

# 大规模定制产品平台更新熵权——模糊物元决策

安玉伟<sup>1,2</sup>

AN Yu-wei<sup>1,2</sup>

1.东南大学 复杂工程系统测量与控制教育部重点实验室,南京 210096

2.黑龙江科技学院 数力系,哈尔滨 150027

1.Key Laboratory of Measurement and Control of CSE, Ministry of Education, Southeast University, Nanjing 210096, China

2.Department of Mathematics & Mechanics, Heilongjiang Institute of Science & Technology, Harbin 150027, China

E-mail: anyuwei7@163.com

**AN Yu-wei. Comprehensive evaluation of product platform upgrading decision in mass customization based on entropy weight and fuzzy matter-element. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(10): 16-19.**

**Abstract:** In order to provide an effective and reasonable decision supporting for upgrading common product platform, evaluation model which combines entropy weight with fuzzy matter-element evaluation approach is constructed to evaluate common product platform, and a method that the stability and reliability of evaluation result is self-proved by 4-fuzzy operators is proposed. Taking evaluation of refrigerator product platform updating as an example, entropy weight and fuzzy matter-element evaluation model is applied to evaluate comprehensive performance of product platform, and evaluation results is consistence with general evaluation approaches. The method provides a feasible and objective evaluation method for common product platform oriented to product family design.

**Key words:** product family design; common product platform; entropy weight; fuzzy matter-element

**摘要:** 为了提供一种更为合理而有效的公共产品平台更新决策依据,建立了基于熵权和模糊物元评估公共产品平台的模型,提出了一种运用4种模糊算子进行自我验证评估模型的稳定性与可靠性的方法。以冰箱产品平台更新为例,采用熵权和模糊物元评估模型对产品平台的综合性能进行了评估,给出了与通用评估方法一致的评估结果。从而为面向产品族设计的公共产品平台综合性能评估与决策提供一种客观、有效的新方法。

**关键词:** 产品族设计;公共产品平台;熵权;模糊物元

**DOI:** 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.10.006 **文章编号:** 1002-8331(2009)10-0016-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP11; O189

大批量定制是一种以接近大规模生产的效率向客户提供产品或服务的技术或系统,是为了适应瞬息万变的市场要求,使产品能够以较高的品质、快速的市场响应和较低的价格满足客户的个性化需求<sup>[1]</sup>,已成为21世纪制造业的主流生产方式,而面向产品族设计的公共产品平台是实现大批量定制的基础。面向产品族设计的公共产品平台,是指被开发用来形成一个公共结构的一组系统和接口,并以此可以有效地开发和产生一组派生产品。一个产品族是从公共产品平台上产生的、享有共同技术并说明相关市场应用的一组个体产品<sup>[2]</sup>。面向产品族设计的公共产品平台即是利用一组产品之间功能和物理结构的通用性和相似性,来降低产品的内部多样性,以减少设计量、降低生产线的复杂性,减少产品总成本和生产时间<sup>[3]</sup>。因而优秀的公共产品平台是产品族品质的保证,是企业提高市场竞争力、降低生产成本、获得巨大经济效益的关键。

企业为了不断获得市场竞争优势,必须不断对公共产品平

台进行动态更新,在现有平台版本的基础上,如何选择新版本进行版本升级和更新便成为一个重要决策问题。目前解决这一问题的方法有灰色关联度评估方法<sup>[4]</sup>、模糊综合评估方法<sup>[5]</sup>等,但现有方法中评估指标重要性的研究是采用主观定权法或AHP法,AHP法在进行指标比较时也是依据经验主观确定重要性差异,使评估指标重要性的研究不可避免地带有主观性。同时现有的评估模型虽然能够给出相对比较合理的评估结果,但这些方法并不能自我验证研究方法本身的可靠性,使评估方法具有一定的局限性。物元分析理论是蔡文于1983年创立的一种新的解决不确定性问题的数学工具,根据物元模型进行评价、识别及信息处理<sup>[6-7]</sup>。提出利用物元分析的思想,并与模糊集理论相结合,建立面向产品族设计的公共产品平台评估模型,同时将熵值法引入到指标重要性的计算中,从而使面向产品族设计的公共产品平台能够得到更为客观、合理的评估,为公共产品平台的更新提供决策依据。

**基金项目:** 国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60574062)。

**作者简介:** 安玉伟(1968-),男,博士生,副教授,主要研究领域为计算机集成制造系统、生产计划与调度。

**收稿日期:** 2008-12-04 **修回日期:** 2009-01-06

## 1 模糊物元相关概念

### 1.1 模糊物元

给定事物  $M$ ,  $M$  关于特征  $C$  的量值  $x$  可用有序三元组  $R=(M, C, x)$  来描述, 事物的名称、特征和量值称为物元三要素,  $R$  称为物元。当事物具有  $n$  个特征  $C_1, C_2, \dots, C_n$  和相应的  $n$  个量值  $x_1, x_2, \dots, x_n$  时, 则  $R$  可表示为

$$R = \begin{pmatrix} M \\ C_1 & x_1 \\ C_2 & x_2 \\ \vdots & \vdots \\ C_n & x_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

称  $R$  为维物元, 记为  $R=(M, C, x)$ 。如果物元模型中的量值  $x$  具有模糊性, 则  $R$  称为  $n$  维模糊物元。

### 1.2 复合模糊物元

给定  $m$  个事物, 每个事物均可用  $n$  维模糊物元来描述时,  $m$  个事物的  $n$  维模糊物元组合在一起便构成  $m$  个事物的  $n$  维复合模糊物元  $R_{mn}, \tilde{R}_{mn}$  可表示为

$$R_{mn} = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{m1} \\ C_2 & x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

式中,  $R_{mn}$  为  $m$  个事物的  $n$  维复合模糊物元;  $M_i$  为第  $i$  个事物 ( $i=1, 2, \dots, m$ );  $C_j$  为第  $j$  个特征 ( $j=1, 2, \dots, n$ );  $x_{ij}$  为第  $i$  个事物第  $j$  个特征对应的模糊量值。

## 2 模糊物元模型

### 2.1 从优隶属度及其模糊物元

第  $i$  个事物第  $j$  个特征的模糊量值从属于标准方案中对应特征的模糊量值的隶属程度, 称为从优隶属度, 用  $r_{ij}$  表示。事物特征的模糊量值对于所研究对象的影响方式是不同的, 即有的是模糊量值越大, 研究对象越优; 有的是模糊量值越小, 研究对象越优, 因而对于不同的特征, 其从优隶属度的计算公式是不同的。考虑面向产品族设计的公共产品平台评估问题的具体特点, 采用下述公式计算  $m$  个事物  $n$  个特征的从优隶属度:

$$\text{越大越优型: } r_{ij} = X_{ij} / \max X_{ij} \quad (3)$$

$$\text{越小越优型: } r_{ij} = \min X_{ij} / X_{ij} \quad (4)$$

式中,  $r_{ij}$  为从优隶属度;  $\max X_{ij}, \min X_{ij}$  分别为每一方案中每一特征的最大值和最小值。

$m$  个事物  $n$  个特征的从优隶属度组合在一起便构成  $m$  个事物  $n$  维复合从优隶属度模糊物元  $\tilde{R}_{mn}, \tilde{R}_{mn}$  可表示为

$$\tilde{R}_{mn} = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & r_{11} & r_{21} & \cdots & r_{m1} \\ C_2 & r_{12} & r_{22} & \cdots & r_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & r_{1n} & r_{2n} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix} \quad (5)$$

### 2.2 标准模糊物元与差平方复合模糊物元

标准模糊物元  $R_{0n}$  是指从优隶属度模糊物元  $\tilde{R}_{mn}$  中各特征

的从优隶属度的最大值或最小值。根据本文所研究问题的具体特点, 以最大值作为最优, 即标准模糊物元  $R_{0n}$  中各特征的从优隶属度均为 1,  $R_{0n}$  表示为

$$R_{0n} = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ C_2 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & 1 & 1 & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

以  $\Delta_{ij} (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$  表示标准模糊物元  $R_{0n}$  与复合从优隶属度模糊物元  $\tilde{R}_{mn}$  中各项差的平方, 即  $\Delta_{ij} = (r_{0j} - r_{ij})^2$ , 则可构成差平方复合模糊物元  $R_{\Delta}, R_{\Delta}$  可表示为

$$R_{\Delta} = \begin{pmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & \Delta_{11} & \Delta_{21} & \cdots & \Delta_{m1} \\ C_2 & \Delta_{12} & \Delta_{22} & \cdots & \Delta_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ C_n & \Delta_{1n} & \Delta_{2n} & \cdots & \Delta_{mn} \end{pmatrix} \quad (7)$$

## 3 权重系数熵值模型

信息论中的信息熵值反映了系统信息的无序化程度, 熵值越小, 系统无序程度越小, 故可用信息熵评估所获系统信息的有序度及其效用<sup>[8-10]</sup>。用评估指标值构成的判断矩阵来确定指标权重, 能够尽可能消除各指标权重计算的主观因素影响, 使评估结果更与实际情况一致。采用熵值法确定评估指标权重的步骤如下:

(1) 构造判断矩阵

构造  $m$  个事物  $n$  个特征的判断矩阵  $R$

$$R = (x_{ij})_{mn} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

(2) 规范化判断矩阵

由于各评估指标的具体含义是不同的, 为了减少随机因素的影响, 需要对判断矩阵进行规范化处理, 使其均规范化为属于  $[0, 1]$  区间的指标。设规范化后的判断矩阵为  $B = (b_{ij})_{m \times n}$ , 则

$$b_{ij} = (x_{ij} - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}) \quad (9)$$

式中,  $x_{\max}$  为不同事物中同一指标的最满意值,  $x_{\min}$  为不同事物中同一指标的最不满意值。

(3) 确定评估指标的熵

根据熵的定义并考虑面向产品族设计的公共产品平台评估问题的具体意义, 可以确定  $m$  个事物  $n$  个指标的熵  $H_j$  为

$$H_j = -\frac{1}{\ln m} \left[ \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right] \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$f_{ij} = \frac{1+b_{ij}}{\sum_{j=1}^n (1+b_{ij})}$$

(4) 确定评估指标的熵权

设评估指标的熵权为  $W$

$$W = (\omega_i)_{1 \times n}$$

$$\omega_j = \frac{1-H_j}{n - \sum_{j=1}^n H_j} \quad (11)$$

### 4 贴进度复合模糊物元

贴进度是指被评估对象与期望方案比较互相接近的程度,贴进度越大,表明两者越接近,贴进度越小,则两者相离较远。因而可以依据贴进度的大小对各方案进行优劣排序,并与期望方案比较以选出最优方案。设贴进度复合模糊物元为  $R_{\rho H}$ , 则

$$R_{\rho H} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ \rho H_i & \rho H_1 & \rho H_2 & \cdots & \rho H_m \end{bmatrix} \quad (12)$$

式中,  $\rho H_i = 1 - \sqrt{\omega_j \circ \Delta_{ij}}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ )。  $\rho H_i$  是通过 4 种模糊算子  $M1(\wedge, \vee)$ 、 $M2(\cdot, \vee)$ 、 $M3(\wedge, \oplus)$  和  $M4(\cdot, +)$  计算得到的。4 种模糊算子的运算规则如下:

(1)算子  $M1(\wedge, \vee)$ , 即  $\omega_j \circ \Delta_{ij} = \bigvee_{j=1}^n (\omega_j \wedge \Delta_{ij})$  (13)

(2)算子  $M2(\cdot, \vee)$ , 即  $\omega_j \circ \Delta_{ij} = \bigvee_{j=1}^n (\omega_j \cdot \Delta_{ij})$  (14)

(3)算子  $M3(\wedge, \oplus)$ , 即  $\omega_j \circ \Delta_{ij} = \bigoplus_{j=1}^n (\omega_j \wedge \Delta_{ij}) = \sum_{j=1}^n (\omega_j \wedge \Delta_{ij})$ ,

这里运算  $\oplus$  为有界和。由于权重分配满足  $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ , 因此

$$\sum_{j=1}^n (\omega_j \wedge \Delta_{ij}) \leq 1, \text{ 故运算 } \oplus \text{ 与普通加法一致。} \quad (15)$$

(4)算子  $M4(\cdot, +)$ , 即  $\omega_j \circ \Delta_{ij} = \sum_{j=1}^n (\omega_j \cdot \Delta_{ij})$  (16)

### 5 实例分析

冰箱行业市场竞争激烈,为了优化冰箱产品平台的综合性能,提高市场竞争力,某企业现有的出口型冰箱产品平台版本为 A2.0, 需要对现有平台版本进行更新,从备选新平台方案 P1、P2 中选出一个最优方案作为冰箱产品平台更新后的新版本,为了科学决策,需要对现有冰箱产品平台和备选方案进行评估,从中选出一个更为优异的方案作为更新平台。

对面向产品族设计的公共产品平台进行评估,首先要确定面向产品族设计的公共产品平台的影响因素,以便于确定评估指标。目前对影响公共产品平台研发性能因素选取有的侧重于平台零件的通用性<sup>[8]</sup>,有的则从技术性和经济性等方面进行综合评估<sup>[3]</sup>。为了便于比较,本文以某企业生产的出口型冰箱产品为例<sup>[9]</sup>,选取通用性  $x_1$ 、模块性  $x_2$ 、可扩展性  $x_3$ 、可制造性  $x_4$ 、可维护性  $x_5$ 、总成本  $x_6$ 、开发周期  $x_7$ 、投资回报和市场占有率  $x_8$ 、客户满意度  $x_9$  及开发风险  $x_{10}$  10 个影响因素作为产品平台研发性能的评估指标,选用文[3]中的数据进行研究,并按照下列公式选取评估指标中的最优值作为期望方案(P0)中相应的期望值,见表 1。

表 1 评估指标数据及期望值

平台	评估指标									
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
A2.0	78.3	70	60	80	60	16.9	18.8	15.3	60	80
P1	83.3	80	80	90	70	11.1	10.4	19.5	80	70
P2	80.0	90	90	80	80	13.0	15.0	20.0	70	80
P0	83.3	90	90	90	80	11.1	10.4	20.0	80	80

$$\begin{aligned} x_1^{P0} &= \max\{x_1^{A2.0}, x_1^{P1}, x_1^{P2}\} & x_2^{P0} &= \max\{x_2^{A2.0}, x_2^{P1}, x_2^{P2}\} \\ x_3^{P0} &= \max\{x_3^{A2.0}, x_3^{P1}, x_3^{P2}\} & x_4^{P0} &= \max\{x_4^{A2.0}, x_4^{P1}, x_4^{P2}\} \\ x_5^{P0} &= \max\{x_5^{A2.0}, x_5^{P1}, x_5^{P2}\} & x_6^{P0} &= \min\{x_6^{A2.0}, x_6^{P1}, x_6^{P2}\} \\ x_7^{P0} &= \min\{x_7^{A2.0}, x_7^{P1}, x_7^{P2}\} & x_8^{P0} &= \max\{x_8^{A2.0}, x_8^{P1}, x_8^{P2}\} \\ x_9^{P0} &= \max\{x_9^{A2.0}, x_9^{P1}, x_9^{P2}\} & x_{10}^{P0} &= \max\{x_{10}^{A2.0}, x_{10}^{P1}, x_{10}^{P2}\} \end{aligned}$$

其中  $x_n^{P0}$  ( $n=1, 2, \dots, 10$ ) 为期望方案(P0)中第  $n$  个评估指标值,  $x_n^{A2.0}$  ( $n=1, 2, \dots, 10$ ) 为现有平台版本第  $n$  个评估指标值,  $x_n^{P1}$  ( $n=1, 2, \dots, 10$ ) 和  $x_n^{A2.0}$  ( $n=1, 2, \dots, 10$ ) 分别为两个备选平台方案中第  $n$  个评估指标值。

依据公式(2)和表 1,可以构造面向产品族设计的公共产品平台的 4 种模式 10 维复合模糊物元  $R_{mn}$  ( $m=4; n=10$ ) 为

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} & A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ C_1 & 78.3 & 83.3 & 80.0 & 83.3 \\ C_2 & 70.0 & 80.0 & 90.0 & 90.0 \\ C_3 & 60.0 & 80.0 & 90.0 & 90.0 \\ C_4 & 80.0 & 90.0 & 80.0 & 90.0 \\ C_5 & 60.0 & 70.0 & 80.0 & 80.0 \\ C_6 & 16.9 & 11.1 & 13.0 & 11.1 \\ C_7 & 18.8 & 10.4 & 15.0 & 10.4 \\ C_8 & 15.3 & 19.5 & 20.0 & 20.0 \\ C_9 & 60.0 & 80.0 & 70.0 & 80.0 \\ C_{10} & 80.0 & 70.0 & 80.0 & 80.0 \end{bmatrix}$$

考虑面向产品族设计的公共产品平台评估指标的具体特点,依据下式计算各评估指标的从优隶属度

$$\begin{aligned} r_{11} &= \min_i \{X_{i1}\} / X_{11} & r_{12} &= X_{12} / \max_i \{X_{i2}\} \\ r_{13} &= \min_i \{X_{i3}\} / X_{13} & r_{14} &= X_{14} / \max_i \{X_{i4}\} \\ r_{15} &= X_{15} / \max_i \{X_{i5}\} & r_{16} &= \min_i \{X_{i6}\} / X_{16} \\ r_{17} &= X_{17} / \max_i \{X_{i7}\} & r_{18} &= X_{18} / \max_i \{X_{i8}\} \\ r_{19} &= X_{19} / \max_i \{X_{i9}\} & r_{110} &= X_{110} / \max_i \{X_{i10}\} \end{aligned}$$

依据上述模糊物元模型可确定从优隶属度模糊物元  $\tilde{R}_{mn}$  和差平方复合模糊物元  $R_{\Delta}$  分别为

$$\tilde{R}_{mn} = \begin{bmatrix} & A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ C_1 & 0.940 & 1.000 & 0.960 & 1.000 \\ C_2 & 0.778 & 0.889 & 1.000 & 1.000 \\ C_3 & 0.667 & 0.889 & 1.000 & 1.000 \\ C_4 & 0.889 & 1.000 & 0.889 & 1.000 \\ C_5 & 0.750 & 0.875 & 1.000 & 1.000 \\ C_6 & 0.675 & 1.000 & 0.854 & 1.000 \\ C_7 & 0.553 & 1.000 & 0.693 & 1.000 \\ C_8 & 0.765 & 0.975 & 1.000 & 1.000 \\ C_9 & 0.750 & 1.000 & 0.875 & 1.000 \\ C_{10} & 1.000 & 0.875 & 1.000 & 1.000 \end{bmatrix}$$

$$R_{\Delta} = \begin{bmatrix} & A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ C_1 & 0.004 & 0 & 0.002 & 0 \\ C_2 & 0.049 & 0.012 & 0 & 0 \\ C_3 & 0.111 & 0.012 & 0 & 0 \\ C_4 & 0.012 & 0 & 0.012 & 0 \\ C_5 & 0.063 & 0.016 & 0 & 0 \\ C_6 & 0.118 & 0 & 0.021 & 0 \\ C_7 & 0.120 & 0 & 0.094 & 0 \\ C_8 & 0.055 & 0 & 0 & 0 \\ C_9 & 0.063 & 0 & 0.016 & 0 \\ C_{10} & 0 & 0 & 0.016 & 0 \end{bmatrix}$$

用熵值法采用公式(9)计算得到规范化判断矩阵  $B = (b_{ij})_{3 \times 10}$  为

$$B = \begin{bmatrix} 0.230 & 0.222 & 0.214 & 0.250 & 0.222 & 0.214 & 0.225 & 0.204 & 0.222 & 0.400 \\ 0.461 & 0.333 & 0.357 & 0.500 & 0.333 & 0.428 & 0.449 & 0.387 & 0.444 & 0.200 \\ 0.309 & 0.444 & 0.429 & 0.250 & 0.444 & 0.358 & 0.326 & 0.409 & 0.333 & 0.400 \end{bmatrix}$$

由公式(10)和公式(11)计算得到熵和熵权分别为

$$H = (0.963, 0.966, 0.966, 0.946, 0.966, 0.966, 0.965, 0.963, 0.966, 0.960)^T$$

$$W = (0.097, 0.092, 0.092, 0.143, 0.092, 0.092, 0.093, 0.100, 0.092, 0.106)^T$$

由公式(12)并通过4种模糊算子  $M1(\wedge, \vee)$ 、 $M2(\cdot, \vee)$ 、 $M3(\wedge, \oplus)$ 和  $M4(\cdot, +)$ 计算得到各方案的贴近期  $R_{\rho H}$  分别为

$$R_{\rho H}^{(1)} = \begin{bmatrix} A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ \rho H_i^{(1)} & 0.695 & 0.875 & 0.698 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{\rho H}^{(2)} = \begin{bmatrix} A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ \rho H_i^{(2)} & 0.899 & 0.981 & 0.933 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{\rho H}^{(3)} = \begin{bmatrix} A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ \rho H_i^{(3)} & 0.278 & 0.762 & 0.621 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_{\rho H}^{(4)} = \begin{bmatrix} A2.0 & P1 & P2 & P0 \\ \rho H_i^{(4)} & 0.749 & 0.926 & 0.881 & 1 \end{bmatrix}$$

由贴近期复合模糊物元  $R_{\rho H}$  计算结果可知:4种算子得到的计算结果具有很好的一致性,表明4种评估模型得到的评估结果是十分稳定的,即4种算子得到的贴近期均为  $\rho H_{P1} > \rho H_{P2} > \rho H_{A2.0}$ ,且  $\rho H_{P1}$  最接近  $\rho H_{P0}$ 。评估结果表明两个新平台方案的综合性能均比原平台好,且平台的贴近期更大,与期望方案  $P0$  最接近,其综合性能更优异,因而应选用平台  $P1$  作为平台  $A2.0$  更新平台。这一评估结果不但与文[3]灰色关联度法的评估结果  $(\gamma_{01}, \gamma_{02}, \gamma_{03})^T = (0.539, 0.899, 0.767)^T$  是一致的,而且与

冰箱产品平台版本更新实际情况是完全一致的,选用方案  $P1$  使冰箱产品平台由  $A2.0$  更新为平台  $B1.0$ ,新平台采用  $R600a$  制冷剂替代原有的  $R12$ ,并采用电脑温控、数码显示技术、电磁阀控制技术,实现双温双控。

## 6 结束语

采用熵权法研究确定面向产品族设计的公共产品平台评估指标的重要性,能够从数据本身所反映的信息无序化程度来计算各指标的权重,有效地降低了 AHP 等方法的主观性,使权重计算更为客观、合理。采用模糊物元法对公共产品平台进行评估,能够根据公共产品平台评估问题的具体特点,依据模糊物元的事物、特征和量值来识别、判定相关信息,不但得到了与灰色关联度法相一致的评估结果,而且通过4种模糊算子的可变性,验证了模糊物元方法的稳定性和可靠性,因而采用熵权和模糊物元方法,可以对面向产品族设计的公共产品平台综合性能进行合理、有效的评估,从而为平台的更新提供了更为可靠的决策依据。

## 参考文献:

- [1] Tseng M M, Pill F T. The customer centric enterprise[M]. Berlin, Germany: Springer Press, 2003.
- [2] Jose A, Tollenare M. Modular and platform methods for product family design: literature analysis[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2005, 16(3): 371-390.
- [3] 秦红斌, 肖人彬, 钟毅芳, 等. 面向产品族设计的公共产品平台评价与决策[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(7): 1286-1294.
- [4] Moore W L, Louviere J J, Verma R. Using conjoint analysis to help design product platforms[J]. Journal of Product Innovation Management, 1999, 16(1): 27-39.
- [5] 贡智兵, 李东波, 于敏健. 大规模定制产品平台的综合评价模型研究[J]. 中国机械工程, 2007, 18(13): 1576-1580.
- [6] 蔡文. 物元模型及应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- [7] 杨白新, 孙晔, 于海江. 一种供应链评价的指标体系和评价方法[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(35): 214-216.
- [8] 邱苑华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [9] Martin M V, Ishii K. Design for variety: development of complexity indices and design charts[C]//Proceedings of 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences DETC96/DFM24359. New York, N Y, USA: ASME, 1997.
- [10] 董景峰, 王刚, 吕民, 等. 基于熵的第三方物流供应商选择评估模型[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(22): 194-196.
- [11] Costa M, Goldberger A L, Peng C K. Multiscale entropy analysis of complex physiologic time series[J]. Physical Review Letters, 2002, 89.
- [12] Costa M, Goldberger A L, Peng C K. Multiscale entropy analysis of biological signals[J]. Physical Review E, 2005, 71.
- [13] Rechtschaffen A, Kales A. A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects[M]. Washington D C: Government Printing Office, Public Health Service, 1968: 3-7.
- [6] Pincus S M. Approximate entropy as a measure of system complexity[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 1991, 88: 2297-2301.
- [7] Pincus S M. Approximate entropy (ApEn) as a complexity measure[J]. Chaos, 1995, 5: 110-117.
- [8] Richman J S, Moorman J R. Physiological time series analysis using approximate entropy and sample entropy[J]. Am J Physiol, 2000, 278(3): 2039-2049.
- [9] 张崇, 郑崇勋, 于晓琳, 等. 基于脑电近似熵的脑机能疲劳状态分析[J]. 航天医学与医学工程, 2006, 6: 459-461.
- [10] 江朝晖, 冯焕清, 刘大路, 等. 睡眠脑电的关联维数和近似熵分析[J]. 生物医学工程学杂志, 2005, 22(4): 349-353.

(上接 15 页)