

文章编号:1000-582X(2010)02-0008-07

复杂机电产品关键质量特性提取模型

张根保, 纪富义, 任显林, 葛红玉, 张淑慧

(重庆大学 机械工程学院, 重庆 400044)

摘要:把产品质量特性分为产品策划级(VOC级)QCs(Quality Characteristics)、概念设计级(产品级)QCs、详细设计级(零部件级)QCs、产品制造级 QCs4 个阶段,以用户需求(VOC)技术指标为输入,构成四阶段逐级映射关系,进而利用人工神经网络(ANNs)技术求出 VOC 技术指标相对重要度和各级映射权重,然后提出基于 ANN 技术的复杂机电产品关键质量特性提取模型。避免产品生产各个阶段不该重点控制的质量特性(QCs)以关键控制现象出现,应该重点控制的 QCs 以非关键控制现象出现。最后,应用实例验证了所提理论与方法的正确性和有效性。

关键词:关键质量特性;提取;四阶段逐级映射及映射权重;人工神经网络

中图分类号:TH165.4

文献标志码:A

Key quality characteristics extraction model of complicated mechanical and electrical products

ZHANG Gen-bao, JI Fu-yi, REN Xian-lin, GE Hong-yu, ZHANG Shu-hui

(College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China)

Abstract: Quality Characteristics (QC) are divided into product planning QCs, conceptual design QCs, detailed design QCs and manufacturing QCs. A kind of progressive reflecting-relationship of four stages QCs has been established by using Voice of the Customer (VOC) specifications as the input indicators. Through the statistics methods of Artificial Neural Networks (ANNs), the relative importance of technical specifications of VOC and the reflecting weights of each level are obtained. An extraction model of the key quality characteristics of complicated mechanical and electrical products based on ANNs technology is formulated. The model can avoid putting non-key controlling QCs as key controlling ones in the process of manufacturing and vice versa. The correctness and effectiveness of the model are verified by application examples.

Key words: key quality characteristics; extraction; progressive reflecting-relationship of four stages and reflecting weight; artificial neural networks

收稿日期:2009-10-19

基金项目:国家 863 计划资助项目(2009AA04Z119);国家自然科学基金资助项目(50835008);数字制造装备与技术国家重点实验室(华中科技大学)开放基金资助项目;国家“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项资助项目(2009ZX04014-01)

作者简介:张根保(1953-),男,重庆大学教授,博士生导师,主要研究方向为现代质量管理,先进制造技术等,
(E-mail)gen_bao_zhang@263.net。

复杂机电产品是由机械结构、电器设备、控制装置、检测装置等有机组合在一起的复杂系统,是机、电、液、控、光、磁、热等多种物理过程融于载体^[1],涉及多学科、多领域、多因素具有复杂功能的产品。按照ISO9000标准,质量特性是关于产品、过程或体系的固有特性^[2-3],质量特性具有多维、多尺度等特性。关键质量特性是指影响和决定产品质量的、关键的、少数的质量特性,是产品相关性能技术指标、参数或操作的集合,是源于顾客对产品质量要求的满足程度^[4]。复杂机电产品的质量特性(Quality Characteristics,简称QCs)繁多,如精度、可靠性、精度保持性、可用性、外观造型性等,这些质量特性对顾客的满意度提升作用是不同的,因此在控制中需要区别对待。另外,质量特性具有多尺度性^[5],影响复杂机电产品某个质量特性的质量缺陷因子又非常多,在产品生命周期内对每一个质量缺陷因子都进行重点控制,控制的难度会大幅度增加,在经济性和技术上都几乎是不可能的。除此之外,每一个质量特性都不是孤立存在的,他们彼此之间存在干扰和耦合作用^[6-7],如果单独把产品每一个质量特性都分别控制在合格范围内,并不一定能使产品质量特性最高,无论在成本花费方面还是在整体性能方面都不符合用户和企业的利益。因此,有必要对影响产品性能的所有质量特性进行全面分析,从中提取出关键的质量特性(Key Quality Characteristics,简称KQCs),再采取措施对这些关键质量特性进行重点控制,才能收到较好的效果。

关键质量特性体现在4个阶段:产品策划级KQCs、概念设计级(产品级)KQCs、详细设计级(零部件级)KQCs、产品制造级KQCs^[8],本文对关键质量特性的分析和提取就是围绕这4个阶段来展开的。目前,国内外对关键质量特性的提取技术研究的很少,文献[4]提出了基于质量屋的关键质量特性的提取方法;国家机械行业标准JB/T5058-91《机械工业产品质量特性重要度分级导则》中也给出了质量特性的分级依据,但可能存在以下几个问题:①无法考虑影响产品质量特性的缺陷因子之间的相关性;②数据是经过修正间接得到的;③计算过程权重都是经验估计数据;④划分依据比较模糊和笼统;⑤主观因素比较多,受工人情绪影响,因此,传统的关键质量特性的提取和划分过程存在很大误差,尤其是对复杂机电产品显得更是困难。

本文提出基于人工神经网络(Artificial Neural Networks,简称ANNs)技术的复杂机电产品关键质量特性的提取方法,解决了上述不足,能抓住主要矛盾,解决主要质量问题,降低成本,提高复杂机电产

品的生产质量和用户满意度。

1 各级KQCs概念及QCs逐级映射规律

各级关键质量特性的概念:产品策划级关键质量特性是指用户需求技术指标向目标产品的表征产品质量转化后,反映用户需求技术指标的少数的关键的表征产品质量的特性;在产品概念设计中为了满足产品的整体质量应该考虑产品的整体功能、原理设计、总体布局等,其关键质量特性是指影响和决定产品整体质量及概念设计过程质量的少数的关键的技术、经验、方法、操作等的集合;详细设计级关键质量特性是指在详细设计过程中影响产品零部件设计质量及产品详细设计过程的少数的关键的技术、参数、指标、操作等的集合;产品制造级关键质量特性是指在零部件制造过程及整机装配过程中影响零部件制造质量、整机装配质量及制造过程质量的少数的关键的技术、测量、操作及装配等的集合。

关键质量特性各阶段的提取与质量特性逐级映射规律是息息相关的,研究关键质量特性的提取,必须了解质量特性的逐级映射规律。质量特性首先应该满足用户需求(Voice of the Customer,简称VOC),对用户需求技术指标进行分析、归纳、映射,可形成策划级质量特性,再进行提取,就可以得到产品策划级关键质量特性;产品策划级质量特性通过产品概念设计将用户需求固化、映射在概念设计的产品中,从而形成概念设计级(产品级)质量特性,再进行提取,就可以得到概念设计级关键质量特性;一个产品通常由许多零部件装配而成,零部件又有各自的质量特性,也就是说产品级质量特性是由零部件级质量特性有机组合、关联构成的,因此通过产品详细设计可将概念设计级(产品级)质量特性映射成详细设计级(零部件级)质量特性,再进行提取,就可以得到详细设计级关键质量特性;最后是制造者根据设计者的设计进行制造,映射形成产品制造级质量特性,经提取,又可以得到产品制造级关键质量特性。就是通过这样的过程最终来满足顾客的需求。由此可见,关键质量特性始于用户需求,终于用户需求。在这4个阶段中质量特性不尽相同,具体表现形式、名称也不尽相同,但总体目标是生产的产品满足用户需求,关键质量特性也是如此。其映射规律可用下图1质量特性四阶段逐级映射环表示^[9]。

2 复杂机电产品KQCs提取模型

2.1 KQCs的四阶段提取流程图

如前所述,我们先是了解了质量特性逐级映射

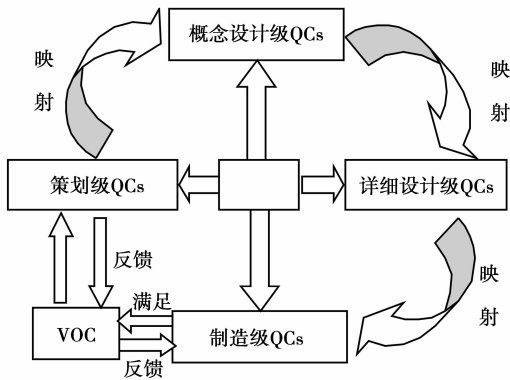


图 1 质量特性四阶段逐级映射环

规律,然后提取各个阶段的关键质量特性,4 阶段 KQC's 逐级提取流程图可用图 2 所示。4 个阶段提取关键质量特性的目的是:帮助规划部门提高规划质量,帮助设计部门了解用户意图^[10],使制造部门了解设计意图,使检验部门把握重点,使质量控制部门有效的识别生产的特殊目的、特殊过程、关键过程、重要过程,保证关键件、重要件、特殊件及其关键操作的质量;更有利于实施质量控制中分清主次,把握重点,保证产品质量的稳定性和可追溯性^[11],最终提高整个产品的质量。

2.2 关键质量特性提取思想

人工神经网络技术具有超高维、非线性、非定常性及非凸性等特点,是一种高级智能仿生技术。正是这些特点使得人工神经网络技术应用在关键质量特性的提取更为优越,尤其是对复杂机电产品更是如此。基于人工神经网络技术的关键质量特性的提取思想为:根据用户调查、现场调查、分析和综合评估得出用户对该产品需求技术指标的评价,可用直接打分法、两两比较法或者排序法确定每项的评价值,评价值用 0~1 之间的数字表示,而且数字越大重要度越高;再用平均值法或综合法给出对该产品的最终评价值。其次如图 3 以用户需求技术指标评价值作为输入,产品最终评价值作为输出,据此来构造相应的 BP 网络要度,我们可以从上述训练好的 BP 网络模型中提取出来,并用 $K_i (i=1, 2, \dots, n)$ 表示第 i 个技术指标的相对重要度。然后再以用户需求技术指标为输入,以产品策划级质量特性为输出,建立用户需求技术指标与产品策划级质量特性之间 BP 神经网络模型,训练好后就可以从模型中提取出来用户需求技术指标与产品策划级质量特性之间的映射权重,并用 $R_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 表示第 i 个技术指标与策划级第 j 个质量特性之间的

映射权重,其公式如(5)所示。最后利用如下公式(1)(2)计算产品策划级质量特性重要度及相对重要度,比较各个计算结果就可以提取出产品策划级 KQC's。产品策划级质量特性与概念设计级(产品级)KQC's 之间的映射程度,可以用上述同样的方法求的,对于策划级(用户需求)质量特性相对重要度我们可以直接利用上一阶段计算的结果即可,然后带入式(1)–(2)即可求出概念设计级(产品级)KQC's,如此逐级进行,可提取出其他各个阶段的关键质量特性,成为各自阶段的关注点、重要点和关键点,为控制管理提供依据。

$$W_j = \sum_{i=1}^n K_i R_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m), \quad (1)$$

$$Q_j = \frac{W_j}{\sum_{i=1}^n W_i} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m). \quad (2)$$

2.3 用户需求技术指标相对重要度确定

基于神经网络技术的用户需求技术指标相对重要度确定模型如下图 3 所示。令 $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 为网络模型的输入,即用户需求技术指标的评价值; $z_j (j=1, 2, \dots, m)$ 为隐含层输出; y 为用户需求技术指标相对重要度确定模型的输出,即顾客最终评价值大小。 $w_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 表示输入层节点与隐含层节点之间的连接权值。 $w_{j0} (j=1, 2, \dots, m)$ 表示隐含层节点与输出层节点之间的连接权值。用 $\alpha_j (j=1, 2, \dots, m)$ 和 β 作为隐含单元和输出单元的阈值^[12-14]。模型各层的输出为:

$$z_j = f\left(\sum_{i=1}^n w_{ij} x_i - \alpha_j\right) \quad i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m.$$

$$y = f\left(\sum_{j=1}^m w_{j0} z_j - \beta\right) \quad j=1, 2, \dots, m.$$

其中 $f(x)$ 为激活函数,选 $f(x) = \frac{1-e^{-x}}{1+e^{-x}}$ 。当第 p 个样本对 (x, y) 输入到网络后,由上式可得正向传播阶段经各层运算后网络的实际输出值 y^p ,将其与期望值 y 比较,可得第 p 次输入模式后输出方差为,当所有的样本对都经过正向传递运算后,可得网络提取模型总误差。然后运用最速下降法,反向调整各层连接权重,使误差达最小。网络训练好后, w_{ij} 、 w_{j0} 、 α_j 和 β 为定值,每一个输入 $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 都对一个输出 y , $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 变化,输出值 y 就变,但 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 与 y 之间的映射关系不变,之间的连接权重 w_{ij} 、 w_{j0} 不变。于是用式(3)、(4)表示每一个 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的重要度及其相对重要程度。

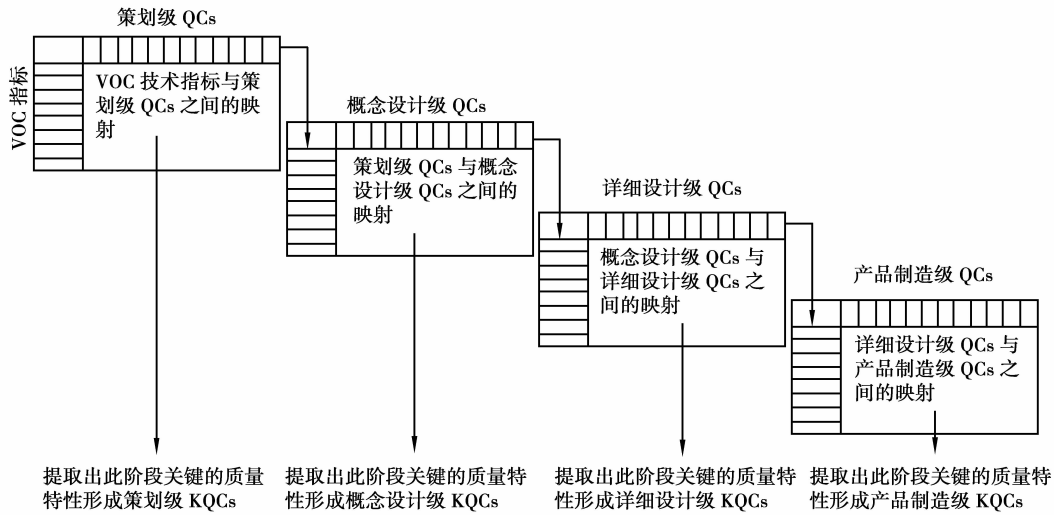


图 2 关键质量特性的四阶段逐级提取示意图

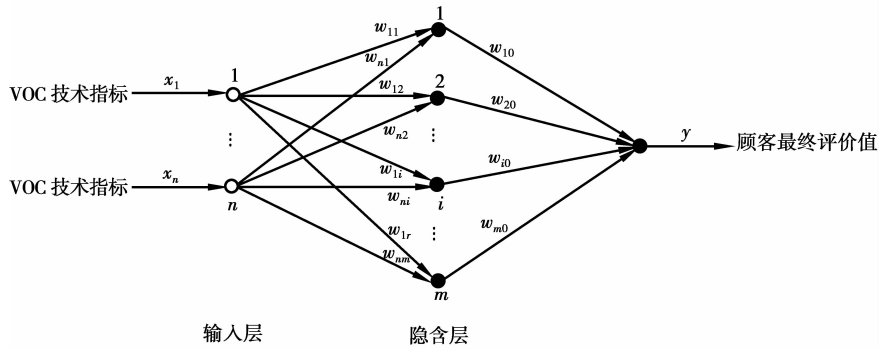


图 3 用户需求技术指标相对重要度确定模型

$$R_i = \sum_{j=1}^m |w_{ij}w_{j0}| \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^m |w_{ij}w_{j0}|}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m |w_{ij}w_{j0}|} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

2.4 各级映射权重的确定

用户需求技术指标相对重要度确定出来后,同样运用上述计算模型,以用户需求技术指标相对重要度为输入,策划级各个质量特性为输出,计算出用户需求技术指标与策划级质量特性之间的映射权重 $R_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 。其中 R_{ij} 公式如下

$$R_{iz} = \sum_{j=1}^m |w_{ij}w_{j0}| \quad (i = 1, 2, \dots, n; z = 1, 2, \dots, m_1) \quad (5)$$

把求得的 VOC 技术指标相对重要度和 VOC 技术指标与策划级质量特性之间的映射权重带入式(2),求出策划级质量特性相对重要度,再以策划级质量特性相对重要度为输入,概要设计级各个质量

特性为输出,再次训练样本,利用公式(5),求的策划级质量特性与概要设计级质量特性之间的映射权重,如此逐级进行,求的其他级映射权重。

2.5 关键质量特性的提取

第 1 步:根据式(4)计算出各级输入的每一个质量特性或用户需求技术指标的相对重要度 $K_i (i=1, 2, \dots, n)$ 。

第 2 步:同样利用式(5)求得复杂机电各级输入与输出之间的映射权重。

第 3 步:利用式(1)-(2)计算复杂机电产品各级质量特性的重要度及相对重要度。

第 4 步:比较各级内质量特性的的重要度及相对重要度大小,得出各个级别的关键质量特性。

3 应用实例与实验验证

3.1 应用实例

以笔者所在实验室研制出的国内第一台零传动滚齿样机 YK3610 为例(国家自然科学基金重点资

助项目(50575232),已结题),介绍策划级关键质量特性提取模型的应用。模型训练样本如下表 1 所示。样本数为 15 个,构造 3 层 BP 神经网络模型,输入层结点数 15 个,隐含层结点数为 33 个,输出层结点数 1 个,激活函数为双曲切 S 型传递函数,学习速率为 0.1,初始权重和阈值在 0~1 内取值。误差平方和指标 0.002。以用户需求技术指标为输入,以产品最终满意度为输出,经过 15 个样本的训练,训练误差图如下图 4 所示,调用程序 $w1 = \text{net. iw}\{1,1\}$ 和 $w2 = \text{net. lw}\{2,1\}$ ^[15],提取出输出层到隐含层及隐含层到输出层的权值,分别带入式(4),得到每一个用户需求技术指标的相对重要度。建立用户需求技术指标与质量特性之间的映射表,并把求出的用户需求技术指标相对重要度填入表 2 中。然后以用户需求技术指标为输入,以策划级内各个质量特性为输出,经过样本训练,再次调用程序 $w1 = \text{net. iw}\{1,1\}$ 和 $w2 = \text{net. lw}\{2,1\}$ ^[15],提取出输出层到隐含层及隐含层到输出层的权值,分别带入

式(5),得出策划级质量特性与用户需求技术指标之间的映射权重,并就同一行作统一处理后,填入表 2。最后把用户需求技术指标相对重要度和用户需求技术指标与策划级质量特性之间的映射程度带入式(1)、(2),计算出各个质量特性的重要度及其相对重要度分别填入表 2。

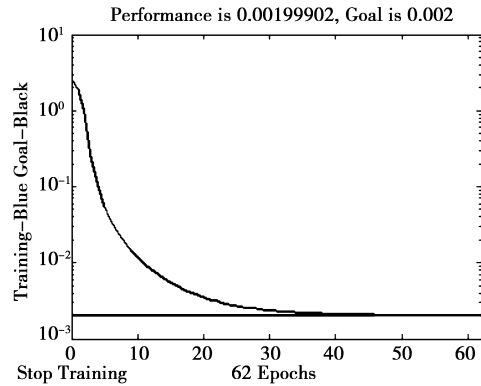


图 4 训练误差

表 1 训练样本

| 样本数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 输入 粗糙度低 | 0.92 | 0.90 | 0.91 | 0.89 | 0.94 | 0.93 | 0.90 | 0.92 | 0.90 | 0.88 | 0.95 | 0.92 | 0.89 | 0.94 | 0.92 |
| 加工效率高 | 0.95 | 0.91 | 0.93 | 0.90 | 0.89 | 0.95 | 0.94 | 0.88 | 0.87 | 0.92 | 0.96 | 0.86 | 0.90 | 0.91 | 0.85 |
| 承载能力强 | 0.89 | 0.90 | 0.88 | 0.84 | 0.86 | 0.83 | 0.85 | 0.91 | 0.82 | 0.80 | 0.92 | 0.79 | 0.81 | 0.84 | 0.89 |
| 振动噪声低 | 0.71 | 0.73 | 0.75 | 0.72 | 0.77 | 0.70 | 0.68 | 0.69 | 0.74 | 0.69 | 0.71 | 0.72 | 0.66 | 0.68 | 0.70 |
| 转速高 | 0.76 | 0.80 | 0.69 | 0.70 | 0.71 | 0.76 | 0.73 | 0.68 | 0.72 | 0.74 | 0.71 | 0.72 | 0.73 | 0.69 | 0.77 |
| 尺寸精度高 | 0.90 | 0.89 | 0.90 | 0.91 | 0.78 | 0.91 | 0.88 | 0.87 | 0.89 | 0.90 | 0.89 | 0.92 | 0.86 | 0.79 | 0.90 |
| 使用寿命长 | 0.80 | 0.90 | 0.86 | 0.79 | 0.81 | 0.85 | 0.83 | 0.87 | 0.79 | 0.78 | 0.90 | 0.72 | 0.75 | 0.76 | 0.77 |
| 维修方便 | 0.78 | 0.82 | 0.79 | 0.74 | 0.75 | 0.73 | 0.80 | 0.81 | 0.77 | 0.76 | 0.85 | 0.69 | 0.71 | 0.70 | 0.80 |
| 操作方便 | 0.75 | 0.73 | 0.70 | 0.72 | 0.71 | 0.74 | 0.69 | 0.68 | 0.65 | 0.70 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.69 | 0.70 |
| 外形尺寸小 | 0.45 | 0.50 | 0.49 | 0.53 | 0.51 | 0.54 | 0.57 | 0.60 | 0.58 | 0.61 | 0.64 | 0.59 | 0.62 | 0.57 | 0.53 |
| 抗干扰性强 | 0.70 | 0.73 | 0.74 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.64 | 0.66 | 0.70 | 0.71 | 0.69 | 0.70 | 0.65 | 0.72 | 0.70 |
| 密封性好 | 0.66 | 0.70 | 0.71 | 0.69 | 0.68 | 0.70 | 0.67 | 0.65 | 0.72 | 0.66 | 0.75 | 0.70 | 0.63 | 0.62 | 0.71 |
| 价格适中 | 0.86 | 0.79 | 0.80 | 0.82 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 0.78 | 0.81 | 0.79 | 0.75 | 0.80 | 0.83 | 0.77 | 0.80 |
| 安全可靠 | 0.82 | 0.77 | 0.80 | 0.73 | 0.72 | 0.69 | 0.74 | 0.75 | 0.81 | 0.83 | 0.73 | 0.73 | 0.69 | 0.64 | 0.79 |
| 速度变化小 | 0.59 | 0.62 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.73 | 0.72 | 0.71 | 0.59 | 0.58 | 0.60 | 0.66 | 0.68 | 0.70 | 0.65 |
| 输出 产品最终满意度 | 0.83 | 0.79 | 0.85 | 0.82 | 0.80 | 0.84 | 0.82 | 0.78 | 0.80 | 0.78 | 0.85 | 0.86 | 0.81 | 0.85 | 0.90 |

由表 2 中质量特性重要度和质量特性相重要度能计算出: $W_1 > W_3 > W_2 > W_4 > W_6 > W_7 > W_5 > W_8, Q_1 > Q_3 > Q_2 > Q_4 > Q_6 > Q_7 > Q_5 > Q_8$, 于是按

照“关键的少数原则”,得出零传动滚齿样机 YK3610 策划级的 3 大关键质量特性——精度、可靠性、可用性。其他阶段可用同样的方法获得。

表 2 VOC 技术指标与质量特性之间的映射表

| | k_i | 可用性 | 可靠性 | 精度性 | 安全性 | 维修性 | 适应性 | 环保性 | 经济性 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 加工粗糙度低 | 0.079 | 0.690 | 0.276 | 0.424 | 0.252 | 0.092 | 0.145 | 0.115 | 0.025 |
| 加工效率 | 0.062 | 1.000 | 0.977 | 1.000 | 0.965 | 0.886 | 0.912 | 0.897 | 0.853 |
| 承载能力强 | 0.063 | 0.882 | 0.772 | 0.799 | 0.767 | 0.738 | 0.748 | 0.742 | 0.726 |
| 振动噪声低 | 0.052 | 1.000 | 0.980 | 1.000 | 0.967 | 0.881 | 0.909 | 0.893 | 0.846 |
| 转速高 | 0.072 | 0.420 | 0.192 | 0.262 | 0.181 | 0.106 | 0.131 | 0.117 | 0.075 |
| 加工尺寸精度高 | 0.071 | 0.898 | 0.588 | 0.686 | 0.572 | 0.468 | 0.502 | 0.483 | 0.424 |
| 使用寿命长 | 0.074 | 1.000 | 0.855 | 0.961 | 0.838 | 0.724 | 0.762 | 0.740 | 0.678 |
| 维修方便 | 0.062 | 0.871 | 0.688 | 0.741 | 0.679 | 0.623 | 0.642 | 0.631 | 0.599 |
| 操作方便 | 0.064 | 0.925 | 0.818 | 0.843 | 0.814 | 0.787 | 0.796 | 0.791 | 0.778 |
| 外形尺寸小 | 0.069 | 0.574 | 0.272 | 0.314 | 0.149 | 0.000 | 0.046 | 0.018 | 0.000 |
| 抗外界干扰强 | 0.069 | 0.986 | 0.754 | 0.826 | 0.741 | 0.663 | 0.689 | 0.674 | 0.631 |
| 密封性好 | 0.068 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.997 | 0.939 | 0.959 | 0.946 | 0.917 |
| 价格适中 | 0.054 | 0.571 | 0.309 | 0.403 | 0.294 | 0.193 | 0.226 | 0.207 | 0.151 |
| 安全可靠 | 0.082 | 0.471 | 0.403 | 0.411 | 0.402 | 0.395 | 0.398 | 0.396 | 0.393 |
| 速度变化小 | 0.077 | 0.241 | 0.106 | 0.125 | 0.068 | 0.016 | 0.033 | 0.023 | 0.000 |
| 质量特性重要度 | | 0.769 | 0.647 | 0.648 | 0.572 | 0.492 | 0.518 | 0.502 | 0.463 |
| 质量特性相对重要度 | | 0.167 | 0.140 | 0.141 | 0.124 | 0.107 | 0.112 | 0.109 | 0.100 |

3.2 实验验证

利用关键质量特性提取模型提取的关键质量特性正确与否,有效性如何,只有通过实验验证才能知道。首先介绍实验的理论基础、条件及国家标准等。实验的理论基础同上文章所述,另外必须明白关键质量特性及其重要度大小属于抽象性问题,不能像热变形一样能通过测量,测出其真实值;已知条件同上,即应用实例表 1 中的样本数据(各项用户需求指标可理解为用户要求下的产品应该满足的适用性)、YK3610 机床策划级设计资料等;国家标准:国家机械行业标准 JB/T5058—2006《机械工业产品质量特性重要度分级导则》按对产品适用性要求的影响及经济损失程度为依据,把产品的质量特性分为关键质量特性、重要质量特性、一般质量特性^[16]。另外,在导则中还定性地给出了分级范围和界限,总结得出表 3。

表 3 JB/T5058—2006 质量特性定性分级范围和界限

| 分级级别 | 分级范围和界限 |
|--------|--|
| 关键质量特性 | 发生故障时,立即丧失产品主要的功能,严重影响产品的性能和寿命,造成严重的安全事故,对环境产生违反法规的污染,造成重大的经济损失。 |
| 重要质量特性 | 发生故障时,使产品部分功能丧失,影响产品的性能和寿命,可能引起用户申诉,造成经济损失。 |
| 一般质量特性 | 发生故障时,对产品的使用性能及寿命影响不大,不致引起使用单位的申诉,经济损失小。 |

实验 1:从上述实验理论基础、条件和国家级导则,可以知道国家已经对机械产品的质量特性重要度分级制定了定性的标准,但是没有给出具体的方法和分级模型,另外关键质量特性的存在属于抽象问题,不能通过测量获得,所以从这个标准只能对机械产品质量特性进行定性的分级,从而定性地提取出关键质量特性。笔者提出了复杂机电产品的关键质量提取模型能够定量的提取出关键质量特性,这也是本文的优点和创新之处。笔者所在实验室在研制国内第一台零传动滚齿样机 YK3610 策划级关键质量特性期间,就是参考国家机械行业标准 JB/T5058—2006《机械工业产品质量特性重要度分级导则》,按照专家模糊评估,通过定性分析给出了 YK3610 样机策划级关键质量特性、重要质量特性和一般质量特性,并估算出了模糊评价相对重要度如表 4 所示。

表 4 专家模糊评估

| | |
|--------|-------------------------------|
| 关键质量特性 | 精度(0.14)、可用性(0.18)、可靠性(0.16) |
| 重要质量特性 | 安全性(0.13)、适应性(0.12)、环保性(0.13) |
| 一般质量特性 | 经济性(0.08)、维修性(0.06) |

实验 2:实验条件同上,借鉴文献[3]提取出的关键质量特性如下表 5 所示。

表 5 质量屋提取结果

| | |
|--------|----------------------------------|
| 关键质量特性 | 精度(0.219)、可靠性(0.125)、可用性(0.151) |
| 重要质量特性 | 安全性(0.120)、适应性(0.111)、环保性(0.117) |
| 一般质量特性 | 维修性(0.077)、经济性(0.081) |

关键质量特性提取模型提取结果和实验 1、实验 2 结果比较如图 5。

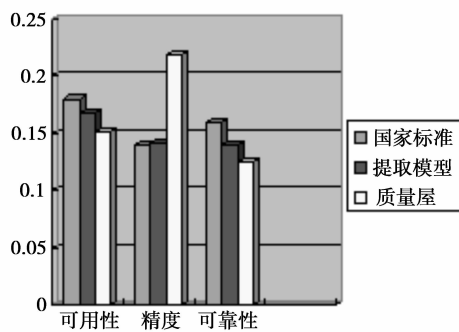


图 5 实验比较

最后,通过应用实例和试验 1、实验 2 的结果进行比较,我们可以验证出复杂机电产品关键质量特性提取模型的准确性和有效性。

4 结语

提出基于 ANNs 技术的复杂机电产品关键质量特性的四阶段提取模型解决了产品生产生命周期各个阶段关键质量特性的提取问题,从精度精度而提高了工人识别生产的关键质量特性、关键过程、关键技术、关键操作的能力,保证了关键件、重要件、特殊件及其关键工艺操作的质量,强化了产品质量的稳定性和可追溯性。与以往关键质量特性提取方法相比具有如下优点:(1)多次利用 BP 神经网络技术,解决了 VOC 技术指标相对重要度及各阶段输入与输出之间的映射权重(例如策划级:VOC 技术指标与策划级质量特性之间的映射权重)的确定;(2)首次利用 ANNs 技术考虑了质量特性及质量特性缺陷因子的自相关性;(3)提取方法准确、可靠,最终应用实例与实验验证表明了该方法在关键质量特性提取方面的优越性和有效性。

参考文献

- [1] 钟掘. 复杂机电系统耦合设计理论与方法[M]. 北京:机械工业出版社,2007. 4:1-16.
- [2] REID R D. Characteristic management [J]. Quality Progress, 2003, 36 (11): 50-92.
- [3] CHAN W M, IBRAHIM R N, LOCHERT P B. Evaluating the product quality level under multiple L-type quality characteristics [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, 27(1/2):90-95.
- [4] 何益海,唐晓青. 基于关键质量特性的产品保质设计[J]. 航空学报,2007,28(6):1468-1481.
HE YI-HAI, TANG XIAO-QING. Design for quality based on product key quality characteristics[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2007,28(6):1468-1481.
- [5] 林志航. 产品设计与制造质量工程[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [6] 郭惠昕,任丕顺,张国平. 多质量指标的解耦与稳健优化设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(1): 203-205.
GUO HUI-XIN, REN PI-SHUN, ZHANG GUO-PING. Decoupling of multi-quality characteristics and robust design optimization [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40 (1):203-205
- [7] SU Y, JIN Z M, JIE P. Assuring information quality in e-Science [C]// IEEE International Symposium on Parallel and Distributed processing, April 14-18, 2008, Miami, Florida USA. [s. l.]: IEEE, 2008: 1-6.
- [8] 何益海,唐晓青,王美清. 产品设计质量数据与管理模型研究[J]. 计算机集成制造系统, 2006, 12(8) 1161-1162.
HE YI-HAI, TANG XIAO-QING, WANG MEI-QING. Quality data management model in product design [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2006, 12(8): 1161-1162.
- [9] 张根保,何桢,刘英. 质量管理与可靠性[M]. 北京:中国科学技术出版社,2005.
- [10] BOOKER J D. Industrial practice in design for quality [J]. International Journal of Quality and Reliability Management, 2003, 20(3): 288-303.
- [11] LIN C T, CHANG C W, CHEN C B. Relative control philosophy - Balance and continual change for forecasting abnormal quality characteristics in a silicon wafer slicing process[J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, 26(9/10): 1109-1112
- [12] 张良均,曹晶,蒋世忠. 神经网络实用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [13] 杨明顺,林志航. QFD 中顾客需求重要度确定的一种方法[J]. 管理科学学报,2003, 6(5):65-71.
YANG MING-SHUN, LIN ZHI-HANG. Method to determine importance of customers requirement in QFD [J]. Journal of Management Sciences in China, 2003, 6(5):65-71.
- [14] 车阿大,林志航,陈康宁. 质量功能配置中基于 ANN 的顾客需求重要度评估方法[J]. 西安交通大学学报, 1999,33(5):76-77.
CHE A-DA, LIN ZHI-HANG, CHEN KANG-NING. Capturing weight of voice of the customer using artificial neural network in quality function deployment [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 1999, 33(5):76-77.
- [15] 陈怀琛. MATLAB 及其在理工课程中的应用指南[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [16] 机械工业出版社. 机械工业产品质量特性重要度分级导则[M]. 北京:机械工业出版社,2006.

(编辑 张小强)