

中国高技术产业的区域研发效率 ——基于省级面板数据的实证分析

刘 云, 杨湘浩

(北京理工大学管理与经济学院, 北京 100081)

摘 要:本文应用随机前沿分析方法对高技术产业的区域研发效率进行实证分析。研究表明:(1)中国高技术产业的区域研发效率还处于比较低水平,不过总体显上升趋势。东部地区高技术产业的研发效率明显高于中西部地区,地理位置对高技术产业的区域研发效率影响显著。(2)科技机构的技术支持对高新技术产业的区域研发效率发挥着明显的正向作用,但市场结构对高技术产业的区域研发效率的影响不显著。(3)金融机构的资金支持对高技术产业的研发效率提高有负面影响,政府资金资助对高技术产业的区域研发效率的贡献没有表现出来。

关键词:高技术产业;研发效率;随机前沿分析;实证分析

中图分类号:F062.9

文献标识码:A

1 引言

近年来,中国高技术产业发展迅猛,2011年,我国规模以上高技术制造业总产值已达到9.2万亿元,比2006年翻了一番,产业规模居世界第二位,移动电话、彩电、计算机等主要高技术产品的产量位列世界第一。高研发投入和高创新性是高新技术产业与传统产业的重要区别^[1]。高新技术产业的研发效率如何一直是各界关注的焦点。

目前理论界对研发效率的度量方法主要有两种:一种是非参数方法,该方法以数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)为代表,另一种为参数分析法,该方法以随机前沿分析(stochastic frontier approach, SFA)为代表。谢伟^[2],方福前^[3]以及官建成等^[4]运用DEA方法对高技术产业的相关效率进行了测算。朱有为等^[5]使用SFA方法对高技术产业的研发效率进行了评测,并考察了企业规模、市场结构和所有权结构等因素对研发效率的影响。刘志迎等^[6]运用SFA方法分析了中国高技术产业发展过程中的技术效率和总量增长模式的情况。韩晶^[7]使用SFA方法对高技术产业创新效率进行了实证

分析。陈修德等^[8]应用SFA模型对高技术产业研发的中间产出效率与最终产出效率进行了测算,并探讨各影响因素对研发效率的具体效应。

不过从现有的文献来看,以往的研究主要集中在高技术产业的行业研发效率层面上,对于高技术产业的区域研发效率的研究较少。高技术产业的区域研发效率是区域自主创新能力建设的重要内容。区域创新能力是国家创新能力建设的基础,也是区域经济和社会发展的的重要途径。在此背景下,高技术产业的区域研发效率的测评尤为重要。在模型设定合适的情况下,使用区域面板数据,SFA方法能得到比DEA方法更好的估计效果。因此,本文采用SFA方法对高技术产业的区域研发效率进行测算,同时对高技术产业的区域研发效率的影响因素进行分析。

2 研究模型和变量设定

随机前沿函数是由Aigner, Lovell 和 Schmidt^[9], Meeuse 和 Broeck^[10]提出的。研发效率的测算会涉及到研发投入和研发产出指标的选定。在衡量研发投入时,研究人员一般会采用R&D资本和R&D活动人员投入指标,本文仍采用这两项指标作为研发投入。有关衡量研发产出的指标有多种,如专利申请或授权数、新产品产值及新产品销售收入等。考虑到专利申请或授权是一种中间产出,而新产品销售收入是市场实现的新产品销售收入,因此,两者都

收稿日期:2012-06-25;修订日期:2012-08-06

基金项目:国家自然科学基金重点资助项目(71033001)

作者简介:刘云(1963-),男(汉族),安徽合肥人,北京理工大学管理与经济学院教授,博士生导师,研究方向:科技评价、技术创新管理、科技政策。

不能代表企业研发努力的全部产出,与前两者相比,新产品产值更适合代表企业努力的研发产出,并且容易测量。所以,本文选取新产品产值作为研发产出指标。借鉴 Battese 和 Coelli^[11] 的模型设定方法,本文的随机前沿生产函数的模型构建如下:

$$\ln Y_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln RDE_{i,t-1} + \beta_2 \ln RDP_{i,t-1} + (V_{i,t} - U_{i,t}) \quad (1)$$

其中,下标 i 和 t 分别表示区域和时间。 Y , RDE 和 RDP 分别表示新产品产值、R&D 资本和 R&D 活动人员投入。所有投入指标采用了平均滞后一期。 β_0 为待估常数项, β_1 和 β_2 是 R&D 资本和 R&D 活动人员投入的产出弹性。 $V_{i,t}$ 是随机变量,服从正态分布 $N(0, \sigma_v^2)$, 且独立于 $U_{i,t}$ 。 $U_{i,t}$ 为非负随机变量,表示研发活动中的无效率项,服从截尾正态分布 $N(M_{i,t}, \sigma_u^2)$, 其中 $M_{i,t}$ 越大,表示研发效率越低,即同样 R&D 资本和 R&D 活动人员投入,获得的研发产出会越少。

对于研发活动中的无效率项,朱有为等选取企业规模、市场结构和所有权结构等指标。韩晶等选用市场结构、产业开发度和产业利润等指标。陈修德等选用市场结构、企业规模、企业所有制、政府部门和金融机构的资金支持力度,以及科研机构的技术支持力度等指标。在前人研究的基础上,本文重点考虑政府部门的资金支持力度、金融机构的资金支持力度、市场结构、科技机构的技术支持力度以及区域地理位置等因素对高技术产业的区域研发活动的影响。因此,本文的高技术产业区域研发活动的无效率函数设定如下:

$$M_{i,t} = \delta_0 + \delta_1 Gov_{i,t-1} + \delta_2 Bank_{i,t-1} + \delta_3 MS_{i,t-1} + \delta_4 Agency_{i,t-1} + \delta_5 Geog_{i,t-1} + W_{i,t} \quad (2)$$

与式(1)保持一致,所有影响因素的指标均滞后一期。其中, δ_0 为待估常数, δ_1 、 δ_2 、 δ_3 、 δ_4 和 δ_5 分别代表政府部门的资金支持力度、金融机构的资金支持力度、市场结构、科技机构数以及区域地理位置对区域研发活动的无效率影响系数。 $W_{i,t}$ 为随机变量,服从正态分布 $N(0, \sigma_w^2)$ 。判断上述设定的模型

是否有效,可以检验指标 $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$ ($0 \leq \gamma \leq 1$),

当 γ 接近于 0 时,说明前沿生产函数的误差主要来源于不可控因素,当 γ 接近于 1 时,说明前沿生产函数的误差主要来源于研发活动的无效率项 $U_{i,t}$ 。当 γ 越接近于 1 时,使用随机前沿模型对生产函数进行估计就越合适。

3 实证分析

3.1 数据来源和处理

本文使用了《中国高技术产业统计年鉴》(2002 - 2009) 以及《中国统计年鉴》(1999 - 2009) 中 1998 - 2008 年 29 个省份(或直辖市)的面板数据(由于新疆、西藏数据缺失较多,测算中没有包含它们)。为了确保指标的可比性,各年的新产品产值指标,用固定资产投资价格指数平减为 1998 年不变价。R&D 资本投入采用 R&D 经费存量指标代表,通过永续盘存法得到。R&D 活动人员投入使用 R&D 研发活动人员折合全时当量。R&D 经费存量指标计算过程如下:首先将各省市不同年份的 R&D 经费内部支出利用固定资产投资价格指数平减为 1998 年不变价,然后在各省份的 R&D 经费支出数据基础上,参照 Coe 和 Helpman^[12] 做法,采用下式计算得到:

$$RDE_{i,t} = (1 - \delta) * RDE_{i,t-1} + E_{i,t-1} \quad (3)$$

其中 $RDE_{i,t}$, $RDE_{i,t-1}$ 分别是第 i 省份 t 年、 $t-1$ 的 R&D 经费存量, $E_{i,t-1}$ 为 R&D 经费内部支出, δ 为 R&D 资本折旧率,采用多数研究人员的做法,取值为 15%。各省市的初始年份研发资本存量 $RDE_{i,0} = E_{i,0} / (g + \delta)$ 。 g 为 1998 - 2008 年内 R&D 经费内部支出量的年平均增长率, δ 为 R&D 资本折旧率, $E_{i,0}$ 为初始年份的 R&D 支出量。

影响研发活动的无效率项中的政府部门的资金支持力度用科技经费活动筹集额中政府资金所占比重代表,金融机构的资金支持力度用科技经费活动筹集额中金融机构贷款占的比重代表,由于这两项指标是相对指标,直接采用当年价计算。市场结构用各省份的高技术产业的企业个数代表,各省份的高技术产品的企业个数可以间接反映高技术产业的市场集中度。科技机构的技术支持力度用各省份的科技机构数代表。对于区域地理位置,本文引入虚拟标量表示,1 代表东部地区,0 代表中西部地区。各变量的描述统计量如表 1 所示。

3.2 以新产品产值为研发产出的实证分析结果

本文使用计量分析程序 Frontier 4.1, 使用极大似然法估计法获得式(1), (2) 的各项参数的估计值及其相关检验值,具体结果如表 2 所示。 $\gamma = 0.998$, 非常接近于 1, 并且 LR 统计检验在 1% 的水平下是显著的。因此,对于高技术产业的区域面板数据使用随机前沿生产函数是必须的,模型设定是可以接

表 1 变量描述性特征

	极小值	极大值	均值	标准差
不变价新产品产值(万元)	9.833	25725697.539	1868537.964	3605763.568
不变价研发资本存量(万元)	24.000	4377004.506	207337.558	456925.902
R&D 研发活动人员折合全时当量(人年)	6.000	92877.000	4634.748	8253.192
科技经费活动筹集额中政府资金所占比重	0.000	0.562	0.127	0.123
科技经费活动筹集额中金融机构贷款所占比重	0.000	0.925	0.085	0.102
企业个数	9.000	4424.000	477.314	654.467
科技机构数	1	442	56.59310345	65.58984398
地理位置(虚拟变量)	0.000	1.000	0.379	0.486

受的。从各参数的估计结果看,几乎都较好地通过了变量的显著性检验,模型拟合程度较为理想。具体分析如下:

(1) 研发生产函数估计。

从研发投入要素的产出弹性来看, $\beta_1 = 0.458 > \beta_2 = 0.239$ 。即 R&D 资本投入增长 1%,可带来新产品产值增长 0.458 个百分点;R&D 活动人员投入增长 1%,可带来新产品产值增长 0.239 个百分点。R&D 资本投入产出弹性比 R&D 活动人员投入产出弹性高。因此,在高技术产业新产品产值增长中,研发经费投入和资本累积仍然占据主要贡献地位,其对新产品产值增长的推动作用更明显。

表 2 随机前沿生产函数相关参数计量分析

系数	估计值	标注差	t-检验值	显著性
beta 0	7.934	0.991	8.004	***
beta 1	0.458	0.085	5.380	***
beta 2	0.239	0.138	4.738	***
delta 0	4.953	1.078	4.594	***
delta 1	2.894	0.905	3.198	***
delta 2	1.591	0.878	2.004	**
delta 3	0.032	0.199	0.162	
delta 4	-1.050	0.215	-4.875	***
delta 5	-1.065	0.279	-3.818	***
sigma-squared	1.554	0.218	7.119	***
gamma	0.998	0.051	17.466	***
LOG 似然函数值	-411.471			***
单边 LR 检验	107.327			***
横截面数量	29.000			
年数	10.000			
样本数	290.000			
平均研发效率	0.261			

注:*** 表示在 1% 水平下显著;** 表示在 5% 水平下显著。LR 为似然比检验统计量,此处它服从混合卡方分布,对无效率项的估计模型中各个系数表示各个变量对无效率项的影响,负的数量系数表示对效率存在正向的影响。

(2) 研发效率估计

表 3 给出了 1999 - 2008 年我国高技术产业的区域研发效率水平的估计结果。由表 3 可知,1999 - 2008 年基于新产品产值的中国高技术产业区域研发效率平均值为 0.261,高技术产业的区域研发效率还处于比较低的水平,研发资本和科技人员的潜力还没有完全被挖掘出来,高技术产业的区域研发效率上升空间还是很大。从区域角度来看,东部地区的研发效率较高,北京、天津、上海、江苏、福建的年平均研发效率均在 0.6 以上。中西部的研发效率很低,只有四川省(0.382)超过 0.2。从时间角度看,高技术产业的年平均研发效率趋势波动提高,但提高幅度不大,表现后劲不足。具体如图 1 所示。

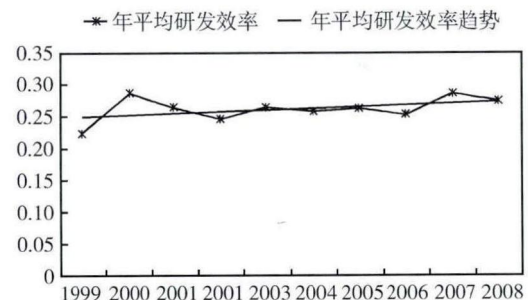


图 1 1999 - 2008 年高技术产业年平均研发效率变化趋势

(3) 研发效率的影响因素分析

从表 2 可以看出,政府资金的支持力度和金融机构的资金支持力度的系数都显著为正值,表明政府资助和银行贷款对研发效率的提高并没有明显的促进作用,反而有负面影响。政府资助对研发效率产生负面影响可能的原因是:一方面是,高技术产业是知识密集型产业,政府部门处于信息弱势地位,政府资助的使用情况难以被监控,另一方面是地方政府对科技资助资金使用的监管力度也不够,从而对高技术产业的研发效率产生负面影响。因此,地方

表 3 基于新产品产值的中国高技术产业区域研发效率

年份	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	区域均值
北京	0.495	0.796	0.762	0.682	0.569	0.503	0.394	0.363	0.795	0.716	0.608
天津	0.318	0.798	0.832	0.811	0.784	0.842	0.826	0.827	0.804	0.733	0.758
河北	0.155	0.125	0.088	0.096	0.090	0.084	0.082	0.089	0.103	0.120	0.103
山西	0.065	0.070	0.100	0.093	0.106	0.087	0.201	0.186	0.381	0.230	0.152
内蒙古	0.002	0.012	0.003	0.000	0.012	0.165	0.120	0.072	0.016	0.007	0.041
辽宁	0.177	0.164	0.231	0.312	0.378	0.310	0.249	0.203	0.273	0.240	0.254
吉林	0.293	0.105	0.085	0.047	0.096	0.120	0.101	0.127	0.138	0.146	0.126
黑龙江	0.075	0.305	0.251	0.224	0.292	0.031	0.200	0.042	0.064	0.060	0.154
上海	0.519	0.607	0.708	0.761	0.666	0.689	0.785	0.797	0.740	0.738	0.701
江苏	0.550	0.636	0.594	0.622	0.649	0.624	0.601	0.597	0.729	0.785	0.639
浙江	0.378	0.687	0.427	0.386	0.630	0.568	0.517	0.532	0.445	0.439	0.501
安徽	0.111	0.072	0.047	0.192	0.189	0.090	0.093	0.106	0.171	0.116	0.119
福建	0.623	0.590	0.601	0.615	0.827	0.745	0.783	0.758	0.735	0.678	0.696
江西	0.086	0.070	0.056	0.058	0.086	0.117	0.114	0.107	0.101	0.095	0.089
山东	0.441	0.486	0.439	0.506	0.468	0.510	0.507	0.515	0.555	0.544	0.497
河南	0.205	0.275	0.133	0.174	0.189	0.207	0.157	0.143	0.165	0.163	0.181
湖北	0.062	0.062	0.038	0.031	0.025	0.067	0.030	0.104	0.159	0.147	0.072
湖南	0.196	0.097	0.085	0.078	0.070	0.256	0.097	0.082	0.084	0.162	0.121
广东	0.573	0.536	0.488	0.465	0.559	0.638	0.668	0.679	0.625	0.662	0.589
广西	0.090	0.094	0.077	0.079	0.068	0.084	0.070	0.064	0.062	0.069	0.076
海南	0.013	0.161	0.181	0.040	0.025	0.055	0.001	0.001	0.003	0.019	0.050
重庆	0.081	0.075	0.120	0.123	0.112	0.134	0.206	0.193	0.189	0.248	0.148
四川	0.561	0.546	0.443	0.165	0.400	0.280	0.359	0.321	0.431	0.315	0.382
贵州	0.046	0.067	0.061	0.054	0.093	0.051	0.121	0.107	0.100	0.096	0.080
云南	0.081	0.143	0.226	0.160	0.080	0.073	0.070	0.064	0.143	0.127	0.117
陕西	0.083	0.078	0.076	0.067	0.079	0.096	0.122	0.117	0.122	0.097	0.094
甘肃	0.090	0.205	0.056	0.047	0.042	0.043	0.051	0.038	0.060	0.080	0.071
青海	0.024	0.001	0.376	0.129	0.008	0.000	0.009	0.014	0.005	0.001	0.057
宁夏	0.049	0.426	0.086	0.079	0.037	0.025	0.072	0.076	0.063	0.102	0.101
年均值	0.222	0.286	0.264	0.245	0.263	0.258	0.262	0.253	0.285	0.274	0.261

政府除了增加科技投入外,更重要的是要建立和完善监管评价体系,加强科技资金使用的监管,否则得不到预期的效果。银行贷款需要还本付息,增加了研发活动的成本,从而导致银行贷款对有高风险的研发效率产生负面效应。

科研机构的技术支持的系数显著为负,说明科技机构的技术支持,对高技术产业的研发效率有明显的促进作用,因此,地方政府要加强和引导科技机构的建设。市场结构的系数不显著为正值,这表明市场结构对高技术产业的研发效率的影响不显著。

以往的研究结论一般表明:市场竞争越激烈,研发效率会越高,同时企业规模越大,研发效率也会越高。在这里可能的原因是:由于本文采用区域高技术产业的企业个数作为市场结构的代理变量,区域中的高技术企业个数越多,说明市场竞争越激烈,但在既定投资规模的前提下,高技术企业的个数越多,也说明高技术企业的平均规模越小,从而由市场竞争带来的研发效率提高的正向作用和企业规模下降导致的研发效率降低的负向作用部分抵消,导致以区域中高技术企业个数作为市场结构的代理变量对高技术产业的区域研发效率的影响不显著。地区虚拟变量的系数显著为负,说明地理位置对高技术产业的研发效率有明显的促进作用。由表3也可以看出,东部的研发效率明显高于中西部研发效率,所以中央政府在制定经济政策上,必须对中西部有所倾斜,加强中西部地区的研发投入,否则长期下去,会导致区域经济发展的不均衡,产生区域经济的“马太效应”。

4 结语

(1)1999-2008年基于新产品产值的中国高技术产业的区域研发效率平均值为0.261,高技术产业的区域研发效率还处于比较低水平,高技术产业的区域研发效率上升空间还非常大,特别是中西部地区。因此,地区政府在加强高技术产业的研发投入的同时,更要加强研发资本和研发人员的潜力挖掘。

(2)从时间角度看,高技术产业的年均区域研发效率略显波动上升趋势,但上升幅度不大,高技术产业的区域研发效率的提高表现出后劲不足。从区域角度看,东部地区的高技术产业的研发效率明显高于中西部地区。因此,在研发投入总量既定的情况下,需要合理配置基础研究、应用研究和开发研究的投入比例,加强基础研究和应用研究的投入,促进高技术产业的区域研发效率的持续增长,增强企业的创新后劲。此外,中央政府应加强对中西部地区的研发支持,缩小区域发展的不平衡。

(3)科技机构的技术支持对高新技术产业的区域研发效率发挥着明显的正向作用。因此,政府部门要强化公共科技机构的建设,建立和完善科技中介机构,引导企业建设自己的研发机构,积极发挥科技机构的技术支持对研发效率提高的正向作用。以

高技术产业的企业个数为代表的市场结构对研发效率的影响不显著,说明在高技术企业的区域研发效率的提高方面,单纯追求地区高技术企业的数量达不到预期效果,必须同时注重企业的数量和规模建设,在维持适度的行业竞争情况下,要使高技术企业达到一定的规模。

(4)政府资助对高技术产业的区域研发效率的贡献没有表现出来。因此,政府部门在加强研发资助的同时,要加强研发经费使用的监管力度。建立和完善监管评价体系,严格监控政府资助经费的去向,并对政府资助经费的使用效率进行合理评价。金融机构的资金支持对研发效率有负面影响,所以,高技术产业的区域研发效率的提高不能完全依靠金融机构的资金支持,地区政府应该做好引导和服务工作,拓宽企业研发资本的筹集渠道,引导企业加强自身的资金投入和引入风险投资等。

参考文献:

- [1] 郑坚,丁云龙. 高技术产业技术创新的边际收益特性及效率分析[J]. 科学学研究, 2008, 26(5): 1091-1097.
- [2] 谢伟,胡玮,夏绍模. 中国高新技术产业研发效率及其影响因素分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2008, (3): 144-149.
- [3] 方福前,张平. 我国高技术产业的投入产出效率分析[J]. 中国软科学, 2009, (7): 48-55.
- [4] 官建成,陈凯华. 我国高技术产业技术创新效率的测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, (10): 19-33.
- [5] 朱有为,徐康宁. 中国高技术产业研发效率的实证研究[J]. 中国工业经济, 2006, (11): 38-45.
- [6] 刘志迎,叶葵,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.
- [7] 韩晶. 中国高技术产业创新效率研究—基于SFA方法的实证分析[J]. 科学学研究, 2010, 28(3): 467-472.
- [8] 陈修德,梁彤纭. 中国高新技术产业研发效率及其影响因素—基于面板数据SFPF模型的实证研究[J]. 科学学研究, 2010, 28(8): 1198-1205.
- [9] Aigner D, Lovell C A K, Schmidt P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models[J]. Journal of Econometrics, 1977, 6(7): 21-37.
- [10] Meeusen W, Broeck V. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error[J]. International Economic Reviews, 1977, 18(2): 435-444.
- [11] Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production function for panel data[J]. Empirical Economics, 1995, (20): 325-332.
- [12] Coe D T, Helpman E. International R&D Spillovers[J]. European Economic Review, 1995, (39): 859-887.

**Regional R&D Efficiency in Chinese High-tech Industries:
Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data**

LIU Yun, YANG Xiang-hao

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100181, China)

Abstract: SFA method is applied to analyze Chinese high-tech industries regional R&D efficiency in this paper. It is shown that: (1) Chinese regional R&D efficiency of high-tech industry is still in a relatively low level, but it is overall slightly upward trend. The regional R&D efficiency of the eastern region is significantly higher than that of the central and western regions. The regional location has significant effect on the regional R&D efficiency of high-tech industries. (2) The technical support of S&T institutions plays important positive effect on regional R&D efficiency improvement, but the market structure of high-tech industries has no significant effect on the regional R&D efficiency. (3) The financial support of financial agencies has a negative impact on regional R&D efficiency improvement, and the contribution of the government-funded capital to the regional R&D efficiency hasn't been shown.

Key words: high-tech industry; R&D efficiency; stochastic frontier approach; empirical analysis