第 35卷 第 2期 昆明理工大学学报 (理工版) http://www.kustjournal.com/ Vol.35 No.2
2010年 4月 Journal of Kunming University of Science and Technology (Science and Technology) Apr. 2010

doi:10.3969/j.issn.1007-855x.2010.02.023

一种基于属性值状态的指标权重确定方法

韩朝超[1], 黄树彩[1], 武 婧[2], 张建伟[1]
(1.空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2.西安建筑科技大学, 陕西 西安, 710026)

摘要: 针对能力评估问题中指标属性值的不同状态, 提出一种基于属性值状态的指标权重确定方法, 该方法的优点是引入粗糙集理论和区间数有序相离度概念, 根据指标属性值状态, 自适应求取指标权重; 同时引入调节算子, 调节对主客观因素考虑的重视程度. 详细地给出了不同状态下指标求取的算法步骤, 最后以搜索探测能力为例, 说明了该方法的应用.

关键词: 指标权重; 属性值状态; 粗糙集; 区间数
中图分类号: O212.6 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2010)02-0106-04

A Method for Ascertaining Index Weight Based on Attribute Value State

HAN Zhao-chao[1], HUANG Shu-cai[1], WU Jing[2], ZHANG Jian-wei[1]
(1. Institute of Missiles, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China;
2. Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Considering the different attribute value states of capability evaluation problem, a method for ascertaining the index weight based on the different states is presented in this paper. The method computes the index weight according to the index attribute value states based on the rough set theory and interval separate degree in order. The adjust operator is introduced to adjust the importance degree for objective factors and subjective factors. The algorithmic steps of different states are given and a search and detection example is given to show the application of the method.

Key words: index weight; attribute value state; rough set; interval number

0 引 言

在评估领域中, 指标权重是描述指标相对重要程度的数值, 权重的选择是评估的关键. 目前, 国内外权重的确定方法大致可以分为三类[1-3]: 主观赋权法、客观赋权法和主客观综合赋权法. 主观赋权法依赖评估者的主观意志, 其在应用中的真实性与可靠性值得怀疑; 客观赋权法不能很好地反映评估者的主观意愿; 主客观综合赋权法是一种较为理想的权重确定方法, 既能体现评估人员的主观意志, 又能较好地反映决策问题的客观实际.

能力评估问题在不同情况下复杂程度不同, 指标的属性值可能是已知的, 也可能是未知的. 着眼于主客观相结合赋权方法, 提出一种根据指标属性值的不同状态确定指标权重的确定方法, 该方法根据属性值的不同状态求取指标权重, 当指标属性值未知时, 在粗糙集属性重要度的基础上求解指标权重, 当指标属性值已知时, 兼顾主客观因素求取指标权重.

收稿日期: 2009-11-10. 基金项目: 国家 863计划项目.
第一作者简介: 韩朝超 (1982-), 男, 博士生. 主要研究方向: 智能信息处理及作战能力评估.
E-mail: ailantpp@yahoo.com.cn

1 基于不同状态的指标权重求取方法

1.1 属性值未知的指标权重确定方法

利用核心指标集生成方法所产生的核心指标集, 如果其指标属性值未知, 那么其权重确定方法可依据利用粗糙集[4-6]生成核心指标时, 指标的重要度来确定.

假设系统论域为 U, 其条件属性为 $P=\{a_1, a_2, \cdots, a_n\}$, 决策属性为 D. 根据条件属性和决策属性的分类情况, 计算决策属性对条件属性的依赖度 $\gamma_P(D)$. 具体步骤是:

步骤 1: 计算各属性的等价类 $U/IND(P-\{a_i\})$;

步骤 2: 计算各属性的正区域 $POS_{P-a_i}(D)$;

步骤 3: 计算属性 a_i 的重要度 $\gamma_{a_i}=\gamma_P(D)-\gamma_{P-a_i}(D)$. 其中:

$$\gamma_{P-a_i}(D)=\frac{card(POS_{P-a_i}(D))}{card(U)}$$

步骤 4: 将各个属性的重要度进行归一化处理并把处理后的结果作为属性 $a_i=\dfrac{\gamma_P(D)-\gamma_{P-a_i}(D)}{\sum_{i=1}^{n}\gamma_P(D)-\gamma_{P-a_i}(D)}$ 的客观权重.

1.2 属性值已知的指标权重确定方法

由于实数是区间数的特例, 因此, 研究区间值型指标的权重确定方法具有一定的普遍意义. 对于区间值型指标, 由于指标属性值是以区间数的形式给出的, 难以直接进行比较, 可利用区间数有序相离度的概念对其进行比较.

定义 1 若区间数 $A=[a^L, a^H]$, $B=[b^L, b^H]$, 且 $b^H\geqslant a^H$, 记:

$$D(A,B)=\begin{cases}\dfrac{(b^L-a^L)+(a^H-b^H)}{\max\{a^H, b^H\}-\min\{a^L, b^L\}}, & a^L>b^L\\[2ex] \dfrac{|(b^L-a^H)+(b^H-a^L)|}{\max\{a^H, b^H\}-\min\{a^L, b^L\}} & \text{其余}\end{cases}$$

称 $D(A,B)$ 为区间数 A 和 B 的有序相离度.

根据上式求得的 $D(A,B)$ 的值可能是负值, 对于负值的数据处理较为不便, 因此做一下处理: $D(A,B)\leftarrow D(A,B)+1$.

假设用区间数 a_{ij} 来表示评价对象 x_i 在指标属性 C_j 下的测度, $a_{ij}=[a_{ij}^L, a_{ij}^H]$, 从而构成属性矩阵 $A=(a_{ij})_{m\times n}$. 为消除不同量纲对评价结果的影响, 将属性矩阵转化为规范化矩阵 $B=(b_{ij})_{m\times n}=[b_{ij}^L, b_{ij}^H]$.

对 C_j 而言, 各评价对象的属性值的标准差和平均差分别为:

$$S_j=\sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left[\left\|b_{ij}\omega_j-\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}b_{kj}\omega_j\right\|\right]^2}=\omega_j\sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}D^2(b_{ij}, b_j)},\quad (j=1,2,\cdots,n) \tag{1}$$

$$M_j=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left\|b_{ij}\omega_j-\frac{1}{m}\sum_{k=1}^{m}b_{kj}\omega_j\right\|=\omega_j\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}D(b_{ij}, b_j),\quad (j=1,2,\cdots,n) \tag{2}$$

其中, $b_j=[b_j^L, b_j^H]=[\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}b_{ij}^L, \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}b_{ij}^H]$, 表示 C_j 属性下各评价对象的平均属性值; $D(b_{ij}, b_j)$ 表示 C_j 属性下评价对象的平均属性值 b_j 与评价对象的属性值 b_{ij} 的有序相离度.

引入标准差和平均差的概念后, 加权向量 ω 的选择应使所有评价指标的总标准差和总评价差最大, 因此, 构造目标函数如下:

$$\begin{aligned}\max F(\omega)&=\sum_{j=1}^{n}(\alpha S_j(\omega)+\beta M_j(\omega))\\&=\sum_{j=1}^{n}\omega_j\left[\alpha\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}D^2(b_{ij}, b_j)+\frac{\beta}{m}\sum_{i=1}^{m}D(b_{ij}, b_j)\right]\end{aligned}$$

α和 β用来调节对总标准差和总评价差的侧重程度.

令:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} D^2(b_{ij}, b_j)} \tag{3}$$

$$\delta_j = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} D(b_{ij}, b_j) \tag{4}$$

求解 ω等价于求解如下单目标最优化问题:

$$\max F(\omega) = \sum_{j=1}^{n} \omega_j [\alpha\sigma_j + \beta\delta_j]$$

$$\text{s.t.}\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} \omega_j^2 = 1 \\ \omega_j \geqslant 0 \qquad (j = 1, 2, \cdots, n) \end{cases}$$

根据上式,可解得:

$$\omega_j = \frac{\alpha\sigma_j + \beta\delta_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^{m} (\alpha\sigma_j + \beta\delta_j)}} \tag{5}$$

归一化,可得:

$$\omega_j^* = \frac{\alpha\sigma_j + \beta\delta_j}{\sum_{j=1}^{m} (\alpha\sigma_j + \beta\delta_j)} \tag{6}$$

1.3 指标综合权重确定方法

由于核心指标集的生成具有主观成分,因此,属性值未知的指标权重确定方法可看作是主观赋权法.属性值已知的指标权重确定方法是一种客观赋权方法,指标综合权重确定就是要综合主客观因素确定指标权重,具体步骤如下:

步骤 1:根据属性值未知的指标确定方法确定指标权重 ω_u;

步骤 2:首先判断属性值知晓情况,若属性值未知,转步骤 1,然后判断评价对象数量 m,如果 $m \geqslant 1$且属性值已知,转步骤 3;

步骤 3:根据属性值已知的指标权重确定方法,确定指标权重 ω_k;

步骤 4:计算综合指标权重 $\omega = \alpha^* \omega_k + \beta^* \omega_u$, α^* 和 β^* 为调节算子,反映对上述两种确定权重方法的重视程度, $\alpha^* > \beta^*$ 表示偏重客观, $\alpha^* < \beta^*$ 表示偏重主观, $\alpha^* = \beta^*$ 表示认为主客观同等重要.

2 算例分析

以目标搜索探测能力为例,该属性集 a共包括探测距离、探测视角范围、探测概率、探测精度、虚警概率、目标容量、目标类型、抗干扰能力和系统可靠性共 9项指标.

若由 10位专家对这 9项指标和"目标搜索探测能力" d这一分类指标进行打分,对所有属性都给出一个评语: {1.极不重要; 2.较不重要; 3.一般; 4.比较重要; 5.非常重要}, 10位专家给出的决策表如表 1所示.

表 1 专家决策属性表

Tab.1 Expert decision-making table

专家	属性									
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	d
1	2	3	2	2	4	1	5	3	4	3
2	5	3	2	2	4	1	5	3	4	5
3	5	5	4	2	4	1	5	3	5	3
4	5	5	4	3	4	1	5	3	5	2
5	3	5	5	3	1	2	4	3	3	2
6	3	5	2	3	1	3	4	3	2	1
7	5	5	4	3	4	1	5	2	5	3
8	5	4	4	3	4	1	5	2	5	4
9	2	3	3	2	4	1	5	3	4	5
10	2	2	3	2	4	1	5	3	4	4

根据粗糙集属性约简理论,可生成核心指标集 $(a_1, a_2, a_3, a_4, a_8)$,根据属性值未知的权重确定方法可求得核心指标 $(a_1, a_2, a_3, a_4, a_8)$的重要度分别为:

$\gamma_{a_1} = card(POS_{P\setminus\{a_1\}}(Q))/card(POS_P(Q)) = 0.2$

$\gamma_{a_2} = card(POS_{P\setminus\{a_2\}}(Q))/card(POS_P(Q)) = 0.4$

$\gamma_{a_3} = card(POS_{P\setminus\{a_3\}}(Q))/card(POS_P(Q)) = 0.2$

$\gamma_{a_4} = card(POS_{P\setminus\{a_4\}}(Q))/card(POS_P(Q)) = 0.2$

$\gamma_{a_8} = card(POS_{P\setminus\{a_8\}}(Q))/card(POS_P(Q)) = 0.2$

经过归一化处理后得出各属性的权重分别为:

$\omega_1 = 0.1667$, $\omega_2 = 0.3333$, $\omega_3 = 0.1667$, $\omega_4 = 0.1667$, $\omega_8 = 0.1667$

若三个系统的目标探测能力各指标属性值已知, 如表 2所示.

表 2　指标属性的取值情况

Tab. 2　Index attribute value

系统	属性				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_8
A	[120 150]	[25 30]	[0.9 0.99]	[0.95 0.99]	[0.6 0.8]
B	[140 160]	[35 40]	[0.8 0.95]	[0.97 0.98]	[0.6 0.8]
C	[130 140]	[25 40]	[0.9 0.95]	[0.95 0.98]	[0.6 0.8]

上述 5个属性均是效益型指标, 根据属性为区间数型值的权重求法, 将决策矩阵进行指标统一量纲规范化[7]后得到规范后的属性表如表 3所示.

表 3　规范后的属性表

Tab. 3　Normalized attribute value

属性	系统		
	A	B	C
a_1	[0.2667　0.3846]	[0.3111　0.4103]	[0.2889　0.3590]
a_2	[0.2273　0.3529]	[0.3182　0.4706]	[0.2273　0.4706]
a_3	[0.3114　0.3808]	[0.2768　0.3654]	[0.3114　0.3654]
a_4	[0.3220　0.3449]	[0.3288　0.3415]	[0.3220　0.3415]
a_8	[0.25　0.4444]	[0.25　0.4444]	[0.25　0.4444]

根据定义 1计算得到规范后属性的相离度矩阵为 (矩阵行向量表示系统类别):

$$\begin{bmatrix} 1.1883 & 1.5331 & 0.9852 & 1 & 1 \\ 1.0288 & 0.8995 & 1.301 & 0.694 & 1 \\ 1.2675 & 1.0366 & 0.7649 & 1.165 & 1 \end{bmatrix}$$

因此, 根据公式 (3)和 (4)可计算出:

$\sigma_1 = 1.1658$, $\sigma_2 = 1.188$, $\sigma_3 = 1.0406$, $\sigma_4 = 0.9728$, $\sigma_5 = 1$.

$\delta_1 = 1.1615$, $\delta_2 = 1.1564$, $\delta_3 = 1.017$, $\delta_4 = 0.953$, $\delta_5 = 1$.

取 $\alpha = \beta = 0.5$, 则根据公式 (6), 可计算出归一化权重为:

$\omega_1 = 0.2184$, $\omega_2 = 0.22$, $\omega_3 = 0.1931$, $\omega_4 = 0.1807$, $\omega_5 = 0.1877$

取 $\alpha^* = \beta^* = 0.5$, 则综合权重经计算为

$\omega = \{0.19255, 0.27665, 0.1799, 0.1737, 0.1772\}$

3 结束语

根据综合权重确定方法可知, 属性值未知的权重确定方法既可以用于单个对象能力评估问题, 也可以用于多个对象能力评估问题的权重求取; 而属性值已知的指标权重的确定方法是基于多个对象评估的, 存在的问题是: 评价对象数量的增减对评价对象属性的标准差和平均差会产生影响.

参考文献:

[1] Hwang C L, Yoon K. Multiple attribute decision making methods and applications[M]. New York: Springer-Verlag, 1981.

[2] 胡毓达. 实用多目标最优化 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.

[3] 胡永宏. 综合评价方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.

[4] Pawlak Z. Rough set theory and its application to data analysis[J]. Int J of Cybernetics and systems, 1998, 29: 661-688.

[5] Pawlak Z. Rough Sets. Int J Computer Information and computer science[J], 1982, 11(5): 341-356.

[6] Slowinski R. Intelligent decision support. Handbook of applications and advances of the rough sets theory[M]. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1992.

[7] Yingming Wang, Taha M S Elhag. On the normalization of interval and fuzzy weights[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2005, 6: 1-15.