

基于熵权与离差最大化的多属性群决策方法

周辉仁¹, 郑丕谔¹, 秦万峰², 张 扬²

(1. 天津大学 管理学院, 天津 300072 2 山东大学 管理学院, 济南 250100)

摘要: 对多属性决策用离差最大化方法, 对决策者权重用熵权法确定, 并用该方法对建设项目风险进行评价。

关键词: 群决策; 多属性决策; 熵权法; 离差最大化法; 建设项目风险

中图分类号: O212 文献标识码: A 文章编号: 1001-8409(2008)03-0020-03

Multiple Attribute Group Decision-making Approach Based on Entropy and Maximizing Deviations

ZHOU Hui-ren, ZHENG Pi-e, QIN Wan-feng, ZHANG Yang

(1. School of Management Tianjin University Tianjin 300072

2. School of Management Shandong University Jinan 250100)

Abstract: The engineering project risk is appraised by a model which is easily applied in multiple attribute group decision-making. It is not subjective and random to make decision by this model.

Key words: group decision-making; multiple attribute decision-making; entropy method; maximizing deviations; engineering project risk

1 引言

多属性决策也称多指标决策、多准则决策、有限方案多目标决策^[1], 一般是利用已有的决策信息, 通过一定的方式对一组(有限个)备选方案进行排序并选择^[2]。群体决策是多个决策者根据自己的专业水平、知识面、经验和综合能力对方案的重要性程度进行评价, 而且与决策时的精神状态、情绪和偏好密切相关。多属性群决策在工程设计、经济、管理和军事等许多领域中具有广泛的理论与实际应用背景。在多属性群决策过程中, 一般需要事先确定专家权重和属性的权重, 最后通过各种集结算子得到每个方案的综合属性值, 从而对方案群评价或择优。

针对多属性决策方法已有不少研究, 关于属性权重的确定方法主要有主观法、客观法和组合赋权方法三种。主观法是由决策分析者对各属性的重视程度而赋权的方法, 主要有专家调查法、环比评分法、层次分析法等; 客观法是指单纯利用属性的客观信息而确定权重的

方法, 主要有熵信息法、离差最大法、基于方案满意度法、基于方案贴近度法等; 组合赋权法是指近几年兴起的将不同赋权法所得权重系数按照一定的方法进行组合的方法^[3]。这些属性权重的方法各有不同的特征。

随着多属性决策方法的研究, 多属性群决策方法已开始有人研究^[4]。但大部分都是对多属性权重系数用客观法求解, 而专家权重都是假设已有或主观给出。本文从离差最大化角度对比选方案的多属性进行决策, 根据多属性决策的结果用熵权法对专家赋权, 最后得出多属性群决策的结果, 并对建设项目风险进行评价。

2 多属性离差最大化原理

对于某一多属性决策问题, 设 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为方案集, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 为属性集, 属性权重信息完全未知。对于方案 x_i 按属性 u_j 进行策度, 得到 x_i 关于 u_j 的属性值 a_{ij} , 从而构成决策矩阵 $A = (a_{ij})_{n \times m}$ 。属性类型一般有效益型、成本型、固定型、偏离型、区间型、偏离区间型等。效益型属性是指属性值越大越好的属性。

收稿日期: 2007-08-09

作者简介: 周辉仁(1972-) 男, 山东高密人, 博士研究生, 研究方向为系统工程理论与应用、系统管理优化与决策; 郑丕谔(1942-) 男, 福建莆田人, 教授、博士生导师, 研究方向为系统工程理论与应用、系统管理优化与决策等; 秦万峰(1978-) 男, 山东章丘人, 硕士研究生, 研究方向为项目管理; 张 扬(1975-) 男, 山东济南人, 工程硕士, 研究方向为项目管理。

成本型属性是指属性值越小越好的属性。固定型属性是指属性值越接近某个固定值越好的属性。偏离型属性是指属性值偏离某个固定值越好的属性。区间型属性是指属性值越接近某个区间越好的属性。偏离型区间属性是指属性值越偏离某个固定区间越好的属性。为了消除不同物理量纲对决策结果的影响,决策时应对决策矩阵规范化处理,评价指标类型不同,规范化处理方法也不同,对于常用的效益型和成本型决策值可分别按下式处理:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i(a_{ij})}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_i(a_{ij}) - a_{ij}}{\max_i(a_{ij}) - \min_i(a_{ij})} \quad (2)$$

假设属性权重向量为 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n), \omega_j \geq 0, j \in M$ 并满足单位化约束条件:

$$\sum_{j=1}^m \omega_j^2 = 1 \quad (3)$$

则各方案的综合属性值为:

$$Z_i(\omega) = \sum_{j=1}^m r_{ij} \omega_j \quad (4)$$

多属性决策一般是对这些方案综合属性值进行排序比较。若所有方案在某一属性下的属性值差异越小,则说明该属性对方案决策排序所起作用越小;若所有方案在某一属性下的属性值差异越大,则说明该属性对方案决策排序所起作用越大。所以,从对方案进行排序的角度考虑,方案属性值偏差越大的属性应该赋予较大的权重。对于属性 i 用 $V_{ij}(\omega)$ 表示方案 i 与其他所有方案之间的离差:

$$V_{ij}(\omega) = \sum_{k=1}^n |r_{ij} \omega_j - r_{ik} \omega_k|, i \in N, j \in M \quad (5)$$

令:

$$V_j(\omega) = \sum_{i=1}^n V_{ij}(\omega) = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}| \omega_j, j \in M \quad (6)$$

则称 $V_j(\omega)$ 为对属性 j 所有方案与其它方案的总离差。加权向量 ω 的选择应使所有属性对所有方案的总离差最大,为此构造目标函数:

$$\max V(\omega) = \sum_{j=1}^m V_j(\omega) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}| \omega_j \quad (7)$$

于是,求解权重向量 ω 等价于求解如下最优化模型:

$$\max V(\omega) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}| \omega_j \quad (8)$$

$$s.t. \quad \omega_j \geq 0, j \in M, \sum_{j=1}^m \omega_j^2 = 1$$

对此最优化模型作 Lagrange 函数:

$$L(\omega, \xi) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}| \omega_j + \frac{1}{2} \xi (\sum_{j=1}^m \omega_j^2 - 1) \quad (9)$$

求其偏导数,并令:

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \omega_j} = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}| + \xi \omega_j = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \xi} = \sum_{j=1}^m \omega_j^2 - 1 = 0 \quad j \in M \end{cases} \quad (10)$$

使求得权重向量 ω 的最优解:

$$\omega_j^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}|}{\sum_{j=1}^m [\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}|]^2}, j \in M \quad (11)$$

对 ω^* 进行归一化处理,即:

$$\omega_j = \frac{\omega_j^*}{\sum_{j=1}^m \omega_j^*}, j \in M \quad (12)$$

得到归一化处理后的权重向量:

$$\omega_j^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}|}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n |r_{ij} - r_{ik}|}, j \in M \quad (13)$$

3 熵权法原理

按照熵的思想,人们在决策中获得信息的多少和质量,是决策的精度和可靠性大小的决定因素之一。而熵在应用于不同决策过程的评价时是一个很理想的尺度^[5]。熵技术是确定多指标(属性)决策问题中各指标权系数的一种方法。它是利用决策矩阵和各指标的输出熵来确定各指标的权系数^[6]。目前,大部分熵技术是用在多属性决策中用来确定属性的权重,本文将熵技术应用在确定群决策中的各个决策者的权重。

对于某一群决策问题,设 $D = \{D_1, D_2, \dots, D_t\}$ 为决策者的集合,决策者的权重未知,有 n 个被决策的方案。假设第 s 个决策者用某种方法对第 j 个方案进行多属性决策后所得的综合属性值为 Z_{sj} ,第 s 个决策者 D_s 对所有方案多属性决策的综合值组成 n 维列向量 $Z_s = (Z_{s1}, Z_{s2}, \dots, Z_{sn})^T$,所有决策者对所有方案多属性决策的综合值组成 $t \times n$ 矩阵 Z 这里 Z 是由多属性决策结果得来,已进行规范化处理,应用熵权法时无需再进行规范化处理。

$$Z = (Z_{sj})_{t \times n} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{t1} & Z_{t2} & \dots & Z_{tn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

矩阵 Z 表示了 t 个专家对 n 个方案多属性决策所作的结论,代表各自对各个方案的决策值。

定义 1(决策者熵)在有 t 个决策者对 n 个决策方案多属性决策后所得矩阵如式(14)所示(以下简称 (t, n)

n)评价问题),第 s个决策者的熵定义为:

$$H_s=-\sum_{j=1}^n f_{sj} \ln f_{sj} \quad s=1,2,\dots,t \tag{15}$$

其中, $f_{sj}=\frac{Z_{sj}}{\sum_{j=1}^n Z_{sj}}, \quad k=\frac{1}{\ln n}$

并假定,当 $f_{sj}=0$ 时, $f_{sj} \ln f_{sj}=0$

定义 2(决策者熵权):在 (t,n)评价问题中,第 s个决策者的熵权 λ_s 定义为:

$$\lambda_s=\frac{1-H_s}{t-\sum_{s=1}^t H_s} \tag{16}$$

4 多属性群决策方法

以上介绍了多属性离差最大化和熵权法在多属性群决策中的原理,基于熵权法和离差最大化方法的多属性群决策具体步骤如下:

步骤 1:对于某一多属性群决策问题,属性权重信息完全未知,位决策者的权重向量未知。设决策者 $D_k \in D$ 给出方案 $x_i \in X$ 在属性 $u_i \in U$ 下的属性值为 $a_{ij}^{(k)} (a_{ij}^{(k)} > 0)$ 从而构成决策矩阵 A_k 。假设决策矩阵 A_k 经过规范化处理后,得到规范化矩阵 $R_k=(r_{ij}^{(k)})_{n \times m}$ 。

步骤 2:利用离差最大化方法,根据公式 (13)计算决策矩阵 R_k 最优权重向量 ω_{k0} 。

步骤 3:利用公式 (4)第 s决策者对方案 x_i 决策的综合属性值 $z_{ij}(\omega)$,其中, $i=1,2,\dots,n, s=1,2,\dots,t$ 组成式 (14)所示的规范化矩阵。

步骤 4:根据式 (15)计算决策者的熵 H_s 。

步骤 5:根据式 (16)计算决策者的权系数 λ_s ,组成决策者权重矩阵 $\lambda=[\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_t]$ 。

步骤 6:由决策者权重矩阵 λ 与所有决策者对所有方案多属性决策的综合值组成 $n \times t$ 矩阵 Z 相乘,使得各个决策方案群体综合属性值即:

$$Z(\lambda, \omega)=\lambda^* Z$$

步骤 7:利用 $z_i(\lambda, \omega) (i=1,2,\dots,n)$ 对方案进行排序和择优。

5 建设项目风险评价

将建设项目作为考虑的对象。建设项目的风险可定义为^[7]:造成建设项目达不到预期目标的不确定性,或者说是指那些影响建设项目目标实现的消极的不确定性。建设项目的目标是一个十分复杂的系统,无论是国内还是国外,通常都认为建设项目的建设是一个十分复杂的巨大活动,工期延长和投资超标是一种十分普遍的现象,施工安全也往往是人们担心的主要问题。

建设项目的风险类型主要有政治风险、环境风险、计划风险、市场风险、经济风险、融资风险、自然风险、施工风险、技术风险、人为风险、安全风险。其中政治风险包含政府政策、民众意见、意识形态、法规、战争、恐怖活动和暴乱等风险因素;环境风险包含环境污染、环境法规、社会习惯等风险因素;计划风险包含许可要求、土地

使用、经济影响等因素;市场风险包含需求、竞争、顾客满意程度等因素;经济风险包含财政政策、税制、物价变化、利率汇率变化等因素;融资风险包含破产、利润、保险等因素;自然风险包含不可预见的地质条件、气候、地震、火灾、文物等因素;施工风险包含采购、组织能力、经验、资源等因素;技术风险包含设计充分、操作效率等因素;人为风险包含错误、无能力、疏忽、交流能力、腐败、缺乏意识等因素;安全风险包含违章、危险物品、冲突、倒塌、洪水等因素。

现项目业主方决策层有 3个决策者 $D_s (s=1,2,3)$,各个决策者的权重未知,有 4个项目方案 $x_i (i=1,2,3,4)$ 待从风险角度进行评价,各风险类型的权重系数未知。3个决策者依据上述 11个风险类型进行打分(范围从 0到 100分,分数越高表示风险越小,反之分数越低表示风险越大)。结果如表 1~3所示,分别表示为:
 u_1 —政治风险, u_2 —环境风险, u_3 —计划风险, u_4 —市场风险, u_5 —经济风险, u_6 —融资风险, u_7 —自然风险, u_8 —施工风险, u_9 —技术风险, u_{10} —人为风险, u_{11} —安全风险。试确定这 4个项目方案的风险优劣。

表 1 决策者 D_1 给出的决策矩阵 R_1

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
x_1	95	65	80	70	80	65	80	90	85	75	75
x_2	70	80	70	85	90	75	65	85	95	80	90
x_3	80	75	80	90	85	80	70	75	85	85	80
x_4	90	80	85	65	80	85	60	85	80	75	90

表 2 决策者 D_2 给出的决策矩阵 R_2

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
x_1	80	85	75	70	90	80	65	85	80	80	85
x_2	75	85	75	85	90	75	75	85	90	75	80
x_3	85	75	85	80	85	65	70	70	80	85	85
x_4	85	90	80	75	85	75	65	80	85	95	90

表 3 决策者 D_3 给出的决策矩阵

	u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}
x_1	80	75	80	85	85	85	75	80	85	85	75
x_2	85	80	75	80	95	85	70	85	90	95	90
x_3	75	85	85	80	85	75	60	75	85	85	75
x_4	95	80	80	75	85	85	75	90	80	85	80

(1) 无需规范化,直接根据 3位决策者的决策矩阵 $R_k (k=1,2,3)$ 利用式 (13)计算各个指标的权重得:

$\omega_1=(0.1382 \ 0.0813 \ 0.0732 \ 0.1463 \ 0.0569 \ 0.1057 \ 0.1057 \ 0.0732 \ 0.0732 \ 0.0569 \ 0.0894);$
 $\omega_2=(0.0787 \ 0.1011 \ 0.0787 \ 0.1124 \ 0.0449 \ 0.1011 \ 0.0787 \ 0.1124 \ 0.0787 \ 0.1461 \ 0.0674);$
 $\omega_3=(0.1529 \ 0.0706 \ 0.0706 \ 0.0706 \ 0.0706 \ 0.0706 \ 0.1176 \ 0.1176 \ 0.0706 \ 0.0706 \ 0.1176)。$

(2) 利用公式 (4)计算决策者 D_s 所给出的方案 x_i 的综合属性值得:

$z_1(\omega_1)=78.1707, \quad z_2(\omega_1)=79.4309$
(下转第 32页)

六、消费情绪未来研究发展方向

1. 混合情绪影响下的消费行为

情绪在早期营销研究的应用上多采用 M—R模型, 所采用的 M—R模型中情绪组成面为愉悦 (Pleasure)、亢奋 (arousal)、支配 (dominance), 简称为 PAD模型, 因此研究偏好正向情感上的探讨。现在研究基本上在探讨情绪状态及强度之间的差异以及纯粹情绪与消费行为的关系。然而在消费者的购物过程中必然会经历不同的事件, 所以说购物体验必然会是由各式各样的情绪交织而成。例如消费者可能对商店的陈列方式不熟悉, 导致在找不到特定的商品下感到非常的生气, 但是对于销售人员友善的态度却感到非常的愉悦。在这样一个消费背景之下, 消费者同时有机会经历正面与负面的情绪状态, 那此时消费者到底是快乐、失望还是生气呢?

2. 消费行为对消费情绪影响与转换

有时候顾客购买前便处于负面情绪的状态, 并且希望通过购物的行为来缓解负面的情绪。因此情绪状态不一定完全处于完全正面与负面情绪状态之下, 而现有研究实在不足以解释这类的复杂情境。探讨负面情绪带入问题与情绪之间的共存和混合作用对消费者决策过程的影响, 消费行为对消费情绪的反馈影响是当今消费情绪研究所忽略的一个方向, 同时也是未来发展一个方向。

参考文献:

[1] Fiat A F, Dhokakia N. Consuming People: From Political Economy to Theaters of Consumption [M]. London: Sage, 1998: 542

[2] Dawson S, Bloch P H, Ridgway N M. Shopping Motives, Emotional States, and Retail Outcomes [J]. Journal of Retailing, 1990, 14: 408—427.

[3] Robert L. Solso 实验心理学 [M]. 张奇, 等译. 北京: 中国轻工业出版社, 2004: 53—65

[4] R. Plutchik. A Structural Model of the Emotions [A]. Emotion: A Psychoevolutionary Synthesis [M]. New York: Harper and Row Publishers, 1980: 155.

[5] Edgell S, A K, Hetherington, A W. Consumption Matters: The Production and Experience of Consumption [M]. Oxford: Blackwell, 2003: 78—153

[6] Holbrook M B. The Millennial Consumer in the Texts of Our Rites, Experience, and Entertainment [J]. Journal of Macro Marketing, 2002, 20(2): 178—192

[7] Csikszentmihalyi M. Flow: The Psychology of Optimal Experience [M]. New York, NY: Harper and Row, 2002: 341—363

[8] Sheth J N. Psychology and Consumer Research: A Problem of Construct Validity [J]. Journal of the Academy of Marketing Science, 1979, 7(3): 414—427.

[9] Unger L S, J B. Kernan. On the Meaning of Leisure: An Investigation of Some Determinants of the Subjective Experience [J]. Journal of Consumer Research, 1983, 9: 381—392

(责任编辑: 赵毅峰)

(上接第 22 页)

$$\begin{aligned} \frac{2}{3}(\omega_1) &= 80.5691, \quad \frac{1}{4}(\omega_1) = 78.9431; \\ \frac{2}{1}(\omega_2) &= 79.1573, \quad \frac{2}{2}(\omega_2) = 80.4494 \\ \frac{2}{3}(\omega_2) &= 78.1461, \quad \frac{2}{4}(\omega_2) = 82.6404; \\ \frac{2}{1}(\omega_3) &= 80.2353, \quad \frac{2}{2}(\omega_3) = 84.1765 \\ \frac{2}{3}(\omega_3) &= 77.1176, \quad \frac{2}{4}(\omega_3) = 83.5882. \end{aligned}$$

(3) 得到用于群决策的矩阵 Z

$$Z = \begin{bmatrix} 78.1707 & 79.4309 & 80.5691 & 78.9431 \\ 79.1573 & 80.4494 & 78.1461 & 82.6404 \\ 80.2352 & 84.1765 & 77.1176 & 83.5882 \end{bmatrix}$$

(4) 利用公式 (15) 计算决策者的熵 H_i

$$H_1 = 0.999957, \quad H_2 = 0.999842, \quad H_3 = 0.999559.$$

(5) 根据式 (16) 计算决策者的权系数 λ_i

$$\lambda_1 = 0.067579, \quad \lambda_2 = 0.246154, \quad \lambda_3 = 0.686267.$$

(6) 计算各个决策方案群体综合属性值 $\bar{z}_i(\lambda, \omega)$

$$\begin{aligned} \bar{z}_1(\lambda, \omega) &= 79.830423, \quad \bar{z}_2(\lambda, \omega) = 82.938358, \\ \bar{z}_3(\lambda, \omega) &= 77.604018, \quad \bar{z}_4(\lambda, \omega) = 83.040985. \end{aligned}$$

(7) 利用 $\bar{z}_i(\lambda, \omega)$ ($i=1, 2, \dots, n$) 对方案进行排序和择优。

$\bar{x}_4 \oplus \bar{x}_2 \oplus \bar{x}_1 \oplus \bar{x}_3$
即项目方案风险从小到大依次为方案 $\bar{x}_4, \bar{x}_2, \bar{x}_1, \bar{x}_3$ 。

6 结束语

在多属性群决策中, 权重问题的研究占有重要地位, 不仅要确定多属性中各个属性的权重, 而且还要确

定各个决策者的权重。本文首先按基于离差最大化的方法确定多属性的权重, 再将每个决策者对各个方案多属性决策的集结值组成矩阵, 用熵权法判定每个决策者的权重, 然后得到每个方案的最终集结值, 即得到决策群最终的决策结果, 最后应用该方法对建设项目的风险进行评价。本文方法概念清楚、含义明确, 能有效解决人为主观因素决策存在的弊端。同时该方法计算不很复杂并且易于计算机实现, 可方便地应用于计算机群决策支持系统, 可操作性强, 具有重要的推广价值。

参考文献:

[1] 王应明. 运用离差最大化方法进行多指标决策与排序 [J]. 中国软科学, 1998(3): 36—38.

[2] 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.

[3] 陈华友. 多属性决策中基于离差最大化的组合赋权方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(2): 194—197.

[4] 周荣喜, 徐建荣. 基于离差最大化和 OWGA 算子的多属性群决策方法 [J]. 统计与决策 (理论版), 2007(1): 132—133.

[5] 邱苑华. 管理决策与应用熵学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 193—205.

[6] 林齐宁. 决策分析 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2003: 70—72.

[7] 王家远, 刘春乐. 建设项目风险管理 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.

(责任编辑: 赵毅峰)