

文章编号:1000-582X(2006)06-0001-06

网络化产品开发的协同层次及影响因素分析*

张晓冬¹ 张志强^{1,2} 杨育¹

(1 重庆大学机械工程学院,重庆 400030;2 河北省交通勘察设计研究院,河北 石家庄 050010)

摘要:网络化产品开发的协同层次具有明显的多样化特征,然而对协同层次影响因素的系统分析方法还十分缺乏.为此,首先提出了一个协同层次影响因素分析的总体框架,并建立了一个包括消息层、数据层和应用层的协同层次模型.其次,从技术、组织和经营3个方面分析了协同层次的影响因素,分解出了具体的影响因子,对每一影响因子进行了系统地分析,最后建立了集成层次分析法、综合模糊评价法和差距分析法的量化分析方法集,并给出了具体的分析实例.所提出的分析方法不但能支持对网络化产品开发的协同层次和方式进行决策,而且还可分析协同层次的重点影响因素,对协同开发过程进行针对性的改进.

关键词:网络化产品开发;协同层次;影响因素
中图分类号:TB472

文献标识码:A

随着产品设计与信息技术的飞速发展,网络化产品开发已成为企业提高其产品竞争力的有效途径,越来越多的企业正在或准备借助于网络化产品开发的契机来面对激烈的市场竞争.不同的企业环境,针对不同的产品策略,在不同的实施范围内,协同的实现方式明显不同^[1].企业必须采取恰当的协同方式,才能真正达到网络化产品开发的预期效益.那么,企业协同产品开发都有哪些协同方式?在选择协同方式时要考虑哪些影响因素?如何对这些影响因素进行评价?如何根据评价结果指导协同的实现?

为解决上述问题,国内外展开了积极的研究.例如,Sethi等人提出协同产品开发过程的集成程度对产品的竞争力具有重要影响,并从产品、组织等方面分析了影响因素^[1];Malhotra等人通过企业案例分析,对协同产品开发过程中的风险和成功经验进行了总结^[2];Kenneth等人对企业部门间网络化协作成功的组织性因素进行了分析^[3];Dahan等人对分布化产品开发过程的各阶段进行了系统的方法总结^[4];Lasser等人对协同效果的影响因素进行了行业调查^[5].然而,这些研究还比较分散,对协同方式的影响因素分析还缺乏系统和量化的分析方法.

为此,首先建立了一个协同方式影响因素分析的总体框架,给出了网络化产品开发的协同层次模型,并

提出了一系列可操作的、量化的影响因素分析方法.该分析方法不但可以协助企业对网络化产品开发的协同层次和方式进行决策,而且还可以通过分析影响协同层次的主要问题和关键因素,从而对网络化产品开发过程进行针对性的改进.

1 影响因素分析总体框架

协同层次影响因素分析的总体框架由分析输入、分析方法、分析输出3部分组成,如图1所示.

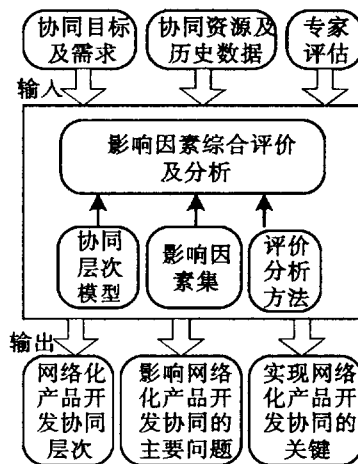


图1 协同层次影响因素分析总体框架

* 收稿日期:2006-02-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70501036);重庆市自然科学基金资助项目(2005BB2018).

作者简介:张晓冬(1972-)女,河北唐山人,重庆大学副教授,博士,主要研究方向为工业工程与管理,CAD/CAPP,CAM,过程仿真等.

其中,影响因素分析方法又由协同层次模型、影响因素集和一系列具体的评价分析方法组成.协同层次模型描述网络化产品开发的协同方式以及各种不同协同方式的应用范围;影响因素集系统地汇集了协同层次的影响要素;评价分析方法提供一系列可操作的系统方法来对协同层次进行评价,并找出重要影响因素.作为评价方法的输入,企业需要确立本企业的协同目标及需求,分析自身的协同资源及协同历史数据,并借助于专家对企业的协同表现进行评价.在输入信息与评价方法的共同作用下,企业可以分析出网络化产品开发应采取的协同层次、影响产品开发协同的主要问题以及实现协同的关键所在.下面将对协同层次模型、影响因素集以及评价分析方法逐一进行阐述.

2 网络化产品开发的协同层次模型

基于总体分析框架,首先需要将网络化产品开发的协同方式进行分类.为此,根据企业协同产品开发的需求和深度的不同,将协同方式划分为消息层协同、数据层协同以及应用层协同,从而建立了一个协同方式的层次化模型(见图2).图中的纵向表示从消息层到应用层协同程度不断增加;横向表示每一层内部协同程度从左至右逐渐增加.

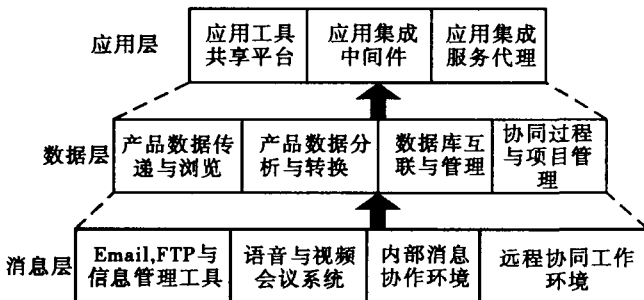


图2 网络化产品开必协同层次模型

1) 消息层协同

消息层协同是指在协同产品开发团队中,各成员之间的协同通过消息和文件的交换来实现.比较典型的方式是通过电子邮件、语音、视频会议、协同团队内部的网络协同工作环境或外购的远程网络协同工作环境进行.由于Intranet及它的普及应用,这种协同方式的实现成本和维护成本低,开发人员容易使用,因此适合于协同的低级阶段采用.

2) 数据层协同

数据协同用于实现产品开发各个协作单元之间对共享产品数据的共同创建、修改、评价,并在协同的过程中快速准确地获取分布的产品信息^[1].数据层协同是一种应用最为广泛的协同方式,其应用范围包括:产品结构数据、工程数据、工艺数据、制造数据的共享与协同;产品开发项目数据、过程数据的共享;客户需求与供应商信息的共享等.

3) 应用层协同

应用层协同是协同产品开发进一步充分发挥效益的协同方式.在这一层次中,应用系统不仅共享数据,还可以共享操作服务,即数据和业务过程的共享.应用层协同的主要应用范围包括:客户通过共享部分产品开发应用模块来参与设计过程^[6];产品开发团队通过共享先进的设计、分析、测试等应用软件来实现设计协同^[7-8];供应链上各方通过应用程序共享实现远程制造仿真及生产过程远程决策等.

上述3个层次的协同方式特点不同,适用面也不同.低层次技术难度低,建立和管理成本低,但集成程度低,协同设计的效率低,收效低;高层次实现的技术难度高,投资、运行和维护的成本高,但集成程度高,协同设计的效率高,协同的效果也就明显^[1,5].因此,企业必须分析协同层次的影响因素,选择恰当的协同方式,才能取得预期的效果.

3 协同层次影响因素集

为了系统和全面地分析协同层次的影响因素,文中从技术、组织和经营3个方面建立了协同层次影响因素集^[9].具体方法是:首先从这3个方面分解出具体的影响因素,然后对每一影响因素分解出影响因子,再对每一影响因子进行影响分析,从而形成一个可评价的影响因素集.

1) 技术影响因素

技术对协同层次的影响包括产品特点、信息系统特点和协同技术需求3个因素.每一因素具体的影响因子以及影响因子对协同层次的影响分析如表1所示.

表1 技术影响因素的组成因子和影响分析

影响因素 T	影响因子	影响分析
T ₁ (产品特点)	T ₁₁ (产品复杂程度)	产品越复杂,信息传递和共享越频繁,所需要的协同层次越高
	T ₁₂ (产品技术含量)	技术含量越高,则越需要通过高层次协同来提高开发的成功率
T ₂ (信息系统特点)	T ₂₁ (计算机辅助设计应用程度)	集成程度高的技术系统可通过高层次协同缩短开发周期,提早发现设计问题
	T ₂₂ (产品数据管理应用程度)	数据管理水平越高,越适合采取高层次的协同方式
	T ₂₃ (管理信息系统应用程度)	管理信息系统可使协同各方的信息及时获取,从而提高协同的收益
T ₃ (协同技术需求)	T ₂₄ (供应商信息建设水平)	供应商的技术水平越高,越利于通过高层次协同提高效率
	T ₃₁ (协同的技术目标)	目标越简单,协同层次越低;目标越复杂,协同层次越高
	T ₃₂ (协同任务的复杂性)	协同任务越复杂,所需的协同层次越高

2) 组织影响因素

组织影响包含产品开发部门的组织形式,企业的组织形式,供应商的组织形式,人员素质等 4 个因素.组织越分布,协作经验越丰富,协作人员的协作素质越高,则采用高层次协同方式的收益越大.具体的组织影响因子如表 2 所示.

表 2 组织影响因素的组成因子和影响分析

影响因素 O	影响因子	影响分析
O ₁ (产品开发部门的组织形式)	O ₁₁ (组织结构)	灵活的组织结构使协同工作能够高效地进行,更适合高层次协同
	O ₁₂ (协作经验)	协作经验的积累可避免不合理的协作过程,适合采取高层次协同方式
	O ₁₃ (管理层的参与程度)	管理层的深度参与可克服协同阻力,因此适合采取高层次协同
O ₂ (企业的组织形式)	O ₂₁ (企业组织结构)	扁平的企业组织能更深度地支持协同产品开发,可通过高层次的协同使开发团队更高效工作
	O ₂₂ (产品开发部门和企业其它部门的协作经验水平)	协作经验可增加协同的广度和深度,使高层次协同更容易实现
O ₃ (供应商的组织形式)	O ₃₁ (供应商的组织特点)	供应商的组织结构和组织文化与本企业一致,则更容易进行高层次的协同
	O ₃₂ (供应商的信任水平)	具有良好信任水平的供应商,可与企业一起采用高层次的协同方式提升市场竞争力
	O ₃₃ (供应商协作经验水平)	有着良好协作纪录和协作经验的供应商适合采用高层次协同
O ₄ (人员素质)	O ₄₁ (个人协作技术水平)	个人协作技术高,可克服协同的技术阻力,利于高层次协作的成功实现
	O ₄₂ (个人协作经验水平)	个人的协作经验有助于高层次协同的顺利进行

3) 经营影响因素

经营对协同方式的影响包括企业产品战略、企业 IT 战略、市场竞争程度、市场环境稳定程度 4 个因素,进一步的分析如表 3 所示.

表 3 经营影响因素的组成因子和影响分析

影响因素 B	影响分析
B ₁ (企业产品战略)	对创新为主的产品战略,通过协同可以大幅度提高产品的创新技术含量.
B ₂ (企业 IT 战略)	企业可设法通过构建高度协同的 IT 环境来实现高层次协同.
B ₃ (市场竞争程度)	激烈的市场竞争环境需要具有市场竞争力的产品,而只有高层次的协同才能满足这一要求
B ₄ (市场环境稳定程度)	市场环境越不稳定,高层次的协同产品开发就越能保证反应敏捷性.

4 基于影响因素集的评价分析方法

基于影响因素集的评价分析方法由专家评价、历史数据分析、加权系数法、层次分析法、多层模糊评价法和差距分析法组成,其工作过程如图 3 所示.首先基于协同层次模型构造评价指标影响因素集.然后由专家通过层次分析法或加权系数法确定准则层各因素和指标层中各指标的权重,并对底层的每个评价指标进行评估,确定每一评价指标评价分值.专家的评估过程应基于对历史和经验数据的分析以及统一的评价标准,才能保证评价分值的准确性.再基于模糊综合评价法进行计算即可得到综合评估值,并根据综合评估值确定应采取的协同层次.最后基于差距分析法分析影响协同产品开发的重要因素.如果对重要影响因素进行了改进,则需要重复上述工作过程来验证改进效果.

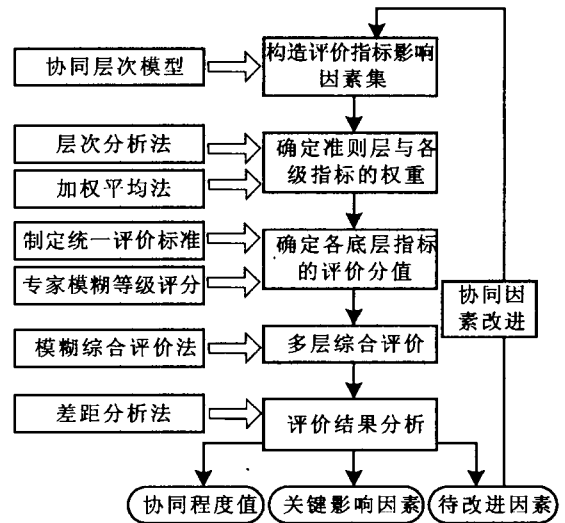


图 3 基于影响因素集的评价与分析过程

5 案例分析

下面结合一个实例对该方法体系的应用进行讨论.企业 A 为一个家具制造企业,在某家具新产品的开发过程中,其协同需求主要体现在两方面:一方面是与五金件供应商的协同设计,即和五金件供应商协作设计家具的把手、五金装饰件和连接件;另一方面是客户的协同定制方面,要客户参与产品的基本尺寸、设计风格、使用功能等设计环节.基于影响因素和评价指标分析,表 4 为专家对技术因素集的评估结果.

首先,各指标层的权重可通过层次分析法或专家直接评价后加权平均得到.本例中需要计算指标层 A、指标层 B、指标层 C3 层权重.限于篇幅,表中所列的

表4 A企业网络化产品开发协同层次专家评估表(技术因素)

指标层		每一评价等级的专家人数 (专家共7人)									
指标层 A	权重 W_1	指标层 B	权重 W_2	指标层 C		评价等级					
				编号	名称	权重 W_3	很强 0.9	强 0.7	中 0.5	弱 0.3	很弱 0.1
产品特点	0.2	产品复杂程度	0.5	1	零部件数目	0.3	0	0	3	4	0
				2	结构	0.5	0	1	4	2	0
				3	过程	0.2	0	0	3	4	0
	0.2	产品技术含量	0.5	4	新原理	0.3	0	0	0	5	2
				5	新结构	0.3	0	3	3	1	0
				6	新材料	0.2	0	0	3	3	1
				7	新工艺	0.2	0	0	3	3	1
信息系统特点	0.4	计算机辅助系统应用程度	0.3	8	应用水平	0.6	0	2	4	1	0
				9	集成程度	0.4	0	0	2	4	1
				10	分布程度	0.4	0	0	4	3	0
	0.4	PDM应用程度	0.3	11	应用范围	0.3	0	0	2	4	1
				12	功能	0.3	0	0	1	4	2
	0.1	管理信息系统应用程度	0.1	13	分布程度	0.4	0	0	3	3	1
				14	应用范围	0.3	0	0	2	4	1
				15	集成度	0.3	0	0	0	4	3
	0.3	供应商信息系统建设水平	0.3	16	设计系统	0.5	0	0	4	2	1
				17	PDM系统	0.4	0	0	0	3	4
18				管理信息系统	0.1	0	0	0	4	3	
协同技术需求	0.4	协同的技术目标	0.5	19	人员沟通	0.2	0	0	4	3	0
				20	数据交换	0.4	4	2	1	0	0
				21	组织管理	0.2	1	2	2	0	2
	0.5	协同所涉及的范围	0.5	22	应用共享	0.2	0	0	1	5	1
				23	开发部门内部	0.3	3	4	0	0	0
				24	企业内部	0.2	0	3	3	1	0
				25	企业与客户	0.2	1	4	2	0	0
				26	企业与供应商	0.3	1	3	3	0	0

权值为专家直接评价所得,分别为 W_1, W_2, W_3 。

然后,通过模糊综合评价法,得到最终的技术因素对协同层次的影响值.其过程为:

1) 确定最底层评价指标的综合权重.每一底层指标的综合权重为所对应的每一层权重的乘积,即

$$W = W_1 \times W_2 \times W_3.$$

2) 定义评价尺度集 E , 即评价等级集合. 在本例中, 定义各评价指标对协同层次影响力为很强, 强, 中, 弱, 很弱等 5 个模糊评价尺度, 即

$$E = (0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1).$$

3) 建立描述所有底层评价指标评估值的隶属度矩阵, 即专家对每一指标的评价结果. 该矩阵是一个模糊关系矩阵, 根据表 4 的每一评价等级的专家人数, 该矩阵为:

$$R_k = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3/7 & 4/7 & 0 \\ 0 & 1/7 & 4/7 & 2/7 & 0 \\ 0 & 0 & 3/7 & 4/7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 5/7 & 2/7 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/7 & 3/7 & 3/7 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4) 根据模糊理论的综合评定概念,并把模糊变换转化为线性加权变换,可得综合评定向量

$$S_K = W \cdot R_K = (0.091, 0.175, 0.328, 0.302, 0.104).$$

则最终评价价值,即技术因素对协同层次影响度为:

$$G = S_K \cdot E^T = (0.091, 0.175, 0.328, 0.302, 0.104) \begin{pmatrix} 0.9 \\ 0.7 \\ 0.5 \\ 0.3 \\ 0.1 \end{pmatrix} = 0.4696,$$

5) 最后根据最终评价价值对协同层次进行评价,具体方法采用最大接近度原则:

$$\text{设 } S_i = \max S_i, 1 \leq i \leq 5,$$

$$\text{则 } l=3, \sum_{i=1}^2 S_i = 0.266 < \frac{1}{2} \sum_{i=1}^5 S_i = 0.5,$$

可得技术对协同层次的影响等级属于 $l=3$ 级,即“中”级。

接下来还需要对组织和经营因素做同样的评价,最后加入三者的权重,得到最后的影响等级。限于篇幅,在此不再赘述。下面探讨如何根据影响因素分析体系对评价结果进行分析。

1) 评价结论。A 企业适合采用中等级别,即数据层的协同层次。然而,在基于分析结果对协同层次进行定位时,并不能简单地停留在消息层、数据层或应用层,而是应更具体地深入到各层次内部,因为每一层次内部的具体协同方式显然又具有不同的协同程度。为此,应参照文中第2部分的层次模型及对各层次的具体分析,将每一协同层次的实现方式再进行分层细化,从而选择更准确的协作方式。

2) 影响因素改进。最终的评价结果是各种影响因素对协同程度的综合影响表现。因此除了最终的评价结果外,还应基于差距分析法进一步分析每个因素的具体表现。通过对评价指标的表现(评估值)与重要度(权重)对比,可以发现影响协同的一些关键因素。例如,某些影响因素被评价为对协同层次有重要影响,但专家对其表现的评价价值却很低,这类影响因素显然是迫切需要改进的因素。

3) 在研究过程中,发现许多中小企业无法实现高层次协同的一个关键因素是信息系统的技术因素。许

多企业在协同需求和目标上的评价价值很高,但开发经费和技术问题总是实现网络化协同设计的瓶颈。这一分析结果说明,企业可以将自身的一些协同需求外包给相应的应用服务供应商,利用他们的技术优势来弥补企业这方面的不足。

6 结论

文中根据协同的广度和深度,建立了一套协同层次影响因素评价及分析体系。通过研究可以得到以下结论。

1) 根据制造系统理论,对影响协同层次的因素从技术、组织、经营3个方面进行分析,可以避免只从技术角度进行协同而出现的协同设计组织和管理问题;

2) 所提供的评价与分析方法体系具有可操作性,量化了这一多准则决策问题;

3) 该体系不但可以分析出企业适合以何种协同层次进行产品开发协同,还可以分析出协同的问题和重点所在,从而加以改进或重点实现。

进一步的工作将继续对评价体系进行细化和量化,包括补充完善影响因素和每一评价因子的具体内容、细化评价指标并建立对评价结果的量化分析方法,并在此基础上开发一个计算机辅助协同层次决策支持系统。

参考文献:

- [1] R SETHI, S PANT, A. Sethi. Web - Based Product Development Systems Integration and New Product Outcomes: A Conceptual Framework [J]. Journal of Product Innovation Management, 2003, 20: 37 - 56.
- [2] A MALHOTRA, A MAJCHRZAK, et al. Radical Innovation without Collocation: a Case Study at Boeing - Rocketdyne [J]. MIS Quarterly, 2001, 25(2): 229 - 249.
- [3] J P KENNETH, B H Robert, L R Gary. A Model of Supplier Integration into New Product Development [J]. Journal of Product Innovation Management, 2003, 20: 284 - 299.
- [4] E DAHAN, J, R HAUSER. Managing a Dispersed Product Development Process [A]. The Handbook of Marketing [C]. Editors: B. Weitz, R. Wensley, Sage Publications, 2002.
- [5] R. LASSER, Remote Collaborative Product Development - A Landmark Survey. Working Paper for industrial Marketing Management [Z]. Product Development Consulting, Inc, 2003.
- [6] Y. YANG, X. ZHANG, F. LIU, ET AL. An Internet - based Product Customization System for CIM [J]. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 2005, (21): 109

- 118.
- [7] 孙林夫. 面向网络化制造的协同设计技术[J]. 计算机集成制造系统, 2005, 11(1): 1-6.
- [8] KL CHOY, WB LEE, CW HENRY, et al. An Enterprise Collaborative Management System: a Case Study of Supplier Selection in New Product Development [J]. International Journal of Technology Management (IJTM), 2004, 28(2): 206-226.
- [9] 刘飞, 罗振璧, 张晓冬. 先进制造系统[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2005.

Collaborative Levels and Effecting Factors Analysis for Web-based Product Development

ZHANG Xiao-dong¹, ZHANG Zhi-qiang^{1,2}, YANG Yu¹

(1. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Hebei Communication Planning and Design Institute, Shijia-zhuang, Hebei 050010, China)

Abstract: The collaborative levels in modern web-based product development processes are diversified in a large degree. However, current researches are lack of systematic approaches to analyze the appropriate level of the collaboration. Aiming at the problem, the collaborative levels and effecting factors are studied in the paper. First, a primary framework of the effecting factors analysis is proposed, which defines the input, output, and components of the effecting factors analysis. Next, a collaboration hierarchy model is set up, which is constituted by message level, data level and application level. Based on the model, the effecting factors of collaboration levels are analyzed systematically from technology, organization and business aspects. Detailed indices are abstracted from these aspects and an evaluation factors set is formed systematically. According to the framework, hierarchy model, and the factors set, a methodology for factors evaluation and analysis is developed, which contains analytical hierarchy process, fuzzy comprehensive evaluation method and gap analysis method. The methodology has characteristics of quantitative analysis, easy to operate, and optimization support capability. A case study is provided to illustrate the analysis process based on the application of the methodology in a collaborative product development project of a furniture enterprise. The case study shows that the methodology can help enterprises to determine the collaboration level effectively, and can also find out the critical factors which impact the collaboration on a large extend. As a result, the develop process, working efficiency and the outcome of the collaborative project can be highly improved.

Key words: web-based product development; collaboration hierarchy; effecting factors

(编辑 陈移峰)