

文章编号:1001-9081(2008)04-0935-04

一种基于残缺信息的多准则区间直觉模糊决策方法

刘天虎¹,许维胜²,吴启迪²

(1. 同济大学 经济与管理学院,上海 200092; 2. 同济大学 电子与信息工程学院,上海 200092)

(liutianhu@163.net)

摘要:提出一种权重系数存在残缺信息的多准则区间直觉模糊集的排序算法。该方法通过逻辑集成得到各方案的区间直觉模糊集,计算各种方案的区间直觉模糊数的 Hamming 距离,并建立非线性规划模型,利用粒子群算法求解所得的优化模型,得出最优准则的权重系数。然后通过比较区间直觉模糊集与上级方案及次级方案的距离来进行最优排序。最后利用实例对方法的有效性和可行性进行了说明。

关键词:残缺信息;区间直觉模糊集;多准则决策

中图分类号: TP181 **文献标志码:** A

An approach to multicriteria decision-making based on interval-valued intuitive fuzzy set with incomplete information

LIU Tian-hu¹, XU Wei-sheng², WU Qi-di²

(1. School of Economics & Management, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. School of Electronics and Information Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A multicriteria ranking method was proposed in which the information on the criteria's weights was incomplete and the criteria's value was interval intuitive fuzzy set. The interval-valued intuitive fuzzy set of each program was aggregated through logical algorithms. The Hamming distance of each program was computed and nonlinear programming model was established. By using particle swarm optimization algorithms, the optional criteria weights were gained. And ranking was performed through the comparison of the distances between interval-valued intuitive fuzzy set and superior program & inferior program alternative. Eventually, a practical example was provided to illustrate the validity and feasibility of this method.

Key words: incomplete information; interval-valued intuitive fuzzy set; multicriteria decision-making

0 引言

模糊集的概念是由 Zadeh^[1]于 1965 年提出,此后模糊集理论被广泛应用于模糊决策中。随着人们对直觉模糊数学的深入研究,Atanassov^[2]于 1986 年提出了相关的理论,拓展了模糊集思想。Vague 集概念由 Gau^[3]于 1993 年提出,Bustince 和 Burillo^[4]对该理论进行了证明,于 1996 年在文献中描述了其本质特点就是直觉模糊集。后来,一些学者对区间直觉模糊集进行了扩展研究,主要体现在 1994 年 Atanassov^[5]提出其运算法则,1995 年 Bustince^[6]和 1998 年 Hong^[7]提出其关联度理论,2001 年 Mondal 和 Samanta^[8]提出其拓扑结构理论,以及 2003 年 Deschrijver 和 Kerre^[9]提出其类比关系理论。将区间直觉模糊集理论应用于决策问题中已经取得了一些成果,如:1994 年 Chen 和 Tan^[10]提出了一种基于 Vague 集的多准则模糊决策方法。而改进后的多准则模糊决策方法由 Hong 和 Choi^[11]于 2000 年在研究论文中提出。2005 年 Li^[12]将直觉模糊集应用到多属性模糊决策中,建立了一些求解最优属性权重的线性规划模型,但由于模型数量比较多,计算过程复杂。

目前对于区间直觉模糊集的研究主要集中在基础理论方面,而对于实际应用的深入研究还比较少。徐泽水^[13]于 2007 年提出了一种基于区间直觉模糊信息的决策途径,定义了区间直觉模糊数的得分函数和精确函数,给出了区间直觉模糊数的一种简单排序方法,是对多属性决策领域的有益实践。考虑到一些实际决策问题,如:企业动态联盟的合作伙伴选择

问题等,决策者往往需要给出其对决策方案的偏好信息。由于受客观环境的复杂性、决策者的专业技能及时间等诸多因素影响,决策者往往不能提供对决策方案的精确偏好信息,存在一定的犹豫度。此时用区间直觉模糊集来描述决策者的偏好信息比传统的判断矩阵更加全面和细致,对该类问题的研究有较高的实际应用价值。故本文提出一种准则权重系数存在残缺信息且准则值为区间直觉模糊集的多准则决策方法,从而实现对此类问题的决策需求。

1 直觉模糊集概念及判断矩阵

1.1 直觉模糊集

直觉模糊集是传统模糊集的一种扩展。直觉模糊集同时考虑了隶属度、非隶属度和犹豫度三方面的信息,因此它比传统的模糊集在处理模糊性和不确定性方面更加具有灵活性和实用性,它能够更加细腻地描述和刻画客观世界的模糊性本质^[14]。

定义 1 令 X 为一个给定论域,则 X 上的一个直觉模糊集 A 定义为: $A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in X \}$, 其中 $\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$, $\nu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$, 且 $\mu_A(x) + \nu_A(x) \in [0, 1]$, $\forall x \in X$ 。

$\mu_A(x)$ 表示元素 x 对集合 A 的隶属度, $\nu_A(x)$ 表示非隶属度。 X 上的全体直觉模糊集构成的集合记作 $IFS(X)$ 。而 $\varphi_A = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$ 为 x 在 A 中的直觉指数,它表示 x 属于 A 与否的不确定性程度, $\varphi_A \in [0, 1]$ 。

收稿日期:2007-11-01;修回日期:2008-01-21。 基金项目:国家 973 规划项目(2002CB312200)。

作者简介:刘天虎(1974-),男,四川内江人,博士研究生,主要研究方向:管理系统与管理工程;许维胜(1966-),男,山东临邑人,教授,博士生导师,主要研究方向:自动化控制系统;吴启迪(1947-),女,浙江永嘉人,教授,博士生导师,主要研究方向:智能自动化系统。

1.2 区间直觉模糊集

区间直觉模糊集是直觉模糊集的延伸,通过区间的形式来描述客观现实,更能反映问题的本质特点。

定义2 设 X 是一个给定的论域,则 X 上的一个区间直觉模糊集 \tilde{A} 定义为^[15]:

$\tilde{A} = \{ \langle x, \hat{\mu}_A(x), \hat{\nu}_A(x) \rangle \mid x \in X \}$, 其中: $\hat{\mu}_A(x): X \rightarrow \text{int}([0, 1])$ 和 $\hat{\nu}_A(x): X \rightarrow \text{int}([0, 1])$ 分别是 \tilde{A} 的隶属函数和非隶属函数,且对于 \tilde{A} 上的所有 $x \in X, \text{sup}(\hat{\mu}_A(x)) + \text{sup}(\hat{\nu}_A(x)) \in [0, 1]$ 成立。而 $\text{int}([0, 1])$ 表示 $[0, 1]$ 区间中所有闭子区间的集合。区间直觉模糊集也可记为: $\tilde{A} = \{ \langle x, \tilde{\mu}_A, \tilde{\nu}_A \rangle \mid x \in X \}$, 其中: $\tilde{\mu}_A = [\mu'_A(x), \mu''_A(x)]$, $\tilde{\nu}_A = [\nu'_A(x), \nu''_A(x)]$, $x \in X, \mu'_A(x) + \nu'_A(x) \in [0, 1], \mu'_A(x) \geq 0, \nu'_A(x) \geq 0$ 。而 $\tilde{\varphi}_A(x) = 1 - \hat{\mu}_A(x) - \hat{\nu}_A(x) = [1 - \mu''_A(x) - \nu''_A(x), 1 - \mu'_A(x) - \nu'_A(x)]$ 为 \tilde{A} 中 x 的直觉模糊区间,定义在论域 X 上的区间直觉模糊集记作 $IV IFS(X)$ 。

定义3 设 X 是 N 个元素的论域, $\tilde{A}, \tilde{B} \in IV IFS(X)$, 且有 $\tilde{A} = \{ \langle x, \tilde{\mu}_A, \tilde{\nu}_A \rangle \mid x \in X \}$, $\tilde{B} = \{ \langle x, \tilde{\mu}_B, \tilde{\nu}_B \rangle \mid x \in X \}$, 则通过扩展运算可得到两区间直觉模糊数的 Hamming 距离为^[16]:

$$D(\tilde{A}, \tilde{B}) = \frac{1}{4n} \sum_{i=1}^n (|\mu'_A(x_i) - \mu'_B(x_i)| + |\nu'_A(x_i) - \nu'_B(x_i)| + |\mu''_A(x_i) - \mu''_B(x_i)| + |\nu''_A(x_i) - \nu''_B(x_i)| + |\tilde{\varphi}'_A(x_i) - \tilde{\varphi}'_B(x_i)| + |\tilde{\varphi}''_A(x_i) - \tilde{\varphi}''_B(x_i)|) \quad (1)$$

其中: $\tilde{\varphi}'_j(x_i) = 1 - \mu'_j(x_i) - \nu'_j(x_i)$, $\tilde{\varphi}''_j(x_i) = 1 - \mu''_j(x_i) - \nu''_j(x_i)$, $j = A, B$ 。

1.3 判断矩阵权重系数的信息不确定性

在一些实际案例中,决策者往往需要给出他对决策方案的偏好信息,由于受客观环境、决策者的知识结构和专业水平、时间等诸多因素的影响,决策者往往不能提供对决策方案的精确信息,存在着一定的犹豫度。鉴于决策者很难准确给出判断矩阵的权重系数,通常可以区间变化的信息来表示权重系数的情况,此时的判断矩阵的权重信息可以表达如下:

$$Inf = \tilde{A}\beta = \begin{cases} W_1, W_1 \in [k, +\infty) \\ W_2, W_2 \in [0, k] \\ W_3, W_3 = k \end{cases} \quad (2)$$

其中 \tilde{A} 是 $m \times n$ 维的判断矩阵,而 $\beta > 0, k \geq 0, \beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)^T$ 。

上式可以表示权重信息不确定性的程度,当 $\tilde{A}\beta$ 取 W_1 值时,表示一种开放式不确定的权重信息;当 $\tilde{A}\beta$ 取 W_2 值时,表示一种区间可确定的权重信息,但具体值不能完全确定;当 $\tilde{A}\beta$ 取 W_3 值时,表明一种明确的权重信息,这种情况在现实生活中是比较少见的。

2 多准则区间直觉模糊决策方法

假设存在 m 个方案为 $\tilde{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$, n 个决策信息准则 $\tilde{C} = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, 同时决策方案 a_m 在准则 c_n 下相对于优等模糊集“ \tilde{A}^+ ”的隶属度区间和非隶属度区间可设为 $\tilde{\mu}_{mn}$ 和 $\tilde{\nu}_{mn}$, 其中: $\tilde{\mu}_{mn} = [\mu'_{mn}(x), \mu''_{mn}(x)]$, $\tilde{\nu}_{mn} = [\nu'_{mn}(x), \nu''_{mn}(x)]$, $\mu'_{mn}(x) + \nu'_{mn}(x) \in [0, 1], \mu'_{mn}(x) \geq 0, \nu'_{mn}(x) \geq 0$, 同时设准则 c_n 的权重系数为 β , 现在我们可以进一步确定方案集 \tilde{A} 的优先排序。

假定 $f_1 = \{\tilde{A}^+\}$, f_n 可表示属于“ \tilde{A}^+ ”的隶属度 $\tilde{\mu}_{mn} = 0$ 且非隶属度 $\tilde{\nu}_{mn} = 1$ 的方案所在的等级。则决策方案 a_m 在准则 c_n 下的评定值表示为^[17]: $R(c_i(a_m)) = \{f_n, \tilde{\xi}_{n,i}(a_m)\}$, $n = 1, 2$, 其中: $\tilde{\xi}_{1,i}(a_m) = \tilde{\mu}_{mi}(a_m) = [\mu'_{mi}(a_m), \mu''_{mi}(a_m)]$, $\tilde{\xi}_{2,i}(a_m) = \tilde{\nu}_{mi}(a_m) = [\nu'_{mi}(a_m), \nu''_{mi}(a_m)]$, $\tilde{\xi}_{n,i}(a_m)$ 表示决策方案 a_m 在准则 c_i 下属于等级 f_n 的置信区间。

2.1 决策方案的集成
对于确定的权重系数 β_i 和置信度 $\xi'_{n,i}(a_m)$, 可利用证据推理算法对方案准则值进行集成^[18]。这里假定 f 表示任一等级, $\tilde{B}_{n,i}(a_m) = \beta_i \xi'_{n,i}(a_m)$, $\tilde{B}_{f,i}(a_m) = 1 - \sum_{n=1}^2 \tilde{B}_{n,i}(a_m) = 1 - \beta_i \sum_{n=1}^2 \xi'_{n,i}(a_m)$, 其初始设置如下: $\tilde{B}_{f,i}(a_m) = \tilde{B}_{f,1}(a_m)$, $\tilde{B}_{n,i}(a_m) = \tilde{B}_{n,1}(a_m)$, $n = 1, 2$, $\gamma_{i+1}(a_m) = [1 - \sum_{k=1}^2 \sum_{n=1}^2 \tilde{B}_{k,i}(a_m) m_{n,i+1}(a_m)]^{-1}$, $i = 1, 2, \dots, k-1$, 则有:

$$\tilde{B}_{f,i+1}(a_m) = \gamma_{i+1}(a_m) \tilde{B}_{f,i}(a_m) \tilde{B}_{f,i+1}(a_m)$$

而对于每一个 f_n , 则存在以下关系:
 $\tilde{B}_{n,i+1}(a_m) = \gamma_{i+1}(a_m) [\tilde{B}_{n,i}(a_m) \tilde{B}_{n,i+1}(a_m) + \tilde{B}_{f,i}(a_m) \tilde{B}_{n,i+1}(a_m) + \tilde{B}_{n,i}(a_m) \tilde{B}_{f,i+1}(a_m)]$
利用递归算法可得方案 a_m 在等级 f_n 下的置信度为:

$$\xi_n(a_m) = \frac{1 - \xi_f(a_m)}{1 - \tilde{B}_{f,i}(a_m)} \tilde{B}_{n,i}(a_m); n = 1, 2 \quad (3)$$

$$\xi_f(a_m) = \sum_{i=1}^k \beta_i \left(1 - \sum_{n=1}^2 \xi'_{n,i}(a_m) \right)$$
 为未知准则值的置信度。

通过推理可得 $\sum_{n=1}^2 \xi_n(a_m) + \xi_f(a_m) = 1$, 递归算法简化了加权算法的前提约束,能以理性方式处理残缺信息的多准则决策的集成问题。

2.2 优化模型的综合

通过式(2)的计算可能得到决策方案 a_m 的区间直觉模糊集 $\langle a_m, \tilde{\xi}_1(a_m, \beta), \tilde{\xi}_2(a_m, \beta) \rangle$, 其中: $\tilde{\xi}_1(a_m, \beta) = [\xi'_{1,i}(a_m, \beta), \xi''_{1,i}(a_m, \beta)]$, $\tilde{\xi}_2(a_m, \beta) = [\xi'_{2,i}(a_m, \beta), \xi''_{2,i}(a_m, \beta)]$, 而直觉模糊区间为: $\tilde{\xi}_f(a_m, \beta) = [\xi'_{f,i}(a_m, \beta), \xi''_{f,i}(a_m, \beta)]$ 。

决策方案 a_m 与上级方案 \tilde{A}^+ 的距离值为:

$$D_m^+ = D(a_m, \tilde{A}^+) = \frac{1}{4} \left\{ 2 + \sum_{i=1}^2 (-1)^i [\xi'_{i,i}(a_m, \beta) + \xi''_{i,i}(a_m, \beta)] + \Omega \right\}$$

决策方案 a_m 与次级方案 \tilde{A}^- 的距离值为:

$$D_m^- = D(a_m, \tilde{A}^-) = \frac{1}{4} \left\{ 2 - \sum_{i=1}^2 (-1)^i [\xi'_{i,i}(a_m, \beta) + \xi''_{i,i}(a_m, \beta)] + \Omega \right\}$$

其中: $\Omega = \xi'_{f,i}(a_m, \beta), \xi''_{f,i}(a_m, \beta)$, 代表直觉指数。通过

分析可知,方案 a_m 距离上级方案 \tilde{A}^+ 越近,则方案越好;而距
 离次级方案 \tilde{A}^- 越近,则方案也越差。因此,对于每个方案 a_m
 的优化模型为:

$$\begin{aligned} & 1) \text{Min}(D_m^+) = D(a_m, \tilde{A}^+); \\ & 2) \text{Max}(D_m^-) = D(a_m, \tilde{A}^-). \end{aligned}$$

通过对以上优化模型进行综合后可得:

$$\text{Min}(\tilde{D}_m) = \sum_{i=1}^m \frac{D(a_i, \tilde{A}^+)}{D(a_i, \tilde{A}^+) + D(a_i, \tilde{A}^-)}$$

s. t. $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1, \beta_i \in [0, 1], \beta \in \tilde{A}$ (3)

2.3 优化模型的算法分析

式(3)是一个非线性规划模型,难以利用传统的优化算
 法进行求解,这里引入粒子群算法求解该模型。通过构造惩
 罚函数消减迭代之后产生的不可行解,将约束条件简化,在每
 次迭代后产生并保存部分不可行解粒子,然后在每一代中寻
 优。具体算法步骤如下^[19]:

1) 对粒子群中的粒子进行编码排序。

为了保证权重系数之和始终为 1,可将其中一个权重系
 数粒子设为 β_n ,另外一个权重系数粒子 β_k 由 $n-1$ 个 β_i 构成,
 即: $\beta_k = \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i = 1 - \beta_n$ 。

2) 对粒子群的初始权重粒子进行设置。

通过求解线性规划: $\text{Min}(\tilde{D}_m) = 0, \text{s. t.}$
 $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1, \beta_i \in [0, 1], \beta \in \tilde{A}$,并确定 β_n 为最优

权重系数 $\tilde{\beta}^+ = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ 的初始权重粒
 子,如果最优解不存在,则需要对准则权重系数进行
 调整后再计算。

3) 对粒子群的收敛速率进行加速调整。

为提高该算法的收敛速率及效果,利用线性
 变化的粒子群算法对粒子的收敛速率进行加速调
 整,通过参考文献^[19]中的计算公式可得:

$$v_{md}^n = \lambda v_{md}^{n-1} + \sigma_1 \text{rand}_1^{n-1} K_1 + \sigma_2 \text{rand}_2^{n-1} K_2, \text{ 其}$$

中: $K_1 = \omega_1 \text{best}_{md}^{n-1} - x_{md}^{n-1}, K_2 = \omega_2 \text{best}_{md}^{n-1} - x_{md}^{n-1}, x_{md}^{n-1} = x_{md}^{n-2} +$
 v_{md}^{n-1} ,而 λ 为权重系数,用来决定对粒子速率的影响, σ_1 和 σ_2
 为粒子加速度系数,分别调节粒子运行的最优步幅。

4) 对粒子群最优收敛距离的计算及择优。

对于每一代确定的粒子,以式(3)的目标函数作为其最
 优距离值。当算法迭代次数超过指定的次数时,算法结束,取
 距离值最小的粒子为最优。

2.4 决策方案的最优排序

将式(3)的最优准则权重系数 $\tilde{\beta}^+$ 代入式(2),可计算得
 到决策方案 a_m 的区间直觉模糊集为: $\langle a_m, \tilde{\xi}_1(a_m, \tilde{\beta}^+),$
 $\tilde{\xi}_2(a_m, \tilde{\beta}^+) \rangle$ 其中: $\tilde{\xi}_1(a_m, \tilde{\beta}^+) = [\xi'_1(a_m, \tilde{\beta}^+), \xi''_1(a_m,$
 $\tilde{\beta}^+)]$, $\tilde{\xi}_2(a_m, \tilde{\beta}^+) = [\xi'_2(a_m, \tilde{\beta}^+), \xi''_2(a_m, \tilde{\beta}^+)]$,并可计
 算出 D_m^+ 和 D_m^- 值,进而计算得到: $\text{Min}(\tilde{D}_m) = \sum_{i=1}^m$
 $\frac{D(a_i, \tilde{A}^+)}{D(a_i, \tilde{A}^+) + D(a_i, \tilde{A}^-)}$, \tilde{D}_m 值越小,方案则越好,这样便得

到方案集的排序结果。

3 实例分析

国际市场日益激烈的竞争促进了汽车企业动态合作联盟
 的产生,以降低生产总成本,降低库存规模,提升质量水平,增
 强信息互享及交流,产生更强的市场竞争优势。影响动态企业
 合作的因素很多,因此合作伙伴的选择是一个非常复杂而重要
 的过程,特别是对核心合作伙伴的选择,必须权衡多方面的
 因素,全面考察潜在伙伴的能力,从中作出最优决策。在影响
 企业联盟合作伙伴选择的决策因素中,技术创新(c_1)、质量水
 平(c_2)、价格水平(c_3)、生产成本(c_4)、供应能力(c_5)和资本
 实力(c_6)是合作成功的关键因素^[20]。现有 5 个合作伙伴希望
 加盟到汽车生产项目中来, $\tilde{A} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$,而 6 项
 决策准则为 $\tilde{C} = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$ 。利用专家系统并通
 过深入调查可得到各合作伙伴相对于最优条件 \tilde{A}^+ 的隶属度
 矩阵,这里引用文献^[13]中的数据表以便作对比计算,具体
 数据如表 1 所示。

同时通过专家系统可以得到准则权重系数的模糊区间取
 值如表 2 所示。这里假定: $\tilde{\beta}^+ = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6)^T$,
 $\beta_4 \leq \beta_2 \leq \beta_5 \leq \beta_1 \leq \beta_6 \leq \beta_3$ 。

表 1 合作伙伴的隶属度矩阵

伙伴	决策因素		
	技术创新 (c_1)	质量水平 (c_2)	价格水平 (c_3)
a_1	$([0.2, 0.3], [0.4, 0.5])$	$([0.6, 0.7], [0.2, 0.3])$	$([0.4, 0.5], [0.2, 0.4])$
a_2	$([0.6, 0.7], [0.2, 0.3])$	$([0.5, 0.6], [0.1, 0.3])$	$([0.6, 0.7], [0.2, 0.3])$
a_3	$([0.4, 0.5], [0.3, 0.4])$	$([0.7, 0.8], [0.1, 0.2])$	$([0.5, 0.6], [0.3, 0.4])$
a_4	$([0.6, 0.7], [0.2, 0.3])$	$([0.5, 0.7], [0.1, 0.3])$	$([0.7, 0.8], [0.1, 0.2])$
a_5	$([0.5, 0.6], [0.3, 0.4])$	$([0.3, 0.4], [0.3, 0.5])$	$([0.6, 0.7], [0.1, 0.3])$

伙伴	决策因素		
	生产成本 (c_4)	供应能力 (c_5)	资本实力 (c_6)
a_1	$([0.7, 0.8], [0.1, 0.2])$	$([0.1, 0.3], [0.5, 0.6])$	$([0.5, 0.7], [0.2, 0.3])$
a_2	$([0.6, 0.7], [0.1, 0.2])$	$([0.3, 0.4], [0.5, 0.6])$	$([0.4, 0.7], [0.1, 0.2])$
a_3	$([0.6, 0.7], [0.1, 0.3])$	$([0.4, 0.5], [0.3, 0.4])$	$([0.3, 0.5], [0.1, 0.3])$
a_4	$([0.3, 0.4], [0.1, 0.2])$	$([0.5, 0.6], [0.1, 0.3])$	$([0.7, 0.8], [0.1, 0.2])$
a_5	$([0.6, 0.8], [0.1, 0.2])$	$([0.6, 0.7], [0.2, 0.3])$	$([0.5, 0.6], [0.2, 0.4])$

表 2 权重系数 β_i 的模糊区间取值

权重系数	值	权重系数	值
β_1	$[0.15, 0.20]$	β_4	$[0.05, 0.10]$
β_2	$[0.10, 0.15]$	β_5	$[0.10, 0.20]$
β_3	$[0.20, 0.30]$	β_6	$[0.15, 0.25]$

利用式(3)进行数学建模,通过 Matlab 6.0 编程求解可
 得到最优权重系数为:

$$\tilde{\beta}^+ = (0.199, 0.102, 0.250, 0.100, 0.148, 0.201)^T \approx$$

$$(0.20, 0.10, 0.25, 0.10, 0.15, 0.20)^T$$

各合作伙伴的区间直觉模糊集分别为:

$$\tilde{A}_1 = \langle a_1, [0.8427, 0.8793], [0.0619, 0.0977] \rangle$$

$$\tilde{A}_2 = \langle a_2, [0.6954, 0.8263], [0.1316, 0.1425] \rangle$$

$$\tilde{A}_3 = \langle a_3, [0.5841, 0.6629], [0.2495, 0.3108] \rangle$$

$$\tilde{A}_4 = \langle a_4, [0.6725, 0.7652], [0.1369, 0.1427] \rangle$$

$$\tilde{A}_5 = \langle a_5, [0.6347, 0.6826], [0.2417, 0.2853] \rangle$$

各合作伙伴的 Hamming 距离 \tilde{D}_m 分别为:

$\tilde{D}_1 = 0.3618, \tilde{D}_2 = 0.2158, \tilde{D}_3 = 0.3326, \tilde{D}_4 = 0.1374,$
 $\tilde{D}_5 = 0.2485$, 可见: $\tilde{D}_1 > \tilde{D}_3 > \tilde{D}_5 > \tilde{D}_2 > \tilde{D}_4$, 由于 \tilde{D}_m 值越小,
 方案越好, 于是合作伙伴的择优排序为: $a_4 > a_2 > a_5 > a_3 >$
 a_1 , 可见最优的合作伙伴为 a_4 。

目前对于区间直觉模糊信息的集成方法的研究主要基于
 已知决策因素的权重系数的情形, 并利用加权几何平均算子
 对所有决策者给出的决策信息进行集成, 进而对计算得到的
 得分函数值进行排序^[13]。假设确定的决策因素的权重系数

为: $\omega = \tilde{\beta}^+ = (\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6)^T = (0.20, 0.10,$
 $0.25, 0.10, 0.15, 0.20)^T$, 利用文献[13]中的加权几何平
 均算子对表1中的隶属度矩阵进行计算, 可以得到综合区间
 直觉模糊值 $\tilde{A}_i (i = 1, 2, \dots, 5)$ 为:

$$\tilde{A}_1 = \langle [0.3257, 0.4848], [0.2878, 0.4132] \rangle$$

$$\tilde{A}_2 = \langle [0.4896, 0.6338], [0.2185, 0.3301] \rangle$$

$$\tilde{A}_3 = \langle [0.4398, 0.5673], [0.2260, 0.3533] \rangle$$

$$\tilde{A}_4 = \langle [0.4972, 0.6190], [0.1210, 0.2467] \rangle$$

$$\tilde{A}_5 = \langle [0.5204, 0.6307], [0.1991, 0.3782] \rangle$$

进一步利用文献[13]中的得分函数计算得到 \tilde{A}_i 的得分
 函数值 $\Delta(\tilde{A}_i) (i = 1, 2, \dots, 5)$ 为:

$$\Delta(\tilde{A}_1) = 0.0547, \Delta(\tilde{A}_2) = 0.2874, \Delta(\tilde{A}_3) = 0.2139,$$

$$\Delta(\tilde{A}_4) = 0.3742, \Delta(\tilde{A}_5) = 0.2869$$

由于得分函数值越高, 方案越优。则可根据 $\Delta(\tilde{A}_i)$ 的大小
 对最优合作伙伴进行排序如下: $a_4 > a_2 > a_5 > a_3 > a_1$, 可见
 最佳的合作伙伴同样为 a_4 。通过对表1中合作伙伴的隶属度
 矩阵进行分析, 可以看出上述的结论是比较合理的。与其他算
 法相比, 本文采取的决策过程更为实用。

4 结语

本文针对残缺信息且准则值为区间直觉模糊集的多准则
 排序问题, 通过逻辑集成得到各方案的区间直觉模糊集, 并建
 立了模糊集方案的 Hamming 距离寻优模型, 利用粒子群算法
 得到该模型的解。该方法满足了决策者仅能提供残缺权重系
 数的模糊决策要求, 特别是在企业动态联盟的合作伙伴选择
 方面得到了较好的应用。

参考文献:

- [1] ZADEH L A. Fuzzy sets[J]. Inform and Control, 1965, 8(3): 338-356.
- [2] ATANASSOV K T. Intuitive Fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20(1): 87-96.
- [3] GAU W L, BUEHRER D J. Vague sets[J]. IEEE Transactions on Systems Man Cybernet, 1993, 23: 610-614.
- [4] BUSTINCE H, BURILLO P. Vague sets are intuitive fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996, 79(3): 403-405.
- [5] ATANASSOV K. Operators over interval-valued intuitive fuzzy sets [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 64(2): 159-174.
- [6] BUSTINCE H, BURILLO P. Correlation of interval-valued intuitive fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1995, 74(2): 237-244.
- [7] HONG D H. A note on correlation of interval-valued intuitive fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1998, 95(1): 113-117.
- [8] MONDAL T K, SAMANTA S K. Topology of interval-valued intuitive fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2001, 119(3): 483-494.
- [9] DESCHRIJVER G, KERRE E E. On the relationship between some extensions of fuzzy set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2003, 133(2): 227-235.
- [10] SHYI-MING C, JIANN-MEAN T. Handling multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1994, 67: 163-172.
- [11] HONG D H, CHOI C H. Multicriteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000, 114(1): 103-113.
- [12] LI DENG-FENG. Multiattribute decision making models and methods using intuitive fuzzy sets[J]. Journal of Computer and System Sciences, 2005, 70: 73-85.
- [13] 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.
- [14] CASSANDRAS C G, LAFORTUNE S. Introduction to discrete event systems[M]. Norwell: Kluwer, 1999.
- [15] ATANASSOV K T, GARGOV G. Interval valued intuitive fuzzy sets[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1989, 31(3): 34-349.
- [16] GRZEGORZEWSKI P. Distances between intuitive fuzzy sets and/or interval-valued fuzzy sets based on the Hausdorff metric [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2004, 148(2): 319-328.
- [17] 王坚强. 一种信息不完全确定的多准则分类决策方法[J]. 控制与决策, 2006, 21(8): 863-867.
- [18] YANG J B. Rule and utility based evidential reasoning approach for multiattribute decision analysis under uncertainty[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 131(1): 31-61.
- [19] SHI Y, EBERHART R C. Empirical study of particle swarms optimization[C]// Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation. Piscataway: IEEE Service Center, 1999: 1945-1949.
- [20] 陈畴镛, 徐龙光. 供应链管理中的合作伙伴选择模型[C]// 蔡晨. 2001年中国管理科学学术会议论文集. 北京: [不详], 2001: 57-62.
- [5] BROWN T A. Genomes2[M]. Oxford, England: Bios Scientific Publishers Ltd, 2002.
- [6] 王镜岩, 朱圣庚, 徐长法. 生物化学(下册)[M]. 3版. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [7] 姚凤霞, 张瑞芳, 刘春宇, 等. 真核生物 RNA 聚合酶II启动子的计算机预测[J]. 国外医学(遗传学分册), 2005, 28(1): 4-9.
- [8] NOBUYOSHI I, MARTIN R, YOICHI N, et al. Toward large-scale modeling of the microbial cell for computer simulation[J]. Journal of Biotechnology, 2004, 113: 281-294.
- [9] SLEPCHENKO B M, SCHAFF J C, LAN M, et al. Quantitative cell biology with the virtual cell [J]. Trends in Biotechnology, 2003, 13(11): 570-576.
- [10] FINK C C, SLEPCHENKO B, MORARU I I, et al. An image-based model of calcium waves in differentiated neuroblastoma cells [J]. The Journal of Cell Biology, 2000, 79(1): 163-183.
- [11] LESLIE M L, JAMES C S. The virtual cell: a software environment for computational cell biology [J]. Trends in Biotechnology, 2001, 19(10): 401-406.
- [12] EUNG DAMRONG N J, IYENGAR R. Compartment-specific feedback loop and regulated trafficking can result in sustained activation of Ras at the Golgi[J]. The Journal of Cell Biology, 2007, 92(3): 808-815.
- [13] 卢欣华, 孙吉贵. Analog-Cell: 一种新的电子细胞图形模型 [J]. 电子学报, 2007, 35(1): 49-53.

(上接第 930 页)