

基于 FCA 方法的客户协同产品创新 绩效影响因素研究

王小磊^{1,2}, 杨育¹, 邢青松¹, 赵小华¹, 曾强¹

(1. 重庆大学 机械传动国家重点实验室, 重庆 400030; 2. 华北电力大学 机械工程系, 河北 保定 071003)

摘要:客户协同产品创新(CCPD)是产品设计领域的一种新型创新方式,客户深度参与产品创新设计可以有效提升企业的创新能力,因此如何有效识别影响 CCPI 绩效的关键因素成为十分重要的问题。首先,分析了客户协同产品创新的特征,结合调研访谈方法,提出并构建了客户协同产品创新绩效的影响因素集;然后,针对 CCPI 绩效影响因素众多难于指导实践的问题,利用 FCA 方法进行分析,得到 CCPI 绩效的核心影响因素;最后,对核心影响因素进行了分析。研究结论为企业有针对性地采取措施优化创新过程提供了理论指导。

关键词:客户协同;产品创新;创新绩效;绩效评价;模糊聚类

中图分类号:F406.3

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)18-0077-06

0 引言

伴随着市场竞争的日益激烈,客户需求朝着个性化、多样化和动态化方向发展,许多企业将客户集成到产品开发过程中,通过客户选配产品、订制设计、大规模定制等手段充分满足客户的个性化需求,并以此赢得市场竞争^[1-2]。随着网络化协同产品设计技术的迅速发展和产品创新手段的不断丰富,一种能够充分发挥客户潜力的产品创新设计方法——客户协同产品创新(Customer Collaborative Product Innovation,CCPI),出现在产品创新设计的研究领域。根据美国麻省理工 Sloan 管理学院 Von Hippel 教授^[3]的研究,客户协同产品创新可以有效地为企业的价值网络增值。因此,CCPI 绩效成为企业及创新团队关注的焦点。然而,由于 CCPI 过程的复杂性和不确定性导致客户协同环境下创新绩效的影响因素尚不完全明晰,影响机理也不明确,企业难以识别哪些是主要因素,哪些是次要因素,因而不能很好地对协同创新过程进行管理和控制,这严重阻碍了 CCPI 这种新的创新方式的应用和推广。因此,对客户协同产品创新绩效影响因素的研究具有重要的现实意义。

对于“创新绩效”,目前还没有一个统一的定义。大多数学者认为创新绩效是创新投入与产出之比,主要体现在创新效率和效果两个方面。参考大多数学者对创新绩效

的理解,本文认为 CCPI 绩效主要从 4 个方面来衡量。其中,前两方面是创新投入,后两个方面是创新产出。

目前,关于企业创新绩效影响因素的研究主要集中在技术创新、知识创新、协同创新几个方面。在技术创新方面:Scherer 等^[4]提出了技术机会因素激发假说;张杰等^[5]以江苏省制造业企业为样本,从企业规模、集聚效应、出口 3 个视角分析了影响制造业企业技术创新强度和 innovation 行为效果的关键因素;沈必扬等^[6]指出,结构因素(技术机会、知识溢出)和管理因素(吸纳能力)是影响企业创新绩效最主要的两类因素;常玉等^[7]指出,技术创新能力影响因素与技术创新绩效有密切的正相关关系,其中研发经费/人员投入、政府优惠政策、信息宽带网建设水平等因素对技术创新绩效的影响最大。在知识创新方面:Heeseok Lee 和 Byounggu Choi^[8]提出,知识创新绩效的影响因素包括文化因素、结构因素、人的因素以及 IT 支持等;叶金福等^[9]分析了影响企业集群知识创新能力的六大因素。在协同创新方面:万幼清等^[10]从知识视角探讨了集群协同创新绩效的影响因素,并分析了各因素与创新绩效之间的正负相关关系;陈劲等^[11]提取了影响技术和市场协同创新绩效的 6 个主要因子,分析了技术和市场协同创新过程中各要素间的协同联系和协同功能。

上述文献或者探讨了企业独自进行技术/知识创新的影响因素,或者探讨了产业集群协同创新的影响因素,然而对于 CCPI 这种新型产品创新设计方式绩效的影响因素

收稿日期:2009-10-26

基金项目:国家自然科学基金项目(70601037);教育部“新世纪优秀人才支持计划”项目(NCET-07-0908)

作者简介:王小磊(1983—),女,河北沙河人,重庆大学机械工程学院博士研究生,研究方向为客户协同创新、创新管理;杨育(1971—),男,四川成都人,重庆大学机械工程学院教授、博士生导师,研究方向为产品创新、网络化协同制造、创新管理;邢青松(1983—),男,河南开封人,重庆大学机械工程学院博士研究生,研究方向为协同设计、产品创新。

的研究还比较少见。与传统的产品创新方式相比,CCPI支持技术更加丰富;另外,由于客户这一特殊创新群体的参与使得过程更加复杂,因此影响CCPI绩效的因素多种多样。鉴于此,本文旨在通过对客户协同创新内涵、特征进行分析及调研访谈多家制造企业的基础上,全面挖掘CCPI绩效的影响因素并找出其核心影响因素,为企业有针对性地采取措施,以提高客户协同产品创新效率提供理论依据。

1 客户协同产品创新过程研究

CCPI的基本出发点源于领先用户理论和组织创造力理论。根据领先用户理论,以领先客户为主导的客户创造力对技术创新的实现具有决定性的作用^[3]。客户关于产品的使用知识和经验、个性化需求以及对产品进行创新的动力,是专业设计人员所不具备的创新优势;同时,专业设计人员在产品结构、新技术和新材料方面的知识及创造力又是客户所不具备的。根据组织创造力理论,在个体创造力、经验、知识和动机等方面,具有一定异质性组合的团队能有效提高其创新绩效^[12]。

CCPI打破了常规的产品创新思路,将企业研发的主动权与客户分享,把客户作为创新主体集成到产品创新团队中,使客户和专业设计人员协同进行产品创新。这种新的产品创新方式将客户的知识和创造力作为最宝贵的创新资源。在网络化协同工作环境下,通过客户与企业专业设计人员协同进行产品创新,可以相互补充各自在知识结构和创新能力方面的不足,激发群体创造力,从而开发出具有高度创新性和市场主导力的新产品^[13]。

产品创新产生于新的创意和需求,通过新产品设计、评价和测试,最终达到新产品上市的目标。客户参与产品创新设计主要集中在个性化需求的提出、创意产生、产品概念设计和原型产品测试几个阶段,具体的协同创新过程描述如下:

(1)明确产品需求及创新目标。市场开发人员进行客户调研,与客户充分交流;客户表达他们对当前产品的使用信息、遇到的问题并提出自己新的产品需求。同时,市场开发人员通过市场调查分析市场技术发展趋势,明确产品创新的目标。

(2)创新构思并提出产品创意。根据自己的需求,客户会提出独特的创新想法并把它转换为产品创意,再通过对其创意的进一步具体化,即完成了产品的概念设计。

(3)创意评价与完善。来自市场、设计、制造等领域的专家及客户,从市场认可度、未来应用前景、技术难度等多方面对每个创意进行评价,选出最有市场前景的创意。在此基础上,设计人员与客户进一步对创意进行完善。

(4)产品详细设计。客户在各种计算机辅助设计和创新工具的支持下,可通过网络与设计人员实时交换产品设计信息,协同完成产品的详细设计。

(5)原型产品测试与评估。团队中各领域专家及客户从技术可行性、经济可行性等方面对技术方案进行综合评

价,并确定最终的创新产品设计方案。

2 客户协同产品创新绩效的影响因素集

从对CCPI过程的分析可以看出,CCPI这种新型产品创新模式具有以下显著特征:

(1)客户的深度参与。客户不再仅仅是产品的消费者,而且还是产品设计的参与者。客户的行为不再局限于产品的选配或定制,而是与企业专业设计人员一起协同进行产品的创新设计,充分发挥了其创造性和能动性。

(2)组织的协同。在客户与设计人员进行协同设计的过程中,协同创新团队以创新目标为中心,以开发任务为纽带,团队成员之间相互学习交流、知识共享,各成员的知识、经验和创新技能的不对称性通过SECI这一螺旋上升过程得到互补,快速实现了知识创造,从而也保证产品创意最终物化为创新产品。

(3)网络化协同及多样化技术支持。分布在世界各地的客户、设计人员等创新成员,在基于计算机网络的协同环境中,可利用各种先进的协同设计技术、创新工具及大量产品知识库共同进行产品创新设计。

由此可见,CCPI是在网络化环境下的、有客户深度参与的、复杂的协同产品创新设计过程。为全面梳理CCPI绩效的影响因素,对相关研究文献进行了整理,并与产品创新领域专家进行了探讨,调研访谈了重庆多家IT、家具及制造企业负责人、主要设计师等。在此基础上结合CCPI的特征,本文建立了CCPI绩效的影响因素集。

(1)人员因素。结合CCPI“客户深度参与”的特征^[3,13,14],笔者从创新主体的角度建立了影响CCPI绩效的人员因素子集。客户协同创新的主体是客户与企业的专业设计人员。人员素质是客户协同创新得以实现的基本保障,创新团队成员的知识结构、专业技能、参与创新的动机及积极性等都对新产品创新设计的效率与效果起着决定性的作用。因此,创新团队成员的素质是影响创新活动的最基本因素。

(2)组织因素。结合CCPI“组织协同”的特征^[10-12,18],笔者从创新过程组织的角度建立了影响CCPI绩效的组织因素子集。创新成功与否与创新过程的组织有着密不可分的关系。组织因素是CCPI的结构因素,它主要包括组织制度、组织结构两个方面。组织制度包括组织协调机制、激励机制、知识共享机制等;组织结构则确定了协同创新中各要素的层次及相应的权利与地位,为协同创新中各要素间的有效联系奠定了基础^[12]。支持协同的组织结构是保障协同创新成功的重要条件之一。

(3)环境及技术支持因素。结合“网络化协同及多样化技术支持”的特征^[6,7,15-19],笔者分别从环境和技术支持两个角度建立了影响CCPI绩效的环境因素子集和技术因素子集。

环境因素子集。根据复杂适应系统理论,客户协同创新是企业为适应环境变化而不断作出的调整^[19]。良好的开发环境可提高组织创新的主动性与积极性,加快新产品

开发的进度。环境因素包括客户协同创新组织外部环境因素和内部环境因素两个方面。企业内部环境主要包括人力资源、资金实力、创新文化等; 企业外部环境包括市场环境、政策环境等。

技术支撑因素子集。企业所拥有的技术能力、创新工具、协同环境、支持客户设计的专家系统、专业领域数据库与知识库等技术资源, 是创新设计十分重要的物质基础, 它对企业的知识创新具有重要的支撑作用。在基于计算机和网络系统的现代协同设计环境下, 设计手段、设计思维都会因技术支持不同而产生巨大的差异。良好的产品创新设计工具、协同环境是激发客户和设计者想象力和创造力的源泉。

综上所述, 本文从人员、组织、环境和技术 4 个方面建构了影响 CCPI 绩效的因素集(见表 1)。

表 1 CCPI 绩效的影响因素集

类别	影响因素	类别	影响因素
人 因 素	客户的使用知识与经验(P ₁)	内部环境	企业的资金实力及信誉(E ₁)
	客户参与创新的动机与强度(P ₂)		企业组织创新文化与氛围(E ₂)
	客户的产品专业知识(P ₃)		技术、市场信息获取的准确性与及时性(E ₃)
	客户的专业设计技能(P ₄)		经营管理水平(E ₄)
	专业设计人员的创新技能和经验(P ₅)		研发人员所占比例(E ₅)
	团队成员的信息沟通能力(P ₆)	外部环境	企业与高校及科研机构的合作(E ₆)
	组织各成员间的相互信任机制(O ₁)		高层领导的重视程度(E ₇)
	组织各成员间的信息沟通机制(O ₂)		企业与客户间的非正式社会关系网络(E ₈)
	组织知识共享机制(O ₃)		市场对创新产品的需求(E ₉)
	组织协调机制(O ₄)		创新产品的竞争与垄断情况(E ₁₀)
	组织对客户的激励制度(O ₅)	技术因素	政府政策的支持(E ₁₁)
组织的结构形式(O ₆)	企业创新技术积累(T ₁)		
组织成员的分工结构(O ₇)	信息通讯技术(Internet/Intranet)应用水平(T ₂)		
组织成员的知识结构(O ₈)		先进辅助创新工具与协同软件的应用水平(T ₃)	
组织运行的柔性(O ₉)		企业知识与数据管理水平(T ₄)	

3 基于 FCA 方法的 CCPI 影响因素分析

由表 1 可以看出, 影响 CCPI 绩效的因素比较多。在企业具体实施 CCPI 时, 往往由于以上原因导致效率较低, 因此需要通过一种有效的方法找出核心影响因素, 以便其有针对性地采取措施以优化创新过程, 提高创新绩效。

为了有效识别出 CCPI 绩效的核心影响因素, 首先需

要各类专家等对各因素对创新绩效的影响程度进行评价, 在此基础上, 再利用得到的评价数据实现对影响因素的聚类。但是在对 CCPI 绩效影响因素进行分析评价的过程中, 不仅各影响因素本身具有一定模糊性, 而且各影响因素对创新绩效的影响也具有一定的模糊性。由此可知, 模糊性是 CCPI 绩效影响因素分析过程中的显著特征。而模糊聚类分析作为多元统计分析的一种方法, 它依据事物间的特征、亲疏程度和相似性对事物进行分类, 可有效解决科学研究中多因素分类问题。与其它方法, 如 ABC 法、支持向量机、主成分分析法等相比, 模糊聚类分析方法(Fuzzy Clustering Analysis, FCA)更适合处理 CCPI 影响因素分析中的模糊性问题^[20]。基于模糊等价关系的聚类方法是常用的一种模糊聚类分析方法, 且比较适合于计算机处理, 因此本文采用该方法对 CCPI 绩效影响因素进行聚类分析。

3.1 FCA 方法的基本原理

应用基于模糊等价关系的聚类方法对 CCPI 绩效影响因素进行聚类分析的基本步骤如下:

首先, 确定影响因素评分矩阵并把数据标准化。待分类的影响因素集合为 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k, \dots, u_n\}$ 。其中, u_k 由一组评分数据向量 x_k 来表示, $X_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kj}, \dots, x_{km})$, 由此得到评分矩阵 $X = [x_{ij}]_{n \times m}$ 。

对矩阵 X 的第 j 列元素采用标准差规格化处理:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (1)$$

其中, $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$, $S_j^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2$, $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$ 。

为使标准化数据处于 $[0, 1]$ 闭区间, 再采用极值标准化公式, 得到影响因素的标准化矩阵:

$$x''_{ij} = \frac{x'_{ij} - A_j}{B_j - A_j} \quad (2)$$

其中, $A_j = \min_j \{x'_{ij}\}$, $B_j = \max_j \{x'_{ij}\}$ 。

其次, 计算模糊相似矩阵。构造模糊相似矩阵的方法有距离法、相似系数法等。本文使用相似系数法中的夹角余弦法计算各因素之间的相似程度, 建立模糊相似矩阵 $R_s = [r_{ij}]_{n \times m}$ 。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m x_{ik} x_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m x_{ik}^2 \sum_{k=1}^m x_{jk}^2}} \quad i, j = 1, 2, \dots, 30 \quad (3)$$

再次, 计算模糊等价矩阵。模糊相似矩阵 R_s 满足自反性和对称性, 却不一定具有传递性, 不能直接用于模糊聚类。因此, 采用传递闭包法, 将模糊相似关系矩阵 R_s 改造为模糊等价矩阵 R^* , 即通过平方自合成构造 R_s 的传递闭包, 直到 $R_s^k = R^{2k}$ ($k = 2, 4, 8, \dots, 2^n$)。取 $R^* = R_s^k, R^* = [r'_{ij}]_{n \times n}$ 满足自反性、对称性和传递性。

最后, 模糊聚类并确定最佳聚类数目。求 R^* 在不同阈值 λ 下的截矩阵 R_λ^* , 通过 R_λ^* 分析各分类因素的相似程度, 并对其进行动态聚类。

定义 1 两个因素特征向量之间的距离为:

参考文献:

- [1] CHEN S L, TSENG M M. Defining specifications for custom products: a multi-attribute negotiation approach[J]. *CIRP Annals*, 2005, 54 (1): 159-162.
- [2] YANG Y, ZHANG X D, LIU F, et al. An internet-based product customization system for CIM[J]. *International Journal of Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 2005, 21(2): 109-118.
- [3] THOMKE S H, HIPPEL EV. Customers as innovators: a new way to create value[J]. *Harvard Business Review*, 2002, 80(4): 74-81.
- [4] SCHERER FIRM SIZE, MARKET STRUCTURE. Opportunity and the Output of Patented Inventions[J]. *American Economic Review*, 1965(5): 1097-1126.
- [5] 张杰, 刘志彪, 郑江淮. 中国制造业企业创新活动的关键影响因素研究——基于江苏省制造业企业问卷的分析[J]. *管理世界*, 2007(7): 64-74.
- [6] 沈必扬, 王晓明. 基于吸纳能力、技术机遇和知识溢出的企业创新绩效分析[J]. *科技进步与对策*, 2006(4): 126-129.
- [7] 常玉, 董秋玲. 科技园区技术创新能力影响因素与绩效的关系研究[J]. *软科学*, 2006, 20(2): 119-125.
- [8] LEE HEESEOK, BYOUNGGU CHOI. Knowledge management enablers, processes, and organizational performance: An integrative view and empirical examination[J]. *Journal of Management Information Systems*, 2003, 20(1): 179-228.
- [9] 叶金福, 李正锋. 产业集群内知识创新能力影响因素的实证分析[J]. *科学学研究*, 2006, 24(4): 624-628.
- [10] 万幼清, 邓明然. 基于知识视角的产业集群协同创新绩效分析[J]. *科学学与科学技术管理*, 2007(4): 88-91.
- [11] 陈劲, 王方瑞. 突破全面创新: 技术和市场协同创新管理研究[J]. *科学学研究*, 2005, 23(7): 249-254.
- [12] 胡汉辉, 潘安成. 组织知识转移与学习能力的系统研究[J]. *管理科学学报*, 2006, 9(3): 81-85.
- [13] 杨育, 郭波, 尹胜, 等. 客户协同创新的内涵、概念框架及其应用研究[J]. *计算机集成制造*, 2008, 14 (5): 944-950.
- [14] 王莉, 方澜, 王方华, 等. 网络环境下客户参与对产品开发绩效的影响研究[J]. *管理工程学报*, 2007, 21(4): 95-102.
- [15] 张文勤, 石金涛, 宋琳琳, 等. 团队中的目标取向对个人与团队创新的影响[J]. *科研管理*, 2008, 29(6): 74-82.
- [16] 陈仲常, 余翔. 企业研发投入的外部环境影响因素研究[J]. *科研管理*, 2007, 28(2): 78-86.
- [17] 花建锋, 赵黎明. 影响创新的模式和资源配置方法研究[J]. *中国软科学*, 2003(4): 142-145.
- [18] NAMBISAN S. Designing virtual customer environments for new product development: toward a theory[J]. *Academy of Management Review*, 2002, 27(3): 392-413.
- [19] YILMAZ, LEVENT. Innovation systems are self-organizing complex adaptive systems[R]. *The AAAI Spring Symposium*, 2008: 142-148.
- [20] 高新波. 模糊聚类分析及其应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004: 1.

(责任编辑: 赵 峰)

Research on Impacting Factors of Customer Collaborative Product Innovation Based on FCA

Wang xiaolei^{1,2}, Yang yu¹, Xing Qingsong¹, Zhao xiaohua¹, Zeng Qiang¹

(1. State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Department of Mechanical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: Customer collaborative product innovation (CCPI) is a new product design pattern. By customer involvement deeply in the process of product design, it can effectively enhance enterprises' innovation ability. Therefore, identifying the key impacting factors of CCPI performance has become a very important issue. The process and characteristics of CCPI were analyzed firstly. On the basis of literature analysis and interview with a number of enterprises, combining with CCPI's characteristics, CCPI performance impacting factor set was established. Then, using the method of Fuzzy Cluster Analysis (FCA), the impacting factors were clustered and the critical ones were found and analyzed. The results provide theoretical guide for enterprises to optimize innovation process and improve the innovation performance.

Key Words: Customer-Collaboration; Product-Innovation; Innovation Performance; Performance Evaluation; Fuzzy Cluster