

欢迎按以下格式引用:王礼刚. 中部地区科技创新效率评价与提升路径——基于三阶段 *DEA* 模型的实证分析[J]. 长江大学学报(社会科学版), 2021, 44(3): 95-100.

中部地区科技创新效率评价与提升路径

——基于三阶段 *DEA* 模型的实证分析

王礼刚

(湖北文理学院 经济管理学院, 湖北 襄阳 441053)

摘 要:实施创新驱动发展战略,提升科技创新效率是推动新一轮中部崛起的关键。基于省域科技创新投入产出数据,运用三阶段 *DEA* 模型,对中部六省科技创新效率进行评价。结果显示:在剔除环境变量和随机因素后,从样本整体来看,中部地区的综合技术效率值与规模效率值呈现下降态势,而纯技术效率小幅增长;就个体而言,山西、安徽、河南、湖北四省均处于综合技术前沿面上,并且一直位于规模报酬不变阶段,而江西、湖南二省则位于规模报酬递增阶段;环境因素中人均 GDP 变量对提升中部六省科技创新效率有负向作用,科技支出占财政支出比重是提升科技创新效率的有利因素。应持续加大财政科技投入力度,优化科技投入产出效率;坚持体制机制改革,加快科技成果转化。

关键词:三阶段 *DEA* 模型;科技创新效率;SFA 回归;提升路径

分类号:F061.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1673—1395 (2021)03—0095—06

中部地区地处内陆腹地,地理区位优势突出,是全国的“一中心四区”,即全国重要先进制造业中心、新型城镇化重点区、现代农业发展核心区、生态文明建设示范区、全方位开放重要支撑区。2019 年中部地区以 14.9%的土地承载了 29.5% 的全国人口,创造了 22.1% 的全国 GDP,经济增速达到 10.8%,高于全国平均水平 1.9 个百分点,在四大区域板块中增速继续领跑。在实施“一带一路”、京津冀协同发展、长江经济带三大国家战略中,发挥着承东启西、呼应南北的枢纽作用,是缩小经济南北分化差距的重要空间载体。2019 年 5 月在推动中部地区崛起工作座谈会上,习近平总书记提出的“贯彻新发展理念推动高质量发展、奋力开创中部地区崛起新局面”^[1],对统筹区域协调、实现中部地区高质量发展具有重大现实和历史意义。实施创新驱动发展战略,提升科技创新效率是推动新一轮中部崛起的关键。《中国区域创新能力评价报告 2019》研究结果

显示:东部沿海省份及北京、上海等特大型城市是全国科技创新能力领先地区,而中部地区较之仍有一定差距^[2]。为增强区域科技创新能力,“十三五”以来中部六省分别制定实施了省域科技创新发展规划,全社会研发投入占 GDP 的比例均逐年上升,如何科学评价和持续提升中部地区科技创新效率就成为区域创新的重要议题。因此,笔者采用三阶段 *DEA* 模型方法,以规避传统 *DEA* 模型中环境变量和随机因素干扰的影响,客观地评价中部地区的科技创新效率,以及研判制约其效率提升的主要因素,为优化科技资源配置、增强中部地区科技综合实力和竞争力提出相应的对策建议。

一、科技创新效率评价的研究状况

现有关于科技创新效率评价的研究成果主要集中在区域科技创新效率^[3~10]、农业科技创新效率^[11]、海洋科技创新效率^[12~15]、高校或科研机构科技创新

收稿日期:2020-12-30

基金项目:湖北省教育厅人文社会科学研究项目“汉江流域城市群绿色发展的绩效评估与提升路径”(18Y127);湖北省鄂北区域研究中心重点课题“襄十随神城市群差异化协同发展的路径研究”(2021JDA001)

作者简介:王礼刚(1978—),男,湖北襄阳人,副教授,博士,主要从事科技政策与区域经济研究。

效率、文化业科技创新效率^[16]、制造业科技创新效率^[17~19]、企业科技创新效率^[20~22]等方面。学者们通过选取能够反映科技创新投入产出绝对量的指标,构建科技创新投入产出评价指标体系,探索研究对象的综合技术效率值、纯技术效率与规模效率的阶段性和总体变化情况、科技创新效率的空间分布特点、以及关键影响因素,并得出相应提升科创效率的策略。大部分研究成果采用计量实证工具,通过测算一定时期内科技创新投入产出样本数据,得到科技创新绩效水平,一般认为科技创新绩效水平与科技资源的有效配置程度呈正相关关系。目前政府部门和学术机构尚未对科技创新效率设计一套权威的评价指标体系和公认的定量研究方法,因此关于相关理论与实践研究成果对于科技创新效率的评价测算、研究工具、影响因素等还未形成统一认识。

综上,学术界关于科技创新效率评价的相关文献较多,而在研究方法和研究对象上还存在以下不足:第一,在研究方法上主要聚焦传统 DEA 方法,大多研究成果未考虑环境变量和随机因素对 DEA 模型的影响,只采用两阶段 DEA 分析模型,因此得到的结论不够准确;第二,在研究对象上,目前采用三阶段 DEA 模型的研究文献,往往关注的是省市科技创新效率、产业创新效率、企业创新效率等层

面,然而现今崛起势头正劲、发展大有可为的中部地区科技创新效率却鲜有研究,仅有的个别研究^[23]由于研究工具的科学性、指标体系选择的有限性,计算得到的效率值较难反映实际效率。鉴于此,本研究运用三阶段 DEA 模型测算研究期内中部地区科技创新效率,并比较分析三阶段 DEA 模型与传统 DEA 模型的估计效果。

二、数据来源、指标选择与研究方法

(一)数据来源与指标选择

研究数据来源于 2018 年的《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国城市统计年鉴》以及 2018 年中部六省统计资料,依据科学性、可得性和针对性原则,选取作为投入变量的指标分别是研发机构 R&D 人员全时当量、公有企事业单位专技人数、研发机构 R&D 经费内部支出、研发机构 R&D 经费外部支出。同时,选取作为产出变量的指标分别是科技论文数、科技著作、发明专利拥有量、国家或行业标准数。另外考虑到影响中部六省科技创新效率且不可控制等因素,选取作为环境变量的指标分别是人均 GDP、科技支出占财政支出比重。各项投入变量、产出变量与环境变量的名称、解释与单位如表 1 所示。

表 1 指标选择

指标类别	指标名称	指标解释	单位
投入变量	R&D 人员全时当量(X_1)	科技人力资源投入量	人·年
	企事业单位专技人数(X_2)	科技服务人力投入	人
	R&D 经费内部支出(X_3)	科技投入强度	万元
	R&D 经费外部支出(X_4)	产学研合作水平	万元
产出变量	科技论文数(Y_1)	科技产出水平	篇
	科技著作(Y_2)	科技产出水平	种
	发明专利拥有量(Y_3)	科技成果水平	件
	国家或行业标准数(Y_4)	科技产出效益	项
环境变量	人均 GDP(E_1)	区域经济发展水平	元
	科技支出占财政支出比重(E_2)	财政支出对科技发展支持力度	%

(二)算法模型——三阶段 DEA 方法

科技创新效率是指在既定科学研究和技术创新资源要素配置的约束条件下,单位科技创新产出所需要消耗的要素投入量,或者是单位要素投入所得到的科技创新产出量^[24]。显然,一个科技创新效率更高的区域,能够在相同创新投入下实现数量更多、质量更优的创新产出。因而,科技创新效率是创新能力的关键组成部分。要实现对中部地区省域科技创新效率的科学测度,关键要客观合理地设置测度

指标体系。笔者拟采取三阶段 DEA 模型对中部地区科技创新效率进行测度。数据包络模型(Data Envelopment, DEA)是一种给予被评价对象间相对比较的非参数技术效率分析方法,本质上是一个线性规划问题。而三阶段 DEA 模型是一种对传统 DEA 模型进行改进修正的模型,Fried 首先提出通过 SFA 回归可有效剥离 DEA 模型中环境因素与随机噪声对评价决策单元(DMU)的影响^[25],具体算法步骤如下。

第一阶段：传统 DEA 模型分析初始效率

在本阶段使用 DEA-BBC(规模报酬可变)模型,计算出来的综合技术效率、纯技术效率和规模效率,纯技术效率和规模效率之积即为综合技术效率。根据 Fried 的观点,在第二阶段有必要使用 SFA(Stochastic Frontier Analysis)方法,以剥离环境因素和随机噪声对评价决策单元(DMU)的影响^[26]。

第二阶段：SFA 回归剔除环境因素和随机噪声

首先,将第一阶段得到的松弛变量作为被解释变量,环境变量作为解释变量,得到调整后的各项投入值。本研究采用 Frontier4.1 软件借鉴 Jondrow 等所研究出的公式进行 SFA 回归分析,得出相关环境值：

$$f^n(E_j;\beta_j)=\beta_0+\beta_1E_1+\beta_2E_2(1)$$

式中, $f^n(E_j;\beta_j)$ 为环境值, β_0 为常规项系数, β_1 、 β_2 为环境变量系数。

其次,分析混合误差项。

$$\epsilon_i=u_{ni}+v_{ni}=S_{ni}-f^n(E_j;\beta_j)(2)$$

式中, ϵ_i 为混合误差项, S_{ni} 为第 i 个评价决策单元、第 n 项投入要素的松弛变量值, E_j 为环境变量, β_j 为环境变量系数, u_{ni} 为管理无效率项, v_{ni} 为随机误差项。

再次,对管理无效率以及随机干扰项进行分离。

$$E(\mu|\epsilon)=\sigma_*\left[\frac{\varphi(\lambda\frac{\epsilon}{\sigma})}{\Phi(\frac{\lambda\epsilon}{\sigma})}+\frac{\lambda\epsilon}{\sigma}\right](3)$$

式中, $\sigma_*=\frac{\sigma_\mu\sigma_v}{\sigma}$, $\sigma=\sqrt{\sigma_\mu^2+\sigma_v^2}$, $\lambda=\sigma_\mu/\sigma_v$, σ_μ 为管理无效率项下的标准差, σ_v 为随机误差项下的标准差。

接着,计算调整后的各项投入值。

$$x_{ni}^A=x_{ni}+[max\ f_i\beta^n-f_i\beta^n]+[max\ v_{ni}-v_{ni}],n=1\cdots N,i=1\cdots I(4)$$

式中, x_{ni}^A 和 x_{ni} 分别代表调整后和调整前投入

数量。 $[\max\{f_i\beta^n\}-f_i\beta^n]$ 、 $[\max\{v_{ni}\}-v_{ni}]$ 分别代表调整后的环境变量和随机扰动项。

最后,与各评价决策单位的原始投入变量进行求和,计算调整后的投入变量值。

第三阶段：调整后的投入产出变量的 DEA 效率分析

在此阶段,运用调整后的产出投入变量值再次测度各决策评价单元的科技创新效率,该科技创新效率已剔除环境以及随机噪声因素,结果相对真实准确。

三、三阶段 DEA 评价结果分析

(一)第一阶段——传统 DEA 结果分析

基于规模收益可变的 DEA-BBC 模型,采用 DEAP-Version 2.1 软件对第一阶段进行效率评价,结果如表 2 所示。中部六省投入产出的综合技术效率平均值为 0.915,纯技术效率为 0.975,规模效率为 0.937,表明在第一阶段,2017 年中部地区科技创新效率非 DEA 有效,科技创新发展过程中现有生产规模与最优生产规模之间还有一定差距,其影响因素是纯技术无效率与规模无效率,但主要原因还是规模效率偏低。山西、安徽、河南、湖北等四省的综合技术效率、纯技术效率和规模效率值均为 1,说明在科技创新进程中资源配置和生产规模实现了有效性,科技创新效率实现了局部 DEA 有效。而江西、湖南两省综合技术效率值均小于 1,说明两省的科技创新效率非 DEA 有效,还有科技创新投入冗余现象发生;在规模报酬类型上表现为规模报酬递增,可见两省在科技创新投入规模水平上还未达到科学有效的水平,科技创新投入未能全部有效转化为相应产出,规模效应还有待凸显。

(二)第二阶段——SFA 回归结果分析

将环境变量作为模型解释变量,同时将第一阶段得到的松弛变量作为模型被解释变量,通过标准

表 2 第一阶段 DEA 效率值

决策单元	第一阶段效率值			
	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	综合技术效率类型
山西	1.000	1.000	1.000	—
安徽	1.000	1.000	1.000	—
江西	0.731	1.000	0.731	irs
河南	1.000	1.000	1.000	—
湖北	1.000	1.000	1.000	—
湖南	0.756	0.849	0.891	irs
平均值	0.915	0.975	0.937	

注：—表示规模报酬不变,irs 表示规模报酬递增。

差处理得到新的环境变量值,再通过 LR 检验(单边广义似然似检验)可分析得到,在 1%的显著水平上模型的 LR 单边检验值分别为 8.65、8.60、8.65、8.62,均通过了 LR 检验,而管理无效率方差占总方差的比 $\nu(\gamma)$ 接近于 1(见表 3),表明 X_1 (R&D

人员全时当量)投入冗余、 X_2 (企事业单位专技人数)投入冗余、 X_3 (R&D 经费内部支出)投入冗余、 X_4 (R&D 经费外部支出)投入冗余,主要是受到管理无效率的影响,而受到来自随机误差项的影响不大。下面依次对环境变量的影响进行分析。

表 3 第二阶段 SFA 回归结果

	X_1 投入松弛标量	X_2 投入松弛标量	X_3 投入松弛标量	X_4 投入松弛标量
常数	-12167.26*** (-12167.26)	-82113.01*** (-82113.01)	-475899.78*** (-475899.81)	-5245.04*** (-5245.04)
人均 GDP(E_1)	0.39*** (39.02)	2.61*** (4.27)	15.25*** (88.178)	0.17*** (3.34)
科技支出占财政支出比重(E_2)	-35.56.*** (53.88)	-240.00.*** (255.95)	-13.98*** (26.98)	-15.41*** (17.38)
sigma-squared	111794360*** (111794360)	5091646100*** (5091646100.)	172886060000*** (172886060000)	21000366*** (21000366)
gamma	1.00*** (2318237.2)	1.00*** (2644.54)	1.000*** (965762.94)	1.00*** (144.22)
Log likelihood function	-59.00	-70.48	-81.03	-54.00
LR test of the one-sided error	8.65	8.60	8.65	8.62

注:***、**、*表示估计结果在 1%、5%、10%水平上显著;括号内的数值为 t 值。sigma-squared 表示组合误差(无效率项及随机误差项)的协方差, gamma 表示管理无效率方差占总方差的比, Log likelihood function 表示对数似然函数值, LR test of the one-sided error 表示单边广义似然似检验值。

1. 人均 GDP
 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的环境变量 E_1 (人均 GDP)、环境变量 E_2 (科技支出占财政支出比重)在 1%的水平上显著,且 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的环境变量 E_1 系数均为正数(如表 3 所示),呈现显著的正相关关系,说明随着经济发展水平的不断提高,将会增加 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的投入冗余,即中部六省的经济发展水平对科技创新效率有负向影响,主要原因是近年来中部地区不断加大基础设施建设和深化社会保障制度改革,经济社会发展成果全民共享,相对于东部地区来讲,科技创新持续投入不足,科技成果在本区域内转化为现实生产力不够,在一定程度上内形成了科技创新效率与区域经济发展水平反向的关系。

2. 科技支出占财政支出比重
环境变量 E_2 (科技支出占财政支出比重)反映了政府财政支出对科技创新发展的支持力度,如表 3 所示,在 1%的显著水平上, X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的环境变量 E_2 系数均为负数,呈现显著的负相关关系,说明政府财政支出对科技发展的支持规模越大,将会减少 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 的投入冗余,即政府财政科技支出规模越大,会在一定程度上提升中部六省科技创新效率,能够弥补科技管理效率不足的短板。同时科技创新还有赖于政府的科技补助政策,缺乏

有效的支撑创新驱动发展的市场化环境。
(三)第三阶段——调整的 DEA 结果分析
采用 DEAP-Version 2.1 软件对剥离环境因素和随机干扰因素后的投入变量值,以及原始产出变量值进行 DEA-BBC 模型计算分析。结果如表 4 所示,第三阶段的综合技术效率值为 0.912,纯技术效率值为 0.983,规模效率值为 0.927,与第一阶段相比,综合技术效率值、规模效率值有小幅下降,纯技术效率值稍有提升,表明三阶段 DEA 模型得出结果显著优于第一阶段传统 DEA 估计结果,中部六省科技创新效率主要受限于较低的规模效率。
从综合技术效率来看,山西、安徽、河南、湖北四省一直处于综合技术前沿面行列,表明环境因素、随机误差对以上四省的综合技术效率并无影响,而江西、湖南综合技术效率一直小于 1,且第三阶段与第一阶段相比,江西综合技术效率下降,湖南综合技术效率略有上升;从纯技术效率和规模效率来看,山西、安徽、河南、湖北四省均处于纯技术前沿面与规模前沿面。江西科技创新效率较低的主要影响因素为规模效率,而第一阶段湖南的科技创新效率较低的主要影响因素为纯技术效率,到第三阶段主要影响因素就转变为规模效率;从规模报酬类型来看,山西、安徽、河南、湖北均呈现规模报酬不变,而江西、

湖南一直呈现规模报酬递增。根据经典的经济学理论,最优生产状态应处于生产前沿面上的规模报酬递减(*drs*)阶段(此时边际产量小于平均产量但边际产量大于 0)中的某点,所以中部地区科技创新总体上还未达到合理的科技投入规模水平^[27]。

在剥离环境因素和随机干扰因素后,山西、安徽、河南、湖北四省的纯技术效率值和规模效率值均为 1,表明整体上达到 *DEA* 有效,决策主体管理水

平较高,科技创新投入产出结构匹配较好;江西纯技术效率值为 1,规模效率值为 0.711,表明江西未来科技创新效率改进的方向,应重在优化科技资源配置,破除科技资源配置“碎片化”。湖南纯技术效率值、规模效率值均小于 0.9,表明提升科技创新效率,要从改进资源配置效率和投入产出管理水平两个方面着手进行。具体见表 4。

表 4 第三阶段 *DEA* 效率值

决策单元	第三阶段效率值			
	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	综合技术效率类型
山西	1.000	1.000	1.000	—
安徽	1.000	1.000	1.000	—
江西	0.711	1.000	0.711	<i>irs</i>
河南	1.000	1.000	1.000	—
湖北	1.000	1.000	1.000	—
湖南	0.763	0.895	0.852	<i>irs</i>
平均值	0.912	0.983	0.927	

注:—表示规模报酬不变,*irs* 表示规模报酬递增。

(四)松弛变量值的变化

在剥离环境因素及随机干扰项后,各项投入的松弛变量大都无变化,基本为紧致状态。只有湖南 X_1 在第三阶段的松弛变量值表现出减小的态势,说

明在第三阶段剥离管理无效项后,能够较为真实地反映投入情况。总体来看,第三阶段与第一阶段相比,各项投入的松弛变量变化趋势基本相同。具体见表 5。

表 5 第三阶段与第一阶段松弛变量值的对比

地区	第一阶段松弛变量值				第三阶段松弛变量值			
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
山西	0	0	0	0	0	0	0	0
安徽	0	0	0	0	0	0	0	0
江西	0	0	0	0	0	0	0	0
河南	0	0	0	0	0	0	0	0
湖北	0	0	0	0	0	0	0	0
湖南	1966.44	0	0	0	1441.88	0	0	0

四、结论与政策建议

(一)结论

通过构建三阶段的 *DEA* 模型对中部地区科技创新效率进行实证测度,得到以下结论。

第一,通过对第一阶段和第三阶段各效率值进行对比分析,可以得到中部地区综合技术效率值、规模效率值有小幅下降,纯技术效率值稍有提升。从不同省域平均值来看,综合技术效率普遍较高;从整体来看,中部六省科技创新效率主要受限于较低的规模效率。

第二,在剔除环境变量和随机因素干扰后,山

西、安徽、河南、湖北四省均处于综合技术前沿面行列;山西、安徽、河南、湖北均呈现规模报酬不变,而江西、湖南一直呈现规模报酬递增,表明中部六省科技创新投入规模水平还需进一步改进。

第三,经过第二阶段的 *SFA* 回归分析可见,环境因素中人均 GDP 变量对科技创新效率有负向影响,科技创新效率与区域经济发展水平呈现反向关系;反映政府财政支出对科技发展支持力度的环境因素——科技支出占财政支出比重,是提升中部六省科技创新效率的有利因素,具有显著且正向的影响,说明中部六省还存在科技创新体系建设和市场化发展滞后等问题。

(二)政策建议

第一,持续加大财政科技投入力度,优化科技投入产出效率。鉴于中部六省科技创新效率尚未处于规模报酬递减阶段,仍有较大改进空间的情况,以及中部六省科技创新效率主要受限于较低的规模效率。中部六省应持续加大财政科技创新投入,优化提升科研项目经费管理水平。坚持有所为、有所不为的原则,强化对基础研究和应用研究的投入力度,加快新旧动能转换,培育和发展战略新兴产业,以促进科技创新投入产出结构科学合理。

第二,坚持科技创新体制机制改革,加快科技成果转化。针对前文分析的结论,即中部地区政府对科技创新的直接投入能够显著提升科技创新效率,科技创新还有赖于政府的科技补助政策,建议中部六省在加大政府财政支持的基础上,应深入推进科技成果转化和技术转移的体制机制改革,充分发挥市场在科技资源配置中的决定性作用,形成“政府推动、市场主导”的体制机制,实施“五链统筹”行动,着力推动创新链、产业链、人才链、政策链、资金链深度融合,引导科技资源向经济社会发展一线聚集,提升科技创新效率。

第三,因地制宜,实行有差别的科技创新政策。鉴于中部六省科技创新效率存在区域差异,不同地区应结合各自的资源禀赋和发展定位,制定并实行差异化的科技创新发展政策。比如规模效率较低的省份应加大在人才、经费、科研环境等要素的投入,扩大科技投入规模;纯技术效率较低的省份应优先完善科技创新体制机制,提高科技管理水平。另外,建议中部六省围绕提升科技创新效率目标,加速科技投入要素向本地区的国家中心城市、国家创新型城市,尤其是向国家综合性产业创新中心和战略性新兴产业集群集聚,形成若干科技创新企业密集的中心城市节点。加强科技信息共享,积极构建中部地区科技创新联盟,充分发掘城市间协同放大效应,打造中部科技创新的“雁阵”格局。

参考文献:

- [1]习近平.贯彻新发展理念推动高质量发展奋力开创中部地区崛起新局面[EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-05/22/c_1124529225.htm, 2019-05-22.
- [2]中国科技发展战略研究小组,中国科学院大学中国创新创业管理研究中心.中国区域创新能力评价报告[M].北京:科学技术文献出版社,2019.
- [3]王元亮.河南城市科技创新效率评价及影响因素研究[J].区域经济评论,2020(2).
- [4]李向荣,朱少英,刘东阳.长江经济带科技创新效率和科技创新支

撑下的经济发展效率测度分析[J].重庆大学学报(社会科学版),2020(5).

- [5]范建平,连嘉琪,吴美琴.中国区域科技创新效率研究——基于三阶段EBM-Windows模型[J].中国科技论坛,2019(11).
- [6]胡丽娜.基于DEA的区域科技创新效率测算与评价[J].数学的实践与认识,2019(17).
- [7]潘娟,张玉喜.中国研发投入科技创新效率的PP-SFA分析——基于中国30个省域实证研究[J].系统工程,2019(2).
- [8]许建红,梁玲,孔令丞.东部12省市科技创新效率的DEA测评与上海科创策略研究[J].上海对外经贸大学学报,2019(2).
- [9]熊曦,关忠诚,杨国梁,郑海军.嵌套并联储结构两阶段DEA下科技创新效率测度与分解[J].中国管理科学,2019(3).
- [10]田红宇,祝志勇,刘魏.政府主导、地方政府竞争与科技创新效率[J].软科学,2019(2).
- [11]赵丽娟,张玉喜,潘方卉.政府R&D投入、环境规制与农业科技创新效率[J].科研管理,2019(2).
- [12]鲁亚运,唐李伟,李杏筠.中国海洋科技创新效率省际差异及驱动因素分析[J].科技管理研究,2020(11).
- [13]康旺霖,邹玉坤,王奎.我国省域海洋科技创新效率研究[J].统计与决策,2020(4).
- [14]闫实,张鹏.中国沿海省域海洋科技创新效率空间格局及空间效应研究[J].山东大学学报(哲学社会科学版),2019(6).
- [15]高田义,常飞,高斯琪.青岛海洋经济产业结构转型升级研究——基于科技创新效率的分析与评价[J].管理评论,2018(12).
- [16]李荣.基于三阶段DEA模型的国家大学科技园孵化效率研究[J].科技管理研究,2019(6).
- [17]韩东林,袁茜,李春影.我国中部地区文化制造业科技创新效率评价[J].科技进步与对策,2016(6).
- [18]张铁山,孙兴达.北京高端装备制造业科技创新效率评价研究[J].统计与决策,2020(4).
- [19]傅为忠,聂锡云.基于StoNED-Tobit模型的高端制造业科技创新效率研究[J].科技管理研究,2019(7).
- [20]王义新,孔锐.价值链视角下规模以上工业企业科技创新效率及关键影响因素研究——基于DEA-Tobit两阶段模型[J].科技管理研究,2019(3).
- [21]贾晓霞,丁寒.跨省域合作网络结构对企业创新效率的影响研究——基于三阶段DEA模型[J].商业经济研究,2019(17).
- [22]常亮,罗剑朝.科技金融投入差异对科技创新效率的影响研究——基于陕西省237家企业的经验考察[J].西安财经学院学报,2019(2).
- [23]姚彦雄,李豪.中部六省科技创新效率评价研究——基于二阶段DEA模型[J].科技和产业,2019(12).
- [24]揭晓蒙,汪永生,王文涛.基于三阶段DEA模型的中国涉海企业科技创新效率评价[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2020(2).
- [25]成刚.数据包络分析方法与MaxDEA软件[M].北京:知识产权出版社,2014.
- [26]唐莉,周晏起.中国科研及开发机构科研效率分析——基于三阶段DEA模型[J].农业展望,2020(1).
- [27]李玲,李强,张爱宁.基于两阶段DEA模型的西北五省科技创新绩效评价[J].商业经济研究,2015(19).

责任编辑 胡号寰 E-mail:huhao2@126.com