

控制与决策

Control and Decision



基于策略权重的模糊多属性决策方法

赵萌, 秦金磊, 潘一如, 吴婉婷

引用本文:

赵萌, 秦金磊, 潘一如, 等. 基于策略权重的模糊多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2021, 36(5): 1259–1267.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0542>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

[概率区间值直觉犹豫模糊Maclaurin对称平均算子及决策方法](#)

Probabilistic interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy Maclaurin symmetric mean operators and decision method

控制与决策. 2021, 36(5): 1249–1258 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1370>

[考虑个体累积共识贡献的犹豫模糊语言自适应共识模型](#)

Adaptive consensus model with hesitant fuzzy linguistic information considering individual cumulative consensus contribution

控制与决策. 2021, 36(1): 187–195 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0556>

[考虑时间序列的动态大群体应急决策方法](#)

Dynamic large group emergency decision-making method considering time series

控制与决策. 2020, 35(11): 2609–2618 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0088>

[基于前景理论和模糊理论的在线多属性采购拍卖 供应商选择决策](#)

Decision method of supplier selection for online multi-attribute procurement auction based on prospect theory and fuzzy theory

控制与决策. 2020, 35(11): 2637–2645 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1768>

[乡村旅游开发适宜性等级评价TOPSIS方法](#)

TOPSIS method of suitability grade assessment for rural tourism development

控制与决策. 2020, 35(11): 2619–2625 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1565>

基于策略权重的模糊多属性决策方法

赵 萌^{1†}, 秦金磊¹, 潘一如¹, 吴婉婷²

(1. 东北大学秦皇岛分校 管理学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 中国科学技术大学 管理学院, 合肥 230026)

摘 要: 在实际的多属性决策问题中, 决策者可以策略性地设置属性权重来获得期望的可选方案排名, 这就是策略权重操控问题. 决策者的不诚实性在现实中是普遍存在的, 对于该问题的研究具有实际价值, 而对该问题的研究目前主要针对于确定数. 鉴于此, 将策略权重操控问题的研究拓展到模糊多属性决策. 首先, 定义模糊多属性决策的策略权重操控问题和排名范围概念; 然后, 提出基于可能度和贴近度公式的混合线性规划模型来得出排名范围, 并建立决策者策略权重向量最优模型; 最后, 以决策评价信息为区间数和三角模糊数的多属性决策问题为例, 验证所提出模型的可行性和实用性, 结果表明, OWA (ordered weighted averaging) 算子对策略权重操控抵御能力更强, 拓展模型能够保持原有确定数评价信息可选方案排名模型的优越性和准确性.

关键词: 模糊多属性决策; 策略权重; 排名范围; 可能度; 贴近度; 区间数; 三角模糊数

中图分类号: TP273

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2019.0542

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 赵萌, 秦金磊, 潘一如, 等. 基于策略权重的模糊多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2021, 36(5): 1259-1267.

Strategic weight manipulation in fuzzy multiple attribute decision making

ZHAO Meng^{1†}, QIN Jin-lei¹, PAN Yi-ru¹, WU Wan-ting²

(1. School of Management, Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004, China; 2. School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: In a real multi-attribute decision making problem, the decision maker can strategically set the attribute weights to obtain the desired alternative ranking, which is the manipulation problem of strategic weight. The dishonesty of decision-makers is ubiquitous in reality, and the research on this problem has practical value. At present, the research on this problem mainly focuses on the crisp number. In view of this, the paper extends the research on strategy weight manipulation to fuzzy multi-attribute decision making. Firstly, the concept of strategy weight control and rank range for fuzzy multi-attribute decision making are defined. Then, a hybrid linear programming model based on the possibility and proximity formula is proposed to obtain the ranking range, and the optimal model of decision-maker's policy weight vector is established. Finally, the multi-attribute decision making problems with decision evaluation information as interval number and triangular fuzzy number are taken as examples to verify the feasibility and practicability of the proposed model. The results show that the (ordered weighted averaging, OWA) operator has stronger resistance to the manipulation of strategic weight, and the expanded model maintains the superiority and accuracy of the alternative ranking model under the evaluation information of original crisp number.

Keywords: fuzzy multiple attribute decision making; strategic weight manipulation; ranking range; possibility degree; approach degree; interval number; triangular fuzzy number

0 引 言

在现实的决策问题中, 复杂性、不确定性以及决策者思维的模糊性是普遍存在的. 模糊多属性决策方法的研究引起了学者们的广泛关注^[1-3], 研究重点主要聚焦在排序方法和赋权方法两个方面. 在排序方法方面, 常见的排序方法大致可以分为可能度排

序方法和贴近度排序方法两种. 1) 根据评价信息可能度对可选方案进行排序的方法, 是按照定义通过两两比较来衡量两个模糊数的大小关系可能性的方法. 李光旭等^[4]提出了基于加权几何平均算子和可能度的动态多目标决策方法; 冯向前等^[5]基于均匀分布概率准则提出了犹豫模糊二元语义集的可能度

收稿日期: 2019-04-27; 修回日期: 2020-01-22.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71701037); 中央高校基本科研业务费资助项目(N182304025).

责任编委: 李国齐.

[†]通讯作者. E-mail: ningmeng5072008@163.com.

公式;黄智力等^[6]根据比较优势关系建立了可能度规划模型. 2)根据评价信息贴近度对可选方案进行排序的方法,是度量两个模糊集合的接近程度并结合 TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)理论的排序方法. 徐泽水^[7]提出了一种基于目标贴近度的多目标决策方法;刘中侠等^[8]提出了一种基于核与灰度的灰色综合贴近度的决策方法. 在赋权方法方面,主要分为主观赋权、客观赋权和混合赋权方法. 主观赋权方法的研究主要是通过扩展经典的 AHP 方法到模糊环境^[9-10]. 客观赋权方法的研究主要是在权重未知的情况下通过优化模型来确定属性权重,如刘小弟等^[11]通过建立均值、方差和属性关联度的优化模型来确定属性权重. 由于单一赋权方法只能反映主观或客观一个方面,可以通过将主观和客观赋权方法有效结合提出混合赋权方法:如肖利民等^[12]提出了广义方差线性综合赋权方法;冷亚军等^[13]通过对可变熵权重以及偏好权重进行集成,确定组合权重.

综上,在模糊多属性决策中,对于可选方案排序方法的现有研究,基于可能度相关理论或者贴近度相关理论对可选方案进行排序是比较有代表性的方法,并且这两种方案排序方法在各种类型的模糊多属性决策中均有广泛应用. 在模糊多属性决策问题中,属性权重的确定起着非常重要的作用. 因为属性权重越大表明相对越重要,权重的大小直接关系到最后排序的结果. 在实际的决策过程中,决策者可能不诚实地表达自己的意见来获得自己想得到的可选方案排名,即在决策问题中的策略操控问题. 策略操控这一概念已经在集结函数^[14-15]、一致性研究过程^[16-17]和大规模群决策^[18-19]中被提及,并有了一定程度的分析研究. Dong 等^[20]对于确定型多属性决策问题中的策略操控已有了较为深入的研究,对于确定型多属性决策问题中的可选方案排名范围作了定义,并提出了数学规划模型,还对策略权重操控问题提出了相应的数学规划模型.

已有的相关研究对进一步研究策略权重决策问题提供了有益的借鉴,但还存在一些问题: 1)已有的模糊多属性决策排序方法和赋权方法的相关研究中较少考虑到决策过程中决策者的不诚实性,而由于决策者的不诚实而导致的策略操控问题普遍存在,并直接影响最后的方案排名结果. 2)对于策略操控问题,已有研究提出的数学规划模型局限于确定数的多属性决策问题,不完全适用模糊多属性决策问题. 鉴

于此,本文针对策略权重操控现状,对基于确定数的操控模型进行拓展,以适应模糊多属性决策问题. 主要贡献在于: 1)提出模糊多属性决策的策略权重操控问题和排名范围概念,并基于可能度和贴近度的混合线性规划模型得出排名的可操控范围; 2)建立决策者策略权重向量最优模型,提出该模型的最适宜条件,将该最优模型进一步转变成混合 0-1 线性规划模型,得出了是否存在可行解(即此时可选方案是否能够被操纵)的前提条件; 3)通过案例和对比分析,提出抵御策略权重操控的方法,如采用 OWA (ordered weighted averaging)算子或降低决策信息的模糊性等.

1 排名范围与策略权重操控模型

1.1 问题描述与符号说明

设可选方案 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 预先设定的属性 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, 相关的属性权重向量 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$, 其中 $w_j \geq 0$ 且 $\sum_{j=1}^m w_j = 1$. 设 $V = [\tilde{v}_{ij}]_{n \times m}$ 是决策者给出的方案属性评价信息矩阵, $\tilde{v}_{ij}$ 是可选方案 $x_i \in X$ 关于属性 $a_j \in A$ 的偏好值, 显示了可选方案 x_i 对于属性 a_j 的评估价值, 其中 $\tilde{v}_{ij}$ 为模糊数.

当可选方案相关的属性权重向量为 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 时, 设 $r_w(x_k)$ 为可选方案 x_k 的排名. 当属性权重向量 $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 改变时, $r_w(x_k)$ 也会发生变化. 也就是说, 对于属性权重向量的操控可以导致可选方案排名顺序的改变, 这就是模糊多属性决策的策略操控问题. 下面定义本文中所用到的主要符号.

表 1 符号说明

符号	说明
X	可选方案
A	属性集
$V = [v_{ij}]_{n \times m}$	决策矩阵
$\bar{V} = [\bar{v}_{ij}]_{n \times m}$	标准化决策矩阵
W	属性权重向量集
$D(x_i)$	可选方案 x_i 的模糊评估值集
$r_w(x_k)$	基于属性权重 w 的可选方案 x_k 排名
$\underline{r}(x_k)$	可选方案 x_k 的最好排名
$\bar{r}(x_k)$	可选方案 x_k 的最差排名
$R(x_k) = [\underline{r}(x_k), \bar{r}(x_k)]$	可选方案 x_k 的排名范围
$R_{WA}(x_k) = [\underline{r}_{WA}(x_k), \bar{r}_{WA}(x_k)]$	基于 WA 算子的排名范围
$R_{OWA}(x_k) = [\underline{r}_{OWA}(x_k), \bar{r}_{OWA}(x_k)]$	基于 OWA 算子的排名范围
$C(x_k) = [\underline{c}(x_k), \bar{c}(x_k)]$	可选方案 x_k 的属性排名范围

1.2 可选方案排名范围模型的建立

1.2.1 排名范围模型^[20]

本文提出运用WA算子和OWA算子作为集结函数情况下关于可选方案 x_k 排名范围 $R(x_k) = [\underline{r}(x_k), \bar{r}(x_k)]$ 的定理,应用可能度和贴近度概念对属性评价信息进行处理,以适应模糊多属性决策问题.

定理1 根据区间数的可能度计算公式^[21]和三角模糊数的可能度计算公式^[22],且为了简化模型,设可选方案 x_i 的评估值集为 $\tilde{D}(x_i)$,并对可选方案最终评估值两两比较,计算得出可能度 $p(\tilde{D}(x_i) \geq \tilde{D}(x_k))$,其中 $k = 1, 2, \dots, n$ 且 $i = 1, 2, \dots, n$.得到改进模型如下,可通过其得出可选方案 x_k 的最优排名 $\underline{r}(x_k)$:

$$\underline{r}(x_k) = \min \sum_{i=1}^n y_i + 1; \quad (1)$$

$$\text{s.t. } p(\tilde{D}(x_i) \geq \tilde{D}(x_k)) > (y_i - 1)M + 0.5, \quad (2)$$

$$p(\tilde{D}(x_i) \geq \tilde{D}(x_k)) \leq y_i M + 0.5, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1, \quad (4)$$

$$0 \leq w_j \leq 1, \quad (5)$$

$$y_i = 1 \text{ or } 0. \quad (6)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$.

改变上述模型中的原目标函数为

$$\bar{r}(x_k) = \max \sum_{i=1}^n y_i + 1. \quad (7)$$

由此构成新模型,并得出可选方案 x_k 的最劣排名 $\bar{r}(x_k)$.

将上述两个基于区间数的排名范围模型记为P1.

定理2 根据区间数的贴近度计算公式^[15]和三角模糊数的贴近度^[8]计算公式,且为了简化模型,设可选方案的最终评估值为 $\tilde{D}(x_i)$,正最优方案为 $\tilde{p}^+$,负最优方案为 $\tilde{p}^-$,可选方案贴近度为 $c(x_i)$.因此,将模型P1中的可能度公式改为如下贴近度公式,得到对应的两个改进模型,即基于贴近度的排名范围模型,记作P2($i = 1, 2, \dots, n$):

$$c(x_i) > c(x_k) - (1 - y_i)M, \quad (8)$$

$$c(x_k) \leq c(x_i) + y_i M. \quad (9)$$

其中可选方案 x_k 的最优排名 $\underline{r}(x_k)$ 可以通过式(1)、(4)~(6)、(8)、(9)构成的新模型得出.可选方案 x_k 的最劣排名 $\bar{r}(x_k)$ 通过式(4)~(9)构成的新模型得出.

1.2.2 排名范围的命题

命题1 对于 $\forall x_k \in X, [\underline{c}(x_k), \bar{c}(x_k)] \subseteq [\underline{r}_{WA}(x_k), \bar{r}_{WA}(x_k)]$.

命题1说明,在WA算子作为集结函数时,可选方案的属性排名范围被包含于可选方案的排名范围中.

设 $Q_{I_k}(x_k) = \{\tilde{v}_{ij} > \tilde{v}_{kj}, j = 1, 2, \dots, m\}$ 为在所有可选方案中决策评估值优于可选方案 x_k 的可选方案集,且 $|Q_{I_k}(x_k)|$ 记为该可选方案集的个数;同样地,设 $\bar{Q}_{I_k}(x_k) = \{\tilde{v}_{ij} \leq \tilde{v}_{kj}, j = 1, 2, \dots, m\}$ 为在所有可选方案中决策评估值不优于可选方案 x_k 的可选方案集,且 $|\bar{Q}_{I_k}(x_k)|$ 记为该可选方案集的个数.因此,有如下命题.

命题2 1) $\underline{r}_{WA}(x_k) \in [|Q_{I_k}(x_k)| + 1, \underline{c}(x_k)]$;

2) $\bar{r}_{WA}(x_k) \in [\bar{c}(x_k), n - |\bar{Q}_{I_k}(x_k)|]$.

此处,排名均为正整数.

这个命题提供了在WA算子作为集结函数时,对于可选方案排名范围的一种估算方法.

1.3 策略权重操控模型的建立

在条件允许的情况下,假设决策者对于可选方案 $\{x_1, x_2, \dots, x_l\}$ 的期望排名为 $\{r^*(x_1), r^*(x_2), \dots, r^*(x_l)\}$.

定理3 设 F 为WA算子.在决策评价信息为区间数或三角模糊数的多属性决策问题中,基于可能度公式对可选方案进行排序.如果存在 $w^* = \{w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*\}$ 满足如下约束条件(其中: $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, l$):

$$p^*(\tilde{D}(x_i) \geq \tilde{D}(x_k)) > (y_{ik} - 1)M + 0.5, \quad (10)$$

$$p^*(\tilde{D}(x_i) \geq \tilde{D}(x_k)) \leq y_{ik} M + 0.5, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n y_{ik} + 1 = r^*(x_k), \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j^* = 1, \quad (13)$$

$$0 \leq w_j^* \leq 1, \quad (14)$$

$$y_{ik} = 1 \text{ or } 0. \quad (15)$$

则可以得到 $r_{w^*}(x_k) = r^*(x_k) (k = 1, 2, \dots, l)$.同样地,设 F 为OWA算子.在决策评价信息为区间数的多属性决策问题中($\bar{D}(x_i) = (\bar{v}_{i(1)}, \bar{v}_{i(2)}, \dots, \bar{v}_{i(j)}), i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$),如果存在 $w^* = \{w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*\}$ 满足约束条件,则同理有 $r_{w^*}(x_k) = r^*(x_k) (k = 1, 2, \dots, l)$.

定理4 设 F 为WA算子. 在决策评价信息为区间数或三角模糊数的多属性决策问题中, 基于如下贴近度公式对可选方案进行排序:

$$\sum_{j=1}^m w_j^* \bar{c}_{ij} > \sum_{j=1}^m (w_j^* \bar{c}_{ij} - (1 - y_{ik})M), \quad (16)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j^* \bar{c}_{ij} \leq \sum_{j=1}^m (w_j^* \bar{c}_{ij} + y_{ik}M). \quad (17)$$

其中: $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, l$. 如果存在 $w^* = \{w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*\}$ 满足由式(12)~(17)构成的约束条件, 则可以得到 $r_{w^*}(x_k) = r^*(x_k) (k = 1, 2, \dots, l)$.

同样地, 设 F 为OWA算子. 在决策评价信息为三角模糊数的多属性决策问题中 ($\bar{D}(x_i) = (\bar{v}_{i(1)}, \bar{v}_{i(2)}, \dots, \bar{v}_{i(j)}), i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$), 如果存在 $w^* = \{w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*\}$ 满足上述约束条件, 则同样可以得到 $r_{w^*}(x_k) = r^*(x_k) (k = 1, 2, \dots, l)$.

决策者尽可能地最小化策略权重向量和客观权重向量之间的差异时, 根据决策评价信息为区间数和三角模糊数的多属性决策问题的数学模型(式(10)~(17)), 可以得到如下定理.

定理5 设 $b_j = w_j - w_j^0, g_j = |w_j - w_j^0|, b_j$ 为策略权重向量与客观权重向量之间的差值, g_j 为策略权重向量与客观权重向量之间差值的绝对值. 在能够达到决策目的的条件下, 决策者会尽可能最小化权重向量与客观权重向量之间的差值. 为了得出由

$$\min \sum_{j=1}^m g_j \quad (18)$$

和 $r_{w^*}(x_k) = r^*(x_k) (k = 1, 2, \dots, l)$ 构成的决策者策略权重向量最优模型的最适宜条件, 将该最优模型具体地转变成混合0-1线性规划模型. 因为此处仅凭 $r_{w^*}(x_k) = r^*(x_k)$ 的相关公式, 无目标函数无法进行模型求解.

1) 在决策评价信息为区间数或三角模糊数的多属性决策问题中, 基于可能度公式对可选方案进行排序时, 由式(10)~(15)构成的模型可以被等价转换为由式(10)~(15)、(18)以及下式构成的混合0-1线性规划模型:

$$b_j = w_j - w_j^0, \quad (19)$$

$$b_j \leq g_j, \quad (20)$$

$$-b_j \geq g_j, \quad (21)$$

其中 $j = 1, 2, \dots, m$.

2) 在决策评价信息为区间数或三角模糊数的多

属性决策问题中, 基于贴近度公式对可选方案进行排序, 由式(12)~(17)构成的模型被等价转换为由式(12)~(21)构成的混合0-1线性规划模型.

3) 在上面所给出的两个混合0-1线性规划模型中, 若可选方案的最终决策评估值为基于有序加权平均算子集结得到的, 即 $\bar{D}(x_i) = (\bar{v}_{i(1)}, \bar{v}_{i(2)}, \dots, \bar{v}_{i(j)}) (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m)$, 则得到的是OWA算子作为集结函数时的混合0-1线性规划模型.

本文中, 基于可能度和贴近度公式的两个混合0-1线性规划模型, 对于WA算子作为集结函数时的权重确定模型统称为P3, 对于OWA算子作为集结函数时的权重确定模型统称为P4, 其中决策变量为 w_j 和 y_{ik} . 接下来, 对模型P3和P4存在的合适条件进行讨论.

命题3 如果存在 $\{r^*(x_1), r^*(x_2), \dots, r^*(x_l)\}$, $r^*(x_k) \in [\underline{r}^*(x_k), \bar{r}^*(x_k)], k = 1, 2, \dots, l$, 满足下列两个条件: 1) 对于 $\forall k \in (1, 2, \dots, l), r^*(x_k) \leq r_{w_0}(x_k)$; 2) 存在 $f \in \{1, 2, \dots, l\}$, 使 $r^*(x_f) \leq r_{w_0}(x_f)$. 那么, 模型P3和P4存在可行解.

命题3给出了当决策者可以通过操控策略权重向量来得到关于指定可选方案 $\{x_1, x_2, \dots, x_l\}$ 相对于初始排名更好的排名时, 模型P3和P4所需要满足的前提条件.

命题4 设对于 $\forall k \in \{1, 2, \dots, l\}$, 都有 $r^*(x_k) = \underline{r}(x_k)$. 那么, 在下面这两种情况下, 模型P3和P4不存在可行解:

1) 存在 $b > 1$ 满足 $b = |\{x_i | \underline{r}(x_i) = \underline{r}(x_k), i = 1, 2, \dots, l\}|$;

2) 存在 $h \in \{1, 2, \dots, l\}$ 满足 $\underline{r}(x_k) < \underline{r}(x_h) < \underline{r}(x_k) + b$.

命题4给出了使用WA算子或者OWA算子作为集结函数, 当决策者不能通过操控策略权重向量得到其期望的可选方案 $\{x_1, x_2, \dots, x_l\}$ 排名时, 模型P3和P4所需要满足的前提条件.

命题5 当 $l = 1$ 时, 可以得出:

1) 当且仅当 $\underline{r}_{WA}(x_k) \leq r^*(x_h) \leq \bar{r}_{WA}(x_k)$, 模型P3和P4存在适当的可行解;

2) 当且仅当 $\underline{r}_{OWA}(x_k) \leq r^*(x_k) \leq \bar{r}_{OWA}(x_k)$, 模型P3和P4存在适当的可行解.

命题5给出了当决策者希望操控策略权重去得到一个指定可选方案的期望排名时, 模型P3和P4所需要满足的前提条件.

2 实例分析与实验研究

2.1 实例分析

2.1.1 区间数型实例分析

某投资银行需要选择一家企业进行金融投资, 现在有12家企业 $\{x_1, x_2, \dots, x_{12}\}$ 可供其选择投资, 根据4个属性 $a_1 \sim a_4$ 进行评价. 具体属性如下: a_1 为投资收益和负税率, a_2 为投资净输出率, a_3 为国际收益率, a_4 为环境污染程度. 其中: a_1 、 a_2 、 a_3 是效益型属性, a_4 是成本型属性. 初始决策评价信息矩阵如表2所示.

表2 区间数初始决策评价信息表

	x_1	x_2	x_3	x_4
a_1	(1.1, 1.9)	(2.5, 3.0)	(1.8, 2.0)	(1.6, 2.1)
a_2	(1.9, 2.4)	(2.4, 2.8)	(1.9, 2.4)	(2.0, 2.6)
a_3	(1.8, 2.1)	(1.6, 2.1)	(1.7, 2.2)	(1.6, 2.4)
a_4	(5.4, 5.7)	(6.4, 6.6)	(4.9, 5.5)	(5.3, 5.7)
	x_5	x_6	x_7	x_8
a_1	(1.3, 2.5)	(2.1, 2.4)	(2.0, 2.4)	(1.5, 2.7)
a_2	(2.3, 2.5)	(1.5, 2.3)	(1.7, 2.1)	(2.0, 2.4)
a_3	(1.3, 1.9)	(2.1, 2.3)	(1.8, 2.3)	(1.9, 2.2)
a_4	(6.2, 6.5)	(5.1, 6.1)	(4.5, 4.7)	(4.8, 5.1)
	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
a_1	(1.5, 2.9)	(2.5, 3.0)	(1.5, 2.5)	(1.9, 2.2)
a_2	(1.7, 2.2)	(1.8, 2.0)	(1.9, 2.3)	(2.2, 2.4)
a_3	(2.0, 2.1)	(1.2, 2.1)	(1.8, 2.1)	(2.0, 2.5)
a_4	(5.3, 5.5)	(6.4, 7.0)	(5.4, 5.7)	(5.0, 5.9)

首先, 基于可能度公式对可选方案的排名范围进行计算. 对初始决策评价信息矩阵进行标准化处理, 得到标准化决策矩阵 $\bar{V} = [\bar{v}_{ij}]_{12 \times 4}$; 然后, 根据模型P1, 通过Matlab计算得出这12个可选方案的排名范围如图1所示.

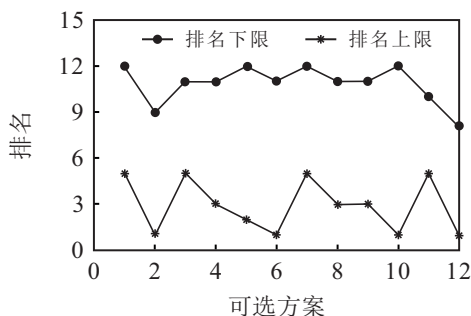


图1 区间数基于可能度的可选方案排名

基于贴近度计算公式对初始决策评价信息矩阵进行标准化处理, 得到标准化决策矩阵 $\bar{V} = [\bar{v}_{ij}]_{12 \times 4}$. 根据模型P2, 计算12个可选方案的排名范围如图2所示.

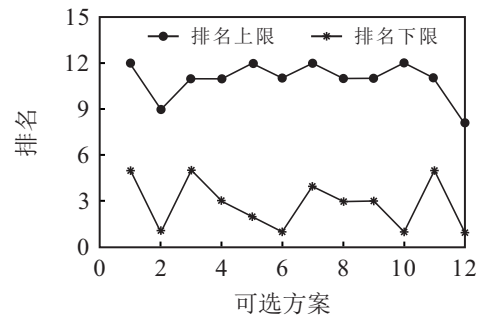


图2 区间数基于贴近度的可选方案排名

最后, 对策略权重操控进行分析. 假设该决策问题的初始权重向量为 w_0 , 相关的可选方案初始排名为 r_0 . 不妨设初始权重向量为 $w_0 = \{1/4, 1/4, 1/4, 1/4\}$, 当基于可能度公式对方案进行排序时, 计算出相应的可能度矩阵 P . 基于可能度与方案排序的关系, 得到可选方案初始排名 $r_0 = \{12, 1, 10, 7, 11, 4, 8, 3, 6, 5, 9, 2\}$.

当基于贴近度公式对方案进行排序时, 计算各方案贴近度, 分别为0.490、0.308、0.299、0.193、0.399、0.290、0.366、0.317、0.338、0.268、0.482. 基于贴近度越大对应方案越理想的准则, 得到可选方案初始排名 $r_0 = \{12, 1, 7, 8, 11, 3, 9, 4, 6, 5, 10, 2\}$.

对比分析图1和图2以及这两种情况下的方案初始排名, 发现可能度公式和贴近度公式应用于评价信息为区间数的方案进行排序时, 排名范围和初始排名几乎一致. 已有的区间多属性决策方法的研究也验证了这两种方法都具有良好的命题, 在进行排序时可任选其一^[8,21]. 本文在后文关于区间数的模型中都选择使用基于可能度的方案排序方法, 然后设置不同的想要操控的可选方案 x_l 和想得到的可选方案排名 r^* , 根据模型计算得出关于指定可选方案预定排名的策略权重操控向量 w^* .

1) 设 x_2 为指定的可选方案. 决策者对于可选方案 x_2 的预定排名为 $r^*(x_2) = 7$, 即决策者期望通过操控权重向量让可选方案 x_2 的最终排名降低到7. 根据模型P3进行运算得到能达到预定目的的策略权重向量 $w^* = (0.05, 0.04, 0.85, 0.06)$.

2) 设 x_7 和 x_8 为指定的可选方案集. 决策者对于可选方案集 x_7 和 x_8 的预定排名为 $r^* = (10, 7)$, 即决策者期望通过操控权重向量来改变可选方案集 $x_7 \sim$

x_9 的排名. 根据模型P3进行运算得到能达到预定目的的策略权重向量 $w^* = (0.662, 0.028, 0.160, 0.150)$.

3) 设 $x_4 \sim x_6$ 为指定的可选方案集. 决策者对于可选方案集 $x_4 \sim x_6$ 的预定排名为 $r^* = (7, 9, 10)$, 即决策者期望通过操控权重向量让可选方案集 $x_8, x_{13} \sim x_{15}$ 的排名降低. 根据模型P3进行运算去得到能达到预定目的的策略权重向量时, 模型P3没有可行解, 所以这种情况决策者不能通过操控权重向量达到预定的目的.

2.1.2 三角模糊数型实例分析

假设某公司要对部分管理人员进行选拔, 有8位候选人, 即可选方案 $\{x_1, x_2, \dots, x_8\}$, 公司针对4个方面进行打分评估, 即属性 $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$. 其中: a_1 为工作态度, a_2 为生活作风, a_3 为领导能力, a_4 为文化水平和知识结构.

对得到的初始决策评价信息进行标准化处理后, 得到标准化决策矩阵 $\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{8 \times 4}$. 基于可能度公式对可选方案的排名范围进行计算. 根据模型P1, 通过Matlab计算得出这8个可选方案的排名范围如图3所示. 然后根据贴近度公式进行计算. 根据模型P2, 通过Matlab计算得出这8个可选方案的排名范围如图4所示.

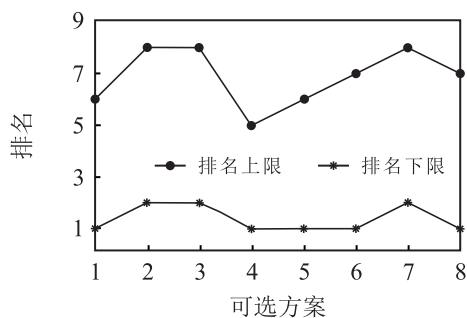


图3 三角模糊数基于可能度的可选方案排名范围

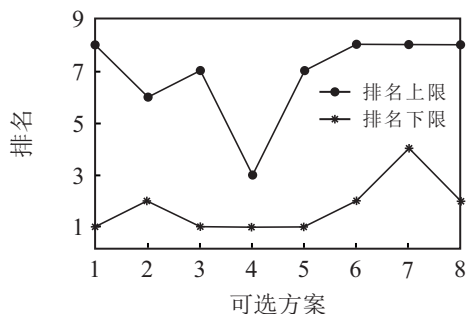


图4 三角模糊数基于贴近度的可选方案排名范围

最后, 对策略权重操控进行分析. 假设该决策问题的初始权重向量为 w_0 , 相关的可选方案初始排名为 r_0 . 初始权重向量为 $w_0 = (1/4, 1/4, 1/4, 1/4)$, 当基于可能度公式对方案进行排序时, 计算出可能度矩

阵 P .

基于可能度与方案排序的关系, 可得可选方案初始排名 $r_0 = (8, 5, 6, 1, 2, 4, 7, 3)$; 当基于贴近度公式对方案进行排序时, 计算出各方案贴近度, 分别为 0.728、0.559、0.278、1.000、0.459、0.442、0.436、0.438. 基于贴近度越大对应方案越理想的准则, 可得可选方案初始排名 $r_0 = (2, 3, 8, 1, 4, 5, 7, 6)$.

对比分析图3和图4以及这两种情况下的方案初始排名, 发现可能度公式和贴近度公式应用于评价信息为三角模糊数的方案进行排序时, 排名范围和初始排名几乎一致. 已有的三角模糊数多属性决策方法的研究也验证了这两种方法都具有良好的命题, 在进行排序时可任选其一^[9,22]. 本文在后文关于三角模糊数的模型中都选择使用基于贴近度的方案排序方法, 然后设置不同的想要操控的可选方案 x_l 和想得到的可选方案排名 r^* , 计算得出可选方案预定排名的策略权重操控向量 w^* .

1) 设 x_3 为指定的可选方案. 根据初始权重向量得到其初始排名为 $r_0(x_3) = 6$. 决策者对于可选方案 x_3 的预定排名为 $r^*(x_3) = 2$, 即决策者期望通过操控权重向量让可选方案 x_3 的最终排名上升到2. 根据模型P4进行运算, 得到能够达到预定目的的策略权重向量 $w^* = (0.0569, 0.2987, 0.1045, 0.5990)$.

2) 设 x_4 为指定的可选方案. 根据初始权重向量得到其初始排名为 $r_0(x_4) = 1$. 决策者对于可选方案 x_3 的预定排名为 $r^*(x_4) = 2$, 即决策者期望通过操控权重向量让可选方案 x_4 的最终排名降低到2. 根据模型P4进行运算得到能达到预定目的的策略权重向量 $w^* = (0.3368, 0.0037, 0.0919, 0.1183)$.

3) 设 x_3 和 x_4 为指定的可选方案集. 根据初始权重向量得到其初始排名为 $r_0 = (6, 1)$. 决策者对于可选方案集 x_3 和 x_4 的预定排名为 $r^* = (4, 3)$, 即决策者期望通过操控权重向量让可选方案集 x_3 和 x_4 的排名降低. 根据模型P4进行运算去得到能达到预定目的的策略权重向量时, 模型P4没有可行解, 所以这种情况决策者不能通过操控权重向量达到预定的目的.

2.2 模拟实验

通过模拟实验对WA算子和OWA算子抵御决策过程中策略权重操控问题的性能进行比较分析.

步骤1: 随机产生一个 $n \times m$ 的标准化决策矩阵 $\bar{V} = [\bar{v}_{ij}]_{n \times m}$, 其中 $\bar{v}_{ij} \in [0, 1]$. 根据模型P2和P3, 可选方案 x_i 的排名范围 $R_{WA}(x_k) = [r_{WA}(x_k),$

$\bar{r}_{WA}(x_k)$ 和 $R_{OWA}(x_k) = [\underline{r}_{OWA}(x_k), \bar{r}_{OWA}(x_k)]$ 可以分别被计算得到. 设 $WR_{WA}(x_i) = \bar{r}_{WA}(x_i) - \underline{r}_{WA}(x_i)$ 和 $WR_{OWA}(x_i) = \bar{r}_{OWA}(x_i) - \underline{r}_{OWA}(x_i)$ 分别为在WA算子和OWA算子下可选方案 x_k 排名范围的宽度.

步骤2: 设置不同的 n 和 m 时, 运行1000次步骤1, 分别计算出 $WR_{WA}(x_i)$ 和 $WR_{OWA}(x_i)$ 的平均值.

分别对于区间数型多属性决策和三角模糊数型多属性决策进行模拟. 图5和图6分别对应决策评价信息为区间数和三角模糊数时, 模拟实验得出的排名范围宽度 $WR_{WA}(x_i)$ 和 $WR_{OWA}(x_i)$ 的平均值.

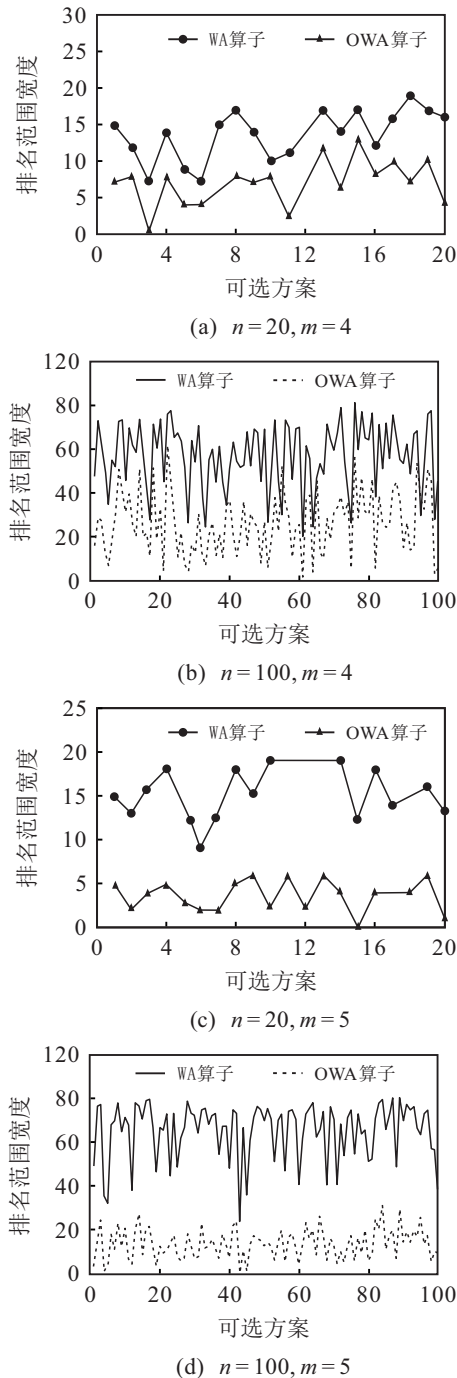


图5 区间数 $WR_{WA}(x_i)$ 和 $WR_{OWA}(x_i)$ 平均值

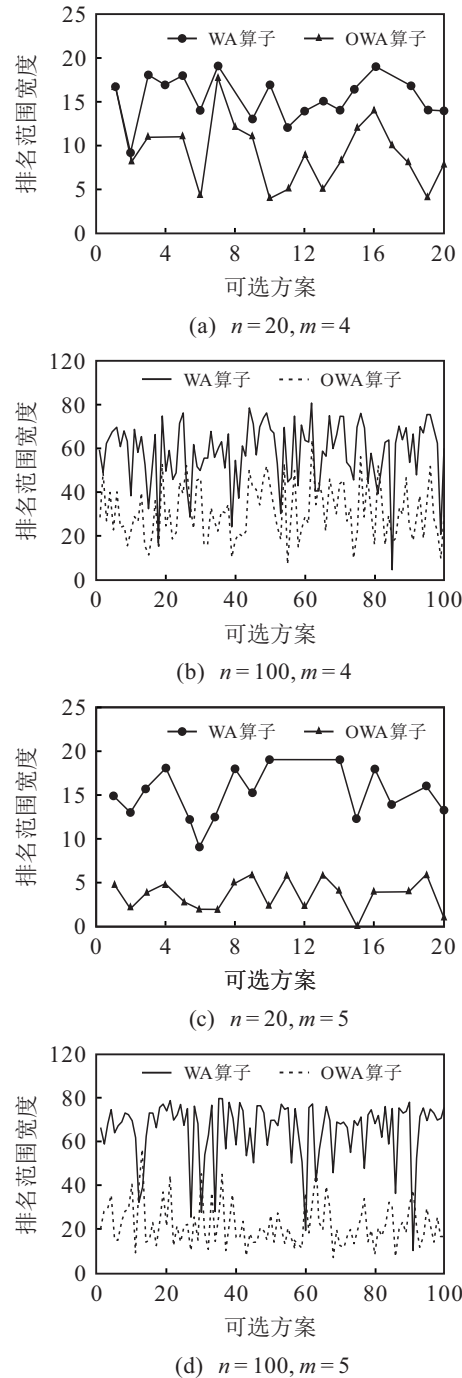


图6 三角模糊数 $WR_{WA}(x_i)$ 和 $WR_{OWA}(x_i)$ 平均值

图5和图6说明, 在决策评价信息为区间数和三角模糊数时, 都有当WA算子作为集结函数时可选方案排名范围的宽度远远大于OWA算子作为集结函数时可选方案排名范围的宽度. 上述模拟实验的结果说明, 决策评价信息为区间数和三角模糊数时, 当OWA算子作为集结函数时, 对策略权重操控的抵御能力要高于WA算子作为集结函数.

2.3 对比分析

根据2.1.1节可选方案的排名范围以及2.1.2节可选方案的排名范围可以说明, 基于可能度公式的方案排序方法和基于贴近度公式的方案排序方法都具

有良好的命题. 确定数评价信息是直接比较最终评价信息, 区间数评价信息和三角模糊数评价信息是分别根据可能度和贴适度比较可选方案优劣, 而可选方案平均排名范围和策略权重操控的模型基本没有改变, 这就保持了拓展到区间数和三角模糊数时原有确定数评价信息下模型的优越性和准确性.

通过模拟实验与已有文献^[14]对于确定型多属性决策的研究结果对比可以发现: 区间数型多属性决策和三角模糊数型多属性决策比确定型多属性决策的排名范围波动幅度大, 即人为进行策略操控的操作空间更大.

3 结论

本文对模糊多属性决策下的策略权重操控问题进行了研究. 在模糊多属性决策问题中关注决策者的策略权重问题具有现实管理意义: 如在人才选拔、选举等情况下, 决策者可以通过战略性地设置属性权重来获得自己想要的排名结果, 使得公平竞争只流于表象. 因此, 研究策略权重问题, 可以针对性地提出避免决策者操控行为的建议, 更好地实现决策的公平与公正. 本文研究了在模糊多属性决策中用策略属性权重来操控可选方案排名的问题.

研究结果表明: 将操控模型拓展到区间数和三角模糊数, 保持了原有确定数模型下可选方案排名模型的优越性和准确性; 模糊多属性决策问题相对于确定型多属性决策问题的人为进行策略操控的操作空间更大; 集结函数OWA算子比WA算子抵御模糊多属性决策中策略权重操控的性能更好. 只要满足策略权重操控模型存在可行解的条件, 排名结果就能被人为操控. 此时, 管理者需要关注权重向量不能仅凭一人制定, 而需要多方的商讨权衡. 模糊多属性决策中, 在集结函数的选择上, 当OWA算子和WA算子都适用时, 推荐使用OWA算子, 因为具有较好的抵御策略权重操控的性能. 区间数型多属性决策和三角模糊数型多属性决策比确定型多属性决策的排名范围波动幅度大, 即人为进行策略操控的操作空间更大, 因此需尽量地提供更加确定的信息, 这样能进一步减少潜在的人为操控.

未来可以考虑将方案排名范围和策略权重操控模型拓展到模糊多属性群决策(大群体决策)或评价信息不完全的决策问题中.

参考文献(References)

- [1] Ziemba P. Neat F-promethee — A new fuzzy multiple criteria decision making method based on the adjustment of mapping trapezoidal fuzzy numbers[J]. *Expert Systems with Applications*, 2018, 110: 363-380.
- [2] Liang D C, Xu Z S. The new extension of TOPSIS method for multiple criteria decision making with hesitant pythagorean fuzzy sets[J]. *Applied Soft Computing*, 2017, 60: 167-179.
- [3] Qin Q, Liang F Q, Li L, et al. A TODIM-based multi-criteria group decision making with triangular intuitionistic fuzzy numbers[J]. *Applied Soft Computing*, 2017, 55: 93-107.
- [4] 李光旭, 彭怡, 寇纲. 不确定幂加权几何平均算子的动态多目标决策[J]. *系统工程理论与实践*, 2015, 35(7): 1855-1862.
(Li G X, Peng Y, Kou G. Dynamic multiple criteria decision making method with uncertain power geometric weighted average operators[J]. *Systems Engineering—Theory and Practice*, 2015, 35(7): 1855-1862.)
- [5] 冯向前, 刘琦, 魏翠萍. 基于犹豫模糊二元语义的多属性决策方法[J]. *运筹与管理*, 2018(1): 17-22.
(Feng X Q, Liu Q, Wei C P. Hesitant fuzzy 2-tuple linguistic multiple attribute decision making method[J]. *Operations Research and Management Science*, 2018(1): 17-22.)
- [6] 黄智力, 罗键. 不确定多指标决策的可能度规划模型及其应用[J]. *控制与决策*, 2017, 32(1): 131-140.
(Huang Z L, Luo J. Possibility degree programming model for uncertain multi-attribute decision making and its application[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(1): 131-140.)
- [7] 徐泽水. 一种基于目标贴近度的多目标决策方法[J]. *系统工程理论与实践*, 2001, 21(9): 101-104.
(Xu Z S. A method based on objective similarity scale for multi-objective decision-making[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2001, 21(9): 101-104.)
- [8] 刘中侠, 刘思峰, 方志耕. 基于核与灰度的灰色综合关联贴适度决策模型[J]. *控制与决策*, 2017, 32(8): 1475-1480.
(Liu Z X, Liu S F, Fang Z G. Decision making model of grey comprehensive correlation and relative close degree based on kernel and greyness degree[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(8): 1475-1480.)
- [9] 兰继斌, 徐扬, 霍良安, 等. 模糊层次分析法权重研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2006, 26(9): 107-112.
(Lan J B, Xu Y, Huo L A, et al. Research on the priorities of fuzzy analytical hierarchy process[J]. *Systems Engineering—Theory and Practice*, 2006, 26(9): 107-112.)
- [10] 张振刚, 盛勇, 欧晨. 基于FAHP-CEEMDAN的指标权

- 重确定方法[J]. 统计与决策, 2019, 35(2): 81-85.
(Zhang Z G, Sheng Y, Ou C. The method of determining the weight of the index based on FAHP-CEEMDAN[J]. Statistics and Decision, 2019, 35(2): 81-85.)
- [11] 刘小弟, 朱建军, 张世涛, 等. 考虑属性权重优化的犹豫模糊多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2016, 31(2): 297-302.
(Liu X D, Zhu J J, Zhang S T, et al. Hesitant fuzzy multiple attribute decision making method based on optimization of attribute weights[J]. Control and Decision, 2016, 31(2): 297-302.)
- [12] 肖利民, 张庆捷, 赵瑾, 等. 基于广义方差的综合赋权方法研究[J]. 运筹与管理, 2008, 17(6): 71-74.
(Xiao L M, Zhang Q J, Zhao J, et al. The research of a synthetic weighting methods based on generalized variance[J]. Operations Research and Management Science, 2008, 17(6): 71-74.)
- [13] 冷亚军, 时浩. 基于混合权重和VIKOR的黑启动方案评估[J]. 运筹与管理, 2019, 28(3): 170-176.
(Leng Y J, Shi H. Assessment on black-start schemes based on combined weight and VIKOR[J]. Operations Research and Management Science, 2019, 28(3): 170-176.)
- [14] Yager R R. Defending against strategic manipulation in uninorm-based multi-agent decision making[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 141(1): 217-232.
- [15] Yager R R. Penalizing strategic preference manipulation in multi-agent decision making[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2001, 9(3): 393-403.
- [16] Dong Y C, Zhang H J, Herrera-Viedma E. Integrating experts' weights generated dynamically into the consensus reaching process and its applications in managing non-cooperative behaviors[J]. Decision Support Systems, 2016, 84: 1-15.
- [17] Gong Z W, Xu X X, Zhang H H, et al. The consensus models with interval preference opinions and their economic interpretation[J]. Omega, 2015, 55: 81-90.
- [18] Shi Z J, Palomares X, Guo S J, et al. A novel consensus model for multi-attribute large-scale group decision making based on comprehensive behavior classification and adaptive weight updating[J]. Knowledge-Based Systems, 2018, 158: 196-208.
- [19] Zhang H J, Dong Y C, Herrera-Viedma E. Consensus building for the heterogeneous large-scale GDM with the individual concerns and satisfactions[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2018, 26(2): 884-898.
- [20] Dong Y C, Liu Y T, Liang H M, et al. Strategic weight manipulation in multiple attribute decision making[J]. Omega, 2018, 75: 154-164.
- [21] 徐泽水, 孙在东. 一类不确定型多属性决策问题的排序方法[J]. 管理科学学报, 2002, 5(3): 35-39.
(Xu Z S, Sun Z D. Priority method for a kind of multi-attribute decision-making problems[J]. Journal of Management Sciences in China, 2002, 5(3): 35-39.)
- [22] 徐泽水. 一种FOWG算子及其在模糊AHP中的应用[J]. 系统工程与电子技术, 2002, 24(7): 23-28.
(Xu Z S. A fuzzy ordered weighted geometric operator and its application in fuzzy AHP[J]. Systems Engineering and Electronics, 2002, 24(7): 23-28.)

作者简介

赵萌(1981—), 女, 副教授, 博士, 从事决策理论与方法、大群体决策理论与方法等研究, E-mail: ningmeng5072008@163.com;

秦金磊(1997—), 女, 硕士生, 从事决策理论与方法、收益和定价管理的研究, E-mail: jinleiqin@163.com;

潘一如(1999—), 女, 本科生, 从事决策理论与方法的研究, E-mail: panyiru8012@163.com;

吴婉婷(1995—), 女, 硕士生, 从事创新管理的研究, E-mail: wwt53589792@163.com.

(责任编辑: 齐 霖)