

# 基于多粒度语言的动态联盟合作伙伴群决策

彭安华<sup>1,2</sup> 肖兴明<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学,徐州,221116 2. 淮海工学院,连云港,222005

**摘要:**客观事物的复杂性和人类认识的局限性使得评价指标的数据很难用一个精确数表示,具有不同程度的不确定性。在比较分析现有各种表达不确定性方法的基础上,提出了基于多粒度语言的虚拟企业合作伙伴选择方法。首先将多粒度语言一致化为标准语言评价集中的语言,然后基于正态分布的方法求位置权重向量,采用扩展的二元语义组合有序加权几何平均(ET-COWGA)算子集结各专家评价值得到群体综合的各属性评价值。根据局部优化和全局优化结果得到精确的属性权重,利用加权几何平均(ET-WGA)算子集结各属性值,得到方案的综合评价值。最后通过一个实例说明了合作伙伴选择的整个决策过程,并论证了该方法在最后优化决策过程中的有效性。

**关键词:**动态联盟;多粒度语言;优化;正态分布;ET-COWGA

**中图分类号:**TP14;TH122

**DOI:**10.3969/j.issn.1004-132X.2012.02.013

## Decision Making of Dynamic Alliance Partner Group Based on Multi-granularity Linguistic Representation

Peng Anhua<sup>1,2</sup> Xiao Xingming<sup>1</sup>

1. China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, 221116

2. Huaihai Institute of Technology, Lianyungang, Jiangsu, 222005

**Abstract:** Due to the complexity of objective things and the ambiguity of human thinking, it is difficulty to value an assessment attribute with an exact value, but usually with uncertainty in varying degrees. On the basis of comparing and analyzing the existing methods of expressing uncertainty, decision making of dynamic alliance partner group based on multi-granularity linguistic representation was proposed. In this approach, multi-granularity linguistic attributes values provided by experts, were uniformed into the normalized two-tuple linguistic representation with the same granularity, and were aggregated into group integrated linguistic assessment value for each attribute using ET-COWGA operator, where the relative position weights were identified with the method of normal distribution. First through local optimization and then global optimization, the accurate attribute weight vector was derived, and then group integrated linguistic assessment values for each attribute were once again aggregated, using weighted geometric averaging(WGA) operator, into alternatives' overall value. An illustrative example was given to demonstrate the whole process of partner decision making, and to verify that the proposed method is reasonable and effective in the final process of optimization decision making.

**Key words:** dynamic alliance; multi-granularity linguistic; optimization; normal distribution; extended two-tuple combined ordered weighted geometric averaging(ET-COWGA)

## 0 引言

虚拟企业是一种崭新的企业组织形式,是21世纪企业进行生产经营活动和参与市场竞争的主要模式。面对某一市场机遇时,最先抓住机遇并掌握一定核心能力的企业首先要对自身核心资源进行分析,判断实现市场机遇所需的核心资源与自身资源是否匹配。如果两者匹配,则核心企业通过自身努力来抓住市场机遇,反之,核心企业则根据具体情况通过组建虚拟企业或者并购外部资源来抓住市场机遇。如果选择组建虚拟企业,则该核心企业称为盟主。对盟主而言,在确定新产

品开发目标后,首先进行项目分解,将总项目分解成若干个可由单独企业承担的子项目,为每个子项目设计招标书,然后通过公共信息网络进行招标。在同一时间内有众多的企业投标,如何从这些投标企业中选择最佳的合作伙伴,是组建虚拟企业过程中最为关键的一步。文献[1]提出了基于层次分析法的合作伙伴选择方法,文献[2]提出了基于层次分析法和数据包络分析的合作伙伴选择方法,文献[3]提出了基于改进型灰色评价的虚拟企业合作伙伴选择方法。这些文献中的判断矩阵或效用值及其评价指标的权重都是用一个精确数表示的。

然而在实际决策中,由于客观事物的复杂性及人类认识的局限性,往往很难确定一个精确数,即使给定一个精确数,也是比较主观的,不一定能反映实际情况。文献[4-5]提出基于模糊层次分析法的合作伙伴选择方法,首先给出语言判断矩阵,然后给出语言偏好信息的隶属函数,例如“高”、“很高”等语言的隶属函数分别用三角模糊数[0.7,0.9,1.0]和[0.9,1.0,1.0]表示,而事实上隶属函数在实践中并不是总能获得,因而该方法在实际应用中仍存在一定的困难。文献[6]提出的基于证据推理的合作伙伴选择方法,虽不需要将语言评价转为精确数或模糊数,但需要事先给每个语言评价的确定置信度,这显然也比较主观。由 Herrera 等<sup>[7]</sup>提出的二元语义可直接对语言评价信息进行计算,但目前还没见到基于二元语义信息的合作伙伴选择方法。文献[8]提出了一种基于二元语义信息处理的群体决策方法,该文中有两个问题值得商榷:①由于对属性的认识程度不同,故不同的决策者可能依据不同粒度语言评价集给出语言评价;②属性的权重一般很难精确得到,尤其当决策问题比较复杂时。虚拟企业合作伙伴选择过程中,由于涉及因素多,且有很多抽象因素无法用数值精确描述,故用诸如“好”、“较好”来描述,更符合人们的思维习惯。本文提出一种在部分权重的情况下基于多粒度语言评价值的动态联盟中的合作伙伴选择方法。

### 1 不同粒度语言评价值的一致化

关于二元语义的基本概念可参考文献[9-10]。

**定义 1** 设  $\beta \in [0, T]$  为语言评价集  $S$  经某种集结方式得到的一个实数值,则  $\beta$  可由函数  $\Delta$  表示为二元语义:

$$\Delta: [0, T] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5]$$

$$\Delta(\beta) = (s_k, a_k) \quad k = \text{round}(\beta)$$

式中,  $s_k$  为语言评价集  $S$  中第  $k+1$  个语言评价值;  $a_k$  为  $s_k$  的符号平移,  $a_k = \beta - k$ ;  $\text{round}(\ast)$  为四舍五入取整数子。

**定义 2** 设  $(s_k, a_k)$  是一个二元语义,则存在一个逆函数  $\Delta^{-1}$ ,使其转换成相应的数值  $\beta \in [0, T]$ :

$$\Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, T]$$

$$\Delta^{-1}(s_k, a_k) = k + a_k = \beta$$

决策者对不同属性的认识程度不同,不同决策者对同一属性的认识程度也不同。对某一属性越熟悉,语言变量不确定性粒度增大,语言变量的

表示趋向精确。事先假设一组不同粒度语言评估标度  $S_{[0.1, \dots, T-1]}^{(T)} = \{s_0^{(T)}, s_1^{(T)}, \dots, s_{T-1}^{(T)}\}$ 。  $T$  一般为奇数(3、5、7 等),表示语言评价集的粒度,即语言评价集中短语的个数。若  $T=3$ ,则  $S_{[0.1, 2]}^{(3)} = \{s_0^{(3)}, s_1^{(3)}, s_2^{(3)}\} = \{\text{很差, 一般, 很好}\}$ ;若  $T=5$ ,则  $S_{[0.1, 2, 3, 4]}^{(5)} = \{s_0^{(5)}, s_1^{(5)}, s_2^{(5)}, s_3^{(5)}, s_4^{(5)}\} = \{\text{很差, 较差, 一般, 较好, 很好}\}$ ;若  $T=7$ ,则  $S_{[0.1, 2, 3, 4, 5, 6]}^{(7)} = \{s_0^{(7)}, s_1^{(7)}, s_2^{(7)}, s_3^{(7)}, s_4^{(7)}, s_5^{(7)}, s_6^{(7)}\} = \{\text{很差, 差, 较差, 一般, 较好, 好, 很好}\}$ 。语言评估标度要满足以下 2 个条件:(1)有序性。当  $i < j$  时,有  $s_i^{(T)} < s_j^{(T)}$ ,即表示  $s_i^{(T)}$  劣于  $s_j^{(T)}$ 。(2)存在逆运算“*neg*”。 $\text{neg}(s_i^{(T)}) = s_j^{(T)}, j = T - 1 - i$ 。

基于多粒度语言评价信息的群决策问题首先将不同语言评价集一致化为标准语言评价集。文献[11]基于模糊理论中的扩展原理,采用最大最小隶属度原则,将不同粒度语言评价信息转化为定义在基本语言评价集上的模糊数。文献[12]通过插值方法将不同粒度语言评价信息一致化为基本语言评价信息。文献[11-12]使用三角模糊数来表达语言评价集中短语所对应的语义,计算过程比较繁琐,而且只能从粒度低的评语集向粒度高的评语集转化。

**定义 3** 设  $S_{[0.1, \dots, T-1]}^{(T)}$  和  $S_{[0.1, \dots, G-1]}^{(G)}$  为两种不同粒度的语言标度,定义  $S_{[0.1, \dots, T-1]}^{(T)}$  为标准语言评价集,则  $S_{[0.1, \dots, G-1]}^{(G)}$  中的语言评估值  $(s_k^{(G)}, a_k)$  转换到  $S_{[0.1, \dots, T-1]}^{(T)}$  中的语言评估值为

$$(s_k^{(T)}, a_k) = \Delta(\beta') = \Delta\left(\frac{T-1}{G-1}\Delta^{-1}(s_k^{(G)}, a_k)\right) \quad (1)$$

从式(1)可以看出,一种语言中的任一标度在另一种粒度语言中都有唯一的标度与之对应,因此具有函数的双射和满射的特征,所以这种转换不会丢失任何信息。特别地,若  $k=0, a_k=0$ ,则  $(s_k^{(T)}, a_k) = (s_0^{(T)}, 0)$ ;若  $k=(G-1)/2, a_k=0$ ,则  $(s_k^{(T)}, a_k) = (s_{(T-1)/2}^{(T)}, 0)$ ;若  $k=G-1, a_k=0$ ,则  $(s_k^{(T)}, a_k) = (s_{T-1}^{(T)}, 0)$ 。上述三式说明,一种粒度语言中的最小标度、中等标度、最大标度转换成另一种粒度语言时,仍旧是最小标度、中等标度、最大标度。

### 2 二元语义集结算子

假设有限备选方案集  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ ,属性集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ,属性权重向量  $\tilde{\omega} = (\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2, \dots, \tilde{\omega}_n)$ (其中的每一个元素都为区间数),决策群体集  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_p\}$ 。  $\tilde{\omega}_j = [\omega_{jL}, \omega_{jU}]$  ( $j \geq 2$ ),  $\omega_{jL}, \omega_{jU}$  分别为区间数的下界和上

界。  $\mathbf{A}^{(t)} = (a_{ij}^{(t)})_{m \times n} (i \geq 2, t \geq 2)$  为决策者  $d_t$  的语言评价矩阵,  $a_{ij}^{(t)}$  为决策者  $d_t$  对方案  $x_i$  关于属性  $u_j$  的语言评价价值。  $\mathbf{R}^{(t)} = (r_{ij}^{(t)})_{m \times n}$  为决策者  $d_t$  的语言评价矩阵转化为标准语言评价集后的语言评价矩阵,  $r_{ij}^{(t)}$  为不同粒度语言评价价值转化为标准语言评价集后的语言评价价值。  $\mathbf{R} = (r_{ij})_{m \times n}$  为群体综合评价矩阵。

**定义 4**<sup>[13]</sup> 设  $\{(s_1, a_1), (s_2, a_2), \dots, (s_n, a_n)\}$  为一组二元语义信息, 且设数据自身的权重向量  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n), \omega_j \in [0, 1]$  且  $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ , 则扩展的二元语义加权几何平均(ET-WGA)算子  $\varphi$  定义为

$$\begin{aligned} (s_k, a_k) &= \varphi((s_1, a_1), (s_2, a_2), \dots, \\ & (s_n, a_n)) = \Delta\left\{ \prod_{j=1}^n [\Delta^{-1}(s_j, a_j)]^{\omega_j} \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

**定义 5**<sup>[13]</sup> 设  $\{(s_1, a_1), (s_2, a_2), \dots, (s_n, a_n)\}$  为一组二元语义信息, 位置权重向量  $\mathbf{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$  是与扩展的二元语义有序加权几何平均(ET-OWGA)算子  $g$  相关联的加权向量(位置权重向量),  $v_j \in (0, 1)$  且  $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ , 则  $g$  定义为

$$\begin{aligned} (s_k, a_k) &= g((s_1, a_1), (s_2, a_2), \dots, \\ & (s_n, a_n)) = \Delta\left\{ \prod_{j=1}^n [\Delta^{-1}(s_{\pi(j)}, a_{\pi(j)})]^{v_j} \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

其中,  $\pi(j) (j = 1, 2, \dots, n)$  是  $1, 2, \dots, n$  中的一个置换。对任意  $j = 2, 3, \dots, n$  有  $(s_{\pi(j-1)}, a_{\pi(j-1)}) \geq (s_{\pi(j)}, a_{\pi(j)})$ 。

ET-OWGA 算子只考虑了数据位置的重要程度, 即只根据某个数据在整个数据列当中的相对大小赋予不同的权重, 而没有考虑数据自身的重要程度, 即在多属性决策中没有考虑不同的属性具有不同的权重。参考文献[14], 本文提出扩展的组合加权几何平均算子(ET-COWGA)。

**定义 6** 设  $\{(s_1, a_1), (s_2, a_2), \dots, (s_n, a_n)\}$  为一组二元语义信息, 由于每个数据自身的重要程度不同, 且设数据自身的权重向量为  $\omega$ , 位置权重向量  $\mathbf{v}$  是与扩展的二元语义有序组合加权几何平均(ET-COWGA)算子  $\varphi$  相关联的加权向量, 则  $\varphi$  定义为

$$(s_k, a_k) = \varphi((s_1, a_1), (s_2, a_2), \dots, (s_n, a_n)) = \Delta\left( \prod_{j=1}^n b_{\pi(j)}^{v_j} \right) \quad (4)$$

对任意  $j = 2, 3, \dots, n$  有  $b_{\pi(j-1)} \geq b_{\pi(j)}$ , 其中,  $b_j = (\Delta^{-1}(s_j, a_j))^{\omega_j}, n$  为平衡因子。显然当  $\omega = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)$  时,  $(s_k, a_k) = \Delta\left\{ \prod_{j=1}^n [\Delta^{-1}(s_{\pi(j)}, a_{\pi(j)})]^{v_j} \right\}$ , 则 ET-COWGA 算子退化为 ET-OWGA 算子; 当  $\mathbf{v} = (1/n, 1/n, \dots, 1/n)$  时,  $(s_k, a_k) = \Delta\left\{ \prod_{j=1}^n [\Delta^{-1}(s_j, a_j)]^{\omega_j} \right\}$ , 则 ET-COWGA 算子退化为加权几何平均(ET-WGA)算子。可见, ET-COWGA 算子不仅考虑了数据自身的重要程度, 也考虑了数据位置的重要程度。

应用 OWG 算子的关键是确定位置权重向量  $\mathbf{v}$ , 确定位置权重向量的方法主要有模糊量化方法、最大熵规划模型、最小方差规划模型、极大极小离差规划模型<sup>[15]</sup>, 但这些方法要么是物理含义不够清楚, 要么是计算过程比较复杂。在数据列当中, 出现在平均值附近的数据比较合理, 应该赋予较大的位置权重, 远离平均值的数据则说明该数据不尽合理, 应该赋予较小的权重, 以弱化不合理数据对数据集结果的影响。基于此, 笔者提出基于正态分布的方法来确定 OWG 算子中的位置权重向量:

$$t_j = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_n} e^{-\frac{(j-u_n)^2}{2\sigma_n^2}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$u_n = \frac{1+n}{2} \quad \sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (j-u_n)^2}$$

由于  $v_j \in [0, 1]$  且  $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ , 所以将  $t_j$  归一化得到  $v_j$

$$v_j = e^{-\frac{(j-u_n)^2}{2\sigma_n^2}} / \sum_{j=1}^n e^{-\frac{(j-u_n)^2}{2\sigma_n^2}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

### 3 基于两阶段优化确定属性权重向量

由于客观事物的复杂性和人们认识的局限性, 专家往往很难准确给出某属性的权重, 而只是给出一个权重范围, 即属性权重可能部分确知, 而属性权重的不确定会引起决策方案排序的不确定。为此, 本文首先从局部考虑, 求解使得方案  $x_i$  的综合评价价值最大时, 其所对应的理想属性权重  $\omega_j^{(i)}$ 。  $\omega_j^{(i)}$  为相对于第  $i$  个方案综合属性值最大时, 求得的第  $j$  个属性值局部权重值。从而建立下列线性规划模型:

$$\left. \begin{aligned} \max z^{(i)} &= \sum_{j=1}^n \omega_j^{(i)} \Delta^{-1}(r_{ij}) \\ \text{s. t.} \quad &\sum_{j=1}^n \omega_j^{(i)} = 1, \omega_{jL}^{(i)} \leq \omega_j^{(i)} \leq \omega_{jU}^{(i)} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

采用单纯形法或直接利用 MATLAB 软件的 linprog 函数求解此模型, 将得到对应方案  $x_i$  的最优权重向量  $\omega^{(i)} = (\omega_1^{(i)}, \omega_2^{(i)}, \dots, \omega_n^{(i)})$  及其局部最优综合评价价值  $z^{(i)}$ 。其次, 从全局考虑, 各决策方案之间应是公平竞争的, 必须采用统一权重, 才

能进行综合评判,进而选取最佳方案。为此,需寻找最佳的综合权重。显然,希望各方案的综合属性值与其局部最优综合属性值的离差和最小,为此可建立下列二次规划模型:

$$\left. \begin{aligned} \min \varepsilon &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\omega_j^{(i)} \Delta^{-1}(r_{ij}) - \omega_j \Delta^{-1}(r_{ij}))^2 \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^n \omega_j &= 1, \omega_{jL} \leq \omega_j \leq \omega_{jU} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

利用 MATLAB 软件中的 fmincon 函数求解此模型,将得到最终精确权重向量  $\omega$ 。

#### 4 虚拟企业合作伙伴决策

虚拟企业合作伙伴选择的框架主要分为 4 个阶段(图 1)<sup>[16-17]</sup>:第一个阶段为市场机遇实现模式的选择,即通过分析确定是采用并购模式还是组建虚拟企业或者放弃市场机遇。第二阶段为评价指标的确定,评价指标的确定主要是在参考虚拟企业指标库的基础上,根据任务分解确定评价指标<sup>[18]</sup>。第三阶段为筛选,确定必须要满足要求的硬指标,若任何一项硬指标不满足要求,则淘汰

该方案。第四阶段为合作伙伴综合评价,即在满足硬指标要求的有限个合作伙伴中选择最佳的合作伙伴。一个产品的制造过程大体上可分为产品设计、零部件制造、总装、销售等 4 个业务过程,如果盟主主要具有产品设计能力,则盟主主要为其他 3 个业务过程寻找最理想的合作伙伴。现假设盟主为产品的销售寻找普通型的紧密型合作伙伴。评价指标确定为企业绩效  $u_1$ 、企业先进程度  $u_2$ 、企业产品质量  $u_3$ 、企业环境  $u_4$ ,相应的权重分别为  $\tilde{\omega}_1 = [0.3, 0.5]$ ,  $\tilde{\omega}_2 = [0.2, 0.3]$ ,  $\tilde{\omega}_3 = [0.1, 0.2]$ ,  $\tilde{\omega}_4 = [0.15, 0.35]$ ,现假设请了 3 个专家  $d_1$ 、 $d_2$ 、 $d_3$  进行评判,经过筛选后有 3 家合作伙伴  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ ,要经过综合评价才能确定谁是最佳合作伙伴。假设 3 个专家给出的语言评价  $a_{ij}^{(r)}$  如表 1 所示。一般地讲,若专家对某种评价指标或者对某一候选企业比较熟悉,则给出的较大粒度的语言评价,反之则给出较小粒度的语言评价,图 1 描述了其详细的决策过程。

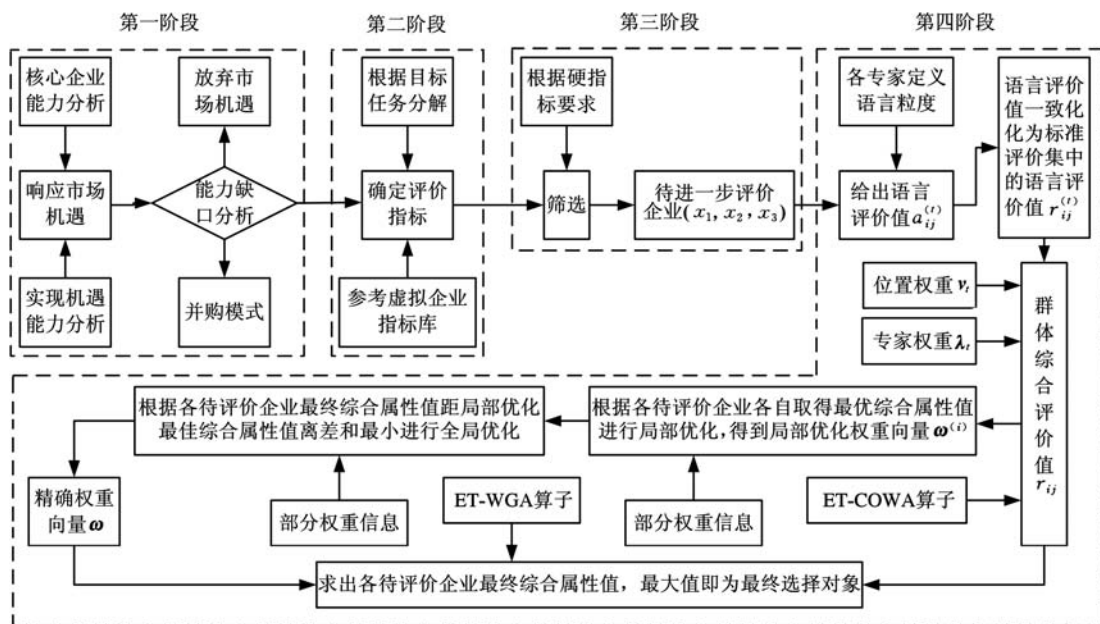


图 1 决策过程框架图

表 1 评价指标及各专家语言评价值

企业	企业绩效 $u_1$			企业先进程度 $u_2$			企业产品质量 $u_3$			企业环境 $u_4$		
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$
$x_1$	$s_1^{(5)}$	$s_2^{(7)}$	$s_3^{(7)}$	$s_2^{(3)}$	$s_4^{(5)}$	$s_3^{(5)}$	$s_2^{(7)}$	$s_2^{(5)}$	$s_2^{(3)}$	$s_2^{(3)}$	$s_2^{(5)}$	$s_2^{(7)}$
$x_2$	$s_1^{(5)}$	$s_1^{(7)}$	$s_2^{(7)}$	$s_1^{(3)}$	$s_2^{(5)}$	$s_3^{(5)}$	$s_4^{(7)}$	$s_1^{(5)}$	$s_2^{(3)}$	$s_1^{(3)}$	$s_4^{(5)}$	$s_4^{(7)}$
$x_3$	$s_3^{(5)}$	$s_4^{(7)}$	$s_4^{(7)}$	$s_2^{(3)}$	$s_3^{(5)}$	$s_2^{(5)}$	$s_3^{(7)}$	$s_2^{(5)}$	$s_1^{(3)}$	$s_1^{(3)}$	$s_3^{(5)}$	$s_3^{(7)}$

#### 4.1 语言评价一致化

假设以 7 粒度语言评价集为标准语言评价集,按照定义 3(式(1)) 将 3 粒度语言和 5 粒度语言都统一转换为 7 粒度语言评价集中的语言评价:

$$\begin{aligned} R^{(1)} &= (r_{ij}^{(1)})_{3 \times 4} = \\ &\begin{bmatrix} (s_1^{(7)}, 0.4) & (s_5^{(7)}, -0.333) & (s_2^{(7)}, 0) & (s_5^{(7)}, -0.333) \\ (s_1^{(7)}, 0.4) & (s_2^{(7)}, 0.333) & (s_4^{(7)}, 0) & (s_2^{(7)}, 0.333) \\ (s_4^{(7)}, 0.2) & (s_5^{(7)}, -0.333) & (s_3^{(7)}, 0) & (s_2^{(7)}, 0.333) \end{bmatrix} \\ R^{(2)} &= (r_{ij}^{(2)})_{3 \times 4} = \end{aligned}$$

$$\begin{bmatrix} (s_2^{(7)}, 0) & (s_6^{(7)}, -0.4) & (s_3^{(7)}, -0.2) & (s_3^{(7)}, -0.2) \\ (s_1^{(7)}, 0) & (s_3^{(7)}, -0.2) & (s_1^{(7)}, 0.4) & (s_6^{(7)}, -0.4) \\ (s_4^{(7)}, 0) & (s_4^{(7)}, 0.2) & (s_3^{(7)}, -0.2) & (s_4^{(7)}, 0.2) \end{bmatrix}$$

$$R^{(3)} = (r_{ij}^{(3)})_{3 \times 4} =$$

$$\begin{bmatrix} (s_1^{(7)}, 0) & (s_4^{(7)}, 0.2) & (s_5^{(7)}, -0.333) & (s_2^{(7)}, 0) \\ (s_2^{(7)}, 0) & (s_4^{(7)}, 0.2) & (s_5^{(7)}, -0.333) & (s_4^{(7)}, 0) \\ (s_4^{(7)}, 0) & (s_3^{(7)}, -0.2) & (s_2^{(7)}, 0.333) & (s_3^{(7)}, 0) \end{bmatrix}$$

### 4.2 集结专家语言评价

专家权重采用 7 粒度语言评价集,且设专家 1、2、3 重要性的语言评价值的二元语义分别为  $h_1 = (s_5^{(7)}, 0), h_2 = (s_4^{(7)}, 0), h_3 = (s_6^{(7)}, 0)$ , 则专家 1

$$\text{的权重 } \lambda_1 = \frac{\Delta^{-1}(h_1)}{\Delta^{-1}(h_1) + \Delta^{-1}(h_2) + \Delta^{-1}(h_3)} =$$

0.333, 同理可计算出专家 2、专家 3 的权重分别为  $\lambda_2 = 0.267, \lambda_3 = 0.4$ 。根据式(6)可计算出位置权重向量  $v = (0.2945, 0.4110, 0.2945)$ 。利用定义 6 中式(4)计算出的群体综合评价矩阵为

$$R = (r_{ij})_{3 \times 4} =$$

$$\begin{bmatrix} (s_1^{(7)}, 0.3521) & (s_5^{(7)}, -0.3070) & (s_3^{(7)}, -0.0337) & (s_3^{(7)}, -0.1765) \\ (s_1^{(7)}, 0.4668) & (s_3^{(7)}, -0.0022) & (s_3^{(7)}, 0.2969) & (s_4^{(7)}, -0.3075) \\ (s_4^{(7)}, -0.2003) & (s_4^{(7)}, -0.3323) & (s_3^{(7)}, -0.3251) & (s_3^{(7)}, 0.0342) \end{bmatrix}$$

### 4.3 求出精确权重向量

#### 4.3.1 求出局部优化权重向量

例如以合作伙伴  $x_1$  的综合属性值为最优,根据式(7)建立如下最优化模型

$$\begin{aligned} \max z^{(1)} &= 1.3521\omega_1^{(1)} + 4.6930\omega_2^{(1)} + \\ &2.9663\omega_3^{(1)} + 2.8235\omega_4^{(1)} \\ \text{s. t. } &\omega_1^{(1)} + \omega_2^{(1)} + \omega_3^{(1)} + \omega_4^{(1)} = 1, \\ &0.3 \leq \omega_1^{(1)} \leq 0.5, 0.2 \leq \omega_2^{(1)} \leq 0.3, \\ &0.1 \leq \omega_3^{(1)} \leq 0.2, 0.15 \leq \omega_4^{(1)} \leq 0.35 \end{aligned}$$

采用单纯形法或直接利用 MATLAB 软件中的 linprog 函数求解此模型,将得到对应方案  $x_1$  的最优权重向量  $\omega^{(1)} = (\omega_1^{(1)}, \omega_2^{(1)}, \omega_3^{(1)}, \omega_4^{(1)}) = (0.3, 0.3, 0.2, 0.2)$ , 同理也可得到对应于  $x_2, x_3$  的最优权重向量  $\omega^{(2)} = (0.3, 0.2, 0.15, 0.35)$ ,  $\omega^{(3)} = (0.5, 0.25, 0.1, 0.15)$ 。

#### 4.3.2 求出精确权重向量

根据式(8)建立如下最优化模型

$$\begin{aligned} \min \epsilon &= [1.3521(0.3 - \omega_1)]^2 + [4.6930(0.3 - \omega_2)]^2 + \\ &[2.9663(0.2 - \omega_3)]^2 + [2.8235(0.2 - \omega_4)]^2 + \\ &[1.4668(0.3 - \omega_1)]^2 + [2.9978(0.2 - \omega_2)]^2 + \\ &[3.2969(0.15 - \omega_3)]^2 + [3.6925(0.35 - \omega_4)]^2 + \\ &[3.7997(0.5 - \omega_1)]^2 + [3.6677(0.25 - \omega_2)]^2 + \\ &[2.6749(0.1 - \omega_3)]^2 + [3.0342(0.15 - \omega_4)]^2 \\ \text{s. t. } &\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 = 1, \\ &0.3 \leq \omega_1 \leq 0.5, 0.2 \leq \omega_2 \leq 0.3, \\ &0.1 \leq \omega_3 \leq 0.2, 0.15 \leq \omega_4 \leq 0.35 \end{aligned}$$

利用 MATLAB 软件中的 fmincon 函数求解此模型,可得到精确权重向量  $\omega = (0.4101, 0.2453, 0.1210, 0.2235)$ 。

### 4.4 求合作伙伴综合评价

利用定义 4(式(2))计算出  $x_1$  的综合评价

$$\begin{aligned} z_1 = (s_k, a_k) &= \varphi((s_1^{(7)}, 0.3521), (s_5^{(7)}, -0.3070), \\ &(s_3^{(7)}, -0.0337), (s_3^{(7)}, -0.1765)) = (s_2^{(7)}, 0.3786) \end{aligned}$$

同理可计算出合作伙伴  $x_2, x_3$  的综合属性值  $z_2 = (s_2^{(7)}, 0.3696), z_3 = (s_3^{(7)}, 0.4327)$ 。由计算结果可知,  $x_3$  优于  $x_2$  和  $x_1$ , 而  $x_1$  又优于  $x_2$ , 所以  $x_3$  是企业盟主欲选择的最佳合作伙伴。

## 5 结论

(1)在专家语言评价集成的过程中采用 ET-COWGA 算子,既考虑了数据自身的重要性,又考虑了数据位置的重要性,减小了过高或过低评价的不合理影响,提高了评价结果的准确性。

(2)采用基于正态分布的办法求位置权重向量,该方法相对于目前常用的方法具有物理含义明确、易于理解、计算简单等优点。

(3)直接利用语言评价,无需给出偏好信息的隶属函数,方便了专家评价。根据评价矩阵采用二阶段优化的办法求出精确的属性权重。模糊性与精确性结合,进一步提高了评判结果的准确性。

(4)为了提高评价数据的准确性,可构造层次结构的评价指标体系,例如可将企业绩效细分为企业发展前景、企业信誉水平、产品市场占有率及新产品开发成功率等,这时就构成了一个多层次的模糊多属性决策问题,求解方法与本文类似,只是在每一层次重复利用本文的方法。

### 参考文献:

[1] 郑文军,张旭梅,刘飞,等.虚拟企业合作伙伴评价体系及优化决策[J].计算机集成制造系统-CIMS, 2000,6(5):63-67.  
 [2] 卢级华,李艳.基于 DEA/AHP 的虚拟企业合作伙伴选择[J].东北大学学报,2008,29(11):1661-1664.  
 [3] 张成考,聂茂林,吴价宝.基于改进型灰色评价的虚拟企业合作伙伴选择[J].系统工程理论与实践, 2007,27(11):54-60.  
 [4] 马永军.网络联盟企业中设计伙伴选择方法[J].机械工程学报,2000,36(1):15-19.  
 [5] 李帅.基于模糊群决策的虚拟企业合作伙伴选择[J].东北大学学报(自然科学版),2004,25(3):295-298.

- [6] 廖貅武,唐焕文. 动态联盟中伙伴选择的证据推理方法[J]. 计算机集成制造系统—CIMS, 2003, 9(1): 57-61.
- [7] Herrera F, Martinez L. A 2-tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2000, 8(12): 746-752.
- [8] 鲍广宇,付丰科,赵志敏. 一种基于二元语义信息处理的群体决策方法[J]. 解放军理工大学学报, 2009, 10(5): 435-439.
- [9] 姜艳萍,樊治平. 具有语言信息的多指标群体综合评价[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2005, 26(7): 703-706.
- [10] 张园林,匡兴华. 一种基于多粒度语言偏好矩阵的多属性群决策方法[J]. 控制与决策, 2008, 23(11): 1296-1300.
- [11] Chen Z F, Berrarieh D. On the Fusion of Multi-granularity Linguistic Label Sets in Group Decision Making[J]. Computers & Industrial Engineering, 2006, 51(10): 526-541.
- [12] Herrera F, Matinez L. A Model Based on Linguistic 2-tuples for Dealing with Multi-granularity Linguistic Contexts in Multi-expert Decision Making [J]. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, Part B: Cybernetics, 2001, 31(2): 227-234.
- [13] 卫贵武,黄登仕,魏宇. 基于 ET-WG 和 ET-OWG 算子的二元语义群决策方法[J]. 系统工程学报, 2009, 24(6): 744-748.
- [14] 徐泽水,达庆利. 一种组合加权几何平均算子及其应用[J]. 东南大学学报, 2002, 32(3): 506-509.
- [15] Xu Z S. An Overview of Methods for Determining OWA Weights[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2005, 20(8): 843-865.
- [16] 叶飞,孙东川,张红. 面向虚拟企业合作伙伴的新过程框架研究[J]. 系统工程理论与实践, 2003(11): 88-94.
- [17] 陈菊红,汪应洛,孙林岩. 虚拟企业伙伴选择过程及方法研究[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(7): 48-54.
- [18] 钱碧波,潘晓弘,程耀东. 敏捷虚拟企业合作伙伴选择评价体系研究[J]. 中国机械工程, 2000, 11(4): 397-401.

(编辑 张 洋)

作者简介:彭安华,男,1973年生。中国矿业大学机电工程学院博士研究生,淮海工学院副教授。主要研究方向为模糊多准则决策及先进制造技术。发表论文 40 余篇。肖兴明,男,1962年生。中国矿业大学机电工程学院教授、博士研究生导师。

(上接第 184 页)

型的基础上嵌入改进遗传算法,优化了元胞机模型的局部演化规则,设计了基于元胞机和改进遗传算法的混合算法,建立了经元胞机模型离散化后的每个静态柔性作业车间调度单元的改进遗传算法优化模型。调度算法的求解由 MATLAB 编程实现。本文将算法应用于文献[1]中的扩展案例,应用该算法的调度方案较原方案更优,从而验证了元胞机和改进遗传算法相结合的混合算法求解大型零件柔性作业车间调度问题的可行性和有效性。

#### 参考文献:

- [1] 陈勇,阮幸聪,鲁建厦. 基于元胞机的大型零件生产车间动态柔性调度仿真建模[J]. 中国机械工程, 2010, 21(21): 2603-2609.
- [2] 廖伟志,古天龙,李文敬,等. 模糊柔性制造系统的混杂 Petri 网建模与调度[J]. 计算机集成制造系统, 2008, 14(11): 2134-2141.
- [3] 孙小明. 生产系统建模与仿真[M]. 上海:上海交通大学出版社, 2006.
- [4] 陈勇,吴国献,林飞龙. 多品种多工艺车间作业调度的 Multi-Agent 建模[J]. 浙江大学学报(工学版), 2009, 43(9): 1672-1678.
- [5] 张超勇,李新宇,王晓娟,等. 基于滚动窗口的多目标动态调度优化研究[J]. 中国机械工程, 2009, 20(18): 2190-2197.
- [6] 闻凯. 元胞自动机的进化与计算研究[D]. 南京:南京航空航天大学, 2008.
- [7] 张国辉,高亮,李培根,等. 改进遗传算法求解柔性作业车间调度问题[J]. 机械工程学报, 2009, 45(7): 145-151.
- [8] Witkowski T, Antczak A, Elzway S, et al. Evolving Cellular Automata-based Flexible Job Shop Scheduling[C]//5th International Conference on Natural Computation. Tianjin, 2009: 8-13.
- [9] 张伟存,郑丕涛,吴晓丹. 基于主-从遗传算法求解柔性调度问题[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(8): 1241-1245.
- [10] 张超勇,饶运清,刘向军,等. 基于 POX 交叉的遗传算法求解 Job-Shop 调度问题[J]. 中国机械工程, 2004, 15(23): 2149-2153. (编辑 张 洋)

作者简介:陈勇,男,1973年生。浙江工业大学机械工程学院工业工程研究所教授。主要研究方向为物流系统的分析与优化、工业工程。发表论文 30 余篇。阮幸聪,女,1985年生。浙江工业大学机械工程学院工业工程研究所硕士研究生。鲁建厦,男,1963年生。浙江工业大学机械工程学院工业工程研究所教授。王亚良,男,1977年生。浙江工业大学机械工程学院工业工程研究所讲师。