

doi: 10.7690/bgzdh.2018.01.008

基于对偶犹豫不确定语言变量的 TOPSIS 方法

王金山, 杨宗华

(陆军军官学院基础部, 合肥 230031)

摘要: 针对舰炮射击目标选择和决策问题, 在原始模糊多属性决策基础上, 提出了一种基于对偶犹豫模糊不确定语言集 TOPSIS 多属性决策方法。首先给出了对偶犹豫模糊不确定语言集的定义, 进而将传统的 TOPSIS 方法推广, 最后将其应用于舰炮射击目标选择, 并通过实例验证了方法的有效性。结果表明: 该方法简单可靠, 为舰炮射击目标选择提供了新的方法。

关键词: 舰炮射击; 目标选择; 对偶犹豫模糊不确定语言集; 多属性决策; TOPSIS

中图分类号: TJ391 **文献标志码:** A

Dual Hesitant Uncertain Linguistic Variables TOPSIS Method

Wang Jinshan, Yang Zonghua

(Department of Basic Theories, Army Officer Academy, Hefei 230031, China)

Abstract: In order to solve the problem of ship borne gunfire target selection and decision-making problem, according to primitive fuzzy multi-attribution decision-making, a TOPSIS multi-attribute decision method based on dual hesitant fuzzy uncertain linguistic set is proposed. At first, make definition of dual hesitant fuzzy uncertain linguistic set, then popularize the traditional TOPSIS method, at last use it in ship-borne gunfire shooting selection, and verify the effectiveness by test. The results show that the method is easy, and it provides a new method to the problem of ship-borne gunfire target selection.

Keywords: ship-borne gunfire shooting; target selection; dual hesitant fuzzy uncertain linguistic set; multi-attribute decision making; TOPSIS

0 引言

近年来, 随着科学技术的发展, 战场环境越来越复杂, 战争节奏也越来越快; 因此, 舰炮射击目标的选择是指挥员必须面临的一大难题。在舰炮射击目标选择过程中, 需要考虑的因素既有确定因素又有不确定因素; 因此, 舰炮射击目标选择问题实际上是一类模糊多属性决策问题。目前关于模糊多属性决策的研究主要集中在以下 2 个方面。

一方面, 属性值的表示形式在不断拓展。自 1965 年 Zadeh^[1]提出模糊集以来, 模糊集理论就被广泛地应用于各个领域并被不断完善; Atanassov^[2]将非隶属度引入, 提出了直觉模糊集的概念; 同时考虑到人们在决策时, 经常会在多个决策信息之间犹豫, 并且决策者之间不愿相互妥协; 2009 年 Torra^[3]提出了犹豫模糊集的概念, 虽然犹豫模糊集能更准确描述属性值不确定性, 但只提供了隶属度, 而忽略了非隶属度的重要性; 在此基础上, 2012 年朱斌等^[4]借鉴直觉模糊集的思想, 将非隶属度引入, 提出了对偶犹豫模糊集; 之后鞠彦兵等^[5]结合区间数

理论, 给出了区间值对偶犹豫模糊集; 杨尚洪等^[6]基于语言评价集, 提出了对偶犹豫模糊语言集。

另一方面, 原始的多属性决策方法被不断推广。TOPSIS 方法最早由 Hwang 和 Yoon^[7]提出并应用于多属性决策问题; 之后大量学者将其向不同模糊多属性决策问题进行拓展, 徐泽水等^[8]结合语言变量理论, 给出了不确定语言变量的 TOPSIS 方法; 南江霞等^[9]基于直觉模糊集, 提出了直觉模糊多属性决策的 TOPSIS 方法; 徐泽水等^[10]结合犹豫模糊集理论, 给出了基于犹豫模糊信息的 TOPSIS 多属性决策方法。

不确定语言变量能够更准确地表达决策信息的模糊性, 鉴于此, 笔者首先将对偶犹豫模糊集的概念进一步拓展, 给出对偶犹豫模糊不确定语言集的定义, 提出一种基于对偶犹豫模糊不确定语言变量的 TOPSIS 多属性决策方法, 最后通过实例舰炮射击目标选择问题, 验证该方法的有效性和可行性。

1 对偶犹豫模糊不确定语言集

基于对偶犹豫模糊集和不确定语言集, 笔者给

收稿日期: 2017-11-02; 修回日期: 2017-12-09

基金项目: 院校武器装备军内科研基金项目(JNKY2012015); 陆军军官学院科研基金项目(2016-01-ZZLX-17)

作者简介: 王金山(1962—), 男, 安徽人, 教授, 从事预测与决策分析研究。

出了一种新的属性值表达形式：对偶犹豫模糊不确定语言集。

定义 1 令 X 为一给定的论域， $S = \{s_0, s_1, \dots, s_k\}$ 为一给定的语言标度， $\bar{s} = \{s_\theta | \theta \in [0, k]\}$ 为其拓展连续标度，则称

$$\tilde{A} = \{ \langle x, \tilde{s}_{\theta(x)}, h_i(x), g_i(x) \rangle | x \in X \} \quad (1)$$

为定义在 X 上的对偶犹豫模糊不确定语言集 (DHFULS)。其中： $\tilde{s}_{\theta(x)} = [s_{\theta^l(x)}, s_{\theta^r(x)}]$ 为不确定语言变量； $h_i(x)$ 和 $g_i(x)$ 均是由若干个不同的在区间 $[0, 1]$ 上的数组成的集合，分别表示 x 隶属于和非隶属于不确定语言变量 $\tilde{s}_{\theta(x)}$ 的程度。为了方便起见，笔者称 $\langle \tilde{s}_{\theta(x)}, h_i(x), g_i(x) \rangle$ 为对偶犹豫模糊不确定语言变量。

定义 2 设 $\tilde{a}_1 = \langle \tilde{s}_{\theta(\tilde{a}_1)}, h_1, g_1 \rangle$ 和 $\tilde{a}_2 = \langle \tilde{s}_{\theta(\tilde{a}_2)}, h_2, g_2 \rangle$ 为任意 2 个对偶犹豫模糊不确定语言变量，则 \tilde{a}_1 与 \tilde{a}_2 的 Hamming 距离定义为：

$$D(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2) = \frac{1}{2k} \left| \frac{\theta^l(\tilde{a}_1) + \theta^r(\tilde{a}_1)}{2} \left(1 + \frac{1}{l_{h_1}} \sum_{\gamma_{1j} \in h_1} \gamma_{1j} - \frac{1}{l_{g_1}} \sum_{\rho_{1j} \in g_1} \rho_{1j} \right) - \frac{\theta^l(\tilde{a}_2) + \theta^r(\tilde{a}_2)}{2} \left(1 + \frac{1}{l_{h_2}} \sum_{\gamma_{2j} \in h_2} \gamma_{2j} - \frac{1}{l_{g_2}} \sum_{\rho_{2j} \in g_2} \rho_{2j} \right) \right| \quad (2)$$

其中： $l_{h_1}, l_{g_1}, l_{h_2}, l_{g_2}$ 分别表示语言变量 \tilde{a}_1 和 \tilde{a}_2 中隶属度集和非隶属度集中元素的个数； $k+1$ 为语言术语集所含语言术语的个数。

2 对偶犹豫不确定语言变量 TOPSIS 方法

对于一个多属性决策问题，设有 m 个方案 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ ， n 个属性 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ ，对应的权重向量为 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ ，且 $\omega_j \in [0, 1]$ ， $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ 。方案 b_i 在属性 c_j 的值采用对偶犹豫模糊不确定语言变量的形式表示，为 $\tilde{d}_{ij} = \langle \tilde{s}_{\theta(\tilde{d}_{ij})}, h(\tilde{d}_{ij}), g(\tilde{d}_{ij}) \rangle$ ，构成的决策矩阵记为 $\tilde{D} = \{ \tilde{d}_{ij} \}_{m \times n}$ 。

下面给出基于对偶犹豫模糊不确定语言变量的 TOPSIS 方法。

- 1) 利用权重向量 ω ，计算加权决策矩阵。
2) 根据加权决策矩阵，确定正理想方案 B^+ 和

$$\left[\begin{array}{ccc} \{ [s_1, s_4], \{0.5, 0.4\}, \{0.1\} \} & \{ [s_5, s_6], \{0.3\}, \{0.2, 0.3\} \} & \{ [s_1, s_3], \{0.2\}, \{0.1\} \} \\ \{ [s_2, s_5], \{0.5, 0.4\}, \{0.2\} \} & \{ [s_1, s_2], \{0.4\}, \{0.2, 0.3\} \} & \{ [s_3, s_5], \{0.5\}, \{0.1\} \} \\ \{ [s_3, s_6], \{0.3, 0.4\}, \{0.1\} \} & \{ [s_2, s_3], \{0.4\}, \{0.2, 0.1\} \} & \{ [s_2, s_4], \{0.2\}, \{0.2\} \} \end{array} \right]$$

利用权重向量 $\omega = (0.2, 0.3, 0.5)$ ，计算加权决策矩阵，有

负理想方案 B^- ：

$$B^+ = \{ \tilde{d}_1^+, \tilde{d}_2^+, \dots, \tilde{d}_n^+ \}; \quad (3)$$

$$B^- = \{ \tilde{d}_1^-, \tilde{d}_2^-, \dots, \tilde{d}_n^- \}. \quad (4)$$

其中：

$$\tilde{d}_j^+ = \bigcup_{i=1}^m \tilde{d}_{ij} = \bigcup_{i=1}^m \left\{ \left[\max s_{\theta^l(\tilde{d}_{ij})}, \max s_{\theta^r(\tilde{d}_{ij})} \right], \bigcup_{\gamma_{ij} \in h_{ij}, \rho_{ij} \in g_{ij}} \{ \max \{ \gamma_{ij} \}, \min \{ \rho_{ij} \} \} \right\}, j = 1, 2, \dots, n; \quad (5)$$

$$\tilde{d}_j^- = \bigcup_{i=1}^m \tilde{d}_{ij} = \bigcup_{i=1}^m \left\{ \left[\min s_{\theta^l(\tilde{d}_{ij})}, \min s_{\theta^r(\tilde{d}_{ij})} \right], \bigcup_{\gamma_{ij} \in h_{ij}, \rho_{ij} \in g_{ij}} \{ \min \{ \gamma_{ij} \}, \max \{ \rho_{ij} \} \} \right\}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

3) 计算各方案与正、负理想方案之间的 Hamming 距离 D_i^+ 和 D_i^- 。

4) 根据求得的距离计算各方案与正理想方案的相对贴近度 C_i ，按照 C_i 的值对方案进行排序， C_i 值越小，方案越优。

3 实例验证

针对舰炮射击目标选择问题，需要考虑多个属性共同作用的情况，按照指挥员经常考虑的属性主要有 3 个：目标的易损性 (c_1)、目标的威胁程度 (c_2) 以及目标的重要性 (c_3)。

目标的易损性是指各目标遭受火力打击时是否容易压制或者毁伤。目标的易损性越好越优，同样属于效益型指标。

目标的威胁程度是用来衡量各目标对我方作战力量的威胁程度。目标的威胁程度越高，对应的价值也就越大，也属于效益型指标。

目标的重要性是指各目标在整场作战行动中的作用大小和地位高低。目标的重要性越高，对应的价值也就越大，属于效益型指标^[11]。

现有 3 个射击目标 b_1, b_2, b_3 ，供决策者进行选择，3 个属性对应的权重向量为 $\omega = (0.2, 0.3, 0.5)$ ，属性值以对偶犹豫模糊不确定语言变量的形式给出，采用 7 级语言标度，评价信息以矩阵形式给出：

$$\left[\begin{array}{ccc} \{[s_{0.2}, s_{0.8}], \{0.08, 0.10\}, \{0.02\}\} & \{[s_{1.5}, s_{1.8}], \{0.09\}, \{0.06, 0.09\}\} & \{[s_{0.5}, s_{1.5}], \{0.10\}, \{0.05\}\} \\ \{[s_{0.4}, s_{1.0}], \{0.08, 0.10\}, \{0.04\}\} & \{[s_{0.3}, s_{0.6}], \{0.12\}, \{0.06, 0.09\}\} & \{[s_{1.5}, s_{2.5}], \{0.25\}, \{0.05\}\} \\ \{[s_{0.6}, s_{1.2}], \{0.06, 0.08\}, \{0.02\}\} & \{[s_{0.6}, s_{0.9}], \{0.12\}, \{0.03, 0.06\}\} & \{[s_{1.0}, s_{2.0}], \{0.10\}, \{0.10\}\} \end{array} \right]。$$

确定正、负理想方案：

$$B^+ = \left[\{[s_{0.6}, s_{1.2}], \{0.1, 0.1\}, \{0.02\}\}, \{[s_{1.5}, s_{1.8}], \{0.12\}, \{0.03, 0.03\}\}, \{[s_{1.5}, s_{2.5}], \{0.25\}, \{0.05\}\} \right];$$

$$B^- = \left[\{[s_{0.2}, s_{0.8}], \{0.06, 0.06\}, \{0.04\}\}, \{[s_{0.3}, s_{0.6}], \{0.09\}, \{0.09, 0.09\}\}, \{[s_{0.5}, s_{1.5}], \{0.1\}, \{0.1\}\} \right]。$$

计算各方案与正、负理想方案之间的 Hamming 距离：

$$D_1^+ = 0.159, \quad D_2^+ = 0.130, \quad D_3^+ = 0.160;$$

$$D_1^- = 0.108, \quad D_2^- = 0.137, \quad D_3^- = 0.107。$$

计算各方案与正理想方案的相对贴近度 C_i ：

$$C_1 = 0.596, \quad C_2 = 0.487, \quad C_3 = 0.599。$$

根据 C_i 大小进行排序有 $b_2 > b_1 > b_3$ ，即第 2 个目标为最优目标。

将这种方法与对偶犹豫不确定语言变量的 VIKOR 方法进行对比。通过计算群体效用和个体遗憾来计算各方案的折衷值并进行排序。笔者仅给出最终的结果，折衷值的结果为

$$Q_1 = 1, \quad Q_2 = 0, \quad Q_3 = 0.544。$$

根据 Q_i 大小进行排序有 $b_2 > b_3 > b_1$ ，即第 2 个目标为最优目标。通过这 2 种方法的比较，从而证明了笔者提出方法的有效性和可行性。

4 结束语

针对舰炮射击目标选择和决策的问题，在原始模糊多属性决策基础上，为了更好地描述信息不确定性，笔者给出了对偶犹豫模糊不确定语言集多属性决策 TOPSIS 方法，综合考虑了影响目标选择的重要影响因素，将定性分析与定量分析结合起来。与实时专家评估射击目标选择相比，该方法具有简单明了、操作性强等优点，为舰炮射击目标选择提供了新的方法，具有一定的参考价值。

参考文献：

- [1] ZADEH L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-356.
- [2] ATANASSOV K T. Intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87-96.
- [3] TORRA V. On the hesitant fuzzy sets and decision[C]. In: The 18th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2009: 1378-1382.
- [4] ZHU B, X Z, X M. Dual hesitant fuzzy set[J]. Journal of Applied Mathematics, 2012(11): 1-10.
- [5] JU Y B, LIU X Y, YANG S H. Interval-valued dual hesitant fuzzy aggregation operators and their applications to multiple attribute decision making[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2014, 27(3): 1203-1218.
- [6] 杨尚洪, 鞠彦兵. 基于对偶犹豫模糊语言变量的多属性决策方法[J]. 运筹与管理, 2015, 24(5): 91-96.
- [7] HWANG C L. Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications[Z]. New York, 1981.
- [8] XU Z S. An ideal point based approach to multi-criteria decision making with uncertain linguistic information[C]//International Conference on Machine Learning. 2004: 78-82.
- [9] 南江霞. 直觉模糊多属性决策的 TOPSIS 法[J]. 运筹与管理, 2008, 17(3): 34-37.
- [10] XU Z S. Hesitant fuzzy multi-attribute decision making based on TOPSIS with incomplete weight[J]. Knowledge-Based Systems, 2013, 52(6): 53-64.
- [11] 王丰, 田伟, 朱乾坤. 2 维随机变量可拓分布模型在武器系统性能研究中的应用[J]. 兵工自动化, 2017, 36(3): 1-4.