

因子分析在企业技术创新能力评价中的应用*

刘照德

(广东商学院 经济贸易与统计学院, 广州 510320)

摘要: 先对企业技术创新能力的各影响因素进行了详细分析,并提出了具有实用性和可操作性的创新能力评价指标体系。然后针对目前评价企业技术创新能力时,都是用某一年的数据来进行评价分析这一情况,认为技术创新能力应该是企业多年甚至长期以来知识和能力的积累,故提出应该使用多年的数据来进行评价分析。考虑到设立的某些指标间会有相关性,因而将因子分析法引入技术创新能力的评价中,通过实证分析获得了很好的效果。

关键词: 因子分析;技术创新能力;综合评判

中图分类号: F222.0; F752.67

文献标识码: A

文章编号: 1672-6693(2006)02-0075-05

Application of Factor Analyse to Evaluation of Business Technology Innovation Ability

LIU Zhao-de

(Dept. of Statistics, Guangdong Commercial College, Guangzhou 510320, China)

Abstract: This paper first analyses the factor of each influence towards business technology innovation ability, and set up guideline system of creative ability evaluation. We think it isn't right using one year data to evaluate the crestive ability, and should use many years data to evaluate it. Because of the interrelation of the guidelines, the article use factor analyse to evaluate business technology innovation ability. we get very good result to use the model into business.

Key words: factor analysis; technology innovation abilities; synthetic evaluation

企业技术创新能力大小关系企业的生存与发展,尤其在经济全球化和中国成功加入 WTO 后,国内企业间,国内企业与国外企业之间的竞争将更为激烈,企业能否在如此激烈竞争的环境中生存,最终体现的还是企业创新能力的竞争^[1,2]。因此,对企业技术创新能力进行评价分析,不仅可以使企业清楚认识自己的技术创新的整体实力,也为如何提高企业的技术创新能力提供了思路。目前,国内外一般用模糊综合评判法来评价技术创新能力。由于设立的各项评价指标中,有些指标含有相互重叠的部分。于是有些学者将可拓学方法应用于企业技术创新能力评价中,通过建立综合评价物元模型,利用可拓学的关联函数便可对企业技术创新能力进行评价。不管是何种方法,各个指标都是用某一年的数据进行分析,即静态分析。这是不全面的,对于某一个指标单纯用一年的数据来反映是不对的。一个企业技术

创新能力的高低是企业各方面通过多年的沉淀而形成的,因而评价其技术创新能力,应该通过若干年的数据来进行综合评价。考虑到,在设立各指标时,各指标间并非相互独立的,而是有一定的相关性。于是,本文引入因子分析法于技术创新能力评判分析之中,将这些具有错综复杂关系的变量(即各指标)综合为数量较少的几个因子,以再现原始变量与因子之间的相互关系,同时根据不同因子还可以对变量进行分类和重新命名。

1 影响企业技术创新能力的因素

企业技术创新能力,是指企业产生新思想(新概念)并运用研究与发展、营销和工程化能力实现新思想以促进支持创新战略的综合能力。从知识角度来看,技术创新能力就是将企业内外部知识激活,进行整合与创造并实现其价值的的能力。它是一个组

* 收稿日期 2005-04-04

资助项目:广东省高教厅人文社科青年项目(No. 02SJC630006)

作者简介:刘照德(1971-),男,湖南武冈人,硕士,研究方向为经济与管理决策。

合性的概念,是一个复杂和多元的系统,包含多个方面,因而影响它的因素也是多方面的^[3-5]。本文把技术创新能力分解为技术创新意识、技术创新资源投入、创新管理、研究开发、生产制造和技术创新效果6个要素来分析其影响因素。

(1)技术创新意识。创新意识是指企业能够积极捕捉新机会,筹集创新资源,开展创新活动的的能力。具有创新意识,是企业进行技术创新的前提。对于转轨时期的中国企业,突出强调技术创新意识尤为重要。在现实生活中,常常可以看到,在面对相同的外部环境下,创新意识强的企业能克服一般企业克服不了的困难,获得创新收益,取得更大成功。技术创新意识可以从领导的创新欲望和责任心、企业创新战略规划制定及实施情况、技术创新的预测、规划能力和技术创新率4个方面来体现。

(2)技术创新资源投入。企业技术创新的本质是在企业层次上实现市场需求与技术进步的有机结合。这一创造性的结合以资金和人才的投入来保证和实现。企业投入的创新资源分为R&D(研究与开发)投入和非R&D投入。R&D投入能力集中体现在经费、人员和设备上。其中,经费投入能力用研究开发经费占销售收入的比重来测度;人员投入能力用R&D人员数量和素质来衡量,为此设立指标为R&D人员占企业职工总数的比率(反映人力投入强度)、高级职称R&D人员的比率(反映企业技术创新人员的素质);设备投入能力用R&D设备净值来反映。

非R&D投入能力包括两部分内容:一是指技术创新活动中除R&D经费之外的其它部分,如市场研究、设计、工艺和材料准备、试制、试销、聘请顾问和广告活动等的经费;二是指技术引进和技术改造的投资。可见凡属旨在推动和实现技术创新的这些投入应该均属于非R&D投入。本文用技术引进与技术改进投资和企业的规模与实力来描述。

(3)创新管理能力。是指企业从整体上、战略上安排技术创新和组织实施技术创新的能力。由技术创新战略管理能力(反映创新战略制定、实施和企业领导的决策能力)、技术创新过程管理能力(反映创新计划制定与执行、创新过程中各环节内的管理以及部门与各环节协调的能力)和创新机制建立与运作能力3部分组成。

(4)研究开发能力。企业的研究开发包括科学和技术的基础研究和应用研究,以及原型机和工艺

方法的设计与开发(其中包括引进技术的消化吸收和再创新活动)。不包括质量管理、一般产品试验、市场调查和销售服务等。因此,衡量企业研究开发能力可以分别衡量企业的基础研究能力、应用研究能力和开发研究能力来进行。

(5)生产制造能力。创新需要的生产制造能力是指企业把研究开发成果转化为符合设计要求的可批量生产的产品能力。包括企业设备的先进性、工人的素质水平和创新产品的工艺设计与管理能力。

(6)产品商业化能力。是指创新产品推向市场并获得成功的能力。这种能力不仅是指市场调研能力和产品开发出现后所具有的推销能力,而且包括用户反馈信息以改进产品,从而提高新产品的市场占有率和扩大市场范围的能力。

2 企业技术创新能力评价的指标体系

2.1 企业技术创新能力评价指标的确定

根据上面对企业技术创新能力的分析。从定性和定量两方面遵循整体性、科学性、实用性和可比性的原则,本文将上述6个方面设置为25种因素,构成如表1的技术创新能力评价指标体系。

2.2 因子分析与企业技术创新能力的评价方法

因子分析是一种将多个实测变量转换为少数几个不相关的综合指标的多元统计分析方法^[6,7]。这少数几个综合指标即因子,能够反映原来多个实测变量所代表的主要信息,并解释这些实测变量之间的依存关系。也就是说,因子分析是研究如何以最少的信息损失把众多的实测变量浓缩为少数几个因子。采用因子分析法来进行综合评价时,是对相关的创新能力指标向量进行降维,采用较少的因子,以每个综合因子的方差贡献率作为权重,构建综合评价模型来评判企业技术创新能力的大小。

各个指标的设立如表1的结构模型所示,现设有25个创新能力评价指标 $X = (X_1, X_2, \dots, X_{25})$,取企业 n 年的数据作为样本,从而构成 $n \times 25$ 矩阵: $[X_{ij}]_{n \times 25}$,其中 $i = 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, \dots, 25$ 。因子分析就是要找到公共因子 $f = (f_1, f_2, \dots, f_p)$ ($p < 25$),构成因子模型的一般表达式 $X_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{ip}f_p + \varepsilon_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$),用矩阵形式表示为 $X = Af + \varepsilon$ 。 $A = (a_{ir})_{25 \times n}$ 称为因子载荷矩阵, ε 称为特殊因子向量,表示指标向量不能被公共因子所解释的部分。找出公共因子 f 后,利用回归分析求出因子得分函数 $f_j = \beta_{j1}X_1 + \dots + \beta_{j25}X_{25}$ ($j = 1, 2, \dots, p$),

再利用因子得分函数可以求出综合因子值 $Z = b_1f_1 + b_2f_2 + \dots + b_p f_p$, 其中 $b_i (i = 1, 2, \dots, p)$ 为第 i 个因子的重要程度系数, 作为综合因子值的权重。而综

合因子值 Z 就是企业技术创新的能力。同时可以比较不同年份的 Z , 就知道企业的技术创新能力的变化情况。

表 1 企业技术创新能力的结构模型

目标	指标	分指标	计算方法
企 业 技 术 创 新 能 力	技术创新意识	领导的创新欲望和责任心 X_1	定性指标
		企业创新战略规划制定及实施情况 X_2	定性指标
		技术创新的预测和规划能力 X_3	定性指标
		技术创新率 X_4	定性指标
	创新资源投入	科研经费投入强度 X_5	(研究经费/销售收入) * 100
		科研人员投入强度 X_6	(研究开发人数/企业总人数) * 100
		科研人员素质水平 X_7	(高级职称人数/研究开发人数) * 100
		创新设备投入强度 X_8	(研发设备资产值/总设备资产额) * 100
		技术引进与技术改进投资 X_9	(引进与改进投资/销售收入) * 100
		企业的规模与实力 X_{10}	企业在同行业的市场占有率 * 100
	创新管理能力	创新战略管理能力 X_{11}	定性指标
		创新过程管理能力 X_{12}	定性指标
		创新机制建立与运作能力 X_{13}	定性指标
	研究开发能力	研究开发人员的整体水平 X_{14}	Σ 职称为(0~100) * 该等级人数比例)
		研究开发的成功率 X_{15}	(研究的成功次数/研究总次数) * 100
		专利拥有数 X_{16}	(当年拥有专利数/当年创新成果数) * 100
		消化吸收能力 X_{17}	定性指标
		创新产品开发周期 X_{18}	定性指标
		信息采集能力 X_{19}	定性指标
	生产制造能力	企业设备的先进性 X_{20}	Σ 等级分(0~100) * 该等级设备比例)
		工人的素质水平 X_{21}	Σ 等级分(0~100) * 该等级人数比例)
		工艺的设计与管理能力 X_{22}	定性指标
	商业化能力	市场调研能力 X_{23}	定性指标
		创新产品销售能力 X_{24}	创新产品销售率 * 100
		营销管理的有效性 X_{25}	定性指标

注:表中定性指标可以通过专家打分获得,分值在 0~100 之间。

3 案例分析

本文通过对广州市某一家创新型企业进行调查,收集了该企业 7 年(2003、2001、2000、1998、1996、1993、1990)的数据,由于上述各指标的量纲不同,故先将原始数据进行了标准化处理,利用 SPSS11.0 统计软件对处理后的标准化数据进行因子分析,得到因子载荷矩阵如表 2 所示。

第 1 个公共因子的重要性占了 41%(即第 1 个因子能解释所有指标信息量的 41%),从上表可知第 1 公共因子中,科研经费投入强度、科研人员投入强度、技术引进与技术改进投资、研究开发人员的整

体水平、研究开发的成功率、专利拥有数、研究人员素质水平、工人的素质水平和创新产品销售能力等指标具有比较重要的作用,这一因子可简要概括为“投入产出综合环境因子”。

第 2 个公共因子中,创新战略管理能力和创新过程管理能力指标具有比较重要的作用,这一因子可以命名为“管理因子”。

第 3 个公共因子中,创新设备投入强度和企业的设备的先进性指标具有比较重要的作用,这一因子可以命名为“设备装备因子”。由于该企业是一家精密仪器生产公司,故产品与设备的关系非常紧密。

第 4 个公共因子中,企业创新战略规划制定

表 2 技术创新能力指标的因子载荷矩阵

指标名称	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5
1. 领导的创新欲望和责任心 X_1	0.08	0.43	0.21	0.13	0.37
2. 创业创新战略规划的制作及实施 X_2	0.06	-0.12	0.07	0.77	0.01
3. 技术创新的预测和规划能力 X_3	0.12	0.51	-0.06	0.02	0.32
4. 技术创新率 X_4	0.23	-0.19	0.47	0.06	0.24
5. 科研经费投入强度 X_5	0.85	0.09	0.13	-0.08	0.07
6. 科研人员投入强度 X_6	0.87	-0.12	0.24	0.31	0.11
7. 科研人员素质水平 X_7	0.96	0.07	-0.13	0.09	0.03
8. 创新设备投入强度 X_8	0.24	0.19	0.85	0.21	0.09
9. 技术引进与技术改进投资 X_9	0.91	0.07	0.10	0.05	0.24
10. 企业的规模与实力 X_{10}	0.14	0.57	-0.12	0.23	0.07
11. 创新战略管理能力 X_{11}	0.28	0.78	-0.05	-0.17	0.08
12. 创新过程管理能力 X_{12}	0.17	0.83	0.02	-0.21	0.13
13. 创新机制建立与运作能力 X_{13}	0.21	-0.01	0.05	0.76	0.1
14. 研究开发人员的整体水平 X_{14}	0.91	-0.35	0.04	0.15	-0.08
15. 研究开发的成功率 X_{15}	0.89	0.06	-0.06	0.09	0.16
16. 专利拥有数 X_{16}	0.96	-0.05	0.03	-0.05	0.27
17. 消化吸收能力 X_{17}	0.56	0.42	0.21	0.017	0.34
18. 创新产品开发周期 X_{18}	0.31	0.24	-0.17	0.34	0.28
19. 信息采集能力 X_{19}	0.26	0.36	-0.75	0.22	0.08
20. 企业设备的先进性 X_{20}	0.03	0.14	0.89	-0.15	0.04
21. 工人的素质水平 X_{21}	0.85	0.09	-0.05	0.12	0.03
22. 工艺的设计与管理能力 X_{22}	0.24	-0.28	0.39	0.21	0.07
23. 市场调研能力 X_{23}	0.38	0.19	-0.05	0.42	0.17
24. 创新产品销售能力 X_{24}	0.87	0.22	-0.18	0.05	0.11
25. 营销管理的有效性 X_{25}	-0.06	0.09	0.12	-0.87	-0.03
特征值	8.7	2.86	2.17	2.54	1.63
方差贡献率 λ (%)	41	14	10	13	8

及实施和创新机制建立与运作能力指标具有比较重要的作用,这一因子可以命名为“公司目标与机制因子”。

可以看出资金(包括科研经费、技术引进改进投资和设备投入)、人才(研究开发人员和工人的水平)以及企业创新机制等因素是影响企业技术创新能力的重要因素。

根据上表可以构建如下综合评价模型:

$$Z = b_1f_1 + b_2f_2 + \dots + b_p f_p$$

b_i 为第 i 个因子的重要程度系数,可以根据其贡献率计算 $b_i = \lambda_i / \sum \lambda_i, i = 1, 2, 3, \dots, A$ 。故,根据表 2 所列各主因子方差贡献率可得综合评价模型:

$$Z = 0.526f_1 + 0.179f_2 + 0.128f_3 + 0.167f_4$$

再利用回归分析可以求出各个单因子的得分函数 $f_j = \beta_{j,1}X_1 + \dots + \beta_{j,25}X_{25}(j = 1, 2, \dots, 4)$ 。具体数据略。最后得出 Z 的值。分别求出 $Z_{2003} = 2.43, Z_{2001} = 2.31, Z_{2000} = 2.07, Z_{1998} = -1.54, Z_{1996} = 1.98, Z_{1993} = 2.55, Z_{1990} = 1.76$,经核实所得结果还比较符合该公司的实际情况。1998 年出现负数,那是因为该年受东南亚金融危机的影响,同时由于 1997 年公司领导因经济问题,而使公司曾一度出现经营危机。

4 结论

通过对企业技术创新能力影响因素进行详细的分析,使用因子分析对企业不同时期的技术创新能

力进行了评价,可以让企业了解自己的创新能力情况,并能识别影响企业技术创新能力的主要因素。同时还可以用因子分析法评价不同企业技术创新能力,使企业知己知彼。该方法具有一定的可操作性和使用性。

参考文献:

- [1] 高建. 中国企业技术创新分析[M]. 北京:清华大学出版社,1997.
- [2] 史晓燕. 企业技术创新能力指标体系设置及综合评价[J]. 陕西经贸学院学报,1999(2) 37-41.
- [3] 郭武. 对提高我国制造业企业核心能力的思考[J]. 中

国软科学,1999(7):108-112.

- [4] 和金生,郑春东. 技术环境论的引进技术能力评价方法[J]. 中国软科学,1998(9):74-77.
- [5] 顾卫东. 面向新世纪的我国企业发展战略的几点思考[J]. 辽宁大学学报(哲社版) 2000, 28(3):16-19.
- [6] 全国统计科研计划项目领导小组办公室. 统计新视点[M]. 北京:中国统计出版社,2003.
- [7] 中国统计学会. 探索与创新[M]. 北京:中国统计出版社,2003.

(责任编辑 游中胜)