

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2015.08.008

产品设计方案择优的语言群决策方法研究*

王浩伦

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:针对产品设计方案择优过程中评价信息具有的主观性和不确定性问题,以及现有产品设计方案择优存在的不足,提出了一种基于二元语义信息公理的语言型多属性产品设计方案择优方法。该方法将各专家语言评价信息转化为二元语义形式并使用二元语义信息集结算子分别得到了产品设计方案群组二元语义决策矩阵和群组二元语义指标权重向量,确定了产品设计方案指标主、客观组合权重向量;依据信息公理思想分别计算了各产品设计方案二元语义信息量并确定最优产品设计方案。研究表明,该方法能够避免语言型评价信息转换与集结造成的信息损失,对产品设计方案指标进行组合赋权能够全面反映主观和客观程度,产品设计方案决策过程计算简单、准确有效,具有潜在实用价值。

关键词:产品设计方案;群决策;二元语义;信息公理;组合赋权

中图分类号:TH166;TB472

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2015)08-1056-05

Linguistic group decision making method for product design scheme selection

WANG Hao-lun

(School of Mechatronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Aiming at the problem of evaluation information was subjective and uncertain in product scheme selection process, and some shortcomings of existing research about product scheme selection, a new approach based on information axiom with 2-tuple linguistic was proposed. Firstly, the method converted the linguistic assessment information of each expert to 2-tuple linguistic, the group's 2-tuple linguistic decision matrix and the attribute weights vector of product schemes were calculated according to the 2-tuple linguistic aggregation operator, and the attribute combination weights vector was determined. Then the 2-tuple linguistic information content of product schemes were calculated based on information axiom and the best scheme was obtained with information content. The results in indicate that the proposed method can avoid the information loss in transferring and integrating the linguistic evaluation, combination weighting of attributes can fully reflect the subjective and objective, and the calculation is simple, accurate and effective in the product design scheme decision process, it has potentially practical value.

Key words: product scheme; group decision making; 2-tuple linguistic; information axiom; combination weighting

0 引 言

在设计开发阶段,任何一个产品都会有多种设计方案,如何对多个产品设计方案进行有效评价并选择其中最佳方案,是产品设计中最为关键的环节。一个坏的产品设计方案选择不仅会增加产品开发成本,而且会影响产品生命周期中结构布局更改、性能、成本与

竞争力^[1]。

产品设计方案的评价与选择被认为是典型的多属性决策问题,往往有专家参与产品设计方案评价的过程,其中的评价数据或信息具有主观性和不确定性^[2]。因此,在主观环境下如何有效和客观地集结个性判断信息来评价新产品开发前阶段的设计方案已经成为当前关键问题和研究热点。国内外学者从多属性

收稿日期:2015-03-23

基金项目:国家自然科学基金资助项目(71172055);江西省教育厅科技资助项目(GJJ13313)

作者简介:王浩伦(1981-),男,浙江金华人,博士,讲师,主要从事现代设计理论与方法、工业工程与管理方面的研究. E-mail:haolun123@163.com

决策角度针对产品设计方案模糊性和不确定性择优问题进行了研究,常用模糊 AHP^[3]、模糊 ANP^[4]、灰色关联分析法^[5]、软集理论^[6]等单一方法进行产品设计方案的评价与选择。此外还有,文献[7]提出基于粗糙集理论与不确定语言多属性决策方法相结合的产品设计方案评价模型;文献[8]引入直觉模糊理论表达信息的不确定,通过改进 DEMATEL 方法与 VIKOR 方法相结合对产品概念方案进行择优;文献[9]运用语义 PROMETHEE 方法的基本原理进行产品设计方案群体多准则求解;文献[10]将区间模糊集与 VIKOR 方法集成对产品设计方案进行评价;文献[11]提出了区间模糊集与 TOPSIS 方法相结合进行产品设计方案评价与选择。

虽然现有研究方法对产品设计方案评价已经做了深入研究并已有丰富的成果,但是对于产品设计方案评价体系的指标权重确定问题以及方案评价过程中产生的不确定性信息处理问题研究却显得力不从心。比如,确定评价指标权重往往使用 AHP 和 ANP 等数学方法,但是这类方法需要获取大量的方案两两比较信息,难以保证方法本身所要求的比较信息一致性以及指标权重不能主客观综合确定。同时,对不确定性评价信息处理会发生丢失或扭曲初始模糊数据的重要信息。另外,基于逼近理想解原理的方法得到的最优产品设计方案并不总是接近理想方案,因为该类方法并不能反映出各方案与正负理想解的接近程度。尽管 VIKOR 方法基于折衷规划思想可以克服这一不足,但是该方法在利用最终评价价值进行排序需要满足两个条件,即可接受的优势阈值条件和可接受的决策可靠性条件,实际上同时满足这两个条件是非常困难的,这是因为各产品设计方案之间常常是差别不大的,这就导致 VIKOR 方法不能实现完全排序。

为此,本研究在前人的研究基础上,通过提出一种基于二元语义信息公理的多属性群决策模型,进行产品设计方案评价。

1 预备知识

1.1 二元语义

二元语义是一种基于符号转移的概念^[12]。它采用一个二元组 (s_i, α_i) 来表示语言评价信息,其中 $s_i \in S$, S 是语言评价集,是一个预先定义好的由奇数个元素构成的有序集合, α_i 表示由计算得到的语言信息与预先定义的语言评价集 S 中最贴近语言短语 s_i 的偏差, $\alpha_i \in [-0.5, 0.5]$ 。通过下面的转换函数 θ 可以将

单个语言短语 s_i 转化为二元语义形式:

$$\theta(s_i) = (s_i, 0), \quad s_i \in S \quad (1)$$

定义 1^[13] 设实数 $\beta \in [0, g]$ 表示语言符号集结运算的结果,则可根据函数 Δ 及 Δ^{-1} 实现二元语义的基本换算:

$$\Delta(\beta) = \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i, & \alpha \in [-0.5, 0.5) \end{cases} \quad (2)$$

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha = \beta \quad (3)$$

式中: round —四舍五入取整算子。

定义 2^[14] 设 $A = \{l_0, l_1, l_2, \dots, l_p\}$ 和 $S_T = \{s_0, s_1, s_2, \dots, s_g\}$ 为两个语言变量集合,且 $g \geq p$ 。则可通过以下映射将 A 转化为二元语义:

$$\tau_{AS_T} = A \rightarrow F(S_T),$$

$$\tau_{AS_T}(l_k) = \{(s_i, \gamma_i^k) \mid i \in \{0, 1, 2, \dots, g\}\}, \forall l_k \in A, \quad (4)$$

$$\gamma_i^k = \max \min \{\mu_{l_k}(y), \mu_{s_i}(y)\} \quad (5)$$

式中: $\mu_{l_k}(y)$, $\mu_{s_i}(y)$ — l_k 和 s_i 的隶属函数。

定义 3^[15] 设 $(s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_m, \alpha_m)$ 是 m 个要素集结的二元语义,则基于二元语义加权平均算子 F 为:

$$(\bar{s}, \bar{\alpha}) = F((s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_m, \alpha_m)) = \Delta\left(\sum_{i=1}^m w_i b_i, \bar{s} \in S, \bar{\alpha} \in [-0.5, 0.5)\right) \quad (6)$$

式中:向量 $\mathbf{B} = (b_1, b_2, \dots, b_m)^T$ 中的元素 b_i —集合 $\{\Delta^{-1}(s_i, \alpha_i), i = 1, 2, \dots, m\}$ 中按照从大到小排在第 i 位的元素; $\mathbf{W} = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ —各决策者或专家相应权重向量,由模糊量化算子 $Q(r)$ 按下式给出:

$$w_i = Q(i/m) - Q((i-1)/m), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$Q(r) = \begin{cases} 0 & r < a \\ \frac{(r-a)}{(b-a)} & a \leq r \leq b \\ 1 & r > b \end{cases} \quad (8)$$

显然, $w_i \in [0, 1]$, $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。式(6)中 $a, b, r \in [0, 1]$,在“大多数”、“至少半数”和“尽可能多”的模糊语义量化原则下,模糊量化算子 $Q(r)$ 对应的参数 (a, b) 分别为 $(0.3, 0.8)$, $(0, 0.5)$ 和 $(0.5, 1)$ 。

定义 4^[16] 设 $a_1 = (s_1, \alpha_1)$ 和 $a_2 = (s_2, \alpha_2)$ 为两个二元语义,则 a_1 和 a_2 之间的距离:

$$d(a_1, a_2) = \Delta |\Delta^{-1}(s_1, \alpha_1) - \Delta^{-1}(s_2, \alpha_2)| \quad (9)$$

1.2 信息公理

信息公理认为,最好的方案包含的信息应该最少^[17]。信息量 I 由满足给定功能要求(FR)的概率来确定。如果满足给定 FR 的成功概率为 p ,则信息量 I

定义为:

$$I = -lb(p) \quad (10)$$

信息公理表明,最佳的方案是成功概率最大的那个方案。在实际计算中,成功的概率可由设计范围和系统范围确定。设计范围是决策者期望的范围,系统范围是指标值得实际分布范围,设计范围和系统范围的交叉部分为公共范围,为满足功能要求的区域。对简单的均匀分布情形,信息量也可以表示为:

$$I = lb\left(\frac{\text{系统范围}}{\text{公共范围}}\right) \quad (11)$$

在信息公理的计算中,设单值 y_0 表示某一属性的指标值, y_i 表示第 i 个方案的该属性指标值,根据统计分布,采用指数分布密度函数^[18-19],则信息量表示为:

$$I = lb(e^{ly_i - y_0}) \quad (12)$$

在语言评价信息环境下,可将模糊语言转成 $[0, 1]$ 区间的连续数值 f 来表示评价值,那么若 f 为效益型指标,当 $f=1$ 时,表示满足功能要求,其信息量为 0,则信息量表示为:

$$I = lb(e^{(1-f)}) \quad (13)$$

若 f 为成本型指标,则信息量表示为:

$$I = lb(e^{(f-1)}) \quad (14)$$

分别计算每个方案属性值的信息量后,将每个方案的所有属性值信息量进行累加,得出每个方案的总信息量,比较每个方案总信息量,依据信息公理,信息量最小者为最佳方案。

2 产品设计方案群决策方法

2.1 产品设计方案决策问题

假设对于产品设计方案选择问题有 H 个决策者 $Ex_h (h=1,2,\dots,H)$,有 P 个待选产品设计方案 $A_p (p=1,2,\dots,P)$,以及有 Q 个决策指标 $C_q (q=1,2,\dots,Q)$ 。每位决策者 Ex_h 相应的权重为 $\lambda_h > 0$,且满足 $\sum \lambda_h = 1$ 。设 $D_h = (d_{pq}^h)_{P \times Q}$ 为第 h 个决策者的语义信息决策矩阵,其中: d_{pq}^h —决策者 Ex_h 对待选产品设计方案 A_p 对应指标 C_q 给出的语义信息。设 $v_h = (v_1^h, v_2^h, \dots, v_Q^h)^T$ 为第 h 个决策者 Ex_h 对 Q 个指标给出的语言变量权重向量,其中: v_q^h —决策者 Ex_h 对第 q 个指标 C_q 给出的语言变量值。

2.2 产品设计方案决策方法

通过采用公理设计理论考虑信息公理最小化,并集结各评价专家主观判断和偏好,得到了合理的决策结果。通过将二元语义与信息公理方法集成,提出了

一种基于二元语义信息公理的产品设计方案语言型多属性群决策方法,具体步骤如下:

步骤 1 将决策者给出的语言变量决策矩阵 $D_h = (d_{pq}^h)_{P \times Q}$ 转换为二元语义决策矩阵 $R_h = ((r_{pq}^h, 0))_{P \times Q}$,其中 $r_{pq}^h \in S, S = \{s_i | i=0,1,2,\dots,g\}$ 。

步骤 2 将决策者给出的指标语言变量权重向量 $v_h = (v_1^h, v_2^h, \dots, v_Q^h)^T$ 转换为二元语义权重向量 $w_h = ((w_1^h, 0), (w_2^h, 0), \dots, (w_Q^h, 0))^T$,其中 $w_q^h \in S, S = \{s_i | i=0,1,2,\dots,g\}$ 。

步骤 3 采用二元语义加权平均算子对 H 个决策者评价信息的二元语义值 $(r_{pq}^h, 0)$ 进行集结,求得群组的二元语义决策矩阵 $R = ((r_{pq}, \alpha_{pq}))_{P \times Q}$,其中:

$$(r_{pq}, \alpha_{pq}) = TWA((r_{pq}^1, 0), (r_{pq}^2, 0), \dots, (r_{pq}^H, 0)) = \Delta\left[\sum_{h=1}^H \lambda_h \Delta^{-1}(r_{pq}^h, 0)\right] \quad (15)$$

步骤 4 采用二元语义加权平均算子对 H 个决策者对评价指标二元语义权重向量进行集结,求得群组的二元语义权重向量 $w = ((w_1, \alpha_1), (w_2, \alpha_2), \dots, (w_Q, \alpha_Q))^T$,其中:

$$(w_q, \alpha_q) = \Delta\left[\sum_{h=1}^H \lambda_h \Delta^{-1}(w_q^h, 0)\right] \quad (16)$$

步骤 5 在步骤 4 基础上,确定产品设计方案评价指标的规范化主观权重 w_q^s :

$$w_q^s = \frac{\Delta^{-1}(w_q, \alpha_q)}{\sum_{q=1}^Q \Delta^{-1}(w_q, \alpha_q)} \quad (17)$$

步骤 6 确定产品设计方案评价指标的规范客观权重 w_q^o 。这里采用统计方差确定指标的客观权重,因为比熵方法复杂度较低^[16]。

$$w_q^o = \frac{\Delta^{-1}(\sigma_q^2)}{\sum_{q=1}^Q \Delta^{-1}(\sigma_q^2)} \quad (18)$$

其中,

$$\sigma_q^2 = \Delta\left(\frac{1}{P} \sum_{p=1}^P (\Delta^{-1}d(r_{pq}, X_q))^2\right) \quad (19)$$

$$X_q = \Delta\left(\frac{1}{P} \sum_{p=1}^P \Delta^{-1}(r_{pq}, \alpha_{pq})\right) \quad (20)$$

步骤 7 确定指标的组合权重向量。对指标的主观权重和客观权重进行集成,得到指标的组合权重向量。设指标的组合权重向量为 $W^c = (w_1^c, w_2^c, \dots, w_Q^c)^T$,其中: w_q^c —指标 C_q 的组合权重,且满足 $\sum_{q=1}^Q w_q^c = 1$ 和 $w_q^c \in [0,1]$ 。指标 C_q 的组合权重由下式计算得到:

$$w_q^c = \varphi w_q^s + (1 - \varphi) w_q^o \quad (21)$$

式中: φ —权重偏好因子且 $\varphi \in [0,1]$,表示主观权重

和客观权重的相对重要度。当 φ 越逼近 1,则表示组合权重越侧重于主观权重;当 φ 越逼近 0,则表示组合权重越侧重于客观权重。

步骤 8 计算二元语义加权决策矩阵。

$$(d_{pq}, \alpha_{pq}) = \Delta(w_q^c \cdot \Delta^{-1}(r_{pq}, \alpha_{pq})) \quad (22)$$

步骤 9 基于信息公理计算各产品设计方案二元语义信息量。

$$I_p = \Delta\left(\sum_{q=1}^Q \Delta^{-1}(I_{pq}, \alpha_{pq})\right) \quad (23)$$

式中: (I_{pq}, α_{pq}) —产品设计方案 A_p 对应指标 C_q 的二元语义信息量。依据公式(13,14),效益型指标二元语义信息量为:

$$(I_{pq}, \alpha_{pq}) = \Delta(\text{lb}(e^{(1-\Delta^{-1}(d_{pq}, \alpha_{pq}))})) = \Delta(\text{lb}(e^{(1-(w_q^c \cdot \Delta^{-1}(r_{pq}, \alpha_{pq})))})) \quad (24)$$

成本型指标二元语义信息量为:

$$(I_{pq}, \alpha_{pq}) = \Delta(\text{lb}(e^{(\Delta^{-1}(d_{pq}, \alpha_{pq}) - 1)})) = \Delta(\text{lb}(e^{(w_q^c \cdot \Delta^{-1}(r_{pq}, \alpha_{pq}) - 1)})) \quad (25)$$

步骤 10 确定最佳产品设计方案。选取信息量最小的方案作为最佳选择方案:

$$I^* = \min_p \{ \Delta^{-1}(I_p) \} \quad (26)$$

3 案例分析

本研究以四轴数控加工中心运动设计方案为例,根据加工中心运动动能分析,针对直线运动方式与主轴回转驱动方式所提供的 2 种方案进行选择,建立数控加工中心运动功能的形态学矩阵,筛选出 4 种备选方案如表 1 所示。

表 1 4 种备选方案

	备选方案			
	A1	A2	A3	A4
结构布局	卧式	立式	立式	卧式
XYZ 直线运动	直线电机	直线电机	电机与滚珠丝杠副	电机与滚珠丝杠副
A/B 轴回转	回转工作台	回转工作台	回转工作台	回转工作台
主轴回转	电主轴	电主轴	电机与传动机构	电机与传动机构

针对表 1 中 4 种备选方案,由 3 名专家(Ex1, Ex2, Ex3)组成产品设计方案评价决策小组,在选择的过程中考虑 5 个评价指标:运动精度 C1,承载能力 C2,耐磨性 C3,设计成本 C4(成本型),能耗 C5。假设 3 名专家相应权重为 0.3,0.4,0.3。专家对指标权重评价使用 5 个等级粒度语言值 $S = \{s_0 = \text{VL(非常低)}, s_1 = \text{L(低)}, s_2 = \text{M(一般)}, s_3 = \text{H(高)}, s_4 = \text{VH(非常高)}\}$ 和专家对方案评价使用 7 个等级粒度语言值 $T =$

$\{t_0 = \text{VP(非常差)}, t_1 = \text{P(差)}, t_2 = \text{MP(较差)}, t_3 = \text{F(中等)}, t_4 = \text{MG(较好)}, t_5 = \text{G(好)}, t_6 = \text{VG(非常好)}\}$,分别给出专家对指标权重评价信息 $v_1 = \{M, H, H, M, M\}^T; v_2 = \{H, L, H, L, M\}^T; v_3 = \{M, M, H, L, H\}^T$,将专家的评价信息分别转换为指标权重向量二元语义形式 $w_1 = \{(s_2, 0), (s_3, 0), (s_3, 0), (s_2, 0), (s_2, 0)\}^T; w_2 = \{(s_3, 0), (s_1, 0), (s_3, 0), (s_1, 0), (s_2, 0)\}^T; w_3 = \{(s_2, 0), (s_2, 0), (s_3, 0), (s_1, 0), (s_3, 0)\}^T$ 。同理,可以获得产品设计方案语言评价矩阵,并将语言评价矩阵转换为产品设计方案评价矩阵二元语义形式如表 2 所示。

表 2 产品设计方案评价矩阵二元语义形式

专家	方案	C1	C2	C3	C4	C5
Ex1	A1	(t ₃ , 0)	(t ₀ , 0)	(t ₀ , 0)	(t ₄ , 0)	(t ₅ , 0)
	A2	(t ₆ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₁ , 0)	(t ₃ , 0)
	A3	(t ₆ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₂ , 0)	(t ₃ , 0)
	A4	(t ₁ , 0)	(t ₄ , 0)	(t ₅ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₄ , 0)
Ex2	A1	(t ₃ , 0)	(t ₀ , 0)	(t ₀ , 0)	(t ₅ , 0)	(t ₅ , 0)
	A2	(t ₆ , 0)	(t ₄ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₂ , 0)	(t ₃ , 0)
	A3	(t ₆ , 0)	(t ₄ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₂ , 0)	(t ₃ , 0)
	A4	(t ₁ , 0)	(t ₅ , 0)	(t ₄ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₄ , 0)
Ex3	A1	(t ₃ , 0)	(t ₅ , 0)	(t ₀ , 0)	(t ₁ , 0)	(t ₁ , 0)
	A2	(t ₀ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₁ , 0)	(t ₂ , 0)	(t ₂ , 0)
	A3	(t ₅ , 0)	(t ₅ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₅ , 0)	(t ₅ , 0)
	A4	(t ₅ , 0)	(t ₄ , 0)	(t ₁ , 0)	(t ₃ , 0)	(t ₃ , 0)

本研究采用二元语义加权评价算子(公式(15, 16))分别对评价矩阵和指标权重向量中专家评价信息进行集结,由此建立的产品设计方案群组二元语义决策矩阵如表 3 所示。获得群组二元语义指标权重向量 $w = (\Delta(0.467), \Delta(0.400), \Delta(0.600), \Delta(0.267), \Delta(0.467))^T$ 。应用公式(17~20)确定群组主观权重向量 $w^s = (\Delta(0.212), \Delta(0.182), \Delta(0.273), \Delta(0.121), \Delta(0.212))^T$ 和客观权重向量 $w^o = (\Delta(0.320), \Delta(0.214), \Delta(0.344), \Delta(0.083), \Delta(0.038))^T$ 。根据公式(22)对指标的主观权重和客观权重进行集成,取权重偏好因子 φ 取值为 0.5,得到指标的组权重向量 $w^c = (\Delta(0.267), \Delta(0.198), \Delta(0.308), \Delta(0.102), \Delta(0.125))^T$ 。根据公式(23)计算二元语义加权决策矩阵,该矩阵如表 4 所示。

表 3 群组二元语义决策矩阵

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	$\Delta(0.50)$	$\Delta(0.28)$	$\Delta(0.00)$	$\Delta(0.56)$	$\Delta(0.61)$
A2	$\Delta(0.67)$	$\Delta(0.56)$	$\Delta(0.39)$	$\Delta(0.28)$	$\Delta(0.44)$
A3	$\Delta(0.94)$	$\Delta(0.67)$	$\Delta(0.50)$	$\Delta(0.50)$	$\Delta(0.61)$
A4	$\Delta(0.39)$	$\Delta(0.72)$	$\Delta(0.56)$	$\Delta(0.50)$	$\Delta(0.61)$

依据公式(24~26)计算各产品设计方案二元语

义信息量 I_p , 并按照公式(27)信息量大小对各产品设

表 4 加权二元语义决策矩阵

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	$\Delta(0.13)$	$\Delta(0.06)$	$\Delta(0.00)$	$\Delta(0.06)$	$\Delta(0.08)$
A2	$\Delta(0.18)$	$\Delta(0.11)$	$\Delta(0.12)$	$\Delta(0.03)$	$\Delta(0.06)$
A3	$\Delta(0.25)$	$\Delta(0.13)$	$\Delta(0.15)$	$\Delta(0.05)$	$\Delta(0.08)$
A4	$\Delta(0.10)$	$\Delta(0.14)$	$\Delta(0.17)$	$\Delta(0.05)$	$\Delta(0.08)$

计方案进行排序, $A3 > A4 > A2 > A1$ 。显然, 方案 A3 为最佳产品设计方案。作为对比, 使用文献[11]的方法对该产品设计方案择优问题进行决策, 得到的结果可如表 5 所示。3 种方法的排序结果一致, 最优方案均为 A3, 从而也验证了该方法的有效性。

表 5 各产品设计方案二元语义信息量与排序及方法对比

方案	本研究方法		文献[11]方法	
	信息量	排序	贴进度	排序
A1	$\Delta(6.750)$	4	0.50	4
A2	$\Delta(6.504)$	3	0.51	3
A3	$\Delta(6.254)$	1	0.64	1
A4	$\Delta(6.427)$	2	0.62	2

4 结束语

本研究给出了一种产品设计方案择优的语言群决策方法, 应用二元语义方法进行语言评价信息的处理, 并在决策过程中考虑了主观和客观综合的组合权重, 在获得二元语义加权决策矩阵的基础上, 利用公理设计理论中信息公理最小化原理获得最佳产品设计方案。

该方法能够有效避免语言型评价信息转换为二元语义形式并进行信息集结造成的信息损失, 产品设计方案评价选择过程符合人的思维判断过程, 计算方法简单, 该方法也可为解决其他领域类似的语言型多属性决策问题提供一个新的途径。

参考文献 (References):

[1] MUAMMER O. Factors which influence decision making in new product evaluation [J]. **European Journal of Operational Research**, 2005, 163(3): 784-801.

[2] SCOTT M J. Quantifying uncertainty in multicriteria concept selection methods [J]. **Research in Engineering Design**, 2007, 17(4): 175-187.

[3] AYAH Z. A fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a NPD environment [J]. **IIE Transactions**, 2005, 37(9): 827-842.

[4] AYAG Z, OZDEMIR R G. A hybrid approach to concept selection through fuzzy analytic network process [J]. **Computer & Industrial Engineering**, 2009, 56(1): 368-379.

[5] 刘晓叙, 吴 鹏. 基于灰色理论的机械产品设计方案综合选择研究 [J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2010, 23(1): 113-115.

[6] 尤天慧, 曹兵兵. 基于软集理论的新产品开发创意方案选择方法 [J]. 技术经济, 2012, 31(9): 35-39.

[7] 方 辉, 谭建荣, 殷国富, 等. 基于改进不确定语言多属性决策的设计方案评价 [J]. 计算机集成制造系统, 2009, 15(7): 1257-1261.

[8] 林晓华, 冯毅雄, 谭健荣, 等. 基于改进 DEMATEL-VIKOR 混合模型的产品概念方案评价 [J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(12): 2552-2561.

[9] 罗成对, 冯毅雄, 谭建荣, 等. 基于语义 PROMETHEE 的产品设计方案群体多准则求解 [J]. 浙江大学学报: 工学版, 2012, 46(3): 524-532.

[10] KUO M S, LIANG G S. A soft computing method of performance evaluation with MCDM based on interval-valued fuzzy numbers [J]. **Applied Soft Computing**, 2012, 12(1): 476-485.

[11] CHEN T Y, TSAO C Y. The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis [J]. **Fuzzy Sets Systems**, 2008, 159(11): 1410-1428.

[12] ZHANG S. A model for evaluating computer network security systems with 2-tuple linguistic information [J]. **Computers & Mathematics with Applications**, 2011, 62(4): 1916-1922.

[13] HERRERA F, MARTINE L. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words [J]. **IEEE Trans on Fuzzy Systems**, 2000, 8(6): 746-752.

[14] ZHANG X, YUE G, ZHENG X J, et al. Assigning method for decision power based on linguistic 2-tuple judgment matrices [J]. **Journal of Software**, 2011, 6(3): 508-515.

[15] 姜艳萍, 樊治平. 二元语义信息集结算子的性质分析 [J]. 控制与决策, 2003, 18(6): 754-757.

[16] WANG W P. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation [J]. **Applied Mathematical Modelling**, 2010, 34(10): 3130-3141.

[17] SUN N P. Axiomatic design: advances and applications [M]. New York: Oxford University Press, 2001.

[18] 尤后兴, 林 杰. 决策信息为区间数的多属性群决策方法 [J]. 西南交通大学学报, 2012, 47(4): 712-718.

[19] KULAK O, KAHRAMAN C. Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom [J]. **Journal of Materials Processing Technology**, 2005, 169(3): 337-345.

[编辑: 李 辉]

本文引用格式:

王浩伦. 产品设计方案择优的语言群决策方法研究 [J]. 机电工程, 2015, 32(8): 1056 - 1060.

WANG Hao-lun. Linguistic group decision making method for product design scheme selection [J]. **Journal of Mechanical & Electrical Engineering**, 2015, 32(8): 1056 - 1060.