

基于公众评价的大群体决策方法

任嵘嵘^{1,3} 李文文² 赵萌¹ 李晓奇¹

(1. 东北大学秦皇岛分校, 秦皇岛 066004;

2. 北京景山学校曹妃甸学校, 唐山 063299;

3. 河北省科普信息化工程技术研究中心, 秦皇岛 066004)

摘要:大群体决策问题是一类特殊的群决策问题,最大特点是有大量决策者参与。本文旨在探索一种大群体决策新方法,解决基于公众评价的大群体决策问题。该方法首先根据决策者所属领域不同将回收的大量评价数据进行分组,依据公众评价数据的特点分别用正态分布和对数正态分布拟合每组数据,选择拟合效果较好者;其次采用主、客观集成赋权法确定各组权重,其中主观权重由该组人数比直接确定,客观权重由该组组内评价数据的一致性确定;然后按照正态分布性质将各组分布集结;最后计算两两对象之间的优势度,得到优势度判断矩阵,并利用 PROMETHEE II 的思想进行决策。通过案例分析和对比研究,验证了所提方法的可行性和优越性。

关键词:多属性群决策;大群体;正态分布;对数正态分布;优势度

引言

随着社会在经济、科技等各方面的迅速发展,决策问题变得越来越复杂,单个决策者通常很难考虑问题的所有相关方面。所以为减少决策的失误,在经济管理及工程系统等领域中,很多企业和组织的重要决定都是由多个决策者共同参与制定的,这就是所谓的群决策^[1-4]。但是传统的群决策中,评价主要基于小样本的专家调查。而公众参与评价问题是大数据环境下,群决策中出现的一类新问题,该类问题最大特点是有大规模决策者参与,核心是通过处理大规模评价信息进行决策。由于信息技术飞速发展和移动客户端的普及,普通大众逐渐成为大数据时代的主角,普通公众作为评价对象切身的体验者,其评价意见更接近评价对象的真实情况,且参与评价的公众越多,所得到的评价信息越客观化、一般化,即决策主体正从专家转向社会公众^[5,6]。特别是针对与广大公众利益相关的决策问题,有必要也有可能让广大公众参与评价。

在公众参与评价过程中,由于决策结果与各领域人们利益息息相关,所以实际决策时经常采用网上公众评价方式获取评价信息,以便能够综合考虑广大公众的意见。这种情况下得到的评价数据是大规模的。公众参与及决策中每个人的知识背景、经验和价值观等都不同,导致他们看待问题和考虑问题的角度会有所不同,如果应用已有的群决策方法进行计算,不仅计算量大,很难得到结果,决策的准确性也不高,所以传统的群决策方法,不能适用于解决公众参与大规模评价信息的决策问题^[7-12]。针对大群体决策的研究引起了学者们的广泛关注,研究主要分为三类:(1)大群体决策过程中的信息聚集方法研究。实际处理大量决策信息时,经常采用分组的思想处理评价信息,但是最后决策时需要把各组信息集结,所以有些学者研究信息集结方法。例如,Bolloju^[13]基于偏好相似性提出了一个辨别决策者是否为同一个利益相关体的方法。该方法根据决策者的偏好相似性将估计出的效用函数分为几个子函数,从而进行信息集结。Tapia-Rosero等^[14]研究大群体决策问题时,决策者采用隶属函数形式给出评价信息,然后通过隶属函数分类进行评价信息聚集等。(2)大群体决策过程中的决策信息一致性研究。为了使决策结果能被所有决策者接受,有必要充分考虑大部分人的评价意见,即评价信息一致性过程研究。评价信息一致性过程实质上是一个迭代过程,目的是决策前使

收稿日期:2016-07-19

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(71701037);北京市软科学项目(Z161100003116071)。

作者简介:任嵘嵘,东北大学秦皇岛分校副教授,博士;李文文,北京景山学校曹妃甸学校教师;赵萌,东北大学秦皇岛分校副教授,博士;李晓奇,东北大学秦皇岛分校教授。

决策者提供的偏好信息达到最大程度的一致性。近几年,许多学者致力于此方面的研究。例如,Palomares 等^[15]提出了一致性模型,用于检测和处理大群体决策过程中决策者的非一致性信息;Quesada 等^[16]提出了一种决策信息一致性过程中处理决策者非一致行为的方法,克服了整个决策过程中决策者权重一成不变的缺点。(3)大群体决策方法研究,即通过大量决策者提供的评价信息对方案进行排序或选择最佳方案的方法。目前,一些学者已经提出了一些大群体决策方法。Liu 等^[17]针对复杂大群体语言多属性群决策问题,给出了权重确定和决策方法;徐选华等^[18]提出了直觉梯形模糊数的大群体决策方法。Alonso 等^[19]提出了一种对决策者根据不同职业进行分组,然后进行决策的方法,该方法强调了同一领域决策者提供的评价信息代表该领域的利益这个问题。

已有的大群体决策方法的相关研究成果对解决大群体(决策者大于 20)的决策问题有重要理论和方法价值。为进一步研究更为广泛的公众参与决策提供了有益的借鉴,但是这些方法适用于较大群体(通常小于 100 个),对于公众参与的大规模决策信息(成百上千或者更大)并不完全适用,一些学者也开始探究基于公众评价信息的多属性决策方法,如 Liu 等^[20]提出了基于离散分布的公众评价方法,该方法利用离散分布处理大规模评价信息,依据分布之间的关系进行决策,对解决公众参与评价问题提供了有益的借鉴,但是因为要求每个决策者以模糊语言偏好关系形式给出偏好信息,如果决策者过多,评分等级较多,该方法计算过程复杂,很难得到科学的结果。因此迫切需要提出一种适合于解决公众参与评价的快速、高效的评价方法。

鉴于此,本文在前人研究的基础上,探索了一种基于公众评价的大群体决策方法。该方法以连续型分布和数据分组思想为基础,采用正态分布优势度计算公式^[21],依据方法 PROMETHEE II^[22-24]的思想进行决策。

基于公众评价的大群体决策问题描述

实际决策时,由于某些决策结果与各领域人们利益相关,所以经常采用公众评价方式获取评价信息,以便能够综合考虑广大公众的意见。显然,这种情况下得到的评价数据是大规模的。公众参与及决策中每个人的知识背景、经验和价值观等都不同,导致他们看待问题和考虑问题的角度会有所不同,如果应用已有的群决策方法进行计算,不仅计算量大,很难得到结果,决策的准确性也不高,所以有必要探索一种新的大群体决策方法。公众评价信息的来源为广大公众,他们可能来源于不同的领域或群体,同一领域的公众由于相近的知识背景、经验和价值观,评价信息可能具有某种共同特征,如图 1 所示,故可以根据决策者所属领域对评价数据分组,然后再获取同一领域评价信息的特征进行决策。

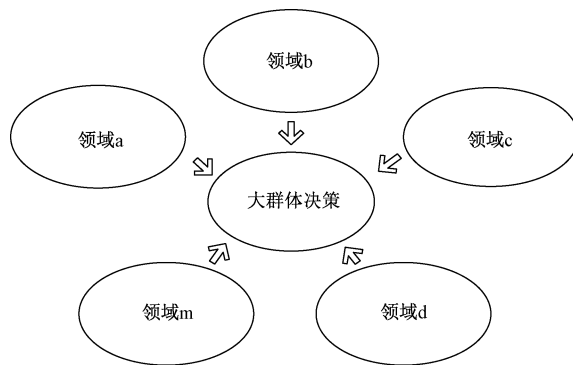


图 1 各领域决策者共同决策

下面给出贯穿全文的符号表示:

$A = \{A_1, \dots, A_n\}$ 表示待评对象集合。

$G = \{G_1, \dots, G_m\}$ 表示根据决策者领域不同将实际数据分组,即每个对象对应 m 组评价数据。

$Q = \{Q_1, \dots, Q_m\}$ 表示每组包含的评价数据个数构成的向量,其中 q_i 表示 G_i 组的评价值个数。

$N = [N_1, \dots, N_p]$ 表示事先给定的供选择的评分集合,偏好程度由低到高。

$X_{ij} = \{X_{1j}, \dots, X_{qj}\}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; X_{ij}$ 表示关于对象 A_j 的第 i 组重要性评价数据。基于公众评价的大群体决策是依据这些大量的分组评价信息对评价对象进行排序和择优。

基于公众评价的大群体决策方法

1、大群体决策方法概述

实际决策时,由于某些问题的决策结果与公众不同程度利益相关,所以有必要尽量充分考虑大部分人的意见来决策,这就使得实际获取的评价数据过多(成千上万)。鉴于此,论文提出了一种基于公众评价的大群体决策方法,首先,根据决策者所属领域不同将大量评价数据分组。由于提供每组数据的决策者来自同一个领域,关注点相同,所以每组评价数据集中在某个值附近,极端个别情况很少出现。根据数据直方图中间高两端低的特点可以判断数据可能服从正态分布、 t 分布、对数正态分布^[25]。因为 t 分布适合拟合小样本数据,而目前关于大样本、小样本没有明确界限,且样本量超过30的情况下,认为 t 分布与正态分布很接近,所以每组数据用正态分布和对数正态分布拟合,选择拟合效果较好者即可。由于每组数据量大于50,故可以根据样本数据估计出两种分布的参数,然后对每组数据分别进行正态分布、对数正态分布的柯尔莫哥洛夫检验,若通过检验则选择拟合效果最好的那种分布描述该组数据,若均未通过检验则利用SPSS软件画出叶茎图剔除异常值后再重复上述步骤。然后采用主、客观集成赋权法确定各组权重,其中主观权重由各组数据比例直接给出,客观权重由各组数据服从分布的方差给出。再将分布信息粗略集结,每个对象用一个正态分布描述。最后根据正态分布之间的优势度公式计算任意两个对象之间的优势度^[21],得到优势度矩阵,依据方法PROMETHEE II^[22-24]的思想进行决策。综上所述知大群体决策方法包括四大部分:(1)将评价数据分组,确定每组评价数据服从何种连续型分布。(2)采用主客观集成赋权法确定各组权重。(3)分布信息粗略集结。(4)计算各对象的综合评价值进行决策。为了清晰呈现决策过程,下面给出决策方法框架图,具体见图2。

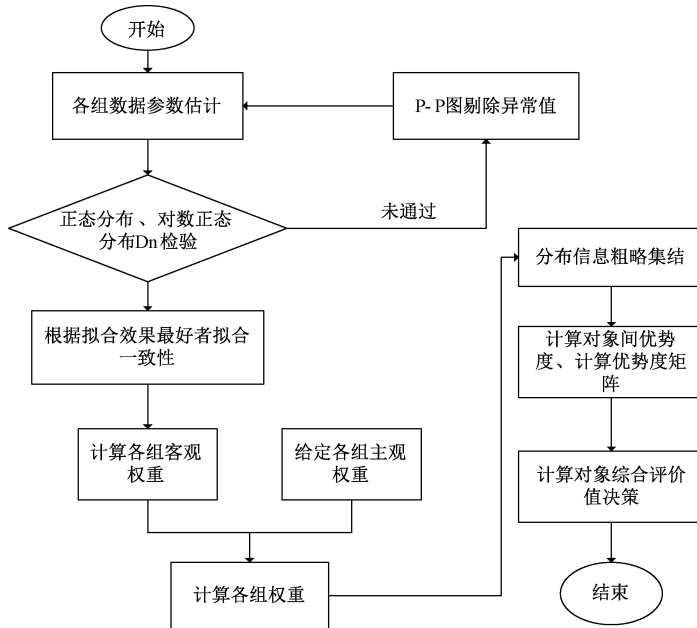


图2 决策方法框架图

2、大群体决策方法

根据图2中给出的大群体决策方法概述和框架图,下面给出论文中提出的大群体决策方法的详细过程。

(1)大群体决策数据处理

实际问卷调查时,让专家从预先给定的分值集 $N = [N_1, \dots, N_p]$ 中选取适当数值对每个对象 $A_j (j=1, \dots, n)$ 进行打分,得到大量评价数据。根据决策者所属领域不同将数据分组,记为 $G = \{G_1, \dots, G_m\}$ 。对于每组数据,采用矩法估计法估计正态分布、对数正态分布函数中的参数。

正态分布参数:

$$\mu_{ij} = \frac{1}{q_i} \sum_{k=1}^{q_i} x_{kj} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{1}{q_i} \sum_{k=1}^{q_i} (x_{kj} - \mu_{ij})^2} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (2)$$

对数正态分布参数:

$$\mu_{ij} = \frac{1}{q_i} \sum_{k=1}^{q_i} \log_a^{x_{kj}} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{1}{q_i - 1} \sum_{k=1}^{q_i} (\log_a^{x_{kj}} - \mu_{ij}^1)^2} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (4)$$

根据公式(1)、(2)可以得到正态分布的密度函数:

$$f_i^j(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{ij}} e^{-\frac{(x - \mu_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (5)$$

根据公式(3)、(4)可以得到对数正态分布的密度函数:

$$f_i^j(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_{ij} x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

下面利用柯尔莫哥洛夫检验法^[13]判断数据服从正态分布、对数正态分布中的哪一种。根据柯尔莫哥洛夫检验法得到两个 D_n 统计量的值: D_{n1} 、 D_{n2} , 在给定显著性水平 $i = 1, \dots, m$ 下通过查表得到两个临界值 $D_{n1, \alpha}$ 、 $D_{n2, \alpha}$, 当通过柯尔莫哥洛夫检验时, 根据 D_n 统计量的值越小分布拟合效果越好选择数据服从的分布; 当均未通过检验时, 利用 SPSS 软件画出两种分布的叶茎图去除异常数据后再重复上述过程。下面给出柯尔莫哥洛夫检验的公式^[20]:

$$F_n(x) = \begin{cases} 0, & x < x_1 \\ \frac{n_j(x)}{n}, & x_{(j)} \leq x < x_{(j+1)} \\ 1, & x_{(k)} < x \end{cases}, j = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$D_n = \sup |F_n(x) - F(x)| \quad (8)$$

$$\begin{cases} p(D_n \geq D_{n, \alpha}) = \alpha, n \leq 100 \\ D_{n, \alpha} \approx \lambda_{1-\alpha} / \sqrt{n}, n > 100 \end{cases} \quad (9)$$

(2) 计算各组权重

采用主、客观集成赋权法^[26]确定每组的权重, 主观权重由公式

$$w_i^{sub} = \frac{q_i}{\sum_{k=1}^m q_k}, \quad i = 1, \dots, m \quad (10)$$

确定, 其中 w_i^{sub} 表示第 i 组决策者的主观权重; 组内一致性与该组数据确定分布的方差负相关, 故可以这样给出一致性计算公式

$$CI_{ij} = 1 - \sqrt{\frac{\sigma_{ij}^2}{\sum_{i=1}^m \sigma_{ij}^2}}, \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (11)$$

其中, CI_{ij} 表示第 i 组数据关于对象 A_j 的一致性程度。

每组客观权重与组内一致性正相关, 故可以依据文献^[19]给出客观权重^[27]计算公式

$$w_{ij}^{ob} = \begin{cases} \frac{CI_{ij}}{\sum_{k=1}^m CI_{kj}}, & \sum_{k=1}^m CI_{kj} > 0 \\ w_i^{sub}, & \sum_{k=1}^m CI_{kj} = 0 \end{cases}, \quad i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad (12)$$

其中 w_{ij}^{ob} 表示第 i 组决策者关于对象 A_j 的客观权重。根据主、客观集成赋权法,给出权重计算公式

$$w_{ij} = \alpha w_{ij}^{sub} + \beta w_{ij}^{ob}, \quad i = 1, \dots, m, \quad j = 1, \dots, n \quad (13)$$

其中 α, β 为系数,依实际情况而定,而且 $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$ 。

(3) 信息集结

目前,对象 $A_j (j=1, \dots, n)$ 的公众评价信息有 m 个正态型分布,下面集结信息使得分别只用一个正态分布描述对象的公众评价结果,记为 $f_j(x)$,则有

$$f_j(x) = \sum_{i=1}^m w_{ij} f_i^j(x), \quad j = 1, \dots, n \quad (14)$$

因为 $f_i^j(x) (i=1, \dots, m)$ 为正态分布密度函数,根据正态分布的线性性质可知 $f_j(x)$ 也是正态分布,而且

$$f_j(x) = \frac{1}{\sigma_j \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu_j)^2}{2\sigma_j^2}}, \quad j = 1, \dots, n \quad (15)$$

其中 $\mu_j = \sum_{i=1}^m w_{ij} \mu_{ij}, \sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m w_{ij}^2 \sigma_{ij}^2}$ 。

(4) 计算对象综合评价值

对象之间的优势度就是其对应的连续型分布函数的优势度,根据文献[16]可知任意两个连续型分布 $f_1(x), f_2(x)$ 间的优势度为 $D_{f_1 > f_2}$,且 $D_{f_1 > f_2} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{x_1} f_1(x_1) f_2(x_2) dx_2 dx_1$ 。则用正态分布描述的任意两个对象 A_k 相对于 A_j 的优势度公式为

$$D_{A_j > A_k} = D_{f_j(x) > f_k(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\mu_j - \mu_k}{\sqrt{\sigma_j^2 + \sigma_k^2}}} e^{-t^2/2} dt = \int_{-\infty}^{\frac{\mu_j - \mu_k}{\sqrt{\sigma_j^2 + \sigma_k^2}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \quad (16)$$

同理,对象 A_j 相对于对象 A_k 的优势度为

$$D_{A_k > A_j} = D_{f_k(x) > f_j(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{\mu_k - \mu_j}{\sqrt{\sigma_j^2 + \sigma_k^2}}} e^{-t^2/2} dt = \int_{-\infty}^{\frac{\mu_k - \mu_j}{\sqrt{\sigma_j^2 + \sigma_k^2}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt \quad (17)$$

通过查标准正态分布表,可以得到上述优势度计算结果,分别记为 d_{jk}, d_{kj} 。计算所有对象之间的优势度,可以得到优势度矩阵,记为 D ,则有

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & d_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{n1} & \cdots & d_{nn} \end{bmatrix}$$

对象 A_j 优于其他所有对象的程度为

$$\varphi_j^+ = \sum_{k=1}^n d_{jk} \quad (18)$$

对象 A_j 弱于其他所有对象的程度为

$$\varphi_j^- = \sum_{k=1}^n d_{kj} \quad (19)$$

从而得到对象 A_j 的净优势度,即为

$$\varphi_j = \varphi_j^+ - \varphi_j^- = \sum_{k=1}^n d_{jk} - \sum_{k=1}^n d_{kj}, \quad j = 1, \dots, n \quad (20)$$

对象的净优势度即为对象的综合评价值,从而可以进行决策。

综上所述,为了呈现逻辑清晰的过程,下面给出论文提出的大群体决策方法的简要过程:

第一步,根据公式(1)-(9)确定各组数据服从的正态型分布函数 $F_{ij}(x), i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$ 。

第二步,根据公式(10)确定各组主观权重,然后根据公式(11)、(12)计算各组客观权重,最后根据公式(13)计算各组权重, $j=1, \dots, n$ 。

第三步,根据公式(14)、(15)进行分布信息粗略集结,使得每个对象对应一个正态分布函数。

第四步,根据公式(16)、(17)计算得到关于各对象的优势度矩阵 D ,再根据公式(18)-(20)计算各对象综合评价值,从而进行决策。

案例分析与对比研究

1、案例分析

为了证明提出的基于公众评价的大群体决策方法可行,从科普创作、科普传播媒介、科普资源利用率三个方面对秦皇岛地区科普现状进行公众满意度调查,即 $A = \{A_1, A_2, A_3\} = \{\text{科普创作, 科普传播媒介, 科普资源利用率}\}$, 本次问卷调查设计 1-100 个打分等级, 收集公众打分数据, 根据公众所属领域不同将数据分为三组, 即 $G = \{G_1, G_2, G_3\} = \{\text{教育领域, 行政领域, 服务领域}\}$, 而且 $Q = (288, 232, 197)$ 。应用论文中提出的大群体决策方法对科普创作、科普传播媒介、科普资源利用率三个对象进行排序, 具体过程如下:

(1) 大群体决策数据处理

将数据按照公众领域不同分组后, 利用 SPSS 软件画出各组数据直方图, 具体见图 3。为了简便, 第 i 组关于对象 j 的打分数据直方图记为 $G_i A_j$ 。

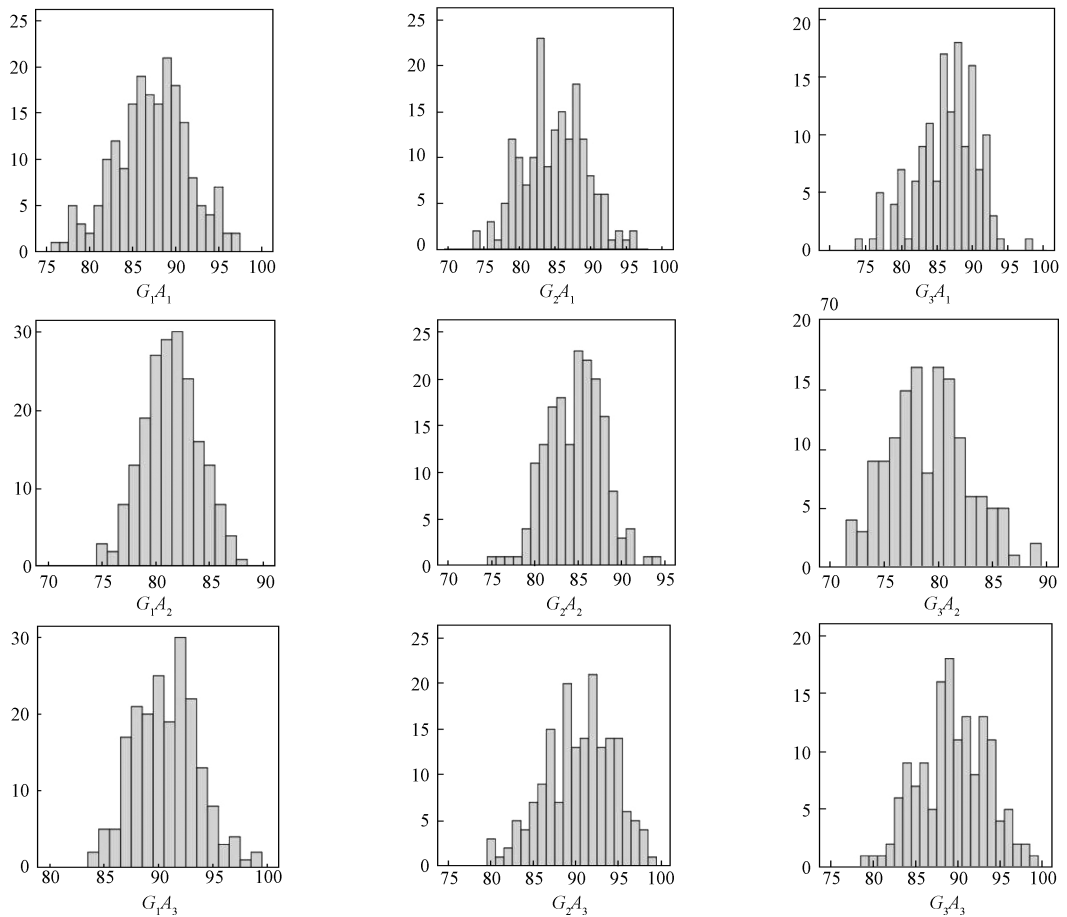


图 3 各组数据直方图

根据数据特点判断每组数据可能服从正态分布、对数正态分布, 下面根据实际所得数据估计各分布参数。根据公式(1)、(2)借助 Excel 软件估计正态分布的期望、标准差, 结果如表 1 所示。

表 1 正态分布参数估计结果

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
μ	86.26	83.84	87.16	82.56	83.45	80.25	91.23	89.78	88.26
σ	4.35	4.33	4.21	2.78	3.21	3.34	3.23	4.21	3.95

根据公式(3)、(4)借助 Excel 软件估计对数正态分布(以 10 为底)的对数均值、对数标准差, 结果如表 2 所示。

表 2 对数正态分布参数估计结果

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
μ	1.89	1.94	1.96	1.89	1.92	1.91	1.97	1.96	1.94
σ	0.023	0.021	0.022	0.015	0.018	0.019	0.015	0.021	0.019

借助 Excel 软件根据公式(5)-(9)分别进行正态分布和对数正态分布的柯尔莫哥洛夫检验,选择拟合效果较好的分布类型。给定显著性水平 $\alpha=0.10$ 。具体柯尔莫哥洛夫检验结果如表 3、表 4 所示。

表 3 正态分布柯尔莫哥洛夫检验结果

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
D_{ij1}	0.254	0.063	0.052	0.047	0.068	0.082	0.038	0.036	0.054
$D_{ij1,\alpha}$	0.076	0.084	0.088	0.076	0.084	0.088	0.076	0.084	0.088

表 4 对数正态分布柯尔莫哥洛夫检验结果

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
D_{ij2}	0.026	0.074	0.084	0.025	0.072	0.034	0.058	0.054	0.068
$D_{ij2,\alpha}$	0.076	0.084	0.088	0.076	0.084	0.088	0.076	0.084	0.088

由表 3、表 4 可以看出:对于科普创作,行政领域和服务领域提供的打分数据应该服从正态分布,教育领域提供的打分数据应该服从对数正态分布;对于科普传播媒介,教育领域和服务领域提供的打分数据应该服从对数正态分布,行政领域提供的打分数据应该服从正态分布;对于科普资源利用率,三个领域提供的打分数据均应该服从正态分布。且认为上述分布函数对于样本数据拟合效果良好。

(2) 确定各组权重

根据主观权重的计算公式(10)计算各学院的主观权重,结果如下所示:

$$(w_1^{sub}, w_2^{sub}, w_3^{sub}) = (0.402, 0.323, 0.275)$$

已知对数正态分布的对数均值和对数标准差,下面给出对数正态分布的期望和方差,

$$E_{11} = 88.32, D_{11} = 6.54, E_{12} = 85.11, D_{12} = 7.35,$$

$$E_{32} = 81.68, D_{32} = 6.42$$

再根据数据组内一致性公式(11)计算各领域打分数据关于各对象的一致性 CI_{ij} ,计算结果如表 5 所示。

表 5 各领域数据关于各对象一致性

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
CI_{ij}	0.94	0.79	0.80	0.89	0.76	0.89	0.87	0.80	0.82

组内一致性越大,该组客观权重越大,则根据上述一致性计算结果和各组客观权重计算公式(12)计算各领域关于各对象的客观权重,结果如表 6 所示。

表 6 各领域关于各对象客观权重

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
w_{ij}^{ob}	0.37	0.31	0.32	0.35	0.30	0.35	0.35	0.32	0.33

最后根据公式(13)计算各领域关于各对象的权重,其中 $\alpha=0.5$ 、 $\beta=0.5$,结果如表 7 所示。

表 7 各领域关于各对象权重

	A_1			A_2			A_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
w_{ij}	0.386	0.317	0.297	0.376	0.312	0.312	0.376	0.322	0.302

(3) 集结信息

根据公式(14)、(15)进行分布信息粗略集结,结果如表 8 所示。

表 8 集结后分布的参数

	A_1	A_2	A_3
μ_i	86.56	83.52	89.87
σ_i	2.10	1.63	2.18

根据公式(5)得到三个对象评价数据服从的正态分布的密度函数 $f_j(x)$, $j=1,2,3$ 。

(4) 计算对象综合评价值

根据正态分布优势度计算公式(16)、(17),结合标准正态分布表可以计算任意两个对象之间的优势度,进而得到关于三个对象的优势度矩阵 D ,

$$D = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.7389 & 0.1814 \\ 0.2611 & 0.5 & 0.4960 \\ 0.8186 & 0.5040 & 0.5 \end{bmatrix}$$

然后根据公式(18)-(20)计算每个对象的净优势度,从而得到每个对象的评价价值,结果如下所示:

$$\phi_1 = -0.1594, \phi_2 = -0.4858, \phi_3 = 0.6452$$

显然,根据每个对象的评价价值可知三个指标的排序结果为 $A_3 > A_1 > A_2$ 。根据排序结果可知:公众对于科普资源利用率的满意度最高,其次是科普创作,对于科普传播媒介的满意度最差,该评估结果与秦皇岛地区的实际科普现状基本相符,可见论文提出的基于公众评价的大群体决策方法可行。

2、方法对比研究

下面从三个方面对比分析论文提出的大群体决策方法与文献[20]中的方法:

(1)两种方法都采用了对大量评价数据分组处理、寻找数据服从何种分布的思想,不同之处是文献[4]中的大群体决策方法应用离散分布描述每组数据,而论文中提出的方法应用连续分布描述每组数据。由于连续型分布描述范围更广,而且人脑思维具有模糊性,所以利用连续型分布描述公众评价结果更准确,识别度更高。

(2)两种方法中非常重要的一步都是分布信息集结,但集结方式各不相同。离散分布信息集结时要对应好各个取值,概率加权求和,显然,当实际打分结果范围大时这样集结比较耗时;而正态型分布信息集结时可以根据正态分布线性公式集结,计算简单,实用性强。

(3)计算各对象之间的优势度是两种方法的核心,根据离散分布和正态分布优势度计算公式可以看出,改进后的正态分布计算优势度直接查表就可以得到,而离散分布计算优势度计算量大。

由此可见,文献[20]中提到的大群体决策方法是依托离散分布的思想,当评价等级较多时,得到的离散分布比较复杂(随机结果较多),进行信息集结时需要对应每个取值依次加权求和,显然当评价级数较多时,采用文献[20]中提到的大群体决策方法计算量太大,所以不能很好地处理此类公众评价问题,而为了真实刻画公众满意度情况,设计问卷时不仅仅是简单的几个评价等级,所以论文提出的基于公众评价的大群体决策方法在处理评价等级较多的决策问题时更具优越性。

结论与建议

提出了一种基于公众评价的大群体决策方法。该方法采用数据分组思想处理大量评价数据,计算简单,实用性比较强。主要用于解决评价等级较多、评价数据量较大(成千上万)的决策问题。可以对与公众相关的评价问题提出解决方法,有利于客观评价和反映广大公众的意见,从而依据决策结果提出实用性强的建议。提出的大群体决策方法不仅对现有方法进行了补充和扩展,更为人们处理大群体决策问题提供了具体方法。本章主要贡献如下:

(1)关注的是一类特殊的群决策问题,即评价等级较多的大群体决策问题。在这类问题中,由于实际需要会有大量决策者参与、且评价等级较多,已有方法不能完全适用。针对此类决策问题,论文提出了采用连续分布描述评价信息思想,这种处理方法较文献中离散分布描述评价信息思想更符合实际情况,计算过程简单。

(2)提供了一种对象排序或选择最佳对象的方法。提出的大群体决策方法共分为四个步骤,即大群体决

策数据处理、计算各组权重、信息集结、计算对象综合评价。显然,该方法最后可以得到每个对象的综合评价价值,可以依据对象的综合评价价值进行排序或选择最佳对象。

(3)提供了一种确定属性权重的方法。传统确定属性权重方法无法处理大量属性的情况,而采用本文方法可以确定大量属性的权重。由于充分考虑了大部分人的意见,故权重结果能被更多人接受,实用性强。

在未来研究中,将进一步探索基于公众评价信息服从其他分布的大群体决策方法,以及这些分布间的优势度计算公式。在计算各组权重时,偏好系数 α 、 β 的合理取值也可以进一步探讨。

参考文献:

- [1] Joshi D., Kumar S. Interval-Valued Intuitionistic Hesitant Fuzzy Choquet Integral Based TOPSIS Method for Multi-Criteria Group Decision Making[J]. *European Journal of Operational Research*, 2016,248(1):183-191
- [2] Palomares I., Martinez L., Herrera F. A Consensus Model to Detect and Manage Non-Cooperative Behaviors in Large-Scale Group Decision Making[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2014,22(3):516-530
- [3] Morente-Molinera J. A., Pérez I. J., Ureña M. R., et al. On Multi-Granular Fuzzy Linguistic Modeling in Group Decision Making Problems: A Systematic Review and Future Trends[J]. *Knowledge-Based Systems*, 2015,74(1):49-60
- [4] Liu P., Wang Y. Multiple Attribute Group Decision Making Methods Based on Intuitionistic Linguistic Power Generalized Aggregation Operators[J]. *Applied Soft Computing*, 2014,17(4):90-104
- [5] 徐宗本,冯芷艳,郭迅华,等. 大数据驱动的管理与决策前沿课题[J]. *管理世界*, 2014,(11):158-163
- [6] Nguyen H. T., Cao J. Trustworthy Answers for Top-K Queries on Uncertain Big Data in Decision Making[J]. *Information Sciences*, 2015,318(3):73-90
- [7] Qi X., Liang C., Zhang J. Generalized Cross-Entropy Based Group Decision Making with Unknown Expert and Attribute Weights under Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Environment[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2015,79(2):52-64
- [8] Wei C., Zhang Y. Entropy Measures for Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Sets and Their Application in Group Decision-Making [J]. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015,2015(12):1-13
- [9] Zhang X., Liu P., Wang Y. Multiple Attribute Group Decision Making Methods Based on Intuitionistic Fuzzy Frank Power Aggregation Operators[J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2015,29(5):2235-2246
- [10] Fu C., Huhns M., Yang S. A Consensus Framework for Multiple Attribute Group Decision Analysis in an Evidential Reasoning Context[J]. *Information Fusion*, 2014,17(1):22-35
- [11] Qin J., Liu X., Pedrycz W. An Extended TODIM Multi-Criteria Group Decision Making Method for Green Supplier Selection in Interval Type-2 Fuzzy Environment[J]. *European Journal of Operational Research*, 2017,258(2):626-638
- [12] Ren Z., Xu Z., Wang H. Dual Hesitant Fuzzy VIKOR Method for Multi-Criteria Group Decision Making Based on Fuzzy Measure and New Comparison Method[J]. *Information Sciences*, 2017,388(5):1-16
- [13] Bolloju N. Aggregation of Analytic Hierarchy Process Models Based on Similarities in Decision Makers' Preferences [J]. *European Journal of Operational Research*, 2001,128(3):499-508
- [14] Tapia-Rosero A., Bronselaer A., De Tré G. A Method Based on Shape-Similarity for Detecting Similar Opinions in Group Decision-Making[J]. *Information Sciences*, 2014,258(8):291-311
- [15] Palomares I., Martinez L., Herrera F. A Consensus Model to Detect and Manage Non-Cooperative Behaviors in Large-Scale Group Decision Making[J]. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 2014,22(3):516-530
- [16] Quesada F. J., Palomares I., Mart, et al. Managing Experts Behavior in Large-Scale Consensus Reaching Processes with Uninorm Aggregation Operators[J]. *Applied Soft Computing*, 2015,35(8):873-887
- [17] Liu B., Shen Y., Chen Y., et al. A Two-Layer Weight Determination Method for Complex Multi-Attribute Large-Group Decision-Making Experts in a Linguistic Environment[J]. *Information Fusion*, 2015,23(7):156-165
- [18] 徐选华,万奇锋,陈晓红,等. 一种基于区间直觉梯形模糊数偏好的大群体决策冲突测度研究[J]. *中国管理科学*, 2014,22(8):115-122
- [19] Alonso S., Perez I. J., Cabrerizo F. J., et al. A Fuzzy Group Decision Making Model for Large Groups of Individuals[C]. *The 18th International Conference on Fuzzy Systems*, 2009
- [20] Liu Y., Fan Z. P., Zhang X. A Method for Large Group Decision-Making Based on Evaluation Information Provided by Participants From Multiple Groups[J]. *Information Fusion*, 2015,29(5):132-141
- [21] Liu Y., Fan Z. P., Zhang Y. A Method for Stochastic Criteria Decision Making Based on Dominance Degrees[J]. *Information*

- Science, 2011, 181(19):4139-4153
- [22] Corrente S., Greco S., Slowinski R. Multiple Criteria Hierarchy Process with ELECTRE and PROMETHEE[J]. Omega, 2013, 41(5):820-846
- [23] Kuang H., Kilgour D. M., Hipel K. W. Grey-Based PROMETHEE II With Application to Evaluation of Source Water Protection Strategies[J]. Information Sciences, 2015, 294(3):376-389
- [24] Kadziński M., Ciomek K. Integrated Framework for Preference Modeling and Robustness Analysis for Outranking-Based Multiple Criteria Sorting with ELECTRE and PROMETHEE[J]. Information Sciences, 2016, 352(5):167-187
- [25] 黄超. 对数正态分布的参数估计[J]. 高等数学研究, 2015, 18(4):4-20
- [26] 刘德海,于倩,马晓南. 基于最小偏差组合权重的突发事件应急能力评价模型[J]. 中国管理科学, 2014, 22(11):79-86
- [27] 李刚,程砚秋,董霖哲. 基尼系数客观赋权方法研究[J]. 管理评论, 2014, 26(1):12-22

A Large Group Decision Making Method Based on Public Evaluation

Ren Rongrong^{1,3}, *Li Wenwen*², *Zhao Meng*¹ and *Li Xiaoqi*¹

(1.Northeastern University at Qinhuangdao, Qinhuangdao 066004;

2.Beijing Jingshan School Caofeidian Branch, Tangshan 063299;

3.Hebei Province Popularization Science Informatization Engineering Technology Research Center, Qinhuangdao 066004)

Abstract: Large group decision-making (LGDM) is a special group decision-making (GDM) issue, in which a large number of persons take part in the decision-making process. The objective of this paper is to develop a new method to address the LGDM issue which is based on the public evaluation. Firstly, we divide the large evaluation data into several groups according to decision makers' professions. Normal distribution and logarithmic normal distribution are used to fit each group of data and select the better one. Secondly, the decision weight of each group concerning each object is obtained by aggregating the subjective weight, which is provided by the data rate, and the objective weight is determined according to the level of consensus among participators' evaluations. Thirdly, according to the nature of normal distribution, the normal distributions are assembled to one. Finally, by calculating the dominances of any two objects, we get the dominance matrix for decide making based on PROMETHEE II. The practicality and superiority of the suggested method is verified through case study.

Key words: multi-attribute decision-making, large group, normal distribution, logarithmic normal distribution, dominance degree