

技术创新能力的数据包络分析与实证研究

李守伟

(1.复旦大学 管理学院,上海 200433;2.江苏大学 工商管理学院,江苏 镇江 212013)

摘 要:技术创新能力是区域经济发展的核心与动力。技术创新能力的评价不仅能判断区域核心竞争力的高低,而且能为制定技术创新发展战略提供必要的参考。采用数据包络分析(DEA)方法,以专利申请量、专利授权量和专业技术人员数量为指标,以工业增加值和高新技术产业产值为目标,对江苏省沿江8地市的技术创新能力进行了分析与评价。评价结果显示,苏州、无锡和南通的技术创新能力是DEA有效的(最高),也即是专利申请与授权以及专业技术人员促进了工业增加值和高新技术产业产值的提高;其它地市的技术创新能力由高到低分别为:镇江、泰州、常州、南京、扬州,在评价技术创新能力的同时,给出了制定技术创新战略的建议。

关键词:技术创新能力;DEA;评价;实证研究

中图分类号:G311

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2010)01-0119-06

0 引言

随着经济全球化的不断深入,提高技术创新能力已成为培育企业核心竞争力和提高国际竞争力的必经之路。所谓技术创新是指从产生新产品或新工艺的设想到市场应用的一个完整过程,它包括新设想的产生、研究、开发、商业化生产到扩散等一系列活动,本质上是一个科技、经济一体化的过程。它包括技术开发和技术应用两大环节。面对激烈的市场竞争,技术创新能力正日益成为企业生存与发展的不竭源泉和动力^[1]。

区域技术创新能力测度与评判成为评价一个区域核心竞争力高低与否的一个主要手段,对于正确制定技术创新政策及提高企业技术创新水平都具有重要的意义^[2,3]。

技术创新能力主要通过两类评价指标体系来测量:一是将技术创新能力分为管理能力、财务能力、竞争能力、R&D能力等,通过对诸多能力上的投入强度与所得成果进行评价,从而得到对技术创新能力的评价;二是以投入能力和产出能力为重点,通过对两者的评价得出技术创新能力。

专利是技术创新和科学技术发明的产物。国外自20世纪60年代末就开始研究专利产出对科学技术进步与经济发展的影响,一些著名机构定期出版对国家、区域、机构的技术创新能力评价的报告^[4]。如世界经合组织(OECD)建立有3套专利产出评价指标体系,被OECD用于年度科学技

术产业记分卡中,评价全球经济信息。基于美国CH I研究公司的专利指标,美国科学基金会(NSF)每两年出版一次的《科学技术指标》,其中的专利产出分析,为美国政府决策层提供了国家、区域层面的技术创新力评价信息。

专利的申请以及专利的授权与专业技术人员的技术创新水平相关,最终影响到工业增加值和高新技术产业的产值。

本文基于2003、2004和2005年的专利申请量、专利授权量、专业技术人员数量,以2005年的工业增加值和高新技术产业产值为目标,采用DEA方法将镇江的技术创新能力与江苏沿江其它7个地市的技术创新能力进行比较。

1 DEA评价方法

数据包络分析(Data Envelopment Analysis,简称DEA),是运筹学、管理科学和数理经济学交叉研究的一个领域,它是由Charnes和Cooper等人于1978年开始创建的。DEA是使用数学规划模型评价具有多个输入和多个输出的“部门”或“单元”(称为决策单元,简称DMU)间的相对有效性(简称DEA有效)。根据对各DMU观察的数据判断DMU是否为DEA有效,本质上是判断DMU是否位于生产可能集的“前沿面”上。生产前沿面是经济学中生产函数向多产出情况的一种推广,使用DEA方法和模型可以确定生产前沿面的结构,因此又可以将DEA方法看作是一种非参数的统计估算方法。使用DEA对DMU进行效率评价时,可以得到

收稿日期:2009-02-24

基金项目:国家社会科学基金项目(07CJY014);江苏省高校哲学社会科学基金项目(07SJB630003);江苏大学高级人才基金项目(06JDC054)

作者简介:李守伟(1970-),男,山东临沂人,博士,复旦大学管理学院博士后,江苏大学工商管理学院副教授,研究方向为技术创新与复杂网络。

很多在经济学中具有深刻经济含义和背景的管理信息,因而,DEA领域的研究吸引了众多的学者^[5,6]。

具体来说,DEA是使用数学规划模型比较决策单元之间的相对效率,对决策单元作出评价^[7]。一个决策单元(Decision Making Unit,简称DMU)在某种程度上是一种约定,就其“耗费的资源”和“生产的产品”来说,每个DMU都可以看作是相同的实体。亦即在某一视角下,各DMU有相同的输入和输出。通过对输入和输出数据的综合分析,DEA可以得出每个DMU综合效率的数量指标,据此将各DMU定级排队,确定有效的DMU,并指出其它DMU非有效的原因和程度,给主管部门提供管理信息。DEA还能判断各DMU的投入规模是否恰当,并给出了DMU调整投入规模的正确方向和程度。

第一个DEA模型是C²R模型。C²R模型对决策单元的规模有效性和技术有效性同时进行评价,即C²R模型中的DEA有效的决策单元既是规模适当的,又是技术管理水平高的。为了正确估计有效生产前沿面,1985年Charnes和Cooper等又提出了C²GS²模型,用于专门评价决策单元的技术有效性。

为了便于检验DEA的有效性,一般考虑带有松弛变量且具有阿基米德无穷小ε模型(C²R的等价模型)为:

$$\min (\theta - \varepsilon(e_1^T s^- + e_2^T s^+))$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_i, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_i, \lambda_j \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0$$

其中, $s^- = (s_1^-, s_2^-, \dots, s_m^-)$ 是 m 项输入的松弛变量; $s^+ = (s_1^+, s_2^+, \dots, s_s^+)$ 是 s 项输出的松弛变量; $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ 是 n 个DMU的组合系数; $e_1^T = (1, 1, \dots, 1)_{1 \times m}$, $e_2^T = (1, 1, \dots, 1)_{1 \times s}$, ε 是一个很小的正数。

定理 设线性规划(D)的最优解为 $\theta^*, s^{*-}, s^{*+}, \lambda^*$, 则有:

- (1) 若 $\theta^* = 1$, 则DMU_{*i*}是弱DEA有效的;
- (2) 若 $\theta^* = 1$, 且 $s^{*-} = 0, s^{*+} = 0$, 则DMU_{*i*}是DEA有效的。

在C²R模型的约束条件和生产可能集T中,同时加入条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, 则可以得到DEA评价的C²GS²模型为:

$$\min (\theta - \varepsilon(e_1^T s^- + e_2^T s^+))$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j + s^- = \theta x_i, \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - s^+ = y_i, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0$$

对于C²R模型中 $\theta^* < 1$, 即非规模和技术有效, 可以通过C²GS²模型判断其是否为技术有效。若评价模型C²GS²中的最优解为 $\theta^* = 1$, 则可判断DMU_{*i*}是技术有效而非规模有效; 若 $\theta^* < 1$, 则说明决策单元DMU_{*i*}既非技术有效, 也非规模有效。对于非有效DMU, 可通过调整投入产出以使其达到规模和技术有效。

DEA特别适用于具有多输入多输出的复杂系统, 主要表现为: ①DEA以决策单元各输入输出的权重值为变量, 从最有利于决策单元的角度进行评价, 从而避免了确定各指标在优先意义下的权重值; ②假定每个输入都关联到一个或多个输出, 而且输入输出之间确实存在某种关系, 使用DEA方法则不必确定这种关系的显式表达式。DEA方法排除了许多主观的因素, 因而具有很强的客观性, 成功运用DEA方法的关键在于输入输出指标的正确选择。

本文选择以2003、2004和2005年的专利申请量、专利授权量以及专业技术人员数量为输入指标, 以2005年的工业增加值和高新技术产业产值为输出指标, 利用DEA方法对江苏省沿江8地市的技术创新能力进行评价与比较。

2 相关数据分析

根据《长江和珠江三角洲及港澳特别行政区统计年鉴2006》, 由于各地统计数据的不完全性, 为便于比较, 我们选取了2003、2004和2005年的统计数据来进行研究。

2.1 专利申请

专利申请量是衡量一个国家和地区科技水平的一个重要指标。进入知识经济时代, 专利申请的数量和质量已成为衡量一个国家或地区科技创新的重要指标, 同时也是国家竞争力的重要体现。

根据统计数据, 我们绘制了图1和图2, 分别来观察专利申请量的3年走势以及各年的对比情况。从图1可以看出8地市的专利申请量的对比情况。2003年的专利申请量排序(由高到低)为: 苏州、南京、无锡、常州、南通、泰州、扬州、镇江; 2004年的专利申请量排序(由高到低)为: 苏州、

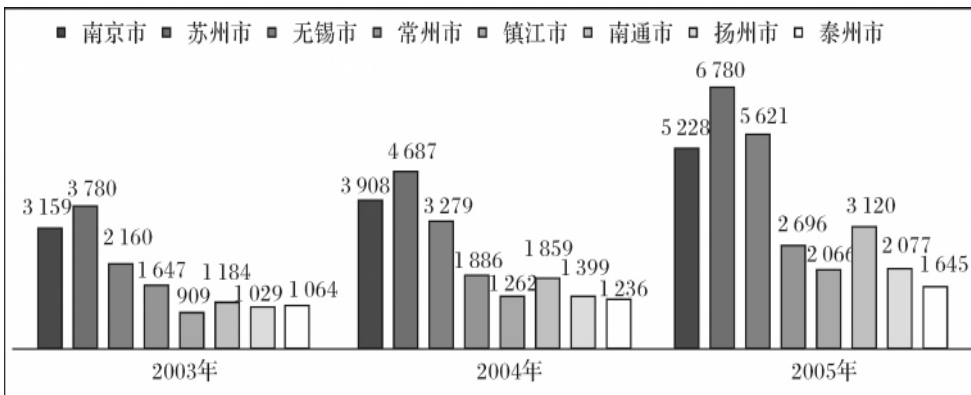


图1 2003—2005年江苏省沿江8地市的专利申请量

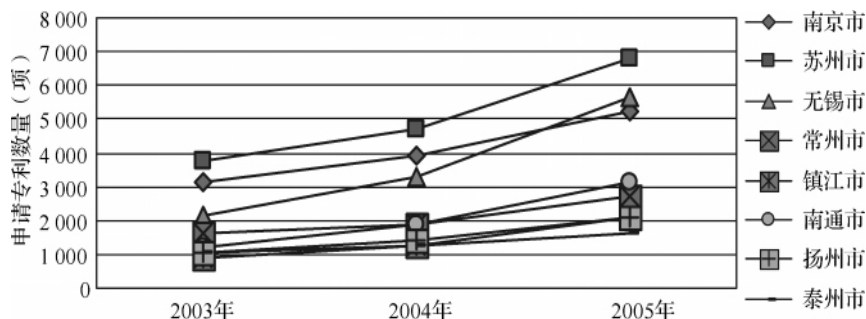


图2 2003—2005年江苏省沿江8地市的专利申请量

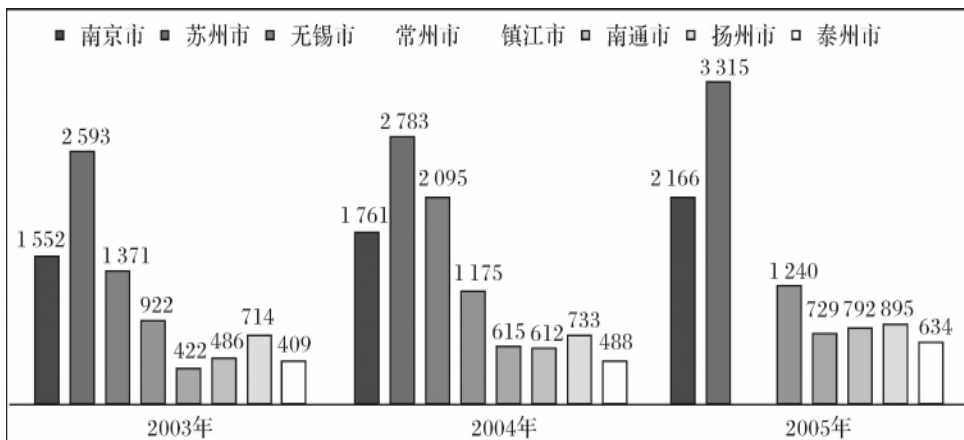


图3 2003—2005年江苏省沿江8地市的专利授权量对比

南京、无锡、常州、南通、扬州、镇江和泰州;2005年的专利申请量排序(由高到低)为:苏州、无锡、南京、南通、常州、扬州、镇江、泰州。从图2可以看出8地市的专利申请量的增长率排名依次为:南通、无锡、镇江、扬州、苏州、南京、常州、泰州。

2.2 专利授权

一项技术若想获得国家专利授权,不仅要符合严格的法定条件,而且在某种程度上还受到专利审查员的主观影响。所以,相对于专利申请受理量的确定性和客观性,专利授权量有一定的不确定性和主观性。但是,一项专利能否得到市场的认可、获得法律直接有效的保护,主要依赖于其是否获得国家授权。所以,研究专利的授权量具有重要的现实意义。

根据统计数据,我们绘制了图3和图4,分别来观察专利授权量的3年走势以及各年的对比情况。从图3可以看出8地市的专利授权量的对比情况。2003年的专利授权量排序(由高到低)为:苏州、南京、无锡、常州、扬州、南通、镇江、泰州;2004年的专利授权量排序(由高到低)为:苏州、南京、无锡、常州、扬州、镇江、南通和泰州;2005年的专利授权量排序(由高到低)为:苏州、南京、无锡、常州、扬州、南通、镇江、泰州。从图4可以看出8地市的专利授权量的增长率,其中镇江波动较大,南通稳步增长,其它地市也有小幅度的波动。

专利授权量的3年走势以及各年的对比情况。从图3可以看出8地市的专利授权量的对比情况。2003年的专利授权量排序(由高到低)为:苏州、南京、无锡、常州、扬州、南通、镇江、泰州;2004年的专利授权量排序(由高到低)为:苏州、南京、无锡、常州、扬州、镇江、南通和泰州;2005年的专利授权量排序(由高到低)为:苏州、南京、无锡、常州、扬州、南通、镇江、泰州。从图4可以看出8地市的专利授权量的增长率,其中镇江波动较大,南通稳步增长,其它地市也有小幅度的波动。

2.3 专业技术人员分析

专业技术人员常指在企业相关岗位上从事产品研发、市场研究、财务分析、人力资源开发等工作的专门人员。专业技术人员是国有企业发展的基础,企业要长期生存发展,需要依靠大量的专业人才研究新成果、开发新产品、提

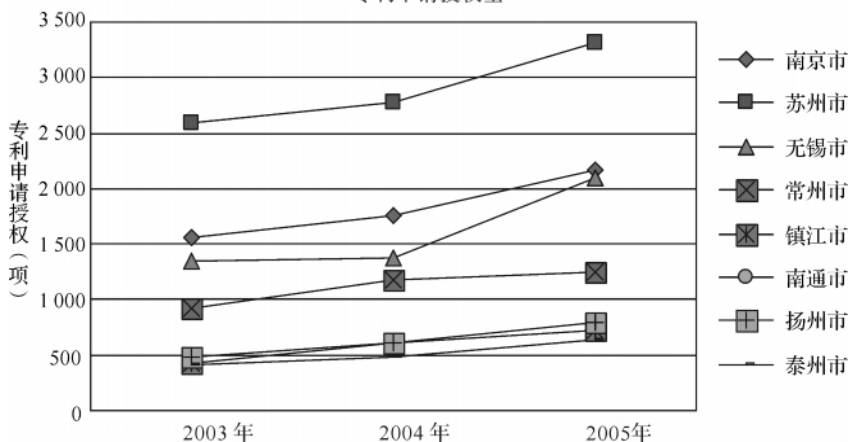


图4 2003—2005年江苏省沿江8地市的专利授权量趋势

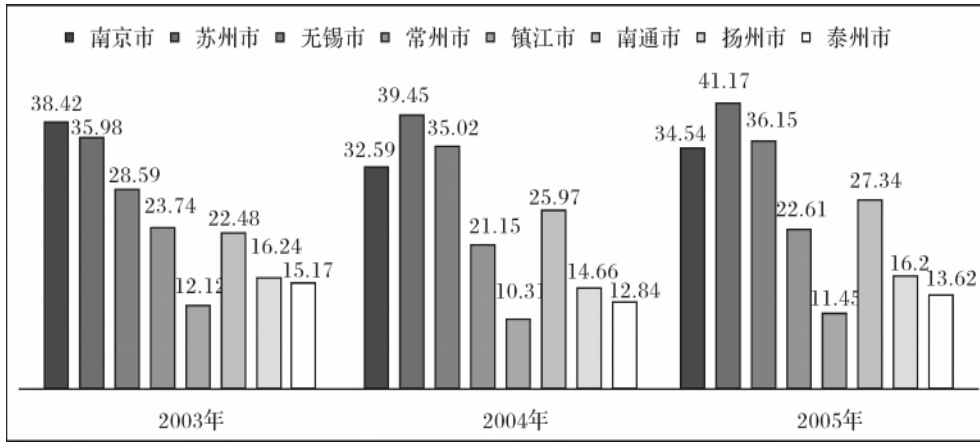


图5 2003—2005年江苏省沿江8地市的专业技术人员量对比

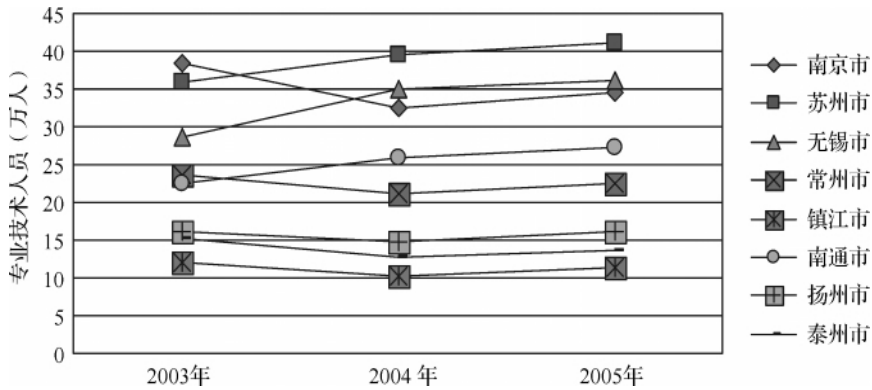


图6 2003—2005年江苏省沿江8地市的专业技术人员量趋势

高新工艺,不断提高国有企业的经济效益。

根据统计数据,我们绘制了图5和图6,分别来观察专业技术人员数量的3年走势以及各年的对比情况。从图5可以看出8地市的专业技术人员量的对比情况。2003年的专业技术人员量排序(由高到低)为:南京、苏州、无锡、常州、南通、扬州、泰州、镇江;2004年的专业技术人员量排序(由高到低)为:苏州、无锡、南京、南通、常州、扬州、泰州、镇江;2005年的专业技术人员量排序(由高到低)同2004年的排序。从图6可以看出,8地市的专业技术人员量的增长率的波动都比较大。

2.4 工业增加值和高新技术产业产值分析

工业增加值是工业企业在产品生产和向社会提供服务过程中新增加的价值,是工业总产出与工业中间投入之间的差额。工业增加值是企业 在报告期内以货币形式表现的工业生产活动的最终成果。其主要作用在于全面反映工业生产发展规模、速度、效益和结构。在国民经济核算体系中,它的地位正在逐步取代长期以来所习惯使用的工业总产值指标。

根据统计数据,我们绘制了图7,以观察工业增加值和高新技术产业产值。从图7可以看出8地市的工业增加值和高新技术产业产值的对比情况。2005年的工业增加值排序(由高到低)为:苏州、无锡、南京、常州、南通、镇江、扬州、泰州;2005年的高新技术产业产值排序(由高到低)为:苏州、无锡、南京、常州、南通、泰州、镇江、扬州。

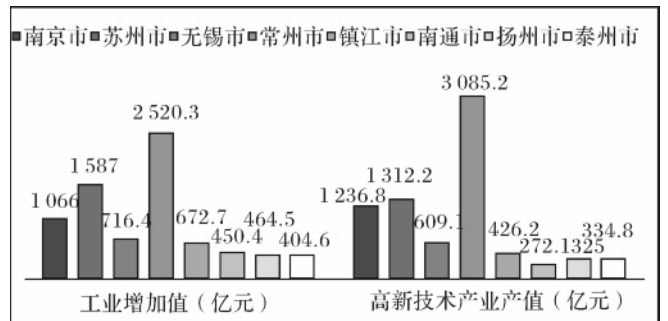


图7 江苏省沿江8地市2005年的工业增加值和高新技术产业产值

3 江苏省沿江8地市的技术创新能力评价

将专利申请量、专利授权量以及专业技术人员量技术创新能力评价的输入,将工业增加值和高新技术产业产值视为技术创新的输出,那么8地市的数据如表1所示。对表1中的数据采用DEA评价方法进行计算得到结果见表2。

根据DEA有效性判别结论可知:

(1)由最优解为1且松弛变量都为0可知,技术创新能力达到DEA相对有效的地市分别为苏州、无锡和南通;而根据其它列的数据可知,技术创新能力非DEA相对有效的地市分别为:南京、常州、镇江、扬州和泰州。非DEA有效的地市相对较多。

技术创新能力非DEA有效的排序(由高到低)为:镇江、泰州、常州、南京、扬州。

表1 江苏省沿江8地市技术创新能力评价的原始数据

评价指标	年份	南京	苏州	无锡	常州	镇江	南通	扬州	泰州
		DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5	DMU6	DMU7	DMU8
输入	专利申请量(项)	2003 315.9	378.0	216.0	164.7	909	118.4	102.9	106.4
		2004 390.8	468.7	327.9	188.6	126.2	185.9	139.9	123.6
		2005 522.8	678.0	562.1	269.6	206.6	312.0	207.7	165.4
输入	专利授权量(项)	2003 152.2	259.3	135.1	922	422	486	714	409
		2004 176.1	278.3	137.1	117.5	615	612	733	488
		2005 216.6	331.5	209.5	124.0	729	792	895	634
输出	专业技术人员量(万人)	2003 38.42	35.98	28.59	23.74	12.12	22.48	16.24	15.17
		2004 32.59	39.45	35.02	21.15	10.31	25.97	14.66	12.84
		2005 34.54	41.17	36.15	22.61	11.45	27.34	16.2	13.62
输出	专利申请量(项)	2005 123.68	308.52	131.22	609.1	325	426.2	272.1	334.8
	专利授权量(项)	2005 106.6	252.03	158.7	716.4	464.5	672.7	450.4	404.6

表2 江苏省沿江8地市技术创新能力DEA评价结果

	南京 DMU1	苏州 DMU2	无锡 DMU3	常州 DMU4	镇江 DMU5	南通 DMU6	扬州 DMU7	泰州 DMU8
组合系数	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	0.377 2	1.000 0	0.000 0	0.218 3	0.021 7	0.000 0	0.129 7	0.010 2
	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.104 8	0.258 2	0.000 0	0.051 6	0.238 8
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	0.171 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	1.000 0	0.061 8	0.000 0
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
合计	0.548 7	1	1	0.323 1	0.279 9	1	0.243 1	0.249
输入松弛变量	574.169 3	0.000 0	0.000 0	212.500 2	232.901 4	0.000 0	0.000 0	353.613 8
	638.628 5	0.000 0	0.000 0	80.673 5	263.212 4	0.000 0	25.575 0	223.919 3
	553.441 8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	385.007 3	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	32.239 8	0.000 0
	73.397 2	0.000 0	0.000 0	150.584 4	176.001 7	0.000 0	11.238 4	60.700 7
	124.298 5	0.000 0	0.000 0	8.475 3	86.978 2	0.000 0	0.000 0	6.964 4
	9.366 5	0.000 0	0.000 0	7.368 6	3.473 2	0.000 0	3.120 5	5.750 4
	3.393 4	0.000 0	0.000 0	3.949 9	0.000 0	0.000 0	1.086 4	2.191 5
输出松弛变量	3.869 6	0.000 0	0.000 0	4.576 4	0.765 4	0.000 0	1.730 5	2.569 7
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
	0.000 0	0.000 0	0.000 0	201.796 8	80.843 8	0.000 0	222.151 8	9.906 1
最优解	0.697 4	1.000 0	1.000 0	0.767 4	0.960 1	1.000 0	0.655 9	0.853 2

表3 两种模型的相对效率

模型	南京 DMU1	苏州 DMU2	无锡 DMU3	常州 DMU4	镇江 DMU5	南通 DMU6	扬州 DMU7	泰州 DMU8
C ² R	0.697 4	1	1	0.767 4	0.960 1	1	0.655 9	0.853 2
C ² GS ²	1	1	1	1	1	1	1	1

(2)5个技术创新能力非DEA有效的地市所对应的C²GS²模型的相对有效率都为1,说明这些非DEA有效的技术创新均属于技术有效而规模无效的方案。因此,这5个技术创新能力非DEA有效的地市可以在现有管理和技术的基础上,在产出一定的条件下(工业增加值和高新技术产

业产值不变),能最大限度地利用自身条件来尽可能减少投资规模(专利申请量、专利授权量和专业技术人员数量),达到DEA有效。

(3)对于5个技术创新能力非DEA有效的地市,可以通过改变专利数量和专业技术人员数量,在不减少输出的前

提下,形成新的DEA有效的技术创新能力。以南京(DMU1)为例,构造一个新的DMU1为:

$$DMU1=0.3772*DMU2+0.1715*DMU6$$

=[1 628 2 086 3 092 1 061 1 154 1 386 17 19 20 1 020 1 221]

这样可使原来的投入按比例减少到原投入的0.6974倍。由非零的松弛变量可知,可以进一步减少专利申请量、专利授权量和专业技术人员数量,同时保证工业增加值和高技术产业产值不变。其它地市非有效的类似为:

$$DMU4=0.2183*DMU2+0.1048*DMU3$$

$$DMU5=0.0217*DMU2+0.2582*DMU3$$

$$DMU7=0.1297*DMU2+0.0516*DMU3+0.0618*DMU6$$

$$DMU8=0.0102*DMU2+0.2388*DMU3$$

这些措施有助于制定技术创新发展战略。

4 结语

区域技术创新能力是影响当地经济,特别是工业经济和高新技术产业的重要因素。而影响技术创新能力的因素又很多,本文选择了近3年的专利申请量、专利授权量和专业技术人员数量作为提高区域技术创新能力的指标,以工业增加值和高技术产业产值作为技术创新能力提高的

反映,并采用DEA方法进行了评价分析。

DEA方法直观性好、可比性强,运用DEA评价方法对区域技术创新能力进行评价,不仅可以科学地评价区域的技术创新能力,而且有利于制定有效的技术创新策略。

参考文献:

- [1] FREEMAN C, SOETE L. The economics of industrial innovation [M]. Pinter, London, 1997: 266-277.
- [2] 孙细明, 刘霞. 企业技术创新能力的评价指标[J]. 统计与决策, 2003(10): 101-102.
- [3] 李宇. 高新技术企业技术创新能力及其评价指标[J]. 辽宁师范大学学报, 2007, 30(3): 372-375.
- [4] 陈云伟. 基于发明专利现状的我国技术创新能力分析[J]. 科技管理研究, 2007(6): 9-12.
- [5] 陶经辉. 基于数据包络分析的物流园区投资规模规划方案评价[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 15(2): 128-132.
- [6] 王培宏, 刘卓军, 唐志鹏. 基于数据包络分析的风险投资环境有效性研究[J]. 管理学报, 2007, 4(5): 584-587.
- [7] 韩松, 魏权龄. 资源配置的非参数DEA模型[J]. 系统工程理论与实践, 2002(7): 59-65.

(责任编辑:赵贤瑶)

The DEA Method and Empirical Research For Technological Innovation Capability

Li Shouwei

(School of Business and administration, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The capability of technical innovation is the core and motivation of regional economic development. The evaluation of technological innovation will not only be able to measure the level of core competence ability in some region, but also to provide the necessary reference for the development of innovative technology development strategy. Based on the method of data envelopment analysis (DEA), the paper has evaluated and analyzed the capability of technological innovation of 8 cities in Jiangsu province. The use of patent applications, licensing and professional and technical personnel for the number of indicators to industrial added value and high-tech industry output target. According to the results of evaluation, the technological innovation capability of Suzhou, Wuxi and Nantong is effective on DEA (the highest), that is, patent applications and authorized, as well as professional and technical personnel promote the industrial added value and output value of hi-tech industries to increase; the technological innovation capacity of other places lists from high to low as following: Zhenjiang, Taizhou, Changzhou, Nanjing and Yangzhou. The method of DEA evaluation not only measures the technological innovation ability, but also gives some strategies of the development of technological innovation.

Key Words: Capability of Technological Innovation; Data Envelopment Analysis; Evaluation; Empirical Research