

基于不确定语言信息的群决策方法及其应用

张肃¹, 王颖龙¹, 高莹²

(1. 空军工程大学 导弹学院, 陕西 三原 713800; 2. 西安通信学院, 陕西 西安 710106)

摘要:对于属性权重和属性值均以不确定语言信息形式给出的多属性群决策问题进行了研究,提出了基于ULWM算子和ULHA算子的多属性群决策方法。首先定义了ULWM算子,并且讨论了该算子的一些性质。通过ULWM算子集结决策方案的综合属性评估值,ULHA算子集结决策方案的群体综合属性评估值。然后利用可能度公式对于所有决策方案综合评估值进行比较得到可能度矩阵,最后对模糊互补判断矩阵排序得到所有决策方案的排序信息。实例表明了该方法的有效性。

关键词:多属性群决策;不确定语言信息;ULWM算子;ULHA算子

中图分类号: O934;N945.25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2006)06-0047-04

对于决策信息以数值形式给出的多属性决策问题,目前已有丰富的研究成果^[1-4]。但由于客观事物的多样性、复杂性及人类思维的模糊性,基于语言评价信息的多属性决策方法近年来受到了广泛的关注^[1,5-12]。

在实际决策过程中,一种更为常见的情况是属性权重和属性值均以不确定语言形式给出的多属性决策问题,对于此类问题目前尚未见有文献报道。文中首先定义了一种ULWM算子(不确定语言加权最大最小算子),然后结合ULHA算子(不确定语言混合集结算子)对于属性权重信息和属性值均为不确定语言的多属性群决策方法进行了研究,给出了具体的决策方法。

1 不确定语言信息描述及其排序方法

一般事先设定语言评估标度 $S = \{s_\alpha | \alpha = -L, \dots, L\}$ 。例如语言评估标度可取为 $S = \{s_{-5}, \dots, s_5\} = \{\text{极差, 很差, 差, 较差, 稍差, 一般, 稍好, 较好, 好, 很好, 极好}\}$

一般满足如下条件:①有序性。若 $\alpha \geq \beta$, 则 $s_\alpha \geq s_\beta$;②存在负算子。 $\text{neg}(s_\alpha) = s_{-\alpha}$;③极大化运算和极小化运算。当 $s_\alpha \geq s_\beta$ 时, 有 $\max\{s_\alpha, s_\beta\} = s_\alpha$; $\min\{s_\alpha, s_\beta\} = s_\beta$ 。

拓展语言标度 $\bar{S} = \{s_\alpha | \alpha \in [-q, q]\}$, 其中 $q (q > L)$ 是一个充分大的自然数, 拓展语言标度仍然满足上述3个条件。

定义1 设 $\tilde{\mu} = [s_a, s_b]$, $s_a, s_b \in \bar{S}$, s_a 和 s_b 分别是 $\tilde{\mu}$ 的下限和上限, 则称 $\tilde{\mu}$ 为不确定语言信息, 用 \bar{S} 表示所有不确定语言信息的集合。

借助于区间数大小排序的模糊互补判断矩阵方法, 文献[1]给出了一种对于不确定语言信息的排序方法。

定义2 设 $\tilde{\mu} = [s_a, s_b]$, $\tilde{\nu} = [s_c, s_d] \in \bar{S}$, 且设 $d_{ab} = b - a$, $d_{cd} = c - d$, 则 $\tilde{\mu} \geq \tilde{\nu}$ 的可能度定义如下:

$$p(\tilde{\mu} \geq \tilde{\nu}) = \max\left\{1 - \max\left(\frac{d-a}{d_{ab} + d_{cd}}, 0\right), 0\right\} \quad (1)$$

收稿日期: 2006-04-28

基金项目: 军队科研基金资助项目

作者简介: 张肃(1980-), 男, 甘肃天水人, 博士生, 主要从事运筹学、决策分析与效能评估研究;

王颖龙(1945-), 男, 陕西富平人, 教授, 博士生导师, 主要从事军事运筹学研究。

由此定义对一组不确定语言信息 $(\tilde{\mu}_1, \tilde{\mu}_2, \dots, \tilde{\mu}_n)$, 利用式(1)对其它进行两两比较, 建立可能度矩阵 $P = (p_{ij})_{n \times n}$, 其中 $p_{ij} = p(\tilde{\mu}_i \geq \tilde{\mu}_j)$ 。容易证明可能度矩阵为模糊互补判断矩阵, 对其排序方法选用较为简单实用的排序公式如下^{[1][13]}:

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij} + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

由式(2)得到排序向量 $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$, 再按 $v_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的大小对不确定语言信息 $\tilde{\mu}_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 进行排序。显然 v_i 越大, 相应的不确定语言数据 $\tilde{\mu}_i$ 越大。

2 不确定语言信息集结算子

定义3 设 $(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n)$ 是一组不确定语言数据, 定义如下的计算公式:

$$\text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = \max_i \min \{ \tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}_i \} \quad (3)$$

其中 $\tilde{\omega} = (\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2, \dots, \tilde{\omega}_n)$ 是不确定语言数据 $\tilde{\alpha}_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的加权向量, 且 $\tilde{\alpha}_i, \tilde{\omega}_i \in \tilde{S} (i = 1, 2, \dots, n)$, 则函数ULWM称为不确定语言加权最大最小算子。 $\tilde{\omega}_i$ 和 $\tilde{\alpha}_i$ 的大小比较按照式(2)进行操作。可以看出ULWM算子是普通的LWM算子在不确定情况下的推广, 当 $\tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}_i \in \bar{S} (i = 1, 2, \dots, n)$ 时, ULWM算子就是LWM算子。

ULWM算子具有以下两个性质:

性质1: ULWM算子关于不确定语言数据 $\tilde{\alpha}_i \in \tilde{S}$ 单调增加。

证明: 设 $\tilde{\alpha}_i < \tilde{\alpha}'_i, \tilde{\alpha}_j, \tilde{\alpha}'_j (j \neq i)$ 则有

$\min \{ \tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}_i \} \leq \min \{ \tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}'_i \}, \min \{ \tilde{\omega}_j, \tilde{\alpha}_j \} = \min \{ \tilde{\omega}_j, \tilde{\alpha}'_j \}, j \neq i$ 所以对于任意 $j = 1, 2, \dots, n$, 有 $\max_j \min \{ \tilde{\omega}_j, \tilde{\alpha}_j \} \leq \max_j \min \{ \tilde{\omega}_j, \tilde{\alpha}'_j \}$, 即 $\text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) \leq \text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{\alpha}'_1, \tilde{\alpha}'_2, \dots, \tilde{\alpha}'_n)$, 证毕。

性质2: 若对于任意 $i = 1, 2, \dots, n$, 有 $\tilde{\omega}_i \geq \tilde{\alpha}'_i$, 则 $\text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = \max_i \{ \tilde{\alpha}_i \}$ 。

证明: 因为对任意 $i = 1, 2, \dots, n$, 有 $\tilde{\omega}_i \geq \tilde{\alpha}_i$, 所以 $\min \{ \tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}_i \} = \tilde{\alpha}_i$, 因此, $\text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = \max_i \min \{ \tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}_i \} = \max_i \{ \tilde{\alpha}_i \}$, 证毕。

例子: 假设 $\tilde{\omega} = ([s_1, s_3], [s_3, s_4], [s_{-2}, s_0], [s_0, s_2])$, $\tilde{\alpha} = ([s_1, s_2], [s_2, s_4], [s_0, s_1], [s_2, s_3])$, 利用ULWM算子进行加权集结。

$\text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = \max_i \min \{ \tilde{\omega}_i, \tilde{\alpha}_i \} = \max \{ \min \{ [s_1, s_3], [s_1, s_2] \}, \min \{ [s_3, s_4], [s_2, s_4] \}, \min \{ [s_{-2}, s_0], [s_0, s_1] \}, \min \{ [s_0, s_2], [s_2, s_3] \} \} = \max \{ [s_1, s_2], [s_2, s_4], [s_{-2}, s_0], [s_0, s_2] \} = [s_2, s_4]$

对于不确定语言信息的集结方法, 文献[1]中给出了ULHA算子, 同时推广了UEWAA算子和UEOWA算子, 它不仅体现了数据本身的重要程度, 而且还反映了数据所在位置的重要程度。

3 基于ULWM算子和ULHA算子的多属性群决策方法

步骤1 对于某一多属性群体决策问题, 设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为方案集, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 为属性集。且设属性权重向量为 $\tilde{\omega} = (\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2, \dots, \tilde{\omega}_m)$, $\tilde{\omega}_i \in \tilde{S}$ 。决策群体集为 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_l\}$, 其中 d_k 表示第 k 个决策者。决策者的权重向量 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l)$, $\lambda_k \geq 0 (k = 1, 2, \dots, l)$, $\sum_{k=1}^l \lambda_k = 1$ 。决策者 $d_k \in D$ 给出方案 $x_i \in X$ 在属性 $u_j \in U$ 下的语言评估值 $\tilde{r}_{ij}^{(k)} \in \tilde{S}$, 并得到评估矩阵 $(\tilde{r}_{ij}^{(k)})_{n \times m}$ 。

步骤2 利用ULWM算子对矩阵 $\tilde{R}_k = (\tilde{r}_{ij}^{(k)})_{n \times m}$ 的第 i 行信息进行集结, 得到决策者 d_k 给出的决策方案 x_i 综合属性评估值 $\tilde{z}_i^{(k)}(\tilde{\omega}) = z_i^{(k)}(\tilde{\omega}) = \text{ULWM}_{\tilde{\omega}}(\tilde{r}_{i1}^{(k)}, \tilde{r}_{i2}^{(k)}, \dots, \tilde{r}_{im}^{(k)}) = \max_j \min \{ \tilde{\omega}_j, \tilde{r}_{ij}^{(k)} \}, i = 1, 2, \dots, n, k =$

1, 2, \dots, r。

步骤 3 利用 ULHA 算子^[1]对 l 位决策者给出的决策方案 x_i 的综合属性评估值 $\tilde{z}_i^{(k)}(\tilde{\omega})$ ($i=1, 2, \dots, n$, $k=1, 2, \dots, l$) 进行集结, 得到决策方案 x_i 的群体综合属性评估值 $\tilde{z}_i(\lambda, w) = \text{ULHA}_{\lambda, \omega}(\tilde{z}_i^{(1)}(\tilde{\omega}), \tilde{z}_i^{(2)}(\tilde{\omega}), \dots, \tilde{z}_i^{(l)}(\tilde{\omega})) = w_1 \tilde{v}_i^{(1)} \oplus w_2 \tilde{v}_i^{(2)} \oplus \dots \oplus w_l \tilde{v}_i^{(l)}$, $i=1, 2, \dots, n$ 。

其中: $w = (w_1, w_2, \dots, w_l)$ 是与 ULHA 算子相关联的加权向量(位置向量); $w_j \in [0, 1]$ ($j=1, 2, \dots, l$), $\sum_{j=1}^l w_j = 1$, 可以采用模糊量化算子的计算方法得到, 具体步骤见文献[9]、[10]; $\tilde{v}_i^{(k)}$ 为一组加权的语言信息 $(\lambda_1 \tilde{z}_i^{(1)}(\tilde{\omega}), \lambda_2 \tilde{z}_i^{(2)}(\tilde{\omega}), \dots, \lambda_l \tilde{z}_i^{(l)}(\tilde{\omega}))$ 第 k 个大的元素, l 定义为平衡因子。

步骤 4 利用不确定语言信息排序的可能度公式(1), 算出各方案综合属性评估值 $\tilde{z}_i(\lambda, w)$, ($i=1, 2, \dots, n$) 之间的可能度 $p_{ij} = p(\tilde{z}_i(\lambda, w) \geq \tilde{z}_j(\lambda, w))$, ($i, j=1, 2, \dots, n$), 并建立可能度矩阵 $P = (p_{ij})_{n \times n}$ 。

步骤 5 利用式(2)求模糊互补判断矩阵 P 的排序向量 $v = (v_1, v_2, \dots, v_n)$, 并按其分量大小对方案进行排序, 可得到最优方案。

4 应用实例

防空信息战系统的信息进攻能力是对敌方信息系统的干扰、破坏能力, 是信息战的重要能力之一。信息进攻能力可分解为信息压制能力(u_1)、硬摧毁能力(u_2)、网络对抗能力(u_3)和心理对抗能力(u_4)4 个属性。设属性的权重向量为 $\tilde{\omega} = ([s_1, s_3], [s_3, s_4], [s_{-2}, s_0], [s_0, s_2])$ 。有 3 位决策者 d_k ($k=1, 2, 3$), 其权重向量为 $\lambda = (0.3, 0.4, 0.3)$ 。现有 3 个备选的防空信息战系统 x_i ($i=1, 2, 3$), 要求选择一个信息进攻能力最好的防空信息战系统。

步骤 1 设 3 位决策者利用不确定语言给出评估矩阵 $\tilde{R}_k = (\tilde{r}_{ij}^{(k)})_{3 \times 4}$ ($k=1, 2, 3$) 如下:

$$\tilde{R}_1 = \begin{bmatrix} [s_0, s_2] & [s_2, s_3] & [s_1, s_3] & [s_2, s_4] \\ [s_1, s_2] & [s_0, s_1] & [s_2, s_4] & [s_2, s_3] \\ [s_2, s_4] & [s_3, s_5] & [s_1, s_2] & [s_{-1}, s_0] \end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}_2 = \begin{bmatrix} [s_1, s_3] & [s_2, s_3] & [s_{-1}, s_0] & [s_0, s_1] \\ [s_{-1}, s_1] & [s_{-2}, s_0] & [s_2, s_3] & [s_1, s_3] \\ [s_2, s_4] & [s_{-2}, s_1] & [s_2, s_3] & [s_4, s_5] \end{bmatrix}$$

$$\tilde{R}_3 = \begin{bmatrix} [s_1, s_2] & [s_2, s_3] & [s_0, s_1] & [s_0, s_2] \\ [s_0, s_3] & [s_{-3}, s_{-1}] & [s_1, s_2] & [s_2, s_3] \\ [s_1, s_4] & [s_2, s_5] & [s_0, s_2] & [s_{-1}, s_0] \end{bmatrix}$$

步骤 2 利用 ULWM 算子集结决策者给出的决策方案综合属性评估值为

$$\tilde{z}_1^{(1)}(\tilde{\omega}) = [s_2, s_3], \quad \tilde{z}_2^{(1)}(\tilde{\omega}) = [s_1, s_2], \quad \tilde{z}_3^{(1)}(\tilde{\omega}) = [s_2, s_4]$$

$$\tilde{z}_1^{(2)}(\tilde{\omega}) = [s_2, s_3], \quad \tilde{z}_2^{(2)}(\tilde{\omega}) = [s_0, s_2], \quad \tilde{z}_3^{(2)}(\tilde{\omega}) = [s_1, s_3]$$

$$\tilde{z}_1^{(3)}(\tilde{\omega}) = [s_2, s_3], \quad \tilde{z}_2^{(3)}(\tilde{\omega}) = [s_0, s_3], \quad \tilde{z}_3^{(3)}(\tilde{\omega}) = [s_2, s_4]$$

步骤 3 利用 ULHA 算子(设其加权向量 $w = (0.6, 0.2, 0.2)$)集结决策方案的群体综合属性评估值:

$$\tilde{z}_1(\lambda, w) = [s_{1.92}, s_{2.88}], \quad \tilde{z}_2(\lambda, w) = [s_{0.54}, s_{1.74}], \quad \tilde{z}_3(\lambda, w) = [s_{1.68}, s_{3.60}]$$

步骤 4 利用不确定语言信息的排序的可能度公式, 建立可能度矩阵 $P = (p_{ij})_{3 \times 3}$ 为

$$P = \begin{bmatrix} 0.5 & 1 & 0.433 \\ 0 & 0.5 & 0.019 \\ 0.567 & 0.981 & 0.5 \end{bmatrix}$$

步骤 5 求模糊互补判断矩阵 P 的排序向量, 并按其分量大小对方案排序为

$$v = (0.4055, 0.0865, 0.4247)$$

对方案排序, 可得: $x_3 \succ x_1 \succ x_2$, 故最优方案为 x_3 , 即应选择第 3 个防空信息战系统。

5 结束语

本文定义了一种集结不确定语言信息的 ULWM 算子,并且讨论了该算子的一些性质。对于属性权重和属性值均以不确定语言信息形式给出的多属性群决策问题,提出了基于 ULWM 算子和 ULHA 算子的多属性群决策方法。该方法适用于属性多以定性指标形式给出的群决策问题。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 陈 珽. 决策分析[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [3] 魏世孝,周献中. 多属性决策理论方法及其在 C³I 系统中的应用[M]. 北京:国防工业出版社,1998.
- [4] 李登峰. 模糊多目标多人决策与对策[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [5] Herrera F, Herrera - Viedma E, Verdegay J L. A Linguistic Decision Process in Group Decision Making [J]. Group Decision Negotiation, 1996,78(5): 165 - 176.
- [6] Herrera F, Herrera - Viedma E, Verdegay J L. Direct Approach Process in Group Decision Making Using Linguistic OWA Operators [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996,78(1): 73 - 87.
- [7] Herrera F, Herrera - Viedma E. Aggregation Operators for Linguistic Weighted Information [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, 1997,27(5): 646 - 656.
- [8] Herrera F, Herrera - Viedma E, Verdegay J L. Choice Process For Non - Homogeneous Group Decision Making in Linguistic Setting [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998,94(3): 287 - 308.
- [9] 王欣荣,樊治平. 一种基于语言评价信息的多指标群决策方法[J]. 系统工程学报,2003,18(2):173 - 176.
- [10] 刘爱学,李永明,史忠科. 一种基于语言变量的 MCDM 问题决策方法[J]. 系统工程,2001,19(5):28 - 32.
- [11] 姜艳萍,樊治平. 具有语言信息的多指标群体综合评价[J]. 东北大学学报(自然科学版),2005,26(7):703 - 706.
- [12] 陈卫东,樊治平. 供应商协同设计能力的一种综合评价方法[J]. 东北大学学报(自然科学版),2005,26(9):915 - 918.
- [13] 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序的一种算法[J]. 系统工程学报,2001,16(4):311 - 314.

(编辑:田新华)

A Kind of Method for Multiple Attribute Group Decision Making Based on Uncertain Linguistic Information and its Application

ZHANG Su¹, WANG Ying - long¹, GAO Ying²

(1. The Missile Institute, Air Force Engineering University, Sanyuan 713800, Shaanxi, China; 2. Xi'an Communication Institute Xi'an 710106, Shaanxi, China)

Abstract: A new method, based on the ULWM operator and ULHA operator, of multiple attribute group decision - making is studied in this paper, with uncertain linguistic information of the attribute weights and attribute values. Firstly, the concept of ULWM operator is defined. Some characters of ULWM operator are discussed. The synthesis attribute values of alternatives are concentrated through the ULWM operator. The group synthesis attribute values of alternatives are concentrated through the ULHA operator. Then, compared with the values of all alternatives by the probability formula, the probability matrix is gained. Finally, all alternatives are ranked by a formula to the fuzzy complementary judgment matrix. An example shows the effectiveness of this method.

Key words: multiple attribute group decision - making; uncertain linguistic information; ULWM operator; ULHA operator