

文章编号: 1673-1522 (2011) 01-0093-03

基于相等期望值的相似集成法应用研究

孔丽^a, 丁超^b, 孙建国^c, 汪洋^b, 熊厚情^b

(海军航空工程学院 a. 飞行器工程系; b. 研究生管理大队; c. 新装备培训中心, 山东 烟台 264001)

摘要: 引入多准则群决策计算专家意见的集成程度, 可以有效解决 AHP 法判断准确度不足的问题。运用基于相等期望值的相似集成法来解决群决策意见一致度计算问题, 有效克服 Hsu 和 Lee 的计算方法不切合实际的缺陷, 为武器系统作战适用性评估提供了更好的理论支撑。

关键词: 相等期望值; 多属性决策; 一致性意见; 作战适用性; 评估

中图分类号: E919

文献标志码: A

0 引言

在评估过程中, 我们最常使用的就是层次分析法^[1] (Analytic Hierarchy Process, AHP)。但 AHP 法也存在一些问题, 主要表现在检验判断矩阵的困难性、工作量随判断矩阵阶数增长而迅速增加等方面。为此, 引入多准则群体决策方法对评估方法进行一致度计算, 是现阶段提高决策群体偏好判断准确度的一种主要方法。本文主要介绍 Hsu 的 SAM 法及 Lee 的 OAM (Optimal Aggregation Method) 法的群一致度计算方法, 是以梯形模糊数代表专家意见为基础进行计算的。通过对存在于这两种方法的不足进行分析, 运用基于相等期望值的相似集成法对梯形模糊数进行计算, 既可以保留这两种方法的计算思想, 又可以提高计算结果的精度。最后通过武器系统作战适用性评估范例计算说明该方法的可行性与有效性。

1 Hsu 的 SAM 和 Lee 的 OAM 模糊意见集成方法与不足

1.1 Hsu 的 SAM 法与不足

Hsu 的 SAM (Similarity Aggregation Method) 法^[2]将决策群体中每个专家的表述表示为一个正的梯形模糊数, 集成群的一致意见用两个梯形模糊数的测度贴进度表示决策群体两个专家意见的一致性程度, 并将群中每个专家与群中其他专家意见一致

性程度进行简单平均, 得到这个专家与其他专家的意见平均一致性程度, 用 x_i 表示, 则该专家意见所占群的一致意见的比重为:

$$w_i = x_i / \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

由式(1)知, 专家 E_i 若与群中其他专家的意见越接近, 则他的意见所占比重就越大; 反之, 他的意见所占比重就越小。

Hsu 的 SAM 法主要不足是: 当群中两个专家意见的梯形模糊数不相交时, 这两个专家的一致程度就为 0, 这在现实世界里是不符合事实的。

1.2 Lee 的 OAM 法与不足

Lee 的 OAM^[3]法是将专家 E_i 的意见表示为正的梯形模糊数 $\tilde{R}_i = (a_i, b_i, c_i, d_i)$, 将两个梯形模糊数 $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ 、 $B = (b_1, b_2, b_3, b_4)$ 的 Tong 距离定义为:

$$d_p(A, B) = \left(\sum_{i=1}^4 |a_i - b_i|^p \right)^{1/p} \quad (2)$$

式中, $p \geq 1$ 。

设决策群体有 n ($n \geq 2$) 个专家, 正的梯形模糊数 $\tilde{R}_i = (a_i, b_i, c_i, d_i)$ 表示专家 E_i 对某一方案的意见或偏好, \tilde{R}_i 的隶属度 $\mu_i(x)$ 在区间 $[a_i, b_i]$ 上为线性递增函数, 在区间 $[b_i, c_i]$ 上值为 1, 在区间 $[c_i, d_i]$ 上为线性减函数, 在其他区域上函数值为 0。设 $\tilde{R} = F(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, \dots, \tilde{R}_n)$ 表示将群中所有专家的意见集成群的一致意见法则, 主要采用加权平均法构造

收稿日期: 2010-06-02; 修回日期: 2010-10-29

作者简介: 孔丽 (1969-), 女, 讲师, 硕士。

F 。

群中一位专家与其他专家意见的平均一致性程度表示为：

$$A_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1, i \neq j}^n S(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j), \quad (3)$$

式中： $S(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)$ 是两个梯形模糊数测度贴近度，表示专家 i 与专家 j 意见的一致性程度，定义为：

$$S(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j) = \frac{\int_{x \in X} (\min\{\mu_i(x), \mu_j(x)\}) dx}{\int_{x \in X} (\max\{\mu_i(x), \mu_j(x)\}) dx}, \quad (4)$$

式中： $\int_{x \in X} (\min\{\mu_i(x), \mu_j(x)\}) dx$ 是两个梯形模糊数相交部分的面积； $\int_{x \in X} (\max\{\mu_i(x), \mu_j(x)\}) dx$ 是两个梯形模糊数覆盖的总面积。

Lee 的方法中设论域为 U ，记

$$u = \max(U) - \min(U),$$

则两个梯形模糊数 A, B 的相似度为：

$$S_p(A, B) = 1 - \frac{1}{4u^p} d_p(A, B), \quad (5)$$

式中： $S_p(A, B) = S_p(B, A)$ ， $0 \leq S_p(A, B) \leq 1$ 。

由此得出，两个梯形模糊数 A, B 不一致相似程度为 $c - S_p(A, B)$ ，其中 $c > 1$ 且为常数。再根据模型，得到如下的方程组：

$$\begin{cases} \tilde{R} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n w_i^m} \sum_{i=1}^n w_i^m \tilde{R}_i \\ w_i = \frac{(1/(c - S_2(\tilde{R}_i, \tilde{R})))^{1/(m-1)}}{\sum_{j=1}^n (1/(c - S_2(\tilde{R}_j, \tilde{R})))^{1/(m-1)}} \end{cases} \quad (6)$$

式(6)中，由于 \tilde{R} ， w_i 互为函数，迭代过程如下：

1) 初始的 $W_0 = (w_1^{(0)}, w_2^{(0)}, \dots, w_n^{(0)})$ ， $\sum_{i=1}^n w_i^{(0)} = 1$ ；

2) 计算 $\tilde{R}^{(l+1)} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (w_i^{(l)})^m} \sum_{i=1}^n (w_i^{(l)})^m \tilde{R}_i$ ；

3) 计算

$$w_i^{(l+1)} = \frac{(1/(c - S_2(\tilde{R}_i, \tilde{R}^{(l+1)})))^{1/(m-1)}}{\sum_{j=1}^n (1/(c - S_2(\tilde{R}_j, \tilde{R}^{(l+1)})))^{1/(m-1)}}。$$

如果 $\|W^{(l+1)} - W^{(l)}\| \leq \varepsilon$ (ε 是充分小的数)，停止迭代，输出 $W^{(l+1)}$ 。否则， $l = l + 1$ ，转到步骤 2)。

Lee 证明其算法收敛。

Lee 的 OAM 法不足的是： c 、 m 如何选择，且不同的参数能否得到一致的结果，都缺乏理论根据。

2 基于期望值相等的相似集成法在武器系统作战适用性群决策中应用

2.1 基于期望值相等的相似集成法

基于 Hsu 的 SAM 法和 Lee 的 OAM 法之不足，文献[4]认为：在决策群体中，假设各个专家的意见以模糊数来表示，可以将隶属度按期望的大小左平移，然后将平移后的模糊数^[5]采取测度贴近度^[6-9]表示当期望值为 0 时其中两个专家对某一方案意见的一致程度，以期望值的差的绝对值表示他们意见的偏差程度，构造群中一致性程度的指标。同样，该比值可以用式(1)计算。

2.2 在武器系统作战适用性群决策中应用

一般来说，武器作战适用性包括：可用性 A 、可靠性 R 、维修性 S 、自然环境效应和影响 I 、兼容性 U 、战时利用率 C 、安全性 Q 、人力保障性 T 、测试性 E 、互用性 G 、运输性 M 、人为因素 H 、资料 and 培训要求 F 等。为计算方便，将其分为 4 个区：

第 1 区指标：可用性 A 、可靠性 R 、维修性 S ；

第 2 区指标：自然环境效应和影响 I 、兼容性 U 、战时利用率 C ；

第 3 区指标：安全性 Q 、人力保障性 T 、测试性 E 、互用性 G ；

第 4 区指标：运输性 M 、人为因素 H 、资料 and 培训要求 F 。

假设解决指标权重问题的群决策专家有 4 个，他们的意见用梯形模糊数表示为： $\tilde{R}_1 = (1, 2, 3, 4)$ ， $\tilde{R}_2 = (4, 6, 7, 9)$ ， $\tilde{R}_3 = (4, 5, 6, 7)$ ， $\tilde{R}_4 = (2, 3, 4, 5)$ ，则群的一致性意见计算步骤如下：

1) 设各个专家意见模糊数 \tilde{R}_i 的隶属度 $\mu_i(x)$ 的期望值为 $E(\tilde{R}_i)$ ， $i = 1, 2, 3, 4$ ；则期望值 $E(\tilde{R}_1) = 2.5$ ， $E(\tilde{R}_2) = 6.5$ ， $E(\tilde{R}_3) = 3.5$ ， $E(\tilde{R}_4) = 5.5$ 。

2) 两个专家在意见的期望值为 0 时，意见相似性程度的指标为：

$$T(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (\min\{\tilde{\mu}_i(x), \tilde{\mu}_j(x)\}) dx}{\int_{-\infty}^{\infty} (\max\{\tilde{\mu}_i(x), \tilde{\mu}_j(x)\}) dx}, \quad (7)$$

$$T(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2) = 0.6667, T(\tilde{R}_1, \tilde{R}_3) = 1, T(\tilde{R}_1, \tilde{R}_4) = 1,$$

$$T(\tilde{R}_2, \tilde{R}_3) = 0.6667, \quad T(\tilde{R}_2, \tilde{R}_4) = 0.6667, \\ T(\tilde{R}_3, \tilde{R}_4) = 1。$$

3) 构造专家意见相似程度指标：

$$S(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j) = \frac{\lambda T(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)}{1 + d_m(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)} + (1 - \lambda) \frac{1}{1 + d_m(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)}, \quad (8)$$

式中， $\lambda \in [0, 1]$ 起调节作用。

定义 $d_m(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j) = |E(\tilde{R}_i) - E(\tilde{R}_j)|$ 为专家 i, j 意见重心的偏差，则 $d_m(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2) = 4$ ， $d_m(\tilde{R}_1, \tilde{R}_3) = 1$ ， $d_m(\tilde{R}_1, \tilde{R}_4) = 3$ ， $d_m(\tilde{R}_2, \tilde{R}_3) = 3$ ， $d_m(\tilde{R}_2, \tilde{R}_4) = 1$ ， $d_m(\tilde{R}_3, \tilde{R}_4) = 2$ 。

4) 计算专家平均一致性程度：

$$A_i = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1, j \neq i}^n S(\tilde{R}_i, \tilde{R}_j)。 \quad (9)$$

取 $\lambda = 0.5$ ，由式(8)、(9)可知， A_i 为：

$$A_1 = 0.3057, \quad A_2 = 0.2642, \quad A_3 = 0.3472, \quad A_4 = 0.3333。$$

5) 计算专家的意见比重：

$$w(\tilde{R}_i) = A(\tilde{R}_i) / \sum_{j=1}^n A(\tilde{R}_j)。 \quad (10)$$

由此，得专家 E_i 的意见比重 $w(\tilde{R}_i)$ ：

$$w(\tilde{R}_1) = 0.2445, \quad w(\tilde{R}_2) = 0.2113, \\ w(\tilde{R}_3) = 0.2776, \quad w(\tilde{R}_4) = 0.2666。$$

6) 专家 E_i 的集成系数：

考虑每个专家的相对重要程度 e_i ($\sum_{i=1}^n e_i = 1$)，

$$AC_i = \tau w(\tilde{R}_i) + (1 - \tau) e_i, \quad (11)$$

式中， $\tau \in [0, 1]$ 。

在专家对打分表打分后，进行归一化，可假设 $e_1 = 0.1876$ ， $e_2 = 0.2464$ ， $e_3 = 0.2573$ ， $e_4 = 0.3087$ ，则计算专家 E_i 的集成系数 AC_i ： $AC_1 = 0.2173$ ， $AC_2 = 0.2370$ ， $AC_3 = 0.2487$ ， $AC_4 = 0.2970$ 。

7) 计算群的一致性意见：

$$\tilde{R} = \sum_{i=1}^n AC_i \otimes \tilde{R}_i, \quad (12)$$

则

$$\tilde{R} = \sum_{i=1}^n AC_i \otimes \tilde{R}_i = (2.8075, 4.0877, 5.0877, 6.3247)。$$

根据 Hsu 的 SAM 计算，得到：

$$\tilde{R}' = (2.7539, 4.2194, 5.2187, 6.4849)；$$

由 Lee 的 OAM 计算，得到：

$$\tilde{R}' = (2.7324, 4.1576, 5.2003, 6.4785)，$$

其宽度比用集成法要大。结果表明基于期望值相等

的相似集成法比前两种方法更好，并能克服 SAM 不能处理无交集、OAM 参数不确定的缺点。

3 结论

在群决策过程中，群的一致性意见是体现评判专家组综合意见的重要因素。将决策群体中专家意见表示为模糊数，按其期望值大小左平移到原点，并考虑专家意见相似偏差程度，最后构造意见集成。这样得出的意见不仅更加有效而且更加符合实际情况。在武器系统作战适用性评估中，为了获得较好的评估效果，专家数量一般比较庞大。如果专家间意见相似程度不予考虑，则获得的方案优劣程度置信度就不高。利用集成方法能够比较好地解决这一问题，为武器系统作战适用性评估提供了更好的理论支撑。

参考文献：

[1] 汪应洛. 系统工程[M]. 北京：机械工业出版社，2003：141-144.

[2] HSU HSIMET, CHEN CHENTUNG. Aggregation of fuzzy opinion group decision making[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996,79(3):278-286.

[3] HSUAN SHI LEE. Optimal consensus of fuzzy opinions under group decision making environment[J]. Fuzzy Sets and Systems. 2002(132):302-317.

[4] 兰继斌. 徐扬. 关于层次分析法优先权重及模糊多属性决策问题研究[D]. 成都：西南交通大学，2006:86-89.

[5] 王绪柱, 单静. 模糊量排序综述[J]. 模糊系统与数学, 2002,16(4):28-35.

[6] 孙在东, 徐泽水, 达庆利. 基于方案贴近度的不确定型多属性决策模型[J]. 中国管理科学, 2002,9(6):58-62.

[7] 舒康, 梁镇韩. AHP 中的指数标度法[J]. 系统工程理论与实践, 1990,10(1):6-8.

[8] 姚敏, 张森. 模糊法的度量及其运用[J]. 系统工程及电子技术, 1998,20(1):41-46.

[9] 王浩, 马达. 层次分析标度评价与新标度方法[J]. 系统工程, 1993,13(5):24-26.

(下转第 119 页)