

# 基于熵权多目标决策的保障评价方法研究

金 荣

(空军驻西安地区军事代表室, 陕西 西安 710068)

**摘要:**给出了一种基于熵权多目标决策的某型飞机保障性评价方法。该方法在只有判断矩阵而没有专家权重的情况下,通过多对象关于多指标的评价矩阵的熵权计算,对多个合理方案进行优选评估,得出了可信度较高的优选方案,应用举例表明本文方法可行。

**关键词:**熵权;多目标决策;保障性;评价

**中图分类号:** O224    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-3516(2007)03-0056-04

在飞机保障性评价中,常常需要对多个方案进行好坏的判断,只有考虑每个评价指标的相对重要程度,给各评价指标赋予权重,对各种因素的指标进行综合衡量后,才能做出合理的决策。通常确定权重的方法有主观赋权法和客观赋权法两种,这两种方法均有明显的缺点。因此,在多属性决策中,权重问题的研究占有重要地位。

按照熵的思想,人们在决策中获得信息的多少和质量,是决策的精度和可靠性大小的决定因素之一。而熵在应用于不同决策过程的评价或案例的效果评价时是一个很理想的尺度,同样用熵还可以度量获取的数据所提供的有用信息量<sup>[1]</sup>。

## 1 熵权的理论基础和主要内容

### 1.1 信息熵

熵是物质系统状态的一个函数。它表示系统的紊乱程度,是系统的无序状态的量度。经过对评估矩阵计算得出的作为权数的熵权,并不是在决策或评估问题中某指标的实际意义上的重要性系数,而是在给定被评价方案集后各种评价指标值确定的情况下,各指标在竞争意义上的相对激烈程度系数。从信息角度考虑,它代表该指标在该问题中,提供有用信息量的多寡程度。

1957年 Khinchin 提出,当熵  $H(p_1, p_2, \dots, p_n)$  满足如下3个合理且相容的要求时,熵只有唯一的形式<sup>[2]</sup>, 若

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) \leq H\left(\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \dots, \frac{1}{n}\right)$$

$$H(p_1, p_2, \dots, p_n) = H(p_1, p_2, \dots, p_n, 0)$$

$$H(AB) = H(A) + H(B/A)$$

则熵可以表示为  $H(p_1, p_2, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n [p_i \log_2(p_i)]$

这里,  $p_i$  为相应概率。

设  $A$  是非模糊的判断矩阵,  $A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$ , 令  $S_k = \sum_{j=1}^n a_{kj} (k = 1, 2, \dots, n)$  为第  $k$  行元素之

收稿日期:2007-01-08

作者简介:金 荣(1969-),女,浙江青田人,工程师,主要从事航空装备保障研究。

和,  $f_{kj} = a_{kj/sk}$  可近似代替第  $k$  种结果中第  $j$  个元素出现的概率,故  $n$  种结果的熵为

$$H_n = - \sum_{j=1}^n f_{nj} \log_2 f_{nj} \quad (1)$$

根据  $H_n$  的值,可以判断最优结果。

### 1.2 熵权

在有  $m$  个评价指标,  $n$  个评价对象的评估问题中(以下简称  $(m, n)$  评价问题),按照定性与定量相结合的原则取得多对象关于多指标的非模糊评价矩阵  $R'$  :

$$R' = \begin{bmatrix} r'_{11} & \cdots & r'_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ r'_{m1} & \cdots & r'_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

标准化目标矩阵  $R'$  后得到矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ 。式中,  $r_{ij}$  称为第  $j$  个评价对象在指标之上的值,又  $r_{ij} \in [0, 1]$ ,  $R$  的元素为

$$r_{ij} = \frac{r'_{ij} - \min_j r'_{ij}}{\max_j r'_{ij} - \min_j r'_{ij}} \quad (3)$$

为简便计,我们可假定  $r_{ij}$  大者为优,是收益性指标<sup>[3-4]</sup>。

定义1 在  $(m, n)$  评价问题中,第  $n$  个评价指标的熵定义为

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

式中  $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}$ ,  $k = \frac{1}{\ln n}$ , 并假定,当  $f_{ij} = 0$  时,  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

定义2 在  $(m, n)$  评价问题中,第  $n$  个评价指标的熵权定义为

$$\omega_i = \frac{1 - H_i}{m \sum_{j=1}^n H_i} \quad (5)$$

## 2 熵权决策过程

对于有  $m$  个评价指标,  $n$  个被评价对象的方案评估问题,在只有判断矩阵而没有专家权重的情况下,采用熵权决策法。主要过程如下:

第一步 确定被评估的方案有  $n$  个,每个评估方案的评价指标有  $m$  个,它们是综合考虑各相关指标得出的较合理的方案。

第二步 确定多对象关于多指标的非模糊评价矩阵  $R' = (r'_{ij})_{m \times n}$ ,按照下式对目标矩阵  $R'$  进行标准化,得到矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ :

$$r_{ij} = \frac{r'_{ij} - \min_j r'_{ij}}{\max_j r'_{ij} - \min_j r'_{ij}} \quad i \in I_1 (I_1 \text{ 为收益性指标})$$

$$r_{ij} = \frac{\max_j r'_{ij} - r'_{ij}}{\max_j r'_{ij} - \min_j r'_{ij}} \quad i \in I_2 (I_2 \text{ 为收益性指标})$$

第三步 按照式(1) 计算各评价指标的熵  $H_i$ 。

第四步 对矩阵  $R$  加熵权  $H_i$  进行规格化,得到属性矩阵  $B$  :

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ b_{m1} & \cdots & b_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1 r_{11} & \cdots & H_1 r_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ H_m r_{m1} & \cdots & H_m r_{mn} \end{bmatrix}$$

第五步 求理想点:  $P^* = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_m^*)^T$ 。

式中,  $P_i^* = \max_j \langle b_{ij} \mid j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m \rangle$ 。

负理想点为:  $P_* = (0, 0, \dots, 0)^T$ 。

第六步 计算被评对象到理想点  $P^*$  的距离:

$$d_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^m (b_{ij} - p_i^*)^2}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

第七步 被评对象与理想点的贴近度为

$$T_j = \frac{(P^* - O_j)^T (P^* - P_*)}{\|P^* - P_*\|} = \frac{(P^* - O_j)^T P^*}{\|P^*\|^2} = 1 - \frac{O_j^T P^*}{\|P^*\|^2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m b_{ij} P_i^*}{\sum_{i=1}^m (P_i^*)^2}$$

式中,  $O_j = (b_{1j}, b_{2j}, \dots, b_{mj})^T, T_j \in [0, 1]$ 。

最后, 根据算出的  $T_j$  值对各被评方案排序, 低值为先;  $T_j$  值相等, 则以式(6)的  $d_j^*$  加以区分, 低值为优。

### 3 应用举例分析

保障性指的是系统的设计特性和计划的保障资源能够满足系统平时的战备完好性和战时的使用要求的能力。评价系统保障性的保障性参数通常分为3类: 综合保障参数、保障性设计参数和保障系统与保障资源参数。在评价某型飞机保障性时用到的指标有:

$$\text{使用可用度} = \frac{\text{平均故障间隔时间}}{\text{平均故障间隔时间} + \text{平均修复性维修时间} + \text{平均保障延误时间}};$$

$$\text{平均故障间隔时间} = \frac{\text{产品的寿命单位总数}}{\text{故障总次数}};$$

$$\text{平均修复时间} = \frac{\text{修复性维修总时间}}{\text{被修复产品的故障总数}};$$

$$\text{备件满足率} = \frac{\text{能够提供使用的备件数}}{\text{需要的备件数}}。$$

用仿真方法计算出的结果获取方案分析评价矩阵如表1所示。

表1 方案分析评价表

方案 指标	方案 I	方案 II	方案 III	方案 IV
使用可用度/%	90	88	85	95
平均故障间隔时间/h	800	900	1000	700
平均修复时间/min	30	40	50	60
备件满足率/%	75	85	90	95

根据方案评价表可以得到标准化以后的规格化矩阵  $R$  :

$$R = \begin{bmatrix} 1/2 & 3/10 & 0 & 1 \\ 1/3 & 2/3 & 1 & 0 \\ 1 & 2/3 & 1/3 & 0 \\ 0 & 1/2 & 3/4 & 1 \end{bmatrix}$$

由式(4), 计算出各评价指标的熵值, 如表2所示。

表2 各评价指标熵值表

评价指标	使用 可用度	平均故障 间隔时间	平均修复 时间	备件 满足率
熵	0.708	0.730	0.730	0.765

把熵权加入属性矩阵, 得到加权规格化属性矩阵  $B$  :

$$B = \begin{bmatrix} 0.354 & 0.212 & 0 & 0.708 \\ 0.243 & 0.487 & 0.730 & 0 \\ 0.730 & 0.487 & 0.243 & 0 \\ 0 & 0.383 & 0.574 & 0.765 \end{bmatrix}$$

则理想点:  $P^* = (0.708, 0.730, 0.730, 0.765)^T$ 。

负理想点:  $P_- = (0, 0, \dots, 0)^T$ 。

计算各方案与理想点的距离和各方案与理想点的贴近度及优选顺序如表3。

表3 各方案的距离、贴近度及优选顺序

方案	I	II	III	IV
距离	0.974	0.714	0.880	1.032
按距离的优序	3	1	2	4
贴近度	0.554	0.464	0.466	0.495
按贴近度的优序	4	1	2	3

根据计算的结果,我们选择方案II,备选方案为III方案。

## 4 结束语

在具有多个评价目标的保障性评价中,由于权重的合理性直接影响着多属性决策排序的准确性,权重问题的研究占有重要地位。文章给出了方案评估的熵权多目标决策优化模型,可以在只有判断矩阵而没有专家权重的情况下,确定出可信度较高的优选方案。应用举例表明,本文方法排序结果准确,可操作性较强,具有一定的推广价值。

### 参考文献:

- [1] 邱菀华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京:机械工业出版社,2001.
- [2] 宋保维,潘光,胡欲立,等. 基于熵权的鱼雷系统模糊层次分析与评判[J]. 系统工程理论与实践,2001,21(4):129-132.
- [3] Smith S A. A Derivation of Entropy and the Maximum Entropy Criterion in the Context of Decision Problems[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics,1974,SSC-4:157-159.
- [4] 苏畅,张恒喜. 航空装备保障系统效能评估[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2006,7(1):13-15.

(编辑:田新华)

## An Evaluation Method of Supportability Based on Entropy Weight Multi-objective Decision Making

JIN Rong

(Air Force Military Representative Office of PLA in Xi'an District, Xi'an 710068, China)

**Abstract:** An evaluation method of a fighter's supportability is presented based on entropy weight. With the judging matrix only and without the specialist's weight, this method is employed in computing the entropy weight of multi-index evaluation matrix with multi-objects, and estimating many fit schemes, so the best choice is selected and an optimized scheme with a better reliability is got.

**Key words:** entropy weight; multi-objective decision making; supportability; evaluation