文章编号:2095-0365(2021)01-0022-06

福建省科技创新效率研究

——基于DEA方法的实证分析

张慧珍

(福建师范大学 经济学院,福建 福州 350108)

摘 要:创新是经济社会发展的主要力量和重要源泉,研究创新效率问题对于推动创新发展具有重要意义。本文选取了2007—2018年福建省创新投入、产出的相关数据,通过DEA-BBC模型对福建省的创新效率进行分析。实证结果表明:总体来说,福建省的科技创新效率处于较高水平,且纯技术效率对总体的创新效率影响较大。同时通过分析可知,福建省各个年份间存在一定程度的投入冗余或产出不足。最后,对提升福建省的科技创新效率提出相关对策和建议。

关键词:福建省;创新效率;DEA分析法

中图分类号:G322.7 文献标识码:A DOI:10.13319/j.cnki.sjztddxxbskb.2021.01.04

一、引言

在新一轮科技革命的推动下,知识和科技创新成为各国综合国力竞争的重要部分,也是推动一国经济发展的主要动力。习近平总书记在党的十九大报告中强调,创新是引领发展的第一动力,要加快建设创新型国家。这充分说明了科技创新对于一个国家或地区的经济发展有着重要的驱动作用,其也能够在一定程度上反映出该地区科技资源的配置和运营能力。此外,内生经济增长理论也认为技术进步可以为经济增长提供长期持续的动力,是促进经济增长的动力源泉。科技创新效率指的是企业将创新投入转化为相应创新产出的程度,它的高低直接反映出该地区科技创新体系的运行质量。因此,科学合理地对科技创新效率进行测评有助于提高该地区的科技创新能力和区域经济发展质量,从而推动产业结构的转型升级。习近平总书记曾明确提出要释放全社会创新、创业、创造动能,向改革要动力,为创新增活力。习近平总书记指出,到2020年,我国平均全社会的研发投入占GDP比重将提高到2.5%,同时经济增长的科技进步贡献率需要提升至60%以上。福建省位于我国东南沿海,作为海西经济区建设的重要省份,是推进创新驱动战略发展实施的重要腹地,为此,福建省正积极推动产业结构转型升级,实现由投资拉动型向创新发展型省份转变。

在政策引导下,福建省各地积极投入科技创新资源,一方面,福建省R&D经费内部支出占国内生产总值的比重呈现出稳步上升的趋势。2007年该部分支出仅占0.9%,到2018年占比达到1.8%,短短十几年间占比增长了一倍,可以看出福建省的科技投入力度不断加大,对于科技创新活动的支持力度和重视程度不断加深;另一方面,来源于政府的R&D经费内部支出资金从2007年的7.61亿元上升到2018年的68.52亿元,十几年来政府给予的研究经费不断增加,充分说明了政府对于企业创新活动的支持,为企业开展创新活动营造了一种良好的外部环境。这些数

收稿日期:2020-07-06
作者简介:张慧珍(1995-),女,硕士研究生,研究方向:财务会计。
本文信息:张慧珍.福建省科技创新效率研究——基于DEA方法的实证分析[J].石家庄铁道大学学报(社会科学版),2021,15(1):22-27.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

据都有力地说明了福建省在科技创新方面的可喜变化和巨大成就,但相较于东部沿海地区的其他省份,R&D 经费支出、高新技术企业、发明专利授予权等数据仍然偏低,创新能力较弱,创新资源利用效率不足,在创新投入产出之间仍然存在着不平衡,创新效率有待于进一步的提升。

二、文献综述

创新是推动经济发展的源泉动力。科技创新就是将新设想实现市场化应用的过程,是科技与经济的有机结合,而创新效率表示的是科技活动投入产出的转化效率,反映了资源的利用程度。目前,国内外学者针对创新效率问题进行了大量的研究,从创新效率的研究层次划分来看,主要有以下 3 个方面:第一,区域创新效率研究。"区域创新效率"这一概念最早由 Erkki Kaukomen[1]提出,该学者认为区域创新效率主要是通过研发及经济适应性来体现;虞晓芬等[2]运用数据包络的分析方法,对 1999—2002 年我国 30 个省份的技术创新效率进行分析,研究结果表明了我国的区域技术创新效率呈现由东到西逐渐下降的趋势;潘雄锋等[3]采用随机前沿生产函数模型研究了 1996—2006 年中国工业企业的技术创新效率,结果发现各区域间的效率差距在不断缩小;赵清军和周毕芬[4]运用主成分分析法并结合 DEA 模型,对 2014 年我国的区域创新效率进行实证分析,结果显示我国区域创新效率从东北地区、中东部地区到西部地区逐渐降低。第二,产业创新效率研究。赵树宽等[5]采用 DEA 方法,在对吉林省高技术企业创新活动效率进行研究的过程中发现,吉林省高技术企业的创新效率整体偏低,而规模效率是导致这一结果的主要原因;曹容宁[6]则利用 DEA 拓展模型探究了各地区高新产业的技术效率和规模效率,发现 2015—2017 年部分地区高新产业的纯技术效率较高,技术创新显现出了一定效果。第三,企业创新效率研究。夏冬[7]从企业所有权结构的角度出发,研究了其对于企业创新效率的影响,结果发现增加经营者的企业所有权或减少政府的企业所有权、市场竞争能够提高企业创新效率,而企业规模扩大则不利于企业创新效率的提高;在研究企业性质与创新效率时,俞立平[8]通过研究发现各类企业创新效率相差不大,各类企业纯技术效率水平较高,但国有企业和国有独资企业创新投入存在较大冗余;在研究政府投入、市场化程度和中国工业企业技术创新效率的过程中,冯宗宪等[9]运用两阶段半参数 DEA 方法进行实证分析,结果发现政府投入与创新效率之间具有不显著的负相关关系,而市场化程度对企业的创新效率具有显著的正向影响。

福建省位于我国东南沿海地区,是海西经济区建设的重要组成部分,对于推动实施创新驱动发展战略、建设创新型国家具有重要意义。关于福建省创新效率这一问题,众多的学者采用了不同的方法对其进行了研究:吴晓园[10]通过测定福建省 9 个地市关于人力资本投入的技术创新 Malmquist 生产率,研究发现加快人力资本投入、调整人力资本结构有助于提高福建省技术创新的效率;许培源和张华[11]基于创新效率的视角,采用贝叶斯模型平均方法将影响福建省技术创新能力的因素按照重要性进行分类与排序,证实了国际贸易和投资对于企业的技术创新具有显著的促进作用;魏国江[12]运用 DEA 方法及面板模型对福建省高新产业创新效率进行实证分析,结果发现福建省的创新效率在全国范围内处于中下水平,低于沿海其他省份,同时还存在着创新投入不足的情况;张璇和王珍珍[13]基于 SFE 框架,从区域创新体系的结构、功能和效率三个方面构建评价指标体系,运用全局熵值法对东部沿海六省(市)的区域创新进行实证研究,指出福建省应从优化区域创新体系结构、加强特色区域创新高地建设等几个方面入手,提高区域创新水平;李晓青[14]运用数据包络分析方法,通过研究福建省 9 个地级市 2011—2016 年的创新投入产出数据,发现福建省各地的创新效率不平衡,地区差异较大,且纯技术效率的提升能够显著提升福建省的科技创新效率。

对于创新效率问题,有大量的学者进行了相关研究。从研究层面来看,从区域创新效率到产业创新效率,再到企业创新效率,研究视角逐渐细化;而在创新效率的研究方法上,大多数学者采用不同的 DEA 模型对该问题进行研究。在福建省创新效率问题研究上,更多的侧重于比较省内各个地区之间创新效率的差异、影响创新效率的因素等问题的研究,研究方法也更为多样。本文采取研究效率问题常用的 DEA 方法,对福建省的创新效率的整体趋势和变化情况进行分析,提升福建省的创新效率,加快创新型省份的建设。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

三、研究设计

(一)研究方法

数据包络分析法(DEA,Date Envelopment Analysis)是由美国著名运筹学家A. Charnel和W. W. Cooper在1978年提出的。该方法以相对效率概念为基础,以凸分析和线形规划为工具,能够充分考虑对于决策单元本身最优的投入产出方案。作为一种非参数方法,在对社会经济系统多投入和多产出相对有效性评价上独具优势,能够根据每个决策单元的实际数据求出最优权重,而不需要任何的权重假设,具有较强的客观性,被广泛运用于各种情况下的效率问题研究。

DEA方法中包含了多种模型,每一种模型的优势及其适用性均有所差异。CCR和BBC是其中的经典模型。CCR模型是假设所有的决策单元都处于最优规模的状态,在此基础上测算规模不变的情况下各个决策单元的效率问题。BCC模型则是分析规模收益可变条件下决策单元的效率问题,将整体综合技术效率值分解为纯技术效率和规模效益,三者之间存在如下关系:综合效率=纯技术效率×规模效率。在这种模式下,可以进一步分析非DEA有效是由于投入产出配置不当还是由于决策单元规模不适度导致的。

假设有n个决策单元(DMU),对于任意的一个$DMU_j(j=1,2,\cdots,n)$而言,使用m个投入量$x_{ij}(i=1,2,\cdots,m)$,生产出s个产出量$y_{rj}(r=1,2,\cdots,s)$,DEA-BBC模型可以表示为

$$\min\theta=\left[\theta_0-\varepsilon\left(\sum_{r=1}^{s}s_r^{+}+s_i^{-}\right)\right]$$

$$\text{s.t.}\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}+s_i^{-}=\theta_0 x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j y_{rj}-s_r^{+}=y_{r0}$$

$$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1$$

$$\lambda_j\geqslant 0,s_r^{+}\geqslant 0,s_i^{-}\geqslant 0,$$

$$i=1,2,\cdots,m;\quad r=1,2,\cdots,s;\quad j=1,2,\cdots,n。$$

式中,ε为非阿基米德无穷小量;θ表示DMU的相对效率值;θ_0为各个DMU中投入指标中最易减少的比例;j为权重系数;s^{+}表示产出不足值批;s^{-}表示投入冗余值。当$\theta=1$,且$s_i^{+}=s_i^{-}=0$时,该决策单元为强有效决策单元;当$\theta=1$,而s_i^{+}、$s_i^{-}\neq 0$时,该决策单元为弱有效的决策单元,可能存在投入冗余;当$\theta<1$,则该决策单元是无效的,应该减少投入,提高效率。如果是规模不适度,那么企业可以根据$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j$的值来改善经营规模:当$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j>1$时,企业可以缩减生产规模;当$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j<1$时,企业可以扩大生产规模;当$\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1$时,规模效益不变,企业不需要改变生产规模。

(二)数据来源与指标选取

一般来说,DMU的数量不应少于投入和产出指标数量之和的两倍,否则DEA会失去对DMU效率的区分能力。根据本文研究目的,同时考虑到数据可获得性,选取福建省2007—2018年连续12个年份作为决策单元(DMU),分别选取两个投入指标和两个产出指标对福建省的创新效率进行测量,相关指标数据的获取均来自《福建省统计年鉴》。具体指标的选取见表1,指标选取理由如下:

投入指标:①研究与试验发展人员折合全时当量。企业进行研发活动的人员数是衡量企业创新投入规模的重要指标之一。我国高新技术企业的认定标准中将科研人员占比作为重要指标之一,例如,在高新技术企业资格认定中规定,企业大专以上学历的科技人员占企业职工总数的比例应大于等于30%,研发人员与企业职工总数的比例要大于等于10%。因此,选取研究与试验发展人员折合全时当量这一指标作为创新投入变量。②研究与试验发展经费内部支出。企业的R&D活动主要依托研发经费,研发经费的投入是企业进行创新活动、获得创新产出的基本前提。因此,选取研究与试验发展经费内部支出来作为创新投入的衡量指标,分析企业研发创新活动的具体效率情况。

产出指标:①专利申请数。企业的专利申请数直接反映一个公司的研发成果,因此选取专利申请数作为衡量企业创新效率的产出指标。②技术市场成交额。企业作为以盈利为目的的主体,其进行创新研发的目的最终在于创造更多利润,因此研发创新成果不仅仅体现在专利成果上,还应体现在企业的经济收入上。技术市场成交额这一变量在一定程度上反映了该地区科技创新成果的产出水平,因此选取技术市场成交额作为衡量

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

企业创新产出的指标。

表 1　DEA 创新效率的投入指标和产出指标

指标类型	指标代码	指标	松弛变量
投入指标	X_1	研究与试验发展人员折合全时当量(人年)	S_1^-
	X_2	研究与试验发展经费内部支出(亿元)	S_2^-
产出指标	Y_1	专利申请数(件)	S_1^+
	Y_2	技术市场成交额(万元)	S_2^+

四、实证分析

(一)DEA 创新投入产出效率分析

利用 DEA-SOLVER. Pro5 软件,基于投入导向型的 DEA-BBC 模型分析了福建省 2007—2018 年 12 年间创新投入指标和产出指标数据,分别计算出各年份的综合技术效率值、纯技术效率值和规模效率值,具体情况如表 2 所示。

从表 2 中的评价结果可以看出:福建省的创新效率总体处于较高水平。2007—2018 年福建省创新绩效的技术效率平均值为 0.824,达到 DEA 有效的 3 个年份,分别是 2012 年、2016 年和 2018 年。DEA 无效的年份中,技术效率的最小值为 2014 年的 0.599 3,其余年份的技术效率均处于 0.7 以上,说明福建省的创新效率处于较高水平。另外,从表 2 中的数据可以看出,除了 DEA 有效的 3 个年份之外,其他年份均呈现出规模递增的规模效益。2007—2018 年中,有 9 个年份处于规模报酬递增状态,说明在这些时期福建省创新绩效的投入产出结构存在一定程度上的不合理。最后,纯技术效率对于创新效率的影响较大。从表 2 中的数据可以看出,规模效率的水平保持在一个稳步上升的状态,而各年间纯技术效率的波动较大,对于综合技术效率的影响较大。

表 2　福建省 2007—2018 年创新效率评价表

年份	CCR 模型	BCC 模型		规模报酬
		VRS(纯技术效率)	SC(规模效率)	
2007	0.773 6	1.000 0	0.773 6	irs
2008	0.708 6	0.884 4	0.801 3	irs
2009	0.729 8	0.894 9	0.815 5	irs
2010	0.821 6	0.927 9	0.885 4	irs
2011	0.893 5	0.930 3	0.960 4	irs
2012	1.000 0	1.000 0	1.000 0	—
2013	0.700 1	0.731 0	0.957 7	irs
2014	0.599 3	0.639 0	0.937 9	irs
2015	0.737 3	0.780 4	0.944 8	irs
2016	1.000 0	1.000 0	1.000 0	—
2017	0.923 8	0.930 2	0.993 2	irs
2018	1.000 0	1.000 0	1.000 0	—
均值	0.824 0	0.893 2	0.922 5	—

图 1 描述了 2007—2018 年福建省创新效率的变化趋势。从图 1 中可以看出,2007—2018 年间福建省的创新效率中的规模效率保持在一个较为平稳的波动范围,而综合技术效率和纯技术效率的波动范围较大,且二者的变化趋势基本保持一致。2014 年出现了一个明显的波动点,随后开始呈现出上升趋势,说明福建省通过人力、资本结构的调整,其创新效率也在不断的改善,不断推动创新战略的发展。

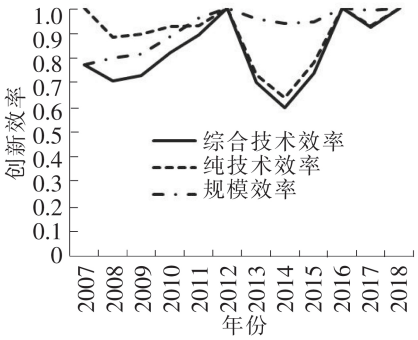

图 1　2007—2018 年福建省创新效率的变化趋势

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(二)DEA模型下创新投入产出松弛变量分析

根据DEA的“投影”理论,可以通过改善投入产出的松弛变量对非效率的决策单元进行改进和优化。福建省2007—2018各年关于创新投入产出的松弛变量见表3。由表3可以发现,2007—2018年连续12个年份中,共有8个年份的创新投入产出的松弛变量不等于0,这意味着投入和产出不相适应,可以通过减少或是增加投入产出来实现创新效率的优化。以2017年为例,$S_2^- = 58.048\ 2$,意味着在创新产出保持不变的前提下,要想实现最优的R&D(研究与试验发展)经费内部支出额,应减少58.048 2亿元的R&D经费内部支出额,同时,$S_2^+ = 7\ 186.626\ 6$,表示在创新投入不变的前提下,最优技术市场的成交金额可相应的增加7 186.626 6万元,创新研发具有较大的提升空间。此外,通过表格还可以发现,在2007年这一年份中,其纯技术效率值为1,且其投入产出的松弛变量皆为0,这说明导致福建省各年创新效率不佳的主要原因是规模不适,可以通过对产业规模的调整、产业结构的优化,进一步提升创新效率。

表3 福建省2007—2018年创新投入产出松弛变量取值表

年份	S_1^-	S_2^-	S_1^+	S_1^+
2007	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
2008	2 543.158 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0
2009	0.000 0	0.000 0	6 101.279 3	0.000 0
2010	0.000 0	0.000 0	6 283.607 8	0.000 0
2011	0.000 0	0.000 0	1 310.741 9	0.000 0
2012	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
2013	4 493.529 5	0.000 0	0.000 0	0.000 0
2014	5 999.908 8	0.000 0	0.000 0	9 207.145 1
2015	154.556 9	0.000 0	0.000 0	165 960.089 9
2016	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
2017	0.000 0	58.048 2	0.000 0	7 186.626 6
2018	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0

五、研究结论与政策建议

第一,从整体上看,虽然福建省的创新效率较高,但仍然还有较大的改善空间。在2007—2018年12个连续年份中,达到DEA无效的年份有9个,占比达到了75%,说明了经济活动无论是技术效率还是规模,都未达到最佳状态,改进和提升的潜力巨大。福建省作为我国海西经济区的重要省份,要想更好地促进创新驱动战略的实施,提高自主创新的能力和水平,必须加大研发投入力度,完善相关的创新激励政策,为创新成果产业化和创新产品市场化提供良好的创新环境。政府应发挥好其宏观导向的作用,一方面,出台相应的创新激励政策,为企业开展创新活动减少风险;另一方面,通过建立以政府为引导、科研机构为指导、企业为主导、金融机构为主力的多渠道的资金筹措机制,为企业切实解决资金筹措困难的现实问题。同时提高利用外资的能力和水平,鼓励跨国公司与省内企业合作,完善引进外资的相关政策。

第二,在连续12个年份中,纯技术效率的波动较大,对福建省的综合技术效率产生较大影响。因此,企业需要从资金和人才两个方面入手,加大研发投入力度的力度,建立科学有效的人才培养引进机制,通过在科研经费启动、家庭住房、子女入学等方面给予政策支持,积极引进高端创新人才。同时,对于企业的内部员工,通过有重点、分层次培养内部科研骨干,提高员工综合素养,形成创新人才合理梯队,进而促进整个行业的创新效率提高和创新环境改善。

第三,从投入产出的松弛变量分析可以发现,福建省多数年份未达到DEA有效的原因主要是

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

投入产出不匹配,可以通过改进投入资源结构,优化决策单元。对于纯技术效率不佳的行业,可以借鉴投入的松弛变量,依据其估值减少投入资源,找准科技资源浪费的症结所在。通过优化资源配置,保证科技资源有效匹配,进而实现创新效率的提升。

参考文献:

[1]Erkki Kaukomen. Evalution of Scientific Research in Finland[A]. Organisation for Economic Co-Operation and Development(Hrsg.),The Evaluation of Scientific Research: Selected Experiences [C]. Paris: OECD,1997.

[2]虞晓芬,李正卫,池仁勇,等.我国区域技术创新效率:现状与原因[J].科学学研究,2005(02):258-264.

[3]潘雄锋,刘凤朝.中国区域工业企业技术创新效率变动及其收敛性研究[J].管理评论,2010,22(02):59-64.

[4]赵清军,周毕芬.我国区域科技创新能力及其效率评价研究[J].石家庄铁道大学学报(社会科学版),2018,12(02):20-27.

[5]赵树宽,余海晴,巩顺龙.基于 DEA 方法的吉林省高技术企业创新效率研究[J].科研管理,2013,34(02):36-43,104.

[6]曹容宁.技术创新抑或技术无效:高新产业技术、规模和效率[J].江苏理工学院学报,2019,25(01):51-55.

[7]夏冬.所有权结构与企业创新效率[J].南开管理评论,2003(03):32-36.

[8]俞立平.企业性质与创新效率——基于国家大中型工业企业的研究[J].数量经济技术经济研究,2007(05):108-115.

[9]冯宗宪,王青,侯晓辉.政府投入、市场化程度与中国工业企业的技术创新效率[J].数量经济技术经济研究,2011,28(04):3-17,33.

[10]吴晓园.福建省人力资本对区域技术创新效率的影响研究[J].华东经济管理,2011,25(05):13-15.

[11]许培源,张华.福建省技术创新能力的影响因素——基于贝叶斯模型平均方法的研究[J].东南学术,2014(01):124-133.

[12]魏国江.福建省高新技术产业创新效率及提升对策研究[J].发展研究,2017(09):94-98.

[13]张璇,王珍珍.SFE 框架下福建省区域创新能力提升研究——基于东部沿海六省(市)的比较分析[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2017,20(06):33-42.

[14]李晓青.福建省科技创新全要素生产率动态实证分析——基于 DEA-Malmquist 指数模型和城市面板数据[J].集美大学学报(哲学社会科学版),2018,21(01):28-35.

Research on Science and Technology Innovation Efficiency in Fujian Province: Empirical Analysis Based on DEA Method

Zhang Huizhen

(School of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Innovation is the main force and important source of economic and social development, studying innovation efficiency is of great significance for promoting innovation development. This paper selected the relevant data of innovation input and output in Fujian Province from 2007 to 2018, and analyzed the innovation efficiency of Fujian Province through the DEA-BBC model. The empirical results show that: generally, the efficiency of science and technology innovation in Fujian Province is at a relatively high level, and pure technology efficiency has a greater impact on the overall innovation efficiency. At the same time, through analysis, we can see that there is a certain degree of input redundancy or insufficient output in each year of Fujian Province. Finally, this paper puts forward some countermeasures and suggestions for improving the efficiency of science and technology innovation in Fujian Province.

Key words: Fujian Province; innovation efficiency; DEA method

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net