doi:10. 16055/j. issn. 1672-058X. 2020. 0003. 014

基于区间值毕达哥拉斯模糊数的多属性决策方法*

郝江锋[1a], 陈华友[2], 钱　云[1b], 周熠烜[2]
(1. 巢湖学院 a. 数学与统计学院;b. 电子工程学院,安徽 巢湖 238000;2. 安徽大学 数学科学学院,合肥 230601))

摘　要:针对决策信息为区间值毕达哥拉斯模糊数(IVPFN)的多属性决策问题,提出了一种基于区间值毕达哥拉斯模糊交叉熵的多属性决策方法。首先,将交叉熵的概念引入到区间值毕达哥拉斯模糊集(IVPFS)中,定义了一种新的区间值毕达哥拉斯模糊集(IVPFS)交叉熵测度,并以此来刻画两个区间值毕达哥拉斯模糊集之间的差异程度;其次根据每个区间值毕达哥拉斯模糊数(IVPFN)的得分函数,确定区间值毕达哥拉斯环境下的正、负理想解;再次在 TOPSIS 原理基础上,根据每个方案与正、负理想解之间的相对贴近度来获取最佳方案;最后通过一个实例对文中所提出的方法进行验证,表明了该方法的可行性与合理性。

关键词:区间值毕达哥拉斯模糊集;交叉熵;TOPSIS;相对贴近度

中图分类号:O22　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1672-058X(2020)03-0088-06

0　引　言

多属性决策是根据一定的标准或属性从若干可行方案中找到最优方案的过程,它是现代决策理论的一个重要组成部分,已被广泛应用于社会、经济、管理及工程等诸多领域。自 Zadeh[1] 1965 年首次提出模糊集以来,模糊集理论在上述诸多领域取得了成功应用。由于采用传统的模糊集来刻画信息具有不完整性,Atanassov[2] 定义了直觉模糊集(IFS)的概念,提出了用隶属度、非隶属度及犹豫度这三元信息来刻画决策信息的模糊性与不确定性。但是由于刻画事物的细致程度不同,隶属度与非隶属度之和存在大于等于 1 的情形。为此,Yager[3] 提出毕达哥拉斯模糊集(PFS),将隶属度和非隶属度的空间范围进行了拓展,即隶属度与非隶属度平方和小于等于 1。

在一些决策过程中,由于实际问题的复杂性和问题信息的模糊性,决策者可能很难用一个具体的实数准确地量化他们的评价,往往采用区间数[0,1]来表示。因此,提出区间值毕达哥拉斯模糊集(IVPFS)的概念非常重要,它允许给定集合的隶属度和非隶属度取一个区间值,这与实际情况较为相符。目前,基于区间值毕达哥拉斯模糊信息的多属性决策问题研究较少。Liang 等[4] 对基于极大偏差法的区间值毕达哥拉斯模糊集结方法进行了研究;Garg[5] 提出了一个新的区间值毕达哥拉斯模糊环境下的精度函数;王耀武[6] 给出了基于区间值毕达哥拉斯模糊数的 TOPSIS 方法,并将该方法应用于学生推优决策;程丽娜等[7] 提出了区间毕达哥拉斯模糊有序加权余弦相似测度,对多属性群决策进行了研究;Peng 等[8] 定义了区间值毕达哥拉斯模糊加权

收稿日期:2019-10-23;**修回日期**:2019-12-04.

* **基金项目**:国家自然科学基金(71871001,71771001);安徽省自然科学基金(1808085QG211);巢湖学院校级重点科研项目(XLZ-201904);巢湖学院科研启动经费项目(KYQD-201306).

作者简介:郝江锋(1981—),男,安徽潜山人,讲师,硕士,从事模糊预测和决策分析研究.

平均(IVPFWA)算子、区间值毕达哥拉斯模糊加权几何平均(IVPFWGA)算子,提出了一种区间值毕达哥拉斯模糊 ELECTRE 方法,用于解决不确定多属性群决策问题。Khaista[9-10]提出了诱导区间值毕达哥拉斯模糊环境下有序加权平均(I-IVPFOWA)算子、诱导区间值毕达哥拉斯模糊环境下混合加权平均(I-IVPFHA)算子、区间值毕达哥拉斯模 Einstein 集结算(IVPFEHWA)及在多属性群决策中的应用。

交叉熵是刻画两组分布差异程度的函数,文献[11]讨论了其在决策问题中的应用。Zhang[12]及范建平[13]等均将交叉熵扩展到毕达哥拉斯模糊集;闫彦[14]研究了毕达哥拉斯模糊交叉熵在绿色供应商选择上的应用。本文主要是在 TOPSIS 原理的基础上,根据交叉熵测度来刻画区间值毕达哥拉斯模糊集(IVPFS)之间的差异程度,然后求出每个方案分别与正、负理想解之间的相对贴近度,根据相对贴近度的大小选出最佳的方案。主要的创新点是将交叉熵概念引入到区间值毕达哥拉斯模糊集中,定义了一种新的区间值毕达哥拉斯模糊集交叉熵测度,最后通过一个实例对文中所提出的方法进行验证,表明了该方法的可行性与合理性。

1　相关概念

1.1　区间值毕达哥拉斯模糊集

定义 1[3]　设 $X=\{x_1,x_2,\cdots,x_n\}$ 为一给定的论域,则 X 中任意的毕达哥拉斯模糊集(记为 PFS)A 表达如下:$A=\{[x,\mu_A(x),V_A(x)]\mid x\in X\}$,其中 $\mu_A(x)\in[0,1]$,$V_A(x)\in[0,1]$分别表示元素 x 属于 A 的隶属度与非隶属度,且 $\forall x\in A$ 有 $0\leqslant\mu_A^2(x)+V_A^2(x)\leqslant1$,$\pi_A(x)=\sqrt{1-\mu_A^2(x)-V_A^2(x)}$ 为 x 隶属于 A 的犹豫度。

定义 2[7]　设 X 为给定的一论域,称 $\tilde{A}=\{[x,\tilde{\mu}_A(x),\tilde{V}_A(x)]\mid x\in X\}$ 是 X 上的一个区间值毕达哥拉斯模糊集(记为 IVPFS),其中 $\tilde{\mu}_A(x)=[\mu_A^L(x),\mu_A^U(x)]\subseteq[0,1]$,$\tilde{V}_A(x)=[V_A^L(x),V_A^U(x)]\subseteq[0,1]$ 分别表示元素 x 属于 $\tilde{A}$ 的区间隶属度与非隶属度,且 $\forall x\in\tilde{A}$,有 $\mu_A^L(x)\geqslant0$,$V_A^L(x)\geqslant0$,$0\leqslant(\mu_A^U(x))^2+(V_A^U(x))^2\leqslant1$,$\pi_A(x)=[\pi_A^L(x),\pi_A^U(x)]=[\sqrt{1-(\mu_A^U(x))^2-(v_A^U(x))^2},\sqrt{1-(\mu_A^L(x))^2-(v_A^L(x))^2}]$ 为 x 隶属于 $\tilde{A}$ 的犹豫度。

为了简便,IVPFS 的元素$([\mu_A^L(x),\mu_A^U(x)],[V_A^L(x),V_A^U(x)])$称为区间毕达哥拉斯模糊数[7](记为 IVPFN),记为 $\tilde{A}=([\mu_A^L,\mu_A^U],[V_A^L,V_A^U])$。

定义 3　令 $\tilde{A}^c=\{(x,[V_A^L(x),V_A^U(x)],[\mu_A^L(x),\mu_A^U(x)])\mid x\in X\}$,则称 $\tilde{A}^c$ 为 $\tilde{A}$ 的补集。

定义 4[7]　设 $\tilde{A}=([\mu_A^L,\mu_A^U],[V_A^L,V_A^U])$ 为一 IVPFN,令

$$S(\tilde{A})=\frac{1}{2}[(\mu_A^U)^2-(v_A^U)^2+(\mu_A^L)^2-(v_A^L)^2]$$

$$H(\tilde{A})=\frac{1}{2}[(\mu_A^U)^2+(v_A^U)^2+(\mu_A^L)^2+(v_A^L)^2]$$

则称 $S(\tilde{A})$ 为 $\tilde{A}$ 的得分函数,$H(\tilde{A})$ 为 $\tilde{A}$ 的精度函数。

定义 5[7]　设 $\tilde{A}=([\mu_A^L,\mu_A^U],[V_A^L,V_A^U])$,$\tilde{B}=([\mu_B^L,\mu_B^U],[V_B^L,V_B^U])$ 为两个 IVPFNS,则可根据得分函数与精度函数比较两者的大小,方法如下:

(1)若 $S(\tilde{A})>S(\tilde{B})$,则 $\tilde{A}>\tilde{B}$。

(2)若 $S(\tilde{A})=S(\tilde{B})$,且 $H(\tilde{A})>H(\tilde{B})$,则有 $\tilde{A}>\tilde{B}$。

(3)若 $S(\tilde{A})=S(\tilde{B})$,且 $H(\tilde{A})=H(\tilde{B})$,则有 $\tilde{A}=\tilde{B}$。

1.2　区间毕达哥拉斯模糊交叉熵

Ye[15]提出了区间直觉模糊交叉熵,在此基础上,本文提出一个新的区间毕达哥拉斯模糊交叉熵定义。

定义 6　设 $\tilde{A}$,$\tilde{B}$ 是定义在一给定论域 X 的两个 IVPFSs,令

$$CE(\tilde{A},\tilde{B})=\sum_{i=1}^{n}\left[p_i^A\cdot\log_2\left(\frac{p_i^A}{\frac{(p_i^A+p_i^B)}{2}}\right)+q_i^A\cdot\log_2\left(\frac{q_i^A}{\frac{(q_i^A+q_i^B)}{2}}\right)\right]$$

则称 $\mathrm{CE}(\tilde{A},\tilde{B})$为 $\tilde{A}$ 与 $\tilde{B}$ 的区间毕达哥拉斯模糊交叉熵。其中

$$p_i^A=\frac{(\mu_A^L(x_i))^2+(\mu_A^U(x_i))^2+2-(V_A^L(x_i))^2-(V_A^U(x_i))^2}{4}$$

$$p_i^B=\frac{(\mu_B^L(x_i))^2+(\mu_B^U(x_i))^2+2-(V_B^L(x_i))^2-(V_B^U(x_i))^2}{4}$$

$$q_i^A=\frac{2-(\mu_A^L(x_i))^2-(\mu_A^U(x_i))^2+(V_A^L(x_i))^2+(V_A^U(x_i))^2}{4}$$

$$q_i^B=\frac{2-(\mu_B^L(x_i))^2-(\mu_B^U(x_i))^2+(V_B^L(x_i))^2+(V_B^U(x_i))^2}{4}$$

然而,$\tilde{A}$ 与 $\tilde{B}$ 的区间毕达哥拉斯模糊交叉熵 $CE(\tilde{A},\tilde{B})$不满足对称性,为此令

$$\mathrm{SCE}(\tilde{A},\tilde{B})=\mathrm{CE}(\tilde{A},\tilde{B})+\mathrm{CE}(\tilde{B},\tilde{A}) \tag{1}$$

则称 $\mathrm{SCE}(\tilde{A},\tilde{B})$为 $\tilde{A}$ 与 $\tilde{B}$ 的 IVPFS 的对称交叉熵。

引理 1　设 $M=(m_1,m_2)$,$N=(n_1,n_2)$,$m_i,n_i\in(0,1)$,且满足 $m_1+m_2=1$,$n_1+n_2=1$,则有 $h(M,N)=\sum\limits_{i=1}^{2}m_i\log\frac{m_i}{n_i}\geqslant 0$,当且仅当 $m_i=n_i$,$i=1,2$ 时,等号成立。

证明　易知 $\log x\leqslant x-1$,$\forall x>0$,且等号成立的充要条件是 $x=1$。因此,有

$$h(M,N)=\sum_{i=1}^{2}m_i\log\frac{m_i}{n_i}=-\sum_{i=1}^{2}m_i\log\frac{n_i}{m_i}\geqslant -\sum_{i=1}^{2}m_i(\frac{n_i}{m_i}-1)=-\sum_{i=1}^{2}(n_i-m_i)=\sum_{i=1}^{2}m_i-\sum_{i=1}^{2}n_i=1-1=0$$

当且仅当 $m_i=n_i$,$i=1,2$ 时,等号成立。

定理 1　设 $\tilde{A}$ 与 $\tilde{B}$ 为两个任意给定的 IVPFNs,$\tilde{A}=([\mu_A^L,\mu_A^U],[V_A^L,V_A^U])$,$\tilde{B}=([\mu_B^L,\mu_B^U],[V_B^L,V_B^U])$,则 $\tilde{A}$ 与 $\tilde{B}$ 的对称交叉熵 $\mathrm{SCE}(\tilde{A},\tilde{B})$满足以下性质:

(1) $\mathrm{SCE}(\tilde{A},\tilde{B})=\mathrm{SCE}(\tilde{B},\tilde{A})$。

(2) $\mathrm{SCE}(\tilde{A},\tilde{B})\geqslant 0$。

(3) $\mathrm{SCE}(\tilde{A},\tilde{B})=0$,当且仅当 $\tilde{A}=\tilde{B}$。

性质(1)与(3)结论显然成立,性质(2)由引理 1 易证成立。

1.3　TOPSIS 方法

根据 Zhang 和 Xu 提出的毕达哥拉斯模糊正理想解(PIS)和毕达哥拉斯模糊负理想解(NIS)[12],由 TOPSIS 原理可得出区间值毕达哥拉斯模糊环境下的正理想解(IVPFIS)以及负理想解(IVPFNIS)。TOPSIS 的原理是最佳方案应与正理想解尽可能地接近,而与负理想解尽可能地远离。

由定义 4 中得分函数可以定义区间值毕达哥拉斯模糊环境下的正理想解(IVPFIS)和负理想解(IVPFNIS)。

定义 7　令

$$x^+=\{\max_i S(C_1(x_i)),\max_i S(C_2(x_i)),\cdots,\max_i S(C_n(x_i))\} \tag{2}$$

$$x^-=\{\min_i S(C_1(x_i)),\min_i S(C_2(x_i)),\cdots,\min_i S(C_n(x_i))\} \tag{3}$$

则称 x^+为区间值毕达哥拉斯模糊环境下多属性决策方案的正理想解(IVPFIS),x^-为区间值毕达哥拉斯模糊环境下多属性决策方案的负理想解(IVPFNIS)。

2　多属性决策方法研究与分析

设有一区间值毕达哥拉斯模糊环境下的多属性决策问题,$X=\{x_1,x_2,\cdots,x_m\}$($m\geqslant 2$)是 m 个方案组成的方案集,$C=\{c_1,c_2,\cdots,c_n\}$是由 n 个准则组成的准则集,$\boldsymbol{W}=(\omega_1,\omega_2,\cdots,\omega_n)^{\mathrm{T}}$ 是所有准则对应的权重向量,满足 $0\leqslant\omega_j\leqslant 1$,且 $\sum\limits_{j=1}^{n}\omega_j=1$。决策者给出的第 i 个方案 $x_i(i=1,2,\cdots,m)$在第 j 个属性 $c_j(j=1,2,\cdots,n)$下的评估值为一区间值毕达哥拉斯模糊数 $\tilde{r}_{ij}(x_i)=(\tilde{\mu}_{ij},\tilde{v}_{ij})$,其中 $\tilde{\mu}_{ij}=[\mu_{ij}^L,\mu_{ij}^U]$,$\tilde{v}_{ij}=[v_{ij}^L,v_{ij}^U]$,满足 $0\leqslant(\mu_{ij}^U)^2+(v_{ij}^U)^2\leqslant 1$,则 $\tilde{\boldsymbol{R}}=(\tilde{r}_{ij}(x_i))_{m\times n}$就是区间值毕达哥拉斯模糊环境下的决策矩阵。

为了有效求解该问题,本文提出了一种基于 TOPSIS 原理的区间值毕达哥拉斯模糊交叉熵决策方法,具体步骤如下:

Step 1　对决策矩阵进行规范化。

对原始区间值毕达哥拉斯模糊信息矩阵 $\tilde{\boldsymbol{R}}=(\tilde{r}_{ij}(x_i))_{m\times n}$进行规范化处理。$\tilde{r}_{ij}(x_i)$表示第 i 个方案 x_i 在第 j 个准则 c_j 下的评价值。准则集分为效益型准则集 B 以及成本型准则集 C,可根据式(4)对决策信息进行规范化:

$$\hat{r}_{ij}(x_i)=\begin{cases}\tilde{r}_{ij}(x_i),若\ c_j\in B\\ \tilde{r}_{ij}(x_i)^c,若\ c_j\in C\end{cases} \tag{4}$$

则规范化以后的矩阵为 $\hat{\boldsymbol{R}}=(\hat{r}_{ij}(x_i))_{m\times n}$。

Step 2　求出正负理想解 x^+ 与 x^-。

根据式(2)和(3),求出区间值毕达哥拉斯模糊正理想解 x^+ 与负理想解 x^-:

$$x^+=(r_1(x^+),r_2(x^+),\cdots,r_n(x^+))$$

$$x^-=(r_1(x^-),r_2(x^-),\cdots,r_n(x^-))$$

其中 $r_i(x^+)=\max\limits_i S(C_i(x_i))$, $r_i(x^-)=\min\limits_i S(C_i(x_i))$。

Step 3　求出方案 x_i 与 x^+ 及 x^- 的对称交叉熵。

根据式(1)分别求出第 i 个方案 x_i 与区间值毕达哥拉斯模糊正负理想解 x^+ 及 x^- 的对称交叉熵,分别以 x_i 与 x^+ 及 x^- 之间的对称交叉熵作为 x_i 与 x^+ 及 x^- 之间的距离测度。

Step 4　由相对贴近度公式求出方案 x_i 的相对贴近度。

依据 TOPSIS 原理求出每个方案 x_i 的相对贴近度 $\xi(x_i)(i=1,2,\cdots,m)$[13],其公式为

$$\xi(x_i)=\frac{\mathrm{SCE}(x_i,x^-)}{\mathrm{SCE}_{\max}(x_i,x^-)}-\frac{\mathrm{SCE}(x_i,x^+)}{\mathrm{SCE}_{\min}(x_i,x^+)} \qquad (5)$$

其中 $\mathrm{SCE}_{\max}(x_i,x^-)=\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\mathrm{SEC}(x_i,x^-)$, $\mathrm{SCE}_{\min}(x_i,x^+)=\min\limits_{1\leqslant i\leqslant m}\mathrm{SEC}(x_i,x^+)$。

Step 5　根据每个方案的相对贴近度的大小确定最佳方案。

相对贴近度值 $\xi(x_i)$ 越大,则该方案越优;反之亦然。

3　算例分析

客户想从市场上购买一套电子设备[8]。现有 4 种不同厂商生产的电子设备 $X=\{x_1,x_2,x_3,x_4\}$,购买电子设备要考虑以下 4 个因素 $C=\{c_1,c_2,c_3,c_4\}$,分别表示电子设备的价格、型号、设计、性能。其区间值毕达哥拉斯模糊环境下的决策矩阵如表 1 表示。矩阵内每个元素分别表示该类型电子设备在相应准则下的评价值,用毕达哥拉斯模糊数表示,准则 C 的权重向量为$(0.1,0.2,0.3,0.4)^{\mathrm{T}}$。

Step 1　对决策矩阵进行规范化。

由于价格是成本型准则,而其他三个均为效益型准则,根据式(4),将决策矩阵规范化得表 2。

Step 2　根据式(2)、式(3),求出正负理想解 x^+ 与 x^-,其结果分别为

$x^+=\{([0.5,0.8],[0.3,0.5]),([0.5,0.8],[0.3,0.5]),([0.3,0.7],[0.2,0.5]),([0.4,0.6],[0.4,0.5])\}$

$x^-=\{([0.3,0.6],[0.2,0.7]),([02.,0.6],[0.3,0.7]),([0.3,0.6],[0.4,0.7]),([0.2,0.4],[0.4,0.8])\}$

表 1　区间值毕达哥拉斯模糊环境下的决策矩阵

Table 1　Decision matrix under interval Pythagoras fuzzy environment

	x_1	x_2	x_3	x_4
c_1	([0.4, 0.8],[0.3, 0.5])	([0.2,0.7],[0.3,0.6])	([0.5,0.8],[0.3,0.5])	([0.5,0.7],[0.2,0.6])
c_2	([0.2, 0.6],[0.3, 0.7])	([0.4,0.5],[0.3,0.6])	([0.2,0.5],[0.2,0.6])	([0.5,0.8],[0.3,0.5])
c_3	([0.3, 0.7],[0.2, 0.5])	([0.2,0.6],[0.2,0.7])	([0.3,0.7],[0.4,0.7])	([0.3,0.6],[0.4,0.7])
c_4	([0.4, 0.5],[0.4, 0.6])	([0.4,0.6],[0.4,0.5])	([0.4,0.4],[0.2,0.8])	([0.2,0.4],[0.4,0.8])

表 2　规范化区间值毕达哥拉斯模糊决策矩阵

Table 2　Normalized interval-valued Pythagorean fuzzy decision matrix

	x_1	x_2	x_3	x_4
c_1	([0.3,0.5],[0.4,0.8])	([0.3,0.6],[0.2,0.7])	([0.3,0.5],[0.5,0.8])	([0.2,0.6],[0.5,0.7])
c_2	([02.,0.6],[0.3,0.7])	([0.4,0.5],[0.3,0.6])	([0.2,0.5],[0.2,0.6])	([0.5,0.8],[0.3,0.5])
c_3	([0.3,0.7],[0.2,0.5])	([0.2,0.6],[0.2,0.7])	([0.3,0.7],[0.4,0.7])	([0.3,0.6],[0.4,0.7])
c_4	([0.4,0.5],[0.4,0.6])	([0.4,0.6],[0.4,0.5])	([0.4,0.4],[0.2,0.8])	([0.2,0.4],[0.4,0.8])

Step 3 根据式(4)中的 SCE($\tilde{A}$,$\tilde{B}$)分别求出第 i 类型的电子设备 x_i 与 x^+ 及 x^- 的对称交叉熵,结果见表 3。

Step 4 由式(5)分别求出方案 x_i 的相对贴近度 $\xi(x_i)$,其结果见表 3。

Step 5 根据相对贴近度的排序,确定电子设备 x_2 为最优选择。

表 4 是本文提出的方法和文献[8]中运用诱导区间值毕达哥拉斯模糊有序加权平均算子(I-IVPFOWA)及诱导区间值毕达哥拉斯模糊混合平均算子(I-IVPFHA)提出的方法计算的结果,事实表明 3 种方法得出的结果是完全一致的,进一步证明了本方法的有效性。本文提出的方法,考虑到了评价过程中信息的不确定性与每个评价准则之间存在的关联程度,消除了由距离测度所带来的不确定性。

表 3 由对称交叉熵 SCE($\tilde{A}$,$\tilde{B}$)得到的结果

Table 3 The result of SCE($\tilde{A}$,$\tilde{B}$) symmetric cross entropy

	SCE(x_i,x^+)	SCE(x_i,x^-)	$\xi(x_i)$	排名
x_1	0.066 4	0.044 9	−0.733 6	2
x_2	0.048 0	0.069 1	0	1
x_3	0.092 2	0.007 5	−1.812 3	4
x_4	0.074 3	0.052 9	−0.782 4	3

表 4 3 种计算方法获得的方案排序结果

Table 4 The scheme ranking results obtained by three calculation methods

计算方法	x_1	x_2	x_3	x_4
I-IVPFOWA 集结算子方法	2	1	4	3
I-IVPFHA 集结算子方法	2	1	4	3
本文提出的交叉熵方法	2	1	4	3

4 结束语

由于区间值毕达哥拉斯模糊集(IVPFS)比区间直觉模糊集(IVIFS)具有更加广泛的应用范围,因此可以解决在决策中区间直觉模糊集(IVIFS)所不能解决的实际问题。本文将区间直觉模糊环境下的基于交叉熵的 TOPSIS 方法拓展到区间值毕达哥拉斯模糊环境下,定义了一种新的交叉熵公式,丰富了关于模糊交叉熵的研究;用对称交叉熵来代替常规 TOPSIS 方法中的各种距离测度,具有较高的准确性,进而减少了由于距离测度的不确定性所带来的误差,丰富了区间值毕达哥拉斯模糊集的研究。

参考文献(References):

[1] ZADEH L A . Fuzzy Sets [J]. Information & Control, 1965,8(3):338—353

[2] ATANASSOV K T, RANGASAMY P. Intuitionistic Fuzzy Sets[J]. Fuzzy Sets & Systems, 1986, 20(1):87—96

[3] YAGER R R. Pythagorean Membership Grades in Multi-criteria Decision Making [J]. Fuzzy Systems IEEE Transactions,2014, 22(4):958—965

[4] LIANG W, ZHANG X L, LIU M F. The Maximizing Deviation Method Based on Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Weighted Aggregating Operator for Multiple Criteria Group Decision Analysis[J]. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2015:746572

[5] GARG H. A Novel Accuracy Function Under Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Environment for Solving Multicriteria Decision Making Problem [J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2016, 31: 529—540

[6] 王耀武. 基于区间值毕达哥拉斯模糊数的 TOPSIS 方法及其在学生推优中的应用[J]. 数学的实践与认识, 2018,48(5):108—117

WANG Y W . Interval-Valued Pythagorean Fuzzy TOPISIS Method and Its Application in Student Recommendation[J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory, 2018,48(5):108—117(in Chinese)

[7] 程丽娜,周礼刚. 基于区间毕达哥拉斯模糊相似测度的多属性群决策方法研究[J]. 价值工程,2019,38(19):206—210

CHEN L N, ZHOU L G . An Approach to Multiple Attribute Group Decision Making Based on Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Similar Measurement [J]. Value Engineering,2019,38(19):206—210(in Chinese)

[8] PENG X, YANG Y. Fundamental Properties of Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Aggregation Operators [J]. International Journal of Intelligent Systems, 2016, 31(5):444—487

[9] KHAISTA R, SALEEM A, ASAD A. Some Induced Aggregation Operators Based on Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Numbers[J]. Granular Computing, 2018(1):1—10

[10] KHAISTA R, SALEEM A, ASAD A, et al. Interval-

Valued Pythagorean Fuzzy Einstein Hybrid Weighted Averaging Aggregation Operator and Their Application to Group Decision Making [J]. Complex & Intelligent Systems, 2019(5):41—52

[11] MAO J, YAO D, WANG C. A Novel Cross-entropy and Entropy Measures of IFSs and Their Applications [J]. Knowledge-Based Systems, 2013, 48:37—45

[12] ZHANG X, XU Z. Extension of TOPSIS to Multiple Criteria Decision Making with Pythagorean Fuzzy Sets[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2014, 29(12):1061—1078

[13] 范建平, 闫彦, 吴美琴. Pythagorean 模糊环境下基于交叉熵和 TOPSIS 的多准则决策方法[J]. 计算机工程与应用,2018,54(911):152—157
FAN J P, YAN Y, WU M Q. TOPSIS and Cross Entropy Method for Multicriteria Decision Making Under Pythagorean Fuzzy Environment[J]. Computer Engineering and Applications,2018,54(16):146—151(in Chinese)

[14] 闫彦. Pythagorean 模糊环境下的绿色供应商选择[D]. 太原:山西大学,2018
YAN Y. The Green Suppliers Selecting Problems Under Pythagorean Fuzzy Environment [D]. Taiyuan: Shanxi University,2018(in Chinese)

[15] YE J. Fuzzy Cross Entropy of Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets and Its Optimal Decision-Making Method Based on the Weights of Alternatives[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(5):6179—6183

Multi-attribute Decision Making Method Based on Interval Value Pythagoras Fuzzy Number

HAO Jiang-feng[1a], CHEN Hua-you[2], QIAN Yun[1b], ZHOU Yi-xuan[2]

(1a. School of Mathematics and Statistics; 1b. School of Electronic Engineering, Chaohu University, Anhui Chaohu 238000, China; 2. School of Mathematical Sciences, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract: In order to solve the problem of multi-attribute decision making with interval value Pythagoras fuzzy number (IVPFN), a multi-attribute decision making method based on interval value Pythagoras fuzzy cross entropy is proposed. Firstly, the concept of cross entropy is introduced into the interval-valued Pythagoras fuzzy sets (IVPFS), and a new measure of cross entropy of the interval-valued Pythagoras fuzzy sets (IVPFS) is defined, which is used to describe the difference degree between the two interval-value Pythagoras fuzzy sets. Secondly, according to the score function of each interval value Pythagoras fuzzy number (IVPFN), the positive and negative ideal solutions of the interval value Pythagoras are determined. On the basis of TOPSIS principle, the optimal scheme is obtained according to the relative closeness between each scheme and the positive and negative ideal solution. Finally, an example is given to verify the proposed method, which shows its feasibility and rationality.

Key words: interval value Pythagoras fuzzy set; cross entropy; TOPSIS; relative closeness

责任编辑:李翠薇

引用本文/Cite this paper:
郝江锋,陈华友,钱云,等. 基于区间值毕达哥拉斯模糊数的多属性决策方法[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版),2020,37(3):88—93
HAO J F, CHEN H Y, QIAN Y, et al. Multi-attribute Decision Making Method Based on Interval Value Pythagoras Fuzzy Number[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition),2020,37(3):88—93