非常低, 对属性 v_3 的主观偏好一致性也非常低, 所以属性 v_3 的权重最高, 且由此计算出的结果不能反映群体意愿, 也不能体现群决策的民主精神.

对于式 (1) 中 τ 的不同取值, 计算结果也会不同. 下面给出 $\tau = 1, 2, \cdots, 7$ 时各属性对于方案 x_1 的客观权重、各属性的客观权重以及各方案的综合值如表 6 所示. 可以看出 τ 越大, 各属性对于方案 x_1 的客观权重排序不变, 分布分散度增加; 属性的客观权重排序不变, 但分布分散度增加; 各方案的综合值排序也不变, 且分布分散度较稳定. 即 τ 的取值大小不改变与其相关结果的排序, 也不会显著改变综合值的分散度, 但会使相关权重分布分散度增加, 权重层次效果更明显.

表 6　关于 τ 值的灵敏度分析

项目	$\tau=1$	$\tau=2$	$\tau=3$	$\tau=4$	$\tau=5$	$\tau=6$	$\tau=7$
w_1^1	0.248	0.244	0.238	0.231	0.224	0.217	0.210
w_2^1	0.252	0.257	0.264	0.271	0.279	0.286	0.292
w_3^1	0.248	0.242	0.234	0.227	0.219	0.213	0.207
w_4^1	0.252	0.257	0.264	0.271	0.278	0.285	0.291
w_1'	0.244	0.226	0.201	0.172	0.142	0.115	0.091
w_2'	0.257	0.274	0.300	0.330	0.360	0.388	0.412
w_3'	0.243	0.225	0.200	0.170	0.140	0.113	0.089
w_4'	0.257	0.274	0.300	0.329	0.358	0.385	0.408
z_1	0.131	0.132	0.133	0.134	0.135	0.136	0.137
z_2	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129	0.129
z_3	0.125	0.124	0.123	0.121	0.120	0.118	0.117
z_4	0.110	0.110	0.111	0.111	0.112	0.112	0.113

4　方法对比

对于文献 [16] 中的案例, 按照本文方法计算准则 1～准则 4 的客观权重分别为 0.251, 0.266, 0.240, 0.243. 方案 1～方案 3 的综合值分别为 0.486, 0.473, 0.490. 最佳为方案 3, 其次为方案 1, 最次为方案 2. 然而在文献 [16] 中, 准则 1～准则 4 的熵权分别为 −0.004, 0.189, 0.343, 0.47, 得出方案 2 为最佳方案, 熵权为负, 这不符合逻辑. 因为对于同一方案的同一准则, 若多个决策者给出的评价值越一致, 越有效, 则应赋予该准则越大权重. 文献 [16] 依然采用多方案多属性单决策者问题中的熵权法, 导致准则的熵权不能反映各准则下决策者评价值的一致性, 最终导致结果不合理.

5　结　论

对于单个决策者的多属性决策问题, 基于信息熵确定权重是指依据同属性下不同方案的属性值来计算熵值, 这种方法并不适用于多属性群决策问题. 由此本文提出根据数据稳定性与属性权重之间的正相关关系, 以属性评价值的熵作为数据稳定性的度量依据以及基于该熵值的客观权重确定方法. 同时, 依据群决策者对于属性的主观偏好值的稳定性及其平均值之间的关系给出属性的综合主观权重. 然后综合考虑决策者自身权重和方案属性的主、客观权重, 建立了基于数据稳定性的多属性群决策的综合权重确定方法与具体的决策步骤, 并通过算例表明了所提方法的可行性和实效性, 从而为多属性群决策问题中的权重确定提供了一种新方法. 该方法更能体现群决策思想, 其思路也可推广到属性值为区间数、模糊数、语言变量等情形.

参考文献(References)

[1] 陈雷, 王延章. 基于熵权系数与TOPSIS集成评价决策方法的研究[J]. 控制与决策, 2003, 18(4): 456-459.
(Chen L, Wang Y Z. Research on TOPSIS integrated evaluation and decision method based on entropy

coefficient[J]. Control and Decision, 2003, 18(4): 456-459.)

[2] 丁世飞, 王启田, 纪召军, 等. 基于信息熵的PCP综合决策模型研究[J]. 小型微型计算机系统, 2007, 28(1): 79-82.
(Ding S F, Wang Q T, Ji Z J, et al. PCP comprehensive decision-making model based on information entropy[J]. J of Chinese Computer Systems, 2007, 28(1): 79-82.)

[3] Chen T Y, Li C H. Determining objective weights with intuitionistic fuzzy entropy measures: A comparative analysis[J]. Information Sciences, 2010, 180(21): 4207-4222.

[4] 万俊, 邢焕革, 张晓晖. 基于熵理论的多属性群决策专家权重的调整算法[J]. 控制与决策, 2010, 25(6): 907-910.
(Wan J, Xing H G, Zhang X H. Algorithm of adjusting weights of decision-makers in multi-attribute group decision-making based on entropy theory[J]. Control and Decision, 2010, 25(6): 907-910.)

[5] 周荣喜, 何大义, 徐建荣. 基于决策者偏好的区间型属性熵权确定方法[J]. 运筹与管理, 2010, 19(1): 60-64.
(Zhou R X, He D Y, Xu J R. Method of determining entropy weights of attributes based on decsion-maker's preference in uncertain multiple attribute decision-making[J]. Operations Research and Management Science, 2010, 19(1): 60-64.)

[6] 吴坚, 梁昌勇, 李文年. 基于主观与客观集成的属性权重求解方法[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(3): 383-387.
(Wu J, Liang C Y, Li W N. Method to determine attribute weights based on subjective and objective integrated[J]. System Engineering and Electronics, 2007, 29(3): 383-387.)

[7] Cook W D, Kress M. A multiple-criteria composite index model for quantitative and qualitative data[J]. European J of Operational Research, 1994, 78(3): 367-379.

[8] Ma J, Fan Z P, Huang L H. A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights[J]. European J of Operational Research, 1999, 112(2): 397-404.

[9] Wang T C, Lee H D. Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights[J]. Expert Systems with Applications, 2009, 36(5): 8980-8985.

[10] Li D F. An approach to fuzzy multiattribute decision making under uncertainty[J]. Information Sciences, 2005, 169(1-2): 97-112.

[11] 周荣喜, 刘善存, 邱菀华. 熵在决策分析中的应用综述[J]. 控制与决策, 2008, 23(4): 361-366.
(Zhou R X, Liu S C, Qiu W H. Survey of applications of entropy in decision analysis[J]. Control and Decision, 2008, 23(4): 361-366.)

[12] 邱菀华. 管理决策熵学及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011: 292.
(Qiu W H. Entropy of management decision making and its application[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2011: 292.)

[13] 魏存平, 邱菀华, 杨继平. 群决策问题的REM集结模型[J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(8): 38-41.
(Wei C P, Qiu W H, Yang J P. Minimum relative entropy aggregation model on group decision making[J]. Systems Engineering — Theory and Practice, 1999, 19(8): 38-41.)

[14] 陈华友, 刘春林. 群决策中基于不同偏好信息的相对熵集成方法[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2005, 35(2): 311-315.
(Chen H Y, Liu C L. Relative entropy aggregation method in group decision making based on different types of preference information[J]. J of Southeast University: Natural Science Edition, 2005, 35(2): 311-315.)

[15] 徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
(Xu Z S. Uncertain multiple attribute decision making: Methods and applications[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.)

[16] 陈晓红, 徐选华, 曾江洪. 基于熵权的多属性大群体决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(7): 1086-1089.
(Chen X H, Xu X H, Zeng J H. Method of multi-attribute large group decision making based on entropy weight[J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(7): 1086-1089.)