
基于 DEA 方法的长三角区域技术创新效率分析

乔占稳

刘峰

(浙江工商大学统计与数学学院, 浙江杭州 310018)

【摘要】为了测度长三角区域技术创新效率, 本文采用 DEA 数据包络分析法, 通过建立技术创新效率投入产出指标体系, 以我国其他省份为参照对象, 测度了长三角苏、浙、沪两省一市的技术创新效率。研究表明, 长三角地区技术创新效率平均值居全国首位, 但是除了上海以外, 江苏、浙江仍处于非 DEA 有效阶段, 技术创新效率仍有进一步提升的空间。文章根据生产前沿面上的投影点分析, 指出了江苏、浙江两省在投入产出方面的具体改进方向。

【关键词】技术创新效率; DEA 方法; 投入产出; 效率测度

【中图分类号】F 224. 9

【文献标识码】A

【文章编号】1672- 7312(2010)04- 0423- 05

1 引言

区域技术创新效率反映出一个区域运用和整合科技创新资源的能力, 代表着区域科技创新系统的整体功能和效率, 在一定程度上决定着区域科技创新能力的强弱, 决定着区域经济发展的水平^①。

客观地评价技术创新效率对长三角技术创新能力的提高以及在此基础上制定科学的创新政策具有十分重要的意义。但是对长三角技术创新效率的评价不能单就长三角进行研究, 这样很难从总体上把握长三角技术创新效率在我国所处的位置, 同时也忽略了区域之间技术创新能力的联系。因此有必要和国内其他省市进行横向的比较分析, 这样更有助于明晰长三角的比较优势和相对劣势, 对形成有针对性的政策建议具有重要的参考价值。

2 文献评述

区域技术创新效率的测度主要是建立在创新投入产出效率理论之上, 实质是技术创新投入产出的转化效率, 目前关于技术创新效率的研究方法基本可分为两类:

第一类方法为参数法, 最常用的是随机前沿分析(SFA)法, 例如张宗益等(2006)使用我国 31 个省、直辖市、自治区 1998— 2003 年的数据, 运用柯布道格拉斯生产函数的随机前沿生产函数(SFA), 实证研究了我国区域技术创新效率^②。李建华等(2007)采用随机前沿分析方法以我国 30 个省市自治区 1998— 2005 年的面板数据为样本进行了研发资源配置效率的测算, 结果表明我国研发资源配置效率的整体水平呈上升趋势、但效率较低、差距较大^③。

第二种为非参数法, 最常用的是 DEA 方法, 国内相关研究有池仁勇等(2004)利用 DEA 方法, 对我国 30 个省、市、直辖市、自治区的技术创新效率进行了测定, 其结果呈现东高西低的特征^④。倪东生(2008)利用 DEA 方法根据 2005— 2006 的相关数据, 把我

收稿日期: 2010- 04- 28

基金项目: 浙江工商大学研究生科研创新基金项目(1020XJ1509124)

作者简介: 乔占稳(1983-), 男, 河南南阳人, 硕士研究生, 主要从事技术创新与管理、金融统计的工作。

国分为 8 大区域并分析了这八大区域技术创新的现状^⑤。李婧等(2008)应用 DEA 方法对我国省际区域创新效率进行了测评^⑥。张国旺、李柏洲(2009)提出了区域创新系统效率评价指标体系构建的原则并在此基础上构建了区域创新系统效率的评价指标体系,并引入数据包络分析方法,并将其作为评价区域创新系统效率的定量评价方法^⑦。

相比较参数方法,数据包络分析(DEA)方法不需要事先确定指标的相对权重,无须估计投入产出的生产函数,排除了主观因素且其结果不仅能判断被评价对象效率的相对有效性,而且对非有效的决策单元还可以给出改进的方向。

参考以上文献,本文采用数据包络分析(DEA)方法,参考以往研究的指标体系,构建相对完善的区域技术创新效率评价指标体系,采用 2006 年的科技投入数据,2007 年的科技产出数据,以我国其他省市为参照对象,对长三角两省一市的区域技术创新效率进行测度。

3 理论模型和指标体系

3.1 DEA 理论模型数据包络分析方法 DEA(Data Envelopment Analysis)是著名运筹学家 Charnes 和 Cooper 等在“相对效率评价”概念基础上发展起来的,是评价同类型决策单元相对有效性的一种系统分析方法。DEA 的基本模型^⑧——C 2R 模型是第一个 DEA 模型。面向输入的具有非阿基米德无穷小的 C 2R 对偶规划模型为^⑨:

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \theta - \epsilon \left[(\bar{e}^T \bar{s} + (\bar{e}^T \bar{s}^-) \right] = V_{De} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + \bar{s} = \theta X_0 \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - \bar{s}^- = Y_0 \\
 & \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \bar{s} \geq 0, \quad \bar{s}^- \geq 0
 \end{aligned}$$

其中 \bar{s}^+ 和 \bar{s}^- 分别为松弛变量; ϵ 为非阿基米德无穷小,一般取 $\epsilon = 10^{-6}$ 。利用此模型,可以一次判断 DMU₀ 是 DEA 有效,还是仅为弱 DEA 有效,或者是非 DEA 有效。

3.1.1 模型求解结果的经济含义是

1)当 $\theta = 1$ 且 $\bar{s}^+ = 0, \bar{s}^- = 0$ 时,则 DMU₀ 为 DEA 有效,即在这 n 个 DMU 组成的经济系统中,在原投入 X_0 的基础上所获得的产出 Y_0 已达到最优。

2)当 $\theta = 1$ 但 $\bar{s}^+ \neq 0$ 或 $\bar{s}^- \neq 0$ 时,则 DMU₀ 为弱 DEA 有效,即在这 n 个 DMU 组成的经济系统中,可通过组合把投入 X_0 减少 \bar{s}^- 仍可以得到原产出 Y_0 ,或者保持原投入 X_0 不变,原产出 Y_0 可增加 \bar{s}^+ 。

3)当 $\theta < 1$ 时,则 DMU₀ 为非 DEA 有效,即在这 n 个 DMU 组成的经济系统中,可通过组合把投入减少为原投入的 θ 倍,仍可以得

到原产出 Y_0 。

3.1.2 C 2R 模型的规模收益判断

当 $\sum \lambda_j = 1$ 时, DMU $_0$ 具有恰当的投入规模, 为规模收益不变; 当 $\sum \lambda_j < 1$ 时, DMU $_0$ 为规模收益递增; 当 $\sum \lambda_j > 1$ 时, DMU $_0$ 为规模收益递减。

3.1.3 DMU $_0$ 投影理论当 DMU $_0$ 非 DEA 效时, 我们可以采取将 j_0 “投影” 到 DEA 的相对有效面的方法, 构造一个新的 DMU, 使这个新 DMU 为 DEA 有效。令 $X' = \theta X_0 - S^-$, $Y' = Y_0 + S^+$, 则 (X', Y') 是 j_0 的“投影”, 它相对于 j_0 是 DEA 有效的。 (X', Y') 说明了对该类投入和产出的改进方向^⑥。

3.2 技术创新效率测度指标体系

根据中国科学技术部提供的中国主要科技指标数据库来看, 衡量科技投入和科技产出的指标有很多, 但是 DEA 模型的运行要求决策单元数量是投入产出指标的三倍, 由于决策单元样本量的限制, 为了保证模型结果的有效性, 本文选取的主要指标见表 1。

表 1 DEA 模型输入输出指标

投入指标	产出指标
R&D 人员全时当量 (X_1)	大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重 (Y_1)
R&D 经费 (X_2)	发明专利申请授权量 (Y_2)
R&D 经费占 GDP 的比重 (X_3)	国内中文期刊科技论文数 (Y_3)
	技术市场成交合同金额 (Y_4)

4 基于 DEA 方法的技术创新效率相对有效性计算

在收集原始数据时由于技术创新活动的周期性导致投入产出之间具有一定的时滞, 因此需要考虑输入和输出指标之间的时滞问题, 本文将技术创新活动的时滞选择为一年, 其中投入指标选用 2006 年的数据, 产出指标选用 2007 年的数据 (数据来源于中国主要科技指标数据库 2006—2007 年数据), 应用 MATLAB 7.0 编程求解 C 2R 模型的对偶规划模型, 计算结果见表 2。

表 2 DEA计算结果

八大区域	平均 θ	地区	θ	$\sum \lambda_i$	$\bar{\gamma}$	$\bar{\xi}$	$\bar{\zeta}$	$\bar{\eta}$	$\bar{\delta}$	$\bar{\omega}$	$\bar{\nu}$	技术有效性	规模效益
北部沿海	0.87	北京	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
		天津	0.83	5.78	0	0	0	130.33	0	5495.10	18.13	无	递减
		河北	0.80	0.77	0	14.36	0	4.28	62.25	0	14.39	无	递增
		山东	0.86	1.20	0	64.69	0	2.07	0	0	17.38	无	递减
东部沿海	0.90	上海	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
		江苏	0.89	1.86	0	104.47	0	11.81	0	0	21.23	无	递减
		浙江	0.82	1.02	0	3.03	0	0	0	0	81.42	无	递减
南部沿海	0.80	福建	0.41	0.82	0	3.60	0	0	0	0	5.19	无	递增
		广东	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
		海南	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
黄河中游	0.68	山西	0.53	0.79	0.60	0	0	0.78	0	0	3.78	无	递增
		内蒙古	0.53	0.48	0.26	0	0	3.98	0	0	0	无	递增
		河南	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
		陕西	0.68	5.35	0	12.21	0	134.88	118.84	0	13.58	无	递减
长江中游	0.73	安徽	0.68	2.05	0	11.14	0	41.16	116.69	0	0	无	递减
		江西	0.39	0.99	0	0.80	0	10.34	31.68	0	1.19	无	递增
		湖北	0.86	2	0	8.90	0	31.04	116.34	0	8.95	无	递减
		湖南	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
大西南	0.83	广西	0.90	0.99	0.48	0	0	0	43.49	0	12.59	无	递增
		重庆	0.84	2.92	0.21	0	0	0	13.52	0	0	无	递减
		四川	0.60	1.09	0	3.76	0	0	0	0	22.08	无	递减
		贵州	0.83	1.98	0.03	0	0	32.97	0	1181.80	4.54	无	递减
		云南	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
大西北	0.67	西藏	0.34	0.08	0.02	0	0.04	2.26	0	9.06	0.06	无	递增
		甘肃	0.74	2.93	0.42	0	0	72.75	91.74	0	0	无	递减
		青海	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
		宁夏	0.28	0.62	0.04	0	0.07	10.01	0	0	0	无	递增
		新疆	1	1	0	0	0	0	0	0	0	有	不变
东北	0.72	辽宁	0.68	1.04	0	0	0	4.48	0	0	0.41	无	递减
		吉林	0.68	1.57	0	0	0	2.20	0	0	1.24	无	递减
		黑龙江	0.79	1.16	0.40	0	0	6.74	0	1523.80	0	无	递减

5 长三角区域技术创新效率相对有效性分析

从数据计算结果来看,只有上海的技术创新投入产出相对有效(DEA有效值等于1),即上海的投入产出水平在DEA前沿面亦即生产函数曲线上。而江苏和浙江则相对无效率,也就是说江苏和浙江的投入产出水平在生产可能性区域内但不在DEA前沿面上。由表2可知,长三角地区的技术创新效率均值位居全国第一,但只有上海达到DEA相对有效,效率值为1,浙江省和江苏省的效率值分别为0.82和0.89,虽然在全国位居前列但仍处于非DEA有效,技术创新效率还有进一步提升的空间。

5.1 长三角技术创新规模效益分析

就技术创新的规模效应来看,技术创新效率相对有效的上海处在规模收益不变的阶段,而技术创新相对无效率的江苏和浙江均处在规模收益递减的阶段。

5.2 松弛变量分析

从松弛变量和剩余变量的分布和大小,可以分析影响区域技术创新效率的主要因素。

表 3 剩余变量和松弛变量汇总表

	松弛变量			剩余变量			
	ξ_1 为 R&D 人员全时当量 万人年	ξ_2 为 R&D 经费 亿元	ξ_3 为 R&D 经费占 GDP 的比重 %	η_1 为大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重 %	η_2 为发明专利申请授权量 件	η_3 为国内中文期刊科技论文数 篇	η_4 为技术市场成交合同金额 亿元
上海	0	0.00	0	0.00	0	0	0.00
江苏	0	104.47	0	11.81	0	0	21.23
浙江	0	3.03	0	0.00	0	0	81.42

从表 3 的松弛变量来看,长三角两省一市在 R&D 人员全时当量和 R&D 经费占 GDP 的比重的松弛变量均为零,这说明 R&D 人员全时当量和 R&D 经费占 GDP 的比重不是影响长三角技术创新效率的主要因素。江苏在 R&D 经费指标上存在非零松弛变量,且数值较大,高达 104.47 亿元,说明江苏省未能充分利用 R&D 经费投入,这个输入指标是影响江苏技术创新效率处于非 DEA 有效的重要因素。虽然浙江在 R&D 经费指标上也存在非零松弛变量,但数值很小,因此这个输入指标对浙江技术创新效率处于非 DEA 有效性的影响非常有限,不是主要因素。

从剩余变量来看,江苏和浙江在技术市场成交金额指标上存在非零剩余变量,且其剩余变量占实际值的比例分别高达 27.07%和 179.53%,说明技术市场成交金额是影响江苏和浙江为非 DEA 有效的一个重要因素,尤其对浙江的影响更为明显。

5.3 江苏和浙江技术创新效率改进的方向

对于技术创新效率相对无效的江苏和浙江,可以根据 DEA 的“投影”理论以及江苏和浙江的松弛变量以及剩余变量值,指出它们改进技术创新效率的途径和改进的幅度,并获得达到相对有效时它们各输入和输出指标的有效值(理论值)见表 4。

表 4 江苏和浙江在各投入产出指标上的理论值

地区	指标	投入指标			产出指标			
		R&D 人员全时当量 X_1 万人年	R&D 经费 X_2 亿元	R&D 经费占 GDP 的比重 X_3 %	大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重 Y_1 %	发明专利申请授权量 Y_2 / 件	国内中文期刊科技论文数 Y_3 篇	技术市场成交合同金额 Y_4 亿元
江苏 (实际值)		13.89	346.07	1.60	13.10	2 220.00	38 987	78.42
江苏 (理论值)		13.89	203.53	1.60	24.91	2 220.00	38 987	99.65
浙江 (实际值)		10.28	224.03	1.42	18.90	2 213.00	24 526	45.35
浙江 (理论值)		10.28	180.67	1.42	18.90	2 213.00	24 526	126.77

根据 DEA 的“投影”理论的公式 $X' = \theta X_0 - S^-$, $Y' = Y_0 + S^+$ 可以算出江苏和浙江在生产前沿面上的投影点,从而得到当技术创

新效率达到相对有效时江苏和浙江在投入和产出指标上的理论值(见表 4),然后根据理论值和实际值可以计算出两省在投入产出指标上的改进途径和幅度(见表 5)。

表 5 江苏和浙江的改进途径及幅度

	R&D经费可以减少	大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重可以增加	技术市场成交合同金额可以增加
江苏	41.19%	90.15%	27.07%
浙江	19.35%	0	179.53%

由表 4,江苏省的技术创新效率要达到 DEA 有效,在投入方面应该减少财力冗余 142.54 亿元,使 R&D 经费投入达到 203.53 亿元,在产出方面增加大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重 11.8%使其达到 24.91%,增加技术市场成交额 21.23 亿使其达到 99.65 亿元。根据浙江省在生产前沿面上的投影点,浙江省的技术创新效率要达到 DEA 有效,在投入方面应该减少财力冗余 43.36 亿元,使 R&D 经费投入达到 180.67 亿元,在产出方面增加技术市场成交额 81.42 亿使其达到 126.77 亿元。

以上投影分析给出了使两省达到 DEA 有效的具体改进途径、改进方向和投入产出指标要达到的理论值,为政府提高技术创新效率提供参考。

6 结语

综上所述,长三角地区在技术创新投入和产出方面均位于全国前列,其技术创新效率均值与我国其他七大区域相比居于首位。但除了上海技术创新效率相对有效外,浙江、江苏两省技术创新效率仍为非 DEA 有效。上海技术创新效率与全国其他省份相比处于生产前沿面上即技术创新效率相对有效,这只是说明上海技术创新效率在我国当前时点上处于领先水平,并不是说上海技术创新效率绝对有效没有改进的空间了,与世界其他技术发达地区相比,上海的技术创新效率可能仍然偏低,并不在生产前沿面上。这就要求上海立足国内放眼世界,向全球技术创新效率高的地区和国家学习,改进自身的不足,成为国内其他省份学习借鉴的楷模,成为提高中国技术创新效率的领头羊。江苏省在投入上受 R&D 经费低效使用的影响,在技术产出上,大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重偏低,这两方面的影响致使江苏处于非 DEA 有效。建立合理有效的 R&D 经费分配使用机制,有效利用财力资源投入以及建立产、学、研一体化机制,加强江苏省众多高校和科研机构与企业的联系和合作,加强科技成果转化,调整企业产品结构,提高大中型工业企业新产品销售收入占销售收入的比重,可以有效地提升江苏的技术创新效率。浙江省制造业发达,但多为劳动密集型产业,企业受研发能力和自主创新能力的制约,在技术研发成果产出以及技术成果转换成产品方面还存在着严重不足,导致浙江省在技术市场成交合同金额这个产出指标值偏低,其改进幅度需高达 179.53%。加快产业结构调整,发展高新技术产业,鼓励企业进行技术创新,增加产品的科技含量,是提高浙江省技术创新效率的有效途径。

参考文献:

- ① Cooper W W ,Wei Q L .Using displaced cone representation in DEA models for non-dominated solutions in multi-objective programming[J].Systems Science and Mathematical Sciences,1997(1):41- 49.
- ② 张宗益,周 勇.基与 SFA 模型的我国区域技术创新效率的实证研究[J].软科学 2006(2):125- 128.
- ③ 李建华,刘玲利,盛 丽.我国区域研发资源配置效率测度实证研究[J].工业技术经济,2007(5): 33- 36.
- ④ 池仁勇,唐根年.基于投入与绩效评价的区域技术创新效率研究[J].科研管理,2004(4):23- 27.

-
- ⑤ 倪东生. 数据包络分析方法在我国区域技术创新能力研究中的应用[J]. 技术经济, 2008(8):22- 28.
- ⑥ 李 婧, 白俊红, 谭清美. 中国区域创新效率的实证分析—基于省际面板数据及 DEA 方法[J]. 系统工程, 2008(12):1- 7.
- ⑦ 张国旺, 李柏洲. 基于 DEA 模型的区域创新系统效率评价研究[J]. 现代管理科学, 2009(5):47- 48.
- ⑧ 李美娟, 陈 国. 宏数据包络分析法(DEA)的研究与应用[J]. 中国工程科学 2003(6):88- 94.
- ⑨ 王雪原, 王宏起. 我国科技创新资源配置效率的 DEA 分析[J]. 统计与决策, 2008(8):20- 23.
- ⑩ 郭思亮, 李海涛, 程晟. 区域技术创新效率比较研究—基于山东省 17 地市技术创新面板数据的分析[J]. 技术创新管理, 2009(2):140- 143.