

基于加权主成分分析的企业技术创新绩效评价模型研究

田 盈^{1,2}, 潘晓琳²

(1.中国社会科学院 数量经济技术经济研究所, 北京 100732; 2.重庆师范大学 数学与计算机科学学院, 重庆 400047)

摘 要: 综合运用主成分分析法和层次分析法, 建立了系统综合评价的AHP变量加权主成分分析模型。在构建企业技术创新绩效综合评价指标体系的基础上, 基于该模型方法给出了一个评价实例。最后, 讨论了模型方法使用中的若干改进思路, 以提高评价的稳定性和效果。

关键词: 技术创新; 绩效评价; 主成分分析法; 层次分析法

中图分类号: F273.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2008)03-0130-03

0 引言

在当今知识经济环境下, 科技成为时代发展的主流。一个好的企业能否在激烈的市场竞争中生存和发展, 很大程度上取决于它的科技发展能力, 即技术创新能力。技术创新能力已经成为企业赖以生存的支柱和持续发展的动力。企业技术创新绩效评价, 即是对企业的创新效果和效率进行检验与测评。通过创新绩效评价, 可使企业科学地认识自身的技术创新状态, 分析影响企业技术创新绩效的主要因素及技术创新资源的使用效率, 从而使企业逐步改进创新系统, 采取最有效的技术创新战略, 保持和提高竞争优势, 获得最佳经济效益和社会效益。企业技术创新绩效评价是一项对企业技术创新进行监督管理的新制度, 这种制度在经济发达国家已有一定的实践, 但在我国尚处在起步阶段。虽然这个问题已引起国内理论界的关注, 并有学者尝试着去解决。如胡恩华结合我国企业的实际情况, 提出了一套创新绩效评价指标体系^[1]; 赵林海等针对中小企业创新行为的固有属性进行分析, 构建了具有两个层次和多个维度的中小企业创新绩效测度指标体系^[2]; 王晓育从企业创新合作网络结构出发, 设计了一套网络环境下企业创新绩效评价的指标体系^[3]。但从总体上看, 上述研究仍存在着许多不足。主要表现在: 虽然有关技术创新绩效测度的指标很多, 但没有反映企业进行技术创新的长期发展能力和对社会贡献的指标。从指标性质来看, 侧重于比率、价值型指标, 忽视了绝对、实物型指标, 受通货膨胀、汇率、政策等多种因素的作用, 易使企业技术创新某些方面的绩效评价缺乏可比性, 进而造成评价结果失真。

指标设计存在一定的主观随意性, 要么指标体系繁杂, 要么指标之间存在一定的重复交叉, 造成重复计算, 指标的全面性与关键性、绝对指标与相对指标之间结合的科学性也有待进一步提高。

目前, 评价企业技术创新绩效的方法主要有模糊评价法、数据包络法、层次分析法等。如单红梅利用模糊数学方法构建了企业技术创新绩效评价指标体系, 阐述了企业技术创新绩效多级模糊综合评价方法^[4]; 谌燕等探索运用 DEA方法对企业的创新绩效进行定量评价, 并对全国各地区的医药企业技术创新绩效进行了实证研究^[5]; 王青云等设计了改造的层次灰色综合评判模型, 结合实例论述了灰色系统理论应用于企业技术创新绩效评判的基本过程^[6]。上述方法在确定指标权重时带有很大的主观性, 而主成分分析法完全依赖于评价指标的实际数据, 较为客观。层次分析——模糊评价方法虽然有其局限性, 但其思路可以借鉴, 即把几种方法结合起来, 扬其长、避其短, 得到一种新的方法。

因此, 本文综合运用多元统计分析及运筹学中理论较为成熟完善的主成分分析法及层次分析方法, 在构建企业技术创新绩效综合评价指标体系的基础上, 建立系统综合评价的 AHP 变量加权主成分分析模型, 并给出企业技术创新绩效评价的实例, 无疑具有较高的理论及实践价值。

1 加权主成分分析评价模型

1.1 主成分分析的一般方法和综合评价加权问题

已知有 P 维评价样本, 对 n 个样本点的规格化变量记作 x_1, x_2, \dots, x_p , 在数据信息损失较少的前提下, 主成分分析法经过线性变换, 以少数新的综合变量(即主成分)取代原

收稿日期: 2007-01-05

基金项目: 国家博士后基金(20060390570)

作者简介: 田盈(1972~), 男, 重庆人, 中国社会科学院数量经济技术经济研究所博士后, 研究方向为数量经济与技术经济; 潘晓琳(1972~), 女, 辽宁锦州人, 重庆师范大学副教授, 研究方向为经济系统预测与决策。

来的多维变量。定理 1 给出了求这些主成分的方法。

定理 1: 设 $S=(S_{ij})_{p \times p}$ 为样本协方差阵, 而 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ 为 S 的特征根, e_1, e_2, \dots, e_p 为对应的单位化正交特征向量, 则第 i 个样本主成分为:

$$y_i = e_i^T X = e_{i1}x_1 + e_{i2}x_2 + \dots + e_{ip}x_p, i=1, 2, \dots, p \quad (1)$$

综合评价就是对评价样本(点)以不同侧面所得的指标数据作出总的评价, 其研究焦点就是如何科学、客观地将多目标问题合成为单一指数的形式, 而产生综合指数的基本方法就是加权评估法, 它是评价指标 x_1, x_2, \dots, x_p 所在的 R^p 到 R 的一个映射:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_p) = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_px_p \quad (2)$$

其中, $w_i (i=1, 2, \dots, p)$ 是通过某种途径得到的

评价指标的权重(也称权系数), 按其性质可分为重要性权和信息量权两大类, 重要性权属于主观赋权, 信息量权属于客观赋权。主成分分析用于多指标评价的传统方法采用的都是信息量权, 且都是在指标合成时使用, 其中第一次以协方差阵的单位化正交特征向量作权, 合成主成分(即(1)式), 第二次以方差贡献率为权, 对各主成分加权合成最终评价指标 y , 即:

$$y = \sum_{i=1}^m d_i y_i = d_1 y_1 + d_2 y_2 + \dots + d_m y_m \quad (3)$$

m 的取法是主成分 y_1, y_2, \dots, y_p 的累积方差贡

献, $\sum_{i=1}^m d_i = \sum_{i=1}^m \lambda_i / \sum_{k=1}^p \lambda_k$, 达到 85% 以上可保留原始数据的绝大部分信息。将各待评样本点的规格化数据分别代入各主成分的表达式中, 计算出样本的各主成分得分 F_{ij} , 以方差贡献率为权数求和得出综合得分 F , 它们就是对样本点的定量化评价价值。以上所述即为应用中常用的主成分评价方差贡献率模型。

1.2 系统评价的 AHP 变量加权主成分分析模型

主成分分析用于多指标评价的传统方法是, 利用原始指标数据所包含的方差信息量大小来对主成分进行客观赋权, 没有考虑原始评价指标对评价问题的重要性差异, 对于实际综合评价问题, 尤其是本文涉及的企业创新绩效评价而言, 对评价指标往往要赋予重要性权。本文采用如下改进方法, 建立系统评价的 AHP 变量加权主成分分析模型: 对评价指标 x_1, x_2, \dots, x_p , 根据它们对评价问题的重要性, 通过层次分析(AHP)方法给它们依次赋予权数 w_1, w_2, \dots, w_p , 且要求作归一化处理:

$$\sum_{i=1}^p w_i = 1 \quad (4)$$

设对原始数据规格化处理后的数据阵是: X^*

$= (x_{ij}^*)_{n \times p} = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_p^*)$, 由此构造新数据阵:

$$\tilde{X}^* = (\tilde{x}_{ij}^*)_{n \times p} = [(1+w_1)x_1^*, (1+w_2)x_2^*, \dots, (1+w_p)x_p^*] \quad (5)$$

$$\text{则: } \text{var}[(1+w_j)x_j^*] = (1+w_j)^2 \text{var}(x_j^*) \quad (6)$$

以下用 $\tilde{X}^* = (\tilde{x}_{ij}^*)_{n \times p}$ 的协方差 \tilde{S}_j 来刻画指标 x_i 与 x_j 间的相关性, 并由此展开主成分分析评价。利用(5)式的数据阵进行分析的意义在于: 使被赋予更大权数的、在评价系统中较为重要的变量的数据方差相应被拉长, 并在主成分分析评价中得到更多的重视, 从而将主、客观赋权有机地结合起来, 使评价结果更加符合综合评价问题的目标和实际。

模型建立的具体步骤如下:

(1) 对原始数据进行同方向无量纲处理。公式如下:

$$\text{效益型指标(特征值越大越好型): } x_{ik} = \frac{x_{ik} - x_k^{\min}}{x_k^{\max} - x_k^{\min}} \quad (7)$$

$$\text{成本型指标(特征值越小越好型): } x_{ik} = \frac{x_k^{\max} - x_{ik}}{x_k^{\max} - x_k^{\min}} \quad (8)$$

其中 $x_{ik}, x_k^{\min}, x_k^{\max}$ 分别为第 K 个指标第 i 样本点的实测值和最小、最大统计量观测值。

表 1 企业技术创新绩效评价指标体系

总目标层 T	指标类 A (AHP 权)	指标组 B (AHP 权)	指标项 X (AHP 权)	归一化权向量 W
技术创新评价指标 T	技术创新投入能力 A ₁ (0.33)	经济效益 B ₁ (0.67)	技术创新总费用/产品销售收入 X ₁ (0.418)	0.138
			技术创新人员/职工总数 X ₂ (0.237)	0.078
			R&D 总费用/产品销售收入 X ₃ (0.128)	0.043
			更新改造新增固定资产 X ₄ (0.056)	0.018
			技术引进费用/产品销售收入 X ₅ (0.129)	0.043
			技术改造费用/产品销售收入 X ₆ (0.030)	0.010
			创新产品总数 X ₇ (0.112)	0.050
			创新产品单位成本 X ₈ (0.14)	0.063
			创新产品销售收入 X ₉ (0.171)	0.077
			创新产品创汇率 X ₁₀ (0.055)	0.025
	技术创新产出能力 A ₂ (0.67)	社会效益 B ₂ (0.33)	创新产品所占的销售比例 X ₁₁ (0.112)	0.050
			创新产品竞争力 X ₁₂ (0.103)	0.046
			技术创新收入占投入经费的比例 X ₁₃ (0.09)	0.040
			创新产品利润率 X ₁₄ (0.072)	0.032
			用户对创新产品的接受程度 X ₁₅ (0.09)	0.040
社会效益 B ₂ (0.33)	社会效益 B ₂ (0.33)	专利拥有增加数 X ₁₆ (0.055)	0.025	
		技术创新对社会的贡献率 X ₁₇ (0.238)	0.053	
		技术创新对社会的积累率 X ₁₈ (0.238)	0.053	
		创新产品对促进社会就业的作用 X ₁₉ (0.101)	0.023	
社会效益 B ₂ (0.33)	社会效益 B ₂ (0.33)	创新产品对改善环境状况的作用 X ₂₀ (0.141)	0.031	
		创新产品对合理利用资源的作用 X ₂₁ (0.141)	0.031	
			创新产品对社会相关产品的带动作用 X ₂₂ (0.141)	0.031

(2) 运用层次分析法求出各指标的权重。

(3) 对无量纲化后的数据进行加权处理。利用(5)式进行加权处理, 得到目标矩阵。

(4) 用主成分分析法进行综合评价。

2 企业技术创新绩效评价指标体系的建立

技术创新是一个较为复杂的系统, 对它的评价需要考虑许多因素和许多指标, 这些指标互相联系、互相影响, 构成了综合评价指标体系。考虑到数据的易获取性、符合技术创新的特点等原则, 在企业技术创新绩效综合定量评价中, 本文从创新投入能力、创新投入的经济效益、社会效益等方面的协调性出发, 构建综合指标体系: 由 1 个总目标层(T 层), 2 个指标类(A 层) 和 22 个指标项(X 层) 组成(见表 1)。

3 应用举例

为了更好地说明企业创新绩效评价模型的分析过程, 并考虑到数据的可采集性, 根据前面设计的指标体系, 我们以西南地区的 3 家网络科技企业为研究对象, 进行企业创新绩效评价。其具体过程如下:

(1) 对原始数据进行同方向无量纲处理, 其结果见表 2。

表 2 企业创新绩效的标准化指标值

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
企业 1	0.48	0.60	0.86	0.48	0.17	0.87	0.42	0.63	0.77	0.74	0.46
企业 2	0.32	0.12	0.26	0.72	0.11	0.23	0.32	0.34	0.18	0.30	0.53
企业 3	0.76	0.29	0.54	0.21	0.63	0.12	0.69	0.45	0.24	0.47	0.31

续表 2 企业创新绩效的标准化指标值

	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂
企业 1	0.57	0.89	0.15	0.48	0.13	0.33	0.15	0.53	0.05	0.21	0.15
企业 2	0.69	0.72	0.06	0.57	0.28	0.19	0.30	0.26	0.38	0.78	0.20
企业 3	0.23	0.25	0.26	0.62	0.37	0.32	0.25	0.29	0.32	0.65	0.67

(2) 运用层次分析法求出各指标的权重。在这些指标中, 既有空间数据, 也有按行政单元划分的统计数据。层次分析法(即 AHP 法)是系统工程中对人们的主观判断进行客观描述的一种有效方法, 它把人们对复杂问题的决策思维过程条理层次化与数学化, 通过各因素间的比较判断和计算, 就可以得到不同指标的权重。我们一共设计和计算了 6 个判断矩阵表, 对层次总排序进行一致性检验, 得出 B 层和 X 层的 C.I 值为 0.0337 和 C.R 值为 0.030, 两值均小于 0.1, 可认为排序较为合理。对各指标所得的重要性的归一化权重向量 $w=(w_1 \quad w_{22})$ 处理过程及结果见表 1。

(3) 对无量纲化后的数据进行加权处理。利用(5)式进行加权处理, 得到目标矩阵。结果见表 3。

(4) 用主成分分析法进行综合评价。本文采用 MATLAB6.1 软件进行主成分分析, 调用 `prj ncomp()` 函数可以得到前 3 个主成分的系数, 见表 4。

表 3 企业创新绩效的标准化指标加权值

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
企业 1	0.56	0.65	0.90	0.49	0.18	0.88	0.44	0.67	0.83	0.76	0.48
企业 2	0.36	0.13	0.27	0.73	0.11	0.23	0.34	0.36	0.19	0.31	0.56
企业 3	0.86	0.31	0.56	0.21	0.66	0.12	0.72	0.48	0.26	0.48	0.33

续表 3 企业创新绩效的标准化指标加权值

	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂
企业 1	0.60	0.93	0.15	0.50	0.13	0.35	0.16	0.54	0.05	0.22	0.15
企业 2	0.72	0.75	0.06	0.59	0.29	0.20	0.32	0.27	0.39	0.80	0.21
企业 3	0.24	0.26	0.27	0.64	0.38	0.34	0.26	0.30	0.33	0.67	0.69

这 3 个主成分的累计方差率分别为: $d_1: 62.0977, d_2=32.0635, d_3=3.1609$ 。由于前两个主成分的累计方差率之和已超过 80%, 所以只需选取前两个主成分作为评价指标即可。

表 4 企业创新绩效的标准化指标加权值

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
y ₁	0.340	0.209	0.296	-0.36	0.346	0.059	0.249	0.132	0.165	0.189	-0.154
y ₂	0.645	-0.13	0.063	0.358	0.031	0.249	-0.05	0.216	-0.02	-0.26	-0.14
y ₃	0.096	-0.24	-0.26	-0.08	0.201	-0.45	0.106	-0.14	-0.37	-0.20	-0.05

续表 4 企业创新绩效的标准化指标加权值

	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆	X ₁₇	X ₁₈	X ₁₉	X ₂₀	X ₂₁	X ₂₂
y ₁	-0.31	-0.26	0.144	0.012	0.023	0.113	-0.06	0.070	-0.10	-0.19	0.27
y ₂	0.382	-0.08	-0.05	-0.03	-0.04	-0.12	-0.02	-0.06	0.060	-0.04	0.130
y ₃	-0.13	-0.33	0.036	0.079	0.141	-0.03	0.074	-0.15	0.188	0.308	0.251

再调用 `newdata` 函数, 可以得到 3 个企业的主成分得分, 其结果见表 5。

表 5 企业创新绩效的加权主成分分析评价结果

	y ₁ 得分	y ₂ 得分	综合得分
企业 1	0.8999	0.1858	0.6174
企业 2	0.3936	-0.1688	0.190
企业 3	0.7055	0.5830	0.6239

从表 5 中我们可以看出, 企业 3 的创新绩效最好, 综合得分达到了 0.6293 分; 企业 1 次之, 但也得到了 0.6174 分; 企业 2 最差, 只得到了 0.19 分。

4 小结和应用中的进一步改进

应用加权主成分分析法进行创新绩效评价, 既兼顾了层次分析法、主成分分析法的优点, 同时又弥补了两种方法的不足。本文在作实证分析时, 受到资料数据条件的限制, 尽管只选取了 3 个评价样本点, 但也克服了主成分解释的矛盾性, 主成分的物理意义明显且便于解释, 降维效果也很好, 评价结果基本符合实际情况, 说明我们对传统主成分方法的改进和应用是较为成功的。

在进行创新绩效评价时, 对于受评价样本点数量限制或评价效果不佳的情况, 笔者建议在具体应用时作以下尝试或改进, 同样可以取得较好的评价效果。第一种思路是: 可将时、空两方面的数据并作样本, 从而增加样本容量, 以

基于数据驱动的供应商绩效评价体系研究

于 昕¹, 王道平¹, 黄哲学²

(1.北京科技大学 经济管理学院, 北京 100083; 2.香港大学 电子商务科技研究所, 香港)

摘要: 综合论述和总结建立供应商评价体系中的3个核心问题, 分析了现有供应商评价方法存在的优点和缺陷, 提出基于数据分析驱动方法构建的供应商评价模型。通过与现存管理方法的对比, 证实了这一模型的优越性。

关键词: 供应商绩效; 数据驱动; 供应商评价体系

中图分类号: F253

文献标识码: A

文章编号: 1001- 7348(2008) 03- 0133- 03

0 引言

供应商评价(supplier Assessment), 是对供应商绩效的预测和分析, 以便提前发现供应中存在的问题, 预防潜在

提高主成分评价的稳定性和效果; 第二种思路是: 首先尝试对评价样本就各指标类(A层)或指标组(B层)的分项分别作主成分评价, 再对所得的各分项的主成分综合得分, 以相应分项的AHP权加权求和, 得到可持续发展水平综合得分, 即先作客观赋权、后作主观赋权; 另外, 也可先运用合适的统计方法(例如因子分析、方差分析等)对原始指标进行筛选归类, 在适当简化评价系统后, 再利用本文建立的模型方法进行整体评价分析。

参考文献:

[1] 胡恩华.企业技术创新能力指标体系的构建及综合评价[J].

的供应风险。近年来, “应以市场、客户和消费者为中心”的认识, 令企业面临一系列的调整和变革^[1], 例如降低交易成本, 开拓并整合了更多的分销渠道, 降低业务网络总成本, 使新产品和服务快速进入市场等。为了适应这些改变, 在

科研管理, 2001(4).

[2] 赵林海, 林俊国.中小企业产品创新绩效测度指标体系研究[J].科技与管理, 2005(5).

[3] 王育晓.网络环境下企业技术创新绩效评价指标体系的设计[J].价值工程, 2005(11).

[4] 单红梅.企业技术创新绩效的综合模糊评价及其应用[J].科研管理, 2002(6).

[5] 谌燕, 刘满凤.企业技术创新绩效评价的DEA分析[J].科技和产业, 2005(3).

[6] 王青云, 饶扬德.企业技术创新绩效的层次灰色综合评判模型[J].数量经济技术经济研究, 2004(5).

(责任编辑: 高建平)

Research on the Evaluation Model of Enterprise's Technological Innovation Performance Based on the Weighted PCA

Abstract: Using the methods of Principal Component Analysis(PCA) and the Analytical Hierarchy Process(AHP), the paper proposes the synthetic evaluating model of PCA with weighted variables by AHP. Establishing evaluation indicators system of the enterprise's performance evaluation on technological innovation, then, the authors also give an example based on this model. Furthermore, the paper discusses some refinement measure in order to improve stability and effectiveness for this model in application.

Key Words: Technological innovation; Performance evaluation; Principal Component Analysis; Analytical Hierarchy Process; weighted variables

收稿日期: 2006- 11- 27

基金项目: 国家自然科学基金(60473091); 北京市哲学社科规划项目(07BfJG185); 北京市科委软课题研究项目(Z07090500550712)

作者简介: 于昕(1979-), 女, 山东乳山人, 北京科技大学博士研究生, 研究方向为供应链管理 with 商业智能; 王道平(1964-), 男, 北京人, 北京科技大学教授, 博士生导师, 研究方向为智能管理系统; 黄哲学(1959-), 男, 黑龙江海林人, 香港大学教授, 研究方向为商业智能和数据挖掘。