文章编号: 1001-0920 (2012) 03-0455-04

基于分式规划的区间梯形直觉模糊数多属性决策方法

万 树 平

(江西财经大学 信息管理学院，南昌 330013)

摘 要: 针对属性值为区间梯形直觉模糊且属性权重为区间数的多属性决策问题, 提出一种基于分式规划的决策方法. 定义了区间梯形直觉模糊数的Hamming距离和Euclidean距离, 采用优劣解距离法构建了相对贴近度的非线性分式规划模型, 并通过Charnes and Cooper变换转化为线性规划模型求解, 得到各方案相对贴近度的区间数, 进而提出了决策方法. 数值算例分析验证了所提出方法的有效性.

关键词: 多属性决策；区间梯形直觉模糊数；分式规划；Hamming距离；Euclidean距离

中图分类号: C934 **文献标识码:** A

Multi-attribute decision making method based on inter-valued trapezoidal intuitionistic fuzzy number

WAN Shu-ping

(College of Information Technology，Jiangxi University of Finance and Economics，Nanchang 330013，China. E-mail：shupingwan@163.com)

Abstract: For the problem of multi-attribute decision making, in which the attribute values are the interval-valued trapezoidal intuitionistic fuzzy numbers and the weights of attributes are intervals, a decision making method is proposed based on fractional programming. Hamming and Euclidean distances for interval-valued trapezoidal intuitionistic fuzzy numbers are defined. By using the TOPSIS(technique for order preference by similarity to an ideal solution), the models of non-linear fractional programming for alternative's relative closeness are built. Through the Charnes and Cooper transformations, these non-linear models are transformed into linear programming models. The interval of alternative's relative closeness is obtained by solving these linear programming models, and the method of decision making is given. The numerical example analysis shows the effectiveness of the method.

Key words: multi-attribute decision making；interval-valued trapezoidal intuitionistic fuzzy number；fractional programming；Hamming distance；Euclidean distance

1 引 言

直觉模糊集[1]自1986年提出以来, 已经在多属性决策(MADM)领域得到了广泛应用[1-11]. 目前, 直觉模糊集有4种特殊形式: 区间直觉模糊集[2-3]、三角直觉模糊数(TIFN)[4-5]、梯形直觉模糊数(ITFN)和区间梯形直觉模糊数(IITFN)[6].

ITFN和IITFN都是TIFN的扩展, TIFN, ITFN和IITFN从另一个方向对直觉模糊集进行了扩展, 即将论域的离散集合扩展到连续集合, 是对模糊数的扩展[6-9]. 文献[7-8]分别定义了ITFN的期望值、距离公式和加权算术平均算子, 提出了信息不完全确定的多准则决策方法. [9]定义了ITFN的期望值、得分函数、精确函数和几何平均算子, 并给出了其在MADM中的应用. [10]从几何角度定义了新的期望值和预期得分, 给出ITFN的排序方法、有序加权集成算子和混合集成算子, 并提出了多属性群决策(MAGDM)的ITFN方法. [11]讨论了一些ITFN的算术集成算子及其在MAGDM中的应用.

由于IITFN的隶属与非隶属函数的取值依赖于不同区间数, 在刻画客观世界的模糊性本质方面, 比TIFN, ITFN, 区间直觉模糊集和直觉模糊集更为精细和准确, 将IITFN应用于决策领域更具有研究的理论价值和现实意义. 然而, 目前关于IITFN研究的报导还较为少见. 为此, 本文主要研究方案属性值为

收稿日期: 2010-10-09；**修回日期:** 2010-12-11.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71061006, 70861002)；教育部人文社科项目(09YGC630107, 09YJA630055).

作者简介: 万树平(1974−), 男, 教授, 博士, 从事决策分析、信息融合等研究.

IITFN 且属性权重为区间数的 MADM 问题. 定义了 IITFN 之间的距离, 并将经典的 TOPSIS 方法拓展到 IITFN 情形, 通过构建非线性分式规划模型, 得到方案相对接近度的区间数, 进而利用区间数比较的可能度[12]给出方案的排序方法.

2 区间梯形直觉模糊数

2.1 区间梯形直觉模糊数的定义

定义 1[6-9] 假设 $\tilde{a}$ 为实数集上的一个直觉模糊数, 其隶属函数为

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

非隶属函数为

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

其中: $0\leqslant\mu_{\tilde{a}}\leqslant 1$; $0\leqslant\nu_{\tilde{a}}\leqslant 1$; $\mu_{\tilde{a}}+\nu_{\tilde{a}}\leqslant 1$; $a,b,c,d\in R$. 称 $\tilde{a}=\langle([a,b,c,d];\mu_{\tilde{a}},\nu_{\tilde{a}})\rangle$ 为梯形直觉模糊数 (ITFN). 当 $b=c$ 时, ITFN 退化为三角直觉模糊数. 如果 $\mu_{\tilde{a}},\nu_{\tilde{a}}$ 均为区间 [0,1] 上的闭子区间, 则称 $\tilde{a}$ 为区间 ITFN (IITFN). $\pi_{\tilde{a}}(x)=1-\mu_{\tilde{a}}(x)-\nu_{\tilde{a}}(x)$ 为犹豫函数, 其值越小代表模糊数越确定. 记 $\mu_{\tilde{a}}=[\underline{\mu},\overline{\mu}]$, $\nu_{\tilde{a}}=[\underline{\nu},\overline{\nu}]$, 则 IITFN 可简记为 $\tilde{a}=([a,b,c,d];[\underline{\mu},\overline{\mu}],[\underline{\nu},\overline{\nu}])$.

2.2 IITFN 的距离

定义 2 设 $\tilde{a}_i=([a_i,b_i,c_i,d_i];[\underline{\mu}_i,\overline{\mu}_i],[\underline{\nu}_i,\overline{\nu}_i])$, $i=1,2$ 分别为两个 IITFN, 则它们之间的 Hamming 距离和 Euclidean 距离分别为

$$\begin{aligned}d_h(\tilde{a}_1,\tilde{a}_2)=[&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)a_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)a_2|+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)a_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)a_2|+\\&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)b_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)b_2|+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)b_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)b_2|+\\&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)c_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)c_2|+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)c_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)c_2|+\\&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)d_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)d_2|+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)d_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)d_2|]/8,\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}d_e(\tilde{a}_1,\tilde{a}_2)=\{[&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)a_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)a_2|^2+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)a_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)a_2|^2+\\&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)b_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)b_2|^2+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)b_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)b_2|^2+\\&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)c_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)c_2|^2+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)c_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)c_2|^2+\\&|(\underline{\mu}_1-\overline{\nu}_1)d_1-(\underline{\mu}_2-\overline{\nu}_2)d_2|^2+\\&|(\overline{\mu}_1-\underline{\nu}_1)d_1-(\overline{\mu}_2-\underline{\nu}_2)d_2|^2]/8\}^{\frac{1}{2}}.\end{aligned}\tag{2}$$

当 $\underline{\mu}_i=\overline{\mu}_i=1$, $\underline{\nu}_i=\overline{\nu}_i=0$, $i=1,2$ 时, $\tilde{a}_1$ 和 $\tilde{a}_2$ 退化为梯形模糊数, 此时, 式 (1) 和 (2) 退化为梯形模糊数的 Hamming 距离和 Euclidean 距离.

容易证明上述距离具有如下性质:

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

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

3) 若 $\tilde{a}_3$ 为任意 IITFN, 则有 $d(\tilde{a}_1,\tilde{a}_3)\leqslant d(\tilde{a}_1,\tilde{a}_2)+d(\tilde{a}_2,\tilde{a}_3)$.

3 IITFN 的 MADM 方法

3.1 决策问题描述

假设某一 MADM 问题, 方案集为 $\{A_1,A_2,\cdots,A_m\}$, 属性集为 $\{a_1,a_2,\cdots,a_n\}$, 属性的权重向量为 $W=(w_1,w_2,\cdots,w_n)$. 权重为区间数 $w_j=[\underline{w}_j,\overline{w}_j]$, $j=1,2,\cdots,n$. 方案 A_i 在属性 a_j 下的评估值可用 IITFN 表示为 $\widetilde{a}_{ij}=([h_{1i}(a_j),h_{2i}(a_j),h_{3i}(a_j),h_{4i}(a_j)];\mu_{ij},\nu_{ij})$, 其中, $\mu_{ij}=[\underline{\mu}_{ij},\overline{\mu}_{ij}]$, $\nu_{ij}=[\underline{\nu}_{ij},\overline{\nu}_{ij}]$ 分别为方案 A_i 在属性 a_j 下的值属于、不属于 $\widetilde{a}_{ij}$ 的程度, $\underline{\mu}_{ij}\geqslant 0,\underline{\nu}_{ij}\geqslant 0,\overline{\mu}_{ij}+\overline{\nu}_{ij}\leqslant 1$, 从而得到模糊决策矩阵 $\widetilde{D}=(\widetilde{a}_{ij})_{m\times n}$.

本文所探讨的决策问题是, 要根据属性权重的区间数信息和属性值的 IITFN 表达, 从众多备选方案中确定出最佳方案.

3.2 基于分式规划的决策方法

将经典的 TOPSIS 方法拓展到 IITFN 情形, 给出基于分式规划的 IITFN 多属性决策方法, 具体步骤为:

Step 1 将模糊决策矩阵 $\widetilde{D}=(\widetilde{a}_{ij})_{m\times n}$ 规范化为 $\widetilde{R}=(\widetilde{r}_{ij})_{m\times n}$, 其中 $\widetilde{r}_{ij}=([r_{1i}(a_j),r_{2i}(a_j),r_{3i}(a_j),r_{4i}(a_j)];\mu_{ij},\nu_{ij})$, 且对于成本型属性有

$$r_{ki}(a_j)=\frac{\max_j h_{4i}(a_j)-h_{5-k,i}(a_j)}{\max_j h_{4i}(a_j)-\min_j h_{1i}(a_j)},\quad k=1,2,3,4;\tag{3}$$

对于效益型属性有

$$r_{ki}(a_j)=\frac{h_{ki}(a_j)-\min_j h_{1i}(a_j)}{\max_j h_{4i}(a_j)-\min_j h_{1i}(a_j)},\quad k=1,2,3,4.\tag{4}$$

式 (3) 中分子第 2 项的下标 $5-k(k=1,2,3,4)$ 是为了保证规范化得到 $r_{1i}(a_j)\leqslant r_{2i}(a_j)\leqslant r_{3i}(a_j)\leqslant r_{4i}(a_j)$, 即使得 $[r_{1i}(a_j),r_{2i}(a_j),r_{3i}(a_j),r_{4i}(a_j)]$ 仍然为梯形模糊数.

Step 2 确定正、负理想解. 正理想解 $A^+=\{\widetilde{a}_1^+,$

$\widetilde{a}_2^+,\cdots,\widetilde{a}_n^+\}$ 在属性 $a_j(j=1,2,\cdots,n)$ 下相对于最大模糊数的隶属度为区间 [1, 1], 非隶属度为区间 [0, 0]. 负理想解 $A^-=\{\widetilde{a}_1^-,\widetilde{a}_2^-,\cdots,\widetilde{a}_n^-\}$ 在属性 $a_j(j=1,2,\cdots,n)$ 下相对于最小模糊数的隶属度为区间 [0,0], 非隶属度为区间 [1, 1]. 其中

$$\widetilde{a}_j^+=([\max_{1\leqslant i\leqslant m} r_{1i}(a_j),\max_{1\leqslant i\leqslant m} r_{2i}(a_j),\max_{1\leqslant i\leqslant m} r_{3i}(a_j),\max_{1\leqslant i\leqslant m} r_{4i}(a_j)];[1,1],[0,0]),\tag{5}$$

$$\widetilde{a}_j^-=([\min_{1\leqslant i\leqslant m} r_{1i}(a_j),\min_{1\leqslant i\leqslant m} r_{2i}(a_j),\min_{1\leqslant i\leqslant m} r_{3i}(a_j),\min_{1\leqslant i\leqslant m} r_{4i}(a_j)];[0,0],[1,1]).\tag{6}$$

Step 3　计算各方案与正、负理想解的加权距离分别为

$$D_i^+=\sum_{j=1}^n w_j d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+),\ D_i^-=\sum_{j=1}^n w_j d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-),$$

其中 $d(\ )$ 为 Hamming 距离 (1) 或 Euclidean 距离 (2).

Step 4　分别计算各方案与理想解的相对贴近度

$$C_i=\frac{D_i^-}{D_i^++D_i^-}=\frac{\sum_{j=1}^n w_j d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)}{\sum_{j=1}^n w_j[d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+)+d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)]},\quad i=1,2,\cdots,m.\tag{7}$$

显然, 当 $D_i^-=0$ 时, $C_i=0$; 当 $D_i^+=0$ 时, $C_i=1$. C_i 越大表明方案越靠近正理想解, 越远离负理想解, 该方案越好.

由于属性权重为区间数, 由式 (7) 可知 C_i 也为区间数 $C_i=[\underline{C}_i,\overline{C}_i]$, 其中下限 $\underline{C}_i$ 和上限 $\overline{C}_i$ 可通过如下非线性分式规划模型来确定:

$$\underline{C}_i=\min_W\frac{\sum_{j=1}^n w_j d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)}{\sum_{j=1}^n w_j[d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+)+d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)]};\quad \text{s.t. } \underline{w}_j\leqslant w_j\leqslant\overline{w}_j,\ j=1,2,\cdots,n.\tag{8}$$

$$\overline{C}_i=\max_W\frac{\sum_{j=1}^n w_j d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)}{\sum_{j=1}^n w_j[d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+)+d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)]};\quad \text{s.t. } \underline{w}_j\leqslant w_j\leqslant\overline{w}_j,\ j=1,2,\cdots,n.\tag{9}$$

采用 Charnes and Cooper 变换[13], 令

$$z_i=1\Big/\sum_{j=1}^n w_j[d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+)+d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)],$$

$$t_{ij}=z_iw_j,\ j=1,2,\cdots,n.$$

则上述模型可转化为线性规划模型

$$\underline{C}_i=\min_{t_{ij},z_i}\sum_{j=1}^n t_{ij}d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-);\quad \text{s.t. }\sum_{j=1}^n t_{ij}[d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)+d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+)]=1,\quad z_i\underline{w}_j\leqslant t_{ij}\leqslant z_i\overline{w}_j,\ j=1,2,\cdots,n,\ z_i\geqslant 0.\tag{10}$$

$$\overline{C}_i=\max_{t_{ij},z_i}\sum_{j=1}^n t_{ij}d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-);\quad \text{s.t. }\sum_{j=1}^n t_{ij}[d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^-)+d(\widetilde{r}_{ij},\widetilde{a}_j^+)]=1,\quad z_i\underline{w}_j\leqslant t_{ij}\leqslant z_i\overline{w}_j,\ j=1,2,\cdots,n,\ z_i\geqslant 0.\tag{11}$$

利用单纯形法求解式 (10) 和 (11) 容易得到 $\underline{C}_i$ 和 $\overline{C}_i$.

Step 5　对区间数 $C_i=[\underline{C}_i,\overline{C}_i](i=1,2,\cdots,m)$ 采用文献 [12] 的方法计算可能度矩阵, 确定排序向量并对方案排序, 从而得到最佳方案.

4　数值算例分析

4.1　供应商选择问题

考虑某汽车配件供应商的选择问题, 设有 3 个供应商组成方案集 $\{A_1,A_2,A_3\}$, 选定 4 个指标: 供应能力 a_1, 服务质量 a_2, 研发实力 a_3 和影响力 a_4 进行评价, 这些指标均为效益型定性属性, 决策者可采用不同的语言集进行评价. 假设各方案在各指标下的评估信息经过统计处理后可表示成 IITFN, 如表 1 所示. 指标的权重为 $w_1=[0.15,0.25],w_2=[0.20,0.31],w_3=[0.30,0.42],w_4=[0.13,0.24]$, 试确定最佳供应商.

首先, 根据式 (4) 对表 1 的模糊决策矩阵规范化, 结果如表 2 所示. 由式 (5) 和 (6) 确定正、负理想解分别为

$$A^+=\{([0.428\,6,0.571\,4,0.714\,3,1.000\,0];[1,1],[0,0]),([0.200\,0,0.400\,0,0.600\,0,0.800\,0];[1,1],[0,0]),([0.400\,0,0.600\,0,0.800\,0,1.000\,0];[1,1],[0,0]),([0.285\,7,0.571\,4,0.800\,0,1.000\,0];[1,1],[0,0])\},$$

表 1　模糊决策矩阵

方案	指标			
	a_1	a_2	a_3	a_4
A_1	([2, 4, 5, 8]; [0.5, 0.7], [0.1, 0.2])	([2, 3, 4, 5]; [0.1, 0.4], [0.5, 0.6])	([1, 2, 4, 5]; [0.6, 0.8] , [0.1, 0.2])	([1, 2, 4, 6]; [0.2, 0.4], [0.3, 0.6])
A_2	([1, 2, 3, 4]; [0.5, 0.6], [0.2, 0.3])	([2, 3, 4, 5]; [0.4, 0.7], [0.2, 0.3])	([3, 4, 5, 6]; [0.3, 0.6], [0.3, 0.4])	([1, 3, 5, 6]; [0.4, 0.5], [0.2, 0.4])
A_3	([4, 5, 6, 7]; [0.3, 0.5], [0.2, 0.4])	([1, 3, 5, 6]; [0.2, 0.4], [0.4, 0.5])	([2, 4, 6, 7]; [0.4, 0.7] , [0.2, 0.3])	([3, 5, 6, 8]; [0.0, 0.3], [0.5, 0.7])

表 2 规范化的模糊决策矩阵

方案	指标			
	a_1	a_2	a_3	a_4
A_1	([0.1429, 0.4286, 0.5714, 1.0000]; [0.5, 0.7], [0.1, 0.2])	([0.1429, 0.2857, 0.4286, 0.5714]; [0.1, 0.4], [0.5, 0.6])	([0.0000, 0.1429, 0.4286, 0.5714]; [0.6, 0.8], [0.1, 0.2])	([0.0000, 0.1429, 0.4286, 0.7143]; [0.2, 0.4], [0.3, 0.6])
A_2	([0.0000, 0.2000, 0.4000, 0.6000]; [0.5, 0.6], [0.2, 0.3])	([0.2000, 0.4000, 0.6000, 0.8000]; [0.4, 0.7], [0.2, 0.3])	([0.4000, 0.6000, 0.8000, 1.0000]; [0.3, 0.6], [0.3, 0.4])	([0.0000, 0.4000, 0.8000, 1.0000]; [0.4, 0.5], [0.2, 0.4])
A_3	([0.4286, 0.5714, 0.7143, 0.8571]; [0.3, 0.5], [0.2, 0.4])	([0.0000, 0.2857, 0.5714, 0.7143]; [0.2, 0.4], [0.4, 0.5])	([0.1429, 0.4286, 0.7143, 0.8571]; [0.4, 0.7], [0.2, 0.3])	([0.2857, 0.5714, 0.7143, 1.0000]; [0.0, 0.3], [0.5, 0.7])

$$\begin{aligned}A^- = \{&([0.000\,0, 0.200\,0, 0.400\,0, 1.000\,0]; [0,0], [1,1]),\\ &([0.000\,0, 0.285\,7, 0.428\,6, 0.571\,4]; [0,0], [1,1]),\\ &([0.000\,0, 0.142\,9, 0.428\,6, 0.571\,4]; [0,0], [1,1]),\\ &([0.000\,0, 0.142\,9, 0.428\,6, 0.714\,3]; [0,0], [1,1])\}.\end{aligned}$$

对于方案 A_1, 结合指标权重和式(10), 采用 Hamming 距离 (1) 构建线性规范模型

$$\begin{aligned}&\underline{C}_1 = \min_{t_{1j}, z_1} 0.250\,4t_{11} + 0.428\,6t_{12} +\\ &\quad 0.128\,6t_{13} + 0.369\,7t_{14};\\ &\text{s.t. } (0.250\,4 + 0.919\,6)t_{11} + (0.428\,6 + 0.392\,9)t_{12} +\\ &\quad (0.128\,6 + 0.857\,1)t_{13} + (0.369\,7 + 0.616\,1)t_{14} = 1,\\ &\quad 0.15z_1 \leqslant t_{11} \leqslant 0.25z_1,\ 0.20z_1 \leqslant t_{12} \leqslant 0.31z_1,\\ &\quad 0.30z_1 \leqslant t_{13} \leqslant 0.42z_1,\ 0.13z_1 \leqslant t_{14} \leqslant 0.24z_1,\\ &\quad z_1 \geqslant 0. \qquad (12)\end{aligned}$$

利用 Lingo 软件求解上述模型得到 $\underline{C}_1 = 0.242\,1$, 同理可得 $\overline{C}_1 = 0.304\,5$, 因此供应商 A_1 的相对贴近度为 $C_1 = [0.242\,1, 0.304\,5]$. 依次得到供应商 A_2 和 A_3 的相对贴近度分别为 $C_2 = [0.250\,2, 0.257\,4], C_3 = [0.314\,4, 0.382\,2]$.

采用文献 [12] 的方法计算可能度矩阵为

$$P = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.780\,2 & 0 \\ 0.219\,8 & 0.5 & 0 \\ 1 & 1 & 0.50 \end{bmatrix},$$

排序向量为 $\omega = (0.296\,7, 0.203\,3, 0.500\,0)$. 因此, 方案排序为 $A_3 \succ A_1 \succ A_2$, 最佳供应商为 A_3. 表 1 数据表明方案 A_3 的指标 a_1, a_3, a_4 的梯形模糊数均大于方案 A_1 和 A_2, 因而本文决策结果合理.

4.2 与相关文献的比较

1) 文献[5,7-9] 分别研究了属性值为 TIFN, ITFN 的 MADM 问题, [10-11] 研究的是属性值为 ITFN 的 MAGDM 问题, 本文研究的是属性值为 IITFN 的 MADM 问题, 研究对象不同于 [5-11].

2) 文献 [8] 只定义了 ITFN 的 Hamming 距离; 本文定义了 IITFN 的 Hamming 距离和 Euclidean 距离. 文献 [8] 建立的非线性规划模型无法采用经典优化方法, 只能采用遗传算法求解; 本文的非线性分式规划模型可转化为线性规划模型, 由单纯形法即可求解, 方法更加简单.

5 结 论

本文定义了 IITFN 的 Hamming 距离和 Euclidean 距离, 探讨了属性值为 IITFN 且属性权重为区间数的 MADM 方法. 基于经典的 TOPSIS 方法, 构建了方案相对贴近度的分式规划模型, 并通过 Charnes and Cooper 变换转化为线性规划模型求解, 得到各方案相对贴近度的区间数表达, 进而提出了 IITFN 决策方法. 该方法是 TOPSIS 在直觉模糊决策中的有益拓广, 计算简单, 可应用于人力资源管理、风险投资和区域产业选择等实际管理决策问题中. 如何合理地将评估信息采用 IITFN 来表达是下一步的研究方向.

参考文献(References)

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

[2] Atanassov K, Gargov G. Interval-valued intuitionistic fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 31(3): 343-349.

[3] 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.
(Xu Z S, Chen J. An approach to group decision making based on interval-valued intuitionistic judgment matrices[J]. System Engineering Theory and Practice, 2007, 27(4): 126-133.)

[4] Shu M H, Cheng C H, Chang J R. Using intuitionistic fuzzy sets for fault tree analysis on printed circuit board assembly[J]. Microelectronics Reliability, 2006, 46(12): 2139-2148.

[5] Li D F. A ratio ranking method of triangular intuitionistic fuzzy numbers and its application to MADM problems[J]. Computers and Mathematics with Applications, 2010, 60(6): 1557-1570.

(下转第463页)