

文章编号: 1003-207(2002)03-0052-04

# 企业信息化指数测算方法研究

蒋晓芸<sup>1</sup>, 王 齐<sup>2</sup>

(1. 山东大学数学与系统科学学院, 济南 250100; 2. 山东省工程咨询院, 济南 250002)

**摘要:** 应用模糊集合论和主成分分析的方法对企业信息化进行了综合评判, 引进了一种新的隶属函数对数据进行了无量纲化处理并确定了各指标权重, 建立了山东省企业信息化指数模型。利用此方法对 5 家企业信息化进行综合评价, 得到了满意的结果。

**关键词:** 主成分分析; 模糊集合论; 无量纲

**中图分类号:** C939: F27      **文献标识码:** A

## 1 引言

随着世界信息化浪潮的高涨与我国信息化发展战略的实施, 推进企业信息化建设被列为重中之重, 它是国家信息化建设的重要组成部分, 是提高企业管理水平, 增强企业竞争力的战略措施。推进企业信息化, 是我国企业在现代信息技术发展和国际信息化浪潮推动下, 适应全球经济一体化趋势和我国社会主义市场经济发展的需要, 企业信息化已成为企业竞争战略的重要内容, 企业通过生产的信息化实现生产过程的自动控制; 通过营销的信息化把握市场的最新动态; 通过管理的信息化将生产管理的各环节有机结合起来, 从而实现了企业全过程的信息化。因而全面、公正、客观地评价国有企业信息化水平也就成为学术界讨论的热门话题, 目前如何正确评价企业信息化水平没有权威的规范的模式, 尤其是定性基础上的定量评价是管理界急待解决的问题。作者对现有的各种信息化测算方法进行了研究, 希望从定量这个新的视角来初步探讨这个问题, 并参照信息产业部 2001 年最新出台的《国家信息化指标构成方案》20 项指标及我国信息化的六要素, 仿照日本信息化指数模型构建了一种能够全面、准确反映我国企业信息化水平的多指标综合评价体系, 并利用多元统计分析思想及模糊集合论的方法建立了山东省产品销售收入 1 亿元以上的大中型企

业信息化指数模型, 并对其中的五家企业信息化水平进行了综合描述及排序。

## 2 我国企业信息化建设现状评价

虽然近年来我国企业信息化建设取得了可喜进展, 但与世界发展水平比, 还处于落后状态, 与我国经济快速发展的需要也远不适应。

### 2.1 整体水平低, 信息技术装备落后

目前我国企业信息化程度还比较落后, 电脑普及率也比较低, 应用还停留在文字处理财务管理等办公自动化以及劳动人事管理上。全部实现计算机辅助设计系统、办公自动化系统、信息管理系统的企业不足 10%; 作为企业电子商务最核心的 ERP(企业资源计划) 系统, 目前已实现的企业仅占 2.9%; 占我国工商企业总数 99% 的中小企业中, 有一半的企业还没有配备计算机<sup>[4]</sup>。

### 2.2 不同企业差别悬殊, 发展不平衡

与不同地域经济发展不平衡一样, 我国企业间信息化水平差度也很大。一些大中型企业和少部分先进的小型企业已打下坚实的信息化基础, 其中少数还进入了国际先进行列, 而其它大部分企业的信息化水平则很低, 目前仍处在手工信息阶段, 总的讲, 和国际接轨较紧密的三资企业、跨国集团公司快于纯国内企业, 改革开放力度强的沿海地区企业快于内地企业, 经济力量雄厚的大型骨干企业快于小型企业, 环境条件好的城市企业快于乡镇企业, 金融、铁路、电子、通讯等公用性类型企业快于其它行业类型的企业。

2.3 社会网络化程度低, 信息流通不畅, 使用率低  
现在全世界因特网用户中, 西方发达国家占到

收稿日期: 2001-09-10

基金项目: 山东大学青年基金(11140050190032)

作者简介: 蒋晓芸(1963-), 女(汉族), 四川成都人, 山东大学数学与系统科学院副教授, 在职博士, 研究方向: 经济评价与预测, 环境评价。

85%,在美国,企业已有近70%的业务行为是在互联网上完成的;欧洲的企业也有近50%的业务行为在网上完成。到2004年,没有利用供应链管理技术的美国企业,将会失去首选供应商的资格<sup>[4]</sup>。而我国只有大约2600万户网民。我国企业普遍缺乏超区域的信息交流能力,难以超出地域限制与潜在的客户或经销商实现沟通。尤其是广大中小企业,信息交流不畅是困扰企业发展的最大问题之一。

#### 2.4 人员素质低,管理方式落后

我国企业职工队伍高中以下文化程度的高达68%,加之管理方式落后从体制上缺乏利用现代信息手段实施科学管理的内在需求,成为推进信息化的严重制约因素。

因此,笔者认为,对企业信息化进行定性定量综合评定,将有助于企业把握推进企业信息化的努力方向,为企业管理层决策提供量化的依据,使企业信息化建设走向成功。

### 3 建立企业信息化评价指标体系

企业信息化是一个概括的称谓。广义的说,凡是利用电子信息技术于企业的生产、管理、办公和商务活动的都是企业信息化的一部分。企业信息化水平的高低直接关系到企业的竞争实力,因此正确评价企业信息化水平,将有利于企业发现问题,加强管理,运用现代电子信息技术对企业生产、经营和管理流程(包括人员)进行全方位的改造,重新整合资源,提高效率和效益。为全面客观反映被评价对象全貌,我们参照信息产业部2001年最新出台的《国家信息化指标构成方案》20项指标及我国信息化的六要素,对现有国内外的各种信息化评价指标体系进行了研究,同时考虑到我国企业的实际情况及信息更新速度越来越快,再加上管制、竞争、企业体制改革等的变化,为此专门设计了一些能反映目前企业信息发展的水平和特点的指标,使企业信息化指标体系尽可能覆盖企业信息化的界定范围,在建立评

价指标时还有意识地选择了一些未来对企业信息化起重要作用的指标,如:百人互联网用户数等,以使指标系统具有动态性。

经过充分的研究和考虑,我们建立了三大类、10个具体指标:

(1) 信息资源与装备类指标,包括专业技术人员占员工总数比重 $X_1$ 、企业信息化网络建设水平 $X_2$ 、每百人计算机拥有量 $X_3$ 。它是影响企业信息化建设的潜在作用力。

(2) 信息技术普及及发展类指标,包括每百人互联网用户数 $X_4$ 、R&D投入占销售收入比重 $X_5$ 、信息主管或信息办的地位 $X_6$ 、教育支出占销售收入比重 $X_7$ 。它是影响企业信息化的内部环境作用力。

(3) 信息技术利用率指标,包括在技术系统中的利用率 $X_8$ 、在制造系统中的利用率 $X_9$ 、在管理系统中的利用率 $X_{10}$ 。它反映了企业信息化建设应用能力。

### 4 各类评价指标数据的无量纲化

原始数据通过山东省统计年鉴及抽样调查专家打分得到,如对企业信息化网络建设水平 $X_2$ 进行打分时,分为很好、较好、一般、较差、很差,打分分别为:10分,7分,5分,3分,1分,其它指标打分类似。为消除量纲的影响,需对评价指标数据进行无量纲化处理。根据评价指标的性质不同,评价指标分为三类。

- 1) 正指标类 正指标要求数值越大越好;
- 2) 逆指标类 逆指标要求数值越小越好;
- 3) 适度指标类 适度指标要求数值适中为好。当指标数值小于最佳值时,符合正指标类性质;当指标数值大于最佳值时,符合逆指标类性质。

本文借用模糊集合论中隶属函数的思路,构造下列无量纲化处理函数。

$$y_{ij} = \begin{cases} \frac{X_{ij} - X_{i\min}}{X_{io} - X_{i\min}}, & X_{io} = X_{i\max}, & \text{正指标类} \\ \frac{X_{i\max} - X_{ij}}{X_{i\max} - X_{io}}, & X_{io} = X_{i\min}, & \text{逆指标类} \\ \left. \begin{array}{l} \frac{X_{ij} - X_{i\min}}{X_{io} - X_{i\min}}, \\ \frac{X_{i\max} - X_{ij}}{X_{i\max} - X_{io}}, \end{array} \right\} & X_{i\min} \leq X_{ij} \leq X_{io} & \text{适度指标类} \\ \left. \begin{array}{l} \frac{X_{ij} - X_{i\min}}{X_{io} - X_{i\min}}, \\ \frac{X_{i\max} - X_{ij}}{X_{i\max} - X_{io}}, \end{array} \right\} & X_{io} \leq X_j \leq X_{i\max} & \end{cases} \quad (1)$$

其中 $X_{i\max}$ , $X_{i\min}$ , $X_{io}$ 分别为第 $i$ 项指标的最大值、最

小值和最佳值, $y_{ij}$ 为第 $j$ 个企业第 $i$ 项指标数据 $X_{ij}$

的无量纲化数据,则将原始数据转化为[0, 1] 区间上的函数  $y_{ij}$ 。在本文 10 个指标均为正指标。由于 60 个企业数据计算量大,本文利用 MATPLAB 数学软件进行计算。

### 5 评价指标权重的确定

确定企业信息化指数模型首先要确定各指标、各因素的权重。为了避免人为确定权重的主观性,本文拟采用主成分分析法来确定指标的权数分配。主成分分析就是利用降维的思想从较多的指标中找

出较少的几个综合的指标,而这些指标能较好地反映原来资料的信息。第一主成分是原来各变量的线性组合且具有最大的方差。主成分与原来变量的相关系数称作因子载荷,各主成分原有指标的载荷值和公因子方差值反映了它们对主成分所起作用的大小,能为确定各指标的权重提供客观依据。本文选择了山东省产品销售收入 1 亿元以上的 60 家大中型企业为样本,利用国际通用的 SAS 统计软件对 10 个原始指标进行了企业信息化指数主成分分析,选入前两个主成分已代表全部信息的 90.2%。见表 1

表 1 公因子方差

指标	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
PRIN1 载荷 P <sub>1i</sub>	0.7768	0.0782	0.7586	0.8633	-0.7866	0.8220	0.8800	-0.4066	0.8500	-0.0054
PRIN2 载荷 P <sub>2i</sub>	0.5790	0.8225	0.1440	0.1870	-0.0450	0.3053	0.2001	0.7070	0.1700	0.8200
公因子方差 H <sub>i</sub> = P <sub>1i</sub> <sup>2</sup> + P <sub>2i</sub> <sup>2</sup>	0.9387	0.6826	0.5962	0.7803	0.6208	0.7689	0.8144	0.6651	0.7514	0.6724

公因子方差 H<sub>i</sub> 反映了各原始指标对选出的两个主成分所起的作用,既反映了各原始指标的重要程度,将 H<sub>i</sub> 分别归一化得各指标及因素的权重。如第二层 X<sub>1</sub> 的权重

$$a_1 = \frac{H_1}{\sum_{i=1}^3 H_i} = \frac{0.9387}{2.2175} = 0.4233$$

第一层因素信息资源与装备权重

$$W_1 = \frac{\sum_{i=1}^3 H_i}{\sum_{i=1}^{10} H_i} = \frac{2.2175}{7.2908} = 0.3042$$

依次类推,各项权重计算结果如下表 2

表 2 因素及指标权重

三类因素	信息资源与装备类			信息技术普及及发展类				信息技术利用率		
因素权重 w <sub>i</sub>	W <sub>1</sub> = 0.3042			W <sub>2</sub> = 0.4093				W <sub>3</sub> = 0.2865		
原始指标 x <sub>i</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
指标权重 a <sub>i</sub>	0.4233	0.3078	0.2689	0.2614	0.2080	0.2577	0.2729	0.3184	0.3597	0.3219

### 6 企业信息化指数模型

将计算结果  $y_{ij}$  与第二层权重加权合成三项因素指数模型

$$S_1 = \sum_{i=1}^3 y_{ij} a_i \quad S_2 = \sum_{i=4}^7 y_{ij} a_i \quad S_3 = \sum_{i=8}^{10} y_{ij} a_i \quad (2)$$

上式(2)中 j= 1, 2 .....n 表示 n 个企业这三个模型可求得某一企业信息资源与装备、信息技术普及及发展、信息技术利用率的定量化数值,该数值表明了企业在这三方面的优劣程度。然后确定信息化指数模型  $C = S_1 W_1 + S_2 W_2 + S_3 W_3$  (3)

C 表明一企业信息化水平的优劣程度, C 越大信息化程度越高。

### 7 实例分析

以山东省产品销售收入 1 亿以上的 5 家大中型

企业 2000 年各项信息化指标为样本,运用本文方法确定各个企业信息化指数值并加以排序。将企业原始数据代入(1)进行处理得如下无量纲化数据矩阵:

$$y_{ij} = \begin{bmatrix} 0.21 & 1.00 & 0.48 & 0.00 & 0.42 \\ 0.96 & 1.00 & 0.57 & 0.00 & 0.57 \\ 0.00 & 0.96 & 1.00 & 0.50 & 0.85 \\ 0.96 & 1.00 & 1.00 & 0.28 & 0.00 \\ 0.44 & 0.66 & 1.00 & 0.44 & 0.00 \\ 0.00 & 1.00 & 0.32 & 0.35 & 0.46 \\ 0.57 & 1.00 & 0.42 & 0.44 & 0.00 \\ 0.44 & 1.00 & 0.66 & 0.48 & 0.00 \\ 0.44 & 1.00 & 0.66 & 0.00 & 0.22 \\ 0.57 & 1.00 & 0.28 & 0.00 & 0.57 \end{bmatrix}$$

上述数据输入模型(2) (3) 可输出相应的定量化数值及评价结果,见表 3

表3 企业信息化多层次评价

		企业 1	企业 2	企业 3	企业 4	企业 5
信息资源与	$S_1$	0.3844	0.989	0.6475	0.1345	0.5818
装备指数	排序	4	1	2	5	3
信息技术普及	$S_2$	0.498	0.9293	0.665	0.375	0.1185
及发展指数	排序	3	1	2	4	5
信息技术利	$S_3$	0.4818	1	0.5377	0.1528	0.2626
用率指数	排序	3	1	2	5	4
信息化指数	C	0.4588	0.9677	0.6232	0.2381	0.3007
	排序	3	1	2	5	4

## 8 结论

表3揭示出了参评企业信息化指数各个层次的评价结果,排在第一的企业2为国家特大型企业海尔集团,该集团成立以来始终重视信息技术的开发和应用工作,把企业信息化列为企业的首要工作,坚信信息是企业发展的导向,信息是企业发展决策的依据。在信息资源与装备、信息技术普及及发展、信息技术利用等方面都制定了完整的发展规划,已经建立的信息工程有CAD系统应用、国际互联网应用、企业内部网应用等,利用CAD系统进行产品设计以来已获得300多项国家专利,因此在使用上述模型测评时信息资源与装备指数0.989、信息技术普及及发展指数0.9293、信息技术利用指数1、信息化总指数0.9677各项指数均位于参评五个企业之首,企业5尽管信息资源与装备指数较高,但在信息技术利用方面欠缺,信息化的指数仍然很低,以上事实表明上述模型与企业信息化程度相吻合,具有一定的实用价值。

本文的评价方法引进了一种新的隶属函数对主成分分析的数据进行了无量纲化处理,改进了主成分分析中由于量纲的不同造成的差异,数据处理及主成分分析分别采用国际通用的MATLAB工具箱

和SAS统计软件简便易行,实例证明是十分合理的。该评价模型既可以用于几个企业间的横向比较也可用于某一企业若干年的信息化的纵向比较,模型给出了信息化指数分层次各因素的测定值,不仅较为合理的模拟了人脑评价事物的思维过程,而且客观地反映出企业在各因素上的排序,评价结果可以清楚地看出每个企业提高信息化的努力方向,为企业及管理层提供了决策依据,使对企业的信息化评价走向了客观化和模糊定量化,这种多层次多属性的模糊评判模型用途十分广泛,本文用于企业信息化指数评价,取得了满意的结果,而且可以用于多层次多属性的其它决策。

### 参考文献:

- [1] 汪培庄. 模糊集合论及其应用[M]. 上海科学技术出版社 1983, 11.
- [2] 侯炳辉. 企业信息化领导手册[M]. 北京出版社, 1999, 9.
- [3] 王润理, 王永福. 我国企业信息化建设与西方的差距及其有关战略思考[J]. 电子与信息化, 1999, 2.
- [4] 海文. 中国企业信息化为何落后[N]. 经济日报, 2001-05-31.
- [5] 王旗林, 黎志成. 信息系统成本测算方法与研究[J]. 中国管理科学, 2001, 9(1): 57-61.

## The Research of Measurement Method on Enterprise Informationalization Indices

JIANG Xiao-yun, WANG Qi

- (1. College of Mathematics, Shandong University, Jinan 250100, China;
2. Shandong Engineering Consulting Institute, Jinan 250002, China)

**Abstract:** Enterprise informationalization is evaluated by using methods of fuzzy set theory and principal component analysis. The evaluation data are handled by introducing a new subordinative function and the weight numbers of the indexes are established. The model on enterprise informationalization indices in Shandong Province is set up. A comprehensive evaluation of informationalization of five enterprises is carried and the results are satisfied.

**Key words:** principal component analysis; fuzzy set theory; dimensionless