

基于主成分投影法的企业持续技术创新能力评价与应用

段云龙

(云南财经大学 国际工商学院, 云南 昆明 650221)

摘 要: 基于企业持续创新能力框架, 构建了基于制度结构的企业持续技术创新能力模型, 并利用主成分投影法对云南白药集团、联想集团以及华为公司的持续技术创新能力进行了评价。对这 3 个企业持续技术创新能力差异的原因进行深入分析后, 发现制度结构是影响企业持续技术创新能力的最主要要素, 企业家管理制度、技术创新管理制度以及制度环境都是提高企业持续技术创新能力的重要保障。

关键词: 持续技术创新; 评价; 创新能力; 主成分投影法

中图分类号: F406.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2010)10-0096-04

1 企业持续技术创新能力评价模型构建

1.1 评价指标体系的设计

根据向刚教授^[1]构建的企业持续创新能力框架模型, 结合持续创新与持续技术创新的区别以及制度结构对持续技术创新的重要影响作用, 本文构建了如图 1 所示的基于制度结构的企业持续技术创新能力模型。企业持续技术创新能力主要由技术创新项目实施能力以及创新持续性保障能力

能力构成。创新持续性保障能力是技术创新得以持续的重要保障, 有了完善的制度结构的支撑和保障, 企业才可能具备持续技术创新的能力, 也才能持续地推出新的技术创新项目。本着全面性与科学性、规范性与通用性、可行性与客观性、定量与定性相结合的原则, 经过认真分析与严格筛选, 设计出能从不同角度反映企业持续技术创新能力的综合评价指标体系(见表 1)^[2-4]。

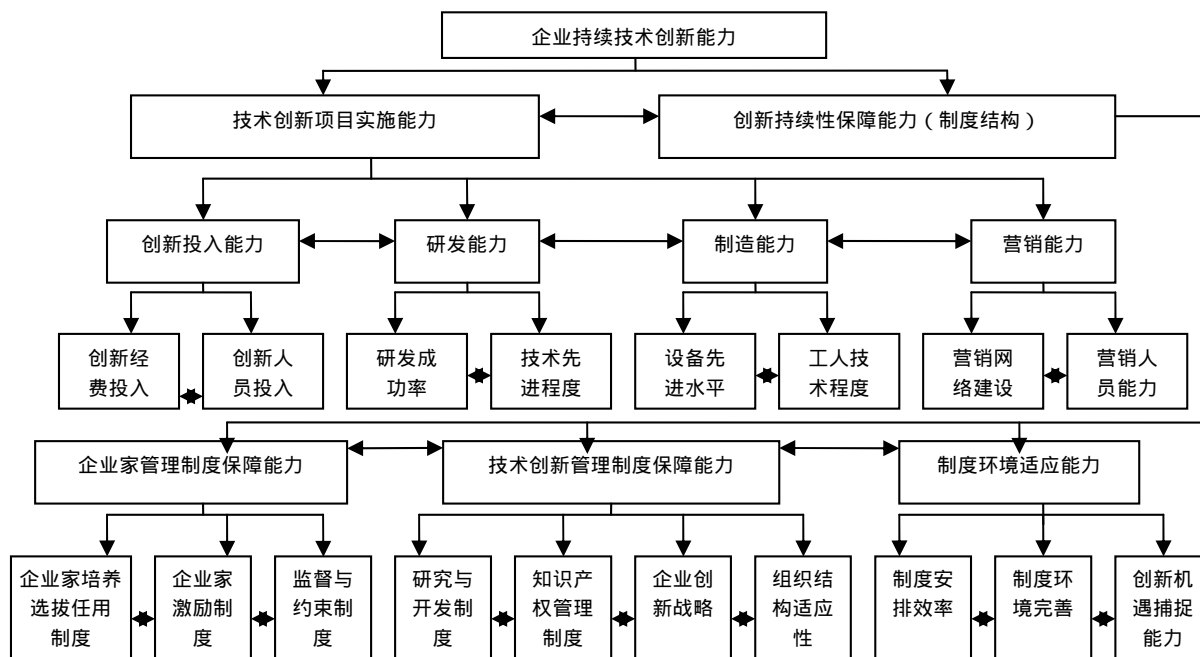


图 1 基于制度结构的企业持续技术创新能力模型

收稿日期: 2009-12-24

基金项目: 国家社会科学基金项目(07XJY009); 云南省自然科学基金项目(2009CD074)

作者简介: 段云龙(1977-), 男, 白族, 云南鹤庆人, 博士, 云南财经大学国际工商学院副教授, 研究方向为企业持续创新。

表 1 企业持续技术创新能力综合评价指标体系

二级指标	权重1	三级指标	权重2	四级评价指标	权重3
企业持续技术创新能力指标体系 U	R ₁	创新投入能力 U ₁₁	R ₁₁	R & D投入强度 U ₁₁₁	R ₁₁₁
				非R & D投入强度 U ₁₁₂	R ₁₁₂
				技术专职人员比例 U ₁₁₃	R ₁₁₃
				技术人员素质 - 数量强度 U ₁₁₄	R ₁₁₄
		研究开发能力 U ₁₂	R ₁₂	专利拥有数 U ₁₂₁	R ₁₂₁
				技术水平先进程度 U ₁₂₂	R ₁₂₂
				产品研发成功率 U ₁₂₃	R ₁₂₃
	制造能力 U ₁₃	R ₁₃	专业研发人员比例 U ₁₂₄	R ₁₂₄	
			新产品产值率 U ₁₂₅	R ₁₂₅	
			生产设备水平 U ₁₃₁	R ₁₃₁	
			工人技术等级水平 U ₁₃₂	R ₁₃₂	
	营销能力 U ₁₄	R ₁₄	标准化工作水平 U ₁₃₃	R ₁₃₃	
			市场研究与预测水平 U ₁₄₁	R ₁₄₁	
			对消费者的了解程度 U ₁₄₂	R ₁₄₂	
创新持续性保障能力 U ₂	R ₂₁	企业家管理制度保障力 U ₂₁	R ₂₁	销售网络水平 U ₁₄₃	R ₁₄₃
				售后服务水平 U ₁₄₄	R ₁₄₄
				企业家培养选拔任用制度 U ₂₁₁	R ₂₁₁
	R ₂₂	技术创新管理制度保障力 U ₂₂	R ₂₂	企业家激励制度 U ₂₁₂	R ₂₁₂
				企业家监督和约束制度 U ₂₁₃	R ₂₁₃
				研究与开发制度 U ₂₂₁	R ₂₂₁
	R ₂₃	制度环境适应能力 U ₂₃	R ₂₃	企业知识产权管理制度 U ₂₂₂	R ₂₂₂
				企业创新战略 U ₂₂₃	R ₂₂₃
				组织结构适应性 U ₂₂₄	R ₂₂₄
				企业内部制度安排完善程度 U ₂₃₁	R ₂₃₁
				制度环境完善程度 U ₂₃₂	R ₂₃₂
				创新机遇捕捉能力 U ₂₃₃	R ₂₃₃

1.2 主成分投影法分析

本文采用主成分投影法对企业持续技术创新能力进行评价。主成分投影法是一种多指标综合评价的新方法，该方法在对各项评价指标完成无量纲化和适当的加权处理后，通过正交变换将原来的 p 个指标换成彼此正交的 p 个综合指标，由此解决了指标的信息重叠问题，然后利用各主成分设计一个评价向量，将被评价对象相应的向量在该理想评价向量方向上的投影作为一维的综合评价指标。该方法概念清楚，算法可行，可以成功地应用于多指标综合评价，并取得较为满意的评价结果^[5]。

(1)确定评价矩阵。设有 n 个被评价对象，由 p 个指标描述，评价矩阵为：

$$X_{n \times p} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{np} \end{pmatrix}$$

式中：第 i 个评价向量 x_i 对应于 X 的第 i 行 $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ ，表示第 i 个评价对象的 p 个指标的实际值 $(i=1, 2, \dots, n)$ ；第 j 个指标向量 x_j 对应于 X 的第 j 列 $(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$ ，表示第 j 个指标对 n 个对象的评价值 $(j=1, 2, \dots, p)$ 。

(2)指标值确定及无量纲化。为了便于对量纲不同的各项指标进行综合评价和相互比较，必须对指标进行无量纲

化处理，即将各项指标转化为一个相对统一的尺度。同时，为了便于进行矩阵的计算，还必须将指标进行标准化处理，即将指标值转化为 0 - 1 的数字。经过无量纲化和标准化处理后，所有的指标值都转化为 0 - 1 的可以统一度量的分值。根据指标性质的不同，用两种方法对指标进行转换。具体操作如下：

对于那些可以得到实测值的评价指标，即定量指标，通过改进功效系数法将实测值进行无量纲化和标准化处理。由于会涉及到效益型指标和成本型指标，因而需采取不同的方法。对于效益型指标，其计算公式如下：

$$y_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{1}$$

对于成本型指标，其计算公式如下：

$$y_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}} \tag{2}$$

式中： x_{\max} 为所有评价对象中某项指标的最大实测值， x_{\min} 为所有评价对象中某项指标的最小实测值， x_i 为第 i 个评价对象某项指标的实测值。

对于那些不能得到实测值的评价指标，即定性指标，将德尔菲法和模糊综合评价法相结合，先把各指标的评价标准分成优、良、中、及格、差 5 档，然后请有关专家按标准对其进行评价。各档的得分分别设为 1.00、0.80、0.60、0.40、0.20，使其与改进功效系数法的评价计分标准相统一。最后综合各专家意见，即可得到定性指标的评价。

(3)指标权重的确定。确定指标权重可采取层次分析法，由于层次分析法是一种较为常用的方法，在此省略具体的步骤。在计算出各项指标的权重后，可得到加权后的评价矩阵：

$$Z = (z_{ij})_{n \times p} = (w_j y_{ij})_{n \times p} \quad (3)$$

(4)指标的正交变换。评价指标间的相互关联性会导致评价信息相互重叠、相互干扰，从而难以客观地反映各评价对象的相对地位。为了过滤掉重复信息，需采用正交变换，令：

$$U_{n \times p} = Z_{n \times p} \cdot A_{p \times p} = Z \cdot A \quad (4)$$

正交矩阵 $A = [a_1, a_2, \dots, a_p]$ ，满足：

$$U'U = A'(Z'Z)A = \begin{vmatrix} I_1 & & & \\ & I_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & 0 & & \\ & & & & & I_p \end{vmatrix} \quad (5)$$

式中 I_1, I_2, \dots, I_p 是矩阵的特征值，且有 $I_1^3 I_2^3 \dots I_p^3$ ； a_1, a_2, \dots, a_p 是相应的特征向量。正交变换后的评价矩阵由 U 给出， U 的每一个行向量 $u_i = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{ip})$ 对应一个评价对象 ($i=1, 2, \dots, n$)， U 的每一个列向量是 p 个无量纲化的加权指标 z_j 的线性组合，表示一个新的综合指标，通常采用雅可比(Jacobi)方法对其进行计算。

(5)理想评价向量的构造和投影。构造理想评价向量 $d^* = (d_1, d_2, \dots, d_p)$ ，这里 $d_j = \max\{u_{ij}\} (j=1, 2, \dots, p)$ 。

求各评价向量在理想评价方向上的投影：

$$d^*_0 = \frac{1}{\|d^*\|} d^* = \frac{1}{\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_p^2}} d^* \quad (6)$$

求各评价向量在理想评价方向上的投影：

$$D_i = u_i d^*_0 = \frac{1}{\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_p^2}} \sum_{j=1}^p d_j u_{ij} (i=1, 2, \dots, n). \quad (7)$$

(6)排序和比较分析。根据各评价对象投影值的大小(以大为好)，对多指标评价结果进行科学的排序和比较分析。

2 企业持续技术创新能力评价模型的应用

根据表 1 建立的评价指标体系，运用主成分投影法，收集云南白药集团、联想集团和华为公司的数据进行评价。评价的具体过程如下：

2.1 确定评价矩阵

由于本文选取 3 个企业作为评价对象，因此在评价矩阵中 $n=3$ ，又由于企业持续技术创新能力评价指标体系的底层评价指标共有 26 个，因此在评价矩阵中 $p=26$ ，建立企业持续技术创新能力的评价矩阵 $X_{3 \times 26}$ 。为了更全面地显示数据，也为了使评价矩阵的含义表述更为直观，本文采用数据表的形式给出评价矩阵。26 个评价指标的数据采用德尔菲法收集，具体过程：课题组聘请 10 位来自不同行业的专家并发放问卷，各位专家在不与对方沟通的情况下对各个问题进行匿名预测和判断，课题组对专家意见进行综合反馈后形成新的预测表再发给各位专家，进行第二轮判断和预测，经过 4 轮综合反馈意见后，10 位专家的预测趋于统一，具体数据见表 2。在表 2 中，每个企业的 26 个指标值(即每一行数据)表示评价矩阵的一个行向量，每个指标的 3 个数据值(即每一列数据)表示评价矩阵的一个列向量。

表 2 企业持续技术创新能力指标的评价数据

指标企业	U ₁₁₁	U ₁₁₂	U ₁₁₃	U ₁₁₄	U ₁₂₁	U ₁₂₂	U ₁₂₃	U ₁₂₄	U ₁₂₅	U ₁₃₁	
云南白药集团	B	B	C	B	C	B	B	B	B	B	
联想集团	B	B	B	B	A	B	A	B	B	B	
华为公司	A	B	B	B	A	B	A	A	B	C	
指标企业	U ₁₃₂	U ₁₃₃	U ₁₄₁	U ₁₄₂	U ₁₄₃	U ₁₄₄	U ₂₁₁	U ₂₁₂	U ₂₁₃	U ₂₂₁	
云南白药集团	B	C	B	B	B	C	B	B	B	A	
联想集团	B	B	B	B	A	B	B	B	B	A	
华为公司	B	B	A	B	A	B	B	A	B	A	
指标企业	U ₂₂₂	U ₂₂₃	U ₂₂₄	U ₂₃₁	U ₂₃₂	U ₂₃₃					
云南白药集团	B	B	B	B	C	B	B	B			
联想集团	B	A	B	B	B	B	B	B			
华为公司	B	B	B	B	B	B	A	B			

2.2 指标无量纲化

针对定量指标和定性指标，有两种不同的无量纲化方式。由于本文的指标都为不能实测的定性指标，因而可根据定性指标无量纲化处理方式，将优、良、中、及格、差 5 档的得分分别设为 1.00、0.80、0.60、0.40、0.20，使其与改进功效系数法的评价计分标准相统一。由此得出经无量纲化处理后的评价矩阵 $Y = (y_{ij})_{3 \times 26}$ ，由于篇幅所限，在此不再列出评价矩阵。

2.3 权重确定和矩阵加权

利用层次分析法，收集专家打分结果，计算出企业持续

技术创新能力底层评价指标的权重分配，如表 3 所示。同理也可计算出三级指标的权重：0.273、0.271、0.211、0.245、0.252、0.324、0.424，二级指标技术创新项目实施能力与创新持续性保障能力的权重：0.554 和 0.446。

根据式(3)，计算得到加权后的评价矩阵 $Z = (w_j y_{ij})_{3 \times 26}$ ，在此不再列出。

2.4 理想评价向量构造和投影

经过正交变换，得到理想评价向量 $d^* = (0.153, 0.112, 0.192, 0.096, 0.161, 0.213, 0.142, 0.234, 0.371, 0.251, 0.268, 0.193, 0.163, 0.228, 0.132, 0.141, 0.355, 0.235,$

表 3 企业持续技术创新能力评价指标的权重分配

指标	U_{111}	U_{112}	U_{113}	U_{114}	U_{121}	U_{122}	U_{123}	U_{124}	U_{125}	U_{131}
权重	0.373	0.132	0.114	0.381	0.254	0.112	0.271	0.133	0.30	0.473
指标	U_{132}	U_{133}	U_{141}	U_{142}	U_{143}	U_{144}	U_{211}	U_{212}	U_{213}	U_{221}
权重	0.322	0.205	0.262	0.345	0.231	0.162	0.452	0.322	0.226	0.303
指标	U_{222}	U_{223}	U_{224}	U_{231}	U_{232}	U_{233}				
权重	0.162	0.202	0.333	0.354	0.273	0.373				

0.233, 0.154, 0.128, 0.233, 0.218, 0.234, 0.108, 0.149), 最后, 运用式(7)计算各企业的投影值 D_i , 根据投影值得出各企业持续技术创新能力的综合排序, 如表 4 所示。

表 4 企业持续技术创新实现能力评价得分及排序

企业	投影值	排序
华为公司	1.343 6	1
联想集团	1.289 7	2
云南白药集团	1.031 4	3

3 评价结果分析

总体来说, 3 个企业的技术创新项目实施能力都比较强, 而持续技术创新能力的差别主要源于创新持续性保障能力的差异, 具体就是企业家管理制度保障能力、技术创新管理制度保障能力以及制度环境适应能力。

华为公司建立了相对完善的企业家管理制度, 对企业家给予产权制度的激励, 这对于激发企业家持续技术创新热情起着非常重要的作用, 同时华为公司还通过建立完善的公司治理结构对企业家进行监督和约束, 这给技术创新得以持续提供了充足的保障。唯一不足的是华为公司还没有建立健全企业家培养、选拔、任用制度, 从长远来讲, 华为公司有必要完善这一制度。此外, 华为公司完善的技术创新管理制度为技术创新持续提供了足够的保障, 比如研发部门的建立、持续的技术创新战略的制定、强烈的知识产权管理意识、灵活的组织结构。联想集团的企业家管理制度比较完善, 它的企业家培养、选拔、任用制度以及企业家薪酬激励制度和监督约束制度, 为技术创新得以持续提供了坚实的保障。联想集团的技术创新管理制度也比较完善, 独立的研发机构、技术创新战略制定与执行、知识产权管理制度等为联想集团持续地推出技术创新项目提供了保障。此外, 联想集团有完善的内部制度安排、理想的制度环境以及较强的机遇捕捉能力, 因而具有较强制度环境适应能力。联想集团持续性技术创新能力比华为公司稍差的原因, 在于华为公司有更强的技术创新项目实施能力。相对华为公司和联想集团而言, 云南白药集团的制度

结构不太完善。虽然云南白药集团建立了相对完善的技术创新管理制度, 研发制度、知识产权管理制度、技术创新战略以及组织结构也都比较完善, 但其企业家管理制度不够完善, 企业家培养、选拔、任用制度没有建立起来, 企业家薪酬激励制度也主要强调短期激励。另外, 云南白药集团的制度环境适应能力也相对差一些, 源于企业内部制度安排不够完善、创新机遇捕捉能力不够强。制度结构不完善导致云南白药集团持续性创新保障能力较差, 最终导致持续性技术创新能力稍差。

4 结语

总体而言, 企业持续技术创新能力主要受制度结构影响, 制度结构较完善的企业, 持续技术创新能力就高, 反之亦然。因而, 我国企业在持续技术创新过程中要高度重视合理制度安排的建设, 这就要求企业在加大创新投入力度, 以提高技术创新项目实施能力的同时, 还要改革产权制度、完善公司治理结构、建立企业家管理制度、完善技术创新管理制度。另外, 当地政府也要营造良好的外部制度环境, 提供公平竞争的市场环境, 并为企业提供各项政策支持, 以增强企业持续技术创新能力。

参考文献:

- [1] 向刚, 汪应洛. 企业持续创新能力: 概念、要素构成与评价[J]. 中国管理科学, 2004(6): 137-142.
- [2] 魏江. 企业技术创新能力界定及其与核心能力的关联[J]. 科研管理, 1998(6): 12-17.
- [3] D.L.BARTON. Core capability & core rigidities: a paradox in managing new product development[J]. Strategic Management, Jan 1992, 13.
- [4] 侯先荣, 吴奕湖. 企业创新管理理论与实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [5] 孙冰. 主成分投影法在企业技术创新动力评价中的研究[J]. 系统工程理论方法应用, 2006(3): 285-288.

(责任编辑: 万贤贤)