

一种客户需求向工程技术特性映射的方法

张 超¹, 刘夫云¹, 贾焕香²

(1 桂林电子科技大学 机电工程学院, 广西 桂林 541004; 2 桂林电子科技大学 计算机与控制学院, 广西 桂林 541004)

摘 要: 分析了自相关矩阵对工程技术特性权重的影响, 建立了客户需求权重与工程技术特性关系矩阵及工程技术特性自相关矩阵三者之间的数学映射模型, 提出了一种基于上述数学映射模型的工程技术特性权重确定方法. 该方法有助于确定工程技术特性的相对权重, 使配置结果更贴近客户实际需求. 最后, 以某企业的垃圾破碎机产品为例对提出的方法进行了应用验证.

关键词: 配置设计; 客户需求; 工程技术特性; 映射

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)06-0208-04

A Method for Mapping from Customer Requirements to Engineering Technical Characteristics

ZHANG Chao¹, LIU Fu-yun¹, JIA Huan-xiang²

(1 School of Mechanical Electrical Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China;

2 School of Computer and Control Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: The paper analyzed the impact that the autocorrelation matrix on the weights of the engineering technical characteristics. Then the correlation matrix between the weights of customer requirements and the engineering technical characteristics was established, and the mathematical mapping model of the correlation matrix and the autocorrelation matrix was also established. A method for determine the weights of engineering technical characteristics was proposed based on the mathematical mapping model above. This method helps to the relative weights of engineering technical characteristics are determined, so that the results of configuration design are closer to the actual requirements of customers. Finally, the garbage crusher of an enterprise is taken as example, which validates the application of the method above.

Key words: configuration design; customer requirements; engineering technical characteristics; mapping

1 引言

为了适应日趋多样化和个性化的客户需求, 企业的生产模式由原来的大批量生产方式向大批量定制方式转化. 产品配置设计是实现这一转化的重要使能技术之一^[1]. 在产品配置设计过程中, 客户需求是产品配置设计的最初来源, 更是指导产品配置的重要依据和贯穿产品配置始终的线索^[2].

客户提出的需求可以通过质量功能配置(Quality Function Deployment, QFD)获得, 并将其作为产品配置设计中的约束条件映射到相应产品的各个工

程技术特性中, 使配置产品能够最大程度地满足客户需求. 如何快速、准确实现产品配置设计过程中客户需求向产品工程技术特性的映射, 是产品配置设计中亟待解决的关键技术问题之一.

目前在产品配置过程中, 通常采用 QFD 方法来实现客户需求向产品工程技术特性的映射. 文献[3]认为 QFD 配置是一种多准则决策问题, 提出用模糊排序方法来确定工程技术特性的权重. 文献[4]应用模糊多目标决策方法对 QFD 配置过程中工程技术特性的权重进行排序研究. 文献[5]应用一种线性偏

收稿日期: 2009-05-31; 修回日期: 2009-09-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(50865002); 广西自然科学基金项目(0728208); 广西高校优秀人才计划项目(0815)

序方法对 QFD 决策过程中工程技术特性的权重进行排序研究.文献[6]采用粗糙集的方法确定工程技术特性的目标值,但所用数据量较多,获得大量数据存在一定的困难.文献[7]利用质量屋输出的工程技术特性相对权重精确值或反模糊化所得的精确值,进行方案集的模糊评判,没有充分利用质量屋的结构和信息.

通过上述分析可以看到:在确定工程技术特性权重时,产品配置人员通常主要依靠开发经验或者仅考虑客户需求与工程技术特性相关矩阵来确定工程技术特性的权重,忽略了工程技术特性自相关矩阵对工程技术特性权重的影响,造成了最后的配置设计可能会出现工程技术特性之间的相互冲突,从而使配置的产品不能很好满足客户的个性化需求.

针对此问题,文中使用模糊层次分析法计算客户需求的客观权重,再使用客户需求与工程技术特性关系度的方法计算工程技术特性的初始权重.最后结合上述两个权重和工程技术特性自相关性来确定工程技术特性的最终权重,使所配置产品的工程技术特性能够更好地满足客户需求.

2 质量屋的建立

在利用 QFD 进行产品配置时,根据客户需求选取工程技术特性,是实现产品配置中客户需求到工程技术特性映射进而进行产品配置的关键.QFD 基本原理是:在产品配置设计的全过程中,利用质量屋(House of Quality, HOQ)结构将客户需求与工程技术特性连接在一起,及时全面地发现、继而消除各种潜在的冲突,然后将客户需求恰如其分地映射为相应的工程技术特性,使产品配置过程始终围绕客户需求进行,最终使所配置的产品能够最大程度地满足客户的需求.质量屋的建立是根据确定的客户需求来建立质量屋的各个部分,如图 1 所示.

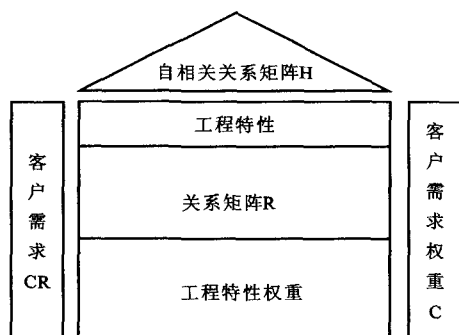


图1 质量屋的结构

其中主要包括客户需求信息及其权重、工程技

术特性、客户需求——工程技术特性关系矩阵、工程技术特性自相关关系矩阵等.如何根据质量屋的客户需求信息来确定质量屋的其他部分以及工程技术特性的权重是利用质量屋进行产品配置的重点.

3 客户需求向工程技术特性映射的数学模型

客户在定制产品时,对产品提出的大多是一些功能和性能等方面的需求,而最终希望获得的也正是这些需求能够最大程度地被满足.在需求获取阶段,由于需求的错误或不完善,会造成后期无法想象的巨大代价[8].为此,需要充分地获取客户需求信息,并将其转化为工程技术特性,使工程技术特性能够恰到好处地满足客户的需求.

文中在将客户需求向工程技术特性映射时综合考虑了客户需求权重与工程技术特性关系矩阵及自相关矩阵三者之间的关系,并建立了相应的数学映射模型.该模型能够识别和描述出工程技术特性之间的相对重要度以及权衡、优化工程技术特性之间的各种矛盾和冲突,进而能够帮助产品配置人员更加有效地确定满足客户需求的工程技术特性的最终权重,使所配置的产品能够更好地满足客户的需求.

3.1 客户需求获取及权重确定

现假定在产品配置的客户需求向工程技术特性映射过程中,质量屋中包含 n 个客户需求(customer requirements, CR),记 $cr_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为客户的第 i 个需求;客户需求权重矩阵为 C ,记 $c_i (0 < c_i < 1, \sum_{i=1}^n c_i = 1)$ 为客户需求 cr_i 的权重,其值反映了客户对 cr_i 需求的偏好程度;优先关系矩阵 $T = (t_{ik})_{n \times n}$, t_{ik} 表示 cr_i 和 cr_k 进行比较时, cr_i 和 cr_k 具有的模糊关系的隶属度.

客户需求 cr_i 的相对重要性 c_i 采用模糊层次分析法[9]进行确定.假设客户需求包含 n 项信息 $CR = (cr_1, cr_2, \dots, cr_n)$,客户需求权重为 c_i ,计算公式如下:

$$C = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T \quad (1)$$

其中, $c_i = \frac{\sum_{k=1}^n t_{ik} + \frac{n}{2} - 1}{n(n-1)}$, $c_i = 1, 2, \dots, n$, t_{ik} 为已知客户需求的第 i 个权重和第 j 个权重的优先关系矩阵,其值反映了客户需求项的相对重要程度.

3.2 客户需求向工程技术特性的映射

根据专家经验和知识可以确定与客户需求 cr_i

相关的工程技术特性集 P 和工程技术特性关系矩阵 R , 记 $p_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 为工程技术特性的第 j 个工程技术特性项; 针对客户需求项 cr_i 确定与之对应的工程技术特性关系矩阵 R 的 r_{ij} . 其中, 关联度 r_{ij} 表征了工程技术特性 p_j 在满足客户需求项 cr_i 方面的隶属度.

客户需求最终映射到产品工程技术特性上才能够用于产品配置. 为此, 在确定了客户需求的权重之后, 需要将客户需求映射到工程技术特性上, 进而确定工程技术特性的最终权重, 这样才能配置出满足客户需求的产品.

利用质量屋可以建立产品的工程技术特性与客户需求的关系矩阵. 关系矩阵表示为:

$$R = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix} \quad (2)$$

由此确定工程技术特性的初始权重 w_j^0 为:

$$w_j^0 = \sum_{i=1}^n c_i r_{ij} \quad (3)$$

工程技术特性初始权重矩阵 W^0 描述为:

$$W^0 = (w_1^0, w_2^0, \dots, w_j^0) \quad (4)$$

在考虑工程技术特性自相关关系情况下, 为了弱化问题的复杂性, 需要消除或减弱各配置要求的依赖关系对配置要求相对重要性的影响. 为此, 需要定性定量地分析客户需求权重与工程技术特性自相关矩阵对工程技术特性权重的影响.

设工程技术特性自相关矩阵为 H , 记 $h_{jk} (k = 1, 2, \dots, m)$ 为工程技术特性 j 与工程技术特性 k 间的自相关系数, h_{jk} 的值越大, 说明工程技术特性 j 与工程技术特性 k 间的关系越紧密.

利用质量屋建立的工程特性自相关关系矩阵如下:

$$H = [h_{jk}] = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & \cdots & h_{1k} \\ h_{21} & h_{22} & \cdots & h_{2k} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ h_{j1} & h_{j2} & \cdots & h_{jk} \end{bmatrix} \quad (5)$$

于是, 工程技术特性修正权重数学式如下:

$$w_j = \sum_{k=1}^m w_j^0 h_{jk} \quad (6)$$

此式为综合考虑了客户需求、工程技术特性关系矩阵和自相关矩阵后求出的工程技术特性的修正权重 w_j .

由此构成的工程技术特性修正权重矩阵可描述

为:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_j) \quad (7)$$

综合式(1)、(3)、(6)得:

$$w_j^* = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^m w_j} \quad (8)$$

式中, w_j^* 为工程技术特性的最终权重, w_j^* 满足下列条件: $0 \leq w_j^* \leq 1, \sum_{j=1}^m w_j^* = 1$.

由此构成的工程技术特性最终权重矩阵 W_j^* 可描述为:

$$W^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_j^*) \quad (9)$$

从模型的建立来看, 客户需求向工程技术特性映射时综合考虑了客户需求权重与工程技术特性关系矩阵及自相关矩阵三者之间的关系, 消除了工程特性之间的矛盾和冲突, 这使得工程技术特性权重的最终确定可以最大化满足客户需求.

4 实例分析

现以某垃圾破碎机生产企业为例, 进一步验证上述数学模型在确定工程技术特性最终权重时的有效性和可行性.

4.1 客户需求获取及权重确定

在质量屋中进行产品配置时, 客户需求与工程技术特性是一个复杂的映射关系, 如何根据客户需求自动选取工程技术特性, 就成为产品配置中客户需求向工程技术特性转换进而实现产品配置的关键.

首先, 建立优先关系矩阵. 其中,

$$t_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{需求指标 } cr_{ij} \text{ 比 } cr_{ik} \text{ 重要} \\ 0.5 & \text{需求指标 } cr_{ij} \text{ 比 } cr_{ik} \text{ 同等重要} \\ 0 & \text{需求指标 } cr_{ik} \text{ 比 } cr_{ij} \text{ 重要} \end{cases}$$

其中, t_{jk} 满足下列条件:

$$\begin{cases} t_{jk} + t_{kj} = 1 & (j \neq k) \\ t_{jk} = 0.5 & (j = k) \end{cases}$$

针对客户提出的需求 cr_i 模糊语言算子子集 {声音小, 操作方便, 安全性高, 使用寿命长, 易维护, 成本低}, 按照优先关系矩阵的指标值建立质量屋的优先关系矩阵, 如表 1 所示.

此处引入模糊层次分析法来确定客户需求的权重, 根据式(1), 求出客户需求权重为:

$$C = (0.117, 0.183, 0.217, 0.25, 0.15, 0.083)^T.$$

表 1 优先关系矩阵

客户 需求	声音小	操作 方便	安全 性高	寿命长	易维护	成本低
声音小	0.5	0	0	0	0	1
操作方便	1	0.5	0	0	1	1
安全性高	1	1	0.5	0	1	1
寿命长	1	1	1	0.5	1	1
易维护	1	0	0	0	0.5	1
成本低	0	0	0	0	0	0.5

4.2 客户需求向工程技术特性的映射

由于关联度 r_{ij} 涉及产品的功能和配置结构,而一般客户并不具备相应的专业知识,所以其值通常由专家确定.根据专家经验、知识确定与客户需求相关的工程技术特性集 P 为{进料高度,电机功率,转子转速,转子工作直径,处理能力},分别以 p_j 表示.客户需求与工程技术特性的关联度 r_{ij} 用模糊语言算子子集{弱,一般,强}表示,对应模糊程度量化值为{0,0.5,1}.建立质量屋的工程技术特性相关矩阵如表 2.

表 2 工程技术特性相关矩阵

客户 需求	需求 权重	进料 高度	电机 功率	转子 转速	转子 直径	处理 能力
声音小	0.117	0	0.5	0.5	0.5	0.5
操作方便	0.183	0.5	0.5	0.5	0.5	1
安全性高	0.217	0.5	1	1	1	0
寿命长	0.25	0	1	1	1	1
易维护	0.15	0	0.5	0.5	0.5	1
成本低	0.083	1	1	1	1	1

根据式(3),求出工程技术特性初始权重:

$w_j^0 = (0.283, 0.775, 0.775, 0.725).$

根据专家经验和知识确定工程技术特性自相关矩阵 H 为{弱相关,正相关,强相关},对应的模糊程度量化值为{1,3,9}.自相关矩阵的值越大说明工程技术特性之间的关系越紧密.建立质量屋的工程技术特性自相关关系矩阵如表 3.

根据式(6),求出工程技术特性的修正权重:

$w_j = (3.4903, 7.750, 12.6583, 10.5917, 15.225).$

将以上步骤求出的值,按照式(8)可求出工程

技术特性的最终权重:

$w_j^* = (0.0702, 0.1559, 0.2546, 0.2130, 0.3062).$

表 3 工程技术特性自相关关系矩阵

工程技术 特性	进料 高度	电机 功率	转子 转速	转子工 作直径	处理 能力
进料高度	9	1	1	1	3
电机功率	1	9	3	3	3
转子转速	1	1/3	9	1/3	3
转子工作直径	1	1/3	3	9	3
处理能力	1/3	1/3	1/3	1/3	9

通过上述分析可见,文中在确定工程技术特性权重时,消除了工程技术特性之间的相互冲突,获得了最终满足客户需求的工程技术特性重要度排序,即对应于客户需求项所配置的工程技术特性优先顺序为处理能力、转子转速、转自工作直径、电机功率、进料高度.这就验证了该映射模型在确定工程技术特性权重时,比传统的方法更加有效、准确^[10].

5 结束语

在产品配置设计中,将客户需求向工程技术特性映射,是利用质量屋进行产品配置决策的关键.文中提出的客户需求向工程技术特征映射的数学模型,可有效地选择出质量屋中需要重点予以考虑的工程技术特征项.工程实践表明,该模型能够帮助产品配置设计人员确定工程技术特性的相对重要性,使产品配置设计结果能更贴近客户的实际需求.

参考文献:

[1] 谢清,谭建荣,冯毅雄.基于自动机的可配置产品功构映射过程研究[J]. 计算机集成制造系统, 2007, 13(9): 1722-1731.

[2] 张建军.大批量定制的客户驱动模型与产品配置方法研究[D].合肥:合肥工业大学,2005.

[3] Wang J. Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment [J]. International Journal of Production Research, 1999, 37(4): 899-916.

[4] Karsak E E. Fuzzy multiple objective making approach to prioritize design requirements in quality function deployment [J]. International Journal of Production Research, 2004, 42(18): 3957-3974.

小于 2 分钟.热启动的定位时间小于 0.5 分钟.本地的实际经度为 121.44083,纬度为 31.03098.定位八次后的结果以及误差如表 1 所示,其中

表 1 定位结果及误差分析

	1	2	3	4	5	6	7	8
经度(°)	121.44059	121.44029	121.44051	121.44052	121.44135	121.44046	121.44045	121.44034
纬度(°)	31.03091	31.03111	31.0307	31.03103	31.03088	31.03109	31.03103	31.03105
实际误差(m)	24.15714	53.44662	43.57972	30.057422	50.78130	37.31752	36.63312	47.33461

由结果可知平均误差约为 40 米,基本可以实现定位功能.而本设计的目的是提供一个 GPS 的接受平台,因此随着对算法的改进,精度可以进一步提高[6].

6 结束语

文中通过采用以 GP4020 为核心的平台设计,通过 ARM 微控制器进行控制和计算,成功实现了卫星捕获、跟踪和接收机定位.该平台有很高的灵活性和实用性,可以快速验证和改进各种捕获,跟踪算法和定位算法,缩短研发周期.具有可扩展性,可通过利用一些辅助算法和设备来改善定位精度.同时也可做成模块,应用于其他一些项目和实验中.

参考文献:

[1] 唐恒娟,吕林涛,王继晖. eCos 系统移植分析与应用[J]. 微电子学与计算机,2006,23(3):55-58.

[2] Elliott D Kaplan, Christopher J Hegarty. Understanding GPS: principles and applications[M]. 2nd ed. USA, Norwood, Artech House Publishers, 2006:164-165.
[3] 孙礼,王银锋,何川. GPS 信号捕获与跟踪策略确定及实现[J]. 北京航空航天大学学报,1999,25(2):134.
[4] 李天文. GPS 原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2004:80-82.
[5] 樊昌信,张甫翊,徐炳祥,等. 通信原理[M].5 版. 北京:国防工业出版社,2002:353-354.
[6] 杜春雷. ARM 体系结构与编程[M]. 北京:清华大学出版社,2003.

作者简介:

陈凯 男,(1986-),硕士研究生.研究方向为嵌入式系统设计、系统控制与信息处理.
陈佳品 男,(1960-),教授,博士生导师.研究方向为机电系统与智能微机器人.
李振波 男,(1974-),博士,副教授.研究方向为微电子机械系统及其控制、微纳机器人.

(上接第 211 页)

[5] Han C H, Kim J K, Choi S H. Prioritizing engineering characteristics in quality function deployment with incomplete information: a linear partial ordering approach[J]. International Journal of Production Economics, 2004, 91(3):235-249.
[6] 李延来,唐加福,姚建明,等. 质量功能展开中关联关系确定的粗糙集方法[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(8):1650-1657.
[7] 古莹奎,黄洪钟,孙占全. 质量屋在产品生命周期配置中的应用[J]. 中国机械工程,2003,14(24):2134-2137.
[8] 刘霞,李怀璋,王青. 基于 ISO9000 和 CMMs 的需求开发和需求管理平台框架的研究[J]. 微电子学与计算机,2002,19(2):50-54.

[9] 程丹,吴清烈. 模糊层次法在大规模定制客户需求评估中的应用[J]. 价值工程,2008(11):102-105.
[10] 林志航. 产品配置与制造质量工程[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

作者简介:

张超 男,(1982-),硕士研究生.研究方向为制造业信息化、产品配置设计.
刘夫云 男,(1968-),博士,教授.研究方向为产品现代设计理论及方法、制造业信息化等.
贾焕香 女,(1981-),硕士研究生.研究方向为无线传感器网络.