

中小企业集群创新能力综合评价模型

徐道宣

(黄石理工学院 经济与管理学院, 湖北 黄石 435003)

摘 要: 根据中小企业集群创新的经济特征,从知识创造能力、创新投入能力、技术开发能力、创新产出能力、创新环境条件等6个方面建立了中小企业集群创新能力综合评价体系,阐述了灰色系统理论应用于中小企业集群创新能力综合评价的具体方法和过程。

关键词: 中小企业集群; 集群创新能力; 灰色系统理论; 评价模型

中图分类号: F276.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)10-0158-04

0 前言

目前我国中小企业已经超过1 000万家,在全国工业总产值和实现的利税中分别占60%和40%左右,同时创造了75%的就业机会和60%的出口创汇额,中小企业已经成为我国经济持续健康发展的主力军。虽然单个中小企业与大企业相比,具有以下比较优势: 生产经营的灵活多变性; 监督激励机制的有效性; 层级简单及信息对称性所体现的管理高效性。但是,单个中小企业因规模经济难以发挥作用、融资比较困难、创新能力不足、彼此空间(或地理)上分离以及生产经营上孤立所导致的竞争力低下,很难与大企业相抗衡。如何发挥中小企业的优势,规避其劣势?企业集群就是一种具有较强的整体竞争优势和创新力的组织形式。这是因为,那些相互关联的中小企业集聚在一起,能够实现合作(协作)创新,既可以发挥单个企业所具备的比较优势,又可以获得大型企业才能拥有的创新资源优势,从而实现创新规模经济,增强整体创新活力。

中小企业集群的创新能力决定着集群的整体竞争能力。要增强集群创新能力,必须了解集群创新能力现状,分析其创新能力的影响因素,找出其薄弱环节。因此,客观、科学地评价各地区中小企业集群的创新能力,明确各自的优劣势,对于各地区构建区域创新系统的研究与实践,以及在此基础上制定科学的创新政策以推动区域经济发展都有十分重要的意义。

1 中小企业集群创新的内涵及其经济特征

创新是经济发展和社会进步的强大原动力。创新是“建立一种新的生产函数”,是实现生产要素的一种从未有

过的“新组合”^[1]。笔者认为,创新是技术、经济以及社会、教育、文化等诸多因素相结合、相互影响的经济活动,它是一项提高资源配置效率、提升企业竞争力的复杂活动。提升企业创新能力是企业空间聚集的主要动力之一。中小企业集群创新是基于专业化分工和协作的同一产业或相关产业的中小企业,通过空间(或地理)上的集中,产生创新集聚效应,达到创新规模经济性,从而获取创新优势,并受诸多因素影响的综合性经济活动。由于中小企业集群是介于企业与市场(或层级与市场)之间的中间组织形式,它克服了大型企业低效与中小企业规模经济和范围经济的劣势,因此中小企业集群创新能够增强集群整体竞争优势,提升其市场竞争能力。它除拥有技术创新的一般经济特征如创造性、累积性、效益性、风险性和扩散性外,还具有其自身的经济特征,主要体现在以下几个方面:

1.1 竞争中的合作性

群内企业是在专业化分工与协作的基础上开展竞争的。类似于一个生物生态系统,集群也是一个有机的、相互作用、相互依存的组织。正如生物种群一样,竞争在群内普遍存在,竞争使集群内的企业始终保持着创新的精神状态及动力和压力,从而促使其发展壮大;但是,群内竞争并非你死我活的竞争关系,而是建立在合作基础上的竞争,追求的是“双赢”或“多赢”。因此,竞争合作是中小企业集群创新的一个显著特点。集群创新更强调合作性,因为合作创新有利于群内企业降低创新成本、分散创新风险、实现优势互补。产业链企业间的合作创新更是如此。

1.2 创新知识的易流动性

知识一般有显性知识(Explicit Knowledge)和隐性知识(Tacit Knowledge)两类。其中,隐性知识是建立在个人经济基础上并涉及各种无形因素如个人信念、观点和价值观的

收稿日期: 2007-09-04

基金项目: 湖北省教育厅科学技术研究项目(B200530004)

作者简介: 徐道宣(1959-),男,汉族,湖北黄石人,硕士,黄石理工学院经济与管理学院副教授,研究方向为企业管理、区域经济。

知识。它是高度个性化的,难以公式化和明晰化。中小企业集群内的企业之间,一方面比较容易获取显性知识,另一方面也能够获取隐性知识,并且有较强的把隐性知识转变为显性知识的能力,这样就可以促进群内企业之间创新知识的流动和再创新,加速创新知识流动。因此,其创新知识的质和量呈螺旋上升的态势。

1.3 创新资源的共享性

创新优势的大小取决于创新资源的多寡。创新资源包括必要的基础设施、人才、资金和技术。中小企业集群可以实现创新资源共享,避免了单个企业创新资源的不足。首先,中小企业集群可使所有的中小企业分享共同的信息资源,利用共同的交通、实验基地和通信等基础设施;其次,它能够把各类人才吸引到同一地方,能够使这些企业更方便地得到所需要的人才,也能促进人才的合理流动,最大限度地发挥各类人才的潜能;再次,中小企业集群能使投资者更加了解产业的发展状态及所在区域的投资环境,从而降低投资风险,这样,就更容易共同吸引风险投资基金。最后,知识的溢出效应使得企业更容易获得相关的知识或技术。与此同时,集群增强了上下游企业或相关企业的企业的合作研究力度,提升了集群对外界新知识或新技术的快速反应及学习能力。

1.4 创新资源的互补性

异类资源的互补避免了资源的重复开发,如高校或科研院所为企业提供科研成果、创新信息、中试设备以及人才培养等,而企业则主要进行产品开发、工艺开发和市场开发。这样,群内企业与高校优势资源互补,促进了资源合理配置,提高了其使用效率,从而增强了集群的整体创新能力。一般而言,创新资源的共享性和互补性统称为集群的共生经济性。中小企业集群的群内企业通过竞争与合作,可在相互之间实现资源的共享和互补,在一定程度上抑制了群内企业间的“过度竞争”行为。群内的共生能够产生“1+1>2”的效果,从而形成共生经济效应。它是集群创新的内在依据,决定了集群行为的可能性、体制和效率。

2 中小企业集群创新能力的评价系统

创新能力是应用知识、技术及信息,使其转化为商品或服务,最终实现其市场价值的一种能力。创新始终围绕知识与技术的创造、改进和扩散,其本质是对知识、技术和信息进行资源优化配置。可以说,创新能力是基于知识、技术与信息的生产、分配和使用的一种能力。中小企业集群的创新能力主要体现在知识创造能力、创新投入能力、技术开发能力、创新产出能力、创新环境条件等6个方面。也就是说,中小企业集群创新的能力是知识创造能力、创新投入能力、技术开发能力、创新产出能力、创新环境条件等的函数。

2.1 知识创造能力

知识创造能力着眼于研究者与研究群体。就集群而言,知识创造能力是指集群不断创造新知识的能力,它是

由创新基础、创新才能、创新意识和创新方法所组成与相互交织在一起的^[2]。创新基础由基础理论知识、专门知识、交叉学科知识与发展知识组成。其中发展知识就是新生产的知识,要再造知识,必须随时学习新知识——发展知识。创新才能包括观察能力、思维能力、想象能力、实际操作能力、信息收集和加工能力、总结与正确描述科研成果的能力和外语水平等。创新意识是知识创新的首要条件,只有具有强烈的创新意识,才能保证创新才能的发挥;创新才能、创新基础的发展状况,也是决定创新意识发展的重要因素。创新方法包括综合分析与概括方法、反问法、推理法、比较法和演绎法等,创新方法的选择或采用也能影响知识创造能力。

2.2 创新投入能力

创新投入是实现创新的前提和基础。创新投入能力常常取决于财力投入、人员投入、研究开发机构和高新技术企业的数量与质量^[3]。因此,可以用这4个指标来衡量中小企业集群创新投入能力的强弱。对上述4个指标进行分解,经过筛选可得到R&D经费占GDP的比重、科技活动经费占GDP的比重、每万人科技人员的比例、每万人研究开发活动人员的比例、研究开发机构数量、高新技术企业占企业总数的比重6个具体指标。

2.3 技术开发能力

技术开发能力具体包括: 技术开发项目成功率; 项目开发周期; 设备工艺水平提高率; 三项专利(发明、实用新型、外观设计)申请及授权数量; 技术装备水平。

2.4 技术应用能力

技术应用能力一般可以采用以下4个指标衡量: 每万人吸纳技术成果合同金额; 技术改造经费占GDP的比例; 技术引进、消化吸收和购买国外技术经费占GDP的比例; 外商和港澳台投资企业实现的产值占GDP的比例^[4]。

2.5 创新产出能力

创新产出能力是衡量创新能力的一个非常重要的指标。创新最先的产出是科技论文与专利,然后在此基础上进行研究开发和工程化研究,再进行新产品的设计和试生产,生产出高新技术产品,创造新的市场需求,从而促进集群创新水平的提高。因此,可用科技产出、创新产品产出、创新经济效率和群内经济发展水平4个指标来测度创新产出能力。

2.6 创新环境条件

创新环境条件对创新能力有很强的制约或促进作用,两者具有明显的正相关关系。良好的创新环境条件能提高集群创新能力,反之,创新环境条件比较差的集群,其创新能力就比较弱。集群创新环境条件主要包括创新基础设施、创新中介服务、创新金融环境和创新文化环境4个方面。

根据前面的分析,我们构建如附表所示的中小企业集群创新能力评价系统。

附表 中小企业集群创新能力指标体系

一级	二级	三级
中小企业集群创新能力 U	知识创造能力 U ₁	V ₁₁ 创新基础状况(知识方面)
		V ₁₂ 创新能力
		V ₁₃ 创新意识
		V ₁₄ 创新方法的科学合理程度
	创新投入能力 U ₂	V ₂₁ R&D 经费占 GDP 的比重
		V ₂₂ 科技活动经费占 GDP 的比重
		V ₂₃ 每万人科技人员占比
		V ₂₄ 每万人研究开发人员占比
		V ₂₅ 研究开发机构数量
		V ₂₆ 高新技术企业占企业总数的比重
	技术开发能力 U ₃	V ₃₁ 技术开发项目成功率
		V ₃₂ 项目开发周期
		V ₃₃ 设备工艺水平提高率
		V ₃₄ 技术装备水平
V ₃₅ 三项专利(发明、实用新型、外观设计)申请及授权数量		
V ₃₆ 每万人吸纳技术成果合同金额		
技术应用能力 U ₄	V ₄₁ 技术改造经费占 GDP 的比例	
	V ₄₂ 技术引进、消化吸收和购买国外技术经费占 GDP 的比例	
	V ₄₃ 外商和港澳台投资企业实现的产值占 GDP 的比例	
	V ₄₄ 科技产出水平	
	V ₄₅ 创新产品的销售收入占群内总销售收入的比重	
	V ₄₆ 创新经济效率	
创新产出能力 U ₅	V ₅₁ 群内经济发展水平	
	V ₅₂ 创新基础设施状况	
	V ₅₃ 创新中介服务水平	
	V ₅₄ 创新金融环境状况	
创新环境条件 U ₆	V ₆₁ 创新文化环境状况	
	V ₆₂ 创新文化环境状况	

3 中小企业集群创新能力的层次灰色综合评价模型

灰色系统理论^[9]是近年来产生和发展起来的一种研究和处理复杂系统的理论,它从信息是否完备出发,将系统分为非灰色系统和灰色系统,把一般系统论、信息论、控制论的观点和方法延伸到社会、经济、生态等抽象系统,并结合运用数学方法,发展了一套解决信息不完备系统的理论和方法;它不是从系统内部特殊的规律出发去研究系统,而是通过对系统某一层次的观测资料加以数学处理,在更高的层次上了解系统内部的变化趋势、相互关系、控制过程等机制。灰色系统理论可以广泛运用于机制复杂、层次较多、难以从定量角度建立精确模型的系统研究工作中。此外,灰色系统理论的数学方法是非统计方法,在系统数据较少和条件不满足统计要求的情况下,更显示出它的实用价值。而影响中小企业集群创新能力的因素很多,而且多是灰色、模糊、难以量化的,其评价建立在评价者的知识水平、认知能力和个人偏好之上,难以排除许多人为因素

带来的偏差。因此,我们可以运用灰色系统理论构建中小企业集群创新能力的综合评判模型。

3.1 评价等级与标准确定

3.1.1 指标无量纲归一化处理

将末级即三级评价指标 V_i 按是否能量化划分为定量指标和定性指标,其中定量指标都有不同的量纲,应对其进行无量纲归一化处理。其处理过程是:首先定出各个末级评价指标 V_i 的上限值,即在给定条件下所带来的效益可能达到的最高水平,然后利用下式将不同量纲计量的效益转化成归一化的无量纲指标值^[9]。

$$y_i = x_i / x_{i\max}$$

公式中: y_i 对应于评价指标 i 的无量纲指标值;

x_i 对应于评价指标 i 的有量纲指标值;

$x_{i\max}$ 对应于评价指标 i 的效益上限值。

3.1.2 指标评价等级与标准确定

根据前面的评价体系可知,二级评价指标 $U_i(i=1,2, \dots, 6)$ 的集合为 $U=(U_1, U_2, \dots, U_6)$;三级评价指标 $V_{1i}(i=1,2,3,4)$ 的集合为 $V_1=\{V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}\}$, $V_2(i=1,2,3,4,5,6)$ 的集合为 $V_2=\{V_{21}, V_{22}, V_{23}, V_{24}, V_{25}, V_{26}\}$, $V_3(i=1,2,3,4,5)$ 的集合为 $V_3=\{V_{31}, V_{32}, V_{33}, V_{34}, V_{35}\}$, $V_4(i=1,2,3,4)$ 的集合为 $V_4=\{V_{41}, V_{42}, V_{43}, V_{44}\}$, $V_5(i=1,2,3,4)$ 的集合为 $V_5=\{V_{51}, V_{52}, V_{53}, V_{54}\}$, $V_6(i=1,2,3,4)$ 的集合为 $V_6=\{V_{61}, V_{62}, V_{63}, V_{64}\}$ 。将上面已经过无量纲归一化处理的定量指标按5分制折算其得分;定性指标按其优劣等级统一划分为“优”、“良”、“中”、“差”、“很差”5个标准,其分值分别为5,4,3,2,1分,指标等级介于两相邻等级之间,相应评分为4.5,3.5,2.5,1.5分。

3.2 确定评价指标 U_i 和 V_i 的权重

采用层次分析法(Analytic Hierarchy Process)确定评价指标 $U_i(i=1,2, \dots, 6)$ 的权重向量为 $A=(a_{11}, a_{12}, \dots, a_{16})$ 、 $V_{1j}(j=1,2, \dots, 4)$ 的权重向量为 $A_1=(a_{11}, a_{12}, \dots, a_{14})$ 、 $V_2(j=1,2, \dots, 6)$ 的权重向量为 $A_2=(a_{21}, a_{22}, \dots, a_{26})$ 、 $V_3(j=1,2, \dots, 5)$ 的权重向量为 $A_3=(a_{31}, a_{32}, \dots, a_{35})$ 、 $V_4(j=1,2, \dots, 4)$ 的权重向量为 $A_4=(a_{41}, a_{42}, \dots, a_{44})$ 、 $V_5(j=1,2, \dots, 4)$ 的权重向量为 $A_5=(a_{51}, a_{52}, \dots, a_{54})$ 、 $V_6(j=1,2, \dots, 4)$ 的权重向量为 $A_6=(a_{61}, a_{62}, \dots, a_{64})$ 。

3.3 组织评价专家评分,确定评价样本矩阵

设评价专家序号为 $k, k=1, 2, \dots, p$,即有 p 位评价专家,组织 p 位评价专家对受评中小企业集群创新能力按评价指标评分等级标准,给末级即三级评价指标 V_{ij} 评分,根据 p 位评价专家所填写的评分表(此处略),求得受评中小企业集群创新能力评价样本矩阵:

$$D = \begin{pmatrix} d_{111} & d_{112} & \dots & d_{11p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{141} & d_{142} & \dots & d_{14p} \\ d_{211} & d_{212} & \dots & d_{21p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{261} & d_{262} & \dots & d_{26p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{611} & d_{612} & \dots & d_{61p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{641} & d_{642} & \dots & d_{64p} \end{pmatrix}$$

3.4 评价灰类及其计算

3.4.1 确定评价灰类

设评价灰类序号为 $e, e=1, 2, \dots, 5$, 即有 5 个评价灰类, 亦即 $g=5$, 它们分别是“优”、“良”、“中”、“差”、“很差”, 其相应的灰类及白化权函数如下:

- 第 1 灰类“优”($e=1$), 灰数 $\otimes_1 [5,]$, 白化权函数为 f_1 ;
- 第 2 灰类“良”($e=2$), 灰数 $\otimes_2 [0, 4, 8]$, 白化权函数为 f_2 ;
- 第 3 灰类“中”($e=3$), 灰数 $\otimes_3 [0, 3, 6]$, 白化权函数为 f_3 ;
- 第 4 灰类“差”($e=4$), 灰数 $\otimes_4 [0, 2, 4]$, 白化权函数为 f_4 ;
- 第 5 灰类“很差”($e=5$), 灰数 $\otimes_5 [0, 1, 2]$, 白化权函数为 f_5 ;

3.4.2 计算灰类评价系数

对于评价指标 V_{ij} , 受评对象属于第 e 个评价灰类的灰色评价系数 x_{ije} :

$$x_{ije} = \sum_{k=1}^p f_e(d_{ijk})$$

对于评价指标 V_{ij} , 受评对象属于各个评价灰类的总灰类评价数 x_{ij} :

$$x_{ij} = \sum_{e=1}^5 x_{ije}$$

3.4.3 计算灰色评价权向量及权矩阵

将所有 p 位评价专家就评价指标 V_{ij} , 主张第 e 个评价灰类的灰色评价权 r_{ije} :

$$r_{ije} = \frac{x_{ije}}{x_{ij}}$$

考虑到灰类有 5 个, 即 $e=1, 2, 3, 4, 5$, 便有受评对象的评价指标 V_{ij} 对于各灰色的灰色评价权向量 r_{ij} 为: $r_{ij} = (r_{ij1}, r_{ij2}, r_{ij3}, r_{ij4}, r_{ij5})$

从而得二级 U_i 所属三级指标 $V_{ij}(i=1, 2, \dots, 6)$ 对于各评价灰类的灰色评价矩阵 $R_i(i=1, 2, \dots, 6)$ 为:

$$R_i = \begin{pmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{ij1} & r_{ij2} & r_{ij3} & r_{ij4} & r_{ij5} \end{pmatrix}$$

(注: $i=1$ 时, $j=4$; $i=2$; $j=6$; $i=3$; $j=5$; $i=4, 5, 6$; $j=4$)

3.5 对 U 和 U_i 作综合评价

对 $U_i(i=1, 2, \dots, 6)$ 作综合评价, 其综合评价结果 $B_i(i=1, 2, \dots, 6)$ 为:

$$B_i = A_i \cdot R_i = (b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, b_{i4}, b_{i5})$$

由 U_i 的综合评价结果 B_i 得出某中小企业集群创新能力的总灰色评价权矩阵 R :

$$R = \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_6 \end{pmatrix} \quad (\text{此处 } m=6)$$

于是, 对 U 即某中小企业集群创新能力作综合评价, 其综合评价结果为:

$$B = A \cdot R = (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$$

3.6 计算综合评价值及结论

对 B 所提供的信息, 可以按取最大原则确定该企业所属灰类等级, 但是按此原则判断结果, 有时是有效的, 有时往往会因这种判断原则丢失信息太多而失效, 重要的问题是 B 不能用于中小企业集群创新能力的直接评价, 为此对 B 作进一步处理, 使 B 单值化。其具体方法是: 先将各灰类等级按“灰水平”赋值, 得各评价灰类等级值化向量 C 为: $C = (d_1, d_2, d_3, d_4, d_5) = (100, 80, 60, 40, 20)$, 然后按公式 $Z = B \cdot C^T$ 计算中小企业集群创新能力综合评价值 Z 。

根据 Z 值的大小, 对照灰类等级, 可以评判受评某中小企业集群的创新能力。

参考文献:

- [1] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论[M]. 北京: 商务印书馆, 1990.
- [2] 梁洪波. 从统计数据看欧盟的技术重新[J]. 全球科技经济瞭望, 2000, (6).
- [3] 刘柏柏. 论知识创新能力[J]. 机械工程学报, 1999, (1): 6-10.
- [4] 范柏乃, 单世涛, 陆长生. 城市技术创新能力评价指标筛选方法研究[J]. 科学学研究, 2002, (6): 663-668.
- [5] 魏后凯. 我国地区工业技术创新能力评价[J]. 中国工业经济, 2004, (5): 15-22.
- [6] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [7] 傅家骥, 全允桓. 工业技术经济学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996. 339-340.

(责任编辑: 高建平)

Research on Evaluation Model of the Small and Medium-sized Enterprises Cluster's Innovation Capability

Abstract: The thesis establishes the comprehensive evaluation system and puts up how to appraise the small and medium-sized enterprises cluster's innovation capability in the light of the theory of gray system.

Key Words: small and medium-sized enterprises cluster; cluster's innovation capability; theory of gray system; evaluation model