DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.2011.02.014

一种直觉梯形模糊数的排序方法及其在多准则决策中的应用*

Ranking Intuitionistic Trapezoidal Fuzzy Number and Its Application to Multicriterion Decision Making

李井翠,黄敢基,邵翠丽

LI Jing-cui,HUANG Gan-ji,SHAO Cui-li

(**广西大学数学与信息科学学院,广西南宁** 530004)

(School of Mathematics and Information Sciences, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004,China)

摘要:先根据直觉梯形模糊数的特点,定义一种新的直觉梯形模糊数距离公式,再结合理想点方法,提出一种直觉梯形模糊数的排序方法,最后将该方法应用于模糊多准则决策中,并通过实例说明了所提方法是有效的.

关键词:直觉梯形模糊数　理想点　排序

中图法分类号:O159,C934　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1005-9164(2011)02-0113-04

Abstract:According to the characteristic of intuitionistic trapezoidal fuzzy number, a new distance of intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers is defined. This paper proposes a new ranking method of intuitionistic fuzzy numbers with the ideal points, which is applied to fuzzy multi-attribute decision making. Also, a practical example is provided to verify the effectiveness of the developed approach.

Key words:intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers, ideal points, ranking

Zadeh[1]提出的模糊集理论在现代社会的各个领域已经得到了广泛应用[2],为了能够更细腻地描述和刻画客观世界的模糊性,Atanassov 在文献[3,4]中又对 Zadeh 的模糊集进行了拓展,把仅考虑隶属度的模糊集推广到同时考虑隶属度、非隶属度和犹豫度的直觉模糊集. 徐泽水[5]根据客观事物的复杂性和不确定性,将隶属函数和非隶属函数由实数扩展到区间数,提出区间直觉模糊数. 文献[5～8]提出区间直觉模糊数的排序方法,并将其应用于多准则决策领域. 文献[9]提出一种基于区间直觉模糊信息不完全确定的多准则决策方法.

随着研究的深入,区间直觉模糊数又被扩展到直觉三角和直觉梯形模糊数. 文献[10]定义了直觉梯形模糊数的期望值,提出直觉梯形模糊数的多准则决策方法. 文献[11]定义了直觉梯形模糊数的期望值、得分函数、精确函数和几何算术平均算子,并给出一种多准则决策方法. 文献[12]定义直觉梯形模糊数的距离公式及加权算术平均算子,提出直觉梯形模糊数的排序方法,并将其运用于模糊多准则决策中. 而对于两直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_1$ 和 $\tilde{A}_2$,当它们的隶属度都为 0,非隶属度都为 1 时,由文献[12]定义的距离公式,得到它们之间的距离为 0,显然这是不合理的. 基于此,本文根据直觉梯形模糊数的特点,定义直觉梯形模糊数的一种新的距离公式,利用理想点方法,提出一种新的直觉梯形模糊数排序方法,并将其应用于模糊多准则决策中.

1　预备知识

定义 1[13]　设 $\tilde{A}$ 是实数集上的一个直觉梯形模糊数,其隶属函数满足关系

$$\mu_{\tilde{A}}(x)=\begin{cases}\dfrac{x-a}{b-a}\mu_{\tilde{A}}, a\leqslant x<b;\\ \mu_{\tilde{A}}, b\leqslant x\leqslant c;\\ \dfrac{d-x}{d-c}, c<x\leqslant d;\\ 0, \text{否则}.\end{cases}$$

收稿日期:2010-09-06
修回日期:2010-09-25
作者简介:李井翠(1985-),女,硕士研究生,主要从事优化与决策研究。
*广西自然科学基金项目(桂自科批号:0991029)资助。

非隶属函数满足关系

$$v_{\tilde{A}}(x)=\begin{cases}\dfrac{b-x+v_{\tilde{A}}(x-a_1)}{b-a_1}, a_1\leqslant x<b;\\ v_{\tilde{A}}, b\leqslant x\leqslant c;\\ \dfrac{x-c+v_{\tilde{A}}(d_1-x)}{d_1-c}, c<x\leqslant d;\\ 0,\text{否则}.\end{cases}$$

其中，$0\leqslant \mu_{\tilde{A}}\leqslant 1;0\leqslant v_{\tilde{A}}\leqslant 1;\mu_{\tilde{A}}+v_{\tilde{A}}\leqslant 1$.

当 $b=c$ 时，直觉梯形模糊数退化为直觉三角模糊数. 一般地，有 $a=a_1, d=d_1$. 此时直觉梯形模糊数简记为 $\tilde{A}=([a,b,c,d];\mu_{\tilde{A}},v_{\tilde{A}})$，若无特别声明，本文直觉梯形模糊数均指此类模糊数. $\pi_{\tilde{A}}=1-\mu_{\tilde{A}}-v_{\tilde{A}}$ 表示直觉模糊数的犹豫程度，$\pi_{\tilde{A}}$ 越小，模糊数 $\tilde{A}$ 越确定.

定义 2[12] 设 $\tilde{A}_1$ 和 $\tilde{A}_2$ 是两个直觉梯形模糊数，F 是直觉梯形模糊数的集合，d 是一个映射：$d:F\times F\to R$. 如果 $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)$ 满足

(1) $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)\geqslant 0, d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_1)=0$;

(2) $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)=d(\tilde{A}_2,\tilde{A}_1)$;

(3) 对于任一直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_3$，有 $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_3)\leqslant d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)+d(\tilde{A}_2,\tilde{A}_3)$;

则称 $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)$ 为直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_1$ 和 $\tilde{A}_2$ 之间的距离.

2 直觉梯形模糊数的距离公式及排序方法

2.1 距离公式

设 $\tilde{A}_1=([a_1,b_1,c_1,d_1];\mu_1,v_1)$ 和 $\tilde{A}_2=([a_2,b_2,c_2,d_2];\mu_2,v_2)$ 是两个直觉梯形模糊数，记

$$d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)=\frac{1}{4}[\max\{|a_1\mu_1-a_2\mu_2|,|a_1v_1-a_2v_2|\}+|(\mu_1+v_1)b_1-(\mu_2+v_2)b_2|+|(\mu_1+v_1)c_1-(\mu_2+v_2)c_2|+\max\{|d_1\mu_1-d_2\mu_2|,|d_1v_1-d_2v_2|\}]. \quad (2.1)$$

则 $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)$ 满足定义 2 的条件. 即 $d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)$ 是直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_1$ 和 $\tilde{A}_2$ 的距离.

定义 2 中的条件(1)和(2)显然成立. 又对于任意直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_i=([a_i,b_i,c_i,d_i];\mu_i,\nu_i), i=1,2,3$，有

$$\max\{|a_1\mu_1-a_3\mu_3|,|a_1v_1-a_3v_3|\}=\max\{|a_1\mu_1-a_2\mu_2+a_2\mu_2-a_3\mu_3|,|a_1v_1-a_2v_2+a_2v_2-a_3v_3|\}\leqslant\max\{|a_1\mu_1-a_2\mu_2|+|a_2\mu_2-a_3\mu_3|,|a_1v_1-a_2v_2|+|a_2v_2-a_3v_3|\}\leqslant \max\{|a_1\mu_1-a_2\mu_2|,|a_1v_1-a_2v_2|\}+\max\{|a_2\mu_2-a_3\mu_3|,|a_2v_2-a_3v_3|\}.$$

同理得

$$\max\{|d_1\mu_1-d_3\mu_3|,|d_1v_1-d_3v_3|\}\leqslant\max\{|d_1\mu_1-d_2\mu_2|,|d_1v_1-d_2v_2|\}+\max\{|d_2\mu_2-d_3\mu_3|,|d_2v_2-d_3v_3|\}.$$

而

$$|(\mu_1+v_1)b_1-(\mu_3+v_3)b_3|=|(\mu_1+v_1)b_1-(\mu_2+v_2)b_2+(\mu_2+v_2)b_2-(\mu_3+v_3)b_3|\leqslant|(\mu_1+v_1)b_1-(\mu_2+v_2)b_2|+|(\mu_2+v_2)b_2-(\mu_3+v_3)b_3|.$$

同理得

$$|(\mu_1+v_1)c_1-(\mu_3+v_3)c_3|\leqslant|(\mu_1+v_1)c_1-(\mu_2+v_2)c_2|+|(\mu_2+v_2)c_2-(\mu_3+v_3)c_3|.$$

所以

$$d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_3)\leqslant d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)+d(\tilde{A}_2,\tilde{A}_3).$$

因此，$d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)$ 是直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_1$ 和 $\tilde{A}_2$ 的距离.

当 $\mu_1=\mu_2=1, v_1=v_2=0$ 时，直觉梯形模糊数退化为梯形模糊数，此时

$$d(\tilde{A}_1,\tilde{A}_2)=(|a_1-a_2|+|b_1-b_2|+|c_1-c_2|+|d_1-d_2|)/4.$$

这与文献[11]定义的一般梯形模糊数的距离一致.

2.2 排序方法

设有 n 个直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_j=([a_{1j},a_{2j},a_{3j},a_{4j}];\mu_j,v_j), j=1,2,\cdots,n$，其中 $0\leqslant\mu_j\leqslant 1, 0\leqslant v_j\leqslant 1$，且 $\mu_j+v_j\leqslant 1, a_{1j}\leqslant a_{2j}\leqslant a_{3j}\leqslant a_{4j}, 1\leqslant j\leqslant n$.

步骤 1 确定正理想点 $\tilde{G}^+=([\max\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{1j}),\max\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{2j}),\max\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{3j}),\max\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{4j})];1,0)$ 和负理想点 $\tilde{G}^-=([\min\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{1j}),\min\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{2j}),\min\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{3j}),\min\limits_{1\leqslant j\leqslant n}(a_{4j})];0,1)$.

步骤 2 根据(2.1)式，分别求出 $\tilde{A}_j(j=1,2,\cdots,n)$ 与正理想点 $\tilde{G}^+$ 的距离 d_j^+，及其与负理想点 $\tilde{G}^-$ 的距离 d_j^-.

步骤 3 计算 $\tilde{A}_j$ 的相对贴近度

$$d_j^*=\frac{d_j^-}{d_j^++d_j^-}, j=1,2,\cdots,n.$$

d_j^* 越大，对应的直觉梯形模糊数就越大. 按 d_j^* 的大小对直觉梯形模糊数排序.

排序准则为

(1) $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$,当且仅当 $d_i^* > d_j^*$ 成立.

(2) $\tilde{A}_i < \tilde{A}_j$,当且仅当 $d_i^* < d_j^*$ 成立.

(2) $\tilde{A}_i \sim \tilde{A}_j$,当且仅当 $d_i^* = d_j^*$ 成立.

容易验证,上述排序方法具有如下性质:任意给定直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_i,\tilde{A}_j,\tilde{A}_k$,若 $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j,\tilde{A}_j > \tilde{A}_k$,则有 $\tilde{A}_i > \tilde{A}_k$;给定直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_i,\tilde{A}_j$, $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$, $\tilde{A}_i < \tilde{A}_j$ 或 $\tilde{A}_i \sim \tilde{A}_j$ 至少有一个成立.

3 基于直觉梯形模糊数排序方法的多准则决策

对于多准则决策问题,最常见的准则类型有效益型和成本型.为了消除不同的物理量纲带来的影响,首先需要对模糊决策矩阵规范化,然后按照提出的多准则决策方法确定方案的排序.

设模糊多准则决策问题有 m 个方案 $\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$,l 个决策准则 $C=\{C_1,C_2,\cdots,C_l\}$,对应的权系数为 $w=\{w_1,w_2,\cdots,w_l\}$,且 $w_j\in[0,1]$,$\sum_{j=1}^{l}w_j=1$.方案 $A_i(i=1,2,\cdots,m)$ 在准则 $C_j(j=1,2,\cdots,l)$ 下的值为直觉梯形模糊数 $\tilde{A}_{ij}=[a_{1j}(A_i),a_{2j}(A_i),a_{3j}(A_i),a_{4j}(A_i)]$.则 $A=(\tilde{A}_{ij})$ 成为直觉模糊数决策矩阵.

采用如下方法对 A 进行规范化处理

效益型:$\dfrac{a_{kj}(A_i)-\min\limits_j(a_{1j}(A_i))}{\max\limits_j(a_{4j}(A_i))-\min\limits_j(a_{1j}(A_i))},k=1,2,3,4.$ (3.1)

成本型:$\dfrac{\max\limits_i a_{4j}(A_i)-a_{kj}(A_i))}{\max\limits_j(a_{4j}(A_i))-\min\limits_j(a_{1j}(A_i))},k=1,2,3,4.$ (3.2)

为了方便,经过规范化处理后的决策矩阵仍记为 A,方案 $A_i(i=1,2,\cdots,m)$ 在准则 $C_j(j=1,2,\cdots,l)$下的值为直觉梯形模糊数仍记为$\tilde{A}_{ij}=[a_{1j}(A_i),a_{2j}(A_i),a_{3j}(A_i),a_{4j}(A_i)]$.

多准则决策问题的决策步骤为

步骤 1 按(3.1)式或(3.2)式规范化决策信息.

步骤 2 确定正理想点 $\tilde{G}^+=(\tilde{G}_1^+,\tilde{G}_2^+,\cdots,\tilde{G}_l^+)$ 其中,$\tilde{G}_j^+=([\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{1j}(A_i)),\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{2j}(A_i)),\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{3j}(A_i)),\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{4j}(A_i))];1,0)$ 和负理想点 $\tilde{G}^-=(\tilde{G}_1^-,\tilde{G}_2^-,\cdots,\tilde{G}_l^-)$,其中,$\tilde{G}_j^-=([\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{1j}(A_i)),\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{2j}(A_i)),\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{3j}(A_i)),\max\limits_{1\leqslant i\leqslant m}(a_{4j}(A_i))];1,0)$.

步骤 3 根据(2.1)式,分别求出 $\tilde{A}_{ij}$ 与正理想点 $\tilde{G}_j^+$ 的距离 d_{ij}^+,及其与负理想点 $\tilde{G}_j^-$ 的距离 d_{ij}^-.其中 $i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,l$.

步骤 4 计算 d_i^+,d_i^-,

$$d_i^+=\sum_{j=1}^{l}w_jd_{ij}^+,d_i^-=\sum_{j=1}^{l}w_jd_{ij}^-,i=1,2,\cdots,m.$$

步骤 6 计算 $\tilde{A}_i$ 的相对贴近度

$$d_i^*=\frac{d_i^-}{d_i^++d_i^-},i=1,2,\cdots,m.$$

4 实例

某一发动机零部件制造公司为其装配过程中最关键部件在全球范围内寻找最好的供应商,现有 5 个供应商 $A_1,A_2,\cdots,A_5$ 可供选择.选取 5 个评价准则:(1) C_1 为供应能力;(2) C_2 为交货能力;(3) C_3 为服务质量;(4) C_4 为影响力;(5) C_5 为科研能力.这些准则均为效益型准则.准则权重向量为 $w=(0.20,0.15,0.25,0.10,0.30)$,决策者给出的决策信息如表 1 所示,试选择最优供应商.

(1) 根据(3.1)式对表 1 进行规范化处理,结果见表 2.

(2) 确定正理想点 $\tilde{G}^+=(\tilde{G}_1^+,\tilde{G}_2^+,\cdots,\tilde{G}_5^+)$ 和负理想点 $\tilde{G}^-=(\tilde{G}_1^-,\tilde{G}_2^-,\cdots,\tilde{G}_5^-)$,其中

表 1 方案的准则值

Table 1 Criterion value of each alternative

供应商 Supplier	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	([1,2,3,4];0.7,0.3)	([5,6,7,8];0.7,0.3)	([3,4,5,6];0.7,0.3)	([4,5,7,8];0.6,0.3)	([4,5,6,7];0.8,0.0)
A_2	([2,3,4,5];0.6,0.3)	([6,7,8,9];0.8,0.1)	([4,5,6,7];0.8,0.2)	([3,4,5,6];0.7,0.3)	([6,7,8,9];0.6,0.3)
A_3	([1,2,3,5];0.6,0.4)	([4,6,7,8];0.6,0.3)	([3,4,5,6];0.5,0.5)	([4,5,6,7];0.8,0.1)	([5,6,7,8];0.8,0.2)
A_4	([2,3,4,6];0.6,0.2)	([5,6,7,8];0.8,0.2)	([2,3,5,6];0.6,0.4)	([3,4,5,7];0.6,0.3)	([4,6,7,8];0.6,0.3)
A_5	([2,3,4,5];0.8,0.2)	([4,5,6,7];0.9,0.0)	([3,4,5,6];0.8,0.2)	([3,5,7,8];0.7,0.1)	([4,5,6,7];0.8,0.0)

表 2　方案的规范化后处理的准则值

Table 2　Standard criterion values

供应商 Supplier	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	([0,0.2,0.4,0.6];0.7,0.3)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.7,0.3)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.7,0.3)	([0.2,0.4,0.8,1.0];0.6,0.3)	([0,0.2,0.4,0.6];0.8,0)
A_2	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.6,0.3)	([0.4,0.6,0.8,1.0];0.8,0.1)	([0.4,0.6,0.8,1.0];0.8,0.2)	([0,0.2,0.4,0.6];0.7,0.3)	([0.4,0.6,0.8,1.0];0.6,0.3)
A_3	([0,0.2,0.4,0.8];0.6,0.4)	([0,0.4,0.6,0.8];0.6,0.3)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.5,0.5)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.8,0.1)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.8,0.2)
A_4	([0.2,0.4,0.6,1.0];0.6,0.2)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.8,0.2)	([0,0.2,0.4,0.8];0.6,0.4)	([0,0.2,0.4,0.8];0.6,0.3)	([0,0.4,0.6,0.8];0.6,0.3)
A_5	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.8,0.2)	([0,0.2,0.4,0.6];0.9,0)	([0.2,0.4,0.6,0.8];0.8,0.2)	([0,0.4,0.8,1.0];0.7,0.1)	([0,0.2,0.4,0.6];0.8,0)

$\widetilde{G}_1^+ = ([0.2,0.4,0.6,1];1,0)$;$\widetilde{G}_2^+ = ([0.4,0.6,0.8,1];1,0)$;$\widetilde{G}_3^+ = ([0.4,0.6,0.8,1];1,0)$;$\widetilde{G}_4^+ = ([0.2,0.4,0.8,1];1,0)$;$\widetilde{G}_5^+ = ([0.4,0.6,0.8,1];1,0)$;

$\widetilde{G}_1^- = ([0,0.2,0.4,0.6];0,1)$;$\widetilde{G}_2^- = ([0,0.2,0.4,0.6];0,1)$;$\widetilde{G}_3^- = ([0,0.2,0.4,0.6];0,1)$;$\widetilde{G}_4^- = ([0,0.2,0.4,0.6];0,1)$;$\widetilde{G}_5^- = ([0,0.2,0.4,0.6];0,1)$;

(3) **根据**(2.1) **式,计算** $d_{ij}^+,d_{ij}^-,i,j=1,2,\cdots,5$.

$d_{11}^+ = 0.295, d_{12}^+ = 0.275, d_{13}^+ = 0.275, d_{14}^+ = 0.15, d_{15}^+ = 0.5$;$d_{11}^- = 0.105, d_{12}^- = 0.275$, $d_{13}^+ = 0.275, d_{14}^+ = 0.3, d_{15}^- = 0.23$. $d_{21}^+ = 0.175, d_{22}^+ = 0.105$;$d_{23}^+ = 0.07, d_{24}^+ = 0.345, d_{25}^+ = 0.175$;$d_{21}^- = 0.225, d_{22}^- = 0.445$;$d_{23}^- = 0.12, d_{24}^- = 0.105$;$d_{25}^- = 0.375$. $d_{31}^+ = 0.18, d_{32}^+ = 0.355, d_{33}^+ = 0.325, d_{34}^+ = 0.175, d_{35}^+ = 0.25$;$d_{31}^- = 0.12, d_{32}^- = 0.195, d_{33}^+ = 0.225, d_{34}^+ = 0.275, d_{35}^- = 0.3$. $d_{41}^+ = 0.17, d_{42}^+ = 0.25, d_{43}^+ = 0.43, d_{44}^+ = 0.348, d_{45}^+ = 0.355$;$d_{41}^- = 0.23, d_{42}^- = 0.3, d_{43}^- = 0.12, d_{44}^- = 0.135, d_{45}^- = 0.195$. $d_{51}^+ = 0.1, d_{52}^+ = 0.43, d_{53}^+ = 0.25, d_{54}^+ = 0.185, d_{55}^+ = 0.46$;$d_{51}^- = 0.3, d_{52}^- = 0.165, d_{53}^- = 0.3, d_{54}^- = 0.265, d_{55}^- = 0.18$.

(4) **计算计算** $d_i^+,d_i^-,i=1,2,\cdots,5$.

$d_1^+ = 0.334, d_1^- = 0.23, d_2^+ = 0.155, d_2^- = 0.265$;$d_3^+ = 0.283, d_3^- = 0.227$;$d_4^+ = 0.3203, d_4^- = 0.193$;$d_5^+ = 0.292, d_5^- = 0.240$.

(5) **计算** $\widetilde{A}_i$ **的相对贴近度**.

$d_1^* = 0.408, d_2^* = 0.630, d_3^* = 0.445, d_4^* = 0.376, d_5^* = 0.451$.

因此,供应商的排序为 $\widetilde{A}_2 > \widetilde{A}_5 > \widetilde{A}_3 > \widetilde{A}_1 > \widetilde{A}_4$. **最优供应商为** $\widetilde{A}_2$. **与文献**[10～12] **的多准则决策方法所得到的结果一致**.

参考文献:

[1] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965,8 (3):338-353.

[2] **陈水利,李敏功,王向功. 模糊集理论及其应用**[M]. **北京:科学出版社**,2005:156-186.

[3] Atanassov K. Intuitionistic Fuzzy sets[M]//Sgurev V ed. Sofia:VII ITKR's Session,1983.

[4] Atanassov K. Intuitionistic Fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems,1986,20 (1): 87-96.

[5] **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.

[6] **徐泽水,陈剑. 一种基于区间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.

[7] Xu Z S. A method based on distance measure for interval-valued intuitionistic fuzzy group decision making [J]. Information Sciences,2010,180(1):181-190.

[8] Xu Z S,Cai X Q. Incomplete interval-valued intuitionistic preference relations [J]. International Journal of General Systems,2009,38(8):871-886.

[9] Wang Z J,Li K W,Wang W Z. An approach to multiattribute decision making with interval-valued intuitionistic Fuzzy assessments and incomplete weights[J]. Information Sciences,2009,179(17):3026-3040.

[10] **王坚强,张忠. 基于直觉模糊数的信息不完全的多准则规划方法**[J]. **控制与决策**,2008,23(10):1145-1148.

[11] Wang J q,Zhang Z. Aggregation operators on intuitionistic trapezoidal Fuzzy number and its application to multi-criteria decision making problems[J]. J of Systems Engineering and Eletronics, 2009, 20 (2): 321-326.

[12] **王坚强,张忠. 基于直觉梯形模糊数的信息不完全的多准则决策方法**[J]. **控制与决策**,2009,24 (2):226-230.

[13] **王坚强. 模糊多准则决策方法研究综述**[J]. **控制与决策**,2008,23 (6):601-607.

(责任编辑:尹　闯)