

文章编号:1003-207(2014)10-0129-07

# 基于区间数的多阶段交互式群体评价方法及应用

张发明, 孙文龙

(南昌大学经济与管理学院, 江西 南昌 330031)

**摘要:**针对目前多阶段交互式评价研究数量相对较少并且均是基于点值评价信息的缺陷,以及大多数群体评价研究中忽视了评分区间与可变评价信息的内在联系等不足,综合讨论了一种基于区间数的多阶段交互式群体评价方法。本文首先分析了交互式评价中区间型评价信息的特性,进而提出了评分区间重置算法的设计思想。该算法能够实现评分区间与每轮调整后评价信息的协同调整,并推动交互的进行,使评价信息趋于稳定。然后从稳定性角度出发,设计群体评价信息的稳定性指标,以此讨论交互终止条件。最后给出一个应用算例,算例表明了该方法的可行性和有效性。

**关键词:**区间数;评分区间;正态分布;群体评价;交互;

**中图分类号:**C931 **文献标识码:**A

## 1 引言

随着经济的不断发展,社会中的大型群体评价活动变得越来越频繁,评价指标与评价专家的数量逐渐增多,评价过程也变得越来越复杂,如何能更好、更真实地处理大型复杂的群体评价项目中的数据信息已经成为了这类问题的研究重点。到目前为止,关于群体评价的研究,国内外均有了丰硕的研究成果<sup>[1-15]</sup>。其中国内外许多学者<sup>[1-6]</sup>主要是基于单阶段群体评价与群体决策,从评价专家或决策者的偏好、评价模型构建、评价算法设计、评价模型应用等几个方面展开探讨;岳超源<sup>[7]</sup>、徐泽水<sup>[8]</sup>、郭亚军<sup>[9]</sup>等专家对常用的综合评价理论、多属性决策方法进行了细致的评述与总结,并进行了大量拓展,这些方法与理论大多数也是基于单阶段的、静态的群体评价与群体决策思想而构建的,其中郭亚军<sup>[9]</sup>少量的提到了基于时序的动态视角探讨综合评价的处理过程;Benddy等<sup>[10]</sup>、彭怡<sup>[11]</sup>、易平涛等<sup>[12]</sup>则主要是以更符合实际的多阶段、动态角度为出发点展开研究的,如彭怡等<sup>[11]</sup>为避免单阶段综合评价不能从

整体上反应被评价对象在一个阶段内的“表现”而采用了时间序列的动态思想,提出了多标准多期群决策方法,并在此基础上考虑了成员影响力对群体意见的影响程度并加以度量。张发明等<sup>[13-15]</sup>提出了交互式评价思想,其中文献<sup>[13]</sup>通过被评价对象与群体评价者间的互动,避免了传统的群体评价方法均不考虑被评价对象参与的缺点,文献<sup>[14、15]</sup>则将多阶段思想与交互式思想相结合提出了一种多阶段交互式群体评价的构思。董庆兴等<sup>[16]</sup>利用主客方交互的思想,提出了“差异驱动”算法,用以综合集成来自主客体的评价信息。但值得注意的是,第一,对于交互式群体评价相关文献而言,主要研究大多是基于点值型评价信息展开的,而随着群体评价项目的复杂化,想得到确切的点值型评价信息往往是有困难的,更多的情况则是提供模糊型评价信息;例如在环境保护、环境污染的综合评价活动中,由于这类研究问题的多维多层次特点,并且其涉及到的相关评价指标(如污染比例、空气污染指数)均有较强的时效性、不确定性与不可预测性,在评价活动进行的过程中,相关的指标数据很可能已经发生很大的变化,此时若利用点值评价信息完成评价活动,则会降低该项综合评价的准确性、影响研究意义,若利用区间型评价信息来说明相关评价指标应处于一定的变动范围内,则能很好的避免上述问题。第二,对于基于区间型评价信息展开研究的相关文献而言,较少考虑评分区间与可变的评价信息间的制约关系,并且也较少考虑了随着评价者人数逐渐增多时,

收稿日期:2012-11-20; 修改日期:2013-06-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71361021,71001048);  
国家社会科学基金资助项目(11BGL063);江西省教育厅科技资助项目(GJJ14113);江西省社会科学“十二五规划”项目(13GL38)

作者简介:张发明(1980-),男(汉族),江西临川人,南昌大学经济与管理学院,博士,教授,博士生导师,研究方向:综合评价与决策支持。

评分区间与评价信息间的数学变动关系,而这两种内在联系将会直接影响评价信息的调整,最终影响整个群体评价结果,因此,评分区间应随着评价信息的调整而有所修正。针对以上两点不足,作者以区间型评价信息为切入点展开讨论,且从一个新的角度详细论述了区间型评价信息的特性,并提出了评分区间重置算法。

2 问题描述与条件假设

设有  $m$  个评价者,评价群体集为  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ ;  $n$  个被评价对象,被评价对象集为  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 。被评价对象之间存在一定的利益相关性。为了简单起见,本文假设不论是成本型还是效益型属性,评价信息集结后均以评价者给出分值的总体偏差量来衡量方案的优劣,总体偏差量越小的方案越优,且其评分区间为  $[0, 30]$ 。

为了保证交互评价的准确性、平衡各方利益,假设共经过  $l(l \geq 3)$  轮交互,  $p_{ij}^k (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$  表示在第  $k(k = 1, 2, \dots, l)$  轮交互中评价者  $e_j (j = 1, 2, \dots, m)$  对被评价对象  $s_i (i = 1, 2, \dots, n)$  的区间型评价信息,即  $p_{ij}^k = [a_{ij}^k, b_{ij}^k] (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; a_{ij}^k < b_{ij}^k)$ 。为了不失一般性,设  $m \geq 3$  且  $n \geq 3$ , 记第  $k$  轮的评分区间数矩阵  $P^k$  为:

$$P^k = [p_{ij}^k]_{n \times m} = \begin{bmatrix} [a_{11}^k, b_{11}^k] & [a_{12}^k, b_{12}^k] & \dots & [a_{1m}^k, b_{1m}^k] \\ [a_{21}^k, b_{21}^k] & [a_{22}^k, b_{22}^k] & \dots & [a_{2m}^k, b_{2m}^k] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ [a_{n1}^k, b_{n1}^k] & [a_{n2}^k, b_{n2}^k] & \dots & [a_{nm}^k, b_{nm}^k] \end{bmatrix}$$

其相应的分量记为  $p_j^k (j = 1, 2, \dots, m)$  和  $q_i^k (i = 1, 2, \dots, n)$  即  $P^k = [p_{ij}^k]_{n \times m} = [p_1^k, p_2^k, \dots, p_m^k]$ ,  $p^k = [p_{ij}^k]_{n \times m} = [q_1^k, q_2^k, \dots, q_n^k]^T$ 。接下来解决如何通过  $m$  个评价者提供的  $l$  轮的交互评价信息  $P^k (k = 1, 2, \dots, l)$  来确定一个均衡了各方意见的交互后的排序结论。

为了更准确地说明问题,先给出 3 个假设:

- (1) 评价者不存在根本的利益冲突,不会给出恶意的评价信息干扰他人,影响评价数据的分布情况。
- (2) 评价者给出的区间型评价信息,是真实地依据个人专业水平以及相关知识给出的,真实地反应出自己对被评价对象优劣程度的判断。
- (3) 评价过程中,当评价个体之间发生意见分歧时都有交互的意愿,并接受交互期间的合理规则。

3 方法与基本原理

3.1 交互过程描述

基于多阶段动态交互式评价中,除首轮未经过交互的原始评价信息  $p_{ij}^1$  之外,主要可以被描述为 3 个核心模块:

模块 1 评价个体  $e_j (j = 1, 2, \dots, m)$  在第  $k(k = 2, 3, \dots, l)$  轮的交互中,根据每轮评价结束时主持人在公告板上公布的群体评价信息,对第  $k - 1(k = 2, 3, \dots, l)$  轮所给出的群体评价信息分量  $p_j^{k-1} (j = 1, 2, \dots, m)$  中的所有区间型评价信息进行修正,并给出本轮新的评价信息分量  $p_j^k (j = 1, 2, \dots, m)$ 。

模块 2 主持人汇总各个评价个体的评价信息分量,计算群体意见的稳定性,若稳定性无法达到一定的要求,则根据评分区间重置算法中 4 个步骤,求解新的评分取值区间;若稳定性达到一定的指标进入第三个模块。

模块 3 当稳定性达到一定的指标后,停止评价者之间的交互,根据一定的信息集结方法,给出最终的集结结果。

3.2 区间型评价信息特性分析

在现实的综合评价问题中,常常会出现评价者无法给出确切点值型评价信息的情形,或者用点值型评价信息不能准确体现被评价对象特征的情况,此时评价者即会利用“区间”思想,给出一个区间型评价信息,该区间型评价信息即是对无法确定的点值型评价信息的一个模糊描述,因此,目前已有的很多研究均是视该区间型评价信息符合正态分布<sup>[14-16]</sup>。这一点也是本文设计处理区间型评价信息算法的基础之一。故区间型评价信息  $[a_{ij}^k, b_{ij}^k] (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; a_{ij}^k < b_{ij}^k)$ , 可视为符合正态分布的特点,进而给出如下定义。

定义 1: 设符合正态分布的区间型评价信息  $[a_{ij}^k, b_{ij}^k]$  的样本容量为  $n^*$ ,  $\overline{x}_{ij}^k$  是从样本容量为  $n^*$  的样本总体中取出的一个随机样本均值,  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, a_{ij}^k < b_{ij}^k, k = 2, 3, \dots, l$ 。

定义 2: 针对同一个被评价对象  $s_i (i = 1, 2, \dots, n)$ , 设  $\overline{x}_i^k$  为  $m$  个评价者的  $\overline{x}_{ij}^k$  的均值, 即:

$$\overline{x}_i^k = \sum_{j=1}^m \overline{x}_{ij}^k / m \tag{1}$$

其中  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 2, 3, \dots, l$ 。随着经济的发展,社会中的群体评价项目变得越来越复杂,评价指标逐渐增多的同时也需要越来越多的专家参与评价;随着专家人数的增多,如何更好地处理评价专家间评价信息的关系,对综合评价结果起着至关重要的作用。因此,评分区间为  $[0, 30]$  (评分区间数值可以更换,此处仅是暂时设

置)可视为一个总体样本,而  $m$  个评价者的评价信息即是在该样本中的抽样。根据中心极限定理的指导指标,当  $m \geq 30$  且  $m$  逐渐增大时,随机样本均值  $\overline{x_i^k}$  分布就会越来越逼近于正态分布。因此,随着群体评价的复杂化,尤其是针对地区经济发展等相关的综合评价,评价专家人数往往会非常多,此时该抽样分逼近于正态分布的假定会越来越精确,在提升了可操作性的同时,也更符合实际评价环境,后续的处理也有了更大的拓展空间。

定义 3:设评分区间的样本容量为  $m$ ,即等于评价者人数, $\alpha$  是样本容量为  $m$  的正态分布样本的均值。

针对区间型评价信息的以上特点,作者提出了评分区间重置算法。

### 3.3 评分区间重置算法

在交互式群体评价问题中,评分区间实际上是对所有评价者的评价信息的一个整体反映和概括,因此,在多轮的交互过程中,评分区间应随着评价信息的调整而调整,这样才能如实地体现出评价者交互后所产生的综合作用。

定义 4:评分区间的总体样本均值为  $\beta_i^k$ ,标准差为  $\sigma_i^k$ ,置信度为  $100(1 - C)\%$ ,则  $\beta_i^k$  的置信区间如下:

$$\overline{x_i^k} - t_{c/2} \times \frac{\sigma_i^k}{\sqrt{n}} \leq \beta_i^k \leq \overline{x_i^k} + t_{c/2} \times \frac{\sigma_i^k}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

其中, $\overline{x_i^k}$  为评分区间的随机样本均值, $i = 1, 2, \dots, n, k = 2, 3, \dots, l, t_{c/2}$  是自由度为  $\nu = n - 1$  的  $t$  值。

定义 5:设符合正态分布的区间型评价信息  $[a_{ij}^k, b_{ij}^k]$  为该正态分布的置信区间,有:

$$\overline{x_{ij}^k} - t_{c/2} \times \frac{\sigma_{ij}^k}{\sqrt{n}} = a_{ij}^k \quad (3)$$

$$\overline{x_{ij}^k} + t_{c/2} \times \frac{\sigma_{ij}^k}{\sqrt{n}} = b_{ij}^k \quad (4)$$

其中, $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 2, 3, \dots, l, a_{ij}^k < b_{ij}^k, t_{c/2}$  是自由度为  $\nu = n - 1$  的  $t$  值。

根据数学相关研究中的惯例,设  $0 < c \leq 5\%$ ,即置信度要求大于等于  $95\%$ ,因此,为谨慎起见,本文采用  $c = 5\%$ ,即置信度  $100(1 - c)\%$  为  $95\%$ 。

通过定义 4、定义 5 的循环运用,将得到每轮交互调整后的新评分区间。具体步骤如下:

Step 1 根据第  $k(k = 1, 2, \dots, l)$  轮的区间型评价信息  $[p_{ij}^k]_{n \times m}$ ,运用(3)式和(4)式得出评价信息分量  $q_i^k(i = 1, 2, \dots, n)$  所对应的所有随机样本均值  $\overline{x_{i1}^k}, \overline{x_{i2}^k}, \dots, \overline{x_{im}^k}$  与标准差  $\sigma_{i1}^k, \sigma_{i2}^k, \dots, \sigma_{im}^k$ 。

Step 2 根据  $\overline{x_{i1}^k}, \overline{x_{i2}^k}, \dots, \overline{x_{im}^k}$  计算其样本均值  $\overline{x_i^k}$  与标准差  $\sigma_i^k$ 。

Step 3 根据稳定性、一致性相关判定指标,判断交互状态是否已经达到相关指标要求;若达到相关指标要求,则停止计算、终止循环并集结评价结果,否则进入 Step 4。

Step4 根据本均值  $\overline{x_i^k}$  与标准差  $\sigma_i^k$ ,利用(1)式求出新的置信区间  $[A_i^k, B_i^k], [A_i^k, B_i^k]$  即为新一轮评价信息分量  $q_i^{k+1}(i = 1, 2, \dots, n)$  的评分区间。

### 3.4 确定群体评价信息的稳定性

在多阶段交互式群体评价问题中,随着交互的进行,群体评价信息会逐渐趋于稳定与一致,因此,需要对群体评价信息的稳定性与一致性进行客观的度量。但值得注意的是,群体评价信息的一致性是指群体评价信息在“横向”单轮次中的“不变程度”,而多阶段交互评价的主要目标是追求评价信息在多轮次交互中的稳定程度,而对一致性的要求较稳定性宽松一些。因此,下文将从群体评价信息的稳定性展开讨论。

群体评价信息的稳定性是指群体评价信息在“纵向”轮次中的“不变程度”,可以通过前文中得出的样本均值  $\overline{s_i^k}$  的波动程度加以衡量。

定义 6:对于第  $k(k = 2, 3, \dots, l)$  轮群体评价者给出的评分矩阵  $P^k$ ,相应的分量记为  $q_i^k(i = 1, 2, \dots, n)$ ,记:  $\omega_i^k(i = 1, 2, \dots, n)$  为被评价对象  $k^i(i = 1, 2, \dots, n)$  第  $k$  轮  $q_i^k$  相对于  $k - 1$  轮  $q_i^{k-1}$  的稳定性指标,

$$\omega_i^k = \frac{\overline{s_i^k}}{(\overline{s_i^{k-1}} + \overline{s_i^k})/2} \quad (5)$$

(5)式表明,群体评价意见的整体稳定性取决于群体评价信息在纵向上的偏差程度。为不失一般性,记第  $k$  轮整体稳定性向量  $\omega_k = [\omega_1^k, \omega_2^k, \dots, \omega_n^k]^T$ 。

### 3.5 交互终止条件

针对区间数多阶段交互式群体评价问题,主要的目标是追求评价信息的稳定性,通过多轮的评价信息交互,将使得区间型评价信息不断地得到修正,最终获得较为稳定的群体评价信息。针对这类评价问题,稳定性判断方法将直接影响群体评价结果,所以下面将从稳定性这个方面展开讨论。

稳定性判断条件:当第  $k$  轮与第  $k - 1$  轮的交互过程中,即某连续的两轮交互过程中,若对于  $\forall f \in \{k - 1, k\}$ :

$$|1 - \omega_i^k| \leq \eta (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

都成立,则可以判定评价信息的稳定性检验通

过。(5)式中  $\eta$  为事先给定的域阈值,要求  $0 \leq \eta \leq 5\%$ 。(6)式表明,只有评价信息在连续两轮的稳定性检验中都通过,才可以判定经过交互后的评价信息已经趋近于稳定。为不失一般性,在这里我们要求交互在第  $k(k > 3, k \in N)$  轮终止:  $\omega_i^k$  通过稳定性检验,则终止对被评价对象  $s_i(i = 1, 2, \dots, n)$  的交互,即群体评价者不再调整被评价对象  $s_i$  的评价信息,主持人也不再对被评价对象  $s_i$  的评价信息做处理;当对所有的  $\omega_i^k(i = 1, 2, \dots, n)$  的稳定性检验都通过时,终止所有交互。

3.6 评价结果的集结

当  $k(k = 1, 2, \dots, l(\text{下同}))$  轮评价信息全部通过稳定性检验以后,即得到了一个较为稳定、一致的评分值矩阵  $P^k$ ;  $\overline{x}_{ij}^k(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$  为评价个体给出的每个区间型评价信息  $[a_{ij}^k, b_{ij}^k](i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$  对应的随机样本均值,  $\alpha$  称作“交互点”。对于同一个评价个体针对所有被评价对象进行评价而言(即对于评分矩阵  $P^k$  的纵向分量  $p_j^k(j = 1, 2, \dots, m)$  而言),根据评价信息分量  $p_j^k(j = 1, 2, \dots, m)$  可得出所有对应的随机样本均值  $\overline{x}_{1j}^k, \overline{x}_{2j}^k, \dots, \overline{x}_{nj}^k$ , 每一个随机样本均值  $\overline{x}_{ij}^k(i = 1, 2, \dots, n)$  距离  $\alpha$  远近程度的不同,代表该评价个体对每个被评价对象优劣程度的评价有所不同。对于群体评价者对同一个被评价对象进行评价而言(即对于评分矩阵  $P^k$  的横向分量  $q_i^k(i = 1, 2, \dots, n)$  而言),根据评价信息分量  $q_i^k(i = 1, 2, \dots, n)$  可得出所有对应的随机样本均值  $\overline{x}_{i1}^k, \overline{x}_{i2}^k, \dots, \overline{x}_{im}^k$ , 每一个随

机样本均值  $\overline{x}_{ij}^k(j = 1, 2, \dots, m)$  距离  $\alpha$  远近程度的不同,代表不同的评价者对同一个被评价对象的优劣程度持有不同的观点。在这里作者采用欧氏距离<sup>[18]</sup>来衡量  $\overline{x}_{ij}^k(j = 1, 2, \dots, m)$  与  $\alpha$  的偏差,并给出定义 7、定义 8。

定义 7:  $\gamma_i(i = 1, 2, \dots, n)$  为被评价对象  $s_i$  的总体偏差量:

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^m \sqrt{(\overline{x}_{ij}^k - \alpha)^2} \tag{7}$$

定义 8: 若  $\gamma_m < \gamma_n (m \neq n, m = 1, 2, \dots, n, n = 1, 2, \dots, n)$ , 则我们可以判定被评价对象  $s_m$  优于被评价对象  $s_n$ , 记作:  $s_m \succ s_n$ ; 同理, 若  $\gamma_m > \gamma_n$ , 记作:  $s_m \prec s_n$ ; 若  $\gamma_m = \gamma_n$ , 记作:  $s_m = s_n$ ;

总体偏差量代表了全部评价者对某一个被评价对象优劣程度的整体评分。对于全体被评价对象而言,其最终的交互信息的集结结果就可以通过比较被评价对象  $s_i(i = 1, 2, \dots, n)$  的总体偏差量  $\gamma_i(i = 1, 2, \dots, n)$  的大小进行排序。

4 应用算例

一个由 6 人组成的评价小组对 5 个被评价者进行评选( $m=6, n=5$ )。假设 6 个评价者对 5 个被评价者的优劣程度持有不同的意见,并假设在评价过程中,当评价个体之间发生意见分歧时都有交互的意愿,并接受交互期间的合理规则。取定域阈值  $\eta = 0.05, c = 5\%$ 。

第一轮群体评价者给出的评分区间数矩阵  $P^1$  为:

$$P^1 = \begin{bmatrix} [2,6] & [9,17] & [7,17] & [12,20] & [15,21] & [22,28] \\ [8,12] & [3,6] & [4,10] & [23,28] & [7,11] & [12,15] \\ [4,8] & [6,11] & [17,21] & [19,24] & [13,17] & [23,28] \\ [10,14] & [9,13] & [11,15] & [13,17] & [19,23] & [12,16] \\ [15,19] & [22,26] & [8,10] & [9,13] & [16,20] & [18,22] \end{bmatrix}$$

基于区间数的多阶段交互式群体评价过程如下:

①主持人运用式(5)计算上一轮的整体稳定性指标  $\omega^k = [\omega_1^k, \omega_2^k, \dots, \omega_n^k]^T (k = 2, 3, \dots, l)$ ; 对于不满足终止条件的被评价对象,运用(2)式、(3)式、(4)式计算出新的评分取值区间,专家据此给出各自

调整后的评分区间。

主持人根据第一轮评分区间数矩阵  $P^1$ , 给出第二轮中每个被评价对象的新评分区间,矩阵中最后一列区间信息即为第二轮各被评价对象的评分区间(下同):

$$\left| \begin{array}{l} s_1 \left[ \overline{x}_1^2 = 14.6667 \quad \sigma_1^2 = 6.9761 \quad [7.3457, 21.9878] \right. \\ s_2 \left[ \overline{x}_2^2 = 12.3333 \quad \sigma_2^2 = 6.7946 \quad [5.1878, 19.4788] \right. \\ s_3 \left[ \overline{x}_3^2 = 15.9167 \quad \sigma_3^2 = 7.5724 \quad [7.9699, 23.8635] \right. \\ s_4 \left[ \overline{x}_4^2 = 14.3333 \quad \sigma_4^2 = 3.5590 \quad [10.5933, 18.0683] \right. \\ s_5 \left[ \overline{x}_5^2 = 16.5000 \quad \sigma_5^2 = 5.6125 \quad [10.6100, 22.3890] \right. \end{array} \right|$$

经过交互后,群体评价者根据新的评分取值区

间调整自己上一轮的评价信息(下同),给出第二轮

评分区间数矩阵  $P^2$  :

$$P^2 = \begin{bmatrix} [7.5,9] & [8,12] & [7.5,11] & [17.5,21] & [18,21.5] & [19.9,21.9] \\ [7.5,9] & [5.3,8.8] & [7.8,11] & [18.4,21.5] & [7,8.9] & [13,15] \\ [8,11] & [8.5,12] & [12,15] & [13,16] & [13,15.5] & [17,20.5] \\ [10.8,12.5] & [12,16] & [13,17] & [11.5,14.5] & [15,18] & [14,17] \\ [12,15] & [19,23] & [9,12] & [8,12] & [12,16] & [14,17] \end{bmatrix}$$

经主持人计算,第二轮群体评价信息整体稳定性指标为:  $\omega_2^2 = [0.9966, 0.9474, 0.9163, 0.9980, 0.9210]^T$  稳定性指标向量中各分量均不符合交互终止条件,主持人给出第三轮中每个被评价对象的新评分取值区间:

$$\left| \begin{array}{l} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \end{array} \right| \begin{array}{l} \overline{x_1^3} = 14.5667 \quad \sigma_1^3 = 5.9655 \quad [8.3063, 20.8271] \\ \overline{x_2^3} = 11.1000 \quad \sigma_2^3 = 4.9814 \quad [5.8723, 16.327] \\ \overline{x_3^3} = 13.4583 \quad \sigma_3^3 = 3.3370 \quad [9.9563, 16.9603] \\ \overline{x_4^3} = 14.2750 \quad \sigma_4^3 = 1.7646 \quad [12.4232, 16.1268] \\ \overline{x_5^3} = 14.0833 \quad \sigma_5^3 = 3.9927 \quad [9.8932, 18.2734] \end{array}$$

群体评价者给出第三轮评分区间数矩阵  $P^3$  :

$$P^3 = \begin{bmatrix} [8.5,10.5] & [11,14.5] & [9,15] & [15.5,18.5] & [16,19] & [17.1,19.9] \\ [8.5,11.5] & [9.5,12] & [11,14.7] & [13,14.5] & [10.5,13.9] & [12.5,14] \\ [10,11.5] & [11,13.5] & [13,15.5] & [13.5,16.5] & [14,16] & [12.5,16] \\ [12.5,14.5] & [13.3,15.7] & [13.5,15.5] & [14,16] & [13.1,15.3] & [12.5,15.5] \\ [14.5,17.5] & [16.5,18] & [15.2,16.4] & [15.5,18] & [16,17.5] & [15,17.5] \end{bmatrix}$$

经主持人计算,第三轮群体评价信息整体稳定性指标为:  $\omega_3^3 = [1.0105, 1.0445, 1.0046, 1.0009, 1.0780]^T$  稳定性指标向量中被评价对象  $s_1$ 、 $s_4$  已满足交互终止条件,故主持人只需在第四轮中给出被评价对象  $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_5$  的新评分取值区间:

$$\left| \begin{array}{l} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \end{array} \right| \begin{array}{l} \overline{x_1^4} = 14.8750 \quad \sigma_1^4 = 3.4269 \quad [\text{停止}] \\ \overline{x_2^4} = 12.1333 \quad \sigma_2^4 = 1.4726 \quad [10.5878, 13.6788] \\ \overline{x_3^4} = 13.5833 \quad \sigma_3^4 = 1.7151 \quad [11.7834, 15.3832] \\ \overline{x_4^4} = 14.3000 \quad \sigma_4^4 = 0.5404 \quad [\text{停止}] \\ \overline{x_5^4} = 16.4667 \quad \sigma_5^4 = 0.5447 \quad [5.8951, 17.0383] \end{array}$$

群体评价者给出第四轮评分区间数矩阵  $P^4$  :

$$P^4 = \begin{bmatrix} [8.5,10.5] & [11,14.5] & [9,15] & [15.5,18.5] & [16,19] & [17.1,19.9] \\ [10.7,11.5] & [10.9,12] & [11.5,13] & [11,12.5] & [12,13.5] & [10.7,12.3] \\ [11.9,13.1] & [12.5,14.9] & [11.9,14.5] & [13.5,15.1] & [12,15] & [12.7,14.5] \\ [12.5,14.5] & [13.3,15.7] & [13.5,15.5] & [14,16] & [13.1,15.3] & [12.5,15.5] \\ [15.9,16.5] & [16.2,17] & [16,17] & [16.2,16.8] & [16,16.9] & [15.9,16.7] \end{bmatrix}$$

经主持人计算,第四轮群体评价信息整体稳定性指标为:  $\omega_4^4 = [1.0105, 0.9861, 0.9957, 1.0009, 0.9987]^T$ ; 稳定性指向量标中被评价对象  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$  已满足交互终止条件,故主持人只需在第五轮中给出被评价对象  $s_5$  的新评分取值区间:

$$\left| \begin{array}{l} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \\ s_5 \end{array} \right| \begin{array}{l} \overline{x_1^4} = 14.8750 \quad \sigma_1^4 = 3.4269 \quad [\text{停止}] \\ \overline{x_2^5} = 11.8000 \quad \sigma_2^5 = 0.6017 \quad [\text{停止}] \\ \overline{x_3^5} = 13.4667 \quad \sigma_3^5 = 0.5955 \quad [\text{停止}] \\ \overline{x_4^4} = 14.3000 \quad \sigma_4^4 = 0.5404 \quad [\text{停止}] \\ \overline{x_5^5} = 16.4250 \quad \sigma_5^5 = 0.1475 \quad [16.2702, 16.5798] \end{array}$$

群体评价者给出第五轮评分区间数矩阵  $P^5$  :

$$P^5 = \begin{bmatrix} [8.5, 10.5] & [11, 14.5] & [9, 15] & [15.5, 18.5] & [16, 19] & [17.1, 19.9] \\ [10.7, 11.5] & [10.9, 12] & [11.5, 13] & [11, 12.5] & [12, 13.5] & [10.7, 12.3] \\ [11.9, 13.1] & [12.5, 14.9] & [11.9, 14.5] & [13.5, 15.1] & [12, 15] & [12.7, 14.5] \\ [12.5, 14.5] & [13.3, 15.7] & [13.5, 15.5] & [14, 16] & [13.1, 15.3] & [12.5, 15.5] \\ [16.3, 16.57] & [16.28, 16.49] & [16.35, 16.55] & [16.44, 16.56] & [16.31, 16.47] & [16.41, 16.54] \end{bmatrix}$$

经主持人计算,第五轮群体评价信息整体稳定性指标为:  $\omega^5 = [1.0105, 0.9861, 0.9957, 1.0009, 0.9990]^T$  此时稳定性指标向量中各分量均符合交互终止条件,故交互终止。

②集结最终的评价结果。运用定义 3 可得:  $\alpha = 15$  ,运用(7)式可得:  $\gamma_1 = 16.75$  ,  $\gamma_2 = 19.2$  ,  $\gamma_3 = 9.2$  ,  $\gamma_4 = 8.2$  ,  $\gamma_5 = 8.635$  。根据定义 8,被评价对象的优劣排序为  $s_4 > s_5 > s_3 > s_1 > s_2$  。

5 结语

基于区间数多阶段交互式群体评价方法具有如下几个特点:

(1)本文引入“区间”思想,对基于点值类型评价信息的多阶段交互式群体评价方法进行了更进一步的拓展研究,克服了评价信息必须为确定点值的苛刻条件,很大程度地提高了交互式评价方法的普遍适用性。

(2)本文针对区间型评价信息的特征中涉及的两种逼近正态分布假定做了更细致的探讨;针对日益复杂的群体评价,阐明了当评价者人数较多时,评价信息间逐渐产生的数学逻辑关系,这也为交互式群体评价研究提供了一个值得探讨与拓展的切入点。

(3)本文提出了评分区间应随着评价信息的调整而适当地进行修正的思想。在交互式群体评价问题中,评分区间实际是对所有评价者的评价信息的一个整体反映和和高度的概括;随着交互的进行,群体评价信息在不断地变化,因此,保持评分区间的不变性是有一定设计缺陷的。目前,绝大多数综合评价的相关文献均是基于固定评分区间、变化的评价信息展开研究的,以评分区间与变化的评价信息间的关系作为切入点的研究则非常少,而事实上这种关系是很重要的,评分区间的选取将会直接影响评价信息,进而影响整个综合评价的处理过程。因此,本文基于以上的设计思想设计了评分区间重置算法,也在一定程度上提供了一个新的值得深入研究与探索的方向。

(4)本文通过引入交互阈值来控制稳定性指标,在保持评价信息稳定性的同时,也可满足评价信息使用者根据各自偏好,有目的地调整稳定性。

参考文献:

[1] Hang C L, Lin M J. Group decision making under multiple criteria: methods and applications [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1987.

[2] Herrera F, Herrera-Viedma E, Verdegay J L. A model of consensus in group decision making under linguistic assessments[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1996,78(1): 73—87.

[3] Herrera F, Herrera-Viedma E, Chiclana F. Multiperson decision making based on multiplicative preference relations[J]. European Journal of Operational Research, 2001,129(2):327—385.

[4] Takehiro I. Cluster ability of groups and information exchange in group decision making with approval voting system [J]. Applied Mathematles and Computation, 2003;136: 1—15.

[5] 龚本刚,华中生,檀大水. 一种语言评价信息不完全的多属性群决策方法[J]. 中国管理科学,2007, 1(15) :99—93.

[6] Xu Zeshui, Yager P R. Power-geometric operators and their use in group decision making[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2010,18(1):94—105.

[7] 岳超源. 决策理论与方法[M]. 北京:科学出版社,2003

[8] 徐泽水. 不确定多属性决策方法及应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2004.

[9] 郭亚军. 综合评价理论、方法与应用[M]. 北京:科学出版社,2007.

[10] Bendoly E, Bachraeh D G. A process based model for priority convergence in multiperiod group decision making [J]. European Journal of Operational Research, 2003,148(3):534—545.

[11] 彭怡,胡杨. 考虑群体一致性的动态群体决策方法 [J]. 运筹与管理,2004,4(13):69—72.

[12] 易平涛,郭亚军,李伟伟. 基于密度算子的多阶段群体评价方法及应用[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2011,32(5):752—756.

[13] 张发明,郭亚军,易平涛. 一种主客方协作式群体评价方法及其应用[J]. 中国管理科学,2010,4(18):145—150.

[14] 张发明,郭亚军,张连怀. 一种多阶段交互式群体评价方法[J]. 管理学报,2010,7(9):1416—1420.

[15] 张发明,郭亚军,易平涛. 序关系分析下的多阶段交互式群体评价方法[J]. 系统工程学报,2011,59(26):702—709.

[16] 董庆兴,郭亚军,马凤妹. 基于差异驱动的主客体协作式综合评价方法[J]. 中国管理科学,2012,1(20):171—176.

[17] 张全,樊治平,潘德惠. 区间数多属性决策中一种带有可能度的排序方法[J]. 控制与决策,1999,14(6):703—706.

[18] Wei Yuzu. A temperature match based optimization method for daily load prediction considering DLC Effect [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1996,11(2):728—733.

Multi-Stage Dynamic Interactive Group Evaluation Method Based On  
Interval Information and Its Application

ZHANG Fa-ming, SUN Wen-long

(School of Economics & Management, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** Currently, the numbers of multi-stage dynamic interactive group evaluation studies is very small, and most of them base on point value evaluation information. Furthermore, most group evaluation studies neglect intrinsic logical link between rating range and variable evaluation information. To overcome these kinds of shortage, a multi-stage dynamic interactive group evaluation method is proposed based on interval information. The characteristics of interval evaluation information in interactive group evaluation are analyzed firstly, then the design idea of rating interval reset algorithm is put forward. Accompanied evaluation information changing, this algorithm can realize synchronously adjusting the rating range, promoting interaction progress and making evaluation information tend to be stable. Then, from the stability perspective, the paper defines stability of indicator index to explore the interaction termination’s base. Finally, a numerical example is given to show the feasibility and validity for the method.

**Key words:** interval number;rating range;normal distribution;group evaluation;interaction;