

控制与决策

Control and Decision

基于犹豫度和相似度的专家权重确定方法及其应用

林原, 战仁军, 吴虎胜

引用本文:

林原, 战仁军, 吴虎胜. 基于犹豫度和相似度的专家权重确定方法及其应用[J]. *控制与决策*, 2021, 36(6): 1482–1488.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1382>

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>

基于策略权重的模糊多属性决策方法

Strategic weight manipulation in fuzzy multiple attribute decision making

控制与决策. 2021, 36(5): 1259–1267 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0542>

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>

基于犹豫度和相似度的专家权重确定方法及其应用

林原, 战仁军, 吴虎胜[†]

(武警工程大学 装备管理与保障学院, 西安 710086)

摘要: 针对属性评价值为语言变量、专家权重未知的供应商选择决策问题, 提出一种综合考虑评价犹豫度和相似度的专家权重确定方法. 首先, 根据专家评价的犹豫度差别改进语言变量转化标准, 将语言变量转换为更符合决策实际的直觉模糊数; 然后, 从评价信息的犹豫度和相似度两个方面集成专家权重, 得到集结后的综合评价矩阵; 最后, 运用逼近理想解排序法 (TOPSIS) 对供应商进行排序, 通过算例验证所提方法的可行性和有效性. 敏感性分析及对比分析结果表明, 决策者对专家评价确定性和一致性的不同偏好会影响最终的决策结果, 当专家因认知局限和个人偏好对属性评价的犹豫度存在差别时, 采用考虑犹豫度差别的语言变量转化方法能够降低评价信息不确定性对评价结果产生的不合理影响, 有利于提高评价结果的可信度.

关键词: 供应商选择; 专家权重; 直觉模糊数; 犹豫度; 相似度; TOPSIS 方法

中图分类号: C934

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2019.1382

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 林原, 战仁军, 吴虎胜. 基于犹豫度和相似度的专家权重确定方法及其应用 [J]. 控制与决策, 2021, 36(6): 1482-1488.

Expert weights determination method and application based on hesitancy degree and similarity measure

LIN Yuan, ZHAN Ren-jun, WU Hu-sheng[†]

(College of Equipment Management and Support, Engineering University of PAP, Xi'an 710086, China)

Abstract: To deal with the problem of supplier selection decision-making with attribute evaluation value as linguistic variables and unknown expert weights, this paper proposes an expert weight determination method that comprehensively considers the hesitancy degree and similarity of evaluation information. Firstly, the linguistic variable conversion standard is improved based on the difference in the hesitation degree of expert evaluation, and the linguistic variables are converted into intuitionistic fuzzy numbers that is more in line with the actual decision-making. Then, the expert weights are integrated from the hesitation degree and similarity of the evaluation information to obtain the aggregated synthesis evaluation matrix. Finally, the TOPSIS method is used to sort suppliers. The example verifies the feasibility and effectiveness of the proposed method. The results of sensitivity analysis and comparative analysis show that the different preference of a decision maker on the certainty and consistency of expert evaluation will affect the final decision-making result. When experts have different hesitations in attribute evaluation due to cognitive limitations and personal preferences, the linguistic variable conversion method taking into account the differences in hesitation can reduce the unreasonable impact of evaluation information uncertainty on evaluation results, which is helpful to improve the credibility of the evaluation result.

Keywords: supplier selection; expert weight; intuitionistic fuzzy number; hesitancy degree; similarity measure; TOPSIS

0 引言

供应商选择是采购决策中的一项重要内容, 为减少决策失误, 一般是由多领域专家根据产品质量、价格、服务等多个属性, 共同对潜在供应商进行评价和优选, 其实质是多属性群决策问题^[1]. 在群决策过程

中, 由于属性信息的模糊性以及专家受专业水平、实践经验和个人偏好等因素的限制, 专家给出的评价信息往往具有差异性和不确定性, 如果直接将其集结, 则可能会对最终评价产生不合理的影响, 降低评价结果的可信度. 因此, 合理确定专家权重显得尤为重要.

收稿日期: 2019-09-30; 修回日期: 2020-01-10.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61502534); 装备军内科研项目 (WJ20182A010010); 全军军事类研究生重点课题 (JY2018B408).

责任编辑: 唐万生.

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

关于专家权重的确定方法,人们进行了大量研究,既有基于专家权威的主观赋权法,也有基于数学推理的客观赋权法,还有将主客观权重集成的组合赋权法等. 文献[2]通过计算专家个体与群体决策结果的灰色关联度,分析个体与群体决策之间的相似度,求得各专家的客观权重;文献[3]利用专家在方案评价价值上的贴进度以及方案排序上的一致度计算专家权重,并基于均衡度得到专家的客观综合权重;文献[4]通过度量各专家判断矩阵与其相应的一致性矩阵的相似度或差异程度确定专家权重;文献[5]针对复杂多属性大群体决策问题,提出了最小方差法与熵权法相结合的专家权重确定方法. 上述文献大多根据专家个体评价与群体评价之间的一致性(或偏离度)确定专家权重,认为一致性越差,个体与群体意见的偏离程度越大,赋予个体的权重应越小. 也有学者持不同观点,文献[6]结合离差最大化思想,认为决策者综合属性值相比所有方案差异越小,该决策者的决策对方案排序所起的作用越小,应赋予较小权重;文献[7]认为,当专家个体与群体意见偏离程度较小时,权重不宜过大,需根据其评价信息量综合衡量客观权值,再结合偏离度调整权重. 此外,还有学者从专家判断的不确定性角度对专家权重进行研究,认为专家提供的信息越模糊越不确定,说明对该对象的了解程度越低,应赋予较小权重^[8]. 由于直觉模糊数可同时反映出隶属度、非隶属度和犹豫度3方面信息,比传统的模糊数在处理模糊性和不确定性等方面更具有灵活性和实用性^[9],研究中多将评价信息表示或转化为直觉模糊数来体现评价的不确定性^[10-11]. 文献[12]将属性值为区间数、语言变量、直觉模糊数的评价信息一致转化为直觉模糊数,根据属性值模糊度最小化原则确定权重;文献[13-14]通过定义直觉模糊熵计算专家判断信息的模糊程度,进而确定每位专家的权重;文献[15-16]认为决策者对评价的不确定程度可通过直觉模糊数中的犹豫度反映,提出了利用犹豫度确定专家权重的两种不同方法;文献[17]提出了一种仅依靠非犹豫度的精确加权算法,但这种算法的计算复杂度比较高.

本文认为,专家权重取决于专家个体评价信息在群决策中的可信任程度. 专家评价结果是否可信取决于专家评价信息的确定性,以及专家个体与群体评价之间的一致性两个方面. 分析上述文献可以发现,现有研究仍存在一些局限性:其一,目前单独研究专家评价一致性或不确定性的文献较多,将两者综合起来确定专家权重的研究较少;其二,许多研究为了便于

分析,将评价语言变量转换为标准化的直觉模糊数,但没有考虑到各专家对不同属性评价的犹豫度存在差别的情况,影响了评价结果的可信度. 以采购决策为例,评审专家来自不同领域,专业水平及对各属性的了解程度各不相同,做出评价的犹豫度也应不同,但采用统一转化标准时,不同专家给出相同语义信息会转化为统一的直觉模糊数,犹豫度没有区别,这显然与直觉不符. 为解决上述问题,本文针对属性评价值为语言变量、专家权重未知的供应商选择决策问题,提出一种综合考虑评价信息犹豫度和相似度的专家权重确定方法. 首先,根据专家评价的犹豫度差别改进语言变量转化标准,将语言变量转换为更符合决策实际的直觉模糊数;然后,从评价信息的犹豫度和相似度两个方面集成专家权重,得到集结后的综合评价矩阵;最后,运用 TOPSIS 方法对供应商进行排序,并通过算例验证所提出方法的合理性.

1 直觉模糊集相关知识

定义1^[18] 设 X 为非空论域,则 X 上的一个直觉模糊集为 $A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) | x \in X\}$. 其中: $\mu_A(x) : X \rightarrow [0, 1]$ 和 $\nu_A(x) : X \rightarrow [0, 1]$ 分别为元素 x 属于 A 的隶属度和非隶属度,满足 $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$. $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$ 为 A 中元素 x 的犹豫度,表示 x 属于 A 的不确定程度, $0 \leq \pi_A(x) \leq 1$. 非空论域上的直觉模糊集全体记作 $\text{IFS}(X)$,称 $a = (\mu_a, \nu_a, \pi_a)$ 为直觉模糊数 (IFN),满足 $\pi_a = 1 - \mu_a - \nu_a$, π_a 可省略,简写为 $a = (\mu_a, \nu_a)$,后文统一将 IFN 表示为简写形式.

定义2^[18] 设 $a_j = (\mu_{a_j}, \nu_{a_j}) (j = 1, 2, \dots, n)$ 是一组直觉模糊数 (IFNs),若

$$\begin{aligned} \text{IFWA}_\lambda(a_1, a_2, \dots, a_n) = \\ \lambda_1 a_1 \oplus \lambda_2 a_2 \oplus \dots \oplus \lambda_n a_n = \\ \left(1 - \prod_{j=1}^n (1 - \mu_{a_j})^{\lambda_j}, \prod_{j=1}^n \nu_{a_j}^{\lambda_j} \right), \end{aligned} \quad (1)$$

则称 IFWA 为直觉模糊加权平均算子. 其中: $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)^T$ 为 a_j 的权重向量, $\lambda_j \in [0, 1], \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

定义3^[19] 设 A 和 B 是两个属于 X 的直觉模糊集, $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$,则 A 与 B 的 Euclidean 距离定义为

$$d(A, B) = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [(\mu_A - \mu_B)^2 + (\nu_A - \nu_B)^2 + (\pi_A - \pi_B)^2]}. \quad (2)$$

A 与 B 的直觉模糊相似度可表示为

$$S(A, B) = 1 - d(A, B) =$$

$$1 - \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [(\mu_A - \mu_B)^2 + (\nu_A - \nu_B)^2 + (\pi_A - \pi_B)^2]} \quad (3)$$

2 供应商选择问题描述

在采购决策中, 供应商的选择是由技术、经济以及相关业务代表等各方专家组成的评审小组, 依据供应商资质、质量、价格、服务等众多因素, 共同对潜在供应商进行评价和优选. 设通过资格预审的潜在供应商集为 $A = \{A_i, i = 1, 2, \dots, n\}$, 其中 A_i 表示第 i 个潜在供应商; 评价属性集为 $C = \{C_j, j = 1, 2, \dots, m\}$, 其中 C_j 表示第 j 个评价属性, 令 ω_j 为属性 C_j 的权重, 满足 $\omega_j \in [0, 1]$, 且 $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$; 专家群体集为 $D = \{D_s, s = 1, 2, \dots, k\}$, 其中 D_s 表示第 s 个专家, 令 λ_s 为专家的权重, 满足 $\lambda_s \in [0, 1]$, 且 $\sum_{s=1}^k \lambda_s = 1$; 专家 D_s 做出的评价矩阵为 $V_s = [a_{ij}^s]_{n \times m}$, 其中 a_{ij}^s 表示专家 D_s 对供应商 A_i 在属性 C_j 上的评价. 评价用语言变量表示, 设定语言评价集 $L = \{L_a, a = 1, 2, \dots, r\}$, r 为粒度, 将语言变量统一转化为直觉模糊数, 转化后的直觉模糊评价矩阵可表示为

$$V_s = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} (\mu_{11}^s, \nu_{11}^s) & (\mu_{12}^s, \nu_{12}^s) & \dots & (\mu_{1m}^s, \nu_{1m}^s) \\ (\mu_{21}^s, \nu_{21}^s) & (\mu_{22}^s, \nu_{22}^s) & \dots & (\mu_{2m}^s, \nu_{2m}^s) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu_{n1}^s, \nu_{n1}^s) & (\mu_{n2}^s, \nu_{n2}^s) & \dots & (\mu_{nm}^s, \nu_{nm}^s) \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

3 语言变量与IFNs间的转换

语言变量是指决策者用简单熟悉的语言术语对属性进行定性判断, 这种评价方式更符合决策者的表达习惯, 能够反映出决策者的主观意愿^[1]. 语言变量一般采用转化的方式进行量化, 鉴于直觉模糊数处理不确定问题的优越性, 并且它其中包含的犹豫度也更适合于定性的语言信息^[9], 许多研究参照文献^[20]的方法将语言变量转化为统一的直觉模糊数, 转化标准详见表1.

表1 语义信息与IFNs转化(常规方法)

语义信息	标记	IFNs
极好/极高	EG/EH	(0.95, 0.05)
非常好/非常高	VG/VH	(0.85, 0.10)
好/高	G/H	(0.75, 0.15)
偏好/偏高	MG/MH	(0.65, 0.25)
一般/中等	F/M	(0.50, 0.40)
偏差/偏低	MP/ML	(0.35, 0.55)
差/低	P/L	(0.25, 0.65)
非常差/非常低	VP/VL	(0.15, 0.80)
极差/极低	EP/EL	(0.05, 0.95)

按照表1的转化方法, 各专家只要给出相同的语义信息就会转化为相同犹豫度的直觉模糊数, 这与实际存在出入, 因为属性信息本身的模糊性以及专家们的专业背景和对属性的认知差异都会影响专家判断的犹豫度.

考虑到不同决策者对各属性评价的犹豫度差别, 文献^[21]给出了一种新的转化关系, 将犹豫度分为“非常弱”“弱”“一般”“强”“非常强”5个等级. 鉴于评审专家大多有着比较丰富的经验, 本文将专家犹豫度分为“很小”“小”“一般”3个等级. 为方便与表1对比, 同时符合现有评价实际, 不妨令语义评价粒度 $r = 5$, 用 $\pi = 0.1, 0.2, 0.3$ 依次表示犹豫度的3个等级, 得到供应商的评价语义信息和对应IFNs形式如表2所示. 当 $\pi = 0.1$ 时, 表2和表1语义信息与IFNs的转化关系完全相同.

表2 语义信息与IFNs转化(本文方法)

语义信息	标记	IFNs
好	G	(0.8-0.5×π, 0.2-0.5×π)
较好	MG	(0.7-0.5×π, 0.3-0.5×π)
一般	M	(0.55-0.5×π, 0.45-0.5×π)
较差	MP	(0.4-0.5×π, 0.6-0.5×π)
差	P	(0.3-0.5×π, 0.7-0.5×π)

4 专家权重确定方法

4.1 基于评价犹豫度的专家权重

专家评价信息的犹豫度反映了专家对方案评价的不确定程度^[15], 专家 D_s 评价结果的整体犹豫度 π_s 满足

$$\pi_s = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \pi_{ij}^s \quad (4)$$

犹豫度 π_s 越大, 说明专家评价的不确定程度越大, 评价结果的可信任度越小, 由此得到专家 D_s 的客观权重 λ_s^1 , 有

$$\lambda_s^1 = \frac{1}{\sum_{s=1}^k \frac{1}{\pi_s}} \quad (5)$$

4.2 基于评价相似度的专家权重

专家受专业及认知水平局限, 做出的评价往往不尽相同. 为避免个人因素对评价结果造成不合理的影响, 可通过度量专家直觉模糊评价值的相似度反映专家个体与群体评价信息的一致性, 相似度越大, 说明专家个体与群体评价的一致性越强, 赋予的权重也应越大.

为度量两个专家之间的直觉模糊相似度, 首先将专家 D_s 的评价矩阵 V_s 转化为评价向量 \tilde{V}_s , 则 $\tilde{V}_s = [(\tilde{\mu}_1^s, \tilde{\nu}_1^s), (\tilde{\mu}_2^s, \tilde{\nu}_2^s), \dots, (\tilde{\mu}_n^s, \tilde{\nu}_n^s)]$, 根据式(1)有

$$\tilde{\mu}_i^s = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \tilde{\mu}_{ij}^s)^{\omega_j}, \quad (6)$$

$$\tilde{\nu}_i^s = \prod_{j=1}^n \tilde{\nu}_{ij}^{s\omega_j}. \quad (7)$$

其中: ω_j 为属性 C_j 的权重, $(\tilde{\mu}_i^s, \tilde{\nu}_i^s)$ 为专家 D_s 对 A_i 的直觉模糊评价值. 则专家群的直觉模糊评价矩阵表示为

$$\tilde{V} = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_k \end{matrix} & \begin{bmatrix} (\tilde{\mu}_1^1, \tilde{\nu}_1^1) & (\tilde{\mu}_2^1, \tilde{\nu}_2^1) & \dots & (\tilde{\mu}_n^1, \tilde{\nu}_n^1) \\ (\tilde{\mu}_1^2, \tilde{\nu}_1^2) & (\tilde{\mu}_2^2, \tilde{\nu}_2^2) & \dots & (\tilde{\mu}_n^2, \tilde{\nu}_n^2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\tilde{\mu}_1^k, \tilde{\nu}_1^k) & (\tilde{\mu}_2^k, \tilde{\nu}_2^k) & \dots & (\tilde{\mu}_n^k, \tilde{\nu}_n^k) \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

令任意两个专家 D_p 和 D_l 的直觉模糊评价向量分别为 \tilde{V}_p 和 \tilde{V}_l , 根据定义3, 两者之间的直觉模糊相似度为

$$S_{pl} = S(\tilde{V}_p, \tilde{V}_l) = 1 - \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n [(\tilde{\mu}_i^p - \tilde{\mu}_i^l)^2 + (\tilde{\nu}_i^p - \tilde{\nu}_i^l)^2 + (\tilde{\pi}_i^p - \tilde{\pi}_i^l)^2]}. \quad (8)$$

由此得到专家之间的相似矩阵为

$$S = [S_{pl}]_{k \times k} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1k} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2k} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{k1} & S_{k2} & \dots & S_{kk} \end{bmatrix}.$$

其中: $S_{pl} = S_{lp}$, 当 $p = l$ 时, $S_{pl} = 1$. 用 R_s 表示专家 D_s 的评价结果与其他专家群体评价的相似度之和, 有

$$R_s = \sum_{p=1}^k S_{sp} - 1. \quad (9)$$

R_s 越小, 表明专家个体与群体评价的一致性越差, 该专家赋予的权重应越小, 得到专家 D_s 的客观权重 λ_s^2 , 即

$$\lambda_s^2 = \frac{R_s}{\sum_{s=1}^k R_s}. \quad (10)$$

4.3 专家权重的调整

在分别得到基于评价犹豫度和评价相似度的专家权重后, 采用线性加权得到专家的综合权重值 λ_s , 有

$$\lambda_s = \varepsilon \lambda_s^1 + (1 - \varepsilon) \lambda_s^2, \quad s = 1, 2, \dots, k, \quad (11)$$

其中参数 $\varepsilon \in [0, 1]$ 反映了决策者的主观偏好. 当 $\varepsilon > 0.5$ 时, 表明决策者更重视专家评价信息的确定性程

度; 当 $\varepsilon < 0.5$ 时, 表明决策者更重视专家评价信息的一致性程度.

5 基于TOPSIS的供应商选择决策模型

逼近理想解排序法 (technique for order preference by similarity to an ideal solution, TOPSIS) 是根据有限个评价对象与理想化目标的接近程度对被评对象进行排序的一种方法, 该方法具有多目标、多方案的特点, 决策者可根据不同标准选择更满意的方案^[22]. 在采购决策中, 评价指标多为定性描述, 定量化程度较低, 适合采用 TOPSIS 方法根据不同评价标准对各方案进行排序.

本文从潜在供应商原始语义评价信息出发, 将专家评价信息与专家权重集结得到各潜在供应商的综合评价信息, 采用 TOPSIS 方法对供应商进行排序择优, 并对专家权重参数进行敏感性分析, 具体决策过程如图1所示.

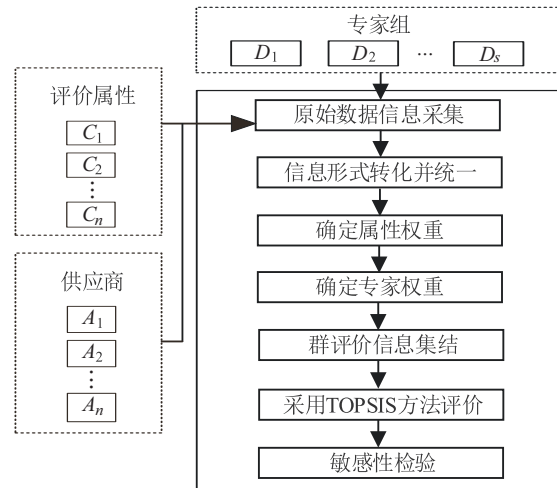


图1 供应商选择决策过程

step 1: 建立专家直觉模糊评价矩阵 V_s . 专家根据属性信息做出语义评价并确定评价的犹豫度等级, 根据转化标准 (见表2) 将专家语义评价信息转化为有犹豫度差异的直觉模糊数, 建立专家直觉模糊评价矩阵 V_s .

step 2: 确定属性权重 ω_j . 采购决策中属性权重一般采取德尔菲法 (Delphi) 和层次分析法 (AHP) 等方法确定, 且一旦确定不宜更改, 避免因决策标准不一致导致决策结果无可比性^[6].

step 3: 确定专家权重 λ_s . 根据式 (4)~(10) 分别求出基于评价犹豫度的专家权重 λ_s^1 和基于评价相似度的专家权重 λ_s^2 , 并利用式 (11) 集成专家的综合权重 λ_s .

step 4: 形成供应商综合评价矩阵 V . 利用式 (1) 将各专家的评价矩阵 V_s 与专家权重 λ_s 集结, 得到各潜在供应商的综合评价矩阵 V .

step 5: 采用TOPSIS方法对潜在供应商进行排序择优^[9]. 根据各潜在供应商的综合评价矩阵 V 确定直觉模糊正理想解 A^+ 和负理想解 A^- . 令潜在供应商 $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 在评价属性 $C_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 下的评价值为直觉模糊数 $a_{ij} = (\mu_{a_{ij}}, \nu_{a_{ij}})$, 则 $A^+ = [a_1^+, a_2^+, \dots, a_m^+]^T, A^- = [a_1^-, a_2^-, \dots, a_m^-]^T$. 当 C_j 为效益型属性时, 有

$$a_j^+ = \max_j a_{ij}, a_j^- = \min_j a_{ij}. \quad (12)$$

当 C_j 为成本型属性时, 有

$$a_j^+ = \min_j a_{ij}, a_j^- = \max_j a_{ij}. \quad (13)$$

利用式(2)计算潜在供应商的综合评价集到正理想解 A^+ 和负理想解 A^- 的Euclidean距离 d_i^+ 和 d_i^- ,

并计算综合评价指数 c_i , 按综合评价指数 c_i 的大小选优, 有

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}. \quad (14)$$

6 案例分析

以某部队采购一批通用装备为例, 经过资格预审, 确定4家潜在供应商(A_1, A_2, A_3, A_4), 由于篇幅关系, 从技术、经济和业务领域各选择1名专家代表共3人(D_1, D_2, D_3)进行评价和选优, 评价指标包括企业信誉(C_1)、产品质量(C_2)、服务水平(C_3)、价格适宜性(C_4)4个方面. 专家进行评价时, 根据自身专业水平和供应商提供的信息情况确定评价犹豫等级, 得到各专家对各供应商的原始语义评价信息, 如表3所示.

表3 专家组对各供应商属性的原始语义评价

属性	D_1				D_2				D_3			
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1	A_2	A_3	A_4
C_1	MG ¹	G ¹	G ¹	G ¹	G ¹	G ¹	G ¹	MG ¹	MG ¹	G ¹	G ¹	G ¹
C_2	MG ¹	G ¹	G ¹	G ¹	MG ²	G ²	MG ²	G ²	MG ³	G ³	MG ³	G ³
C_3	F ²	MG ²	MG ²	MG ²	MG ²	G ²	F ²	MG ²	F ²	MG ²	MG ²	G ²
C_4	G ³	MG ³	G ³	G ³	MG ¹	G ¹	MG ¹	G ¹	G ²	G ²	MG ²	G ²

在表3中: 上标1代表犹豫度为“很小”, 上标2代表犹豫度为“小”, 上标3代表犹豫度为“一般”.

6.1 评价方案排序

利用本文的决策方法对上述潜在供应商进行排序, 具体步骤如下.

step 1: 根据表2将各专家的语义信息转化为有犹豫度差异的直觉模糊数, 得到专家 D_s 的直觉模糊评价矩阵 V_s , 如表4所示.

step 2: 采用AHP法确定各属性的权重为 $\pi = (\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4) = (0.2, 0.25, 0.25, 0.3)$.

表4 专家组对各供应商属性的模糊数评价

属性	D_1				D_2				D_3			
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1	A_2	A_3	A_4	A_1	A_2	A_3	A_4
C_1	(0.65, 0.25)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.65, 0.25)	(0.65, 0.25)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)
C_2	(0.65, 0.25)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.75, 0.15)	(0.6, 0.2)	(0.7, 0.1)	(0.6, 0.2)	(0.7, 0.1)	(0.55, 0.15)	(0.65, 0.25)	(0.55, 0.15)	(0.65, 0.25)
C_3	(0.45, 0.35)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.7, 0.1)	(0.45, 0.35)	(0.6, 0.2)	(0.45, 0.35)	(0.6, 0.2)	(0.6, 0.2)	(0.7, 0.1)
C_4	(0.65, 0.05)	(0.55, 0.15)	(0.65, 0.05)	(0.65, 0.05)	(0.65, 0.25)	(0.75, 0.15)	(0.65, 0.25)	(0.75, 0.15)	(0.7, 0.1)	(0.7, 0.1)	(0.6, 0.2)	(0.7, 0.1)

step 3: 确定专家权重. 首先根据各专家评价犹豫等级, 利用式(4)和(5)计算出基于评价犹豫度的专家权重分别为 $\lambda_1^1 = 0.329, \lambda_2^1 = 0.384, \lambda_3^1 = 0.287$. 然后, 利用式(6)和(7)将各专家的评价矩阵 V_s 转化为评价向量 \tilde{V}_s , 得到专家群的直觉模糊评价矩阵

$$\tilde{V} = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 \\ \begin{matrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} (0.61, 0.17) & (0.67, 0.16) & (0.69, 0.12) & (0.69, 0.12) \\ (0.65, 0.20) & (0.73, 0.12) & (0.62, 0.23) & (0.69, 0.16) \\ (0.60, 0.18) & (0.68, 0.16) & (0.63, 0.18) & (0.70, 0.14) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

利用式(8)~(10)计算出基于评价相似度的专家权重分别为 $\lambda_1^2 = 0.333, \lambda_2^2 = 0.330, \lambda_3^2 = 0.337$. 最后, 利用式(11)计算出专家的综合权重. 令 $\varepsilon = 0.5$, 得到各专家综合权重向量为 $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3) = (0.331,$

$0.357, 0.312)$.

step 4: 利用式(1)将各专家的评价矩阵与专家综合权重集结, 得到各潜在供应商的综合评价矩阵

$$V = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} (0.69, 0.21) & (0.75, 0.15) & (0.75, 0.15) & (0.72, 0.18) \\ (0.60, 0.20) & (0.70, 0.15) & (0.65, 0.17) & (0.70, 0.15) \\ (0.51, 0.29) & (0.64, 0.16) & (0.55, 0.24) & (0.63, 0.16) \\ (0.67, 0.11) & (0.68, 0.13) & (0.64, 0.14) & (0.70, 0.09) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

step 5: 采用TOPSIS方法对供应商排序择优. 由于本例中的评价属性均为效益型, 根据综合评价矩阵 V 和式(12)构建正理想解 A^+ 和负理想解 A^- , 即

$$A^+ = [(0.75, 0.15), (0.70, 0.15), (0.64, 0.16), (0.70, 0.09)]^T,$$

$$A^- = [(0.69, 0.21), (0.60, 0.20), (0.51, 0.29), (0.64, 0.14)]^T.$$

由式(2)、(14)计算出各供应商评价到正理想解 A^+ 和负理想解 A^- 的距离及综合评价指数 c_i , 即

$$d_i^+ = (0.0856, 0.0175, 0.0596, 0.0157),$$

$$d_i^- = (0.0146, 0.0865, 0.0411, 0.0833),$$

$$c_i = (0.1457, 0.8317, 0.4081, 0.8414).$$

按照 c_i 值越大评价越优的原则, 得到各潜在供应商的优先序为 $A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1$.

6.2 敏感性分析

为检验本文所提出方法对决策结果的影响, 对专家权重参数 ε 进行敏感性分析. 通过改变参数 ε 的取值, 采用 TOPSIS 方法计算各潜在供应商的综合评价指数 c_i , 分析供应商优先序的变化情况. 以 0.1 为间隔, 依次取 $\varepsilon = 0, 0.1, \dots, 1$, 共进行 11 次实验, 得到如图 2 所示的敏感性分析结果.

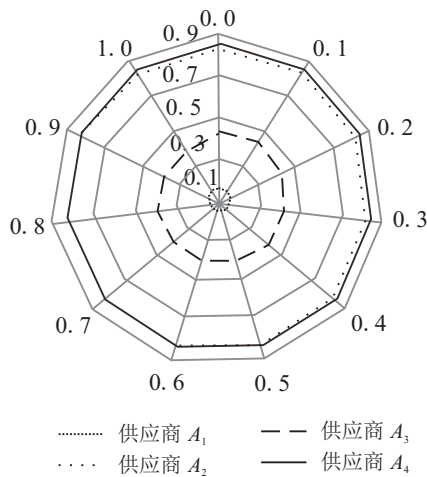


图 2 参数 ε 的敏感性分析结果

由图 2 可知, 供应商 A_1 、 A_3 在 11 次实验中 c_i 值均为最小和次小, 说明 ε 的取值变化不影响 A_1 、 A_3 的排序. 当 $\varepsilon \geq 0.8$ 时, A_2 排序第 1; 当 $\varepsilon \leq 0.7$ 时, A_4 排序第 1. 由此可见 ε 的取值会影响最终决策结果. 由于参数 $\varepsilon \in [0, 1]$ 反映了决策者的主观偏好, 当决策者更重视各专家评价的确定性程度时, 应从 A_2 处采购, 当决策者更重视专家评价的一致性程度时, 应从 A_4 处采购.

6.3 对比分析

采用常规转化方法(表 1)与本文转化方法(表 2)得到的决策结果进行对比. 各专家的原始语义评价信息(见表 3)按照表 1 转化为统一的直觉模糊数, 得到 3 名专家的整体犹豫度相同, 即 $\lambda_1^1 = \lambda_2^1 = \lambda_3^1 = 1/3$. 利用式(6)~(10)计算出基于评价相似度的各专家权重分别为 $\lambda_1^2 = 0.3337, \lambda_2^2 = 0.3306, \lambda_3^2 = 0.3357$. 以 0.1 为间隔, 依次取 $\varepsilon = 0.1, 0.2, \dots, 1$, 得到

各潜在供应商的优先序均为 $A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1$, 说明当不考虑各专家评价犹豫度差别时, 得到的决策结果唯一, 即从 A_4 处采购.

对比两种转化方法可知, 专家犹豫度差别会对最终的决策结果产生影响. 当专家犹豫度较大时, 说明该专家对属性评价的不确定性较大, 其权重应该减少, 而采用表 1 的转化方法则无法反映出各专家的不确定性差别, 使评价结果的可信度降低. 由此验证了本文提出的转化方法求出的专家权重更符合决策实际需求.

为说明语义信息转化为 IFNs 是否会对决策结果产生影响, 采用文献[23]的语言型群组决策方法对本例进行验证, 得到的排序结果为 $A_4 \succ A_2 \succ A_3 \succ A_1$, 与表 1 转化方法得到的排序结果一致, 说明将语义信息转化为 IFNs 不会影响决策结果. 但文献[23]的方法同样没有考虑专家语义评价的不确定性差别.

7 结论

本文针对属性评价值为语言变量、专家权重未知的供应商选择决策问题, 提出了一种综合考虑评价信息犹豫度和相似度的专家权重确定方法. 专家权重参数 ε 的敏感分析结果表明, 决策者对专家评价确定性和一致性的不同偏好会影响最终的决策结果. 当评价对象信息比较模糊, 或专家由于主观因素对属性评价犹豫度存在差别时, 采用本文的转化方法能够降低评价信息不确定性对评价结果产生的不合理影响, 具有较大的实际意义和应用价值.

参考文献(References)

[1] 袁宇, 关涛, 闫相斌, 等. 基于混合 VIKOR 方法的供应商选择决策模型[J]. 控制与决策, 2014, 29(3): 551-560.
(Yuan Y, Guan T, Yan X B, et al. Based on hybrid VIKOR method decision making model for supplier selection[J]. Control and Decision, 2014, 29(3): 551-560.)

[2] 周延年, 朱怡安. 基于灰色系统理论的多属性群决策专家权重的调整算法[J]. 控制与决策, 2012, 27(7): 1113-1116.
(Zhou Y N, Zhu Y A. Algorithm for adjusting weights of decision-makers in multi-attribute group decision-making based on grey system theory[J]. Control and Decision, 2012, 27(7): 1113-1116.)

[3] 庞继芳, 宋鹏. 专家权重完全未知的区间直觉不确定语言多属性群决策方法[J]. 计算机科学, 2018, 45(1): 47-54.
(Pang J F, Song P. Multi-attribute group decision making method for interval-valued intuitionistic uncertain language with completely unknown experts' weights[J]. Computer Science, 2018, 45(1): 47-54.)

[4] 李艳玲, 吴建伟, 朱焯行. 基于判断矩阵一致性程度的专家权重确定方法[J]. 计算机与现代化, 2017, 33(6): 20-24.

- (Li Y L, Wu J W, Zhu Y H. A method for determining expert's weight based on consistency of judgment matrix[J]. Computer and Modernization, 2017, 33(6): 20-24.)
- [5] Liu B S, Shen Y H, Chen Y, et al. A two-layer weight determination method for complex multi-attribute large-group decision-making experts in a linguistic environment[J]. Information Fusion, 2015, 23: 156-165.
- [6] 马永红, 周荣喜, 李振光. 基于离差最大化的决策者权重的确定方法[J]. 北京化工大学学报, 2007, 34(2): 177-180.
(Ma Y H, Zhou R X, Li Z G. The method of determining the weights of decision-makers based on the maximizing deviation[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology, 2007, 34(2): 177-180.)
- [7] 万俊, 邢焕革, 张晓晖. 基于熵理论的多属性群决策专家权重的调整算法[J]. 控制与决策, 2010, 25(6): 907-910.
(Wan J, Xing H G, Zhang X H. Algorithm of adjusting weights of decision-makers in multi-attribute group decision-making based on entropy theory[J]. Control and Decision, 2010, 25(6): 907-910.)
- [8] 朱亚辉. 决策信息为区间二元语义的双向专家权重确定方法[J]. 计算技术与自动化, 2018, 37(3): 106-110.
(Zhu Y H. Determination of bidirectional objective weight of expert based on interval two-tuple linguistic group decision making[J]. Computing Technology and Automation, 2018, 37(3): 106-110.)
- [9] 梁昌勇, 戚筱雯, 丁勇, 等. 一种基于TOPSIS的混合型多属性群决策方法[J]. 中国管理科学, 2012, 20(4): 109-117.
(Liang C Y, Qi X W, Ding Y, et al. A hybrid multi-criteria group decision making with TOPSIS method[J]. Chinese Journal of Management Science, 2012, 20(4): 109-117.)
- [10] 马万元, 耿秀丽. 考虑不完全权重信息的直觉模糊VIKOR方法研究[J]. 计算机应用研究, 2018, 35(4): 1066-1071.
(Ma W Y, Geng X L. Intuitionistic VIKOR method considering incomplete weights[J]. Application Research of Computers, 2018, 35(4): 1066-1071.)
- [11] Chen Z, Yang W. A new multiple attribute group decision making method in intuitionistic fuzzy setting[J]. Applied Mathematical Modeling, 2011, 35(9): 4424-4437.
- [12] 赵萌, 任嵘嵘, 李刚. 基于模糊熵-熵权法的混合多属性决策方法[J]. 运筹与管理, 2013, 22(6): 78-83.
(Zhao M, Ren R R, Li G. Method based on fuzzy entropy-entropy weight for hybrid multi-attribute decision making[J]. Operational Research and Management Science, 2013, 22(6): 78-83.)
- [13] 张冰, 董晓雄, 李文, 等. 基于直觉模糊熵的群组聚类决策方法[J]. 计算机工程与科学, 2019, 41(4): 692-698.
(Zhang B, Dong X X, Li W, et al. A group decision-making method based on intuitionistic fuzzy entropy[J]. Computer Engineering and Science, 2019, 41(4): 692-698.)
- [14] 赵萌, 任嵘嵘. 基于模糊熵的直觉模糊多属性群决策方法[J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(23): 153-159.
(Zhao M, Ren R R. Method based on fuzzy entropy with intuitionistic fuzzy set for group multi-attribute decision making[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2014, 44(23): 153-159.)
- [15] 梁昌勇, 张恩桥, 戚筱雯, 等. 一种评价信息不完全的混合型多属性群决策方法[J]. 中国管理科学, 2009, 17(4): 126-132.
(Liang C Y, Zhang E Q, Qi X W, et al. A method of multi-attribute group decision making with incomplete hybrid assessment information[J]. Chinese Journal of Management Science, 2009, 17(4): 126-132.)
- [16] 陈之宁, 周存宝, 李敏. 基于犹豫度专家残缺权重补充及其群决策方法[J]. 舰船电子工程, 2012, 32(7): 21-22.
(Chen Z N, Zhou C B, Li M. A complement method of incomplete expert's weights based on the hesitancy degree and its group decision making method[J]. Ship Electronic Engineering, 2012, 32(7): 21-22.)
- [17] 周伟, 何建敏, 余德建. 直觉模糊群决策中专家权重确定的一种精确方法[J]. 控制与决策, 2013, 28(5): 716-720.
(Zhou W, He J M, Yu D J. Accurate method of obtaining decision expert weights in intuitionistic fuzzy group decision making[J]. Control and Decision, 2013, 28(5): 716-720.)
- [18] Xu Z S, Yager R R. Some geometric aggregation operators based on intuitionistic fuzzy sets[J]. International Journal of General Systems, 2006, 35(4): 417-433.
- [19] Xu Z S. Some similarity measures of intuitionistic fuzzy sets and their applications to multiple attribute decision making[J]. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2007, 6(2): 109-121.
- [20] Zhang S F, Liu S Y. A gra-based intuitionistic fuzzy multicriteria group decision making method for personnel selection[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(9): 11401-11405.
- [21] Geng X L, Ye C M. A service supplier evaluation approach based on VIKOR with vague set[J]. Industrial Engineering and Management, 2014, 19(3): 18-25.
- [22] Yin J W, Zhang H, Chen D W. Equipment procurement bidding evaluation method based on TOPSIS[J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2016, 30(5): 16-19.
- [23] Feng Y, Zhang X H. Slight adjustment approach for experts' weights of linguistic group decision making[J]. Journal of Taiyuan Normal University: Natural Science Edition, 2018, 17(4): 69-74.

作者简介

林原(1988—),女,讲师,博士生,从事装备采购、装备保障的研究, E-mail: 814041619@qq.com;

战仁军(1963—),男,教授,博士,从事装备发展、装备采购等研究, E-mail: zrwenzhang007@163.com;

吴虎胜(1986—),男,副教授,博士,从事装备采购、智能算法等研究, E-mail: wuhusheng@vip.163.com.

(责任编辑: 闫 妍)