

决策指标组合赋权方法的研究及应用

路云飞, 李琳琳, 张 壮

(火箭军工程大学 信息工程系, 西安 710025)

摘 要: 针对组合赋权中主客观权重不能有效融合的问题, 提出基于相邻目标优属度和极大熵准则的指标权重确定方法。利用相邻目标优属度确定主观权重得到指标的重要性排序, 通过极大熵准则赋权法得到含有变量的客观权重, 并运用向量相似性原理找到与指标主观权重最接近的客观权重作为最终权重。结合指挥员决策效能评估指标权重确定的案例, 通过不同方法对比分析验证了该方法的合理性和有效性。

关键词: 相邻目标优属度; 极大熵准则; 指标赋权; 向量相似性; 多目标规划

中文引用格式: 路云飞, 李琳琳, 张 壮. 决策指标组合赋权方法的研究及应用[J]. 计算机工程, 2018, 44(1): 84-90.

英文引用格式: LU Yunfei, LI Linlin, ZHANG Zhuang. Research and Application of Decision Index Combination Weighting Method[J]. Computer Engineering, 2018, 44(1): 84-90.

Research and Application of Decision Index Combination Weighting Method

LU Yunfei, LI Linlin, ZHANG Zhuang

(Department of Information and Engineering, Rocket Force University of Engineering, Xi'an 710025, China)

[Abstract] Aiming at the problem that the subjective and objective weights can not be effectively fused in combination weighting, a method of determining the weight of indexes based on the priority degree of adjacent target and the maximum entropy criterion is proposed. The subjective weights of adjacent objects are used to determine the order of importance of the index, the objective weight of the subjective weights is obtained by using the maximum entropy criterion weighting method, and the objective weight, which is closest to the subjective weight of the index, is found by using the vector similarity principle as the final weights. Combining with the case of determining the index weight of commander's decision-making effectiveness evaluation, the method is proved to be reasonable and effective through comparative analysis of different methods.

[Key words] adjacent target priority degree; maximum entropy criterion; index weighting; vector similarity; multi objective programming

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2018.01.014

0 概述

随着社会的发展进步, 信息化、系统化和智能化的大型系统逐渐成为各行业核心竞争力的必要组成部分。随之而来的系统评价中的指标体系构建成为了研究的热点, 指标赋权作为指标体系构建中的重点, 也是难点, 逐渐成为众多决策领域专家学者关注的焦点。近十年来, 关于指标赋权方法的研究日益增多, 并具有巨大的工程应用价值, 仅 CNKI 数据库中关于指标赋权的期刊就高达 6 409 篇, 且呈逐年上升的趋势。

从传统的指标赋权方法来看, 主要存在两方面差异: 由于评价人员重视程度不同造成的主观差异和指标本身蕴含信息量不同而造成的客观差异。就

近几年的研究现状来看, 指标赋权大都是主客观权重的组合赋权。文献[1]针对微信营销效果进行评价, 在运用 AHP 对指标分层的基础上, 采用双基点熵权法对指标权重进行处理, 求出客观权重, 并通过德菲尔法得到组合权重。文献[2]将熵值法与 AHP 有效结合, 避免了单一的主客观赋权存在的缺陷, 并与加权灰色关联度评价模型综合使用评估区域公路网。文献[3]运用区间数相对相似关系理论, 将不确定多指标决策问题转化为从备选方案中选取相似度最大的决策方案作为最优对象确定权重。上述文献中的方法分别针对传统赋权法中的缺陷进行了改进, 均有可取之处, 但是仍然是对主客观权重的机械叠加或组合而得到的权重, 并未能彻底避免传统组合赋权的缺陷。

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2012AA7010213)。

作者简介: 路云飞(1992—), 男, 硕士, 主研方向为多目标规划、作战指挥系统效能评估; 李琳琳, 副教授、博士; 张 壮, 硕士。

收稿日期: 2017-01-16 **修回日期:** 2017-03-08 **E-mail:** 2501470556@qq.com

决策指标组合赋权方法^[4]通过相邻目标优属度法确定指标的重要性排序,并运用极大熵准则求取指标客观权重,利用向量相似性原理找到与主观权重重要性排序最相近的作为最终的指标权重。本文采用一种新的决策指标组合赋权方法,通过向量相似性原理求取指标综合权重,该方法不同于传统组合赋权中的主客观权重两两组合求取综合权重的方法。

1 指标权重确定

1.1 相邻目标优属度的主观权重确定

本文在传统有限二元两两比较求取权重的基础上,提出的基于相邻目标优属度法^[5],其原理是指标集 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_m\}$ 中的所有指标作关于重要性的排序,可表示为 $o_1 > o_2 > \dots > o_m$,例如 $o_i > o_j$ 表示 o_i 比 o_j 重要。

在满足重要性排序 $o_1 > o_2 > \dots > o_m$ 基础上,对指标作关于重要度的二元比较如表1所示,其中, $\beta_{kl} = 1 - \beta_{lk}$ 。

表1 重要性比较模糊标度值

重要性程度	模糊标度值
o_k 比 o_l 重要	$0.5 < \beta_{kl} \leq 1$
o_l 比 o_k 重要	$0 \leq \beta_{kl} < 0.5$
o_k 和 o_l 一样重要	$\beta_{kl} = 0.5$, 特别地 $\beta_{kk} = 0.5$

在表1中, β_{kl} 为指标 o_k 对 o_l 的重要性模糊标度值。其中, $k = 1, 2, \dots, m, l = 1, 2, \dots, m$ 。

综上可得结论:假设指标关于重要性的排序为 $o_1 > o_2 > \dots > o_m$, 如果相邻指标重要性排序模糊标度值 $\beta_{k, k+1}$ 已知, 那么指标的相对重要性模糊标度值 $\beta_{kl} (k = 1, 2, \dots, m; l = 1, 2, \dots, m)$ 必可求。易得: $\beta_{k, k+1} \in [0.5, 1]$, $\beta_{k, k+2} \in [\beta_{k, k+1}, 1]$, $\dots$, $\beta_{k, m} \in [\beta_{k, m-1}, 1]$, 可将其表示在 $0 \sim \beta_{kl}$ 的数轴上, 如图1所示。

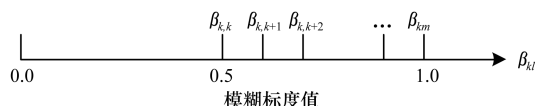


图1 相对于目标 o_k 的模糊标度值

在数轴 $0 \sim \beta_{kl}$ 上, $\beta_{k, k+2} \in [\beta_{k, k+1}, 1]$; 在数轴 $0 \sim \beta_{k+1, l}$ 上, $\beta_{k+1, k+2} \in [\beta_{k+1, k+1}, 1] = [0.5, 1]$, 如图2所示。

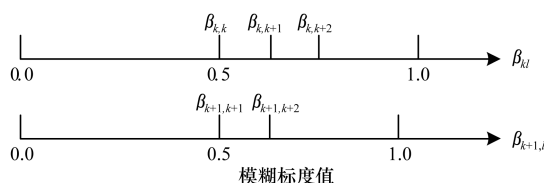


图2 $\beta_{k, k+2}$ 和 $\beta_{k+1, k+2}$ 在不同轴上的投影关系

记:

$$\beta_{k+1, k+2}^{(k)} = \beta_{k, k+2} - \beta_{k, k+1} \quad (1)$$

$$\beta_{k+1, k+2}^{(k+1)} = \beta_{k+1, k+2} - \beta_{k+1, k+1} = \beta_{k+1, k+2} - 0.5 \quad (2)$$

其中, $\beta_{k+1, k+2}^{(k)}$ 和 $\beta_{k+1, k+2}^{(k+1)}$ 表示 $\beta_{k+1, k+2}$ 与 $\beta_{k+1, k+1}$ 之间的差值, 只不过是不同坐标系下, 参考标准不同而导致的不同表示, 实质为同一问题。

由 $\beta_{k+1, k+2}^{(k)}$ 和 $\beta_{k+1, k+2}^{(k+1)}$ 在 2 个不同坐标系上的投影转换可得:

$$\frac{\beta_{k+1, k+2}^{(k)}}{1 - \beta_{k, k+1}} = \frac{\beta_{k+1, k+2}^{(k+1)}}{0.5} \quad (3)$$

$$\beta_{k+1, k+2}^{(k)} = 2\beta_{k+1, k+2}^{(k+1)}(1 - \beta_{k, k+1}) \quad (3)$$

将两式化简得:

$$\beta_{k, k+2} = \beta_{k, k+1} + 2(1 - \beta_{k, k+1})(\beta_{k+1, k+2} - 0.5) \quad (4)$$

由特殊推广到一般得递推公式:

$$\beta_{k, l} = \beta_{k, l-1} + 2(1 - \beta_{k, l-1})(\beta_{l-1, l} - 0.5) \quad (5)$$

由以上递推公式可得, 任何个指标的重要性排序模糊标度值均可由相邻目标指标的重要性排序模糊标度值得。

由互补关系 $\beta_{kl} = 1 - \beta_{lk}$ 可得模糊标度值矩阵:

$$\beta = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \dots & \beta_{1m} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \dots & \beta_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{n1} & \beta_{n2} & \dots & \beta_{nm} \end{bmatrix} = (\beta_{kl})_{k, l=1, 2, \dots, m} \quad (6)$$

显然, 在矩阵 β 中, 除去对角线 β_{kk} , 剩余每行的元素值之和即为指标 k 的相对重要性。

$$\omega'_k = \sum_{l=1}^m \beta_{kl}, k = 1, 2, \dots, m; k \neq l \quad (7)$$

将权重值投影到区间 $[0, 1]$, 得:

$$\omega_k = \frac{\omega'_k}{\sum_{k=1}^m \omega'_k}, k = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

指标权重向量为 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T$ 。

该方法通过相对重要性比较, 综合考虑了指标集中的所有指标, 不仅避免了 AHP 中专家打分而造成的两两反复比较的缺陷, 而且使权重的确定更具全面性, 符合决策过程的逻辑思维。尤其突出的一个优点: 指标数越多, 权重确定越简洁。

但是在权重确定过程中, 仍需要专家给出相邻目标的相对重要性, 因此, 从本质上来说还是一种主观权重, 受主观因素影响较大。针对上述问题, 可采用极大熵准则法引入不确定概念的客观度量来求取权重。

1.2 基于极大熵准则的客观权重确定

极大熵准则^[6]是由 E. T. Jaynes 提出, 并运用于信息论中, 它要求在一定的约束条件下能够使熵最大化的分布作为选定分布, 目前该准则已被社会所公认。

通过查阅 CNKI, 发现目前熵理论在指标赋权中的应用得到了极大程度的关注, 相关的理论及应用成

果也比较丰富。但是,熵权的大小只能体现指标的“相对重要性”,而不能表征指标的重要程度,因此将其作为权重确定的依据是不合理的。对此,本文引入了极大熵的思想,通过建立多目标规划模型,求取指标的客观权重。根据极大熵准则,构造如下假设:

假设 在约束条件下,如果 2 个指标的重要性无法区分,就认为 2 个指标同等重要。

1.2.1 评价矩阵的构造

定义 1 设有 m 个专家对 n 个指标评价打分。用 x_{ij} 表示第 j 个专家对第 i 个指标的评价值,则可以构成评价矩阵 $A = [x_{ij}]_{m \times n}$ 。

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (9)$$

定义 2 设定“评价基准”,取各指标第 k 个评价值的平均值作为“评价标准”值 x_{0k} :

$$x_{0k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik} \quad (10)$$

用 $X_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m})$ 来表示评价值。

将 X_0 补充到评价矩阵 A 的第 $n+1$ 行,得扩展后的评价矩阵:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \\ x_{01} & x_{02} & \cdots & x_{0m} \end{bmatrix} \quad (11)$$

1.2.2 评价矩阵的“标准化”处理

由于得到的初始评价矩阵中,各指标的评价值在量纲上可能存在较大的差异,因此在对其进行综合评价之前应先消除量纲、统一度量,这里称为“标准化”处理。所谓标准化处理,即将“评价标准”的评价值设定为 1,将每个指标的第 k 个属性 $(x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{mk})$ 与 x_{0k} 比较,即可得标准化处理矩阵:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

1.2.3 多目标规划模型

多目标规划模型构建方法如下:

1) 综合评价函数

设 m 个专家的权向量为 $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)^T$, 则第 i 个指标的评价值为 U_i , 则 $U_i = \sum_{j=1}^m w_j r_{ij}$ 。

由于各专家打分受自己经验、情绪和知识结构等多方面不确定因素的影响,因此打分的结果也存在不确定性。为了表述方便,可将权重 w_i 理解为第 i 个专家在所有专家中的所占比重,这样就可以根据

极大熵准则来建立目标规划方程^[7]。

$$(MP) \max \left\{ - \sum_{i=1}^m w_i \ln w_i \right\} \quad (13)$$

另外,本文认为各评价指标与“评价标准”评价价值越接近,即两者之间的加权方差越小,那么综合评价价值与平均值之间偏差也就越小。由此,可以建立另一个目标规划方程。

$$(MP) \min \sum_{i=1}^n f_i(w) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j (1 - r_{ij})^2, i=1, 2, \dots, n \quad (14)$$

2) 约束条件

上文已经构建了 2 个目标规划函数,但为了求解,必须确定约束条件。根据概率论的知识,易得各评价指标值的权重之和为 1,即:

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, w_j \geq 0, j=1, 2, \dots, m \quad (15)$$

根据式(13)~式(15)可构建多目标规划的数学模型如下:

$$\begin{cases} (MP) \max \left\{ - \sum_{i=1}^m w_i \ln w_i \right\} \\ (MP) \min \sum_{i=1}^n f_i(w) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j (1 - r_{ij})^2, i=1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^m w_j = 1, w_j \geq 0, j=1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (16)$$

加入参数 δ 构建如下数学模型:

$$\begin{cases} \min \delta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j (1 - r_{ij})^2 + (1 - \delta) \sum_{j=1}^m w_j \ln w_j \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^m w_j = 1, w_j \geq 0, j=1, 2, \dots, m \end{cases} \quad (17)$$

其中,参数 $\delta \in [0, 1]$,可根据实际情况赋值。

可构造 Lagrange 函数:

$$F(w, \lambda) = \delta \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_j (1 - r_{ij})^2 + (1 - \delta) \sum_{j=1}^m w_j \ln w_j - \lambda \left(\sum_{j=1}^m w_j - 1 \right) \quad (18)$$

对 w, λ 求偏导得:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial w_j} = \delta \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij})^2 + (1 - \delta) (\ln w_j + 1) - \lambda = 0, \\ j=1, 2, \dots, m \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = \sum_{j=1}^m w_j - 1 = 0 \end{cases} \quad (19)$$

解得:

$$w_j = \exp \left(\frac{\lambda - \delta \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij})^2}{1 - \delta} - 1 \right) \quad (20)$$

将式(20)代入式(19)可得:

$$\exp \left(\frac{\lambda}{1 - \delta} \right) = 1 / \sum_{j=1}^m \exp \left(- \delta \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij})^2 / (1 - \delta) - 1 \right) \quad (21)$$

将式(21)带入式(20)得客观权重:

$$w_j = \frac{\exp(-\delta \sum_{i=1}^n (1-r_{ij})^2 / (1-\delta) - 1)}{\sum_{j=1}^m \exp(-\delta \sum_{i=1}^n (1-r_{ij})^2 / (1-\delta) - 1)} \quad (22)$$

其中, $j=1, 2, \dots, m$ 。

2 基于向量相似性的指标综合权重确定

关于组合赋权法,国内外研究有很多,但大都是对主客观赋权结果两两组合,归纳来说主要包括2类。1)乘法合成的归一化方法: $w_i = (w'_i w_i) / n$ 。但该方法仅适用于权重分配比较均匀的情况,且存在“倍增效应”。2)线性加权组合法: $w_i = \alpha w'_i + \beta w_i$ 。虽然克服了“倍增效应”,但是权重系数 α 和 β 难以确定。本文采用基于向量相似性的组合赋权法,既消除了传统赋权法存在的弊端,又兼顾了主客观权重的必要性。

2.1 向量相似性实现主客观权重融合

本节主要讨论主客观权重的有效融合问题,要找到跟主观权重最接近的客观权重,根据向量空间的相关理论,可转化为求向量的相似性问题,为方便表述,设主观权重 $w' = (w'_1, w'_2, w'_3, w'_4)$, 客观向量 $w = (w_1, w_2, w_3, w_4)$ 。

由向量的相关知识求2个向量的相似性,即包括范数相似性和方向相似性。本文中主客观权重均进行了归一化处理,不存在范数不一致的问题,因此只考虑方向相似性即可。2个范数相同的向量,如果向量之间的夹角越小,那么2个向量的相似程度越高。因此,可将问题转化为求解使得向量间夹角最小的客观权重,可得下式:

$$\cos \theta = \frac{w' \times w}{\|w'\| \times \|w'\|} \quad (23)$$

化简得:

$$\theta = \arccos$$

$$\frac{(w'_1, w'_2, w'_3, w'_4) \times (w_1, w_2, w_3, w_4)}{\sqrt{w'^2_1 + w'^2_2 + w'^2_3 + w'^2_4} \times \sqrt{w^2_1 + w^2_2 + w^2_3 + w^2_4}} \quad (24)$$

将测试数据代入,通过不断调节 δ 值,并利用 Matlab 仿真,即可找出 θ 最小时所对应的客观向量,即为最终的综合向量^[8]。

2.2 向量相似性原理求取组合权重的优势

传统组合赋权一般是通过主客观权重的两两组合求取综合权重,这种方法的核心和难点主要是通过参数设置来实现有效组合,但一直未能找到合理有效的方法来确定参数,从而造成因指标权重考虑不全面、主观性强,导致最终效能评估结果的准确性。

基于向量相似性的指标赋权^[9],有效地避免了传统赋权法的缺陷,主要优势表现在以下3个方面:

1) 主观权重的确定:利用相邻目标优属度的方法有效避免了 AHP 中专家打分而造成的两两反复比较的缺陷,而且指标权重更具全面性,相对传统主观赋权法^[10]求取的主观权重更符合实际。

2) 客观权重的确定:将主观因素作为一个约束条件巧妙地融入到模型中,并通过严谨的逻辑推导出带有参数的客观权重。

3) 综合权重确定:主观权重较好地反映了指标的重要性排序,利用向量相似性原理将指标的重要性排序作为约束条件,通过不断调节客观权重中的参数,使客观性较强的指标权重尽可能与主观权重接近,这样得到的指标权重一般不会偏离指标的实际重要性。

2.3 综合权重确定的基本步骤

综合权重确定的基本步骤如下:

步骤1 确定指标集。首先根据评估对象特点及评估要求,建立相关的评估指标集。

步骤2 获得决策矩阵。通过专家打分方法获得指标的评价结果,标准化处理后得到决策矩阵。

步骤3 确定主客观权重。首先通过相邻目标优属度确定主观权重,得到指标的重要性排序,然后利用极大熵准则法得到客观权重。

步骤4 客观权重确定。通过调节 δ 得到不同的客观权重,并与主观权重确定的指标重要性排序对比,找到最接近的客观权重即为最终的指标权重^[11]。

指标权重确定具体流程如图3所示。

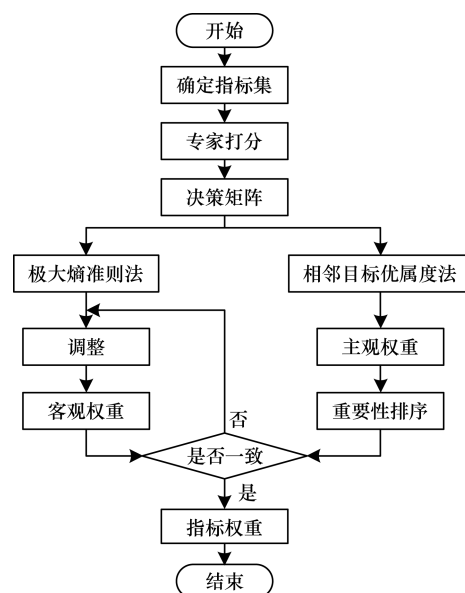


图3 指标权重确定流程

3 模型验证及性能分析

3.1 基于作战指挥系统效能评估的算例研究

在作战指挥系统效能评估中,指挥员的决策效能由于其评估指标的随机性、模糊性等不确定特性,成为评估中的重难点问题。本文通过专家打分获得初始评价数据,并运用上述方法确定指标权重,进而对算法的有效性进行验证,指挥决策效能评估指标如图 4 所示。

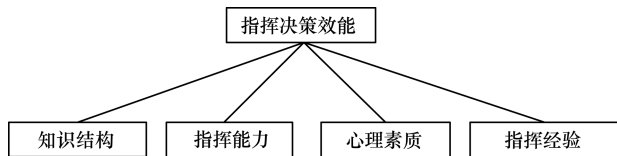


图 4 指挥决策效能评估指标

评估指标数据来源于专家打分和部队调研,实例中 4 位专家的打分结果分别由 4 个不同调研单位专家打分结果的平均值所得,如表 2 所示。表 3 为重要程度分值对应表。

表 2 指挥决策指标评价价值

专家	知识结构 C_1	指挥能力 C_2	心理素质 C_3	指挥经验 C_4
1	比较重要	非常重要	重要	比较重要
2	重要	重要	不太重要	非常重要
3	比较重要	不太重要	一般	比较重要
4	一般	重要	不太重要	重要

表 3 重要程度分值对应表

重要程度	分值
极度重要	≥ 0.8
非常重要	0.7
比较重要	0.6
重要	0.5
一般	0.4
不太重要	0.3
不重要	≤ 0.2

由此可得决策矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.7 & 0.5 & 0.6 \\ 0.5 & 0.5 & 0.3 & 0.7 \\ 0.6 & 0.3 & 0.4 & 0.6 \\ 0.4 & 0.5 & 0.3 & 0.5 \end{bmatrix}$$

1) 主观权重确定

由决策矩阵可得专家打分获得的指标重要性排序为 $C_4 > C_1 \sim C_2 > C_3$, 且认为 C_4 比 C_1 在稍微重要与略微重要之间, C_2 比 C_3 在略微重要与较为重要之间, C_1 比 C_2 同样重要。因此, 根据表 4 可得, $\beta_{41} = 0.575, \beta_{23} = 0.625, \beta_{12} = 0.5$ 。

表 4 语气算子与模糊标度对应关系表

语气算子	模糊标度值	语气算子	模糊标度值
同样	0.50	十分	0.80
稍微	0.55	非常	0.85
略微	0.60	极其	0.90
较为	0.65	极端	0.95
明显	0.70	无可比拟	1.00
显著	0.75		

比较矩阵为:

$$\beta = \begin{bmatrix} 0.500 & 0.500 & 0.625 & 0.425 \\ 0.500 & 0.500 & 0.625 & 0.425 \\ 0.375 & 0.375 & 0.500 & 0.233 \\ 0.575 & 0.575 & 0.767 & 0.500 \end{bmatrix}$$

由式(7)和式(8)得:

$$w' = (1.55 \quad 1.55 \quad 0.983 \quad 1.917)$$

归一化处理得主观权重:

$$w = (0.26 \quad 0.26 \quad 0.16 \quad 0.32)$$

2) 客观权重确定

这里将决策矩阵视为初始的打分结果, 则可得矩阵:

$$\tilde{B} = \begin{bmatrix} 0.600 & 0.700 & 0.500 & 0.600 \\ 0.500 & 0.500 & 0.300 & 0.700 \\ 0.600 & 0.300 & 0.400 & 0.600 \\ 0.400 & 0.500 & 0.300 & 0.500 \\ 0.525 & 0.500 & 0.375 & 0.600 \end{bmatrix}$$

通过对矩阵 $\tilde{B}$ 作“标准化”处理得矩阵 $\tilde{R}$:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 1.143 & 1.400 & 1.333 & 1.000 \\ 0.952 & 1.000 & 0.800 & 1.167 \\ 1.143 & 0.600 & 1.067 & 1.000 \\ 0.762 & 1.000 & 0.800 & 0.833 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \end{bmatrix}$$

将 $\tilde{R}$ 代入式(22)得关于变量 δ 的权重, 其中 $a = \delta / (1 - \delta)$, 则:

$$w_1 = \frac{1}{1 + e^{0.678a} + e^{0.803a} + e^{0.942a}}$$

$$w_2 = \frac{1}{1 + e^{-0.678a} + e^{0.125a} + e^{0.264a}}$$

$$w_3 = \frac{1}{1 + e^{-0.803a} + e^{-0.125a} + e^{0.139a}}$$

$$w_4 = \frac{1}{1 + e^{-0.942a} + e^{-0.264a} + e^{-0.139a}}$$

要求客观权重与主观权重最接近, 代入式(24), 并用 Matlab 仿真。

实验全部运行在 2.5 GHz 的处理器、4.00 GB 的内存空间中。

从图 5 中可以看出, 向量之间夹角 θ 较小值主要集中在 $[0.4, 0.65]$ 之间, 于是缩小取值范围, 如图 6 所示。

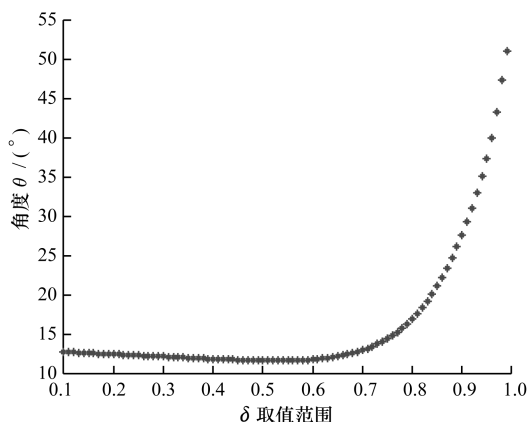


图5 主客观权重方差对应关系

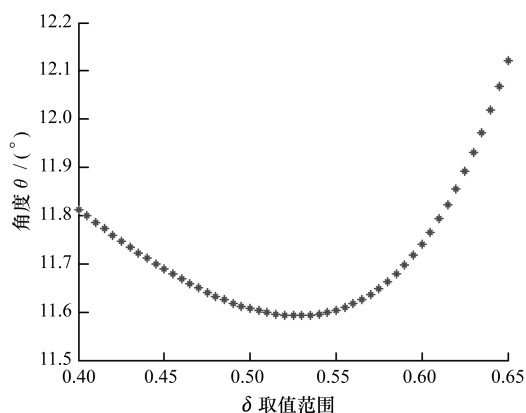


图6 主客观权重方差对应关系

容易看出,当取值在0.54附近时,两向量之间的夹角最小,即客观权重与主观权重最接近,取这时的客观权重为最终的指标权重。

$$w = (0.27 \quad 0.21 \quad 0.24 \quad 0.28)$$

将本案例中数据作为评价数据源,采用传统的权重确定方法,计算得到最终的指标权重为:

$$w' = (0.26 \quad 0.23 \quad 0.24 \quad 0.27)$$

为便于更加直观观察,将上述计算结果绘成条形图,如图7所示。

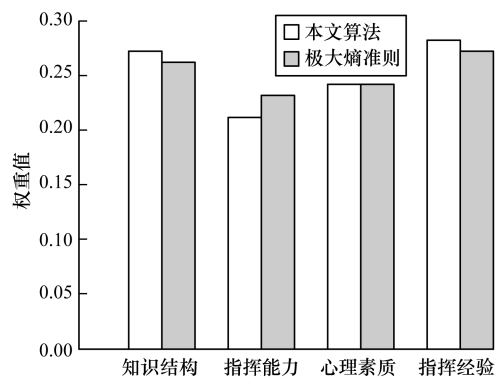


图7 算法权重对比

由图7可知,运用极大熵准则赋权法所得权重的重要性排序和本文提出方法所得重要性排序基本

一致,但是极大熵准则赋权法所得各指标的权重比较接近,不能很好地体现指标之间的相互差异,而本文算法能够较好区分指标之间权重差异^[12]。

3.2 模型性能分析

上文通过作战指挥系统效能评估中关于指挥决策效能评估的案例,对模型的适用性进行了验证,但该模型相对于传统方法的先进性和不足尚未明确说明,本节通过与其他组合赋权法对比分析,对模型的相关性能进行分析研究,并找出存在的缺点与不足。

近几年来,关于组合赋权方法的研究呈明显的上升趋势,提出的组合赋权方法也很多,但本质上大都是对主客观权重的简单的乘法合成或线性加权,其加权系数确定的合理性、组合方法有效性、评估结果的准确性、尚需合理的解释^[13]。而本文模型相对于其他组合赋权方法有其突出的优势特点,在模型计算过程中,运用相邻目标优属度法求取主观权重,有效避免了主观因素过重可能导致的随意性与盲目性较大的问题。进而运用多目标规划的数学理论,将主观因素作为一个约束条件,通过严谨的数学推理运算,找到全局最优的数学解,这样求取的指标权重,不仅实现了主客观权重的有效融合,而且以全局最优为出发点,确保了求出的指标权重客观合理、具有实际应用价值。

本文所构造的赋权模型,虽然具有很多优点,但也存在一些不足,主要体现在以下2点:

1) 运用该模型解决实际问题时,首先需要对原始数据进行一定的加工处理,可能会对数据的完整性造成破坏,导致数据的损坏或信息的丢失,进而影响到评估结果^[14]。

2) 从计算过程可以看出,模型是通过反复取值无限逼近求解的,这样得出的结果只能算是一个比较满意的解,而不是最优解。

4 结束语

指标赋权作为指标体系构建中的重难点问题,一直是专家和学者们研究的热点话题。本文在总结分析各类指标赋权方法的基础上,针对组合赋权中主客观权重不能有效融合的问题,提出了相邻目标优属度和极大熵准则的指标权重确定方法,通过相邻目标优属度确定指标的主观权重,采用极大熵准则方法找到所有符合评价要求的客观权重,并通过向量相似性原理找到与主观权重最接近的客观权重作为最终权重,实现了主客观权重的有效融合。

本文构造的赋权模型,在一定程度上克服了其他组合赋权方法存在的缺陷,对含有模糊的、不易量化指标的系统评估,能够较好地实现主客观权重的

融合处理。对于军事作战指挥系统效能评估,由于主观因素和客观因素错综交织^[15],如何科学合理有效地衡量主观因素和客观因素的权重成为评估的关键,而该模型却可以有效地解决此类问题,具有重要的军事应用价值。

参考文献

- [1] 张文字,王 磊. 基于集成赋权的微信营销效果模糊综合评价[J]. 计算机工程与应用, 2016, 52(11): 68-76.
- [2] 顾欣欣,任 倩,安 睿. 基于组合赋权和灰色相似关联度的区域公路网服务水平评价方法[J]. 交通运输研究, 2015, 1(3): 1-6.
- [3] 黄智力,罗 键. 不确定多指标决策问题的相对相似关系法研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(11): 2917-2924.
- [4] 石 莉,黄 克,孙 刚,等. 语言型群决策中群体一致性赋权优化模型研究[J]. 计算机工程, 2015, 41(6): 172-177.
- [5] 汪民乐,彭司萍,杨先德,等. 导弹武器系统生存能力分析[M]. 北京:国防工业出版社, 2015.
- [6] 李元年. 基于熵理论的指标体系区分度测算与权重设计[D]. 南京:南京航空航天大学, 2008.
- [7] 于 亮,方志耕,吴利丰,等. 基于灰色类别差异特性的评价指标客观权重极大熵配置模型[J]. 系统工程理论与实践, 2014, 34(8): 2065-2070.
- [8] 彭新东,杨 勇,宋娟萍,等. 基于组合权重的犹豫模糊语言决策方法[J]. 计算机工程, 2015, 41(9): 190-194.
- [9] 王文娟,王子彦,陈廷斌. 基于密切值法的组合赋权多属性决策方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2008, 38(13): 32-38.
- [10] JYOTIRMOY D, PRATAP K J M, GOPAL C M. Prioritization of Rural Roads: AHP in Group Decision[J]. Engineering Construction and Architectural Management, 2010, 17(2): 135-158.
- [11] 刘红旗,方志耕,李维东,等. 基于灰类敏感度系数的评价指标客观权重极大熵配置模型[J]. 运筹与管理, 2015(5): 197-205.
- [12] 马 友,王尚广,孙其博,等. 一种综合考虑主客观权重的 Web 服务 QoS 度量算法[J]. 软件学报, 2014, 25(11): 2473-2485.
- [13] 刘 铭,吴 冲,刘远超,等. 基于特征权重量化的相似度计算方法[J]. 计算机学报, 2015, 38(7): 1420-1433.
- [14] 卢志刚,张晓旭. 基于云重心 Shapley 值法的电子商务声誉联盟利益分配策略[J]. 计算机应用, 2012, 32(10): 2931-2934.
- [15] XU Runsheng, ZHANG Jianliang, ZUO Haibin, et al. A Novel Model for Cost Performance Evaluation of Pulverized Coal Injected Into Blast Furnace Based on Effective Calorific Value[J]. Journal of Central South University of Technology, 2015, 22(10): 3990-3998.

编辑 索书志

(上接第 83 页)

参考文献

- [1] QUOST B, MASSON M H, DENCEUX T. Classifier Fusion in the Dempster-Shafer Framework Using Optimized t-norm Based Combination Rules[J]. International Journal of Approximate Reasoning, 2011, 52(3): 353-374.
- [2] CHEN Q, WHITBROOK A, ROADKNIGHT U A C. Data Classification Using the Dempster-Shafer Method[J]. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, 2014, 26(4): 493-517.
- [3] ZADEH L A. A Simple View of the Dempster-Shafer Theory of Evidence and Its Implication for the Rule of Combination[J]. AI Magazine, 1986, 7(2): 85-90.
- [4] YAGER R R. On the Dempster-Shafer Framework and New Combination Rules[J]. Information Sciences, 1987, 41(2): 93-137.
- [5] DANIEL M. The DSm Approach as a Special Case of the Dempster-Shafer Theory[M]//MELLOULI K. Symbolic and Quantitative Approaches to Reasoning with Uncertainty. Berlin, Germany: Springer, 2007: 381-392.
- [6] 毕文豪,张 安,李 冲. 基于新的证据冲突衡量的加权证据融合方法[J]. 控制与决策, 2016, 31(1): 73-78.
- [7] 宋亚飞,王晓丹,雷 蕾,等. 基于信任度和虚假度的证据组合方法[J]. 通信学报, 2015, 36(5): 102-107.
- [8] 曲圣杰,程咏梅,潘 泉,等. 冲突再分配 DSmT 及解决证据间矛盾的新方法[J]. 控制与决策, 2009, 24(12): 1856-1860.
- [9] 胡海亮,钟求喜,刘 浏. 基于迭代合成的 D-S 证据理论改进方法[J]. 计算机应用研究, 2016, 33(10): 2985-2987, 3044.
- [10] 卢正才,覃 征. 证据合成的一般框架及高度冲突证据合成方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2011, 51(11): 1611-1615, 1626.
- [11] 柯小路,马荔瑶,朱 儒,等. 证据理论的模糊折扣方法[J]. 小型微型计算机系统, 2015, 36(2): 285-289.
- [12] 孙 全,叶秀清,顾伟康. 一种新的基于证据理论的合成公式[J]. 电子学报, 2000, 28(8): 117-119.
- [13] MURPHY C K. Combining Belief Functions when Evidence Conflicts[J]. Decision Support Systems, 2000, 29(1): 1-9.
- [14] 邓 勇,施文康,朱振福. 一种有效处理冲突证据的组合方法[J]. 红外与毫米波学报, 2004, 23(1): 27-32.
- [15] 韩德强,杨 艺,韩崇昭. DS 证据理论研究进展及相关问题探讨[J]. 控制与决策, 2014, 29(1): 1-11.

编辑 金胡考