

文章编号: 1001-0920(2009)03-0440-06

## 一种面向效用值偏好信息的大群体决策方法

徐选华, 陈晓红, 王红伟

(中南大学 商学院, 长沙 410083)

**摘要:** 针对群体成员偏好信息以效用值形式给出的大群体决策问题, 提出了判断群体成员提供信息量多寡程度的熵权方法, 去除提供较少信息量的成员, 形成群体关于决策方案的效用矩阵. 利用聚类方法对大群体成员效用向量进行聚类, 根据聚类结果确定成员权重, 将该权重与效用矩阵合成获得决策方案排序向量. 提出了成员意见反映度指标和差异度指标, 对群决策结果进行评价. 最后通过一个实例说明该方法的有效性和实用性.

**关键词:** 大群体; 群决策; 效用值; 反映度; 差异度

**中图分类号:** TP311.52      **文献标识码:** A

## A kind of large group decision-making method oriented utility valued preference information

XU Xuan-hua, CHEN Xiao-hong, WANG Hong-wei

(School of Business, Central South University, Changsha 410083, China. Correspondent: XU Xuan-hua, E-mail: xuxh@mail.csu.edu.cn)

**Abstract:** Aiming at the problem of large group decision-making based on utility valued preference information, the entropy weight method is presented to appraise decision members' information, delete these members who provide less information and form the group utility matrix about decision schemes. These members are classified by using the clustering method. Members' weights are confirmed by using the clustering result. And the ordering vectors of decision schemes are obtained by synthesizing the members' weight vectors and utility matrixes. The index of members' opinion reflection degree and the difference degree is proposed to evaluate the result of group decision-making. Finally, a real example shows the validity and practicability of the method.

**Key words:** Large group; Group decision; Utility value; Reflection degree; Difference degree

### 1 引言

有关群体决策方法的研究多是基于中小群体<sup>[1-20]</sup>, 许多方法不适用于大群体决策(成员数量超过 20 个). 例如文献[8, 9]提出的方法, 需要成员提供方案两两比较的偏好信息, 当成员数目较多时(比如超过 9 个), 这一过程不仅十分烦琐, 而且很难保证判断矩阵的一致性.

文献[7]利用熵权法确定指标权重; [8]提出了集结序关系值形式偏好信息的统计处理方法; [9]利用层次分析法中的和积法集结互反判断矩阵形式的偏好信息; [10]将序关系值、互反判断矩阵、语言描述向量形式的偏好信息转化为互补判断矩阵, 然后进行集结; [11]利用连通无向图的相关理论, 提出一

种集结互反判断矩阵形式偏好信息的方法; [12]利用权的最小平方方法和特征向量法集结互补判断矩阵形式的偏好信息; [13]提出一个求解模糊互补判断矩阵排序向量的通用公式; [14]研究了两类不确定判断矩阵的集结, 采用 UOWA 算子将群偏好集结为区间数互反判断矩阵和互补判断矩阵形式, 进而提出基于模糊规划的二阶段集结模型; [15]将实数值、区间数和语言短语 3 种形式偏好信息一致化为区间数的形式, 然后通过加权法则得到群体综合效用值, 进行方案的排序; [16]基于区间数决策矩阵形式偏好信息的专家群体, 提出一种判断一致性的分析方法和不一致的调整方法; [17]提出一种基于语言评价矩阵偏好信息的专家评判水平的判别方法;

收稿日期: 2008-04-17; 修回日期: 2008-08-12.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70631004); 国家自然科学基金项目(70871121).

作者简介: 徐选华(1962—), 男, 江西临川人, 教授, 博士, 从事决策理论与技术、管理信息系统等研究; 陈晓红(1963—), 女, 长沙人, 教授, 博士生导师, 从事信息系统、决策支持系统等研究.

[18]将互反判断矩阵、模糊互补判断矩阵和序关系值转化为效用值,从相对熵的概念出发,提出了集结效用值形式偏好信息的最优化模型。

群决策中成员给出的偏好信息,有序关系值<sup>[8]</sup>、效用值<sup>[7,18]</sup>、互反判断矩阵<sup>[9-11]</sup>、模糊互补判断矩阵<sup>[12,13]</sup>、区间数<sup>[14-16]</sup>、语言评价矩阵<sup>[17]</sup>等多种形式。其中效用值形式的偏好信息是最常见的一种,它具有简单、实用且不需一致性检验等优点,而偏好信息的序关系值、互反判断矩阵、模糊互补判断矩阵等,都可转换为效用值的形式<sup>[18]</sup>。

有关效用值形式偏好信息的研究很多<sup>[7,18]</sup>,但缺乏对其从偏好集结、聚类分析、方案排序直至决策结果评价进行系统的研究。本文针对这些问题,提出了基于效用值形式偏好信息的成员信息量度量方法,基于大群体聚类<sup>[21]</sup>的成员权重确定方法,偏好集结及决策结果评价方法。

### 2 基于熵权模型的群体成员效用信息度量

在群决策过程中,常常需要成员提供偏好信息,在传统的研究中<sup>[7-20]</sup>,都是直接集结所有成员的偏好信息。然而,由于成员知识结构、判断水平和个人偏好等主观因素的影响,加之决策对象本身的模糊性和不确定性,在实际的群决策过程中,成员给出的各种形式的偏好信息可能作用不大。特别是在复杂大群体中,成员的数目很多,直接集结所有成员的偏好信息不仅没有必要,而且会增加计算量。因此在集结偏好信息前,有必要判断成员的水平,去除提供较少有用信息的成员,在不影响决策结果的基础上减少计算量。

设群体中有  $m$  个成员,在考虑的群决策问题中,设有  $n(n \geq 2)$  个决策方案。设群体成员集为  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\} (m \geq 2)$ ,其中  $e_k$  为第  $k$  个成员。所有决策方案构成方案集  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ,其中  $x_i$  为第  $i$  个决策方案。群体中的第  $i$  个成员关于第  $j$  个决策方案的效用值为  $v_{ij}$ ,并且  $v_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ 。则  $m$  个成员关于  $n$  个决策方案给出实数形式的效用向量构成效用矩阵

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix} = (V^1, V^2, \dots, V^n), \tag{1}$$

其中  $(v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{in})$  为成员  $e_i$  给出的效用值形式的向量。

现用熵权模型度量和评价群体成员,并决定是否将其去除。

1) 对  $V$  按行进行归一化,得  $R = \{r_{ij}\}$ ,其中

$$r_{ij} = v_{ij} / \sum_{j=1}^n v_{ij}, i = 1, 2, \dots, m. \tag{2}$$

2) 熵可用来度量获取的数据所提供的有用信息量。本文采用申农的信息熵,计算成员  $e_i$  的决策熵值  $E_i$ ,有

$$E_i = - \frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n (r_{ij} \ln r_{ij}), \tag{3}$$

且有

$$r_{ij} = 0, r_{ij} \ln r_{ij} = 0. \tag{4}$$

3) 计算成员  $e_i$  的熵权

$$e_i = \frac{1 - E_i}{m - \sum_{i=1}^m E_i}, \tag{5}$$

且有

$$0 \leq e_i \leq 1, \sum_{i=1}^m e_i = 1. \tag{6}$$

4) 引入熵权阈值  $\theta, 0 \leq \theta \leq 1$ ,用来判断是否从群体中去掉某成员。

本文中,  $\theta = 1/m$ ,一般可取  $\theta = 0.1/m$ 。其中  $m$  为群体成员数,  $1/m$  为  $m$  个成员熵权的平均值。当某个成员的熵权小于该平均值的  $1/10$  时,可认为该成员的熵权明显小于其他成员的熵权,该成员提供的有用信息较少,可以考虑去除。

若  $e_i < \theta$ ,则可从  $E$  中去除成员  $e_i$  的效用向量,相当于从  $V$  中去除成员  $e_i$ 。

当各方案在成员  $e_i$  上的值完全相同时,熵值达到最大值 1,熵权为零。这意味着该成员未提供任何有用的信息,可以考虑去除。当各方案在成员  $e_i$  上的值相差较大时,熵值较小,熵权较大,说明该成员提供了有用的信息,并对各决策方案的评分有明显的差异,应重点考察。成员的熵值越大,其熵权越小,该成员越不重要。为叙述方便,去除某些成员后群体中的成员个数仍记为  $m$ 。

熵权阈值  $\theta$  是群体成员提供有用信息的最低限度,它影响到某个成员是否会去除。如果某成员提供的有用信息小于这个最低限度,则会被去除,该成员去除后不会影响到决策结果。

### 3 基于聚类的群体成员权重确定方法

基于聚类分析确定成员权重的方法具有许多优点<sup>[19,20]</sup>,尤其适用于大群体决策。虽然可用经典决策中的成员打分法来解决权重问题,但不同成员的偏好和价值取向的差异又带来了主观性的问题。本文利用文献[21]提出的大群体聚类方法对成员进行聚类分析,根据聚类结果确定成员的权重。

#### 3.1 群体差异聚类

对于上述效用向量构成的效用矩阵  $V = (V^1,$



$V_2, \dots, V_n$ ), 两个效用向量  $V^i$  和  $V^j$  之间的相聚度  $r_{ij}(V^i, V^j)$  定义如下<sup>[21]</sup>:

$$r_{ij}(V^i, V^j) = \frac{(\|V^i - \bar{V}\|)(\|V^j - \bar{V}\|)^T}{\|V^i - \bar{V}\|_2 \|V^j - \bar{V}\|_2}, \quad (7)$$

则有

$$0 \leq r_{ij}(V^i, V^j) \leq 1. \quad (8)$$

对于上述给定的熵权阈值  $\alpha$ , 对群体成员效用向量集  $S = \{V^i\}$  执行聚类算法<sup>[21]</sup>, 将  $S$  (即群体) 中的所有效用向量聚类成  $K$  个聚集, 形成  $S$  的聚集结构, 第  $k$  个聚集记为  $C^k$ . 设  $n_k$  是第  $k$  个聚集的效用向量 (即群体成员) 数, 则  $\sum_{k=1}^K n_k = m$ , 其中  $K$  为正整数, 且  $1 \leq K \leq m$ .

### 3.2 成员权重的确定

进行聚类分析之后, 便可根据聚类结果确定成员的权重. 通过以上聚类分析, 将  $m$  个成员聚类成  $K$  个聚集,  $K \leq m$ . 聚类标准是两个效用向量之间的相聚程度, 因此处于同一聚集的成员给出的效用向量比较接近, 可认为属于同一聚集的成员具有相同的权重; 否则, 认为具有不同的权重. 包含成员较多的聚集, 其成员表达的评判信息代表了多数成员的意见. 根据多数原则, 聚集容量较大的聚集, 其成员应赋予较大的权重, 聚集容量较小的聚集, 其成员应赋予较小的权重.

设聚集  $C^k$  ( $1 \leq k \leq K$ ) 中包含  $n_k$  个成员 (或效用向量), 则聚集  $C^k$  中  $n_k$  个成员的权重  $w_{n_k}$  均相等. 根据多数原则,  $w_{n_k}$  与  $n_k$  成正比, 即  $w_{n_k} = \alpha n_k$ , 其中  $\alpha$  为比例系数.  $m$  个成员的权重之和为 1, 即

$$\sum_{k=1}^K n_k w_{n_k} = \sum_{k=1}^K n_k \alpha n_k = 1. \quad (9)$$

可得

$$\alpha = 1 / \sum_{k=1}^K n_k^2, \quad w_{n_k} = \alpha n_k = n_k / \sum_{k=1}^K n_k^2. \quad (10)$$

因此, 如果成员  $e_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) 属于聚集  $C^k$ , 则成员  $e_i$  的权重  $w_i$  可由下式确定:

$$w_i = w_{n_k} = n_k / \sum_{k=1}^K n_k^2, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (11)$$

由式 (11) 即可得到所有成员的权重系数.

## 4 决策方案排序与决策结果评价

### 4.1 决策方案排序

有了成员的权重, 便可利用下式:

$$U = \{u_j\} = WV = (w_1, w_2, \dots, w_m) \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mn} \end{bmatrix}, \quad (12)$$

将  $m$  个成员关于  $n$  个决策方案的效用信息偏好集结为整个群体关于这  $n$  个方案的偏好向量.  $U$  即为  $n$  个方案的排序向量, 也就是大群体最终的决策结果.

### 4.2 群决策结果评价

群决策结果是检验群体决策方法是否得当、群决策过程是否正确的重要指标. 当群体成员很多时, 这一问题显得尤为重要. 在群决策过程中, 各成员根据自身的工作背景、知识、经验等特点, 分别直接给出自己的效用向量, 或由其他形式的偏好信息转化成的效用向量. 合理的决策结果应尽可能反映大多数群体成员的意见, 即各成员给出的效用向量与群体最终决策结果之间的差距越小越好.

周晓光等采用置信度准则的属性测度理论, 从决策效率和决策质量两方面对群决策结果进行评价<sup>[22]</sup>. 本文采用欧氏距离法度量这一差距, 并用意见反映度指标 DOR 来度量决策结果反映群体成员意见的程度. 将其与事先确定的反映度阈值  $\theta$

1) 相比较, 若  $DOR > \theta$ , 则认可决策结果, 不需要重新决策; 反之, 根据成员意见差异度指标, 修改相关成员的效用向量, 重新进行决策.

反映度阈值  $\theta$  用来认可决策结果的可行性, 其值可事先由人工根据决策实际情况确定 (比如  $\theta = 0.8$ ).  $\theta$  值不宜过大也不宜过小, 一般介于  $0.5 \sim 0.9$  之间为宜.

#### 4.2.1 成员意见反映度指标

设  $m$  个成员给出关于  $n$  个方案的效用值形式的偏好信息构成矩阵  $V = (v_{ij})_{m \times n}$ , 按行归一化后, 得  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ . 决策方案排序结果为  $U = \{u_j\}$ , 也进行归一化处理.

定义 1 成员  $e_i$  与群体决策结果  $U = \{u_j\}$  之间的欧氏距离定义为

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - u_j)^2}. \quad (13)$$

其中  $d_i$  为成员  $e_i$  给出的效用向量与群决策结果的距离, 其值越小表示成员  $e_i$  的效用向量与群体决策结果越接近, 反之则越疏远.

定义 2 群体成员意见反映度指标定义为

$$DOR = 1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i. \quad (14)$$

定理 1 群体成员意见反映度指标 DOR 具有以下性质:

- 1)  $0 \leq DOR \leq 1$ , 且 DOR 越大, 群体决策结果反映群体成员意见的程度越高;
- 2) 当  $DOR = 0$  时, 表示群体成员的意见与群体决策结果完全不一致, 群体决策结果反映群体成员意见的程度最低;

3) 当 DOR = 1 时,表示群体成员的意见与群体决策结果完全一致,群体成员的意见得到完全反映.

证明 由定义可知

$$\prod_{j=1}^n r_{ij} = 1, 0 < r_{ij} < 1;$$

$$\prod_{j=1}^n u_j = 1, 0 < u_j < 1; d_i > 0.$$

因为  $|r_{ij} - u_j| / |r_{ij} + u_j| = r_{ij} + u_j$ , 当且仅当  $r_{ij}$  与  $u_j$  至少有一个为零时等号成立, 所以

$$d_i = \prod_{j=1}^n \sqrt{(r_{ij} - u_j)^2} = \prod_{j=1}^n |r_{ij} - u_j| =$$

$$|r_{i1} - u_1| + \dots + |r_{in} - u_n|$$

$$r_{i1} + u_1 + \dots + r_{in} + u_n =$$

$$(r_{i1} + \dots + r_{in}) + (u_1 + \dots + u_n) =$$

$$1 + 1 = 2.$$

即  $\prod_{i=1}^m d_i = 2 + \dots + 2 = 2m$ , 亦即  $\prod_{i=1}^m d_i = 2$ . 所以有

$$DOR = 1 - \frac{1}{m} \prod_{j=1}^m d_i = 1.$$

### 4.2.2 成员意见差异度指标

定义 3 成员  $e_i$  与成员  $e_j$  之间的距离定义为

$$d_{ij} = \sqrt{(r_{it} - r_{jt})^2}, t = 1, 2, \dots, n. \quad (15)$$

其中  $d_{ij}$  为成员  $e_i$  与成员  $e_j$  给出的效用向量之间的距离, 其值越小表示成员  $e_i$  与成员  $e_j$  之间的意见越接近, 反之则越疏远.

定义 4 成员  $e_i$  的意见差异度指标定义为

$$DOD_i = \frac{1}{m-1} \sum_{j \neq i} d_{ij}. \quad (16)$$

定理 2 意见差异度指标  $DOD_i$  具有以下性质:

- 1)  $0 < DOD_i < 2$ , 且  $DOD_i$  越小, 成员  $e_i$  与其他成员的意见一致性程度越高;
- 2) 当  $DOD_i = 0$  时, 表示成员  $e_i$  与其他成员的意见完全一致;
- 3) 当  $DOD_i = 2$  时, 表示成员  $e_i$  与其他成员的意见完全不一致.

证明过程同定理 1.

### 4.2.3 群决策结果评价步骤

大群体决策结果评价方法的计算步骤如下:

Step1: 将成员效用矩阵  $A$  按行归一化为

$$R = \{r_{ij}\}, r_{ij} = a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij}.$$

Step2: 将群体决策结果  $U$  归一化为  $U = \{u_j\}$ .

Step3: 由式(13) 计算各成员效用向量与群体决策结果之间的距离  $d_i$ .

Step4: 由式(14) 计算成员意见反映度指标 DOR.

Step5: 将计算所得的 DOR 与事先确定的反映度阈值 相比较, 若  $DOR \geq$ , 则认可决策结果, 决策结束; 若  $DOR <$ , 则认为决策结果不理想, 转入 Step6.

Step6: 根据式(16) 计算各成员的意见差异度  $DOD_i$ , 找出其中最大者, 修改相关成员  $e_i$  的效用向量, 重新计算决策结果, 重复以上步骤.

## 5 实例分析

某风险投资公司要进行一项投资, 有 4 个备选决策方案: 投资电脑生产公司、投资酒店、投资服装设计公司、投资生物制药公司, 分别记为  $x_1, x_2, x_3, x_4$ . 聘请 25 位专家成员, 分别给出 4 个决策方案效用值形式的偏好信息(效用值数据的获得有两种途径: 一是直接获得, 在一定标准下由成员判断打分, 或由成员历史经验数据统计获得; 二是间接获得, 成员给出的偏好信息有多种形式, 如序关系值、互反判断矩阵、模糊互补判断矩阵等, 通过一定的手段可转化为效用值<sup>[18]</sup> 的形式), 如表 1 所示.

表 1 群体成员效用值向量

成 员	方 案				成 员	方 案			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$e_1$	0.4	0.6	0.5	0.2	$e_{14}$	0.4	0.5	0.5	0.7
$e_2$	0.3	0.3	0.4	0.6	$e_{15}$	0.6	0.5	0.5	0.5
$e_3$	0.5	0.6	0.7	0.4	$e_{16}$	0.7	0.6	0.6	0.4
$e_4$	0.6	0.7	0.8	0.4	$e_{17}$	0.4	0.2	0.3	0.6
$e_5$	0.6	0.5	0.4	0.3	$e_{18}$	0.6	0.8	0.8	0.4
$e_6$	0.5	0.7	0.9	0.8	$e_{19}$	0.3	0.4	0.4	0.6
$e_7$	0.6	0.7	0.8	0.5	$e_{20}$	0.8	0.7	0.4	0.5
$e_8$	0.8	0.3	0.4	0.6	$e_{21}$	0.5	0.7	0.7	0.4
$e_9$	0.6	0.3	0.5	0.6	$e_{22}$	0.6	0.7	0.7	0.2
$e_{10}$	0.2	0.6	0.4	0.6	$e_{23}$	0.7	0.6	0.6	0.5
$e_{11}$	0.4	0.5	0.6	0.7	$e_{24}$	0.7	0.5	0.5	0.4
$e_{12}$	0.3	0.7	0.8	0.4	$e_{25}$	0.9	0.4	0.6	0.3
$e_{13}$	0.4	0.8	0.4	0.6					

利用第 2 节的计算方法可得各成员的熵权值, 如表 2 所示.

此时熵权阈值  $\alpha = 0.1/25 = 0.004$ . 25 个成员的熵权中,  $\alpha_{15} = 0.0033 < \alpha = 0.004$ , 即成员  $e_{15}$  提供的信息较少. 可从  $V$  中去除成员  $e_{15}$  的效用向量, 再进行集结排序.

去除成员  $e_{15}$  的效用向量, 得到剩余的 24 个成员关于 4 个方案给出的效用值向量构成矩阵  $V$ , 如表 3 所示.

表2 群体成员熵权值

成员	熵值 $E_i$	熵权 $i$	成员	熵值 $E_i$	熵权 $i$
$e_1$	0.9520	0.0674	$e_{14}$	0.9850	0.0211
$e_2$	0.9681	0.0447	$e_{15}$	0.9976	0.0033
$e_3$	0.9849	0.0212	$e_{16}$	0.9863	0.0192
$e_4$	0.9787	0.0299	$e_{17}$	0.9446	0.0778
$e_5$	0.9773	0.0318	$e_{18}$	0.9750	0.0351
$e_6$	0.9843	0.0220	$e_{19}$	0.9771	0.0321
$e_7$	0.9892	0.0151	$e_{20}$	0.9745	0.0357
$e_8$	0.9518	0.0677	$e_{21}$	0.9811	0.0266
$e_9$	0.9764	0.0332	$e_{22}$	0.9385	0.0863
$e_{10}$	0.9455	0.0765	$e_{23}$	0.9950	0.0071
$e_{11}$	0.9849	0.0212	$e_{24}$	0.9850	0.0211
$e_{12}$	0.9478	0.0734	$e_{25}$	0.9389	0.0857
$e_{13}$	0.9681	0.0447			

表3 剩余群体成员效用值向量

成员	方 案				成员	方 案			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$e_1$	0.4	0.6	0.5	0.2	$e_{13}$	0.4	0.8	0.4	0.6
$e_2$	0.3	0.3	0.4	0.6	$e_{14}$	0.4	0.5	0.5	0.7
$e_3$	0.5	0.6	0.7	0.4	$e_{15}$	0.7	0.6	0.6	0.4
$e_4$	0.6	0.7	0.8	0.4	$e_{16}$	0.4	0.2	0.3	0.6
$e_5$	0.6	0.5	0.4	0.3	$e_{17}$	0.6	0.8	0.8	0.4
$e_6$	0.5	0.7	0.9	0.8	$e_{18}$	0.3	0.4	0.4	0.6
$e_7$	0.6	0.7	0.8	0.5	$e_{19}$	0.8	0.7	0.4	0.5
$e_8$	0.8	0.3	0.4	0.6	$e_{20}$	0.5	0.7	0.7	0.4
$e_9$	0.6	0.3	0.5	0.6	$e_{21}$	0.6	0.7	0.7	0.2
$e_{10}$	0.2	0.6	0.4	0.6	$e_{22}$	0.7	0.6	0.6	0.5
$e_{11}$	0.4	0.5	0.6	0.7	$e_{23}$	0.7	0.5	0.5	0.4
$e_{12}$	0.3	0.7	0.8	0.4	$e_{24}$	0.9	0.4	0.6	0.3

表4 成员效用值向量集聚类结果

聚 集	成员数 $n_k$	成员 $e^i$	集聚偏好矢量	集聚一致性指标 $k$
$C^1$	13	$e_1, e_2, e_5, e_7, e_{11}, e_{12}, e_{13}, e_{17}, e_{18}, e_{19}, e_{20}, e_{21}, e_{24}$	(0.48, 0.559, 0.538, 0.409)	0.821
$C^2$	5	$e_3, e_4, e_{14}, e_{15}, e_{16}$	(0.49, 0.49, 0.546, 0.471)	0.826
$C^3$	4	$e_6, e_8, e_9, e_{10}$	(0.474, 0.429, 0.497, 0.587)	0.798
$C^4$	2	$e_{22}, e_{23}$	(0.615, 0.483, 0.483, 0.395)	0.973

此时  $m = 24, n = 4$ . 利用第3节的方法, 对上面24个效用值向量执行聚类算法<sup>[21]</sup>, 得集聚  $K = 4$ . 聚类结果如表4所示.

由式(11) 可得成员  $e_1$  的权重

$$w_1 = m / \sum_{k=1}^4 n_k^2 = \frac{13}{214} = 0.061.$$

同理可得其他成员的权重, 如表5所示.

表5 群体成员权重

成员	权重 $w_i$	成员	权重 $w_i$	成员	权重 $w_i$
$e_1$	0.061	$e_9$	0.019	$e_{17}$	0.061
$e_2$	0.061	$e_{10}$	0.019	$e_{18}$	0.061
$e_3$	0.023	$e_{11}$	0.061	$e_{19}$	0.061
$e_4$	0.023	$e_{12}$	0.061	$e_{20}$	0.061
$e_5$	0.061	$e_{13}$	0.061	$e_{21}$	0.061
$e_6$	0.019	$e_{14}$	0.023	$e_{22}$	0.01
$e_7$	0.061	$e_{15}$	0.023	$e_{23}$	0.01
$e_8$	0.019	$e_{16}$	0.023	$e_{24}$	0.061

利用式(12) 得4个决策方案的排序向量

$$U = \{u_j\} = WV = (w_1, w_2, w_3, w_4) V.$$

通过计算可得:  $u_1 = 0.5224, u_2 = 0.5827, u_3 = 0.5770, u_4 = 0.4636$ . 最优方案为  $x_2$ , 即应投资酒店.

取成员意见反映度阈值  $\alpha = 0.8$ , 将成员效用向量矩阵  $V$  和群体决策结果  $U$  归一化. 由式(13) 和(14) 得群体成员意见反映度指标  $DOR = 0.77 < 0.8 = \alpha$ , 因此认为决策结果不够理想.

按式(15) 和(16) 计算所有成员的意见差异度指标, 如表6所示. 其中  $DOD_{16} = 0.45$  为最大者, 即成员  $e_{16}$  与其他成员的意见不一致程度最高. 通过与均值比较, 将其效用向量  $e_{16}$  修改为  $e_{16} = (0.4, 0.5, 0.5, 0.6)$ . 采用同样方法, 得  $u_1 = 0.53, u_2 = 0.55, u_3 = 0.56, u_4 = 0.48$ . 最优方案为  $x_3$ , 即应投资服装设计公司. 同理, 可得群体成员意见反映度指标  $DOR = 0.8065 > 0.8 = \alpha$ . 因此认可决策结果, 决策过程结束.

表6 群体成员意见差异度指标

成员	权重 $w_i$	成员	权重 $w_i$	成员	权重 $w_i$
$e_1$	0.33	$e_9$	0.33	$e_{17}$	0.28
$e_2$	0.36	$e_{10}$	0.39	$e_{18}$	0.31
$e_3$	0.26	$e_{11}$	0.29	$e_{19}$	0.33
$e_4$	0.27	$e_{12}$	0.368	$e_{20}$	0.26
$e_5$	0.29	$e_{13}$	0.36	$e_{21}$	0.35
$e_6$	0.29	$e_{14}$	0.29	$e_{22}$	0.25
$e_7$	0.25	$e_{15}$	0.26	$e_{23}$	0.27
$e_8$	0.43	$e_{16}$	0.45	$e_{24}$	0.41

## 6 结 论

在群决策问题中, 群体成员偏好信息以效用值形式出现. 本文针对这种情况, 提出了判断群体成员提供信息量多寡程度的熵权方法, 以去除提供较少信息量的成员, 并形成群体关于决策方案的效用矩

阵.在此基础上,利用聚类方法将大群体成员进行聚类,根据聚类结果确定成员的权重,将该权重与效用矩阵合成,获得决策方案的排序向量.提出了成员意见反映度指标,用于度量群决策结果反映成员意见的程度.将其与反映度阈值相比较,若该指标值大于该阈值,则认可决策结果,无需重新进行决策;反之,则提出了成员意见差异度指标,根据差异度指标值修改相关成员的效用向量,重新进行决策.通过实例验证,该方法能提高决策质量,具有较强的实用性.

### 参考文献(References)

- [1] Shannon C E, Haken H. Application of the maximum information entropy principle to selforganizing systems [J]. Condensed Matter, 1985, 61(3): 335-338.
- [2] Herrera F, Herrera Viedma E, Chiclana F. Multiperson decision-making based on multiplicative preference relations [J]. European J of Operational Research, 2001, 129: 372-385.
- [3] Smith S A. A derivation of entropy and the maximum entropy criterion in the context of decision problems[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1974, 4: 157-159.
- [4] Li Guilin, Chen Xiaoyun. The discussion on the similarity of cluster analysis [J]. J of Computer Engineering and Application, 2004, 40(31): 64-82.
- [5] Qian Wei-ning, Zhou Ao-ying. Analyzing popular clustering algorithms from different view-points[J]. J of Software, 2002, 13(8): 1382-1394.
- [6] Lotte Scholten, Daan van Knippenberg. Motivated information processing and group decision-making: Effects of process accountability on information processing and decision quality [J]. J of Experimental Social Psychology, 2007, 43: 539-552.
- [7] 郭庆军, 赛云秀. 基于熵权决策的项目方案评价[J]. 统计与决策, 2007, 6: 50-51.  
(Guo Q J, Sai Y X. Evaluation of the project scheme based on entropy weight decision [J]. Statistics and Decision, 2007, 6: 50-51.)
- [8] 朱杰堂, 史新生. 群决策的统计处理方法——序数法 [J]. 郑州航空工业管理学院学报, 1995, 4: 33-39.  
(Zhu J T, Shi X S. Method of statistics disposal of group decision: Ordinal method [J]. J of Zhengzhou Institute of Aeronautical Industrial Management, 1995, 4: 33-39.)
- [9] 魏翠萍. 层次分析法中和积法的最优化理论基础及性质 [J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(9): 113-116.  
(Wei C P. The optimization basis and properties of the sum/product method in AHP[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 1999, 19(9): 113-116.)
- [10] 郭春香, 郭耀煌. 属性具有不同形式偏好信息的群决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(1): 63-65.  
(Guo C X, Guo Y H. Approach of multiple-attribute group decision-making with different forms of preference information [J]. Systems Engineering and Electronics, 2005, 27(1): 63-65.)
- [11] 吕跃进, 郭欣荣. 群组 AHP 判断矩阵的一种有效集结方法[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 17(7): 132-135.  
(Lv Y J, Guo X R. An effective aggregation method for the AHP judgement matrix in group decision-making [J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2007, 17(7): 132-135.)
- [12] 徐泽水. 互补判断矩阵的两种排序方法——权的最小平方法及特征向量法 [J]. 系统工程理论与实践, 2002, 22(7): 71-75.  
(Xu Z S. Two methods for priorities of complementary judgement matrices: Weighted least-square method and eigenvector method [J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2002, 22(7): 71-75.)
- [13] 徐泽水. 模糊互补判断矩阵排序的一种算法 [J]. 系统工程学报, 2001, 16(4): 311-314.  
(Xu Z S. Algorithm for priority of fuzzy complementary judgement matrix [J]. J of Systems Engineering, 2001, 16(4): 311-314.)
- [14] 朱建军. 群决策中两类不确定偏好信息的集结方法研究[J]. 控制与决策, 2006, 21(8): 889-897.  
(Zhu J J. Group aggregation approach of two kinds of uncertain preference information [J]. Control and Decision, 2006, 21(8): 889-897.)
- [15] 姜艳萍, 樊治平. 一种具有不同形式效用值的群决策方法研究[J]. 运筹与管理, 2005, 14(2): 1-4.  
(Jiang Y P, Fan Z P. A method for group decision making problems with different forms of utility values [J]. Operations Research and Management Science, 2005, 14(2): 1-4.)
- [16] 陈侠, 樊治平, 陈岩. 基于区间数决策矩阵的专家群体判断一致性 [J]. 东北大学学报, 2007, 28(10): 1509-1513.  
(Chen X, Fan Z P, Chen Y. On consistency of expert group's judgments based on decision matrices in form of interval numbers[J]. J of Northeastern University, 2007, 28(10): 1509-1513.)
- [17] 陈侠, 樊治平. 基于语言评价矩阵的评判专家水平研究[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(10): 1665-1668.  
(Chen X, Fan Z P. Study on the assessment level of experts based on linguistic assessment matrices [J]. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(10): 1665-1668.)

(下转第 450 页)

## 6 结 论

本文基于广义模糊熵图像分割法按隶属度等于  $m$  对图像进行分割的思想,结合粒子群算法参数少、收敛速度快的优点,在区间  $(0, 1)$  内自适应确定参数  $m$ ,提出一种有效的图像分割方法.该方法可根据具体图像自适应地选取参数  $m$ .针对参数  $(a, b, d)$  穷举搜索费时的问题,通过优化的方法快速找到其最佳参数组合.实验结果表明,对于光照不均匀的图像,本文自适应确定参数的方法获得了比已有模糊熵阈值法更为理想的分割效果,能有效克服光照噪声,是一种实用的阈值分割方法.

### 参考文献(References)

- [1] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.
- [2] Zeno S D, Cinque L, Levaldi S. Image thresholding using fuzzy entropies[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics —Part B, 1998, 28(1): 15-23.
- [3] Fan J L, Zhao F. A generalized fuzzy entropy-based image segmentation method[C]. Proc of the 2007 Int Conf on Intelligent Systems and Knowledge Engineering. Chengdu, 2007: 427-431.
- [4] 唐英干, 刘冬, 关新平. 基于粒子群和二维 Otsu 方法的快速图像分割[J]. 控制与决策, 2007, 22(2): 202-205. (Tang Y G, Liu D, Guan X P. Fast image segmentation based on particle swarm optimization and two-dimension Otsu method[J]. Control and Decision, 2007, 22(2): 202-205.)
- [5] Maitra M, Chatterjee A. A hybrid cooperative-comprehensive learning based PSO algorithm for image segmentation using multilevel thresholding[J]. Expert Systems with Applications, 2008, 34(2): 1341-1350.
- [6] Sugeno M. Fuzzy measures and fuzzy integrals: A survey[C]. Fuzzy Automata and Decision Processes. Amsterdam, 1977: 89-102.
- [7] Lowen R. On fuzzy complements[J]. Information Sciences, 1978, 14(2): 107-113.
- [8] Yager R R. On the measures of fuzziness and negation[J]. Lattices, Information and Control, 1980, 44(3): 236-260.
- [9] Li H, Yang H S. Fast and reliable image enhancement using fuzzy relaxation technique[J]. IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics, 1989, 19(5): 1276-1281.
- [10] Sahoo P K, Soltani S, Wong A K C, et al. A survey of thresholding techniques[J]. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1988, 41(2): 233-260.
- [11] Eberhart R C, Kennedy J. A new optimizer using particles swarm theory[C]. Proc of 6th Int Symp on Micro Machine and Human Science. Nagoya, 1995: 39-43.
- [12] Angeline P J. Evolutionary optimization versus particle swarm optimization: Philosophy and performance difference[C]. Annual Conf on Evolutionary Programming. San Diego, 1998: 601-610.
- [13] Li X Q, Zhao Z W, Cheng H D. Fuzzy entropy threshold approach to cancer detection[J]. Information Sciences, 1995, 4(1): 49-56.
- (上接第 445 页)
- [18] 陈华友, 刘春林. 群决策中基于不同偏好信息的相对熵集成方法[J]. 东南大学学报, 2005, 35(2): 311-315. (Chen H Y, Liu C L. Relative entropy aggregation method in group decision making based on different types of preference information[J]. J of Southeast University, 2005, 35(2): 311-315.)
- [19] 曾雪兰, 吉建华, 吴小欢. 基于相容性指标的聚类分析专家赋权法[J]. 广西大学学报, 2005, 30(4): 337-340. (Zeng X L, Ji J H, Wu X H. Research on method for experts' weights in group decision making based on reciprocal judgement matrix[J]. J of Guangxi University, 2005, 30(4): 337-340.)
- [20] 吴云燕, 华中生, 查勇. AHP 中群决策权重的确定与判断矩阵的合并[J]. 运筹与管理, 2003, 12(4): 16-21. (Wu Y Y, Hua Z S, Zha Y. Calculation of the weights and the amalgamation of the matrixes in AHP group decision[J]. Operations Research and Management Science, 2003, 12(4): 16-21.)
- [21] 徐选华, 陈晓红. 基于矢量空间的群体聚类方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27(6): 1034-1038. (Xu X H, Chen X H. Research on the group clustering method based on vector space[J]. Systems Engineering and Electronics, 2005, 27(6): 1034-1038.)
- [22] 周晓光, 张强. 基于属性测度理论的群决策效果评价[J]. 北京理工大学学报, 2007, 27(2): 179-183. (Zhou X G, Zhang Q. Evaluation of the effect of group decision making based on the attribute measure theory[J]. J of Beijing Institute of Technology, 2007, 27(2): 179-183.)