

基于创新创业的区域创新效率时空特征研究

彭绪庶¹, 张笑²

(1. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732;

2. 中国社会科学院大学数量经济与技术经济系, 北京 100732)

摘要: 本文利用2014—2019年30个省级行政区的面板数据,从创新创业促进创新效率的理论机制出发,根据创新创业的目标导向构建测度创新效率的指标体系,分别利用DEA模型和超效率DEA模型来评估省域创新效率。研究发现:省域创新效率呈U形发展趋势,总体上呈上升趋势,创新创业能有效提升创新效率。省域间创新效率存在差异,但DEA无效的原因不同。东部地区创新效率较高,其他依次是西部地区、中部地区和东北地区。为了进一步地提升创新效率,在加大创新创业投入,改善营商环境的同时,要加强创新创业的联动。

关键词: 创新创业; 创新效率; DEA; 超效率DEA; 时空特征

中图分类号: F204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)3—0001—12

一、引言

当前,中国正处于由高速增长转向高质量发展的关键时期,创新创业是实施创新驱动发展战略的重要抓手。推动从创新向创业转化,培育发展新动能,促进经济转型升级,实现经济高质量发展,具有不可替代的重要作用。近年来,中国各级政府对创新创业投入持续加大。从R&D投入来看,中国自2013年后R&D经费稳居世界第二位,且继续保持快速增长。2019年,首次突破2万亿元大关。2020年,我国R&D经费投入达到24426亿元,R&D人员全时当量也增长至509.19人年^①。在各级政府支持下,创新创业金融支持渠道不断拓宽,创业投资规模持续增长。据统计,2019年全国创业风险投资累计投资金额达到5635.8亿元^②。持续加大创新创业投入和政策支持,带来了一系列成效,如专利申请授权量、技术市场成交额持续增加,创新型企业研发实力不断增强,社会创造活力得到增强,涌现出了许多竞争力强、成长性好、知名度高的创新型企业,同时也催生出一批高技术、新业态的就业岗位。

但是,仅从上述统计指标来评价创新创业活动带来的成效并不全面。学界和媒体关于中国创新资源配置不合理,创新投入高,经济效益低等问题的研究和报道时有发生。经济学研究必须重视效率问题,尤其是在新一轮科技革命和产业变革中,科技和经济领域的竞争首先是对创新创业资源的竞争,国际国内普遍高度重视创新创业问题,对创新创业资源的竞争日趋激烈,必须从创新创业的视角高度重视创新效率问题。

二、文献综述

创新效率研究始终是学术界研究的热点。章成帅(2016)、胡良善(2017)、盛广耀和孙聪丽(2021)分别对产业创新效率和区域创新效率研究进行了较为详细的综述。综合国内外文献和综述研究可以发现,从创新效率测算方法来看,主要可分为三类:第一类是非参数方法,主要是数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)方法;第二类是参数方法,主要是随机前沿分析(stochastic frontier analysis, SFA)方法,如盛彦文等(2020)对中国东部5大城市群创新效率的测度。DEA方法的应用较为广泛,该方法也是国际上公共政策效应评估的重要模型。因此,第三类是以DEA方法为基础,对DEA方法进行改进,或融合其他方法进行分析研究。例如,颜莉(2012)综合运用主成分分析和DEA的组合方法测量我国区域创新效率,并用我国30个省份

收稿日期: 2021-07-14

基金项目: 中国社会科学院创新工程项目“创新评估理论与中国创新发展演进”(CASS2022IQTE08);中国社会科学院登峰计划“优势学科技术经济学”(CASS2016JSJXX)

作者简介: 彭绪庶,博士,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员,研究方向:创新政策评估,产业技术创新与绿色发展;张笑,中国社会科学院大学硕士研究生,研究方向:产业技术创新。

① 数据来源:国家统计局(<http://www.stats.gov.cn/>)。

② 数据来源:《中国科技统计年鉴》。

的创新数据进行测量实证分析。Chen和Guan(2012)利用关联网络数据包络模型测算中国30个地区创新效率。近年来,越来越多研究通过改进传统DEA方法进行创新效率测算,例如,白俊红和蒋伏心(2011)利用三阶段DEA方法,发现控制环境影响因素后,中国区域创新效率平均值相较不控制情况下降低,且规模效率较低成为制约其发展的主要原因;罗颖等(2019)、易继承和张璐(2021)分别利用三阶段DEA方法测算了长江经济带11省市和27个国家的创新效率。

从研究内容来看,研究重点除测算产业、园区、区域和国家创新效率外,还包括影响创新效率的因素,区域创新效率的空间差异性特征和时间演进特征。例如,刘满凤和李圣宏(2016)、钱丽等(2015)、齐亚伟(2015)也分别从区域层面、企业层面及创新主体层面对创新效率进行测量,并考虑了创新环境如基础设施、政府支持、金融环境及劳动者素质等对创新效率的影响。欧光军等(2013)采用DEA方法分析国家高新区经济系统运行效率,发现目前多数高新区无论是技术还是规模都处于无效的状态。刘伟江等(2019)使用聚类分析,将我国31个省份面板数据按照创新创业水平划分为4个区域,并构建链式中介回归方程,探究科技政策对区域生产率增长的作用机理。

党的十八大以来,随着中央提出“大众创业,万众创新”,与“双创”相关的创新效率研究日渐增多,如张静进和陈光华(2019)运用DEA方法对我国众创空间的创新创业效率及各省份之间的差异进行了测度;王元地和陈禹(2017)以我国31个省(市)数据为基础,构建区域“双创”效率评价指标体系,并运用三阶段DEA方法,在控制环境因素的基础上考察各地区“双创”投入产出转化效率;林冰儂(2020)运用三阶段DEA方法,考察了我国各地区双创投入产出转化效率,并研究其在空间上的差异。

总体来看,区域创新效率研究取得了丰硕成果,但不足也相当明显。例如,相当多研究都认为DEA方法是基于线性规划方法,而忽视了该方法应用的经济理论基础。相当多研究将创新和效率理解为基于科技研发活动的创新和研发效率,忽视了创新本质上是一种经济行为。例如,Fritsch和Slavtchev(2011)研究中创新投入和产出指标分别为私营部门R&D就业数量和企业专利申请数量,Broekel(2015)对德国270个劳动力市场地区创新效率的测算也大致如此。国内研究对投入和产出指标的选择虽然更加丰富,尤其是在产出指标方面增加了诸如新产品数量、新产品销售收入等,突出了创新产出的经济效益,但包括近年基于创新创业或“双创”的区域创新效率测度研究在内,多数研究仍忽视了创新和创业内在的关联性,以及较少把创新创业作为一个有机整体分析其对创新效率的影响。

本文尝试从创新创业促进创新效率的理论机制出发,根据创新创业的目标导向构建测度创新效率的指标体系,评估和比较分析省域创新效率的时空演进特征,对认识各地创新效率现状和未来进一步完善创新创业政策具有重要参考意义。

三、理论分析

(一)理论机制

效率实际上是一种投入产出之间的比例关系。但由于创新是一种复杂经济活动,创新投入不仅仅是R&D经费和人力投入,创新产出也不仅仅表现为研究论文、专利或新产品,其投入和产出都需要从多重维度进行度量。因此测度创新效率本身在理论上即存在较大困难,难以形成共识。总体上,创新效率衡量的是在一定政策支撑和环境影响下创新要素投入向创新产出的转化水平,既是对创新绩效的反映,也是创新能力的重要体现。在传统研究中,可能是因为影响创新效率的因素众多,且创新效率测度困难,创新效率成为一个“黑匣子”;另外,创新活动对创新效率有着显著影响,其影响机制较易理解。创新与创业长期被视作孤立的两个领域,尽管近年来关于创新创业的研究日渐增多,但尚未有人系统分析创业对创新和效率的影响机制。

创业在提升创新效率过程中的作用主要可以概括为如下几个方面:

第一,从产业链的视角看,科学研发与开发等创新活动的直接产出成果是科学论文、研究报告、专利甚至是商业设计,创业活动是利用这些创新产出付之于生产经营实践,高质量和活跃的 innovation 有利于推动创业,创业活动是创新活动的自然延伸。反过来,活跃和高质量的创业衍生创新需求,有利于拉动创新发展。创新创业紧密联系在一起形成的闭环,不仅与从创新投入到创新产出的转换过程高度耦合,也驱动创新效率转换为不断升级的循环过程。

第二,创业行为的直接产出是催生了大量中小微企业,同时还将带动科技中介服务发展,有利于形成不同规模企业和产学研相互促进、相互协作、集聚发展的良好创新生态,能够在一定区域内更好汇聚和整

合资本、创新型人才、创新信息、技术等创新要素,发挥提升创新效率的合力效应。

第三,与创新相比,创业对区域政策、人才、金融等环境更加敏感。像重视创新一样重视创业,必然要推动政府简政放权,完善服务,营造良好营商环境和公平竞争市场环境,充分发挥市场在资源配置中的作用,同时加强对创业政策支持,加大知识产权保护。显然,重视创新创业与营造创新创业环境密不可分,而良好的创新创业环境直接有利于提升创新效率。

第四,某种意义上,创业是希望利用知识商业潜力获取超额收益。创业过程实际上是将创新人才具有的隐性知识显性化,推动区域知识存量商业化的重要过程。在这一过程中,不仅有利于促进知识再生产,提升创新水平,也直接有利于科技创新成果转化,加快由创新投入向创新产出的转化。

第五,创业直接表现为开办新企业,开发新产品,开拓新市场,培育新产业。创新创业紧密结合,与经济社会发展深度融合,不仅是培育发展新动能,加速产业转型升级,而且有利于提升经济发展质量,活跃的创新创业也能促进提升经济发展效率。创新效率既是经济发展效率的重要内容和重要支撑,也是经济发展效率的重要体现。反过来,经济发展效率的提升也有利于推动提升创新效率。

(二)理论模型

数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)是一种非参数估计的效率评价方法,在经济计量领域,尤其是在分析公共政策效率的方面已经得到了广泛应用。DEA方法的主要原理是通过保持决策单元(decision making units, DMU)的输入或输出不变,运用数学的线性规划方法来构建有效的最佳凸性生产前沿,然后计算出各决策单元的生产曲面,测度其与最佳生产前沿的距离来确定效率值,效率的结果可以判断决策单元达到最优的投入与产出量(李素梅等,2016)。DEA方法可分为固定规模报酬的CCR(固定规模报酬)模型和规模报酬可变的BCC(规模报酬可变)模型,CCR模型假设规模报酬不变,计算出的效率值是包含规模效率的综合技术效率,BCC模型可通过综合技术效率中剔除规模效率的影响,得到纯技术效率值。运用DEA方法进行创新效率测度可以从投入和产出两种模式进行,其中,投入主导型(inputs)是指在不改变产出数量的前提下,得到使投入最小的方法;产出主导型(outputs)是在不改变投入要素的条件下,得到产出最大的方法。

如前所述,由于创新投入和创新产出都需要多维度指标进行衡量,且不同指标量纲不一致,难以确定不同指标的权重,而DEA正好适合处理这种多输入和多输出的有效性评价。同时,在创新效率评价中,投入因素是创新政策可以施加影响的决策单元,且发挥着主要作用。因此,本文的基本理论模型选用投入导向的BCC模型,具体可表示为

$$\begin{aligned} & \text{Min} [\theta - \varepsilon(e^+ s^- + e^- s^+)] & (1) \\ & \text{s.t.} \begin{cases} \sum_i^n \lambda_i y_{ir} - s^+ = y_{or}; \quad \forall r \\ \sum_i^n \lambda_i x_{ij} + s^- = \theta x_{oj}; \quad \forall j \\ \sum_i^n \lambda_i = 1 \\ \lambda_i, \theta, s^+, s^- \geq 0 \end{cases} & (2) \end{aligned}$$

其中: $i=1,2,\dots,n$; n 为决策单元的个数; x_{ij} ($j=1,2,\dots,m$)为第*i*个决策单元的第*j*个投入要素; y_{ir} ($r=1,2,\dots,s$)为第*i*个决策单元的第*r*个产出要素; x_{oj} 、 y_{or} 分别表示第*o*个决策单元的第*j*个投入要素和第*r*个产出要素; λ_i 为权重变量; s^+ 和 s^- 为松弛变量; ε 为非阿基米德无穷小量,一般取 ε 为 10^{-6} ; $e^+=(1,1,\dots,1)$; θ^* 为最优解,表明该决策单元技术效率最佳,效率 $\theta \in (0, 1]$ 。DEA模型的原理是将处在前沿面上的决策单元认定为其投入产出组合最有效,并把该决策单元的效率值定为1;不在前沿面上的决策单元则被认为是无效的,同时通过与前沿面对比,确定其相对的效率指标。因此当 $\theta^* = 1$ 且 $s^{*-} = 0, s^{*+} = 0$ 时,表示决策单元 j_0 为DEA有效;当 $0 < \theta^* < 1$ 且 $s^{*-} \neq 0, s^{*+} \neq 0$,决策单元 j_0 为非DEA有效,表明该决策单元投入不当,属于非技术有效。

运用DEA方法可对众多领域的效率问题进行有效评价,但传统的DEA模型所测定的效率结果中通常会存在一个以上的有效决策单元(效率值为1),而效率值相同意味着无法对这些有效的决策单元进行进一步的比较。为了完善这一不足,本文借鉴Andersen和Petersen(1993)利用提出的超效率模型进一步对区域创

新效率进行测度。超效率 DEA 模型评价思想是,要对某决策单元进行效率评价时,先将其排除在外。因此,就无效的决策单元而言,其生产前沿面不变,但就有效决策单元而言,在其效率值不变的前提下,投入按比例增加,将投入增加的比例记为超效率评价值,因其生产前沿面后移,故测定出的效率值要大于利用传统 DEA 模型测定的效率值(付丽娜等,2013)。

规模报酬可变的情况下,超效率 DEA 模型变为

$$\begin{aligned} & \text{Min} [\theta - \varepsilon(e^+s^- + e^-s^+)] & (3) \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \sum_i^n \lambda_i y_{ir} - s^+ = y_{or}; \forall r \\ \sum_i^n \lambda_i x_{ij} + s^- = \theta x_{oj}; \forall j \\ \lambda_i = 1, i = 1, 2, \dots, n \\ \lambda_i, \theta, s^+, s^- \geq 0 \end{cases} & (4) \end{aligned}$$

四、研究设计

(一)DEA 投入产出指标设计

1. 指标选择的基本考虑

利用 DEA 方法进行创新效率评估,首要关键点在于投入和产出能力的测度。表 1 列出了部分代表性文献在测度区域创新效率时的投入产出指标情况。

表 1 代表性文献测度区域创新效率的指标选择情况

文献(年份)	研究对象	创新投入指标	创新产出指标
Thomas et al(2011)	美国 50 个州和哥伦比亚特区	R&D 支出	专利、科学出版物
Fritsch 和 Slavtchev(2011)	德国 97 个规划区	地区私营部门 R&D 就业数量	企业专利申请量
Chen 和 Guan(2012)	中国 30 个省级行政区(由于数据可获得性的原因,不包括西藏和港澳台地区)	原始科技投入:科技支出、科技人员数量、FDI、技术进口支出、国内技术购置费、国内技术市场合同流入额;中间物质投入:资本存量、劳动力	中间技术产出:发明、实用新型、外观设计;最终商业化产出:GDP、新产品销售收入、出口额、城镇居民人居年收入
Broekel(2015)	270 个德国劳动力市场地区	地区 R&D 人员数量	地区专利申请量
Barra 和 Zotti(2015)	意大利 20 个地区	公共部门、高等教育机构、私营部门的 R&D 支出和 R&D 人员数量	区域专利申请量
罗颖等(2019)	长江经济带	R&D 经费支出占 GDP 比重;R&D 人员全时当量、新产品研发经费占比	国内专利申请授权量、技术市场成交额、新产品销售收入
赵凯旭等(2019)	中国 30 个省级行政区(由于数据可获得性的原因,不包括西藏和港澳台地区)	R&D 从业人员。R&D 经费内部支出;工业企业技术获取和改造经费支出	创新科技产出:国内 3 种专利申请书、国外主要检索工具收录的科技论文数;创新经济产出:技术市场成交合同金额、新产品销售收入
盛彦文等(2020)	中国东部沿海 5 大城市群	R&D 人员全时当量;R&D 内部经费支出;R&D 资本存量	专利申请授权量
兰海霞和赵雪雁(2020)	中国 30 个省级行政区(由于数据可获得性的原因,不包括西藏和港澳台地区)	R&D 经费内部支出;R&D 人员全时当量	国外主要检索工具收录中国科技论文数、专利申请授权数、技术市场成交额
Min et al(2020)	韩国 16 个地区	R&D 支出;R&D 人员	中间产出:技术产出、科学出版物;最终产出:技术转让率、出口价值、总附加值

资料来源:盛广耀,孙聪丽,2021.区域创新效率研究进展与展望[J].企业经济,40(6):111-119。

本文认为,利用 DEA 方法测度创新效率,根据创新创业影响创新效率的经济机理选择投入和产出指标至关重要,这是指标科学性的基础。即投入指标必须体现创新创业的核心特征,产出指标必须体现创新效率的基本内涵,同时投入指标和产出指标之间应具有内在的因果关系或相关关系,符合经济逻辑的一致性。同时,在指标的选择和相应的指数计算过程中,指标和测算结果在时间维度上能进行纵向对比,在空间维度上能够进行横向对比,即同全国范围内其他样本的同一指标进行比较。这就要求数据指标必须具有较好的规范性和通用性。

2. DEA 投入指标设定

在选取 DEA 投入指标时,本文分别从创新投入、创业投入和发展环境的角度选取创新经费投入、创新人

员投入、创业平台投入、创业资金投入和创新创业环境5个投入指标。

(1)创新经费投入。创新是创业的先导,衡量创新投入的指标之一,用研究与试验发展(R&D)经费投入强度来度量。R&D作为国际上反映一国科技实力和核心竞争力的重要指标,其投入强度指标可用于反映地区创新研究经费投入的整体水平。

(2)创新人才投入,衡量创新投入的指标之一,用研究与试验发展(R&D)人员全时当量来度量。反映国家或地区创新研究在人才方面的投入和建设水平。

(3)创业平台投入。科技孵化器是区域创新体系的重要核心内容,是地方重视和推动创业的重要载体。因此可以用来反映创新创业的平台投入水平。

(4)创业资金投入。理论上,创业资金投入应使用创业企业注册资金总额或资本金投入总额来衡量,但考虑到该指标缺乏相应数据,这里用风险投资额来度量。这是因为,风险投资的主体是创业投资,即向初创企业提供资金支持并取得该公司股份的一种融资方式,风险投资涉及的企业大多为新创企业或未上市企业。因此特定地区企业获得的风险投资额能够较好地反应该地区的创业金融资金支持强度。

(5)创新创业环境。影响区域创新效率的因素不仅包括创新投入,还包括创新创业环境,包括财政金融环境、基础设施状况、社会经济发展水平和人文教育发展水平等(陈银娥等,2021)。从创新创业的角度看,最重要的是环境因素就是营商环境。

参考张三保等(2020)的做法,本文在原有评价指标体系的基础上,根据数据的可得性和可操作性,构建新的中国省级营商环境评价指标体系(表2),计算2014—2019年各省级营商环境评价指数,其中,网上政务服务能力总体指数、政府透明度指数缺少省份数据的部分以省会数据代替,司法文明指数2014年缺失的数据用临近三年的均值代替。

具体计算过程为:采用效用值法处理原始数据,效用值域为[0,100]。正向评估内容效用值计算公式如式5所示,逆向评估内容效用值计算公式如式(6)所示,其中,对地价和政府支出进行逆向评估。

$$y_{ab} = \frac{x_{ab} - x_{a \min}}{x_{a \max} - x_{a \min}} \times 100 \quad (5)$$

$$y_{ab} = \frac{x_{a \max} - x_{ab}}{x_{a \max} - x_{a \min}} \times 100 \quad (6)$$

其中: a 表示评估内容; b 表示区域; x_{ab} 表示 b 区域 a 评估内容原始数据; $x_{a \max}$ 表示 a 评估内容最大值; $x_{a \min}$ 表示 a 评估内容最小值; y_{ab} 表示 b 区域 a 评估内容效用值。

根据式(5)和式(6)计算出二级指标下设的评估内容效用值,对其进行简单平均,形成二级指标得分,若二级指标仅设一个评估内容,则将该评估内容的效用值作为二级指标得分,根据二级指标的得分与指标权重,计算得到各省营商环境评价指数,结果以总分情况体现,通过对各项指标的综合处理,能够有效地体现出各省级营商环境的变化。

表2 中国省级营商环境评价指标体系

一级指标及权重	二级指标及权重	计算方法	基础数据来源
市场环境(28.21%)	融资(3.85%)	省份社会融资规模增量/GDP	中国人民银行
	创新(3.85%)	省份研究与试验发展(R&D)经费内部支出/GDP	《中国科技统计年鉴》
		省份普通高等学校(机构)数量	《中国统计年鉴》
	竞争公平(10.26%)	非国有企业社会固定资产投资/内资企业全社会固定资产投资	《中国统计年鉴》
	资源获取(5.45%)	商业用地价格	EPS(easy professional superior)数据库
政务环境(35.9%)	政商关系(12.82%)	政商关系健康指数	中国城市政商关系排行榜
	政府效率(23.08%)	一般公共预算支出/GDP	《中国统计年鉴》
		网上政务服务能力总体指数	《中国电子政务发展报告》
法律政策环境(30.77%)	政策透明(14.4%)	政府透明度指数	《中国政府透明度指数报告》
	司法公正(16.67%)	司法文明指数	《中国司法文明指数报告》
人文环境(5.13%)	对外开放(5.13%)	货物进出口金额/GDP	《中国统计年鉴》

3. DEA 产出指标设定

创新产出不仅包括科学出版物、科技论文和专利等,还可以体现在多个方面。但从宏观效率的角度,这些产出都是效率的间接体现。另外,从创业的角度,创业产出也是提升创新效率的中间产出。根据前述对创新创业影响创新效率的经济机制分析,本文选择如下 5 个指标作为产出指标。

(1)专利产出。作为直接衡量创新产出的指标之一,用地区发明专利授权量来度量。在创新研发成果中,获得授权发明专利的质量相对较高,能较好体现创新能力,也是创新主体科技创新成果转化潜力的体现,是驱动创业的重要先导因素之一。

(2)技术产出。新技术是创新产出的重要目标,但考虑到缺乏标准的技术统计,本文用地区技术市场成交额来度量。技术市场是技术商品的营销场所和领域,包括软件技术市场、硬件技术市场、一体化技术市场。技术市场成交额可用于反映技术成果的市场产出水平。

(3)就业质量。创新带动创业,创业带动就业。提高就业数量的同时提升就业质量,是创新创业的重要目标之一。考虑到我国就业统计情况,这里用地区高技术企业从业人员数来度量。我国的高技术产业在统计上包括医药制造业、生物生化制品、电子及通信设备制造业、电子器件制造业、医疗器械等高技术密集型产业,代表了前沿、发展速度快的产业领域。高技术企业就业人员数量变化能反映创新创业在劳动力市场上的产出水平。

(4)创业规模。成立新企业是创业的重要目标和标志之一。创业越活跃,新企业数量越多,同理也可以认为创业产出水平越高。因此,新企业数量是衡量创业规模,体现区域创业产出水平的重要指标,本文用地区年度新成立企业法人单位数来度量。

(5)经济效率。如前述理论分析,经济效率的提高将带动创新效率提高,本文用地区全要素生产率来度量。全要素生产率即为资源,包括资金、劳动力开发利用的效率,是技术进步对经济发展作用的综合反映,能较为全面地衡量地区各项活动的产出效率。具体测算方法使用随机前沿分析法(SFA),产出和投入指标包括总产出、劳动投入和物质资本投入,其中,总产出以 GDP 进行衡量,劳动投入直接采用全社会从业人数,物质资本存量以固定资本形成额进行衡量,采用永续盘存法进行估算。

(二)样本选取及数据来源

根据我国创新创业政策的实施特征和阶段,选取首先提出“大众创业万众创新”这一概念的 2014 年作为初始年份,并结合现有公开数据的可得性,以我国省级行政单位为研究样本,选取我国除西藏、港澳台地区以外的 30 个省(直辖市、自治区)2014—2019 年的年度数据。其中,发明专利授权量、技术市场成交额数据来源于国家统计局,高新技术企业从业人员人数、科技孵化器数量来源于《中国火炬统计年鉴》,新成立企业法人单位数来源于《中国基本单位统计年鉴》,R&D 经费投入强度、R&D 人员全时当量数据来源于《中国科技统计年鉴》,风险投资额数据根据 WIND 数据库 VC/PE(venture capital/private equity)板块中各省份风险投资事件数据整理而来。此外,营商环境评价指数参考张三保等(2020)的做法计算得来,全要素生产率数据使用随机前沿分析法(SFA)进行测算,具体结果参见马克数据网。具体投入产出指标选取见表 3。

在 DEA 模型中,决策单元(DUM)效率值的测算不受投入产出指标量纲的影响,但要求输入、输出值为正值,但各省风险投资额出现零值情况(青海个别年份出现 0 值,实际上的投资额不一定为 0,只是尚未披露或数据库收录问题,导致统计上出现 0)。因此本文参考孙爱军等(2011)的方法,对该指标数据进行归一化处理

表 3 DEA 方法投入产出指标选取

指标维度	指标名称	指标表示(变量)	数据来源	
投入指标	创新投入	创新经费投入	R&D 经费投入强度(%)	《中国科技统计年鉴》
		创新人员投入	R&D 人员全时当量(人/年)	《中国科技统计年鉴》
	创业投入	创业平台投入	科技孵化器数量(个)	《中国火炬统计年鉴》
		创业资金投入	风险投资额(亿元)	WIND 数据库 VC/PE 板块
	发展环境	创新创业环境	营商环境评价指数	测算得来
产出指标	创新产出	专利产出	发明专利申请授权量(项)	国家统计局
		技术产出	技术市场成交额(亿元)	国家统计局
	创业产出	就业质量	高新技术企业从业人员(人)	《中国火炬统计年鉴》
		创业规模	新成立企业法人单位数(个)	《中国基本单位统计年鉴》
	经济效率	经济效率	全要素生产率	测算得来

理,归一化处理并不会影响最后的分析结果,其作用机理在于使得各决策单元形成的生产前沿面发生平移和固定比例的缩放。处理后的样本数据取值范围在[0.1, 1]内,具体公式为

$$X_{ij}^* = 0.1 + \frac{0.9(X_{ij} - X_{\min})}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (7)$$

其中: X_{ij} 是第*i*个省(直辖市、自治区)第*j*项指标的值, $X_{ij}^* \in [0.1, 1]$, $X_{\max} = \text{MAX}(X_{ij})$; $X_{\min} = \text{MIN}(X_{ij})$; $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$ 。

(三)数据描述性统计

DEA模型投入产出指标数据描述性统计见表4,为直观展现指标的特征,此次均采用未标准化的指标数据统计。表4展现了整个研究期间(2014—2019年)DEA模型的主要描述性统计,由表可知,我国各省6年间创新创业相关投入产出指标的差异较大,如科技孵化器数量的最大值为1013个,最小值仅为1个;技术市场成交额最大值为5695.28亿元,最小值为0.65亿元。

表4 DEA模型指标数据描述性统计表

指标变量	平均值	中值	最大值	最小值	标准差
R&D经费投入强度(%)	1.76	1.47	6.31	0.45	1.12
R&D人员全时当量(人/年)	136417.89	96924	803208	4008	152572.73
科技孵化器数量(个)	120.27	72	1013	1	162.80
风险投资额(亿元)	287.54	27.68	5528.24	0	764.67
营商环境评价指数	53.83	53.28	83.78	24.79	11.60
发明专利申请授权量(项)	9570.35	4937	59742	110	12346.20
技术市场成交额(亿元)	445.44	149.97	5695.28	0.65	824.21
高新技术企业从业人员(人)	867707.38	524536	7077300	31545	1117479.06
新成立企业法人单位数(个)	81936.51	52711.5	565895	2194	94519.56
全要素生产率	1.57	1.51	2.90	0.16	0.76

五、实证分析

(一)传统DEA模型测算结果分析

本文基于投入导向型的DEA模型对我国省级层面创新效率进行分析,采取这一方法可以分析各省级行政区创新创业活动投入要素的优化方向。本文首先运用Deap2.1软件对2014—2019年除西藏、港澳台地区以外的30个省级行政区创新的综合技术效率进行测算,效率为1说明该地区在模型的假设条件下相关松弛变量为0,该省域不存在创新投入冗余或产出不足,政策充分有效,而效率小于1证明该省份未达到政策有效状态。由表5可以看出,有较多省份多数年份的创新的综合技术效率均为1。按综合技术效率^③计算,2014年,省级行政区的平均值为0.97,DEA有效省级行政区达23个,2015年和2016年综合技术效率平均值下降到0.93,2017年上升到0.96,2018年和2019年省级行政区综合技术效率平均值上升到0.99,DEA无效省级行政区数量分别下降至5个和6个。2014—2019年间,北京、河北、江苏、浙江、安徽、江西、山东、湖北、湖南、广东、海南、陕西、青海、新疆DEA均保持有效,其他省份的综合技术效率有所波动但在2016年后基本都呈现出上升趋势。

表5 2014—2019年DEA综合技术效率测度值

DUM	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	省份均值	DUM	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	省份均值
北京	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	湖北	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
天津	1.00	0.60	0.75	0.83	0.83	0.88	0.81	湖南	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
河北	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	广东	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
山西	1.00	1.00	0.99	0.89	1.00	1.00	0.98	广西	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
内蒙古	0.82	0.63	0.64	1.00	1.00	1.00	0.85	海南	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
辽宁	0.93	0.92	1.00	0.97	0.91	1.00	0.95	重庆	1.00	1.00	0.97	1.00	0.97	1.00	0.99
吉林	0.70	0.85	0.77	0.71	0.97	0.86	0.81	四川	1.00	1.00	0.88	0.94	1.00	1.00	0.97
黑龙江	0.84	0.72	0.69	0.91	1.00	1.00	0.86	贵州	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00
上海	1.00	1.00	0.94	0.89	0.95	0.99	0.96	云南	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87	0.98
江苏	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	陕西	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
浙江	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	甘肃	1.00	0.66	0.80	0.84	1.00	1.00	0.88
安徽	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	青海	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
福建	0.76	0.68	0.72	0.82	1.00	1.00	0.83	宁夏	1.00	0.70	0.74	0.96	1.00	1.00	0.90
江西	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	新疆	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
山东	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	年度均值	0.97	0.93	0.93	0.96	0.99	0.99	0.96
河南	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99								

③ 在DEA方法测算的效率评估中,综合技术效率等于纯技术效率值与规模效率值的乘积,是对决策单元中要素配置、资源使用等的综合衡量与评价。

表 6 列出了 DEA 无效省份的效率值。具体来看,多数情况下,DEA 无效或说综合效率低都是纯技术效率和规模效率都无效共同作用的结果,但也有例外。例如,一些省份在某些年份情况下纯技术效率是有效的,但可能存在规模效率无效的情况。例如,2014 年内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、福建、河南、广西 7 个省份 DEA 无效,但只有内蒙古、辽宁、福建和河南 4 个省份处于纯技术效率和规模效率均未达到有效状态,而其他 3 省份纯技术效率均有效,而只有规模效率无效。与此类似,以 2019 年为例,天津、吉林、上海、贵州和云南 5 个省级行政区 DEA 无效,但云南和上海仍然处于技术效率的有效状态。即使是对那些 DEA 综合效率无效的省份而言,多数情况下规模效率的影响超过纯技术效率的影响。因此,总体上,规模效率对综合效率的影响更大。单从产出的角度看,这主要是由于这些省份创新创业规模不足,或者尚未处于最优状态。例如,从规模报酬变化来看,即使是 DEA 无效省份,多数省份仍处于规模报酬递增状态,只有少数省份在个别年份呈现规模报酬递减的情况。例如,2014 年的内蒙古,2016 年的上海和重庆,2018 年的上海,2019 年的上海和贵州。

从时间上来看,2014—2019 年省域创新效率呈 U 形发展曲线,即先轻微下降后上升,总体呈上升趋势。另外 DEA 无效省级行政区呈先增多后减少趋势,总体上 DEA 无效省份数量逐步减少。这表明,创新创业可以有效促进提升省域创新效率。从空间上来看,东部、中部、西部和东北地区均存在 DEA 无效省份,总体上经济较发达的东部 DEA 无效省份数量相对较少,而相对欠发达的西部和东北地区 DEA 无效省份数量更多。

(二)超效率 DEA 模型分析

由表 5 可以发现,利用传统 DEA 方法,多数省份创新均处于综合技术效率有效状态,但根据该结果,不仅难以分析观察同一省份在研究期间创新效率的动态变化,也难以对不同省份创新效率进行详细比较分析。为了进一步分析传统 DEA 方法下效率值为 1 的省份的创新效率特征,本文运用 EMS1.30 软件,进一步采用投入导向的超效率 DEA 模型对除西藏外 30 个省级行政区 2014—2019 年间创新效率进行测度,结果见表 7。

从结果来看,超效率 DEA 测算的各省级行政区创新综合技术效率值总体较高。从发展趋势来看,研究期间(2014—2019 年),各地创新效率值略有波动,在政策最初实施的 2014 年,各省的 DEA 效率均值为 1.33,在 2015 年(1.30)、2016 年(1.27)有所下降,其后在 2017 年、2018 年、2019 年持续上升至最大值 1.37。这一趋势与利用传统 DEA 测算省级行政区创新综合技术效率值 U 形波动和发展趋势大体一致,表明总体上创新创业均能有效提升创新效率。

表 6 2014—2019 年 DEA 无效省份效率值

年份	地区	省份	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
2014	东部	福建	0.76	0.81	0.94	irs
		河南	0.92	1.00	0.93	irs
	西部	内蒙古	0.82	0.84	0.98	drs
		广西	0.99	1.00	0.99	irs
	东北	辽宁	0.93	0.93	1.00	irs
		吉林	0.70	1.00	0.70	irs
		黑龙江	0.84	1.00	0.84	irs
2015	东部	天津	0.60	0.82	0.73	irs
		福建	0.68	0.77	0.89	irs
	西部	内蒙古	0.63	1.00	0.63	irs
		甘肃	0.66	0.92	0.72	irs
		宁夏	0.70	1.00	0.70	irs
	东北	辽宁	0.92	0.94	0.98	irs
		吉林	0.85	1.00	0.85	irs
2016	东部	天津	0.75	0.77	0.97	irs
		上海	0.94	1.00	0.94	drs
		福建	0.72	0.91	0.80	irs
	中部	山西	0.99	1.00	0.99	irs
		西部	内蒙古	0.64	1.00	0.64
	重庆		0.97	0.98	0.99	drs
	四川		0.88	0.94	0.94	irs
甘肃	0.80		1.00	0.80	irs	
东北	宁夏	0.74	1.00	0.74	irs	
	吉林	0.77	0.91	0.85	irs	
2017	东部	黑龙江	0.69	1.00	0.69	irs
		天津	0.83	0.89	0.94	irs
		上海	0.89	0.89	1.00	irs
	中部	福建	0.82	0.90	0.91	irs
		山西	0.89	1.00	0.89	irs
	西部	四川	0.94	0.96	0.98	irs
		甘肃	0.84	1.00	0.84	irs
宁夏		0.96	1.00	0.96	drs	
辽宁		0.97	1.00	0.97	irs	
东北	吉林	0.71	1.00	0.71	irs	
	黑龙江	0.91	1.00	0.91	irs	
2018	东部	天津	0.83	0.89	0.93	irs
		上海	0.95	0.99	0.95	drs
	西部	重庆	0.97	1.00	0.98	irs
		辽宁	0.91	0.94	0.97	irs
	东北	吉林	0.97	1.00	0.97	irs
2019	东部	天津	0.88	0.92	0.96	irs
		上海	0.99	1.00	0.99	drs
	西部	贵州	0.99	0.99	0.99	drs
		云南	0.87	1.00	0.87	irs
	东北	吉林	0.86	0.99	0.87	irs

注:irs 表示规模报酬递增;drs 表示规模报酬递减。

表7 2014—2019年各地区超效率DEA测度值

DUM	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	省份均值	排名	DUM	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	省份均值	排名
北京	3.57	3.23	3.18	4.19	2.80	4.14	3.52	1	内蒙古	0.82	0.63	0.63	1.01	1.07	1.19	0.89	26
天津	1.18	0.60	0.75	0.83	0.83	0.88	0.84	29	广西	0.99	1.29	1.14	1.34	1.37	1.10	1.21	17
河北	1.35	1.42	1.46	1.44	1.44	1.27	1.40	7	重庆	1.08	1.03	0.97	1.11	0.97	1.05	1.04	21
上海	1.12	1.05	0.94	0.89	0.95	0.99	0.99	23	四川	1.01	1.10	0.88	0.94	1.16	1.05	1.02	22
江苏	1.43	1.61	1.06	1.55	1.03	1.21	1.32	11	贵州	1.14	1.20	1.40	1.46	1.23	0.99	1.24	15
浙江	1.42	1.33	1.24	1.40	1.27	1.26	1.32	9	云南	1.37	1.86	1.64	1.07	1.19	0.87	1.33	8
山东	1.60	1.46	1.56	1.41	1.38	2.09	1.58	5	陕西	1.42	1.36	1.22	1.55	1.66	1.58	1.47	6
福建	0.76	0.68	0.72	0.82	1.09	1.06	0.85	28	甘肃	1.31	0.66	0.80	0.84	1.13	1.55	1.05	20
广东	2.11	1.99	1.79	1.96	1.96	1.80	1.94	4	青海	1.83	1.93	3.72	2.18	3.18	1.19	2.34	2
海南	2.39	2.67	1.23	2.24	2.37	2.30	2.20	3	宁夏	1.29	0.70	0.74	0.96	1.00	1.00	0.95	25
东部平均	1.69	1.60	1.39	1.67	1.51	1.70	1.60	(1)	新疆	1.25	1.26	1.05	1.44	1.37	1.16	1.26	14
山西	1.10	1.09	0.99	0.89	1.13	1.38	1.10	19	西部平均	1.23	1.18	1.29	1.26	1.39	1.16	1.25	(2)
安徽	1.04	1.17	1.46	1.11	1.27	1.20	1.21	16	辽宁	0.93	0.92	1.08	0.97	0.91	1.07	0.98	24
江西	1.13	1.27	1.26	1.29	1.32	1.42	1.28	12	吉林	0.70	0.85	0.77	0.71	0.97	0.86	0.81	30
河南	0.92	1.09	1.17	1.09	1.45	1.17	1.15	18	黑龙江	0.84	0.72	0.69	0.91	1.03	1.00	0.87	27
湖北	1.28	1.44	1.60	1.30	1.22	1.08	1.32	10	东北平均	0.82	0.83	0.85	0.86	0.97	0.98	0.88	(4)
湖南	1.55	1.44	1.10	1.15	1.24	1.08	1.26	13	年度均值	1.33	1.30	1.27	1.33	1.37	1.33	1.32	
中部平均	1.17	1.25	1.26	1.14	1.27	1.22	1.22	(3)									

具体到各省级行政区而言,将30个省级行政区2014—2019年的DEA效率值取均值并进行排名,可以发现,排名前十的省级行政区依次为北京、青海、海南、广东、山东、陕西、河北、云南、浙江、湖北。对效率值排名进行分析,可发现具有如下特点:

第一,北京、广东、江苏、浙江等地向来为我国创新强省和创业大省,创新创业投入和产出均保持在较高水平,且与其他省份有较大差距。以北京和广东为例,北京的高投入和高产出主要体现在资金方面,6年间北京的R&D经费投入强度、风险投资额和技术市场成交额均位于全国首位,而广东的高投入和高产出主要体现在技术方面,R&D人员全时当量、科技孵化器数量和高技术企业从业人员数均位于全国首位。高投入带来的高产出使得其创新效率较高。在研究期内,北京、河北、江苏、浙江、山东、广东、海南的效率值一直处于大于1的有效状态,其中北京的DEA效率均值达到3.52,为各省级行政区排名第1,且2014—2019年一直维持高水平。一个反面实例是天津。天津排名较低,创新效率表现不佳,从2015年起处于效率值小于1的无效状态。究其原因,主要是天津市2015年和2016年R&D经费投入强度较低、科技孵化器数量较少、营商环境不佳等,2017—2019年则表现为R&D经费投入强度不足和营商环境不佳。内蒙古(2014—2016年)和河南省(2014)的情况与此类似。这从正面两方面再次证实,创新创业能有效提升创新效率。

第二,创新创业投入直接影响创新效率。例如,山西、河南和东北三省等,创新效率相对较低,主要与这些地区由于特殊的战略定位、产业结构,导致创新创业投入不足有密切关系。如山西省R&D经费支出规模小、强度低,东北作为老工业基地,面临转型发展困难,R&D经费投入、人员投入、科技孵化器数量、营商环境等方面与其他地区相比都存在一定差距。相反的典型例子是福建。超效率DEA测度的福建创新效率较低,但随着R&D经费投入、科技孵化器数量和营商环境这三个投入指标逐年得到改善,福建的效率值呈现明显的上升变化趋势。

第三,创新创业关联性对创新效率有显著影响。例如,上海和福建,整体创新效率值并不高。这些地区经济相对发达,创新创业投入较高,但创新创业间并未能形成联动,导致创新产出并不高,或者是存在其他投入产出效率难以提高的情况。如上海的R&D经费投入强度、风险投资额稳居全国前三,但是产出情况表现不佳,专利授权量和高技术企业从业人员数均未进入前三,分别位于全国的第五和第六,高投入没有带来相应的高产出。前述利用传统DEA模型测算发现上海存在规模报酬递减也说明这一问题。

第四,青海、海南、陕西等省份,创新创业投入与产出远低于北京、上海等发达地区,但这些省份创新效率值排名却比较高。以青海省为例,青海省的投入产出均位于全国较低水平,R&D人员全时当量、风险投资额和发明专利授权量连年位于全国末端,但是效率值在2014—2018年位于全国前四。这一现象产生的原因可能在于,虽然这些地区创新创业产出低,但同时创新创业投入也低,形成一种“低水平均衡状态”,使得创新效率看起来比较高。这也凸显了DEA方法的缺陷。

第五,创新效率与区域经济发展水平之间并无显著相关关系。创新效率显著、排名靠前的省份既有经济

发达省份,也有相对欠发达省份。从区域来看,东部地区包括10个省级行政区,创新效率平均值为1.60,高于全国平均水平,位于全国第一。但东部地区主要是由于北京、海南、广东、山东、江苏、浙江等省份效率值较高,且均处于大于1的有效状态。西部地区包括11个省级行政区,创新效率平均值为1.25,低于全国平均水平,位于全国第二,创新效率均值总体处于稳定状态,除去青海外,各省份的效率值波动差别不大,内蒙古和宁夏的创新效率均值无效。中部地区包括6个省级行政区,创新效率平均值为1.22,低于全国平均水平,位于全国第三,创新效率均值总体处于稳定状态。东北地区包括3各省份,创新效率平均值为0.88,低于全国平均水平,位于全国第四,创新效率均值总体处于稳步上升状态,但是上升的幅度不大。在研究期内,东北各省效率值大于1的情况较少,吉林一直处于效率值小于1的状态,且波动幅度较大。东北地区作为老工业基地,以资源消耗型产业为主,整体创新性不强,R&D经费投入、人员投入、科技孵化器数量、营商环境等方面与其他地区还有一定的差距,创新效率测度结果符合东北地区的现实困境。

六、结论和建议

(一)结论

本文运用2014—2019年中国30个省级行政区的面板数据,选取投入导向的DEA模型和超效率DEA模型,根据创新创业影响创新效率的经济机理选择投入产出指标,测算除西藏外30个省级行政区创新创业效率,得出以下主要结论:

第一,自我国双创政策实施以来,我国各省份创新创业的综合技术效率值总体较高,在传统的DEA方法下,多数省份达到了DEA有效状态。运用超效率DEA模型进行进一步分析,出现了高投入、高产出的北京、广东、江苏、浙江等地,以及低投入、低产出的青海、海南、陕西等地综合效率值在各省间排名较高,而同样处于高投入和高产出水平下的福建、上海等地,其综合效率值却不高。这表明,区域创新效率与不仅与创新创业投入有关,还与创新产业产出,以及从创新向创业转化的创新环境密切相关。进一步对我国四大区域的创新效率进行分析,发现创新效率由高到低的排序为东部、西部、中部和东北地区,其中,我国东部地区创新效率平均值最高,高于全国平均水平,西部、中部和东北地区创新效率均值均低于全国平均水平。形成这一结果的原因可能在于东部地区经济发达,区位优势明显,在创新创业的政策扶持、人才引入等方面优于其他地区,而中部、西部、东北地区区位优势不显,中部、东北地区的一些省份是传统的老工业基地,创业环境不佳,造成效率低下。

第二,对各省级行政区年度DEA测算结果进行分析时,发现导致综合技术效率无效的原因主要分为两种:一是纯技术效率和规模效率均无效,二是规模效率无效。此外,由于各省份创新创业政策实施进展不同,经济社会发展程度也不同。因此,出现规模效率无效的情况也不同。如宁夏(2017年)、上海(2019年)处于规模报酬递减阶段,广西(2014年)、吉林(2015年)等地处于规模报酬递增阶段。因此,提升创新创业效率除了要提高区域内的整体管控和技术水平,也要保证各省份内部的创新创业规模达到最优。

第三,超效率DEA模型的引入,可以有效地区别传统DEA模型不能区分的效率值为1的省份,进而分析这些省份的创新效率特征和变化趋势。通过这一模型,可以更加清晰地看到各省域和地区之间效率值的差异,进而分析省域效率值对于全国整体效率值的影响,为提高创新效率提供了重要启示。但总体而言,DEA方法能较好研究多投入多产出单元效率测度和政策效果评价问题,但无法进一步识别更加详细的影响因子及其贡献大小问题。解决效率或政策效果“黑匣子”的缺陷需要借助其他研究方法。

(二)若干建议

第一,加大创新创业投入。本文的分析测度表明,尽管创新创业投入与创新效率之间尚无法证实存在显著相关关系,但投入高的省份,DEA效率值通常更高。同时,对于效率值低的省份,增加创新创业投入,通常可以促进提升DEA效率值。因此,创新创业投入是影响创新效率的必要条件,包括既要增加R&D经费和人员等投入,也要增加科技孵化平台建设,鼓励和支持创业风险投资等发展,促进创业投入的持续增加。

第二,改善营商环境。对各省份创新效率的测度也表明,营商环境作为重要的政策因素和重要的投入变量,对提升创新效率有着重要影响。对于难以加大R&D投入和创业投入的地区而言,解放思想,加大“放管服”改革力度,更好发挥市场在资源配置中的作用,优化营商环境,尤为重要。

第三,加强创新创业联动。重视创业在提升区域创新效率中的积极作用,一方面,要下大力气加强知识

产权保护,加大力度促进科技成果转化,加快科技人才体制改革,畅通创新人才流动渠道,营造有利于创业的宏观制度环境和社会氛围;另一方面,要加强对创业的微观措施和具体政策支持,包括鼓励和支持孵化器、加速器创业载体建设,鼓励和支持风险投资等科技金融发展,完善创业中介服务等。

参考文献

- [1] 白俊红,蒋伏心,2011.考虑环境因素的区域创新效率研究——基于三阶段DEA方法[J].财贸经济,(10):104-112.
- [2] 陈银娥,李鑫,李汶,2021.中国省域科技创新效率的影响因素及时空异质性分析[J].中国软科学,(4):137-149.
- [3] 付丽娜,陈晓红,冷智花,2013.基于超效率DEA模型的城市群生态效率研究——以长株潭“3,5”城市群为例[J].中国人口·资源与环境,23(4):169-175.
- [4] 胡良善,2017.我国区域创新效率研究综述[J].湘南学院学报,38(5):56-59.
- [5] 兰海霞,赵雪雁,2020.中国区域创新效率的时空演变及创新环境影响因素[J].经济地理,(2):97-107.
- [6] 李素梅,陈琛,徐继明,2016.我国新能源汽车产业融资效率评价与分析——基于DEA-Logit模型的实证研究[J].科技管理研究,36(18):57-63.
- [7] 林冰僊,2020.我国各地区“双创”效率水平评价及影响因素探究[D].杭州:浙江工商大学.
- [8] 刘满凤,李圣宏,2016.基于三阶段DEA模型的我国高新技术开发区创新效率研究[J].管理评论,28(1):42-52.
- [9] 刘伟江,孙聪,赵敏慧,2019.科技政策与区域生产率增长——创业与创新的链式中介作用[J].经济管理,41(4):40-56.
- [10] 罗颖,罗传建,彭甲超,2019.基于三阶段DEA的长江经济带创新效率测算及其时空分异特征[J].管理学报,16(9):1385-1393.
- [11] 欧光军,孙骞,刘思云,等,2013.基于DEA分析的国家高新区发展对策研究[J].科学管理研究,31(1):75-78.
- [12] 齐亚伟,2015.区域创新环境对三大创新主体创新效率的影响比较研究[J].科技进步与对策,32(14):41-46.
- [13] 钱丽,肖仁桥,陈忠卫,2015.环境约束、技术差距与企业创新效率——基于中国省际工业企业的实证研究[J].科学学研究,33(3):378-389.
- [14] 盛广耀,孙聪丽,2021.区域创新效率研究进展与展望[J].企业经济,40(6):111-119.
- [15] 盛彦文,骆华松,宋金平,等,2020.中国东部沿海五大城市群创新效率、影响因素及空间溢出效应[J].地理研究,39(2):257-271.
- [16] 孙爱军,蒋彧,方先明,2011.金融支持经济发展效率比较——基于DEA-Malmquist指数方法的分析[J].中央财经大学学报,(11):34-39.
- [17] 王元地,陈禹,2017.区域“大众创业,万众创新”效率评价——控制环境因素后的测量[J].科技进步与对策,34(20):101-107.
- [18] 颜莉,2012.我国区域创新效率评价指标体系实证研究[J].管理世界,28(5):174-175.
- [19] 易继承,张璐,2021.基于三阶段DEA模型的创新型国家创新效率测度[J].统计与决策,37(8):81-85.
- [20] 章成帅,2016.中国高技术产业创新效率研究:一个文献综述[J].中国科技论坛,(4):56-62.
- [21] 张静进,陈光华,2019.基于DEA模型的众创空间创新创业效率及投入冗余比较研究[J].工业技术经济,38(9):26-34.
- [22] 张三保,康璧成,张志学,2020.中国省份营商环境评价:指标体系与量化分析[J].经济管理,42(4):5-19.
- [23] 赵凯旭,杨永春,李恩龙,等,2019.中国区域创新效率时空演变及其影响因素研究[J].西北大学学报(自然科学版),49(3):437-448.
- [24] ANDERSEN P, PETERSEN N C, 1993. A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis [J]. Management Science, 39(10): 1261-1264.
- [25] BARRA C, ZOTTI R, 2015. Regional innovation system (in) efficiency and its determinants: An empirical evidence from Italian regions [J]. Mpra Paper 67067, <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/67067/>.
- [26] BROEKEL T, 2015. Do cooperative research and development (R&D) subsidies stimulate regional innovation efficiency? Evidence from Germany [J]. Regional Studies, 49(7): 1087-1110.
- [27] CHEN K, GUAN J, 2012. Measuring the efficiency of China's regional innovation systems: Application of network data envelopment analysis (DEA) [J]. Regional Studies, 46(3): 355-377.
- [28] FRITSCH M, SLAVTCHEV V, 2011. Determinants of the efficiency of regional innovation system [J]. Regional Studies, 45(7): 905-918.
- [29] MIN S, KIM J, SAWNG Y W, 2020. The effect of innovation network size and public R&D investment on regional innovation efficiency [J]. Technological Forecasting & Social Change, 155(7): 119998.
- [30] THOMAS V, SHARMA S, JAIN S K, 2011. Using patents and publications to assess R&D efficiency in the states of the USA [J]. World Patent Information, 33(1): 4-10.

Research on the Temporal and Spatial Characteristics of Regional Innovation Efficiency Based on Innovation and Entrepreneurship

Peng Xushu¹, Zhang Xiao²

(1. Institute of Quantitative & Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;

2. Department of Quantitative and Technical Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: According to the theoretical mechanism of promoting innovation efficiency through innovation and entrepreneurship, an index system for measuring innovation efficiency was constructed, and the DEA model and the super-efficiency DEA model were used to evaluate the innovation efficiency of 30 provincial administrative regions from 2014 to 2019. The results show that the provincial innovation efficiency shows a U-shaped development trend, but the overall trend is on the rise. Innovation and entrepreneurship can effectively improve the innovation efficiency. There are differences in innovation efficiency among provinces, but the reasons for DEA inefficiency are different. The eastern region has higher innovation efficiency, followed by the western region, the central region and the northeast region. In order to further enhance innovation efficiency, it is necessary to strengthen the linkage of innovation and entrepreneurship while increasing investment in innovation and entrepreneurship and improving the business environment.

Keywords: innovation and entrepreneurship; innovation efficiency; DEA; super-efficiency DEA; temporal and spatial characteristics