

长江经济带技术创新效率评价 及影响因素分析

胡立和 商勇 王欢芳¹

【摘要】 本文采用 2006-2016 年长江经济带 11 个省市的面板数据,通过随机前沿分析法(SFA)测算了长江经济带 11 个省市的技术创新效率值,同时选取 7 个影响技术创新效率的环境变量进行实证分析。研究结果表明:长江经济带 11 个省市的平均创新效率仍处于较低水平,区域技术创新能力有待提高;上海的技术创新效率值排名第一,其次是浙江;从东、中、西区域来看,呈现东部地区>西部地区>中部地区的特征,中部省市存在塌陷现象,技术创新效率水平在区域平均值之下;劳动对技术创新效率的贡献比资本大;信贷市场发展程度与教育水平对技术创新效率存在显著的正向作用,资本市场和对外开放水平与技术创新效率存在负相关关系,政府 R&D 投入和 FDI 对技术创新效率的正向作用没有得到有效验证。

【关键词】 长江经济带 随机前沿分析 技术创新效率

前言

区域创新能力是国家整体创新能力的重要基础。党的十八大提出创新驱动发展战略,强调科技创新是社会生产力和综合国力的战略支撑,必须摆在国家发展全局的核心位置。2016 年 5 月,中共中央、国务院发布《国家创新驱动发展战略纲要》,是在新的历史发展时期关于如何建设创新型国家、实现经济高质量增长的纲领性文件。据 2016 年 10 月世界经济论坛发布的《全球竞争力报告》显示,当前我国仍处于效率驱动向创新驱动转化阶段。因此提高我国自主创新能力、加快新旧动能转换速度、建设创新型国家,是我国未来发展的重要方向。长江经济带作为推动经济实现高质量发展、建设创新型国家的重要支撑带,如何提高域内技术创新效率和技术转化效率,推动域内技术创新协调发展,直接关系到整个国家创新战略目标的实现。

近年来,随着创新不断超越其它要素,成为推动经济增长的第一要素,关于技术创新效率的研究已经成为国内外研究热点。从已有的文献来看,关于技术创新效率研究的视角,国内外主要从区域、产业和企业三个层面展开研究。在区域层面,崔志新、陈耀(2018)基于 DEA-BCC 模型和 ML 指数模型测算了京津冀和长三角区域技术协同创新效率^[1]。在产业层面,郑秀娟(2018)采用改进后的随机前沿分析模型对我国物流业发展效率进行比较^[2];张江雪等(2012)运用四阶段的 DEA 方法对我国 2009 年各省份工业企业技术创新效率进行实证研究^[3];陈建丽等(2014)基于两阶段视角,采用 DEA-SBM 模型测度分析中国高技术产业 17 个细分行业 2002-2011 年间技术创新效率的变动趋势^[4]。在微观企业层面,宋之杰、边鹏飞等(2019)基于三阶段 DEA 模型对河北省新经济上市公司 2014-2017 年的技术创新效率进行实证研究^[5];康年、顾倩雯(2019)基于三阶段 DEA 模型对 2012-2016 年间国家中心城市 72 家制造企业的创新活动进行评价和分析^[6]。关于技术创新效率的测算方法,主要包括数据包络法(DEA)和随机前沿分析方法(SFA)。数据包络法(DEA)是由 Charnes、Cooper 等人在 1978 年提出的,主要通过线性规划方法计算出生产的前沿面,适用于多个

¹**作者简介:** 胡立和,湖南工业大学商学院教授,硕士研究生导师,湖南株洲,412000;

商勇,湖南工业大学商学院硕士研究生,湖南株洲,412000;

王欢芳,湖南工业大学商学院教授,博士,硕士研究生导师,湖南株洲,412000。

项目基金: 国家社科青年基金项目:“我国战略性新兴产业区域集聚水平测度及布局优化研究”(编号:14CJY038);湖南省社科基金项目:“湖南省战略性新兴产业全要素生产率测度及提升对策研究”(编号:17YBA140);湖南省自然科学基金项目:“产业集群/政府补贴对战略性新兴产业创新惰性的影响研究”(编号:2019JJ50124);湖南省社科智库课题:“双向视角下湖南省战略性新兴产业集群建设对策研究”(编号:ZK2019001);湖南省教育厅优秀青年项目:“湖南省战略性新兴产业集群创新网络构建研究”(编号:18B308)。

产出和投入的生产效率评价,其中应用最多的模型包括 BCC 和 CCR^{[7][8]}。随机前沿分析法(SFA)是由 Aigner 等在 1977 年提出,主要是通过构建前沿生产函数对效率及其影响因素进行分析^[9]。肖文、林高榜(2014)运用随机前沿分析方法测算了中国 36 个工业行业的技术创新效率^[10]。王萍萍、陈波(2019)构建了包含技术无效率项的随机前沿模型,测算了 66 家军民融合企业 2008-2016 年的技术创新效率^[11]。

在前人研究的基础上,本文运用随机前沿分析法(SFA)对我国长江经济带 11 个省市的技术创新效率进行测度,了解长江经济带沿线省市的技术创新成果转化水平,比较不同省市之间的效率差异,同时深入探讨外部环境变量与技术创新效率的相关关系,旨在帮助政府及相关机构进一步了解长江经济带沿线省市技术创新的现状,从而为促进长江经济带地区实现创新驱动发展,优化创新资源配置,推动经济高质量发展提供实证依据和理论基础。

一、研究设计

(一)研究方法

随机前沿生产函数模型(SFA)和数据包络法(DEA)是较常见测算效率的两类方法,都是通过构造生产前沿面来确定技术效率。SFA 与 DEA 方法相比具备以下优点:一是 SFA 通过极大似然法估计出各个参数值后,进而用技术无效率项的期望条件作为技术效率值,更适合大样本计算,且结果较为稳定,不易受异常点的影响;二是 SFA 可以对模型本身进行检验,如随机前沿模型适用性、生产函数的选择、是否具有时变性等;三是 SFA 不仅可以计算出样本中每个生产单元的技术效率水平,而且能够对形成各个单元技术效率差异的影响因素进行分析。而 DEA 体现的是技术进步(退步)对效率变化的影响,忽略了不可控因素和统计误差对结果的影响。因此,本文采用完整性和系统性更优的随机前沿分析方法(SFA)进行测算,依据 Battese 和 Coelli 提出的模型,选用对数型 C-D 生产函数建立如下随机前沿模型:

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + (v_{it} - \mu_{it}) \quad (1)$$

$$\mu_{it} = \delta_0 + \delta_1 Dep_{it} + \delta_2 Loa_{it} + \delta_3 Sto_{it} + \delta_4 Open_{it} + \delta_5 FDI_{it} + \delta_6 Gov_{it} + \delta_7 Edu_{it} + \omega_{it} \quad (2)$$

$$\omega_{it} = v_{it} - \mu_{it} \quad (3)$$

$$TE_{it} = \exp(-\mu_{it}) \quad (4)$$

式(1)中: Y_{it} 表示*i*省市第*t*年的技术创新产出,时间变量*t*表示技术变化, $\ln K_{it}$ 、 $\ln L_{it}$ 分别代表*i*省市第*t*年 R&D 资本投入和 R&D 劳动投入对数。 β_0 为截距项, β_i 为回归系数。 v_{it} 是不可控的系统随机误差项,服从正态分布。 μ_{it} 是技术非效率项,服从截尾正态分布,代表每个观测单元所在外部环境因素对其产出的影响,并且这些因素是可以改善的。

式(2)(3)中:技术无效率项 μ_{it} 包括金融机构存款(Dep_{it})、金融机构贷款(Loa_{it})、股票市价总值(Sto_{it})、地区开放程度($Open_{it}$)、外商直接投资(FDI_{it})、政府 R&D 支出(Gov_{it})以及人力资本(Edu_{it})。 δ_0 为常数项, δ_i 为待估参数,表示各个影响因素对效率值的影响系数,若 δ_i 小于 0,说明该变量对创新效率有正向影响,反之,意味着变量对创新效率有负向影响。 ω_{it} 为不可控的系统随机误差项,如观测误差、天气、外汇汇率变动等,服从正态分布。

式(4)(5)(6)中: TE_{it} 为第*i*个省市第*t*年的创新效率水平。 γ 为待估参数, $\sigma^2 v$ 、 $\sigma^2 \mu$ 分别是技术无效率项和随机误差项的方差,通过 γ 可以检验随机前沿函数是否有效,当 γ 越趋近于 1 且显著时,说明实际产出与随机前沿产出的差距主要源于技术无效率项,则 SFA 模型合理^[12]。此外,还可以进一步通过单边似然比 LR 对 $\gamma=0$ 的原假设进行检验,如果 LR 检验统计量大于单边广义似然比检验的临界值,则拒绝零假设,说明模型有效^[13]。

(二) 研究变量与数据来源

本文根据构建的随机前沿生产函数模型对长江经济带 11 个省市的创新效率与其影响因素进行测度和分析, 以下是模型中涉及的相关变量及其定义。

1. 产出变量。

随机前沿模型(SFA)反映的是单个产出和多个投入之间的关系。本文测度各个省市的技术创新效率水平, 即科技创新投入与产出之间的关系, 因此产出变量需要反映各个省市的技术创新产出水平。考虑到数据的可得性、技术转化和市场等因素, 本文选取各个省市每年的专利授权量作为产出变量。

2. 投入变量。

多数研究在测度技术创新效率时选取 R&D 人员全时当量和 R&D 内部支出作为技术创新的投入变量, 分别代表生产函数中的劳动投入和物质资本投入。由于创新活动存在一定的时滞性, 即产出不仅取决于当期的 R&D 投入, 还与往期的 R&D 投入有关, 如果仅选取当期的 R&D 投入来测度技术创新效率, 结果会存在较大偏差。因此本文借鉴吴延兵(2006)、陈诗一(2011)的做法, 采用永续盘存法测度各个省市每年的 R&D 资本存量作为技术创新资本投入变量^{[14][15]}。其计算公式如下:

式(7)(8)中: K_t 、 K_{t-1} 代表各个省市第 t 期和第 $t-1$ 期的 R&D 资本存量, E_t 为各个省市在 t 期的 R&D 经费支出, δ 表示折旧率, 本文借鉴大多数研究的做法, 将 R&D 资本存量的折旧率设定为 15%。本文以 2009 年为基期, K_0 和 E_0 分别为基期 R&D 资本存量和基期 R&D 经费支出。 g 表示各个省市每年 R&D 实际支出的平均增长率, 即 $g=(E_t-E_{t-1})/E_{t-1}g=(E_t-E_{t-1})/E_{t-1}$ 。在测度 R&D 实际支出时, 考虑到价格变动的影响, 本文借鉴朱平芳(2003)构建的 R&D 支出价格指数(PI), 即 $PI=0.55 \times \text{居民消费价格指数}+0.45 \times \text{固定资产投资价格指数}$, 然后对现价 R&D 经费支出进行平减^[16]。

3. 技术创新效率影响因素。

一个地区的技术创新效率不仅取决于投入产出情况, 还依赖于其他外部环境因素, 例如该教育、政策制度、对外开放等。本文基于以往相关文献及研究成果, 进一步探讨金融发展程度、地区开放程度、外商直接投资、政府 R&D 经费支出以及人均受教育年限等环境变量对技术创新效率的影响, 变量定义如下。

(1) 金融发展程度(Fin)。

稳定健康的金融市场不仅为地区和企业创新活动提供持续的资金支持, 还能引导市场资源流向抗风险能力和创新能力较高的地区和企业, 从而优化创新资源的配置。同时金融市场的发展和深入能够产生较强的溢出效应, 促进地区间的技术扩散。本文通过信贷市场发展水平和资本市场发展水平代表各个省市金融市场的发展程度。其中, 信贷市场发展水平用各个省市银行等金融机构的存贷款余额与 GDP 的比值(Dep_{it} 、 Loa_{it})表示。资本市场发展水平采用各个省市的股票市价总值与 GDP 的比值(Sto_{it})表示。

(2) 地区开放程度(Open)。

在全球化背景下, 对外开放是一个地区引进和学习国外前沿技术, 提升自身技术创新能力的重要途径之一, 而通过国际间的经济贸易活动能够促进信息交流和技术转移。本文借鉴其他学者的做法, 采用各个省市进出口总额与 GDP 的比值($Open_{it}$)来反映其开放水平。

(3)外商直接投资(FDI)。

当前,资源跨国流动是国家和地区参与全球化的重要标志。FDI 在带来创新资金的同时,还会通过技术扩散、人员流动、示范效应和竞争效应等方式对本土企业的创新活动产生促进作用^[18]。本文采用各个省市外商直接投资额与 GDP 的比值(FDI_{it})表示,以人民币对美元的当年平均汇率统一换算。

(4)政府 R&D 支出(Gov)。

政府干预通过政策制定、公共财政等方式影响市场创新活动。古典经济理论认为,政府过度干预会产生寻租、垄断和阻碍资源自由流动等弊端,不利于技术进步和市场健康发展。但随着经济危机的爆发,学术界又逐渐认识到,适度的政府干预有助于建立规范的市场秩序,提高资源配置效率,从而促进经济的发展。本文通过各个省市地方政府 R&D 支出与财政支出的比值(Gov_{it})表示。

(5)人力资本发展水平(Edu)。

人才是技术创新的核心力量,一个地区的人力资本是影响技术创新效率的重要因素,而人力资本的发展水平又和地区的教育程度紧密相关。因此,本文选取 6 岁及以上人口的人均受教育年限表示^[19]。

以上变量的数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国人口与就业统计年鉴》《中国金融统计年鉴》以及《地方统计年鉴》。

二、实证分析

(一)模型估计结果

1. 长江经济带技术创新效率估计结果与分析利用 Frontier4.1 软件,使用极大似然估计法进行参数估计,估算结果如表 1 所示。其中***、**、*分别表示变量在 1%、5%、10%的水平上显著。

表 1 随机前沿生产函数模型估计结果

参数	系数	标准差	T 值
σ^2	0.166	0.017	9.532***
γ	0.450	0.110	4.105***
log 函数值	-46.499***		
单边 LR 检验	40.27586***		

从表 1 可以看出,参数 γ 值为 0.450, γ 的 T 检验值为 4.105,在 1%的水平上显著。说明前沿生产函数的误差项中有将近 50%的成分受技术无效率项影响,因此有必要应用随机前沿生产函数模型进行分析。同时 LR 为混合卡方分布的似然比检验统计量,自由度为 9.532,表中 LR 等于 40.276,大于 1%的临界值 27.133,说明 LR 值通过单边 1%的检验, SFA 模型设定合理。

在表 1 的基础上,以长江经济带 9 省 2 市为观测单元,进一步测度了各个省市的技术创新效率值,结果如表 2 所示。

从表 2 可以看出, 长江经济带 11 个省市的技术创新效率均值为 0.662, 平均效率水平仍较低, 具有较大的上升空间。上海的技术创新效率均值为 0.896, 在所有省市中排名第一。其次是浙江、重庆、江苏等省市。说明上海作为长江经济带流域的龙头城市, 政治、经济与社会发展水平都处于领先地位, 同时作为全国重要的经济、交通、科技和金融中心, 其外部环境条件都有利于技术创新的发展, 技术创新效率也已经发展到了一个较高的水平。同时从表 2 中也可以看出浙江的技术创新效率紧随上海之后, 而江苏同样作为长三角的重要省份, 技术创新效率水平却低于上海、浙江两个省市。近年来, 浙江各市县的新兴产业和技术发展势头较猛, 尤其是省会城市杭州, 不仅大力发展旅游、电子等新兴产业, 同时依托其区位优势和良好的发展政策, 注重对高科技产业和电子信息产业的扶持。而江苏除了苏州、南京、无锡之外, 其他城市的经济和科技发展水平并不突出。另外, 重庆、贵州、四川和云南 4 个西部省市的技术创新效率在 0.6~0.8 之间, 安徽、江西、湖北、湖南 4 个东部省份的技术创新效率最低, 说明长江经济带各个省市的技术创新效率差距较大, 各个省市的技术创新能力发展水平尚不均衡。而按照东中西部区域划分来看, 技术创新效率呈现 U 型结构, 存在中部塌陷现象。由于技术创新效率和能力受到内外环境的多重因素影响, 部分省市的技术创新水平仍有较大的提升空间。

为了进一步比较技术创新效率随时间变化的情况, 本文将常用的区域划分法, 将长江经济带 11 个省市划分为东部(上海、江苏、浙江), 中部(安徽、江西、湖北、湖南)和西部(重庆、四川、贵州、云南)三个区域, 并将长江经济带 2006-2016 年的整体效率均值和 3 个区域的年均效率值用图 1 呈现出来, 以便探讨各个省市技术创新效率随时间而演变的规律。

从图 1 可以看出, 无论是长江经济带 11 个省市的技术创新效率均值还是东、中、西部三个区域的技术创新效率均值, 都基本处于逐年上升的趋势。这说明随着时间的推移, 长江经济带区域的技术创新能力和效率在不断提高。此外, 中部区域的技术创新效率均值低于 11 个省市的效率均值, 但是增长势头较好, 这说明近年来中部区域与其他区域的差距在不断缩小。

表 2 长江经济带 11 个省市 2006-2016 年技术创新效率值

省市	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南	均值
2006	0.784	0.327	0.703	0.282	0.276	0.340	0.406	0.657	0.353	0.431	0.447	0.455
2007	0.666	0.377	0.688	0.284	0.295	0.347	0.366	0.607	0.336	0.464	0.423	0.441
2008	0.880	0.427	0.754	0.297	0.322	0.387	0.360	0.595	0.430	0.503	0.428	0.489
2009	0.916	0.612	0.892	0.413	0.371	0.441	0.385	0.745	0.619	0.531	0.598	0.593
2010	0.937	0.718	0.903	0.497	0.436	0.543	0.463	0.856	0.780	0.654	0.723	0.683
2011	0.933	0.767	0.901	0.692	0.463	0.488	0.438	0.862	0.731	0.651	0.696	0.693
2012	0.944	0.819	0.930	0.734	0.577	0.547	0.483	0.876	0.813	0.763	0.744	0.748
2013	0.963	0.792	0.931	0.749	0.656	0.591	0.515	0.892	0.828	0.827	0.772	0.774
2014	0.931	0.725	0.916	0.749	0.731	0.552	0.529	0.878	0.821	0.863	0.789	0.771
2015	0.950	0.737	0.910	0.790	0.837	0.627	0.581	0.904	0.869	0.898	0.822	0.812
2016	0.954	0.738	0.908	0.824	0.873	0.678	0.611	0.910	0.863	0.887	0.832	0.825
均值	0.896	0.640	0.858	0.574	0.531	0.504	0.467	0.798	0.677	0.679	0.661	0.662

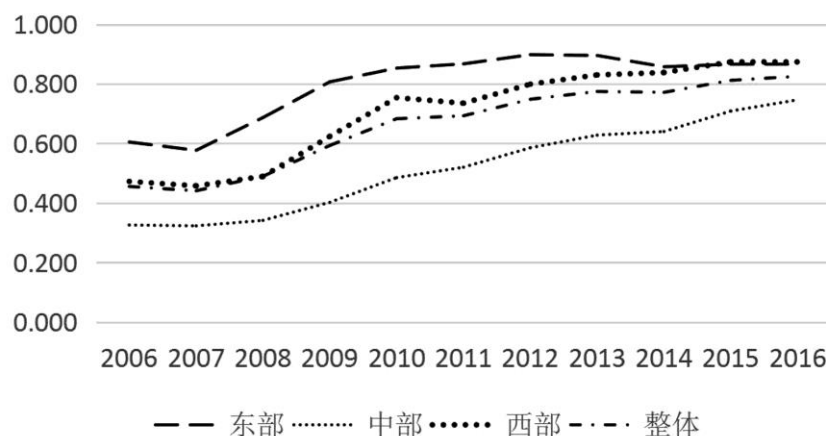


图 1 2006-2016 年长江经济带东中西部技术创新效率变化趋势图

2. 长江经济带技术创新效率的影响因素分析。基于长江经济带技术创新效率值, 探究外部环境因素与技术创新效率的相关关系, 其极大似然估计结果如表 3 所示。

从资本和劳动的产出弹性和显著性来看, 资本的产出弹性为 0.155, T 检验不显著, 劳动的产出弹性为 1.016, T 检验在 1%的水平下显著。说明在长江经济带区域的技术创新活动中, 技术创新资本投入和劳动投入都发挥了作用, 但劳动的贡献程度明显大于资本的贡献程度, 该区域的技术创新产出增长主要得益于近年来从事创新活动人员的数量和质量在不断提高。

从技术无效率项的情况来看, 银行等金融机构的信贷市场发展对技术创新效率具有显著正向影响, 尤其是贷款规模 (Loa), T 检验值在 1%的水平上显著。说明金融机构通过贷款为企业等主体的技术创新活动提供了有力的资金支持, 对区域技术创新能力提高起到了正向促进作用。教育程度 (Edu) 系数为负, 且在 5%的水平上显著, 说明随着区域内教育事业的发展和提升, 人才的储备量和素质也在不断提高, 各个高校和科研机构的技术活动从业人员在不断增加, 从而对区域内技术创新效率产生显著正向影响, 另外外商直接投资 (FDI) 和政府 R&D 支出水平的系数为负, 但是影响并不显著。资本市场发展程度 (Sto) 和地区开放水平 (Open) 对该区域技术创新效率的影响效果没有得到很好的验证。综上可知, 该区域各个创新主体的创新活动和成果转换效率更多地受到内部资源和能力的影响, 其他外部环境和相关经济活动并没有对技术创新效率的提升产生较明显的溢出效应。目前我国各个高校和科研机构开展创新项目、从事技术创新活动往往是独立进行的, 没有与市场主体进行有效的交流与合作, 取长补短, 因而在技术创新资源的获取和技术创新成果转化方面存在不足。

表 3 环境变量对技术创新效率影响的估计结果

参数	系数	标准差	T 值
β_0	-3.535	0.732	-4.828***
	0.155	0.140	1.103
	1.016	0.183	5.541***
Dep	-0.632	0.376	-1.678
Loa	-0.913	0.279	-3.273***
Sto	0.346	0.215	1.610

Open	0.422	0.273	1.544
FDI	-0.291	1.034	-0.281
Gov	-1.122	1.208	-0.929
Edu	-0.268	0.089	-3.015**

三、结论与政策建议

(一) 研究结论

本文利用长江经济带 9 省 2 市 2006–2016 年的面板数据,在考虑了技术无效率项的情况下,采用随机前沿模型(SFA)测算长江经济带沿线省市的技术创新效率。测算结果表明,长江经济带整体技术创新水平在 2006–2009 年间处于 0.4~0.6 之间,2010–2016 年在 0.6~0.9 之间,与韩兆洲(2019)测算的全国技术创新效率均值相比^[22],2010–2016 年长江经济带整体技术创新值已略高于全国平均值,说明近年来长江经济带技术创新水平有大幅提升。上海、浙江和重庆三省市的技术创新效率在长江经济带沿线省市中处于领先地位。中部四省的技术创新效率值低于长江经济带 11 个省市的平均技术创新效率,与东部沿海省市的技术创新发展尚存在一定差距。从时间上看,长江经济带整体技术创新效率值和东、中、西部的技术创新效率值处于逐年上升趋势,且三大区域间的效率差距在逐渐缩小。

在对技术创新效率进行评价的同时,本文还对影响技术创新效率的相关因素进行了探讨,研究结果表明,金融发展中信贷市场的发展程度对区域技术创新效率有着显著的正向推动作用;区域教育发展程度也与技术创新效率有着显著的正相关关系;另外,对外开放水平(Open)和资本市场发展与技术创新效率存在负相关关系;政府资金和外商直接投资(FDI)系数虽然为负,但其显著性没有得到很好的验证。

(二) 政策建议

基于随机前沿分析模型(SFA)得出的上述结论,本文给出如下建议。

1. 进一步强化人才在提升长江经济带区域技术创新效率和能力过程中的发展贡献,尤其要加大对从事科研事业和创新活动的高素质人才的培养和投入。

考虑到各个省市之间的政策环境和经济实力存在一定差距,对高素质人才的吸引能力不同,应充分发挥东部区域,尤其是上海的引领、辐射和带头作用,建立有效的技术交流平台 and 人才共享机制,促进区域内各项技术要素自由流动,缓解欠发达省市的人力资本约束问题。

2. 进一步发挥金融市场对提升技术创新效率的支撑作用。

根据张薇薇、高帅雄(2018)关于金融发展对技术创新作用的综述,资本强度越高的地区和行业,其技术积累水平和技术含量也越高,技术创新效率水平才会更高^[20]。因此,必须解决区域内金融资源错配问题,推动金融集聚,为企业或其他科研主体开展创新活动提供有力的资金支持,同时分担市场风险。

3. 更好地发挥政府在技术创新方面的引导和桥梁作用。

技术创新的目的在于把其成果转化为生产力,推动经济高质量发展。从测算结果来看,长江经济带各省市的技术创新效率仍然具有较大的提升空间,说明在创新成果向生产力转化时并不完全有效,需要注重技术创新产出对经济增长的贡献。因此,在政府投入效果并不明显的情况下,需要政府转变职能,发挥更关键的引导和桥梁作用,协调好国家政策资源与企业创新动力和创新行为的关系,搭建有效的沟通合作平台,推动市场主体与科研主体的协同创新行为。

参考文献:

- [1]崔志新,陈耀.区域技术协同创新效率测度及其演变特征研究——以京津冀和长三角区域为例[J].当代经济管理,2019(3):61-66.
- [2]郑秀娟.基于随机前沿的物流业发展效率及区域差异分析[J].统计与决策,2018(18):121-124.
- [3]张江雪,朱磊.基于绿色增长的我国各地区工业企业技术创新效率研究[J].数量经济技术经济研究,2012(2):113-125.
- [4]陈建丽,孟令杰,姜彩楼.两阶段视角下高技术产业技术创新效率研究——基于网络SBM模型和DEA窗口分析[J].科技管理研究,2014(11):11-16.
- [5]宋之杰,边鹏飞,王浩.河北省新经济上市公司技术创新效率研究[J].燕山大学学报(哲学社会科学版),2019(3):68-76.
- [6]康年,顾倩雯,宋波.基于三阶段DEA模型的国家中心城市制造企业创新效率研究[J].科技管理研究,2019(8):9-14.
- [7]CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978(60):429-444.
- [8]BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis[J]. Management Science, 1984(9):1078-1092.
- [9]AIGNER, LOVELL & SCHMIDT. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Functions Models[J]. Journal of Econometrics, 1977(7):21-37.
- [10]肖文,林高榜.政府支持、研发管理与技术创新效率——基于中国工业行业的实证分析[J].管理世界,2014(4):71-80.
- [11]王萍萍,陈波.军民融合企业技术效率及其影响因素研究[J].管理评论,2019(4):70-82.
- [12]张旭,侯乃聪,李存金.军民融合的微观视角下国防科技工业企业技术效率研究——基于SFA方法的上市企业实证分析[J].经济体制改革,2013(3):96-100.
- [13]朱浩,傅强,魏琪.基于中国制度背景的经济发展技术效率实证分析[J].管理评论,2015(11):11-20.
- [14]陈诗一.中国工业分行业统计数据估算:1980-2008[J].经济学(季刊),2011(3):735-776.
- [15]吴延兵.R&D存量、知识函数与生产效率[J].经济学(季刊),2006(3):1129-1156.

[16]朱平芳,徐伟民.政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究[J]. 经济研究,2003(6):45-53+94.

[17]许梦楠,周新苗.金融发展与创新效率——基于随机前沿模型的实证分析[J]. 金融与经济,2018(9):46-51.

[18]牛雄鹰,李春浩,张芮.国际人才流入、人力资本对创新效率的影响——基于随机前沿模型的研究[J]. 人口与经济,2018(6):12-22.

[19]梁文群,牛冲槐,杨春艳.基于异质性随机前沿模型的人力资本创新效应研究[J]. 科技进步与对策,2016(15):145-150.

[20]张薇薇,高帅雄.金融发展支撑工业效率提升——理论、方法、过程文献研究综述[J]. 工业技术经济,2018(11):128-135.

[21]张凡.区域创新效率与经济增长实证研究[J]. 中国软科学,2019(2):155-162.

[22]韩兆洲,操咏慧.我国区域创新效率测度及收敛性研究[J]. 数学的实践与认识,2019(17):63-76.