

集对云多属性群决策方法及应用

吴爱燕¹ 曾广平² 涂序彦²

(北方工业大学理学院 北京 100144)¹ (北京科技大学计算机与通信工程学院 北京 100083)²

摘要 阐明了复杂现象模糊多属性决策方法的研究现状,并针对复杂现象语言调研信息存在的主观模糊性与客观随机性以及不确定性因素对决策备选方案的影响等问题,结合云模型与集对分析的相关理论和方法,研究设计了集对云多属性群决策方法。将该方法用于我国“农村新能源开发利用规划”研究中,建立了可再生能源开发决策模型,给出了相应的解法。与模糊二元语义分析法进行的对比实验说明了集对云决策法的合理性、有效性及实用性。

关键词 云模型,集对分析,不确定性,模糊性,决策

中图分类号 TP391.1 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2014.12.050

Study on Set Pair Cloud Multi-attribute Group Decision Method

WU Ai-yan¹ ZENG Guang-ping² TU Xu-yan²

(College of Sciences, North China University of Technology, Beijing 100144, China)¹

(School of Computer and Communication Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)²

Abstract The paper studied the research status of fuzzy multi-attribute decision on the complex phenomenon. Furtherly, the fuzziness and randomness of language information and their impact on the alternatives have become the focus of current research. So, a set pair cloud multi-attribute group decision method was presented with cloud model and SPA to solve these problems. Then the method was used for the study of “new rural energy development and utilization” to establish the renewable energy development model, and the corresponding solutions was given. Finally, a active result was got with the fuzzy two-tuple linguistic analysis to compare the experimental, which shows the method is rational, effective and practical.

Keywords Cloud model, Set pair analysis(SPA), Uncertainty, Fuzziness, Decision

现实世界中许多现象是复杂的、难以量化的,它们不仅仅存在随机性或者模糊性,更多的情况下随机性和模糊性是并存的^[1,2]。也正因此,人们在评判某一现象或事物时更喜欢用“很好”、“好”或“优”、“良”、“可”、“差”等自然语言。事实上,基于自然语言的优化决策研究已成为复杂现象模糊多属性决策的重要研究内容,而如何实现自然语言的量化则是该方面研究的核心问题^[3,4]。对此,学者们先后提出了三角模糊数型、梯形语言变量、灰色理想解法、二元语义等多属性优化决策方法^[5-10],以解决自然语言信息的量化问题,完成最终的优化决策。不管是三角模糊数型方法,还是二元语义法,其核心思想都是基于模糊理论,它主要解决人为主观认识造成的模糊性,而基于自然语言的优化决策不但存在着人为主观认识造成的模糊性,而且被考察现象本身存在客观随机性。此外,现有研究方法均只给出一个决策参考值,没有给出不确定性因素的变化对备选方案发展趋势的影响。因此,如何更好地解决自然语言的量化问题,以更大限度地在量化过程中体现存在的模糊性和随机性,呈现不确定性因素对优化备选方案的影响,是目前自然语言优化决策研究的难点和重点。

李德毅院士抓住了自然语言中的概念,即概念的整体特性都是由云的3个数字特征 Ex, En, He 来体现的,其中, Ex 表示云滴在论域空间分布的期望,它是云模型中最能代表定性概念的那个点; En 是云模型的熵,表示定性概念的不确定性度量,它既能反映在这个定性概念云模型中云滴的离散程度,又能反映定性概念在论域空间中接受云滴的取值范围; He 是熵 En 的不确定性度量,即熵的熵,它的取值直接影响云滴的离散程度和取值范围^[11]。用云模型表示概念,能够体现出概念的不确定性,尤其是随机性和模糊性的关联性。在云模型中,云滴的确定度反映了模糊性,而云滴本身是一个随机值。因此,某一个概念的云模型表示,既可以反映这个概念的随机性,也可以反映它的模糊性,以及随机性与模糊性的关联性,构成定性与定量间的映射。而在模糊集合中,用隶属度来刻画亦此亦彼的程度,相对于非此即彼来说是认识上的一个进步,但精确的隶属度是一个经验值,无法表达随机性^[11]。同时,赵克勤教授提出了集对分析,用一个既确定又不确定之间的联系来描述系统中有关确定性和不确定性的状况与程度,从确定性与不确定性对立统一的角度研究系统发展。

到稿日期:2014-01-16 返修日期:2014-04-08 本文受“十一·五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAJ04B07-2),863 国家高技术研究发展计划项目基金(2009AA012119),北京市优秀人才培养资助个人项目(2013D009006000002)资助。

吴爱燕(1980—),女,博士,讲师,主要研究方向为智能计算方法、智能建模方法等,E-mail:wkyway@163.com;曾广平(1962—),男,博士生导师,主要研究方向为智能网络等;涂序彦(1935—),男,博士生导师,主要研究方向为人工智能及应用。

于是,采用云模型和集对分析来研究系统问题的不确定性及其对系统优化决策影响的优势是显然的。

为此,在借鉴前人解决不确定多属性决策研究经验的基础上,探讨了云模型和集对分析的研究成果,综合考虑复杂现象模糊性和随机性共存情况的解决,及不确定性因素对优化备选方案的影响,提出了一种用于自然语言评估的多属性群决策方法——集对云多属性群决策法,并将其用于我国可再生能源开发决策,取得了较好效果。

1 算法描述

第一步 设置等级云。

等级云包括等级描述云和等级评价云,等级评价云用于表达描述云等级的确定度。首先,根据等级描述语言集 R 及具体研究问题,用云的 3 个数字特征定义定性概念,等级描述云描述如式(1)所示;其次,根据确定等级语言集 D 以及具体的研究问题,用云的 3 个数字特征定义定性概念,等级评价云描述如式(2)所示;然后,由等级描述云和等级评价云实现 U_i^k 和 W_i^k 从定性评价转换为定量值,如式(3)~式(5)所示。

$$C_i = (Ex_i, En_i, He_i), 1 \leq i \leq x \quad (1)$$

式中, x 为定性概念的数目。

$$C_i' = (Ex_i', En_i', He_i'), 1 \leq i \leq y \quad (2)$$

式中, y 为定性概念的数目。

$$E_i^k = f(W_i^k) \quad (3)$$

式中, W_i^k 为确定等级语言值, E_i^k 为确定等级语言值对应的数值, f 为 W_i^k 与等级评价云的映射关系。

$$C_i = \bar{f}(U_i^k) \quad (4)$$

式中, U_i^k 为等级描述语言值, C_i 为 U_i^k 对应的定性概念云, \bar{f} 为等级描述值与定性概念云的对应关系。

$$U_i^k = Ex_i - \sqrt{-\ln E_i^k} \times 2 \times En_i^k \quad (5)$$

式中, U_i^k 为等级描述语言值对应的数值, Ex_i 为 C_i 的期望, En_i 为 C_i 的熵。

第二步 进行云归一化运算。

针对同一属性项进行云归一化运算,将矩阵 U^k 各行的多个评价值归一为每行一个评价值,如式(6)所示;这些评价值在等级描述云的每个定性概念上都有一个等级描述值和相应的确定度。因此,它的任意元素 U_i^k 都有 x 个等级描述值和相应的确定度,其求取参见文献[11]正态云的定义公式,取 x 个确定度中最大者为 U_i^k 的最终确定度,该确定度对应的等级描述值为 U_i^k 的最终等级描述值。

$$U_i^k = \frac{\sum_{j=1}^m U_{ij}^k}{m} \quad (6)$$

式中, U_{ij}^k 为等级评价矩阵 U^k 中的元素; U_i^k 为归一化的值; m 为等级评价矩阵中每行评价值的数目。

$$u_i^k = \max\{u_{ij}^k | j \in [1, x]\} \quad (7)$$

式中, u_{ij}^k 为 U_{ij}^k 在每个定性概念上的确定度, u_i^k 为 U_i^k 最终的确定度。

$$r_i^k = \bar{f}(u_i^k), r_i^k \in \{r_{ij}^k | j \in [1, x]\} \quad (8)$$

式中, r_{ij}^k 为 U_{ij}^k 在每个定性概念上的等级描述值, \bar{f} 为等级描述值与确定度的对应关系, r_i^k 为 U_i^k 最终的等级描述值。

第三步 进行集对评估运算。

将评价等级分为同一等级、对立等级和不确定等级,根据

这 3 类评价等级构建方案可行性的确定性与不确定性、同一性与对立性的描述方程式。根据描述方程式(见式(9))可分析获知可行性最佳的方案,以及各方案随着不确定因素变化而产生的变化。

$$\begin{aligned} S^k &= r_0 \lambda_0 + r_1 \lambda_1 + r_2 \lambda_2 \\ r_i &= \begin{cases} 0, & \text{others} \\ u_i^k, & r_i \in R^k \wedge r_i = r_i^k \end{cases} \\ \lambda_i &= \begin{cases} 1, & \text{identic-rank} \\ 0, & \text{opposite-rank} \\ x, & \text{uncertainty} \wedge x \in [-1, 1] \end{cases} \end{aligned} \quad (9)$$

式中, S^k 为方案 k 的评估值, λ_i 为评价等级 i 的参数。

2 我国可再生能源开发决策模型及解法

专家根据国家科技支撑计划课题“农村新能源开发利用规划”的调研统计数据,给出了某县水能、太阳能、沼气等 3 种可再生能源的开发候选方案,由于当地年均风力不足,因此不考虑开发风能。在候选方案中,为满足研究任务的需要,专家根据经验主要考虑了 4 个评估属性,属性评估标准与等级评估标准均包括 5 个等级,由 3 位专家进行候选方案评估,属性评估值和等级评估值均表示为如下矩阵,其中, $s_1 - s_3$ 分别表示水能开发方案、太阳能开发方案、沼气开发方案; $a_1 - a_4$ 分别表示 4 个评估属性;待开发情况、需求情况、经济支持情况、政策支持情况;属性评估标准集 $R = \{VG(\text{非常好}), G(\text{好}), M(\text{一般}), B(\text{差}), VB(\text{非常差})\}$;等级评估标准集 $R = \{VH(\text{很高}), H(\text{高}), M(\text{一般}), L(\text{低}), VL(\text{很低})\}$; $e_1 - e_3$ 分别表示 3 位专家。

$$\begin{aligned} U^1 &= \begin{matrix} & e_1 & e_2 & e_3 \\ a_1 & \begin{bmatrix} VG & G & G \end{bmatrix} \\ a_2 & \begin{bmatrix} G & G & M \end{bmatrix} \\ a_3 & \begin{bmatrix} G & G & M \end{bmatrix} \\ a_4 & \begin{bmatrix} G & M & G \end{bmatrix} \end{matrix} & W^1 &= \begin{matrix} & e_1 & e_2 & e_3 \\ a_1 & \begin{bmatrix} H & H & M \end{bmatrix} \\ a_2 & \begin{bmatrix} VH & M & H \end{bmatrix} \\ a_3 & \begin{bmatrix} M & H & VH \end{bmatrix} \\ a_4 & \begin{bmatrix} L & H & M \end{bmatrix} \end{matrix} \\ U^2 &= \begin{matrix} & e_1 & e_2 & e_3 \\ a_1 & \begin{bmatrix} M & G & M \end{bmatrix} \\ a_2 & \begin{bmatrix} G & M & G \end{bmatrix} \\ a_3 & \begin{bmatrix} G & G & M \end{bmatrix} \\ a_4 & \begin{bmatrix} G & M & G \end{bmatrix} \end{matrix} & W^2 &= \begin{matrix} & e_1 & e_2 & e_3 \\ a_1 & \begin{bmatrix} H & M & VH \end{bmatrix} \\ a_2 & \begin{bmatrix} M & H & H \end{bmatrix} \\ a_3 & \begin{bmatrix} M & H & VH \end{bmatrix} \\ a_4 & \begin{bmatrix} L & H & M \end{bmatrix} \end{matrix} \\ U^3 &= \begin{matrix} & e_1 & e_2 & e_3 \\ a_1 & \begin{bmatrix} G & VG & M \end{bmatrix} \\ a_2 & \begin{bmatrix} G & G & G \end{bmatrix} \\ a_3 & \begin{bmatrix} G & G & M \end{bmatrix} \\ a_4 & \begin{bmatrix} G & M & G \end{bmatrix} \end{matrix} & W^3 &= \begin{matrix} & e_1 & e_2 & e_3 \\ a_1 & \begin{bmatrix} VH & H & H \end{bmatrix} \\ a_2 & \begin{bmatrix} H & H & M \end{bmatrix} \\ a_3 & \begin{bmatrix} M & H & VH \end{bmatrix} \\ a_4 & \begin{bmatrix} L & H & M \end{bmatrix} \end{matrix} \end{aligned}$$

根据属性评估集的 5 个等级,设计等级描述云,如式(10)所示,等级描述云图如图 1 所示,由图可见等级描述云的参数设置是合理的。

$$\begin{aligned} C_1 &= \begin{cases} 1, & x \in [0, 4] \\ C(4, 2/3, 0.05), & \text{others} \end{cases} \\ C_2 &= C(7, 8/7, 0.05) \\ C_3 &= C(25, 5, 0.05) \\ C_4 &= C(45, 20/3, 0.05) \\ C_5 &= \begin{cases} C(65, 5, 0.05), & \text{others} \\ 1, & x \in [65, \infty) \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

式中, C_1 表示表达语言评估值“非常差”, C_2 表示表达语言评

估值“差”, C_3 表示表达语言评估值“一般”, C_4 表示表达语言评估值“好”, C_5 表示表达语言评估值“非常好”。

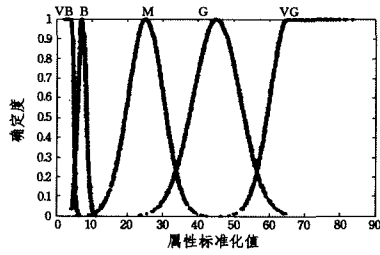


图1 等级描述云图

根据等级评估集的 5 个等级, 设等级评价云表示如式(11)所示, 等级评价云图如图 2 所示, 由图可见等级描述云的参数设置是合理的。

$$\begin{aligned}
 C_1' &= \begin{cases} 1, & x \in (0, 0.05) \\ C(0.05, 1/60, 0.002), & \text{others} \end{cases} \\
 C_2' &= C(0.2, 1/25, 0.002) \\
 C_3' &= C(0.4, 6/125, 0.002) \\
 C_4' &= C(0.6, 6/125, 0.002) \\
 C_5' &= \begin{cases} C(0.85, 1/15, 0.002), & \text{others} \\ 1, & x \in [0.85, 1] \end{cases}
 \end{aligned} \quad (11)$$

式中, C_1' 表示表达语言评估值“很低”, C_2' 表示表达语言评估值“低”, C_3' 表示表达语言评估值“一般”, C_4' 表示表达语言评估值“高”, C_5' 表示表达语言评估值“很高”。

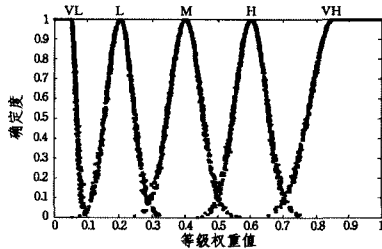


图2 等级评价云图

云归一化操作结果如下:

$$\begin{aligned}
 U^{s_1} &= \begin{bmatrix} 44.728 \\ 32.373 \\ 15.98 \\ 26.786 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} \text{rank} & \text{certainty-degree} \\ G & 0.9992 \\ G & 0.3372 \\ M & 0.1965 \\ M & 0.9382 \end{matrix} \\
 U^{s_2} &= \begin{bmatrix} 26.023 \\ 31.394 \\ 26.758 \\ 21.415 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} \text{rank} & \text{certainty-degree} \\ M & 0.9793 \\ M & 0.4415 \\ M & 0.9401 \\ M & 0.7733 \end{matrix} \\
 U^{s_3} &= \begin{bmatrix} 40.364 \\ 37.50 \\ 46.469 \\ 33.87 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} \text{rank} & \text{certainty-degree} \\ G & 0.7852 \\ G & 0.5311 \\ G & 0.9760 \\ G & 0.2482 \end{matrix}
 \end{aligned}$$

集对云评估运算表示如下:

设 VG, G 是同一等级, B, VB 是对立等级, M 是不确定等级, 则:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= (0.9992 + 0.3372)x_0 + (0.1965 + 0.9382)x_1 \Rightarrow \\
 S_1 &= 1.3364 + 1.1347x_1, x_1 \in [-1, 1]
 \end{aligned}$$

$$S_2 = (0.9793 + 0.4415 + 0.9401 + 0.7733)x_1 \Rightarrow$$

$$S_2 = 3.1342x_1, x_1 \in [-1, 1]$$

$$S_3 = 2.5405x_0 \Rightarrow S_3 = 2.5405$$

由集对云评估运算可知, 沼气开发不确定性因素影响可以忽略, 开发相对稳定且可行性高, 所以沼气开发方案是最优方案。由以上决策结果可知, 当地可再生能源开发首先考虑投资开发沼气, 其次考虑投资开发水能。

3 仿真实验

自 2000 年西班牙学者提出了关于语言信息集结的二元语义分析法以来, 该方法在多属性群决策中得到了广泛应用。从文献[10]中我们可以看到, 计算群集结的 T-OWA 算子的权向量时模糊量化算子 Q 对应参数的设定依然是基于模糊论的。我们将 T-OWA 算子及其群集结运算用于本节能源多属性群决策中, 其运算如下。

基于集对云优化决策法的等级描述云和等级评价云可得:

$$\begin{aligned}
 P^1 &= \begin{bmatrix} 59.9462 & 41.1992 & 35.9751 & 33.0392 \\ 19.9462 & 35.9751 & 35.9751 & 33.0392 \\ 41.1992 & 38.2615 & 35.9751 & 33.0392 \\ 38.2615 & 35.9751 & 38.2615 & 19.9462 \\ 35.9751 & 19.9462 & 38.2615 & 19.9462 \\ 59.9462 & 38.2615 & 38.2615 & 19.9462 \end{bmatrix} \\
 P^2 &= \begin{bmatrix} 38.2615 & 35.9751 & 38.2615 & 19.9462 \\ 35.9751 & 19.9462 & 38.2615 & 19.9462 \\ 59.9462 & 38.2615 & 38.2615 & 19.9462 \\ 35.9751 & 19.9462 & 22.1494 & 35.9751 \\ 22.1494 & 38.2615 & 22.1494 & 35.9751 \\ 19.9462 & 35.9751 & 22.1494 & 35.9751 \end{bmatrix} \\
 P^3 &= \begin{bmatrix} 35.9751 & 19.9462 & 22.1494 & 35.9751 \\ 22.1494 & 38.2615 & 22.1494 & 35.9751 \\ 19.9462 & 35.9751 & 22.1494 & 35.9751 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

利用 T-OWA 算子将 P_1, P_2, P_3 集结运算如下:

$$\begin{aligned}
 b^1 &= \begin{bmatrix} 59.9462 & 41.1992 & 38.2615 & 35.9751 \\ 35.9751 & 38.2615 & 38.2615 & 35.9751 \\ 59.9462 & 38.2615 & 38.2615 & 35.9751 \end{bmatrix} \\
 b^2 &= \begin{bmatrix} 38.2615 & 35.9751 & 35.9751 & 33.0392 \\ 22.1494 & 35.9751 & 35.9751 & 33.0392 \\ 41.1992 & 38.2615 & 35.9751 & 33.0392 \end{bmatrix} \\
 b^3 &= \begin{bmatrix} 35.9751 & 19.9462 & 22.1494 & 19.9462 \\ 19.9462 & 19.9462 & 22.1494 & 19.9462 \\ 19.9462 & 35.9751 & 22.1494 & 19.9462 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

在模糊量化算子设置不同的情况下, T-OWA 算子集结运算结果如表 1 所列。

表 1 T-OWA 算子集结运算结果表

模糊量化算子 (模糊量化原则)	权向量	方案评估值		
		S^1	S^2	S^3
$\omega: (0, 0.5)$ 一半以上原则	$\omega = (\frac{2}{3}, \frac{1}{3}, 0)^T$	38.03246	35.63463	37.55393
$\omega^*: (0.3, 0.8)$ 多数原则	$\omega^* = (0, 0.4, 0.5, 0.1)^T$			
$\omega: (0.1, 0.5)$ 一半以上原则	$\omega = (\frac{7}{12}, \frac{5}{12}, 0)^T$	38.94328	35.6522	38.7282
$\omega^*: (0.2, 0.8)$ 多数原则	$\omega^* = (\frac{1}{12}, \frac{5}{12}, \frac{5}{12}, \frac{1}{12})^T$			
$\omega: \text{全部原则, 侧重中等评价}$	$\omega = (\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4})^T$	34.99379	30.29618	35.4632
$\omega^*: \text{平均原则}$	$\omega^* = (\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})^T$			

规定化,最后实现图像的增强。该算法解决了传统直方图均衡化方法对比度活动范围不易控制的问题。其最大优点是可任意改变局部峰的方差,有选择地控制图像对比度的活动范围,这不仅可以增加图像的平均灰度值和对对比度,还可以有效提高图像细部特征的表现能力。实验证明,经本文算法处理后的图像饱和度较好、层次丰富、利于观察。算法因没有复杂的数学计算,对图像增强简单、有效,所以可应用在实时性较高的工程中。

参 考 文 献

[1] Wang Qian, Chen Li-ya, Shen Ding-gang. Fast Histogram Equalization for Medical Image Enhancement [C]//British Columbia, Canada; 30th Annual International IEEE EMBS Conference Vancouver, 2008; 2217-2220

[2] Wang Zhi-ming, Tao Jian-hua. A Fast Implementation of Adaptive Histogram Equalization[C]//IEEE ICSP2006 Proceedings, China, 2006; 16-20

[3] Stark J A. Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2000, 9; 889-896

[4] Coltuc D, Bolon P, Chassery J M. Exact Histogram Specification

[J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2006, 15(5); 1143-1152

[5] 张懿,刘旭,李海峰. 自适应图像直方图均衡算法 [J]. 浙江大学学报:工学版, 2007, 41(4); 630-633

[6] Sengce N, Choi H. Brightness Preserving Weight Clustering Histogram Equalization [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2008, 54(3); 1329-1337

[7] Sheet D, Garud H, Suveer A, et al. Brightness preserving dynamic fuzzy histogram equalization [J]. IEEE Transaction on Image Processing, 2009, 18(9); 1921-1935

[8] Celik T. Two-dimensional histogram equalization and contrast enhancement [J]. Pattern Recognition, 2012, 45(10); 3810-3824

[9] 孔军,蒋敏,汤心溢. 多均值正态分布图像规定化处理 [J]. 计算机工程与应用, 2011, 47(21); 10-12

[10] 肖斌,王暄,毕秀丽,等. 一种基于高斯函数的直方图规定化算法 [J]. 铁道学报, 2006, 28(4); 119-122

[11] Gonzalez R C, Woods R E, Eddins S L. Digital Image Processing using Matlab [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003

[12] Celik T, Tjahjadi T. Automatic Image Equalization and Contrast Enhancement Using Gaussian Mixture Modeling [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2012, 21(1); 145-156

(上接第 233 页)

显然,在模糊量化算子参数设置以“一半以上”和“多数”为原则时,开发水能的方案评估值大于沼气的方案评估值;依然在这两个原则下,在缩小了 ω 参数设置差,扩大了 ω^* 的区间范围后,水能的方案评估值接近于沼气的方案评估值;当把模糊量化原则设置为采用全部专家评估值、侧重中等评估值、同时各属性参数值平均化时,这也正是本节云归一化运算的原则,最终得到沼气方案评估值大于水能方案评估值,与集对云决策方法的运算结果相同。之所以随着模糊量化算子参数设置的变化而出现如此方案评估值的变化,主要是因为沼气的开发方案受不确定性因素的影响是最小的,其次是水能的开发方案,而受不确定性因素影响最大的是太阳能的开发方案。这一点在集对评估运算方案方程中显而易见,表 1 中方案值的变化也说明了这一点。

结束语 文章以国家科技支撑计划课题“农村新能源开发利用规划”为研究任务,借鉴云模型和集对分析的研究思想,研究了一种新的多属性群决策方法——集对云决策法,并用其构建了可再生能源开发决策模型。由仿真实验及其实验分析可知,集对云决策法在不确定性的信息处理方面,尤其是模糊性与随机性并存问题的处理方面,具有明显优势,优于普遍应用的模糊二元语义决策法。而且,在决策中,属性个数往往是专家根据研究任务由经验确定的,显然,集对云决策法的不确定性信息处理能力决定它将不受属性个数的影响。集对云决策法是一种有效的多属性群决策方法,能够较好地完成能源开发利用规划任务。

参 考 文 献

[1] Liang Xue-chun, Chen Sen-fa. Multiple attribute decision making

method based on trapezoid fuzzy linguistic variables[J]. Journal of Southeast University, 2008, 24(4); 478-481

[2] 吴爱燕,于重重,曾广平,等. 基于自然语言的模糊多属性云决策方法研究[J]. 计算机科学, 2010, 37(11); 199-202

[3] Martinez, Luis. Linguistic decision making: Tools and applications[J]. Information Sciences, 2009, 179(14); 2297-2298

[4] Sandra B-A. Linguistic markers of decision processes in a problem solving task[J]. Cognitive Systems Research, 2009, 10(2); 102-123

[5] Alonso S. Group decision making with incomplete fuzzy linguistic preference relations[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2009, 24(2); 201-222

[6] 万树平. 基于多维偏好分析的三角模糊数型多属性决策方法 [J]. 统计与决策, 2009(1); 42-43

[7] Wei Gui-wu. Grey relational analysis method for triangular fuzzy number-based multiple attribute decision making with preference information on alternatives[J]. Systems Engineering and Electronics, 2008, 30(8); 1489-1492

[8] Alonso S. Group decision making with incomplete fuzzy linguistic preference relations[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2009, 24(2); 201-222

[9] 谭远玲,褚学宁,张在房. 基于粗糙集的改进重要度绩效分析法 [J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(7); 1374-1378

[10] 姜艳萍,樊治平. 基于二元语义符号运算的群决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2003, 25(11); 1373-1375

[11] 李德毅,杜鹤. 不确定性人工智能[M]. 北京:国防工业出版社, 2005

[12] 吴爱燕,曾广平,涂序彦. 多层云建模方法的研究及其应用[J]. 计算机科学, 2012, 39(1); 162-166