

基于 ANP 的复杂产品系统创新集成能力研究

章晓仁,陈向东,丁 玲

(北京航空航天大学 经济管理学院,北京 100191)

摘 要:根据复杂产品系统的特征,设计创新过程中集成能力的评估指标体系,运用网络层次分析理论分析评估影响因素各层次间及同一层元素间的依赖与反馈关系,建立网络层次结构模型,应用 super decision 软件计算指标的影响权重,为提高复杂产品系统创新集成能力提供一种量化的决策方法和依据。

关键词:企业能力;评估指标体系;网络层次分析法;复杂产品系统;系统集成能力

DOI:10.3969/j.issn.1001-7348.2010.24.024

中图分类号:F406.3

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)24-0096-04

0 引言

复杂产品系统(CoPS)是指研究开发投入大、技术含量高、小批量定制、集成度高的大型产品、系统或基础设施;具有技术先进、定制化程度高、时间跨度大等特点,是一项充满风险与挑战的系统工程^[1-3]。复杂产品系统的复杂性在于其对技术深度与宽度、新知识运用程度及客户化程度的要求高。使得对设计、开发和系统集成技术要求非常高;系统的创新涉及到系统集成商、分包商、用户、供应商、研发机构、政府相关部门和行业监管协会等多个利益相关者。复杂产品系统的创新一般由利益相关者分包不同的子系统和模块,然后由集成供应商进行项目协调及项目集

成,在整个创新过程中,系统集成能力决定了项目的最后成败^[4]。

系统集成能力是设计和生产复杂产品系统的核心能力,可以使系统集成商将内部或外部研发的子系统和模块设计并集成为一个完整的功能性产品^[5,6]。复杂产品系统创新的集成能力是一个系统,是各类能力的有机组合。同时,各类能力在相互作用、相互制约中发生协同和相互影响,并呈现一种非线性的关系。

目前国内外对 CoPS 能力的研究文献主要集中在企业创新能力的研究上,对集成能力的研究不多。国外学者 Hobay、Hansen 等对 CoPS 和大规模制造产品的创新能力进行对比分析;国内学者陈劲、曾经莲、刘延松、盛亚等对 CoPS 的组织能力、创新能力、企业能力和利益相关关系进

- [3] JACCO J. J. Thijssen: Optimal and strategic timing of mergers and acquisitions motivated by synergies and risk diversification[J]. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2008, 32:1701-1720.
- [4] ERWAN MORELLEC. Alexei zhdanov: The dynamics of mergers and acquisitions[J]. *Journal of Financial Economics*, 2005, 77:649-672.
- [5] BART M. Lambrecht: The timing and terms of mergers motivated by economies of scale[J]. *Journal of Financial Economics*, 2004, 72:41-62.
- [6] HAN T. J. Smit and Lenos trigeorgis: strategic options and games in analysing dynamic technology investments [J]. *Long Range Planning*, 2007, 40:84-114.
- [7] 陈珠明,杨华李. 对原并购企业有损害的企业并购时机与条

件[J]. *数理统计与管理*, 2008(9):633-654.

- [8] 陈珠明,杨华李. 基于实物期权的企业兼并行为分析[J]. *中国管理科学*, 2009(2):29-35.
- [9] 齐安甜,张维. 实物期权框架下的企业并购价值评估[J]. *系统工程学报*, 2004(8):403-407.
- [10] 夏轶群,陈俊芳. 有可替代性和时间贬损的不确定条件技术专利价值评估[J]. *科技进步与对策*, 2009(8):128-130.
- [11] 李姚矿,童昱. 科技型中小企业无形资产评估中的期权定价模型[J]. *合肥工业大学学报*, 2006(12):1492-1495.
- [12] 张春源,李姚矿. 高新技术企业价值评估中确定折现率的新思路[J]. *价值工程*, 2009(3):53-56.
- [13] 贺武,刘平. 基于实物期权的专利权估值方法[J]. *财会月刊*, 2005(9):14-15.

(责任编辑:赵贤瑛)

收稿日期:2010-03-15

作者简介:章晓仁(1976—),男,江西余干人,北京航空航天大学经济管理学院博士研究生,研究方向为科技管理、技术创新、复杂产品系统、企业能力;陈向东(1953—),男,山东人,北京航空航天大学经济管理学院教授、博士生导师,研究方向为技术创新、国际技术转移、国际贸易;丁玲(1979—),女,湖北钟祥人,北京航空航天大学经济管理学院博士研究生,研究方向为组织结构、战略管理、复杂系统。

行过定性或定量分析,但还没有对集成能力进行过定量研究。现有 CoPS 理论研究表明,复杂产品系统创新是一项多个企业协作的系统工程,集成能力对项目的最后成功起着决定性作用。因此,采用 ANP 方法对集成能力进行综合评估,研究 CoPS 集成能力的影响因素具有实际意义。

1 复杂产品系统创新集成能力评估指标体系

评估指标体系是一个系统化的工作,要考虑众多因素。因此在能够反映项目评估特点的前提下,应尽量使指标明确清晰,具有良好的实用性和可操作性。指标体系设计时,要保证指标能客观准确地反映集成能力的内涵,能在整体上反映企业真实集成能力的状况。评估指标选取要全面,不易受偶然因素影响而发生重大变化,能适应环境发展和变化,是定性定量相结合的描述决策问题的系统化指标体系。

1.1 集成能力组成

企业能力反映了企业积累的知识、经历和技能,是企业活动的基础,集成能力指企业构建产品概念、系统设计、技术分解、整合内外部技术到产品建构中的全流程能力^[7]。

战略能力是企业所拥有的产业先见与创新、战略性资源获取、战略性能力培育的一种累积性学识和技能;是对变化的技术或市场环境的快速响应,能为企业创造出众的战略价值,是企业获取持续竞争优势的源动力^[8];是根据内外环境及可取资源的情况,制定发展目标和长期发展规划的能力^[9]。在复杂产品系统创新背景下,战略能力是创新成功与否的出发点。

Dosi 等认为技术能力是开发和设计新产品、新工艺以及更有效地操作设备的能力。Bell 和 Pavitt 认为技术能力是包括技能、知识和经验以及制度性结构在内的,产生和管理技术变革所需要的资源。对复杂产品系统创新来说,技术能力就是企业通过积累、引进、利用这些技术知识的效率和效力。技术、经验技巧、研发潜力、新产品改进能力、知识创新能力、知识应用能力和产品生产知识技能等都是企业技术能力的重要组成部分^[10]。

项目管理能力是通过某种促进效率提高的组织结构和内部政策来协调和整合不同活动与资源的才能。Andrew Davies 和 Tim Brady 等认为项目管理能力是复杂产品系统设计和实施中最根本的能力。陈劲等^[4]认为项目管理能力指企业对其外部企业的协调和控制的能力,能促使整个产品系统的各部件系统得到有效集成,形成最终产品,是复杂产品系统创新能力的核心。

生产能力指效率和投入组合在一定的条件下,可用于生产产品的资源,包括体现技术资本的设备、体现智力资本的劳动技能和管理技巧、生产过程中的经验、产品与投入品的技术要求和组织体系等^[11]。

协同能力是指企业根据环境调整以及作用于环境的能力,也是与其它合作伙伴之间选择有效行动的能力,是

一个企业与其它企业进行开发、制造、销售、服务等方面合作的能力。从资源利用角度来看,卓越的协同能力对提高竞争力有着重要的作用^[12]。

资源能力指的是企业在资源方面的基本状况,可分为有形资源和无形资源。有形资源指资本、实物等,无形资源指人力资源等。资源能力本身不会产生竞争优势,而是通过依托企业其它方面的能力,整合产生竞争优势,增加自身的战略价值^[10]。

综合上述各种能力的分析,结合复杂产品系统的特点和创新过程模式,本文提出复杂产品系统创新集成能力的 6 维结构模型,即复杂产品系统创新集成能力由战略能力、项目管理能力、技术能力、生产能力、资源能力和协同能力组成。

1.2 评估指标体系

根据复杂产品系统集成组成特性和指标体系设计原则,提出 28 个相关评估指标,并描述指标间相互影响关系如表 1。

2 集成能力的网络结构层次分析

2.1 ANP 评估模型

网络层次分析法 (Analytic Network Process) 是美国匹兹堡大学 T. L. Satty 教授在 1996 年提出的一种适应非独立递阶层次结构的决策方法,适用于存在内部依存和反馈效应的复杂系统决策。网络层次分析法将系统内各元素的关系用类似网络结构表示,而不再是简单的递阶层次结构,网络层中的元素可能相互影响、相互支配。ANP 法能更准确地描述客观事物之间的联系,是一种更加有效的决策方法^[13]。

由于复杂产品系统创新集成能力的评估指标体系本身并不独立,很多元素相互影响和支配。对于这类复杂系统的评估问题,运用网络层次分析法构造出网络结构模型,通过综合分析各种相互作用的元素,用超级矩阵计算得出其混合权重,能够更系统、更科学地进行评估。

网络层次分析法将系统元素划分为两大部分,即控制层和网络层。控制层包括决策目标和决策准则,决策准则是相互独立的,且只受目标元素的支配,控制因素中如果没有决策准则,但至少要有个目标。网络层是由所有受控制层支配的元素组成的,元素之间相互依存、相互支配,元素和层次间内部不独立,递阶层次结构中每个准则支配的不是一个简单的内部独立元素,而是一个相互依存、反馈的网络结构,控制层和网络层组成了典型 ANP 层次结构。最后,通过两两判断矩阵形成超矩阵,计算得到评估结果^[13]。由此建立复杂产品系统创新集成能力的评估模型如图 1。

2.2 应用分析

银行管理信息系统由于涉及到多种平台、安全要求高、网络层级多、业务种类广、需求定制、应用技术多样、系统接口多、业务流程长,是典型的复杂产品系统。以某银

表 1 复杂产品系统创新集成能力评估体系

评估指标	二级指标	指标要素	影响指标
战略能力	企业领导精神(S1)	敬业性、创造的文化氛围	S2,S3,S4,S7,S11,S16,S17,S21,S24,S28
	企业凝聚力(S2)	企业凝聚力反映企业内部统一能力	S4,S7,S11,S12,S17,S24
	战略制定能力(S3)	决定战略能力的高度和可行性	S4,S8,S12,S21,S23,S26
	战略实施能力(S4)	贯彻执行能力	S7,S14,S22
	风险管理能力(S5)	风险控制、风险解决能力	S10,S26
项目管理能力	事件处理能力(S6)	项目管理过程中突发事件的处理	S10,S11,S12,S24
	内部集成能力(S7)	项目组织内部目标的一致性	S5,S7,S10,S12,S20,S26,S27
	资源配置能力(S8)	各种资源的分配和组合能力	S7,S9,S11,S22,S27
	成本控制能力(S9)	创新过程中成本的控制	S26
	计划控制能力(S10)	项目进度和计划的把控能力	S5,S12
生产能力	组织效率(S11)	组织内部的生产效率	S12,S24,S28
	生产效率(S12)	企业的产品和服务效率	S14,S15
	部件标准化(S13)	产品、服务的标准化能力	S14,S15,S22,S26
	系统集成能力(S14)	各种系统、部件的组合集成能力	S15,S20,S24,S26
	生产柔性(S15)	适应不同产品和服务的调整能力	S12,S26
资源能力	财务资源能力(S16)	可利用的财力资源	S8,S11,S17,S23,S24,S25,S26,S27
	人力资源能力(S17)	人力资源水平	S11,S12,S18,S20,S22,S23,S24,S26,S28
	设备先进程度(S18)	物力资源的先进程度	S12,S13,S14,S15,S16,S17,S26
	技术先进性(S19)	相比较的技术领先性	S12,S20,S21,S22,S23,S25,S26
	技术获取能力(S20)	企业对外、对内技术获取能力	S21,S22,S23,S26,S27
技术能力	技术创新能力(S21)	新产品、新技术产生能力	S4,S7,S12,S13,S18,S19,S20,S22,S23,S26,S27
	后续研发能力(S22)	研发的可持续性	S21,S23,S26
	专利申请能力(S23)	保护技术创新的能力	S20,S22
	客户关系(S24)	与客户的关系	S6,S12,S20
	信息利用能力(S25)	协同过程中利用各种信息的能力	S6,S10,S12,S20
协同能力	协同控制能力(S26)	对外协作中的控制性	S7,S12,S14,S20,S22,S27
	协同效应(S27)	合作中的互补和提高强化能力	S8,S11,S12,S14
	文化协同(S28)	合作中企业文化的匹配性	S27

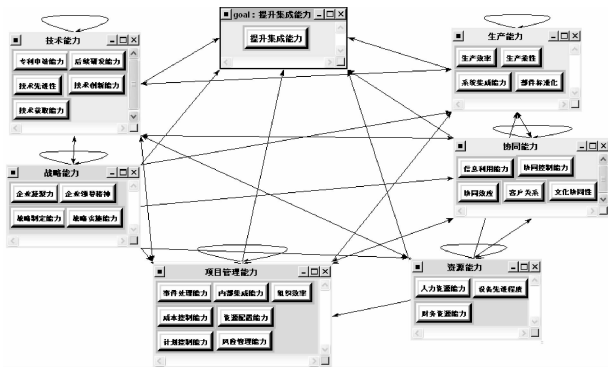


图 1 复杂产品系统创新集成能力评估模型

行管理信息系统创新集成能力为例,通过 ANP 分析影响集成能力的因素。根据专家对系统集成能力评估指标的评议以及问卷调查,采用 super decision(ANP version 2.0.8)软件计算出超矩阵、加权超矩阵和极限矩阵,获得影响因素权重,分析影响集成能力的重要因素。

2.2.1 数据分析及处理

评估指标之间的相互影响关系通过征询 20 位系统内专家的意见给出。考虑到评估指标包括项目管理、战略、技术、资源、协同和生产能力类型,为尽量消除不同岗位专家对熟悉领域的偏重和喜好所带来的影响,专家类型的选择如下:项目经理 4 位、架构师 4 位、技术经理 5 位、研发经理 4 位、质量经理 3 位。各位专家的评议以 1~9 比例标度表示,影响度汇总平均并进行四舍五入处理。

2.2.2 建立判断矩阵

根据 ANP 的计算步骤,对元素集和元素之间进行两两比较,构建判断矩阵。本文涉及 6 个评估指标,28 个二级指标,需要构建的判断矩阵较多。在此仅以其中一个判断矩阵为例,采用问题比较法,将专家评估的各指标间的重要关系度录入,得到判断矩阵如图 2 所示。

Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. goal: 提升集成能力	1	9	8	7	6	5	4	3	2
2. goal: 提升集成能力	1/9	1	8	7	6	5	4	3	2
3. goal: 提升集成能力	1/8	1/8	1	7	6	5	4	3	2
4. goal: 提升集成能力	1/7	1/7	1/7	1	6	5	4	3	2
5. 协同能力	1/6	1/6	1/6	1/6	1	5	4	3	2
6. 协同能力	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1	4	3	2
7. 协同能力	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1	3	2
8. 技术能力	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	2
9. 技术能力	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1
10. 生产能力	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2

图 2 判断矩阵

2.2.3 矩阵计算

由于本模型在控制层只涉及到 1 个准则,在判断矩阵的基础上,利用 super decision 计算元素集之间的 ANP 权重,求解出极限超矩阵(如图 3),矩阵行列数据反映了各二级评估指标的权重。超矩阵计算后,可生成优先级分布图(图 4)。极限超矩阵或优先级分布图都涉及到 28 个评估

指标的相对 ANP 分析数据,经整理和排序,取其中 ANP 权重最大的 5 个和最小的 5 个,编制成 ANP 权重表(见表 2)。

表 2 复杂产品系统集成能力 ANP 权重表

排名	评估指标及 ANP 权重	二级指标	ANP 权重
1	技术能力(0.360 4)	技术获取能力	0.151 5
2		技术创新能力	0.120 9
3	协同能力(0.150 3)	协同控制能力	0.102 5
4	生产能力(0.208 9)	生产柔性	0.069 9
5		生产效率	0.069 2
...	资源能力(0.152 8)
24	项目管理能力(0.052 1)	风险管理能力	0.000 8
25		成本控制能力	0.000 1
26		企业领导精神	0.000 0
27	战略能力(0.023 4)	企业凝聚力	0.000 0
28		战略制定能力	0.000 0

Cluster Node Labels	goal: 提升集成能力	协同能力					战略能力	
	提升集成能力	信息利用能力	协同控制能力	协同效应	客户关系	文化协同性	企业凝聚力	企业领导精神
战略制定能力	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
战略实施能力	0.000000	0.023427	0.023427	0.023427	0.023427	0.023427	0.023427	0.023427
专利申报能力	0.000000	0.027418	0.027418	0.027418	0.027418	0.027418	0.027418	0.027418
后续研发能力	0.000000	0.055919	0.055919	0.055919	0.055919	0.055919	0.055919	0.055919
技术先进性	0.000000	0.004664	0.004664	0.004664	0.004664	0.004664	0.004664	0.004664
技术创新能力	0.000000	0.120893	0.120893	0.120893	0.120893	0.120893	0.120893	0.120893
技术获取能力	0.000000	0.151472	0.151472	0.151472	0.151472	0.151472	0.151472	0.151472
生产能力	0.000000	0.069220	0.069220	0.069220	0.069220	0.069220	0.069220	0.069220

图 3 极限超矩阵

Cluster Node Labels	ANP 权重	ANP 权重
技术创新能力	0.33547	0.120893
技术获取能力	0.42033	0.151472
生产效率	0.33141	0.069220
生产柔性	0.33455	0.069876
系统集成能力	0.26471	0.055289
部件标准化	0.06934	0.014482
人力资源能力	0.23054	0.035222
设备先进程度	0.44502	0.067990
财务资源能力	0.32444	0.049568
事件处理能力	0.02496	0.001301

图 4 优先级分布图

2.2.4 集成能力影响因素分析

从各指标 ANP 权重结果可以看出,对复杂产品系统集成能力影响最大的指标是技术能力、生产能力,其次是资源能力和协同能力,对集成能力影响较小的是项目管理能力和战略能力。根据二级指标的 ANP 排序可知,对集成能力影响最大的是技术获取能力和技术创新能力要素,而企业领导精神、企业凝聚力、战略制定能力对集成能力的提高几乎没有影响。因此,为提高企业的复杂产品系统集成能力,应重点关注技术和生产能力方面的因素,加强技术的获取能力和技术创新能力,重视改善协同控制力和生产柔性,从而有效地增强 GoPS 创新的集成能力。

3 结语

复杂产品系统创新是一个动态过程,复杂产品、时期、领域的不同,指标体系中的指标和权重也会不同。ANP 分析方法中,两两比较矩阵中的数据均由专家的主观意识确定,判断上的误差会导致数据的真实性不足。尽管如此,本文根据复杂产品系统的特点,提出了评估 GoPS 创新集成能力的指标体系,在专家评议确定指标相互关联度的基础上,采用 ANP 方法对 GoPS 创新的集成能力进行综合评估,在一定程度上有助于更好地了解提高集成能力的途径和方法。

参考文献:

- [1] HANSEN K L, RUSH H. Hotspots in complex product and systems; emerging issues in innovation management [J]. Technovation, 1998, 18(9): 555-561.
- [2] HOBDAV M. Complex System vs Mass Production Industries; A New Innovation Research Agenda [C]. Paper prepared for CENTRIM/SPRU/OU Project on Complex Product Systems, EPSRC Technology Management Initiative, GR/K/31756, 1996.
- [3] HOBDAV M, RUSH H, TIDD J. Innovation in complex products and system [J]. Research policy, 2000, 29 (7-8): 793-804.
- [4] 陈劲, 吴沧澜, 黄建樟, 等. 复杂产品系统开发网络组织及组织能力探索 [J]. 研究与发展管理, 2005, 17(1): 21-27.
- [5] HOBDAV M. The project-based organization; an ideal form for managing complex products and systems [J]. Research Policy, 2000(29): 871-873.
- [6] 陈劲, 童亮. 集知创新——企业复杂产品系统创新之路 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2004.
- [7] HOBDAV M, DAVIES A, Prencepe A. Systems integration; a core capability of the modern corporation [J]. Industrial and Corporate Change, 2005, 14(6): 1109-1143.
- [8] 杨斌, 赵长轶, 揭筱纹. 战略能力多维度解构研究 [J]. 科学与科学技术管理, 2007(7): 152-156.
- [9] VANYA KUMAR, ALAN SIMON, NELL KIMBERLEY. Strategic capabilities which lead to management consulting success in Australia [J]. Management decision, 2000, 1(38): 24-35.
- [10] 吴雪梅. 企业核心能力论 [D]. 成都: 四川大学, 2007.
- [11] 刘廷松. 复杂产品系统创新能力研究 [D]. 西安: 西安科技大学, 2008.
- [12] LEE REMING, OLVA SORENSON. Technology as a Complex Adaptive system; Evidence from Patent Date [J]. Research policy, 2001(30): 1019-1039.
- [13] 王莲芬. 网络分析法 (ANP) 的理论与算法 [J]. 系统工程理论与实践, 2001(3): 44-50. (责任编辑: 查晶晶)