

文章编号: 1673-3851 (2015) 06-0474-09

# 基于 DEA-AHP 的浙江省高技术产业 创新效率评价及影响因素研究

智瑞芝<sup>1</sup>, 林永然<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学经济管理学院, 杭州 310018; 2. 上海财经大学财经研究所, 上海 200433)

**摘要:** 通过两阶段 DEA-AHP 方法对 2006—2013 年浙江省四大高技术产业的创新效率及其行业异质性进行研究, 并运用变系数模型研究各影响因素对不同行业的影响程度, 提出了若干有针对性的政策建议。研究发现: 现阶段浙江省高技术产业总体创新效率不高, 但各行业间差异性明显; 产业外向度、企业规模、科技人才、市场结构、企业资金等影响因素对不同行业影响程度不同; 应当进一步就各行业技术创新特点进行人力、物力投入, 提高技术创新的孵化能力。

**关键词:** 高技术产业; 创新效率; 行业异质性; DEA-AHP; 中国浙江省

**中图分类号:** F062.9      **文献标志码:** A

在国家努力推动新型城镇化、工业化和信息化建设的今天, 发展高技术产业对于促进地区经济结构调整、聚集高技术人才、改善当地资源禀赋、推动四化建设有着重要意义。近年来, 浙江省高技术产业发展迅速, 已逐渐成为浙江省的重点建设产业, 2013 年浙江省规模以上工业增加值为 11701 亿元, 其中, 高新技术产业增加值为 2993 亿元, 占比 25.6%; 高技术产品出口额为 142.8 亿美元, 占浙江省商品出口总额的比重为 5.74%。尽管如此, 浙江省科技强省步伐依然存在不小差距。据国家科技部发展计划司组织专家编制的全国科技进步统计监测报告统计, 2013 年浙江省科技活动投入指数位列我国第五位, 而科技活动产出评价指数却位居我国第九位; 高新技术产业化监测值为 44.9, 位居我国第 16 位。因此, 浙江省高技术产业发展与发达区域相比, 差距明显<sup>[1]</sup>。当前, 在浙江省深入实施“两化”战略的背景下, 高新技术产业的发展无疑成为了重点抓手。要进一步提升浙江省高技术产业竞争优势, 加快高技术产业发展速度, 关键在于产业创新效率的提升。因此, 全面认识浙江省高技术产业的创新

特征, 不仅是发展高技术、实现产业化必须解决的重大理论和现实问题, 也是明确自身定位、融入高技术产业地区分工的关键。

## 一、文献综述

国内外关于高技术产业的研究已较为多见, 其中关于高技术产业创新效率的研究十分广泛, 研究内容包括高技术产业创新效率以及与之有关的研发效率、创新能力和区域差异等。

大多数学者的研究都是以区域或产业为研究对象, 其中 Tseng 等<sup>[2]</sup>运用数据包络分析( DEA)、层次分析法(AHP)以及模糊评价分析测算了台湾地区高技术制造业的发展状况。Cruz-Cázares 等<sup>[3]</sup>利用两阶段 DEA-GMM 方法, 研究了西班牙制造业的技术创新效率。李晓钟等<sup>[4]</sup>分析了江浙两省技术创新模式的特征, 通过揭示区域创新效率的差异解释了“效率悖论”。朱有为等<sup>[5]</sup>利用随机前沿分析法(SFA)测算了中国高技术产业的研发效率, 认为中国高技术产业的研发效率整体偏低, 行业间效率差异有逐步缩小趋势。余泳泽<sup>[6]</sup>基于价值链的视角,

收稿日期: 2015-07-02

基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题(13NDJC088YB); 浙江省高校人文社会科学重点研究基地浙江理工大学应用经济学基地项目(2014YJYB07)

作者简介: 智瑞芝(1977—), 女, 山西太谷人, 副教授, 博士, 主要从事区域经济与产业创新方面的研究。

利用 DEA 对创新效率和影响因素进行研究,同样认为我国高技术产业创新效率较低。官建成等<sup>[7]</sup>综合运用 DEA 的松弛测度模型和临界效率测度模型,对中国高技术产业技术创新活动的进行实证研究。朱晓莉<sup>[8]</sup>通过 DEA-AHP 综合评价法对苏浙沪皖地区高技术产业创新绩效水平进行研究,并分析了其中的区域差异。任瑞<sup>[9]</sup>利用 Malmquist 指数对我国高技术产业技术创新效率进行评价,然后通过分地区和分行业之间的技术创新效率差异。顾群<sup>[10]</sup>应用 DEA 方法估计了我国 27 个省区市高技术产业的创新效率,认为我国高技术产业创新效率整体较低,最后研究了影响创新效率的主要因素。王珊<sup>[11]</sup>、袁勇<sup>[12]</sup>分别对浙江高技术产业创新能力和创新效率进行研究,都认为当前浙江高技术产业较为薄弱,创新效率不高。

对于技术创新效率的影响因素,学者们从不同的角度展开了研究。一些学者着重考虑区域宏观因素对技术创新效率的影响,魏世红<sup>[13]</sup>从规模效应、所有制因素、金融系统、市场结构和技术创新五个方面对技术效率的影响因素进行了分析;叶娇<sup>[14]</sup>研究了地域因素对我国 25 个地区的外资工业企业研发效率的影响;成立为等<sup>[15]</sup>通过研究表明显著影响内资部门长期技术进步效率变化的是人力资本水平、金融支持水平和行业出口导向以及创新特征等因素。另外一些学者从企业微观发展的角度来研究影响技术创新效率的因素,如胡颖等<sup>[16]</sup>分析了公司规模、公司治理、人力资本和所有权形式等因素对保险公司效率的影响;See 等<sup>[17]</sup>发现资产规模和所有权显著影响了马来西亚热电站的技术效率;李龙筠等<sup>[18]</sup>指出企业资产结构、盈利能力及市场份额对创新能力影响显著。从目前的研究成果来看,关于产业创新效率测算的方法主要包括两大类,参数法与非参数法,参数法以 SFA 为代表,非参数法以 DEA 为代表。SFA 方法需要对生产函数和随机项的概率分布进行设定,因此可能导致效率计量的偏差。DEA 方法允许效率在一定时期内发生变动,不要求对所有的样本数据的无效率分布做出先定假设;同时,DEA 能够方便地处理多个输出生产过程,且不需要大规模的样本数据。因此,现有测算效率的文献中 DEA 方法被广泛使用。但 DEA 在进行评价时,无法对评价单元进行全排序,仅能区分评价单元是否有效;同时存在易失去局部最优性的缺陷。为克服 DEA 评价方法中的不足之处,日益增多的文献尝试对 DEA 模型进行改进后使用。其中一些文

献将 DEA 与 AHP 结合使用,既可以克服 AHP 主观性强的缺陷,同时也可以避免 DEA 评价结果会出现可行性不足的问题。从目前 DEA-AHP 方法的应用来看,文献较少,且大多集中于物流行业领域。本文将 DEA-AHP 方法应用于省域层面的高技术产业创新方面,对浙江省高技术产业的创新效率进行评价,并分析高技术产业各行业创新效率的异质性特征;在此基础上运用面板数据模型分析法进一步分析导致高技术行业创新效率异质性的主要影响因素,试图更直观的反映浙江省高技术产业发展现状。

## 二、研究方法

### (一)DEA-AHP 方法

数据包络分析(DEA)是由美国运筹学家 Charnes 和 Cooper 等人以相对效率的概念为基础发展起来的一种系统分析方法。其基本思路是:将任一评价对象视为一个评价单元(DMU),其生产过程可以看成是一个单元在一定可能范围内,通过投入一定数量的生产要素并得到一定数量产品的过程。运用线性规划模型,以 DMU 的各投入指标和产出指标权重为变量计算得出各投入的有效生产前沿面;然后计算出各 DMU 的投入产出情况,与生产前沿面进行比较,与其越接近,评价单元的效率越高。

层次分析法(AHP)是处理多目标决策的一种常用方法,通过将目标问题进行分层,然后在每一层之间、每一层各因素之间利用判断矩阵进行权重分配,最后通过各层因素的权重对不同目标进行评分比较。其过程大概分为以下三个步骤:进行目标层、准则层与方案层的分层,构造两两比较的判断矩阵;由判断矩阵计算各比较指标的相对权重,并进行判断矩阵的一致性检验;计算方案层各指标对于目标层的权重,并进行整体一致性检验。

由于该模型为 DEA 与 AHP 方法的结合,因此其步骤也与 DEA 和 AHP 较为接近。其基本原理是:在 DEA 模型中增加 AHP 的约束条件,先用 AHP 方法确定评价问题的层次结构,然后用 DEA 方法构建层次分析的判断矩阵,最后进行评价<sup>[19]</sup>。具体评价方法如下:设进行评价的产业一共有  $n$  个,每个产业都有  $m$  种类型的投入  $x$  和  $s$  种类型的产出  $y$ ,其中  $x$  相对越小、 $y$  相对越大则效率越高。对  $n$  个产业中任意两对产业 A 和 B 按照如式(1) — (2)进行计算,分别求出相对效率  $E_{AB}$  和  $E_{BA}$  :

$$E_{BA} = \sum_{i=1}^s u_r y_{rA} \begin{cases} \sum_{i=1}^m v_i X_{iA} \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - \sum_{i=1}^m v_i X_{iB} \end{cases} \quad (1)$$

$$E_{BA} = \sum_{r=1}^s U_r y_{rB} \begin{cases} \sum_{i=1}^m v_i X_{iB} \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rB} \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rA} - \sum_{i=1}^m v_i X_{iA} \end{cases} \quad (2)$$

然后根据  $E_{AB}$  和  $E_{BA}$  的值计算产业 A 和 B 的相对效率的比率,

$$a_{AB} = \frac{E_{AB}}{E_{BA}}, a_{BA} = \frac{E_{BA}}{E_{AB}}, a_{AA} = 1 \quad (3)$$

再得出相对效率的比率后,根据 AHP 方法,成对比较、构造判断矩阵,然后计算判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{MAX}$  和特征向量  $\eta$  作为产业评价的排序向量,以不同的权重分析不同产业的创新效率。

(二) 面板数据模型

面板数据又称平行数据,是把时间序列沿空间方向扩展,或把截面数据沿时间扩展构成的二维数据集。面板数据模型是建立在面板数据之上、用于分析变量之间相互关系的计量经济模型。面板数据模型的解析表达式为:

$$y_{it} = \alpha_i + x_{it}\beta_i + \mu_{it}, i = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

其中: $y_{it}$  为被解释变量; $x_{it} = (x_{it}^1, x_{it}^2, \dots, x_{it}^k)$  为  $1 \times k$  维变量向量; $\beta_i = (\beta_i^1, \beta_i^2, \dots, \beta_i^k)$  为  $k \times 1$  维参数向量; $i$  表示不同的个体; $t$  表示不同的时间, $\mu_{it}$  为随机扰动项,满足经典计量经济模型的基本假设  $\mu_{it} \sim \text{IIDN}(0, \sigma_{\mu}^2)$ 。根据模型中参数的假设不同,面板数据模型分为固定系数、变截距、变斜率及变系数四种类型<sup>[20]</sup>。

表 2 浙江省 2006—2013 年高技术产业创新效率评价结果

行业	评价指标	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
医药制造业	总体评价	0.1958	0.2058	0.1549	0.1722	0.1631	0.1818	0.2257	0.1775
	科技转化效率	0.2482	0.2396	0.1788	0.2445	0.1925	0.2434	0.3017	0.2425
	科技创新效率	0.1434	0.1720	0.1311	0.1000	0.1337	0.1201	0.1497	0.1126
电子及通信设备制造业	总体评价	0.2421	0.2716	0.3013	0.2445	0.2758	0.2731	0.2953	0.2605
	科技转化效率	0.2466	0.2692	0.2885	0.2375	0.2824	0.2504	0.2993	0.2585
	科技创新效率	0.2375	0.2739	0.3140	0.2516	0.2692	0.2958	0.2912	0.2625
电子及办公用品制造业	总体评价	0.2153	0.2123	0.2446	0.2716	0.2826	0.2542	0.1746	0.2890
	科技转化效率	0.2175	0.2364	0.3026	0.2549	0.3019	0.2461	0.1627	0.2917
	科技创新效率	0.2131	0.1883	0.1865	0.2883	0.2634	0.2623	0.1865	0.2863

三、高技术产业创新效率评价与异质性分析

(一) 指标说明和数据来源

1. 指标选取

顾群<sup>[10]</sup>认为创新效率是在要素投入相等的情况下,反映实际产出与最大产出差距的一个重要指标,因此衡量产业创新效率的关键在于投入指标和产出指标的选择上。常见的投入产出指标一般可以从人力、物力和财力上概括,本文参考郑坚等<sup>[21]</sup>关于高技术产业创新效率的指标评价体系,同时由于本文所用方法的特点,在产出指标设置上突出经济效益和技术水平,以各产业在科技转化效率和科技创新效率的综合得分衡量一个产业的创新效率(见表 1)。其中投入类指标相对越低、产出指标相对越高则创新效率相对越高。

表 1 高技术产业创新效率指标评价体系

指标	一级指标	二级指标
创新投入	人力	R&D 活动折合全时当量
	物力	R&D 仪器与设备支出
	财力	R&D 活动内部经费支出
创新产出	科技转化效率	新产品销售收入
	科技创新效率	专利申请数

2. 数据来源

本文关于浙江省高技术产业创新效率评价所选指标的数据均来自于 2007—2014 年《浙江省科技统计年鉴》。

(二) 浙江省高技术产业创新效率的总体评价

为了得到客观的判断矩阵,将各个待评价产业(DMU)进行两两对比,计算各自有效性值,得到相应的判断矩阵。然后计算出判断矩阵的最大特征值及其对应的特征向量,一致性指标均通过了一致性检验,得到 AHP 综合排序的产业评价结果,如表 2 所示。

续表 2

行业	评价指标	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	总体评价	0.3468	0.3103	0.2992	0.3117	0.2785	0.2900	0.3044	0.2730
医疗设备制造业	科技转化效率	0.2877	0.2548	0.2301	0.2631	0.2232	0.2601	0.2362	0.2073
	科技创新效率	0.4060	0.3657	0.2300	0.3600	0.3337	0.3218	0.3725	0.3386

各产业总的创新效率以及其在两个评价指标方面的具体的变化波动趋势图如图 1—图 3 所示。

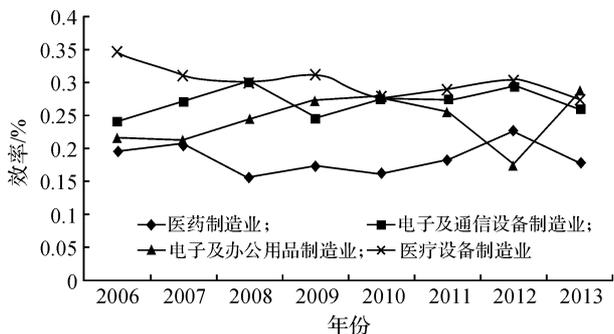


图 1 浙江省 2006—2013 年高技术产业创新效率总体评价

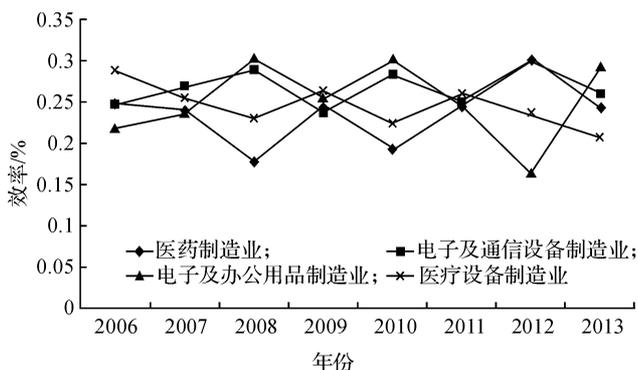


图 2 浙江省 2006—2013 年高技术产业科技转化效率变化

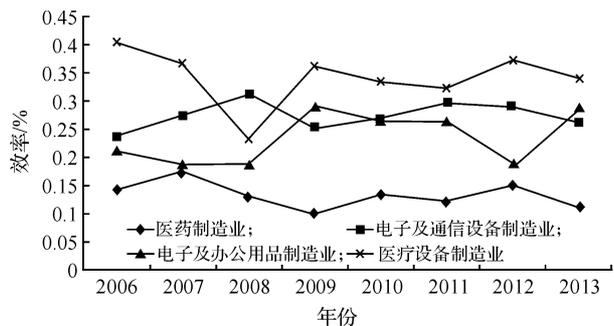


图 3 浙江省 2006—2013 年高技术产业科技创新效率变化趋势

对图 1 进行分析,可以得出浙江省四大高技术产业的创新效率具有以下几点特征:

1. 四大高技术产业的创新效率均出现不同程度的波动,行业创新效率异质性明显

四大行业创新效率的波动趋势各不一样,但总体上都较为稳定,医药制造业创新效率不高,电子及通信设备制造业与电子计算机及办公设备制造业的创新效率变化比较一致。除办公设备制造业外的三

大行业在 2008 年金融危机发生前后均出现不同程度下滑,随后企稳回升,一方面可能由于三大行业受外部经济环境影响较大,另一方面也可能由于企业技术引进和改造经费的下降导致行业“高投入、高收益”的特征并未完全显现;而电子计算机及办公设备制造业的创新效率虽然在 2012 年出现下降,但整体保持增长的态势,产业创新效率发展也较为稳定。

2. 个别行业创新效率波动较大,行业间创新效率差距逐步缩小

从各行业自身的变动来看,电子及通信设备制造业创新效率在 2009 年出现下跌,而后企稳回升;电子计算机及办公设备制造业长期势头良好,然而在 2011 年开始下跌,并在 2012 年达到最低点,而后出现反弹;医疗仪器设备及仪器仪表制造业创新效率一直处于较高位置,高于其他三个产业,但差距在逐渐缩小。这种情况一方面与 DEA 方法计算行业之间的相对效率有关,即各行业创新效率的变化既与自身的发展状况有关,也与其他产业的发展状况有关,另一方面表明在限制了投入指标之后,办公设备制造业的创新效率反而较为突出;同时其他的三大高技术产业创新效率差距的缩小也反映了浙江省近年来在通讯设备、生物医药方面的快速发展。

### (三)浙江省高技术产业创新效率分行业评价

在对四大高技术产业创新效率进行评价比较之后,为了解各产业的具体评价状况,需要进一步分析各产业在每一个评价指标方面的评价结果,以此明确发展的状况和未来改进的方向。高技术的转化与产业化是高技术产业实现经济效益的关键所在,本文采用新产品销售收入代表高技术产业的科技转化效率。专利申请是科技创新的重要标志,代表企业的科研水平,本文采用专利申请来代表高技术产业科技创新效率。评价结果见图 2—图 3。从各行业的变动趋势来看,呈现以下几点特征:

1. 行业的科技转化效率波动较大,相关行业波动趋势相近

该特征可能与行业的规模、国内和国际市场状况以及人才层次等有关。从评价结果具体来看,电子及通信设备制造业与电子计算机及办公设备制造业的变化趋势较为一致,但电子及通信设备制造业

相对于电子计算机及办公设备制造业而言,其波动幅度相对较为平稳;同时,医药制造业的科技转化效率呈现提升趋势,医疗仪器设备制造业则出现下降趋势,但二者的波动趋势较为一致,表明相关行业之间具有相关性,未来的发展需要更好地整合相关资源,加强行业间交流、形成发展合力。

#### 2. 产业科技转化效率波动与外部环境密切相关

浙江省高技术产业科技转化效率的波动表明新产品的开发离不开市场的需求,由于高技术企业开发和生产新产品缺少相对成熟的市场需求,这从客观上要求高技术企业必须依靠自身的力量刺激产生市场需求。而为了创造良好的市场需求,高技术企业应当加强其技术转化能力,使新技术的开发适应市场需要,使用了新技术的新产品能够得到市场需求的认可,提高科技转化效率,从而为下一阶段的市场创新活动打下良好的基础。

#### 3. 产业科技创新效率差异明显,医疗设备制造业科技创新效率波动较大

比较四大行业在不同年份的科技创新效率差异可以发现,各年四大行业科技创新效率都存在较大差距。相比于其他产业较为一致的波动趋势,医疗设备制造业的新产品开发强度在2007—2008年出现较为明显的下降,而后趋于平稳,其原因可能与金融危机有关,也可能是由于浙江省医疗设备制造业产值虽不断提高,但整体还处于国际高技术产业链的低端,产业创新能力偏低,亟需通过创新驱动提升产业分工地位。

#### 4. 医药制造业创新效率长期低位徘徊

医药制造业的科研能力一直处于较低位置,虽然医药制造业的科技创新活动投入在逐年增加,同时2013年专利申请数已接近2006年的四倍,然而相比于其他行业,其科技创新效率依然偏低;由于在创新活动中,主要以人为创新主体,因此企业间科技研发人员的流动可能会造成隐形的知识产权流失或转移,使得有些企业创新积极性不高,影响产业的科技创新效率。

### 四、浙江省高技术产业行业异质性影响因素研究

#### (一)模型构建

在得出行业异质性的事实并对四大产业的创新效率值进行比较排序后,为更好地了解浙江省高技术产业的发展状况,有必要对浙江省高技术产业的行业异质性的影响因素进行研究。由于行业异质性的存在反映了现实经济中各产业不同的经济背景和发展状况,为了测度不同因素对不同截面个体形成

的差异化影响,采用面板数据变系数模型来进行研究<sup>[22]</sup>。具体的模型形式如下:

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_i x_{it} + \mu_{it}$$

其中: $y_{it}$ 为第*i*年的*t*行业的创新效率, $x_{it}$ 为浙江省四大高技术行业的影响因素, $\alpha_i$ 为影响系数。

#### (二)影响因素变量的选取

本文在讨论影响创新效率的因素时主要从外部环境、企业力量、政策导向以及人才队伍入手,主要参考指标为产业外向度、企业规模、科技人才、市场结构、政府资金比例和企业资金比例。其中,产业外向度和市场结构用于反映各产业面临的国内和国际市场环境,一般认为浙江省高技术产业以出口为主,同时竞争或者垄断的市场结构对经济的效率具有很强影响,如在“熊彼特假设”中,垄断的市场结构对于创新效率具有促进作用,而有的学者认为竞争的市场结构可以更好地激发企业的创新热情,因此本文以出口占比和市场集中度作为产业外向度和市场结构的衡量指标,其中市场集中度的计算采用各行业大型企业产值除以各行业总产值而得,出口占比则采用出口值除以各行业总产值;白俊红<sup>[23]</sup>认为企业规模与企业的实力有直接关系,企业规模大则其创新效率也相应较高,规模相对较小的企业则可能采取跟随战略,较少的在创新上进行投入,因此本文以各产业平均从业人员数作为企业规模的衡量指标;在资金来源方面,由于企业是创新活动的主体,因此本文以企业资金占该行业总资金的比例为衡量指标反映其对各行业的影响。本文关于影响因素回归分析的数据均来自2007—2014年《浙江省科技统计年鉴》。

#### (三)结构分析

为了避免回归可能产生的“伪回归”问题,在回归估计之前对各变量进行单位根检验和协整检验,同时利用Hausman检验来判断模型选择固定效应还是随机效应变系数模型<sup>[22]</sup>,检验结果如表3—表5所示。

从LLC、IPS、ADF和PP检验的结果来看,各变量水平值在0.01的显著性水平下全部通过检验,拒绝了存在单位根的原假设,即为平稳序列。从协整检验结果来看,共有5个统计量在0.1的显著性水平下,拒绝了各变量不存在协整关系的原假设,各变量之间存在长期的协整关系。

在进行固定效应和随机效应选择时,Hausman检验的结果显示模型采用固定效应变系数模型更为合适,同时采用广义最小二乘GLS(Cross-section weights)法进行回归,以消除不同截面间的异方差。固定效应变系数模型的回归结果见表6所示。

表 3 各变量的单位根检验

变量	LLC	IPS	Fisher-ADF	Fisher-PP
创新效率	-7.52551 (0.0000)	-3.9889 (0.0000)	35.9369 (0.0001)	48.5733 (0.0000)
产业外向度	-7.6843 (0.0000)	-2.5741 (0.0050)	23.7077 (0.0026)	32.6185 (0.0001)
企业规模	-5.7355 (0.0000)	-3.0965 (0.0010)	26.7693 (0.0008)	43.0511 (0.0000)
科技人才	-6.6832 (0.0000)	-2.4712 (0.0067)	23.0507 (0.0033)	38.3598 (0.0000)
市场结构	-7.6868 (0.0000)	-3.1182 (0.0009)	27.0693 (0.0007)	31.8913 (0.0001)
资源资金比例	-18.7314 (0.0000)	-7.2039 (0.0000)	36.1113 (0.0000)	35.0246 (0.0000)

表 4 各变量协整检验

检验方法	检验结果
Panel v	-1.5767 (0.9884)
Panel rho	2.2877 (0.9889)
Panel PP	-8.9501 (0.0000)
Pedroni Panel ADF	-3.3555 (0.0003)
Group rho	3.0533 (0.9989)
Group PP	-7.3199 (0.0000)
Group ADF	-2.1883 (0.0143)
Kao Kao ADF	-2.9711 (0.0015)

表 5 Hausman 检验结果

检验方法	检验结果
Hausman test	10.84
P-value	0.0547

从模型的拟合程度来看,模型调整后的可决系数达到 0.978,模型拟合较好。从具体的回归结果来看,各因素大都通过了显著性检验,且各因素对不同产业的影响不同,一方面表现为是正面还是负面影响,另一方面表现为具体的影响程度。

产业外向度除了对医疗设备制造业具有不显著的影响外,对其他三大产业都表现出正的影响,表明浙江省高技术产业对出口具有较大的依赖,外部市场环境对高技术产业的发展具有较大影响。就其对各行业的影响状况来看,医疗设备影响为负但统计结果不显著,出口对电子及通信设备制造业的影响最大,出口贸易对于市场规模的扩大具有较大影响,从而提高企业的投资回报率。

表 6 模型估计结果

解释变量	行业			
	医药制造	通信设备	办公设备	医疗设备
产业外向度( <i>lnck</i> )	0.3057** (0.0968)	1.0995*** (0.1119)	0.3105*** (0.0853)	-0.4193 (0.2362)
企业规模( <i>lngm</i> )	-1.1745*** (0.2199)	-2.5826*** (0.2189)	-0.1393 (0.0843)	-3.7713*** (0.6039)
科技人才( <i>lnry</i> )	-0.1995** (0.0702)	0.2179 (0.2049)	0.3559*** (0.0453)	0.29*** (0.051)
市场结构( <i>lnsc</i> )	-0.0389 (0.1031)	0.7647*** (0.1869)	-0.0542** (0.0246)	2.278*** (0.4619)
企业资金( <i>lnqy</i> )	0.0589** (0.0176)	0.1782 (0.8479)	-1.8716*** (1.0481)	-2.1401 (1.2751)
常数项( <i>C</i> )	2.4637***	6.1033***	-0.2397***	8.9915***
$R^2$	0.994		A. $R^2$	0.978
$F$	59.71		D. $W.$	2.68

注: \* 表示在 10% 水平下显著, \*\* 表示在 5% 水平下显著, \*\*\* 表示在 1% 水平下显著。括号内数据为标准差。

一般而言企业规模越大意味着企业拥有更多的资金和技术<sup>[24]</sup>,对创新活动将会形成较大促进作用。胡义东等<sup>[25]</sup>通过对江苏省高新技术企业的实证研究表明,二者呈正相关关系;周黎安等<sup>[26]</sup>采用我国1985—1997年省级水平的面板数据研究,发现企业规模对技术创新有显著的正向作用。然而,本文的结果显示企业规模对浙江省四大高技术产业的创新效率影响全部为负,其中对电子计算机及办公设备制造业的影响不显著。由于浙江省高技术产业主要还处于国际高技术产业链的低端,从事劳动密集程度相对较高,技术密集程度相对较低的加工装配环节,产业综合素质偏低;加之本文采用企业平均从业人员数表示企业的规模。因而,现阶段浙江省高技术产业中医药制造业、通信设备制造业和办公设备制造业的人员规模对创新产出的贡献有限。

人才对科技创新的贡献毋庸置疑,根据内生增长理论,投入到研究开发中的人力资本越多,研究开发部门的劳动生产率增长越快,产出水平也就越高。从回归系数来看,科技人才数对医药制造业的创新效率影响为负,其原因可能在于这一产业的科技人才多集中与研究开发部门和中间产品部门,使得人才队伍的结构不合理,最终降低了投入产出的效率。

市场结构变量可以说明国内产业发展现状对浙江省高技术产业的影响。从结果来看,其对医药制造业的影响不显著,从其他产业来看,通信设备制造业和医疗设备制造业的市场结构与创新效率成正比,办公设备制造业的市场结构则与创新效率成反比。这说明通信设备制造业和医疗设备制造业应当在保证有效竞争的前提下适当地提高市场集中度,以此培育具有较强实力的龙头骨干企业;而办公设备制造业则应当降低进入和退出壁垒,保证实力相对较小的企业参与到市场中来,提高行业的创新效率。

而从资金来源来看,企业资金比例对通信设备制造业的创新效率影响显著为正。从现实情况来看,通信设备制造业是浙江省规模最大的高技术产业,企业自身实力较大,因此企业自身科技研发投入对创新效率影响较大,相对而言,政府资金对创新效率的影响则较小。

## 五、结论与启示

本文通过两阶段DEA-AHP方法对浙江省四大高技术产业的创新效率进行评价,该方法克服了评价模型中的主观因素,求出相对效率值后进行全

排序,发现在限定人力、物力和财力的条件下每年浙江省电子计算机及办公设备制造业的创新效率最高,其次是医疗设备制造业,医药制造业和电子及通信设备制造业在2008—2013年相差不大,但在2013年电子及通信设备制造业出现较大下滑。从各评价指标来看,各行业在创新投入产出和新产品开发上的评价结果和总的创新效率评价基本一致,表明创新是高技术产业主要特征,且较多的体现在新产品的开发上;而技术消化吸收能力对于规模较大的产业的创新效率有着相对较大的贡献。从变系数模型的回归结果来看,各因素对不同行业的影响明显不同。从各行业来看,科技人才、市场结构和政府支持对于医药制造业创新效率具有促进作用;企业规模和企业资金对于通信设备制造业创新效率具有正向作用;市场结构和政府支持对于办公设备制造业创新效率具有促进作用;科技人才和政府支持对于医疗设备制造业创新效率具有促进作用。

综合本文的结论和现实经济运行,针对如何提高浙江省高技术产业创新效率,提出以下几点启示:

### (一)进一步加大高技术产业投入,实现产业重点突破与全面发展

科技创新具有其自身特点,可能会出现前期投入无效率而一旦技术、人才、资金、市场达到一定程度后,则可能迅速发展的“门槛效应”,因此应当进一步加大高技术产业投入。但是这其中应当明确各方面职责,一方面以企业为主体,靠市场和企业自身的力量调整产业间的科技投入和新产品开发投入,体现其“划桨者”的身份;另一方面需要政府在基础设施、产业扶持、市场演进、金融改革等方面加强政策保障,降低企业交易成本的同时改善自身治理结构,明确政府“掌舵人”的角色。在现阶段大力实现新型工业化和信息化的大背景下,要抓住机遇,浙江省政府应根据行业创新效率影响因素的不同特点,制定适宜的扶持战略,实现重点突破与全面发展相结合。针对电子及通信设备制造业应加强出口引导;加强医疗设备制造业中龙头骨干企业的培养,适当提高市场集中度;办公设备制造业则应当降低进入和退出壁垒,保证实力相对较小的企业参与到市场中来,提高行业的创新效率;加大医药制造业的政府研发投入。

### (二)积极引进各类人才,提升产业发展的技术基础

高技术产业的发展离不开创新,其中包括科技人才在内的各类人才是实现创新的关键。目前,人

才对于浙江省高技术产业创新效率的提升作用并不显著,因此实现产业创新驱动必须强调人才的重要性,明确高技术企业的创新主体地位,加强企业内人才结构调整,根据自身情况调整基础研究、应用研究人才比例。同时要注意的是,创新是无止境的,必须强调人才的知识储备和学习能力,加强技术引进、吸收以及改造的后续开发,逐步形成以人才为核心、资金和设备为保障、以市场为导向的稳健的产业科技研发和技术创新体系。

### (三)加强产学研相结合,提高技术创新孵化能力

技术创新的孵化能力是影响创新效率和创新投入产出的一个重要影响因素。技术的创新和开发应当以市场为导向,一方面加强高校、科研机构与高技术企业之间关于人才培养的衔接;另一方面根据市场的现时需要和未来前景以及企业自身的基础条件,将高校、科研机构及自身的科技研究成果产业化。同时通过构建高校、科研机构与企业合作的平台,以自由发布、双向选择、招投标等方式将有实力的人才、有前景的技术、有能力的企业引入到科技研发和技术孵化中来,实现产学研有机结合,提高产业的创新效率。

### 参考文献:

- [1] 蒋泰维. 2012年浙江省高新技术产业发展报告[J]. 今日科技, 2012(3): 8-11.
- [2] Tseng F M, Chiu Y J, Chen J S. Measuring business performance in the high-tech manufacturing industry: a case study of Taiwan large-sized panel companies [J]. Omega, 2007(8): 21-23.
- [3] Cruz-Cázares C, Bayona-Sáez C, García-Marco T. You can't manage right what you can't measure well: technological innovation efficiency [J]. Research Policy, 2013, 6/7(42): 1239-1250.
- [4] 李晓钟, 张小蒂. 江浙区域技术创新效率比较分析[J]. 中国工业经济, 2005(7): 57-64.
- [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] 余泳泽. 我国高技术产业技术创新效率及其影响因素研究: 基于价值链视角下的两阶段分析[J]. 经济科学, 2009(4): 62-74.
- [7] 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.
- [8] 朱晓莉. 我国高技术产业区域创新绩效差异研究: 以苏浙沪皖为例[D]. 合肥: 安徽大学, 2011.
- [9] 任 瑞. 我国高技术产业技术创新效率研究[D]. 太原: 中北大学, 2012.
- [10] 顾 群. 高技术产业创新效率及其影响因素研究: 基于省级面板数据[J]. 山东财政学院学报, 2013(4): 76-87.
- [11] 王 珊. 浙江省高技术产业技术创新能力研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2010.
- [12] 袁 勇. 浙江省高新技术企业技术创新效率与影响因素研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2012.
- [13] 魏世红. 中国高技术产业技术效率研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2008.
- [14] 叶 娇. 外资企业研发绩效的随机前沿分析[J]. 财经问题研究, 2009(3): 110-115.
- [15] 成立为, 孙 玮, 王九云. 引资动机、外资特征与我国高技术产业自主创新效率[J]. 中国软科学, 2010(7): 45-57.
- [16] 胡 颖, 叶羽钢. 我国保险公司效率影响因素的实证研究[J]. 暨南学报(哲学社会科学版), 2008(4) 28-34.
- [17] See K F, Coelli T. An analysis of factors that influence the technical efficiency of Malaysian thermal power plants [J]. Energy Economics, 2012, 34(3): 677-685.
- [18] 李龙筠, 刘晓川. 资产结构、地区经济与企业创新能力: 来自中国创业板市场的证据[J]. 中央财经大学学报, 2011(5): 45-49.
- [19] 王鉴雪, 宁云才. 基于 DEA/AHP 的煤炭资源消费效率评价[J]. 资源与产业, 2011, 13(3): 66-71.
- [20] 李子奈, 叶阿忠. 高等计量经济学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [21] 郑 坚, 丁云龙. 高技术产业技术创新效率评价指标体系的构建[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2007, 9(6): 105-108.
- [22] 傅晓霞, 吴利学. 中国能源效率及其决定机制的变化: 基于变系数模型的影响因素分析[J]. 管理世界, 2010(9): 45-54.
- [23] 白俊红. 企业规模、市场结构与创新效率: 来自高技术产业的经验证据[J]. 中国经济问题, 2011(5): 65-78.
- [24] 姚 洋, 章 奇. 中国工业企业科技创新效率分析[J]. 经济研究, 2001(10): 13-19.
- [25] 胡义东, 仲伟俊. 高新技术企业技术创新绩效影响因素的实证研究[J]. 中国科技论坛, 2011(4): 80-85.
- [26] 周黎安, 罗 凯. 企业规模与创新: 来自中国省级水平的经验证据[J]. 经济学, 2005, 4(3): 623-638.

# Study on Innovation Efficiency Evaluation of High-Tech Industry in Zhejiang Province and Influence Factors Based on DEA/AHP Approach

ZHI Rui-zhi<sup>1</sup>, LIN Yong-ran<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Institute of Finance and Economics Research, Shanghai University of Finance and Economics, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** In this paper, a DEA/AHP approach is used to evaluate innovation efficiency of four high-tech industries in Zhejiang Province and its industry heterogeneity from 2006 to 2013. And then, VCM is employed to study the impact of each factor on each industry. Finally, based on the above conclusions, some policy suggestions are put forward. The research finds that: on the whole, the overall innovation efficiency of high-tech industry in Zhejiang Province is inefficient; there are obvious differences of innovation efficiency in high-tech industries; the effects of various influence factors, including export-oriented degree of industries, size of enterprises, number of scientific and technological talents, market structure and business capital, on the high-tech innovation of different sectors are different; some policy suggestions, such as increasing human capital and efficiency based on characteristics of each industry to improve the incubating ability of technological innovation should be adopted.

**Key words:** high-tech industry; innovation efficiency; industry heterogeneity; DEA/AHP; Zhejiang China

(责任编辑: 陈和榜)