

产品协同开发能力的基础框架评价模型及评价方法研究

王啸峰, 卞致瑞

(北京科技大学 机械工程学院, 北京 100083)

摘要: 在分析产品协同开发框架模型的基础上, 建立了包括组织协同、过程协同、信息协同和资源协同 4 个方面构成的产品协同开发能力评价分析模型, 阐述了运用 OPIT 分析模型和层次分析法(AHP)建立三层评价影响因素指标集。最后结合实例提出指标评价过程模型的实现技术路线及其步骤, 验证了方法的可行性。

关键词: 产品协同开发; 框架模型; 评价分析模型; 评价体系; 评价方法

中图分类号: F406.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2010)17-0135-04

0 引言

全球化市场竞争的加剧和用户个性化需求的增长迫使企业加速其产品开发, 然而由于现代产品的复杂程度和技术含量的提高, 单一企业常常受到技术和资源等方面的限制, 无法胜任产品开发的全过程, 跨领域、跨地域的企业或部门协同完成产品开发任务成为一种普遍的产品开发模式^[1]。动态联盟(或集成开发团队)成为协同开发模式下企业联盟或公司进行产品开发的组织形式, 其显著的特点是根据产品开发任务要求成立若干个协作工作小组, 它随着市场机遇产生而建立, 随机遇消失而结束, 将合作形式虚拟化与合作过程敏捷化相结合, 提高了企业的整体效率和市场适应能力。

从目前的研究成果来看, 专门针对制造企业产品协同开发能力评价的研究相对欠缺, 并没有对这一领域的明确清晰的界定和研究^[2-4]。在文献[1]中提出利用图的相关概念, 针对开发过程分解来选择具有开发能力的成员的方法, 未对具体成员选择进行深入探讨。文献[2]从虚拟企业的虚拟度出发建立了评价体系, 从几个指标层次分析了成员间的合作程度, 缺乏从全过程角度的分析。

基于此, 本文首先根据所提出的产品协同开发定义及其本质特征, 抽取其基本构成要素构建了产品协同开发的框架模型并分析其组成子模型关系, 并以该模型为基础给出了协同开发能力评估的分析模型, 阐述了如何运用分析模型建立协同能力评估影响因素指标集(即评价指标体系)。最后结合企业实例, 对协同开发能力指标评价过程实现技术路线及步骤进行实例探讨, 通过实例验证文中方法的可行性。

1 产品协同开发框架模型

1.1 模型构建

从当前关于产品协同开发的研究来看^[5], 还没有一个权威的定义, 但下述观点被人们普遍接受, 即产品协同开发是为了完成一个共同的产品开发目标, 跨部门、跨区域、跨学科的多个开发人员和管理人员在开发时间和企业资源的约束条件下, 通过交互、通信、协作和谈判, 共同完成目标产品的开发。它旨在以协同为手段来改善产品开发水平, 提高产品质量, 缩短交货时间。其本质是充分共享并优化利用各种资源, 通过并行、交互、协作等开发活动方式, 在信息网络技术支持下, 采用合理的组织形式, 使企业能更快更好地实现客户需求的一种产品开发模式。本文从这一定义出发建立协同开发框架模型, 该模型是对产品协同开发过程的抽象与概括, 反映了基本构成要素间的相互关系。

在对产品协同开发定义特点理解的基础上, 抽取 4 个基本构成要素: 协同主体、协同活动、目标客体、协同资源, 作为建立产品协同开发框架模型的基础。

(1)协同主体: 协同主体主要是指参与协同开发活动的全体成员, 包括核心企业、协作企业、一般成员等, 并采用一定的组织形式。

(2)协同活动: 协同活动是产品开发过程的基本单元, 是参与个体在开发中的角色评判的依据, 特指协同主体在执行开发任务时对目标客体所进行的操作过程。

(3)目标客体: 目标客体是主体操作的对象, 在产品协同开发过程中, 产品数据信息模型是客体的主要表现形式, 并用于产品开发全生命周期。

收稿日期: 2010-03-30

作者简介: 王啸峰(1975-), 男, 内蒙古赤峰人, 北京科技大学机械工程学院博士研究生, 研究方向为产品协同开发相关技术; 卞致瑞(1950-), 男, 北京人, 北京科技大学机械工程学院教授、博士生导师, 研究方向为现代设计方法研究、新型机械设备计算机仿真等。

(4)协同资源：协同资源是指主体进行协同开发活动时可以利用的各种有效资源，主要包括各种硬软件技术资源。

上述 4 种基本构成要素之间存在有机联系，概括来说：在进行产品协同开发过程中，协同主体充分利用各种资源采用合理的协同活动方式来创造客体，据此建立图 1 所示的产品协同开发框架模型。该模型把抽象的协同开发活动用模型的方式具体化、形象化，其目的是使效率评估人员了解协同开发工作过程，有利于找出影响协同能力评价的关键因素。

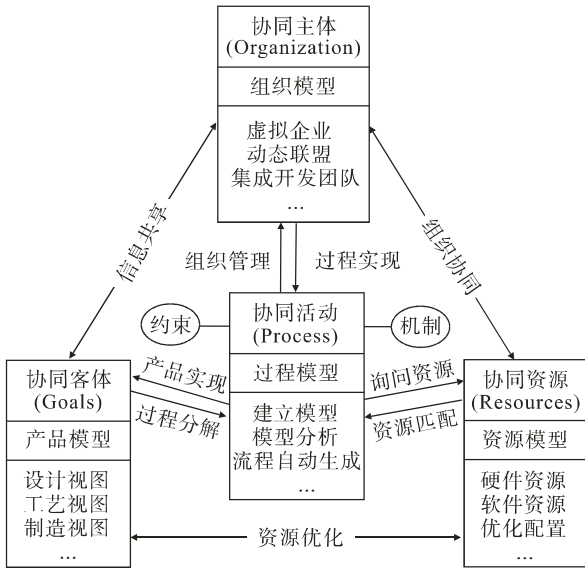


图 1 产品协同开发框架模型

1.2 模型关系分析

从图 1 框架模型可以看出，其由 4 个基本构成要素相对应的 4 个子模型组成，分别为组织模型、产品模型、资源模型和过程模型，下面对各子模型及其关系进行阐述分析。

组织模型：是在“协同主体”这一基础要素上形成的子模型，是整个协同模型的组织保障。所有参与协同开发的各成员单位为了共同的开发目标，按照某种约定的方式形成的组织结构。随着信息网络技术的不断深入研究和应用，这种新的以信息为导向，结构扁平化的组织形式更强调协同成员之间的信息共享和资源协作，共同面对市场需求。

过程模型：是在“协同活动”这一基础要素上形成的子模型，是整个协同模型的核心单元。协同活动按照一定的约束关系和实现机制连接在一起形成产品协同开发过程。通过形式化方法准确地描述产品开发过程及其逻辑关系，将产品全生命周期理念应用于产品开发过程模型，建立协同的产品开发模式以提高企业的产品开发能力。

产品模型：是在“目标客体”这一基础要素上形成的子模型，是整个协同模型的现实根据。通过特定的方法或方式将目标客体形成适当的产品模型，所形成的产品模型是与目标产品有关的所有数据的集成，应包括产品开发过程全生命周期的全部信息。合理的产品信息模型可以有效指导过程模型、组织模型的构建，并形成资源模型的约束条件。

资源模型：是在“协同技术资源”这一基础要素上形成

的子模型，是整个协同模型的物质知识基础。技术资源是企业完成开发功能的物质和能力的保证，包括企业的制造设备、运输装备、原材料、计算机软硬件以及企业的核心技术等。由各协同企业核心资源构成的资源模型应有效支持过程模型的需求因素。

2 产品协同开发能力评价分析模型及指标集建立研究

产品协同开发能力归根到底取决于对企业及其协同开发系统的科学管理，通过对协同开发能力综合评价指标体系构建研究，运用适当的方法描述制造企业间产品协同开发能力，借此来探讨协同开发能力对制造企业绩效产生的影响，为企业决策及后续研究提供参考依据。

2.1 协同开发能力评价分析模型构建研究

在前文对产品协同开发框架模型分析所提出的 4 个子模型基础上，本文将企业协同开发能力进一步分解为 4 项基本协同能力，即组织协同能力(O)、过程协同能力(P)、信息协同能力(I)和技术协同能力(T)，构建了产品协同开发的 OPIT 评价分析模型(如图 2 所示)。该模型反映了产品协同开发能力评价的基础分析框架结构，它通过 4 个单项协同能力视图及其各自的协同评价影响因素来共同表现协同开发的整体能力。在该基础模型中，组织协同能力视图包含的组织协同影响因素有：与客户的信信息协作能力、企业内部组织协作能力、企业外部组织协作能力等；过程协同能力视图包含的过程协同影响因素包括：约束满足能力、冲突处理能力、过程建模与重构能力以及开发过程规划控制能力等；信息协同能力视图包含信息共享影响因素，包括：基础信息设施建设状况、产品开发信息共享水平、信息的处理与应用能力以及信息安全管理水平等；技术协同能力视图包含的资源协同影响因素包括：技术系统整合能力、资源协同调度能力、技术资源配置能力等。各因素之间相互影响、相互作用，共同形成企业协同开发的综合评价体系框架结构，从不同侧面评判企业协同开发能力，引导了整个企业协同开发能力的螺旋式上升。

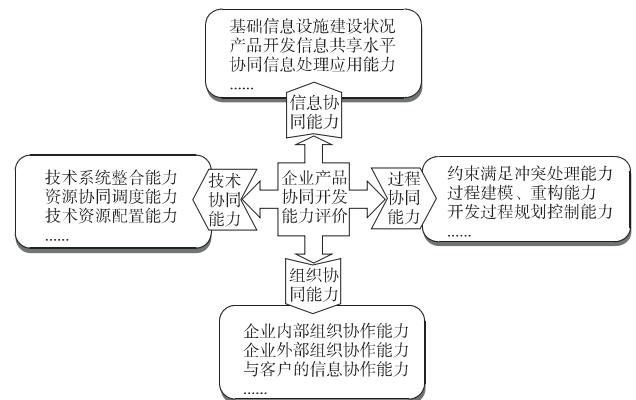


图 2 产品协同开发能力的 OPIT 评价分析模型

2.1.1 组织协同能力

由于产品的复杂程度和开发难度增加，企业已不可能

单独承担所有业务的开发。因此,企业的产品开发过程与外部环境的交流越来越多,客户、供应商以及其它组织在企业产品研发过程中的作用显得越发重要。具有良好的组织协同能力,通过优化自身企业资源,与用户建立有效的信息联接,与高校、科研机构进行合作创新,协调企业内各职能部门的关系,与其它企业协同合作,可为协同开发活动提供一个良好的组织平台。

2.1.2 过程协同能力

现代产品开发过程立足于产品的全生命周期,以客户个性化需求为核心来组织和管理产品开发活动,通过开发成员间的协同工作来完成整个产品的开发过程。协同开发过程往往在计算机辅助工具和网络环境的支持下,以特定产品开发有效资源和条件约束为背景的开发活动和任务流程,具有递阶性、复杂性、分布性、动态性和不确定性等特点。通过评估过程协同能力,可以评估并指导开发活动,使其协同有序,进而提高开发的效率。

2.1.3 信息协同能力

产品协同开发的主要目标是在特定市场环境下,将目标开发产品描述为数字化模型并将其应用于产品协同开发全生命周期的各个环节。这就要求产品信息必须要有完整可靠的产品描述,不仅要包括产品定义数据本身,还要包含所有与产品开发相关的环节。参与协同开发的企业所属的信息资源是否有效开发和合理利用,对其它要素有着决定性的影响。

2.1.4 技术协同能力

协同开发内容实际是利用一定的技术资源将原材料按照特定的要求转化为产品的过程。为了充分合理地使用企业有限的技术资源,就必须做到有效配置,协同开发能力的技术资源配置是产品快速实现技术研究的重要构成,其中产品协同开发资源可以分为结构性资源和组织性资源。

2.2 基于层次分析法的协同开发能力评价指标集的确定

产品协同开发能力评价指标体系构建是对评价对象总体特征认识逐步深化、逐步求精和完善的过程。首先须解决评价指标集的选择问题,其选择应遵循一定的指导原则^[6]:

客观性与科学性原则; 可行性和可比性原则; 系统性与完整性原则; 定性与定量评估相结合原则。所建评价指标体系应具有描述作用、分析作用、评价作用以及导向作用。本文依据前文提出 OPIT 评价分析模型和层次分析法来进一步确定协同开发能力评价指标集。

层次分析法(简称 AHP)是 20 世纪 70 年代初期由美国运筹学家 T. L. Saaty 提出的,一种将决策问题的有关元素分解为目标、准则、指标等层次,在此基础上进行定性分析和定量分析的多准则决策方法。这种方法是在对复杂决策问题的本质、影响因素以及内在关系等进行深入的分析基础上,构建一个层次结构模型,然后利用较少的定量信息,把决策的思维过程数学化,从而为求解多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供一种简便的决策方法。问题层次结构是将问题条理化、层次化,并且构造出

一个层次分析的结构模型,是 AHP 的关键步骤。按照层次分析结构模型通常包含以下 3 个层次: 目标层。这一层只有一个元素,是对问题目标的描述; 准则层。这一层包括了实现目标所涉及的中间环节,是对目标层的具体描述和扩展; 指标层。这一层是对准则的细化。

本文选用前文的 OPIT 模型和 AHP 方法,确定信息协同能力、过程协同能力、组织协同能力和技术协同能力为一级指标集。二级指标集包括基础信息设施建设状况、产品开发信息共享水平、协同信息处理与应用能力、信息安全管理水平、约束满足能力、冲突处理能力、过程建模与重构能力、开发过程规划控制能力、与客户的信息协作程度、企业内部组织协作程度、企业外部组织协作程度、资源系统整合能力、资源协同调度能力、资源优化配置能力等,需要指出此处的二级指标是概括性陈述,不同时期、不同企业可结合实际情况进行添加或筛选。构建的产品协同开发能力评价指标体系层次分析结构如表 1 所示。

表 1 产品协同开发能力评价指标体系层次结构

目标层(A)	准则层(B)一级指标	指标层(C)二级指标
面向MC产品协同开发能力(A)	信息协同能力(B ₁)	基础信息设施建设状况(C ₁₁)
		产品开发信息共享水平(C ₁₂)
		协同信息处理与应用能力(C ₁₃)
		信息安全管理水平(C ₁₄)
	过程协同能力(B ₂)	约束满足能力(C ₂₁)
		冲突处理能力(C ₂₂)
		过程建模与重构能力(C ₂₃)
		开发过程规划控制能力(C ₂₄)
	组织协同能力(B ₃)	与客户的信息协作程度(C ₃₁)
		企业内部组织协作程度(C ₃₂)
		企业外部组织协作程度(C ₃₃)
		技术协同调度能力(C ₄₂)
	技术协同能力(B ₄)	技术系统整合能力(C ₄₁)
		技术资源配置能力(C ₄₃)

3 评价方法

建立了产品协同开发能力综合评价指标体系后,就要考虑如何量化产品协同开发能力。针对指标体系中的许多因素是难以准确描述的指标(更多的定性描述指标)和协同开发关系的复杂性特点,本文采用模糊层次分析法确定指标权重,并对评价指标进行前端过滤预处理,再利用基于径向基函数神经网络构建的评价模型,来对指标进行具体量化评价的技术路线(如图 3 所示)分析。

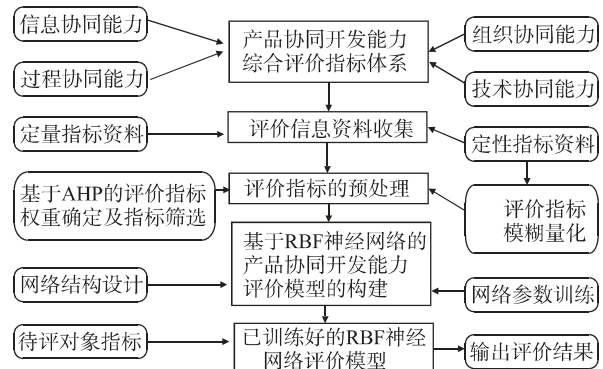


图 3 协同开发能力评价过程实现技术路线

步骤 1:针对评价目标确定协同开发能力综合评价指标体系结构。参考本文提出的 OPIT 评价分析模型,根据企业的实际特征,构建了相对完善的企业产品协同开发能力评价指标体系。

步骤 2:对评价信息进行采集、分析,并转换为规范的格式。根据构建的协同能力评价指标体系,对于定量指标收集相关数据并归一化处理,对于定性指标设计调查问卷,完成定性指标的收集并对其模糊量化,为后续评价提供基础。

步骤 3:评价指标数据预处理,包括利用模糊层次分析法对评价指标权重的确定以及进行指标筛选。在评价过程中,不同的评价指标权重的选取直接影响到最终评价的结果。由于协同开发能力评价指标的权重确定往往需要众多模糊数,可利用模糊数学中三角模糊数来表示模糊比较判断的方法,求得权重的模糊范围及影响元素的排序,再对模糊区间进行解模糊化,计算出明确值。弥补了层次分析

法采用 1—9 标度法未能反映人类判断的模糊性的缺点。本文利用此法对某气力除灰设备制造厂家的协同能力指标权重计算结果如表 2 所示。

表 2 某公司协同能力指标权重的计算结果

A	B	W_{A-B}	C	W_{B-C}	W_{Δ}	总序
产 品 协 同 开 发 能 力 (A)	B1	0.271	C ₁₁	0.110	0.029 8	8
			C ₁₂	0.463	0.125 5	3
			C ₁₃	0.317	0.085 9	4
			C ₁₄	0.110	0.029 8	8
	B2	0.122	C ₂₁	0.125	0.015 2	12
			C ₂₂	0.125	0.015 2	12
			C ₂₃	0.224	0.027 3	10
			C ₂₄	0.526	0.064 2	6
	B3	0.080	C ₃₁	0.683	0.054 6	7
			C ₃₂	0.195	0.015 6	11
			C ₃₃	0.122	0.009 8	14
	B4	0.527	C ₄₁	0.382	0.201 3	2
			C ₄₂	0.494	0.260 3	1
			C ₄₃	0.124	0.065 3	5

注:各符号含义见表 1 所示。

表 3 协作企业协同开发能力 RBF 网络模型评价结果及比较

指标	训练数据						检验数据						
	企业1	企业2	企业3	企业4	企业5	企业6	企业7	企业8	企业9	企业10	企业11	企业12	企业13
期望值	0.513 0	0.709 9	0.286 4	0.339 2	0.524 4	0.686 9	0.448 7	0.769 4	0.757 9	0.652 2	0.520 7	0.690 7	0.442 7
训练值	0.513 0	0.709 9	0.286 4	0.339 2	0.524 4	0.686 9	0.448 7	0.769 4	0.757 9	0.654 6	0.518 1	0.687 3	0.440 9
误差	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.002 4	0.002 6	0.003 4	0.001 8

步骤 4:构建基于 RBF 神经网络协同开发能力综合评价模型,进行网络结构设计,选取足够的样本,对神经网络模型进行训练学习,使模型获得知识和经验。RBF 神经网络是由大量简单的处理单元组成的非线性、自适应、自组织系统,评价结果客观、准确,更加具有实际参考价值。以预处理的二级指标作为 RBF 神经网络模型的输入向量,将综合评价结果作为 RBF 神经网络的输出向量,选用一定数量的样本训练该网络,使其模型获得评价专家的知识、经验以及各指标权重数值,从而达到自适应学习的目的。表 3 中列出了对该企业所建的 RBF 神经网络分析模型的训练和检验数据,结果表明该模型方法是有效可行的。

步骤 5:将待评价对象相应的指标值输入到训练好的神经网络模型,即可得到对该评价对象的评价结果。企业可根据评价结果综合评判自身协同开发能力,发现过程薄弱环节和优势所在,采取相应措施促使协同开发能力的提高。

4 结束语

对企业产品协同开发能力的评价是一项复杂的系统工程,需要对各方面因素进行全面权衡才能准确把握。本文通过对影响企业协同开发能力的因素的分析,尝试用协同开发能力描述企业协同开发的状况,依据客观性、科学性、可行性、完整性等设计原则,利用从框架模型导出的评价分析模型,从过程协同、信息协同、组织协同、技术协同 4 个方面构建了相对完善的协同开发能力评价指标体系,并

讨论了采用适当的评价过程对指标量化的技术路线。该评价体系综合了企业协同开发能力的各个方面,有利于引导制造企业合理评价其协同开发能力,明确自身优势与劣势,对提高定制产品的设计效率、设计质量和降低设计成本起到积极的指导作用。文中构建的用于协同能力评价的指标体系基础分析框架模型具有一定的普适性,在应用过程中可视具体情况选择分析模型中一种或几种视图,形成适合企业特点的评价指标体系。

参考文献:

[1] 张劲松,肖人彬.虚拟企业环境下的协同产品开发链[M].武汉:华中科技大学出版社,2007.

[2] 廖成林,唐逸飞.虚拟企业的虚拟度评价指标体系研究[J].科技进步与对策,2008,25(3):139-141.

[3] 周荣辅,赵俊仙.供应链协同效果评价指标体系的构建[J].统计与决策,2008(13):65-66.

[4] 柯飞帆,宁宣熙.基于神经网络的合作企业资源协同评价的研究[J].企业管理与信息化,2006,35(1):17-20.

[5] 马峻.产品协同设计过程中关键技术的研究与实现[D].西安:西安理工大学,2005.

[6] 刘新建.系统评价学[M].北京:中国科学技术出版社,2007.

(责任编辑:查晶晶)