

文章编号:1000-582X(2001)06-0001-04

一种量化的产品定义方法^{*}

陈亚华¹,刘伟²,桂佰文¹,曾莉¹,范家祥³

(1.重庆大学机械工程学院,重庆 400044;2.重庆大学工商管理学院,重庆 400044;
3.长安汽车集团公司,重庆 400023)

摘要:分析了质量屋在将顾客需求配置成产品技术特征过程中存在的不足,针对适应性设计特点,提出一种基于统计技术的量化产品定义方法。该方法承袭了质量屋以顾客需求为出发点、强调市场与工程设计有机结合的思想,综合运用试验设计和结合分析等不同学科领域工具保障概念设计质量。介绍了相关工具的基本概念,详细阐述了方法的实现过程,以某微型汽车产品的概念开发为应用实例验证了方法的可行性。

关键词:产品定义;概念设计;适应性设计;质量屋;统计技术;试验设计;结合分析

中图分类号:TB 2

文献标识码:A

从工程设计发展的历史来看,设计方法经历了直觉设计、经验设计、半经验半理论设计,现在正在向现代设计阶段过渡。满足顾客需求是现代设计的一个重要特征。

公理设计(Axiomatic Design)理论认为,设计过程可视为4个域:顾客域、功能域、结构域和工艺域之间的映射^[1]。其中顾客域元素(顾客需求)向功能域元素(功能要求或产品技术特征)的转化——产品定义是产品设计过程中最具挑战性的工作之一。

目前国内部分以技术引进为主结合自主开发的企业(如一些汽车制造企业)产品开发中常采用适应性设计方法,即根据顾客需求为待设计产品选择核心子系统或部件,再与附加的零件或部件集成形成用户需要的产品。

檀润华等针对这类企业提出一种自底向上的规定型设计过程模型,综合运用了质量功能布置(QFD, Quality function deployment)、自底向上的功能方法树及鲁棒设计(Robust design)等工具帮助企业提高设计质量、节省设计过程时间^[2]。

1 问题的提出

檀的模型中采用了目前在日本和西方工业国家企业非常流行的质量屋(HOQ, house of quality)技术进行

产品定义。质量屋技术是以最大限度地满足市场顾客需求为出发点的,强调市场与工程设计的有机结合,有利于提高产品的设计质量和竞争能力,因而成为近年来发展和应用较为迅速和广泛的新产品开发先进技术之一。尽管质量屋使用了量化顾客需求重要度、关系矩阵元素以及计算技术特征重要度得分等量化措施^[3],但整个配置过程在很大程度上依赖决策者的主观经验,如矩阵中关系强度的度量等,单独运用质量屋确定技术特征目标值基本上仍然是一个定性的过程。

本文作者主要针对适应性设计特点,将质量屋思想与统计技术工具相结合,提出一种量化的产品定义方法。

2 统计技术工具介绍

所谓统计技术,是指运用统计学的原理和方法,科学且经济有效地解决实际问题的实用技术。与传统的定性分析方法相比,用统计技术可以得出有效的和客观的量化结论。统计技术主要包括两大方面内容:如何科学地进行观测、调查或试验,经济有效地获取数据资料;如何运用所获得的数据资料,用统计分析方法对实际问题的规律性及其因果关系进行科学地推断和解释^[4]。试验设计(Design of Experiments, DOE 也称实验设计)和结合分析(Conjoint Analysis, 也称联合

* 收稿日期:2001-08-20

基金项目:国家自然科学基金(59975089),重庆市重点科技攻关项目,汽车制造业产品创新战略和管理策略研究。

作者简介:陈亚华(1973-),男,重庆市人,博士研究生。主要从事机构设计理论、产品开发研究。

分析)是两个著名的统计技术工具。

2.1 试验设计

由 Fisher 首创的试验设计是以概率论与数理统计为理论基础,经济地、科学地制定试验方案以便对试验数据进行有效的统计分析的数学理论和方法。主要用于解决如下问题:

- 科学合理地安排实验,减少实验次数、缩短实验周期;
- 从众多的影响因素中找出影响输出的主要因素;
- 分析影响因素之间交互作用影响的大小等。

综合运用正交试验设计、回归分析和析因方差分析^[5]等方法能以较少的试验次数从众多的影响因素中找出影响输出的主要因素。利用正交表(orthogonal arrays)的“均衡分散性”、“整齐可比性”的基本特性,正交设计能以少的试验次数、低的试验费用、短的试验周期获得试验结果,从而大幅度节省经费、提高效率。回归分析可利用回归系数判断因素的重要程度,析因分析则利用变差平方和的“加和性”通过方差分析判断每一因素对总结果影响的显著性。

试验设计方法在本文提出的量化产品定义模型中有多次运用,如各种试验模型的建立、判断关键技术特征或设计变量(因素)对产品属性(试验结果)的影响是否显著等,限于篇幅,利用试验设计方法判断关键技术特征的应用另文讨论。

2.2 结合分析

1964年由 Luckey 等提出的结合分析被 Green 等作为一种顾客需求信息的量化工具运用于市场营销领域^[6]。结合分析方法的基本思想是把顾客需求描述成一系列的产品属性(attribute),如反映汽车动力性的最大时速、反映使用经济性的百公里油耗、价格等,每个属性又分成不同的属性水平(level),如价格可以分成5万、6万、8万等,不同属性及水平组合形成不同的模拟产品,让顾客根据自己的喜好对这些虚拟产品通过打分、排序等方法进行评价,然后采用数理统计分析方法计算各属性水平的效用(utility)、模拟产品的效用以及各属性的相对重要性等,以此研究顾客对产品的满意程度。

结合分析中常用的计算模型包括最小二乘法回归(OLS regression)、单调方差分析(monotone ANOVA)、逻辑回归(LOGIT regression)等。

一种含哑变量(dummy variable)的最小二乘法回归方法模型如下:

$$U_i = \sum_k a_{jk} x_{ijk} \quad (1)$$

其中: U_i ——产品 i 的总效用, U_i 值越大,产品越受目标市场欢迎

a_{jk} ——属性 j 的第 k 个水平的效用

x_{ijk} ——哑变量,当属性 j 的第 k 个水平出现在产品 i 中 $x_{ijk} = 1$; 否则 $x_{ijk} = 0$

此外,还可以利用水平效用计算属性 j 的相对重要度 W_j :

$$W_j = \frac{\max_k(a_{jk}) - \min_k(a_{jk})}{\sum_j [\max_k(a_{jk}) - \min_k(a_{jk})]} \quad (2)$$

2.3 统计工具的计算机辅助实现

由于试验设计、结合分析采用的一系列数理统计分析方法计算量巨大,实际应用时通常借助计算机来实现。目前已经有不少成熟的统计商品软件,包括 SPSS、SAS 等国外的著名产品和 DPS 等国产新秀。此外还有一些计算机辅助调查(CATI)软件提供专门结合分析工具,如 Sawtooth 公司的 ACA、CVA 等。

3 基于统计技术的量化产品定义过程

概念设计本身是一个发散和综合思维的过程,其中产品定义又是一个需要综合考虑多方面约束不断权衡妥协(trade-off)选择最优方案的过程。这些特征决定了不可能存在完全“量化”的产品定义过程,下面将介绍的量化产品定义方法也只是相对传统定性方法而言。具体过程如下。

3.1 确定产品属性和属性水平范围

产品属性特别是属性水平范围的选择直接关系到产品能否被准确的模拟,需要开发团队从多方面反复考虑,值得注意的是,产品属性分为两类:一类产品属性的水平可以由顾客按自己意愿选择,我们称之为顾客决定型产品属性,这类属性适合用结合分析方法处理;另一类则是不能完全由顾客随意选择的,如某些强制性标准等,我们称之为非顾客决定型产品属性,这类属性需要视具体情况处理(参照应用实例)。

产品属性及水平选择原则如下:

- 产品属性应该是可操作的(可量化或可分级的);
- 产品属性数目限制在既能保证一定的参数估计精度,又不至于过分增加被调查者的负担和计算工作量;
- 属性水平区间应大到可以涵盖目标市场实际需求范围,但又不能大到影响评价的可信度。

3.2 确定候选技术特征和技术特征水平范围

根据产品属性要求和设计经验初步确定技术特征及其水平范围,作为下一步试验设计的候选因素。

3.3 筛选关键技术特征,确定技术特征水平

建立以技术特征为因素、产品属性为输出的试验模

型,利用回归正交试验和析因方差分析等试验设计方法确定影响产品属性的关键技术特征。根据试验结果结合企业实际开发能力确定技术特征水平,同样出于分析复杂性和工作量考虑,水平的数目需要适当限制。

3.4 生成候选技术方案(概念产品)

将关键技术特征按不同水平组合生成候选技术方案(概念产品),再根据技术特征水平确定各概念产品的属性水平。

3.5 概念产品内部筛选

以步骤 A 确定的产品属性水平范围为标准,剔除属性水平范围外的概念产品(如违反相关法规或明显不符合市场实际需求的技术方案),必要时返回步骤 B 重新选择关键技术特征水平范围。内部筛选可以有效减少后续结合分析的工作量。

3.6 收集市场评估数据

将筛选后概念产品的顾客决定型属性及其水平构成模拟产品,运用全轮廓(full-profile)排序法等评估手段收集目标市场样本顾客对模拟产品的评价数据。

3.7 数据处理与概念选择

计算模拟产品 i 的总效用 U_i (可借助专用结合分析软件),总效用值最大的模拟产品对应方案可作为产品开发的首选方案。

4 应用实例

以国内某微型汽车制造企业一新款微型客车开发为例,产品主要目标市场为市内小型商务用车,次要目标市场为城市家庭用车和城乡短途营运运用车。其开发模式为在现有平台基础上派生,概念开发阶段的任务是根据目标细分市场需求,结合现有(引进)汽车产品型谱适应性调查,从候选技术平台中选择核心子系统或部件(必要时对原平台做一定修改),再与其它新设计的附加部件和选装件集成形成符合目标细分市场需求的产品,设计方法为适应性设计。

作者所论述的方法主要应用于该车总体技术定义,过程与部分结果如下(某些商业敏感数据已经过处理)。

首先开发团队在综合分析了目标市场,调研反馈竞争对手同类产品性能特征、国家相关法规、售后服务反馈等信息基础上确定待开发产品的基本属性和属性水平范围(如表 1)。

表 1 产品属性和水平范围

	产品属性	水平范围
经济	价格	5~15 万
	油耗(L/km)	4~8
	最小转弯直径(m)	9~13
机动	最大车速(km/h)	100~160
	

安全	制动稳定(侧移) 撞车保护	低~高 低~高
.....		

然后从候选技术平台中选择核心子系统或部件,并利用试验设计方法筛选出影响产品属性的关键技术特征和水平(如表 2)。

表 2 关键技术特征和水平

关键技术特征	水平
发动机排量(L)	0.8、1.0、1.3
轴距(M)	3.1、3.3、3.5
悬架总成类别	X1、X2、X3
制动系类别	Z1、Z2
安全气囊数	0、1、3
.....	

根据技术特征水平可以大致确定各概念产品的属性水平,剔除违反相关法规(如超过尾气排放标准等)和明显不符合市场实际需求(如价格超过 15 万)的技术方案后,将顾客决定型属性和在满足强制性法规范围内顾客可以选择的属性(如乘员数)构成模拟产品(如表 3)。

表 3 候选技术方案及模拟产品

序号	候选技术方案				模拟产品属性水平			
	排量(L)	轴距(M)	悬架	...	价格(万)	油耗(L/Km)	转弯直径(m)	...
1	0.8	3.1	X1		7	8	12	
2	1.0	3.5	X1		8	7.5	13	
...								
7	1.3	3.5	X2		8	7	13	
...								

经市场调研,使用计算机辅助结合分析工具 SPSS CONJOINT 计算各产品属性相对重要度及水平的效用(如表 4)和模拟产品总效用(如表 5)。

表 4 属性相对重要度及水平的效用

属性	重要度	水平	效用
价格(万)	0.15	7	2.2
		8	0.1
		8.5	-0.7
		9-2	
油耗(L/km)	0.07	7	0.3
		7.5	-0.1
		8	-0.5
		9-0.8	
...			

表 5 模拟产品总效用

序号	模拟产品属性				总效用
	价格(万)		油耗(L/km)		
	水平	效用	水平	效用	
1	7	2.2	8	-0.5	4.1
2	8	0.1	7.5	-0.1	3.9
...					
7	8	0.1	7	0.3	4.8
...					

表 5 中方案 7 的总效用值最高,对应的主要技术特征包括 1.3 L 电喷发动机、轴距 3.5 M 改进型底盘等,可作为首选方案。

从属性的相对重要度分析结果还发现目标市场对价格和油耗等经济性因素最关心,其次为安全性(如制动灵敏)、机动性、操作性、舒适性与外观等。属性的相对重要度是产品定义时的重要参考信息。例如,因为安全性是仅次于经济性的重要需求,与安全性相关的技术特征如 ABS、安全气囊等可作为基本车型的重要选装件。

5 结 论

产品定义是概念设计的关键步骤,适应性设计是国内企业常见的产品设计模式,运用试验设计和结合分析等统计技术工具进行产品定义是一种针对适应性设计特点的量化方法。这种方法利用了质量屋技术的基本原理——以顾客需求为出发点、市场与工程设计

有机结合,在一定程度上克服了质量屋难以量化的缺陷,可作为质量屋技术在适应性设计运用上的补充。

参考文献:

- [1] SUH N P. Design Axioms and Quality Control[J]. Robotics & Computer - integrated Manufacturing, 1992, 9(4/5): 367 - 376.
- [2] 檀润华. 自底向上的适应性设计过程模型[J]. 机械工程学报, 2000, 36(1): 20 - 23.
- [3] 陈国权. 并行工程管理方法与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [4] 中国现场统计研究会[R]. 统计技术介绍. <http://www.tyt.com.cn>
- [5] 田口玄一. 实验设计法. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [6] GREEN P, SRINIVASAN V. Conjoint Analysis in Marketing: New Developments With Implications for Research and Practice [J]. Journal of Marketing, 1990, 54(4): 3 - 19.

Quantifiable Technique for Product Definition

CHEN Ya-hua¹, ZENG Li¹, LIU Wei², GUI Bai-wen¹, ZENG Li¹, FAN Jia-xiang³

(1. college of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044;

2. College of Business Administration, Chongqing University Chongqing 400044;

3. Chang'an Group of Automobile, Chongqing 400023, China)

Abstract: Problems in the process of conversion from the Voice of Customer (VOC) to technical character of product using the House of Quality (HOQ) are analyzed, and a statistics - based quantifiable technique for product definition is developed to benefit adaptive design. With the underlying principles of HOQ, e.g. customer orientation and integration of marketing and engineering, this technique assures quality in concept design by means of various tools such as Design of Experiments (DOE) and Conjoint Analysis. The principles of the tools used are introduced briefly, and the realization process of the technique is discussed in detail with an example of the concept development of a minivan as its demonstration.

Key words: product definition; concept design; adaptive design; House of Quality; statistics; Design of Experiments; Conjoint Analysis

(责任编辑 成孝义)