

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.01.011

属性权重不确知的区间直觉模糊群决策方法

陈之宁¹, 周存宝², 王安³

(1. 解放军陆军军官学院基础部数学教研室, 合肥 230031; 2. 解放军陆军军官学院五系 41 队, 合肥 230031;
3. 解放军陆军军官学院五系 42 队, 合肥 230031)

摘要: 针对区间直觉模糊多属性群决策中属性权重信息事先不能确知的问题, 提出一种基于区间直觉模糊混合平均算子(IIFHA)区间直觉模糊多属性群决策方法。给出属性权重确定的方法, 列出群决策计算方法与步骤, 并通过实例进行验证。结果表明: 该方法是正确、有效的, 能为相关人员提供一定的参考。

关键词: 得分矩阵; IIFHA 算子; 权重; 群决策

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Method of Interval Intuitionistic Fuzzy Group Decision-Making Based on the Unknown Attribute Weights

Chen Zhining¹, Zhou Cunbao², Wang An³

(1. Staff Room of Mathematics, Dept. of Basic Theories, Military Academy of PLA, Hefei 230031, China;
2. No. 41 Team, No. 5 Department, Military Academy of PLA, Hefei 230031, China;
3. No. 42 Team, No. 5 Department, Military Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: According to the problem in which the information on attribute weights is unknown in advance in the interval intuitionistic fuzzy multiple attribute group decision. It provides a method of determining the attribute weights, and puts forward a kind of method based on the IIFHA to solve the interval intuition fuzzy multiple attribute decision making, and at the end, give an example to show that the method is correct and effective, and can provide certain reference.

Key words: score matrix; IIFHA operator; weight; group decision-making

0 引言

Atanassov 和 Gargov 在文献[1-2]中将直觉模糊集推广到区间直觉模糊集, 并定义了区间直觉模糊集的一些基本运算法则。文献[3]定义了区间直觉模糊数的概念, 给出了区间直觉模糊数的一些基本运算法则, 提出了区间直觉模糊加权平均算子, 定义了区间直觉模糊数的得分函数和精确函数; 文献[4]给出了有序加权平均算子, 提供了一种基于区间直觉模糊信息的决策途径; 文献[5]介绍了权重确定方法。文献[6]综合了文献[3]和[4]的集成算子, 提出了混合平均算子, 给出了属性权重确知的条件下直觉模糊数和区间直觉模糊数的群决策方法, 并解决了属性权重不确知的情况下直觉模糊群决策问题。因此, 笔者将其推广到属性权重不确知的区间直觉模糊群决策中。

1 预备知识^[3]

1.1 得分函数、精确函数及得分矩阵

对于区间直觉模糊数, 可以通过得分函数和精

确函数对其进行评估排序, 下面引入区间直觉模糊数的得分函数、精确函数及得分矩阵的概念。

定义 1 设 $\tilde{\alpha} = ([a, b], [c, d])$ 为一个区间直觉模糊数, 则称

$$s(\tilde{\alpha}) = \frac{1}{2}(a - c + b - d) \quad (1)$$

为 $\tilde{\alpha}$ 的得分值, 其中 s 为 $\tilde{\alpha}$ 的得分函数, $s(\tilde{\alpha}) \in [-1, 1]$ 。显然, $s(\tilde{\alpha})$ 越大, 则 $\tilde{\alpha}$ 越大。

定义 2 设 $\tilde{\alpha} = ([a, b], [c, d])$ 为一个区间直觉模糊数, 则称

$$h(\tilde{\alpha}) = \frac{1}{2}(a + b + c + d) \quad (2)$$

为 $\tilde{\alpha}$ 的精确值, 其中 h 为 $\tilde{\alpha}$ 的精确函数, $h(\tilde{\alpha}) \in [0, 1]$ 。

定义 3 设 $D_{ij} = (d_{ij})_{n \times m}$ 为区间直觉模糊决策矩阵, 则称 $S = (S_{ij})_{n \times m}$ 为 $D_{ij} = (d_{ij})$ 的得分矩阵, 其中 $s(d_{ij}) = \frac{1}{2}(a - c + b - d)$ 。

1.2 IIFWA 算子^[1]

定义 4 设 $\tilde{\alpha}_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 为一组区间直觉模糊

收稿日期: 2011-08-15; 修回日期: 2011-09-19

作者简介: 陈之宁(1963—), 男, 安徽人, 博士, 教授, 从事模糊数学、预测与决策分析研究。

数，且设 IIFWA : $\tilde{\Theta}^n \rightarrow \tilde{\Theta}$ ，若 $IIFWA_{\omega}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = \omega_1 \tilde{\alpha}_1 \oplus \omega_2 \tilde{\alpha}_2 \oplus \dots \oplus \omega_n \tilde{\alpha}_n$ ，其中 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 为 $\tilde{\alpha}_j (j=1, 2, \dots, n)$ 的权重向量，且 $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1 \quad \omega_j \in [0, 1] (j=1, 2, \dots, n)$ ，则称 IIFWA 为区间直觉模糊加权平均算子。

1.3 IIFHA 算子^[1]

定义 5 设 $\tilde{\alpha}_j (j=1, 2, \dots, n)$ 为一组区间直觉模糊数，且设 IIFHA : $\tilde{\Theta}^n \rightarrow \tilde{\Theta}$ ，若 $IIFHA_{\omega, w}(\tilde{\alpha}_1, \tilde{\alpha}_2, \dots, \tilde{\alpha}_n) = \omega_1 \tilde{\alpha}_{\sigma(1)} \oplus \omega_2 \tilde{\alpha}_{\sigma(2)} \oplus \dots \oplus \omega_n \tilde{\alpha}_{\sigma(n)}$ ，其中 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 是与函数 IIFHA 相关联的加权向量（位置向量）， $w_j \in [0, 1] (j=1, 2, \dots, n), \sum_{j=1}^n w_j = 1$ 。 $\tilde{\alpha}_{\sigma(j)}$ 是加权的区间直觉模糊数 $\tilde{\alpha}_i (i=1, 2, \dots, n)$ 中第 j 个最大的元素， $\tilde{\alpha}_i = n\omega_i \tilde{\alpha}_i (i=1, 2, \dots, n)$ ， $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 是区间直觉模糊数组 $\tilde{\alpha}_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的权重向量， $\omega_j \in [0, 1] (j=1, 2, \dots, n), \sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ 。且 n 是平衡因子，则称函数 IIFHA 为区间直觉模糊混合平均算子。

2 属性权重确定方法

在多属性决策分析中，属性权重在决策问题中并非同等重要，因此需要确定属性权重的相对重要性。常用的确定权重方法很多，下面给出一种基于优化模型的求解方法：

设 $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ 为方案集， $G = \{G_1, G_2, \dots, G_m\}$ 为属性集， $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ 为属性的权重向量。

已知得分矩阵 $S = (s_{ij})_{n \times m}$ ，则每个方案的综合属性值可表达为

$$s_i(\omega) = \sum_{j=1}^m \omega_j s_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

合理的属性向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T$ 应该使 $s_i(\omega)$ 最大化。因此，建立下列模型：

$$\begin{aligned} \max \quad & s_i(\omega) = \sum_{j=1}^m \omega_j s_{ij}, \\ \text{s.t.} \quad & \omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T \in \Lambda, \\ & \omega_j \geq 0 (j=1, 2, \dots, m), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1 \end{aligned} \quad (3)$$

求解模型 (3)，可得方案 Y_i 的最优解

$$\omega^{(i)} = (\omega_1^{(i)}, \omega_2^{(i)}, \dots, \omega_n^{(i)})$$

在求解过程中，由于一般需要从整体上考虑所有方案 $Y_i (i=1, 2, \dots, n)$ ，故构造一个组合的权重

$$\omega = \lambda_1 \omega^{(1)} + \lambda_2 \omega^{(2)} + \dots + \lambda_m \omega^{(m)} = \begin{pmatrix} \omega_1^{(1)} & \omega_1^{(2)} & \dots & \omega_1^{(m)} \\ \omega_2^{(1)} & \omega_2^{(2)} & \dots & \omega_2^{(m)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_n^{(1)} & \omega_n^{(2)} & \dots & \omega_n^{(m)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_m \end{pmatrix} = W \hat{\lambda} \quad (4)$$

其中 $\hat{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)^T$ 为待定的非负向量，满足 $\hat{\lambda}^T \hat{\lambda} = 1$ 。

3 群决策计算方法与步骤

根据上述分析，对于属性权重事先不确知的区间直觉模糊多属性群决策步骤为：

1) 利用 IIFHA 算子把所有决策者的区间直觉模糊决策矩阵 $\tilde{D}_k = (\tilde{d}_{ij}^{(k)})_{n \times m} (k=1, 2, \dots, l)$ 集成为群区间直觉模糊决策矩阵 $\tilde{D}_k = (\tilde{d}_{ij}^{(k)})_{n \times m}$ ，其中 $\tilde{d}_{ij} = (\tilde{\mu}_{ij}, \tilde{\nu}_{ij}) (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。

2) 计算群区间直觉模糊决策矩阵的 $\tilde{D}_k = (\tilde{d}_{ij}^{(k)})_{n \times m}$ 得分矩阵 $S = (s_{ij})_{n \times m}$ 。

3) 利用模型 (3) 求的相应方案 $Y_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的最优解 $\omega^{(i)} = (\omega_1^{(i)}, \omega_2^{(i)}, \dots, \omega_n^{(i)})^T (i=1, 2, \dots, n)$ ，并构造权重矩阵 W 。

4) 计算矩阵 $(S^T W)^T (S^T W)$ 的规范化权重向量 $\hat{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)^T$ 。

5) 利用式 (4) 求得权重向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T$ 。

6) 利用 IIFWA 算子：

$$\tilde{d}_i = IIFWA_{\omega}(\tilde{d}_{i1}, \tilde{d}_{i2}, \dots, \tilde{d}_{im}) (i=1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

求得方案 $Y_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的综合属性值。

7) 利用式 (1) 计算方案 Y_i 的综合属性值 \tilde{d}_i 的得分值 $s(\tilde{d}_i) (i=1, 2, \dots, n)$ 。

8) 利用得分值 $s(d_i)$ 对方案 $Y_i (i=1, 2, \dots, n)$ 进行排序择优，如果 2 个得分值相等，则需要对方案综合属性值 \tilde{d}_i 的精确值 $h(\tilde{d}_i)$ 进行排序。

4 实例验证

由来自各战略决策领域的 4 位专家(决策者) $e_k (k=1,2,3,4)$ (权重向量 $\xi = (0.3,0.2,0.3,0.2)^T$) 组成的专家组参考了以下 5 种评估指标(属性)对供应商进行评估: G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 。假设专家 $e_k (k=1,2,3,4)$ 分别利用区间直觉模糊数 $d_{ij}^k (i, j=1,2,3,4,5)$ 描述各供应商 $Y_i (i=1,2,3,4,5)$ 在指标 $G_j (j=1,2,3,4,5)$ 下的特征。

假设决策者给出的部分权重信息如下:

$$e_1: \omega_1 \leq 0.3, 0.2 \leq \omega_2 \leq 0.5; \quad e_2: 0.1 \leq \omega_2 \leq 0.2, \omega_3 \leq 0.4;$$

$$e_3: \omega_3 - \omega_2 \geq \omega_5 - \omega_4, \omega_4 \geq \omega_1; \quad e_4: \omega_3 - \omega_1 \leq 0.1, 0.1 \leq \omega_4 \leq 0.3$$

1) 利用正态分布法^[6]给出 IIFHA 算子的加权向量 $w = (0.155, 0.345, 0.345, 0.155)^T$, 然后利用 IIFHA 算子把区间直觉模糊决策矩阵集成为群决策矩阵 $\check{D} = (\check{d}_{ij})_{5 \times 5}$, 如表 1。

表 1 群区间直觉模糊决策矩阵 \check{D}

供应商	属性值				
	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
Y_1	$([0.348, 0.471], [0.338, 0.473])$	$([0.577, 0.741], [0.000, 0.162])$	$([0.595, 0.698], [0.165, 0.296])$	$([0.564, 0.735], [0.000, 0.254])$	$([0.536, 0.716], [0.000, 0.284])$
Y_2	$([0.549, 0.790], [0.100, 0.210])$	$([0.420, 0.616], [0.210, 0.311])$	$([0.322, 0.462], [0.288, 0.382])$	$([0.447, 0.670], [0.153, 0.278])$	$([0.417, 0.652], [0.000, 0.243])$
Y_3	$([0.470, 0.630], [0.000, 0.120])$	$([0.535, 0.749], [0.000, 0.192])$	$([0.489, 0.667], [0.000, 0.306])$	$([0.273, 0.428], [0.200, 0.360])$	$([0.493, 0.675], [0.000, 0.278])$
Y_4	$([0.488, 0.638], [0.000, 0.340])$	$([0.520, 0.707], [0.000, 0.144])$	$([0.470, 0.605], [0.145, 0.325])$	$([0.498, 0.678], [0.000, 0.208])$	$([0.521, 0.730], [0.000, 0.185])$
Y_5	$([0.564, 0.756], [0.000, 0.214])$	$([0.420, 0.631], [0.000, 0.324])$	$([0.388, 0.650], [0.249, 0.350])$	$([0.460, 0.682], [0.109, 0.249])$	$([0.574, 0.678], [0.000, 0.205])$

2) 计算区间直觉模糊决策矩阵 \check{D} (表 1) 的得分矩阵 $S = (s_{ij})_{5 \times 5}$, 如表 2。

表 2 群区间直觉模糊决策得分矩阵 S

供应商	属性值				
	G_1	G_2	G_3	G_4	G_5
Y_1	0.004	0.578	0.416	0.522	0.484
Y_2	0.514	0.257	0.057	0.343	0.413
Y_3	0.490	0.546	0.425	0.071	0.445
Y_4	0.393	0.541	0.302	0.484	0.533
Y_5	0.553	0.363	0.219	0.392	0.523

3) 利用模型(3)求得相应方案 $Y_i (i=1,2,3,4,5)$ 的最优属性权重向量 $\omega^{(i)} = (\omega_1^{(i)}, \omega_2^{(i)}, \omega_3^{(i)}, \omega_4^{(i)}, \omega_5^{(i)})^T (i=1,2,3,4,5)$:

$$\max s_i(\omega) = \sum_{j=1}^m \omega_j s_{ij},$$

$$\text{s.t. } \omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T \in \Lambda,$$

$$\Lambda = \{\omega_1 \leq 0.3, 0.2 \leq \omega_2 \leq 0.5, 0.1 \leq \omega_2 \leq 0.2,$$

$$\omega_5 \leq 0.4, \omega_3 - \omega_2 \geq \omega_5 - \omega_4, \omega_4 \geq \omega_1, \omega_3 - \omega_1 \leq 0.1,$$

$$0.1 \leq \omega_4 \leq 0.3\}$$

$$\omega_j \geq 0 (j=1,2,\dots,m), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1.$$

并构造权重矩阵:

$$W = \begin{pmatrix} 0.1 & 0.1 & 0.16 & 0.1 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.2 & 0.26 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.25 & 0.16 & 0.25 & 0.25 \\ 0.2 & 0.35 & 0.22 & 0.25 & 0.35 \end{pmatrix}.$$

4) 计算矩阵 $(S^T W)^T (S^T W)$ 的规范化特征向量: $\hat{\lambda} = (0.1995, 0.2030, 0.1957, 0.1987, 0.2030)^T$

5) 利用式(4)求得权重向量 $\omega = (0.1117, 0.1594, 0.2117, 0.2424, 0.2748)^T$ 。

6) 利用 IIFWA 算子式(5)计算方案 $Y_i (i=1,2,3,4,5)$ 的综合属性值 $\check{d}_i (i=1,2,3,4,5)$:

$$\check{d}_1 = ([0.5134, 0.6668], [0.0000, 0.2596]),$$

$$\check{d}_2 = ([0.3951, 0.6033], [0.0000, 0.3194]),$$

$$\check{d}_3 = ([0.4283, 0.6117], [0.0000, 0.2819]),$$

$$\check{d}_4 = ([0.4697, 0.6449], [0.0000, 0.2495]),$$

$$\check{d}_5 = ([0.4485, 0.6405], [0.0000, 0.2999]).$$

7) 计算 $Y_i (i=1,2,3,4,5)$ 综合属性值 $\check{d}_i (i=1,2,3,4,5)$ 的得分值 $s(\check{d}_i) (i=1,2,3,4,5)$:

$$s(\check{d}_1) = 0.460\ 3, s(\check{d}_2) = 0.321\ 5,$$

$$s(\check{d}_3) = 0.379\ 1, s(\check{d}_4) = 0.432\ 5,$$

$$s(\check{d}_5) = 0.394\ 5.$$

8) $s(\check{d}_1) > s(\check{d}_4) > s(\check{d}_5) > s(\check{d}_3) > s(\check{d}_2)$, 从而 $Y_1 \succ Y_4 \succ Y_5 \succ Y_3 \succ Y_2$ 。

5 结语

实例结果验证了属性权重不确知的区间直觉模糊群决策方法的正确性和有效性。同时, 该方法也适应于解决区间直觉模糊混合几何算子(interval intuitionistic fuzzy hybrid geometric operators)之类的问题。

(上接第 13 页)

4 结论

笔者将 EPnP 算法扩展到直线, 并将其应用到无人机视觉着陆上, 改进了目前无人机视觉着陆远距离位姿估算的低精度问题。仿真结果证明: 在距离机场较远距离时, 该算法精度较高, 但是耗时较长, 此问题将在今后的工作中继续改进。

参考文献:

[1] Phichet Trisiripisal, Matthew R Parks, A Lynn Abbott. Stereo Analysis for Vision-based Guidance and Control of Aircraft Landing[C]. 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada. 2006, 1.

[2] 申为峰. 基于视觉的无人机自主着陆跑道识别与位姿估计[D]. 沈阳航空工业学院, 2010.

[3] 张小苗, 尚洋, 雷志辉, 等. 一种基于单幅跑道图像的无人机降落位姿测量新方法[J]. 国防科技大学学报, 2008, 30(1): 20-24.

[4] Liu Tianshu, Gary Fleming. Videogrammetric Determination of Aircraft Position and Attitude for Vision-Based Autonomous Landing[C]. 44th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. Reno, Nevada, 2006.

[5] Scott M, Ettinger. Vision-Guided Flight and Control for Micro Air Vehicle[C]. Proceedings of IEEE International

参考文献:

[1] Atanassov K. Intuitionistic fuzzy sets[M]. In: Sgurev V ed. VII ITKR's Session, Sofia, June 1983.

[2] Atanassov K, Gargov G. Interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and System, 1989, 31: 343-349.

[3] 徐泽水. 区间直觉模糊信息的集成方法及其在决策中的应用[J]. 控制与决策, 2007, 22(2): 215-219.

[4] 徐泽水, 陈剑. 一种基于 C 直觉判断矩阵的群决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(4): 126-133.

[5] Xu Z S. An overview of methods for determining OWA weights[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2005, 20: 843-865.

[6] 徐泽水. 直觉模糊信息集成理论及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2008.

Conference on Robotics and Automation, Washington, 2002.

[6] 赵昊昱, 李红, 彭嘉雄. 基于视觉的飞机自主着陆导航[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(7): 1131-1133.

[7] 徐贵力, 倪立学, 程月华. 基于合作目标和视觉的无人飞行器全天候自动着陆导引关键技术[J]. 航空学报, 2008, 29(2): 437-442.

[8] 耿明志, 戎亚新. 图像跟踪技术在无人机自主着陆导航中的应用[J]. 兵工自动化, 2007, 26(1): 1-7.

[9] Chatterji G, Menon P, Sridhar B. Vision-based position and attitude determination for aircraft night landing[J]. AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics, 1998, 21(1): 84-92.

[10] 柴洪林. 基于视觉的夜间无人机自主着陆导航[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.

[11] 张政, 张小虎, 傅丹. 一种高精度鲁棒的基于直线对应的位姿估计迭代算法[J]. 计算机应用, 2008, 28(2): 326-329.

[12] Vincent Lepetit, Francesc Moreno-Noguer, Pascal Fua. EPnP: An Accurate O(n) Solution to the PnP Problem[J]. 2009, 81(2): 155-166.

[13] Richard Hartley, Andrew Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision[M]. Cambridge University Press, England, 2003.

[14] Paul A. Ghyzel. Vision-Based Navigation for Autonomous Landing of UAV[D]. Naval Postgraduate School, 2000: 13-20.

[15] 唐斌. 无人机自动起飞/着陆控制技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2007.