

文章编号:1008-1534(2014)01-0044-04

数据包络分析在高技术产业技术效率 评价中的应用研究

杨青峰

(南京航空航天大学经济与管理学院, 江苏南京 211106)

摘要:采用 2010 年中国高技术产业地区数据,应用 DEA 方法,实证测评了高技术产业技术效率。研究发现:中国高技术产业技术效率整体处于较低水平,且纯技术效率不高是制约技术效率提升的主要原因;中国大部分地区高技术产业发展呈现规模报酬递增的特性;通过投影分析为各区域调整创新资源投入进而达到 DEA 有效提供依据。

关键词:高技术产业;技术效率;数据包络分析

中图分类号:F270 文献标志码:A doi: 10.7535/hbgykj.2014yx0110

DEA application research in technical efficiency evaluation of high-tech industry

YANG Qingfeng

(College of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu 211106, China)

Abstract: This paper evaluates the technical efficiency of high-tech industry by using DEA analysis method. The empirical results show that the technical efficiency of high-tech industry is generally low at current stage, which is mainly caused by the lower pure technical efficiency. The increasing trend of scale returns appears on the whole in China at present. By using projection analysis, the region resources investment can be adjusted, and then DEA efficiency is achieved.

Key words: high-tech industry; technical efficiency; DEA

高技术产业是以高创新性、高研发投入为主要特征的产业,其持续、健康发展对中国自主创新能力的提升具有重要意义。近年来,中国高技术产业发展迅速,企业数由 1995 年的 18 834 个增加到 2010 年的 28 189 个,高技术产业的总产值也由 1995 年的 4 098 亿元增加到 2010 年的 74 709 亿元,表现出

强劲的发展态势。

事实上,如果仅仅从高技术产业发展过程中的总量产出来看,其增长无容置疑,但如果这种增长是以更高比例的投入增加为代价的,那么其增长无疑是无效的,这将不利于高技术产业的长远健康发展。因此,对高技术产业发展的效率进行评价成为目前学界研究的一个非常棘手的问题。

现有文献中,刘志迎等开始关注了中国高技术产业发展过程的效率问题,以中国高技术产业分行业面板数据为基础,采用随机前沿模型(stochastic frontier analysis, SFA),实证考察了高技术产业发展过程的技术效率^[1]。研究发现造成中国高技术产业全要素生产率增长的主要原因是技术进步水平的提高而不是技术效率,且研究表明随着时间的变化 TFP(全要素生产率)和技术进步的变化率有下降的趋势^[2]。与

收稿日期:2013-09-03;修回日期:2013-10-09

责任编辑:张士莹

作者简介:杨青峰(1974-),男,山东济宁人,博士研究生,主要从事工业科技管理方面的研究。

E-mail: xichanglian2008@126.com

杨青峰.数据包络分析在高技术产业技术效率评价中的应用研究[J].河北工业科技,2014,31(1):44-47.

YANG Qingfeng. DEA application research in technical efficiency evaluation of high-tech industry[J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2014, 31(1): 44-47.

刘志迎等的研究不同,本文将以中国大陆 30 个省份高技术产业数据为基础,采用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)技术,测算各地区高技术产业的技术效率,并进一步对其进行分解,以揭示其成因。更为重要的是,本文还将利用 DEA 技术测算各个省份高技术产业投入的冗余状况,进而为其有针对性地减少冗余、提高效率提供参考。

DEA 方法由 FARRELL 首先提出^[3],后由 CHAMES 等提出规模报酬不变条件下的 DEA 模型即 BCC 模型^[4],之后 BANKER 等扩展了规模报酬不变的假设,提出了规模报酬可变 DEA 模型,即 BCC 模型^[5]。与 SFA 方法相比,DEA 方法具有以下优点:不需要设定前沿函数的具体形式;测算多投入、多产出情形下的效率较为容易;可直接测算出被评价单元与最佳前沿之间在哪些投入产出项目上有差距,从而找出效率提升的最佳途径等^[6]。因此,DEA 方法在研究中被广泛应用。本文亦应用 DEA 方法来评测高技术产业的技术效率情况。

1 研究方法^[6-9]

假设有 n 个受评估的省份,各使用 m 种投入要素 x_{ij} ($j=1, \dots, m$),生产 s 种产出 y_{ir} ($r=1, \dots, s$; $x_{ij} \geq 0, y_{ir} \geq 0$),则省份 o 的相对效率模型可表示为

$$\begin{aligned} & \max \mu^T Y_0, \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \omega^T X_j - \mu^T Y_j \geq 0, \\ \omega^T X_0 = 1, \\ \mu \geq \epsilon e^T, \omega \geq \epsilon e. \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中: ϵ 为阿基米德无穷小; e 为元素为 1 的向量。为使表达更为清楚,引入松弛变量 s^+ , 剩余变量 s^- , 式(1)可转化对偶形式,如式(2)所示:

$$\begin{aligned} & \min [\theta - \epsilon(e^T s^- + e^T s^+)], \\ \text{s. t. } & \begin{cases} \sum_j^n X_j \lambda_j + s^- = \theta X_0, \\ \sum_j^n Y_j \lambda_j - s^+ = Y_0, \\ \lambda_j \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)中的 θ 即为被决策单元的技术效率,其值为 $0 \sim 1$ 。当 $\theta = 1$ 时表示决策单元 DEA 有效;而当 $\theta < 1$ 时则表示 DEA 无效。式(2)表示规模报酬不变条件下 DEA 模型,即 CCR 模型;当加入限制条件 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ 时,则转化为规模报酬变动条件下的 DEA 模型,即 BCC 模型。

由 CCR 模型计算出的技术效率,可以进一步分解为纯技术效率与规模效率的乘积。纯技术效率为

规模报酬可变情形下的技术效率,而规模效率可以用来判断决策单元是否处于最佳规模水平,其值为 $0 \sim 1$,当等于 1 时,表示处于最佳规模,否则规模效率无效。

为进一步衡量决策单元规模报酬是处于不变、递增还是递减状态,可根据 $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ 值进行判断:当 $\sum_{i=1}^n \lambda_i$ 大于 1、等于 1 和小于 1 时,分别表示规模报酬递减、不变和递增。

当被评价单元为非 DEA 有效时,可以通过投影分析对该评价单元的投入产出进行改进以使其达到有效。设 $\lambda^*, s^{*+}, s^{*-}, \theta^*$ 为式(2)的最优解,则通过 $\hat{x}_o = \theta^* x_o - s^{*-}, \hat{y}_o = y_o + s^{*+}$ 即可测算出决策单元的目标投入 (\hat{x}_o, \hat{y}_o) , 使决策单元相对于原始投入 (x_o, y_o) DEA 有效。而原始投入与目标投入的差额即为决策单元的投入冗余。

2 数据与变量

本文的原始数据来源于 2011 年《中国高技术产业统计年鉴》,样本包括除西藏之外的中国大陆 30 个省级行政区域,并按照传统的东、中、西部划分,将其划分为 3 大区域。其中东部包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、福建、浙江、广东、山东、海南 11 个地区;中部包括山西、吉林、黑龙江、内蒙古、安徽、河南、江西、湖南、湖北 9 个地区;西部包括广西、四川、重庆、云南、贵州、陕西、青海、甘肃、宁夏、新疆 10 个地区。应用 DEA 方法测算技术效率时,投入指标为高技术产业各地区的从业人员数和新增固定资产总额,产出数据为各地区高技术产业增加值。

3 结果分析

应用 DEAP2.1 软件包测算高技术产业的技术效率及其分解效率。测算结果如表 1 所示。

从表 1 可知,中国技术效率处于较低的水平,平均为 0.522,尚有超过 45% 的提升空间。中国纯技术效率均值为 0.653,规模效率均值为 0.844,纯技术效率均值小于规模效率均值,表明纯技术效率是制约技术效率发展的主要原因。对比东、中、西 3 大地区可看出,东部地区的技术效率高于中部,而中部又高于西部,这与中国的经济发展状况相吻合,东部地区经济发展水平较高,技术效率也较高。进一步从 3 大地区技术效率的分解效率来看,3 大地区的纯技术效率均小于相应地区的规模效率,纯技术效率较低依然是制约这些地区技术效率提升的主要原因。

表 1 高技术产业技术效率及其分解

Tab. 1 Technical efficiency of high-tech industry and its decomposition

地区	技术效率	纯技术效率	规模效率	地区	技术效率	纯技术效率	规模效率
北京	0.741	0.742	0.999	湖南	0.431	0.457	0.944
天津	1.000	1.000	1.000	广东	0.419	1.000	0.419
河北	0.375	0.390	0.960	广西	0.402	0.440	0.914
山西	0.207	0.230	0.900	海南	1.000	1.000	1.000
内蒙古	0.895	0.998	0.897	重庆	0.463	0.498	0.930
辽宁	0.505	0.512	0.988	四川	0.542	0.558	0.972
吉林	0.650	0.677	0.959	贵州	0.394	0.426	0.925
黑龙江	0.370	0.399	0.929	云南	0.661	0.737	0.897
上海	0.607	1.000	0.607	陕西	0.336	0.344	0.976
江苏	0.460	1.000	0.460	甘肃	0.315	0.384	0.819
浙江	0.420	0.537	0.782	青海	0.535	1.000	0.535
安徽	0.338	0.361	0.937	宁夏	0.448	0.830	0.539
福建	0.513	0.518	0.989	新疆	0.430	0.984	0.437
江西	0.332	0.345	0.962	东部	0.611	0.791	0.808
山东	0.679	1.000	0.679	中部	0.491	0.520	0.944
河南	0.463	0.472	0.981	西部	0.453	0.620	0.794
湖北	0.736	0.745	0.988	全国	0.522	0.653	0.844

具体到各个地区,天津、海南 2 个地区达到 DEA 有效,处于效率前沿面位置,这 2 个地区在既定规模和现有投入水平上产出已达到最优水平。其他地区均存在一定程度的 DEA 无效。例如:北京的技术效率值为 0.741,说明离前沿面尚有 25.9% 的提升空间,且由于其纯技术效率小于规模效率,说明纯技术效率不高是制约其技术效率提升的主要原因。内蒙古、辽宁、吉林、上海、福建、山东、湖北、四川、云南和青海技术效率均值在 0.5 以上,而剩余地区技术效率均在 0.5 以下,离前沿面较远,特别是河北、山西、黑龙江、安徽、江西、贵州、陕西和甘肃等地,技术效率均值尚不到 0.4,且这些地区的纯技术效率远低于规模效率,进一步合理提升其管理和制度水平是摆在政策制定者面前的一项重要课题。

表 2 是中国各地区的规模报酬状况。

从表 2 可以看出,由于天津、海南 2 个地区的技术效率为 1,因此其规模报酬不变。其他地区大部分都体现出规模报酬递增的特征,如北京、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、重庆、贵州、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆等,这些地区随着资源投入的增加,产出将以更高的比例增加。上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、四川和云南等均表现出规模报酬递减的特征,这些地区资源投入量的增加不会带来产出更高比例的增加,反而会使投入产出比例减少。

表 2 各地区的规模报酬状况

Tab. 2 Scale returns in the regions

地区	规模报酬	地区	规模报酬	地区	规模报酬
北京	irs	浙江	drs	海南	—
天津	—	安徽	irs	重庆	irs
河北	irs	福建	drs	四川	drs
山西	irs	江西	irs	贵州	irs
内蒙古	irs	山东	drs	云南	drs
辽宁	irs	河南	irs	陕西	irs
吉林	irs	湖北	irs	甘肃	irs
黑龙江	irs	湖南	irs	青海	irs
上海	drs	广东	drs	宁夏	irs
江苏	drs	广西	irs	新疆	irs

注:irs 表示规模收益递增;drs 表示规模收益递减;—表示规模收益不变。

表 3 是变动规模报酬条件下各地区的投入冗余情况。

由表 3 可以看出,由于天津、上海、江苏、山东、广东、海南和青海 7 个省市的变动规模报酬条件下纯技术效率为 1,因此这些省市的实际投入和目标投入一致,不存在冗余。其他地区均存在一定程度的投入过剩。以北京为例,2010 年北京高技术产业从业人员的冗余为 63 554.743,固定资产的冗余为 12.338。北京在现有投入水平下减少相应的冗余即可达到 DEA 技术有效。

表 3 各地区的投入冗余

Tab. 3 Input redundancy in the regions

地区	从业人员冗余	固定资产总额冗余	地区	从业人员数冗余	固定资产总额冗余
北京	63 554.743	12.338	湖北	34 143.950	29.379
天津	0.000	0.000	湖南	41 910.623	34.009
河北	72 023.192	58.623	广东	0.000	0.000
山西	70 999.350	37.312	广西	31 009.535	13.369
内蒙古	39.420	13.552	海南	0.000	0.000
辽宁	94 450.124	56.425	重庆	29 231.260	40.772
吉林	21 610.211	75.136	四川	117 480.340	18.542
黑龙江	43 152.012	35.069	贵州	37 218.713	7.325
上海	0.000	0.000	云南	9 927.123	0.715
江苏	0.000	0.000	陕西	127 072.308	26.331
浙江	387 380.754	30.699	甘肃	17 016.046	2.795
安徽	56 481.249	29.834	青海	0.000	0.000
福建	142 387.666	24.536	宁夏	1 031.532	6.841
江西	90 725.189	57.003	新疆	80.000	0.810
山东	0.000	0.000	总和	1 576 248.753	684.888
河南	87 323.413	73.473			

4 结 语

以高技术产业分地区数据为基础,应用 DEA 方法,实证测评了高技术产业发展的技术效率。研究发现,中国高技术产业技术效率整体较低,平均值为 0.522,尚有较大的提升空间;东部技术效率高高于中部,中部又高于西部;全国及东、中、西部纯技术效率均低于规模效率,这就说明中国技术效率低下的原因主要受纯技术效率较低所致。与国外发达国家相比,中国正处于工业化的转型期,在企业管理水平等方面还有较大差距,这就需要各地区高技术企业在向西方发达国家先进管理经验的基础上,结合中国实际,在管理和制度创新上下功夫。

中国大部分地区的高技术产业发展均表现出规模报酬递增的特性,也有一些地区呈现出规模报酬递减的特点,这就需要政府有针对性地扩大或缩小相应地区的投入规模。通过分析,为各省市降低投入冗余、提高高技术产业发展的技术效率提供政策依据。未来研究中,收集更多年份的数据和资料,分析各地区高技术产业技术效率的时间演化,预测其发展趋势,将是我们的主要工作。

参考文献/References:

- [1] 刘志迎,叶 蓁,孟令杰. 我国高技术产业技术效率的实证分析[J]. 中国软科学, 2007(5):133-137.
LIU Zhiying, YE Zhen, MENG Lingjie. An empirical analysis on technical efficiency of China's hi-tech industry[J]. China Soft Science Magazine, 2007(5):133-137.
- [2] 景保峰,刘道兴. 广东省高技术产业各行业效率变化的实证研究[J]. 技术经济, 2011, 30(5):27-32.
JING Baofeng, LIU Daoxing. Empirical research on efficiency change of various sectors of high-tech industry in Guangdong province[J]. Technology Economics, 2011, 30(5):27-32.
- [3] FARRELL M J. The measurement of productive efficiency[J]. Journal of Royal Statistical Society Series A, 1957, 120: 253-281.
- [4] CHAMES A, COOPE W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6):429-444.
- [5] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1984, 30:1078-1092.
- [6] 张健华. 我国商业银行效率研究的 DEA 方法及 1997—2001 年效率的实证分析[J]. 金融研究, 2003(3):11-25.
ZHANG Jianhua. Efficiency study of Chinese commercial banks based on DEA method during 1997 to 2001[J]. Journal of Financial Research, 2003(3):11-25.
- [7] 柳思维,黄 毅. 9 家种业上市公司分销效率比较研究:2004—2008 年——基于 DEA 的计量分析[J]. 系统工程, 2010, 28(5):64-68.
LIU Siwei, HUANG Yi. Comparative research into distribution efficiency of 9 seed listed companies: 2004 to 2008; Based on DEA method[J]. Systems Engineering, 2010, 28(5): 64-68.
- [8] 吴静茹,王国贞. 基于 DEA 方法的河北省高端装备制造业投入产出效率分析[J]. 河北工业科技, 2012, 29(4):260-266.
WU Jingru, WANG Guozhen. Analysis on input-output efficiency in advanced equipment manufacturing industry of Hebei province[J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2012, 29(4):260-266.
- [9] 李艳玲,潘杰义,陈玥希. 基于 DEA 的企业技术创新效率评价研究[J]. 河北工业科技, 2005, 22(3):74-80.
LI Yanling, PAN Jieyi, CHEN Yuexi. Research on evaluating the efficiency of enterprise technology innovation based on DEA method[J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2005, 22(3):74-80.
- [10] 王 斌,唐国春. 物流联盟伙伴选择模糊优化研究[J]. 河北科技大学学报, 2009, 30(1):69-74.
WANG Bin, TANG Guochun. Research into fuzzy optimization of choosing logistics alliance fellow[J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2009, 30(1):69-74.