

# 制造业企业信息化评价模型研究

刘 芸, 王德鲁

(中国矿业大学 管理学院, 江苏 徐州 221116)

**摘 要:** 本文以现有理论研究为基础, 首先构建了制造业企业信息化指标体系, 然后运用基于层次分析法和主成分分析法的指标综合权重设计方法, 建立了企业信息化指数综合评价模型, 最后通过实证研究确定了制造业企业信息化的重要影响因素, 并验证了模型的有效性和可行性。

**关键词:** 信息化; 制造业企业; 层次分析法; 主成分分析法; 综合评价

中图分类号: F306 文献标识码: A 文章编号: 1002-980X(2010)12-0117-05

为了获得竞争优势和实现持续盈利, 企业必须具有相对其竞争对手更低的成本、更高的质量、更快的市场响应速度和更强的创新能力<sup>[1]</sup>, 而信息化则是达到这一目标的重要手段。对企业而言, 信息化不但可以降低生产经营过程的不确定性<sup>[2]</sup>, 提高企业的经济效益和市场竞争能力, 而且对于改善工作环境, 降低技术人才的劳动强度, 提升技术人才的脑力价值具有重要的影响作用。然而, 信息化在实践中得到有效应用的必要前提是对企业的信息化水平进行准确测评, 并提出针对性的建议和对策。

近年来, 有关制造业信息化评价的研究日益受到重视, 并取得了一些重要成果。国外对信息化评价的研究重视绩效评价, 主要从追求经济效益、获得竞争优势、保持竞争地位、实现战略目标<sup>[3-6]</sup>等方面进行分析, 并利用数学方法对制造业企业信息化水平进行测度。1964年, O. Helmer 和 Gordon 首次提出了根据专家经验进行统计判断的 Delphi 法<sup>[7]</sup>, 该方法能够充分利用专家的知识、经验和智慧, 是解决非结构化问题的有效手段; 美国匹兹堡大学数学教授 T. L. Saaty 提出了基于定性和定量分析的层次分析法<sup>[8]</sup>, 该方法既能保证模型的系统性和合理性, 又能充分发挥决策人员的经验与判断力; 1965年, 加利福尼亚大学教授 L. A. Zade 给出了模糊性现象的定量描述和分析运算方法, 所提出的模糊数学法<sup>[9]</sup>在信息化评价中被广泛使用; 1992年, 美国哈佛大学教授、著名管理会计学家 Kaplan 和美国复兴全球公司总裁 Norton 提出了平衡积分卡<sup>[10]</sup>概念, 该方法从财务、顾客、内部经营和创新学习四个方面评估企业绩效, 为管理者提供了更加丰富的管

理和决策信息。此外还有数据包络分析法、熵权系数法、加权平分法、主成分分析法等。各评价方法都有其优点, 但由于某些方法的主观性较大, 在对整个国家和特定行业进行评价时存在不足, 因此, 有必要利用综合评价方法对企业信息化水平进行测评。国内对制造业企业信息化评价的研究更侧重于信息化综合评价指标体系的构建。我国国家信息产业部、原国家经贸委、国家科技部等部委先后进行了企业信息化指标体系的课题研究, 国内不少学者也对此进行了研究。天津大学齐二石、王慧明从战略地位、基础建设、应用状况、人力资源、信息安全、经济安全和满意度<sup>[11]</sup>七个方面建立了制造业信息化初步评价体系, 采用层次分析法确定指标权重, 并构建了企业信息化指数模型; 西安交通大学王姗姗从企业信息化基础设施建设水平、信息化系统应用水平、信息化经济效益水平、信息人才和员工素质以及信息化个性特征<sup>[12]</sup>等五个方面建立了企业信息化测度指标体系, 并将主成分分析法应用于信息化综合评价; 上海理工大学洪江涛、张正华则从信息化基础设施建设水平、信息化应用水平和信息化组织建设水平<sup>[13]</sup>三个层面构建了企业信息化指标体系, 利用层次分析法对信息化等级水平进行判断。可以看出, 国内关于信息化评价的研究仍未形成统一的评价体系和方法, 受评价方法的限制, 对企业信息化水平的描述尚不够准确。

鉴于国内外企业信息化评价理论研究取得的进展及存在的不足, 在借鉴现有研究的基础上, 本文着眼于构建制造业企业信息化指标体系, 完善指标权重设计方案, 建立制造业企业信息化综合评价模型,

收稿日期: 2010-07-27

基金项目: 江苏省教育厅哲学社会科学基金项目(07SJD790049); 中国矿业大学科技基金项目(2007A053)

作者简介: 刘芸(1986—), 女, 山东菏泽人, 中国矿业大学管理学院硕士研究生, 研究方向: 企业信息化; 王德鲁(1978—), 男, 山东济宁人, 中国矿业大学管理学院副教授, 硕士生导师, 管理学博士, 研究方向: 管理复杂系统。

通过实证分析为企业的信息化建设提供一定的依据。

## 1 制造业信息化企业评价指标体系

经过专家的多次研讨,国家信息化测评中心提出了制造业信息化指数的合成路径和指标计算方法<sup>[14]</sup>,基于此,构建制造业企业信息化指标体系(见表 1)。其中,第一层为一级评价指标;第二层包含 6 个指标,为二级评价指标;第三层包含 21 个指标,为三级评价指标。

## 2 模型构建

在多指标综合评价中,确定指标权重的方法主要有主观赋权法和客观赋权法<sup>[15]</sup>。主观赋权法是根据评价者对各指标的重视程度来决定权重的方法,主要有德尔菲法、层次分析法、环比评分法等。由于带有一定的主观色彩,其权重设计结果会在某种程度上因评价者的不同而改变,同时,由于忽略了指标间的相关性,因此,难以准确地反映指标体系的内在结构关系。客观赋权法是根据指标间的相关程度或各指标所提供的信息量确定权重的方法,主要包括熵值法、主成分分析法、因子分析法等。由于客观赋权法无法考虑指标的实际意义,因此,所确定的指标权重往往与主观赋权法差异较大。

鉴于以上原因,将主观赋权法与客观赋权法结合起来,以在一定程度上消除主观判断和客观误差对评价结果的影响。考虑到制造业信息化企业评价指标体系包含不同的层次,且指标个数较多,同时,结合各评价方法的特点,在主观赋权法中选取层次分析法,在客观赋权法中选取主成分分析法。用这两种方法分别求出一套指标权重,然后采用适当比例将二者综合起来,从而确定指标的综合权重。

### 2.1 层次分析法

层次分析法是由美国匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 在 20 世纪 70 年代中期提出的一种系统分析方法<sup>[8]</sup>,它综合了定性与定量分析,是分析多目标、多因素、多准则的复杂系统的有力工具。层次分析法的步骤是:(1)建立层次结构模型,即将有关的各因素按照不同属性自上而下地分解成若干层次;(2)构造判断矩阵,即请专家对同一层次因素以上一层因素为准则进行两两比较,根据 1-9 标度法确定它们之间的相对重要程度,构造判断矩阵;(3)层次单排序,即用和积法计算判断矩阵的最大特征根及相应特征向量,并对矩阵做一致性检验;(4)层次总排序,即计算最下层对目标层的组合权向量,并根据公式做组合一致性检验。

### 2.2 主成分分析法

主成分分析法是利用降维的思想,在损失较少信息的前提下将多个指标转化为几个综合指标的一种多元统计分析方法。主成分分析通过以少数几个变量的线性组合来揭示原来变量的绝大多数信息,达到简化影响因素的目的,使简化后的因素既能综合反映原始因素的信息,彼此之间又互不相干。其原理如下:

(1)将原始数据标准化。设有  $n$  个样本,  $p$  个指标  $X_1, X_2, \dots, X_p$ , 这  $p$  个指标反映了客观对象的各个特征,因此,每  $p$  个指标值就是一个样本值。由此可得矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \dots & X_{1p} \\ \vdots & & \vdots \\ X_{n1} & \dots & X_{np} \end{bmatrix} \quad (1)$$

由于主成分一般是随着度量单位的变化而变化的,因此当变量的度量单位不同或者单位相同但是范围彼此差异很大时,应当考虑变量标准化。即对原始数据进行标准化处理,得到标准化矩阵  $z$ 。一般采用 Z-SCORE 标准化:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_j} \quad (2)$$

其中,  $\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}$ ,  $S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$

(2)计算变量的相关系数矩阵  $R$ 。

$$R = (r_{ji}) \quad (3)$$

其中,  $r_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sqrt{S_{ii}} \sqrt{S_{jj}}}$ ,  $S_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ki} - \bar{X}_i)(X_{kj} - \bar{X}_j)$

(3)求相关矩阵  $R$  的特征根  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$  和对应的特征向量  $a_1, a_2, \dots, a_p$ ,  $\lambda_i$  是第  $i$  个主成分  $Z_i$  的方差,反映了第  $i$  个主成分  $Z_i$  在描述被评价对象上所起作用的大小。

$$Z_i = \sum_{j=1}^p a_{ij} X_j \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (4)$$

(4)确定主成分的个数。第  $i$  个主成分的方差贡献率为  $\lambda_i / \sum_{j=1}^p \lambda_j$ , 当前  $k$  个主成分的累计方差贡献率  $\sum_{i=1}^k \lambda_i / \sum_{i=1}^p \lambda_i \geq 85\%$  时,确定主成分的个数  $k$ 。

(5)计算主成分与原来指标的相关系数,即因子载荷  $\theta_{ij} = \sqrt{\lambda_i} a_{ij} (i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, k)$ 。

(6)对  $k$  个主成分进行综合评价。先求出每个主成分的线性加权表示形式,即:

$$Y_i = \theta_{i1} Z_1 + \theta_{i2} Z_2 + \dots + \theta_{ik} Z_k \quad (i = 1, 2, \dots, p)$$

$$j = 1, 2, \dots, k)。(5)$$

再对  $k$  个主成分以其方差贡献率进行加权求和, 即得最终评价价值, 将系数归一化处理, 得到各指标的权重。

### 2.3 制造业信息化指数综合评价模型

#### 2.3.1 指标的无量纲处理

从指标体系看出, 企业信息化指标包括定量和定性两种, 量纲不一。为了最终将各个指标值统一在 0-100 范围内, 采用直线型无量纲法中的临界值法对指标进行无量纲处理, 对于正指标, 即指标值越大越好, 采用如下方法处理:

$$E'_{ij} = \frac{E_{ij} - \min E_i}{\max E_i - \min E_i} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)。(6)$$

其中,  $E'_{ij}$  表示无量纲处理后的数据, 即第  $j$  个样本所对应的第  $i$  个指标的无量纲结果;  $E_{ij}$  表示原始数据, 即第  $j$  个样本所对应的第  $i$  个指标的计算结果;  $\min E_i$  表示第  $i$  项指标值所对应的最小值;  $\max E_i$  表示第  $i$  项指标值所对应的最大值。

对于负指标, 则采用如下公式计算:

$$E'_{ij} = \frac{E_{ij} - \max E_i}{\min E_i - \max E_i} (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)。(7)$$

#### 2.3.2 指数综合评价模型

指数综合评价模型如下:

$$E_j = \sum_{i=1}^{20} E'_{ij} W_i。(8)$$

其中,  $W$  表示第  $i$  个指标的综合权重,  $E_j$  表示第  $j$  个样本信息化水平的综合评价值,  $E'_{ij}$  表示无量纲处理后的数据, 即第  $j$  个样本所对应的第  $i$  个指标的无量纲结果。

## 3 实证分析

### 3.1 样本选择与变量设计

以 1999—2008 年为研究时间区间, 选取徐工集团信息化状况为评价对象。选择指标变量时, 应当既考虑指标的代表性和综合性, 同时, 考虑评价对象自身的特点和指标数据的可获得性, 在可能的情况下尽量采用量化的和确定性的指标。由于增长指数数据项的数据质量欠佳, 为剔除影响, 该指标不在选择之列, 因此, 最终从战略地位、基础建设、应用状况、人力资源、安全和效益指数六个方面确定 20 个指标作为本文的指标变量, 如表 1 所示。

表 2 1999—2008 年度徐工集团企业信息化指数

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
信息化指数	0.013	0.391	0.434	0.477	0.520	0.555	0.596	0.631	0.685	0.989

### 3.2 指标权重设计

在层次分析法中, 建立评价指标体系的层次结构模型(如图 1 所示), 在征询专家意见的基础上构造判断矩阵, 然后运用层次分析法 Excel 算法进行层次排序运算, 最终得到各指标的主观权重值。在主成分分析法中, 运用 Matlab6.0 软件对原始数据进行主成分分析, 得到各指标的客观权重值。由于一方面, 层次分析法的准确性不高且主观性较大, 另一方面, 主成分分析的结果显示能够用 2 个主成分将 20 个指标综合, 且累计方差贡献率达到了理想水平, 因此, 为层次分析法赋权重 0.4, 主成分分析法赋权重 0.6, 将二者的指标权重值加权平均, 最终得到指标的综合权重值, 见表 1。结合所构建的指标体系可知, 信息化基础建设所占权重最大, 其次为应用状况, 可见基础建设和应用状况是影响制造业企业信息化水平的重要因素。

表 1 制造业企业信息化评价指标综合权重

二级评价指标	三级评价指标	主观权重	客观权重	综合权重
战略地位	信息化重视程度	0.093	0.012	0.045
基础建设	信息化投入总额占固定资产投入比重	0.112	0.139	0.128
	每百人计算机拥有量	0.073	0.113	0.097
	网络性能水平	0.033	0.010	0.019
	计算机联网率	0.052	0.202	0.142
应用状况	信息化手段覆盖率	0.060	0.151	0.115
	办公自动化系统应用程度	0.030	0.006	0.016
	决策信息化水平	0.044	0.017	0.028
	核心业务流程信息化水平	0.071	0.017	0.039
	企业门户网站建设水平	0.015	0.008	0.011
	网络营销应用率	0.022	0.042	0.034
人力资源	管理信息化的应用水平	0.087	0.022	0.048
	人力资源指数	0.045	0.040	0.042
	信息化技能普及率	0.081	0.024	0.047
安全	学习的电子化水平	0.025	0.061	0.046
	用于信息安全的费用占全部信息化投入的比例	0.038	0.017	0.025
效益指数	信息化安全措施应用率	0.075	0.080	0.078
	库存资金占用率	0.013	0.013	0.013
	资金运转效率	0.024	0.011	0.016
	企业财务决算速度	0.007	0.017	0.013
	增长指数			

### 3.3 指标综合评价结果及分析

对指标数据进行无量纲处理, 并结合指标的综合权重, 得到 1999—2008 年徐工集团企业信息化指数值, 如表 2 所示。

计算结果表明,徐工集团的企业信息化指数呈逐年上升的趋势,信息化水平不断提高,反映出企业对信息化建设的投入和监控力度不断加大。下面分别从几个方面对企业的信息化发展水平进行年度纵向对比分析。

(1)从总体上看,信息化指数值逐年增加,信息化建设越来越受到重视。1999年,企业的信息化指数值较低,信息化建设处于初级阶段;至2008年,各项信息化设施得到完善和升级,信息化建设达到中级水平,并进入集团内部集成阶段,表明企业管理者及员工的信息化意识增强。

(2)战略地位方面,2007年之前,企业的信息化工作只是附加在科技质量部或管理部门,企业对信息化工作的定位不准确,对信息化建设的重视程度明显不足;在2008年设立信息化与管理部后,信息化建设进入了统一规划与控制阶段。但是,由于企业拥有众多子公司,组织结构庞大,因此,仍需将信息化建设工作在战略层面上予以提升,以增强企业的竞争优势。

(3)基础建设方面,1999至2007年间,徐工集团每年的信息化投入占固定资产的比重仅为2%左右,远低于行业平均水平,这无疑制约了信息化建设的进程和实施效果;2008年,信息化投入增加,基础设施得到完善和升级,各项指标值均高于行业平均水平。

(4)应用状况方面,企业完备的信息采集手段及门户网站、管理信息化和办公自动化系统等的广泛应用,使企业成为一个较为完整的流程控制系统,也为信息化和运作管理的融合奠定了基础。

(5)人力资源方面,至2008年,大专以上学历员工占员工总数的比例达到36.6%,职工整体素质有较大程度的提升;但是,信息化技能普及率和学习的电子化水平较低,企业仍然缺乏掌握专业IT技术的人员。因此,应进一步加强信息技能普及力度,为普通工人提供更多的学习和培训机会。

(6)信息安全方面,企业的信息化安全投入比例每年约以0.2%的速度增加,此外,各种信息化安全措施的应用,例如进行了本地实时备份和安装了企业级防火墙等,更表明信息安全已引起企业的高度重视。

(7)效益指数方面,对信息化建设进行统一规划后,企业的库存降低了30%~50%,资金运转效率增加了2~3倍,产品的附加值大大提高;财务决算速度的加快表明企业的信息化效益稳步提升,核心贡献率上升。这些结果表明信息化在使企业做大做强上发挥了重要作用,带来了企业生产方式和发展

方式的巨大变化。

## 4 结语

本文在构建制造业企业信息化评价指标体系的基础上,提出了基于层次分析法和主成分分析法的指标综合权重设计方法,在一定程度上消除了主观判断和客观误差对信息化评价结果的影响,构建了信息化指数综合评价模型,并选取20个指标变量进行实证分析,结果表明,一方面,信息化基础设施建设、应用状况对制造业企业的信息化水平具有较为重要的影响作用;另一方面,信息化在提高企业的运作效率和经济效益,增强企业的市场竞争力方面发挥了重要作用,此外,也验证了所提出的指标评价方法的有效性和可行性。由于人为和客观因素,本文选取的权重设计方法在结果上仍然存在一定的误差,因此,如何确定更加精确的权重设计方法有待进一步研究。

## 参考文献

- [1] 王刚夫,黄清和.从竞争优势到竞争优势群[J].南开管理评论,2001(1):59-61.
- [2] 付睿臣,毕克新.制造业企业信息化内涵与建设模式研究——以海尔为例[J].科学与科学技术管理,2009(6):140-144.
- [3] MUL J D. The informatization of the worldview [J]. Information, Communication and Society, 1999, 2(26): 69-94.
- [4] SARKIS J, SUNDARRAJ R P. Evaluation of enterprise information technologies: a decision model for high level consideration of strategic and operational issues [Z]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 2005: 1-14.
- [5] Yu Eun Jung, Choi Youngjoon, Leem Choon Seong. A user oriented assessment of enterprise information systems [M]. Heidelberg: Springer Berlin, 2007.
- [6] Jung Yong soo, Chin Sangyoon, Kim Kyungrai. Informatization index for the construction industry [J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2004, 18(3): 267-276.
- [7] WILLIAMS P, WEBB C. The Delphi technique: a methodological discussion [J]. Journal of Advanced Nursing, 1984, 19(1): 180-186.
- [8] SAATY T L. The analytic hierarchy process [M]. New York: McGraw-Hill, 1980.
- [9] ZADE L A. Fuzzy sets [J]. Information and Control, 1965 (8): 338.
- [10] KAPLAN R S, NORTON D P. Balanced Scorecard [M]. Harvard Business School Press, 1996.
- [11] 齐二石,王慧明.制造业信息化评价指标体系和方法研究[J].工业工程,2005,8(2):52-56.
- [12] 王姗姗.企业信息化指标体系及其评价方法研究[J].内江科技,2005(6):80-81.
- [13] 洪江涛,张正华.企业信息化指标体系的研究[J].现代管

理科学, 2003(4): 15-16.

- [14] 制造业信息化工程领导协调小组办公室. 制造业信息化工程统计工作培训班培训资料汇编[G]. 2003.

- [15] 郭显光. 多指标综合评价中权数的确定[J]. 数量经济技术经济研究, 1989(11): 49-53.

## Study on Evaluation Model for Informatization of Manufacturing Enterprise

Liu Yun, Wang Delu

(School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou Jjiangsu 221116, China)

**Abstract:** Based on the present theory, this paper first constructs the index system for informatization of manufacturing enterprise. And then it proposes the comprehensive weight design method by using analytic hierarchy process (AHP) and principal component analysis(PCA), and establishes the comprehensive evaluation model for enterprise's informatization index. Finally, it determines the important influence factors of informatization of manufacturing enterprise, and verifies the validity and feasibility of the above model.

**Key words:** informatization; manufacturing enterprise; analytical hierarchy process; principal component analysis; comprehensive evaluation

(上接第 76 页)

步。总的来说, 农业物资投入所起的作用呈逐渐减小的趋势, 科技进步所起的作用呈增大趋势, 但是, 同经济发达国家农业科技进步贡献率相比, 还存在很大的差距, 要跨入农业生产的先进行列, 还需要进行许多努力, 这同时也说明, 河南省农业科技进步还有很大的上升空间。科学技术是第一生产力, 要提高农业科技进步贡献率, 一方面要增加农业科研投入, 积极推进建立以政府为主导的多元化、多渠道农业科研投入机制; 另一方面, 增强河南省农业科技支撑能力, 使农业科研与生产紧密结合; 同时, 要提高对生产资源的利用率, 提高农业投入的科技含量和劳动者的素质。

### 参考文献

- [1] 魏邦龙. 甘肃省农业科技进步对经济增长贡献率的研究

[J]. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16(1): 26-29.

- [2] 卢亚丽, 傅新红. 区域农业科技进步测度方法研究[J]. 农业技术经济, 2004(3): 10-14.
- [3] 王淑艳, 葛家麒, 赵红杰. 科技进步对黑龙江省农业产值增长贡献率的测算和分析[J]. 东北农业大学学报, 2006, 37(1): 89-92.
- [4] 何宜强. 江西农业技术进步贡献率的测算与分析[J]. 江西财经大学学报, 2004(6): 45-47.
- [5] 李斌, 丁媛媛, 武迪. 河南农业科技进步促进经济发展的模型、机理与对策[J]. 经济经纬, 2009(3): 112-115.
- [6] 刘芳, 李晔, 高波. 技术进步对河南省经济增长贡献的测算与分析[J]. 河南科学, 2009, 27(1): 119-122.
- [7] 蒋和平, 苏基才. 1995—1999年全国农业科技进步贡献率的测定与分析[J]. 2001(5): 12-17.

## Calculation and Analysis on Contribution Rate of Agriculture Science and Technology Progress in Henan Province

Liu Fang, Li Bingjun

(College of Information and Management Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** This paper calculates and analyzes the contribution rate of agriculture science and technological progress in Henan province from 1985 to 2008 by the improved C-D production function and the Solow growth rate equation. The result indicates that the contribution rate of agriculture science and technology progress is up to 46.47% in Henan province during 1985-2008, which is only lower than that of material input, while the contribution rates of the input of labor and land are very minor. And the contribution rate of agriculture science and technology progress is the maximum in the Tenth Five-year Plan, which is up to 55.08%, but it doesn't show a regularity growth trend.

**Key words:** agriculture science and technology progress; economic growth; contribution rate of science and technology progress; Henan