

# 中部六省高技术产业科技资源配置效率研究

## ——基于超效率SBM-Global Malmquist指数模型

戴林燕

江西财经大学公共管理学院, 江西 南昌

收稿日期: 2025年5月22日; 录用日期: 2025年6月20日; 发布日期: 2025年7月15日

### 摘要

高技术产业是维护国家安全、增强国家国际竞争力的重要力量。文章运用基于全局参比的超效率SBM模型和Global Malmquist指数分别测算中部六省高技术产业科技资源配置静态以及动态效率。研究结果表明: 从静态角度来看, 中部六省高技术产业科技资源配置效率整体水平偏低, 不同省份在各产业资源配置领域的表现也存在明显差异, 江西省医药制造业科技资源配置效率最高, 而安徽省在医疗仪器设备及仪器仪表制造业方面科技资源配置效率较高, 山西省则在高技术产业其它两个行业表现较好。从动态角度来看, 仅计算机及办公设备制造业在整个研究期内科技资源配置效率呈现出增长趋势, 而另外三个行业因技术进步有限或技术效率降低, 科技资源配置效率呈现下降趋势。基于此, 提出优化中部六省科技资源配置效率的政策建议。

### 关键词

高技术产业, 科技资源配置效率, 全局参比法, 超效率SBM模型, Global Malmquist指数

# Study on the Efficiency of Science and Technology Resource Allocation in High-Tech Industries in Six Central Provinces

## —Based on the Super-Efficient SBM-Global Malmquist Index Model

Linyan Dai

School of Public Administration, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi

Received: May 22<sup>nd</sup>, 2025; accepted: Jun. 20<sup>th</sup>, 2025; published: Jul. 15<sup>th</sup>, 2025

## Abstract

High-tech industry is an important force to maintain national security and enhance national international competitiveness. The article applies the global reference-based super-efficiency SBM model and Global Malmquist Index to measure the static and dynamic efficiency of high-tech industry S&T resource allocation in the six central provinces respectively. The research results show that: from the static point of view, the overall level of high-tech industry S&T resource allocation efficiency in the six provinces in central China is on the low side, and there are obvious differences in the performance of different provinces in the field of resource allocation in various industries, with Jiangxi Province having the highest S&T resource allocation efficiency in the pharmaceutical manufacturing industry, Anhui Province having a high S&T resource allocation efficiency in the manufacturing industry of medical equipment and instruments, and Shanxi Province performing better in the other two sectors of the high-tech industry. Industry performance is better. From the dynamic point of view, only the computer and office equipment manufacturing industry in the whole study period of science and technology resources allocation efficiency shows a trend of growth, while the other three industries due to limited technological progress or technical efficiency, science and technology resources allocation efficiency shows a downward trend. Based on this, policy recommendations are proposed to optimise the efficiency of S&T resource allocation in the six central provinces.

## Keywords

High-Tech Industry, S&T Resource Allocation Efficiency, Global Parametric Approach, Super-Efficient SBM Model, Global Malmquist Index

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高技术产业的发展具有极其重要的战略意义和深远的经济影响。它不仅是推动国家科技进步、提升国际竞争力的关键领域，而且对优化产业结构、促进经济增长方式转变有着不可替代的作用。中部地区以全国十分之一的国土面积，创造了约五分之一的经济总量。在我国现代化产业体系和区域发展格局中，中部“脊梁”的地位举足轻重。2004年3月，政府工作报告首次提出“促进中部地区崛起”。2021年3月，中央政治局会议审议《关于新时代推动中部地区高质量发展的指导意见》，强调要“着力构建以先进制造业为支撑的现代产业体系”。2024年国家发布《关于以高水平保护促进中部地区加快崛起的实施意见》，旨在通过加强环境保护和生态建设，推动中部地区实现绿色、可持续地高质量发展。这一系列政策措施的实施为中部地区的高质量发展提供了重要支撑。

高技术产业的发展对于优化产业结构、提高资源利用效率、促进绿色低碳转型至关重要，是中部地区实现可持续发展的关键路径。随着科技创新体系的不断深化和科研基础设施的逐步完善，中部地区科技成果向实际生产力转化的能力也在稳步提升。但中部地区科技创新能力与东部沿海地区相比，仍有较大提升空间。鉴于此，如何有效地利用有限的科技资源以促进高效创新，成为中部六省高技术产业实现可持续发展目标的关键因素。深入研究并提高高技术产业科技资源配置效率，对于推动该地区经济高质量发展具有至关重要的意义。

科技资源配置是资源配置的一个重要分支,专注于科技资源在不同科技活动中的分配和使用。科技资源配置效率直接关系到一个国家或地区的创新能力和发展潜力。国家创新系统理论(Freeman, 1987; Lundvall, 1992)指出,科技创新不仅是单一主体的行为,更是多方协同的结果,即政府、企业、高校、科研机构之间的互动关系对提升科技资源配置效率至关重要。科技创新资源优化配置本质就是通过要素重组实现帕累托改进,其运行机制呈现三级架构特征:首先,宏观层面由政府通过行政手段和政策倾斜,调配现有资源,实现整体效率最优;其次,从中观层面来看,行业根据其自身发展现状,结合各区域发展优势,对科研资源进行再次调配,实现行业产出帕累托有效;最后,企业或个人从微观出发,基于效用最大化的经济效益目标进行科技创新资源配置[1]。因此,科技资源配置的研究不仅具有重要的理论意义,也为政策制定提供了实践指导。通过梳理现有文献,目前学术界有关于高技术产业资源配置方面的研究较为丰富,研究内容围绕以下两个方面:

1) 科技资源配置效率研究方法。科技资源配置效率是反映高新技术产业运用和整合科技资源能力的重要指标[2]。大部分研究所采用的方法分为参数法和非参数法。参数法中以随机前沿法(SFA)运用较多。该方法需要假设生产函数的形式,如果实际生产过程不符合这些假设,可能会导致效率估计的偏差,并且在处理多产出和多投入问题时较为复杂[3]。而非参数法中的 DEA 方法比较客观,能够处理多投入与多产出的情况[4]。因此,大多数研究使用 DEA 或其改进方法对科技资源配置效率进行研究。徐晔[5]和郑珊珊[6]等均使用数据包络分析对我国高技术产业各行业的资源配置效率进行分析评价。但是传统 DEA 模型在面对多个决策单元同时有效的情况时,难以进一步区分其相对效率。因此很多学者例如徐超和严焰[7]、杨剑和程华东[8]等采用超效率 DEA 模型对各城市或各产业科技创新资源配置效率进行评价。而赖一飞[9]、罗珊[10]等则选择使用超效率 SBM 模型对效率进行测度。除此之外,考虑到环境因素和随机误差的影响,国外学者 Fried 等(2002) [1]最早提出三阶段 DEA 模型,该方法相较于传统 DEA 具有显著优势。曾鹏和黄晶秋[12]等人在国内将其应用于城市群科技创新资源配置效率的定量分析中。除了对科技资源配置静态效率的研究外,大多数文献会选择结合使用 Malmquist 指数对地区或行业科技资源配置动态演变进行分析,例如李俊霞和温小霓[13]使用 Malmquist 指数对中国 27 个省区科技金融资源配置效率进行动态分析。而游达明等[14]则使用 SBM 模型与 Malmquist 指数相结合考察我国 29 个省市科技资源配置效率。

2) 高技术产业科技资源配置效率。从研究区域来看,大多数研究聚焦于全国范围、特定城市群或省份的高技术产业发展情况。肖泽磊[15]对中国所有省份高技术产业科技资源配置效率进行研究。刘杨和王海芸等[16]也选择以京津冀城市的群科技资源配置效率为研究区域。从研究对象来看,多数研究倾向于将高技术产业看做是一个整体进行探讨,仅有少部分学者(刘杨和王海芸等[16]、王宏伟和陈多思[17])等着重于研究高技术产业各个细分行业的科技资源配置效率。

通过上述研究可以发现,大多数研究仅从整体产业层面评估高技术产业科技资源配置效率,而对于各个细分行业的研究相对较少,没有重视研究高技术产业各行业的资源配置效率是各不相同的。除此之外,部分文献使用 DEA 方法还存在着决策单元(DMU)数量不足等问题,影响了模型使用的规范性和结果的准确性。因此,文章将从各细分行业角度出发,采用基于全局参比的超效率 SBM 模型和 Global Malmquist 指数分析各细分类别行业数据,进一步从静态和动态双视角评价中部六省高技术产业科技资源配置效率,并结合中部六省高技术产业实际发展状况,提出提高高技术产业科技资源配置效率的政策建议。

## 2. 研究方法 with 指标体系构建

### 2.1. 研究方法

本文选择使用基于全局超效率 SBM 模型以及 Global Malmquist 指数的原因主要为以下两点:(1) 扩

充决策单元数量：当进行效率测度时，若决策单元 DMU 数量较少，就会导致投入产出指标在选取数量上受到限制，无法全面反映出问题的性质。而全局参比可以达到扩充决策单元数量的目的，能够更好地反映所研究问题的性质。(2) 实现效率跨期可比：由于超效率 SBM 模型测度的是相对效率，不同考察期所得出的效率值会因各自的效率前沿面不处于同一水平而难以进行直接比较[18]。Pastor [19]等人提出了一种通过全局参比的方式来实现跨期效率的可比性。将不同考察期内的同一样本视为不同的决策单元，并利用所有考察期内所有决策单元的投入与产出数据来构建一个新的综合效率前沿面。以此为基准，对所有决策单元进行效率测度，从而确保了不同考察期之间的效率值具有可比性。

### 2.1.1. 全局超效率 SBM 模型

由于 SBM 模型在运用中会出现多个 DMU 有效性分析，影响对有效 DMU 的评价。学者们进一步构建超效率 SBM 模型，该模型能够进一步区分有效 DMU，避免了传统模型中有效决策单元效率值无法进一步比较差异的局限。因此，本文选择以超效率 SBM 模型全局参比来测算中部六省高科技产业科技资源配置效率。全局参比的超效率 SBM 模型的数学表达式如下：

$$\rho_k = \min \left( 1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}} \right) / \left( 1 - \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h \frac{s_i^+}{y_{ik}} \right) \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1, i \neq k}^n \lambda_i^t x_i^t - s_k^- \leq x_k \\ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1, i \neq k}^n \lambda_i^t y_i^t + s_k^+ \geq y_k \\ \lambda_i^t, s_k^-, s_k^+ \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中， $n$  代表待评价的决策单元(DMU)， $m$  和  $h$  分别表示投入与产出的种类，时期用  $t$  表示， $\rho_k$  表示科技资源配置效率； $i$  和  $k$  分别代表第  $i$  个 DMU 和  $k$  个现有 DMU 的数量； $t$  时期的投入、产出向量分别用  $x^t$  和  $y^t$  表示； $\lambda_i$  表示第  $i$  个决策单元的线性组合系数； $s_k^+$  和  $s_k^-$  表示松弛变量。

### 2.1.2. Global Malmquist 指数

Global Malmquist 指数采用全样本时期数据构建统一生产前沿面。因此，当各时期指数均使用同一参考集时，可以避免不能传递及线性规划无可行解的缺陷。基于全局参比的超效率 SBM 模型，第  $K$  个 DMU 的科技资源配置效率从时期  $t$  到  $t+1$  的跨期变动可以用公式来表示：

$$M_k^G(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_k^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_k^G(x^t, y^t)} \quad (3)$$

其中， $M_k^G$  记为 Global Malmquist 指数，可进一步分解为和技术变化(EC)和技术进步变化(TC)。因此，Global Malmquist 指数分解式如式(4)所示：

$$\begin{aligned} M_c^G &= \frac{D_c^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^G(x^t, y^t)} \\ &= \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \left[ \frac{D_c^G(x^{t+1}, y^{t+1})/D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^G(x^t, y^t)/D_c^t(x^t, y^t)} \right] \\ &= \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_c^G(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^G(x^t, y^t)} \\ &= EC \times TC \end{aligned} \quad (4)$$

参考 Fare 等(1994), 当规模报酬可变时,  $EC$  可以进一步分解为纯技术变化( $PECH$ )和规模效率变化( $SECH$ ), 最终分解式为:

$$Tfpch = EC \times TC = PECH \times SECH \times TC \quad (5)$$

若  $Tfpch > 1$ , 说明从第  $t$  期到  $t+1$  期的全要素生产率上升, 反之则下降。若  $TC > 1$ , 则说明技术进步, 若  $TC < 1$ , 则说明技术退步; 若  $EC > 1$ , 则说明技术效率提升, 即决策单元向技术有效前沿面趋近, 若  $EC < 1$ , 则表明决策单元远离前沿面, 技术效率下降。

## 2.2. 指标体系构建

高技术产业资源配置效率是指在高技术产业中, 各种创新资源在产业内部各环节之间以及不同产业之间的有效分配和利用程度。因此, 文章主要从投入与产出两个方面构建高技术产业科技资源配置效率指标体系。在相关文献研究的基础上, 遵循科学性、针对性、可行性以及数据可得性等原则, 结合中部六省高技术产业发展现状, 选取投入产出指标构建中部六省高技术产业科技资源配置效率测度评价指标体系, 如表 1 所示。

**Table 1.** Evaluation indicator system for the efficiency of science and technology resource allocation in high-tech industries in six central provinces

**表 1.** 中部六省高技术产业科技资源配置效率评价指标体系

指标类型	指标说明	具体指标
投入指标	科技人力资源投入	R&D 人员全时当量(万人/年)
	科技财力资源投入	R&D 内部经费支出/万元 新产品开发经费支出/万元
产出指标	经济产出	新产品销售收入/万元
	非经济产出	新产品开发项目数/项 有效发明专利数/件

### 2.2.1. 投入指标

科技投入是开展科技活动必不可少的基本条件。R&D 人员全时当量是指在一定时期内, 参与研究与试验发展活动的人员投入的总工作量, 因此选择该指标代表科技人力资源投入。R&D 内部经费支出代表区域开展科技活动的经费支出, 新产品开发经费支出[20]是衡量企业或机构在将科技成果商业化和实际应用方面投入多少资源的指标, 能够反映将科技转换为生产力的投入力度, 故选取这两个指标代表科技财力资源投入。

### 2.2.2. 产出指标

科技产出包含科研活动过程中所形成的各类产出形式, 包括直接产出与间接产出。前者通常指科研和开发活动所产生的知识性成果, 选取有效发明专利数作为其量化表征; 后者则是指科技成果转化结果, 包括经济效益、社会效益等, 由于社会效益难以选择指标进行度量, 故只考虑经济效益[21], 并且以新产品销售收入和高技术产业利润总额两个指标来进行衡量。

## 2.3. 数据说明

文章所有数据均来自于《中国高技术产业统计年鉴》。根据国家统计局发布的《高技术产业(制造业)分类(2017)》, 我国高技术产业主要包括六大类制造业。基于 2010~2022 年《中国高技术产业统计年鉴》数据可得性, 并且参照现有文献, 选取医药制造业, 计算机及办公设备制造业、医疗仪器设备及仪器仪表

表制造业以及电子及通信设备制造业四个细分类别行业作为高技术产业代表进行分析。由于 2017 年数据《中国高技术统计年鉴》未公布, 为保证研究的连续性和有效性, 选择采取线性插值法予以补全。

由于科技活动具有长期性和复杂性, 考虑滞后期能够更加准确地评估科技资源配置效率的效果。大部分研究将滞后期设定为 1 年, 而李璐[22]采用三阶滞后期来分析京津冀高校科技资源配置与科技创新效率的关系; 胡振华等[23]同样选定 3 阶滞后期, 对投入和产出指标的多项式滞后模型进行回归并通过检验。而金怀玉[24]等选择滞后四期对中国 30 个省份的科技创新资源配置效率进行研究。在现有研究基础上, 基于本文所建立的高技术产业科技资源配置效率指标体系, 本文设定产出滞后期为 3 期, 即以 2013~2022 年的产出数据对应 2010~2019 年的投入数据。

### 3. 实证分析

#### 3.1. 基于非径向的全局超效率 SBM 模型测算结果

**Table 2.** Comprehensive efficiency value of science and technology resource allocation for high-tech industries in six central provinces (2010~2019)

**表 2.** 中部六省高技术产业科技资源配置综合效率值(2010~2019)

行业	地区	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	均值
医药制造业	安徽	1.266	0.637	0.550	0.538	0.586	0.568	0.477	0.454	0.594	0.404	0.577
	湖北	1.037	0.432	0.366	0.364	0.369	0.392	0.402	0.383	0.419	0.549	0.445
	湖南	1.117	0.532	0.591	1.008	0.428	0.389	0.347	0.440	0.551	0.458	0.544
	江西	1.090	0.646	0.732	0.826	0.699	0.666	1.009	0.612	0.508	0.449	0.699
	山西	0.496	0.370	0.489	0.378	0.359	0.398	0.407	0.295	0.588	0.337	0.404
	河南	1.068	0.503	0.493	0.426	0.406	0.369	0.365	0.379	0.391	0.320	0.443
计算机及办公设备制造业	安徽	0.556	0.506	0.376	0.415	0.525	0.530	0.787	1.091	0.693	0.592	0.580
	湖北	1.069	0.294	0.551	0.368	0.369	0.554	0.464	0.431	0.549	1.257	0.532
	湖南	0.513	0.474	0.424	0.418	0.300	0.348	0.376	0.498	1.130	0.470	0.462
	江西	0.700	0.558	0.656	0.664	0.557	1.016	0.674	0.696	0.537	0.538	0.648
	山西	0.671	0.634	0.601	0.670	0.699	0.695	0.596	0.644	0.854	1.071	0.702
	河南	0.512	0.574	0.499	0.502	0.475	0.470	0.478	0.624	0.761	0.611	0.544
医疗仪器设备及仪器仪表制造业	安徽	0.405	0.417	0.695	1.007	0.820	0.839	0.644	0.838	1.076	0.801	0.721
	湖北	0.659	0.594	0.614	0.674	0.625	0.591	0.514	0.694	1.136	1.070	0.694
	湖南	0.602	0.574	1.061	0.617	0.539	0.510	0.524	0.682	0.630	0.747	0.634
	江西	0.565	0.442	1.015	0.644	0.494	0.608	0.712	0.667	0.677	0.508	0.617
	山西	0.713	0.570	0.245	0.256	0.595	0.572	0.648	0.629	0.624	0.607	0.516
	河南	1.178	0.663	0.455	0.449	0.438	0.466	0.589	0.668	0.556	0.360	0.551
电子及通信设备制造业	安徽	0.778	0.380	0.333	0.516	0.290	0.228	0.191	0.197	0.239	0.189	0.299
	湖北	0.224	0.148	0.139	0.138	0.154	0.176	0.203	0.218	0.447	1.046	0.227
	湖南	1.090	0.592	0.420	0.361	0.272	0.193	0.241	0.248	0.244	0.275	0.340
	江西	0.613	0.567	0.405	0.351	0.374	0.354	0.446	0.405	0.342	0.311	0.407
	山西	0.693	0.786	1.020	0.624	0.672	1.005	0.595	0.396	0.411	0.335	0.614
	河南	0.805	0.852	1.163	0.795	0.659	0.590	0.453	0.405	0.386	0.380	0.606

本文通过使用 MALTAB 软件, 运用规模报酬不变的全局超效率 SBM 模型对中部六省高技术产业科技资源配置效率值进行测算, 结果如表 2 所示。2010~2019 年间中部六省高技术产业各细分行业科技资源配置效率均值均小于 1, 中部六省高技术产业未达到资源配置有效状态, 存在显著的改进空间。从分行

业异质性特征来看,各省份均呈现多维度效率失衡态势。在医药制造业领域,省级效率差异呈现梯度分布特征。江西省科技资源配置效率较高,达到 0.699,而山西省因其医药产业基础薄弱,综合效率均值仅达到 0.404;从计算机及办公设备制造业数据来看,山西省科技资源配置综合效率均值同样达到 0.702,湖南省效率均值相较于其它几个城市较低,为 0.462,反映出湖南省在产业升级过程中的要素错配问题;医疗仪器设备及仪器仪表制造业综合效率均值从整体上看比其它行业高,呈现出相对均衡的效率分布格局,六个省份均大于 0.5,其中安徽省综合效率均值最高,达到 0.721,这与其在长三角一体化战略中承接的产业转移和技术溢出效应形成正向关联。最后,山西省在电子及通信设备制造业方面资源配置效率为 0.614,位居第一,而湖北省最低,仅为 0.227。

由此可见,中部六省高技术产业存在“产业基础-资源禀赋-创新效率”的非对称匹配特征。江西和山西在某些行业中的表现较为突出,而湖北和湖南在部分行业的资源配置效率相对较低,这种跨行业、跨区域的效率异质性,既源于已有的产业发展路径依赖,也反映出区域创新生态系统协同机制的缺失,需要进一步优化资源配置策略,提高整体配置效率。

### 3.2. 中部六省高技术产业科技资源配置效率动态评价

科技资源配置是一个动态过程,本文在全球超效率 SBM 模型的基础上采用 Global Malmquist 指数 (GMI)对各省份高技术产业科技资源配置效率变化情况进行实证分析,得到中部六省高技术产业各行业 GMI 以及各项分解值。

#### 3.2.1. 年份层面

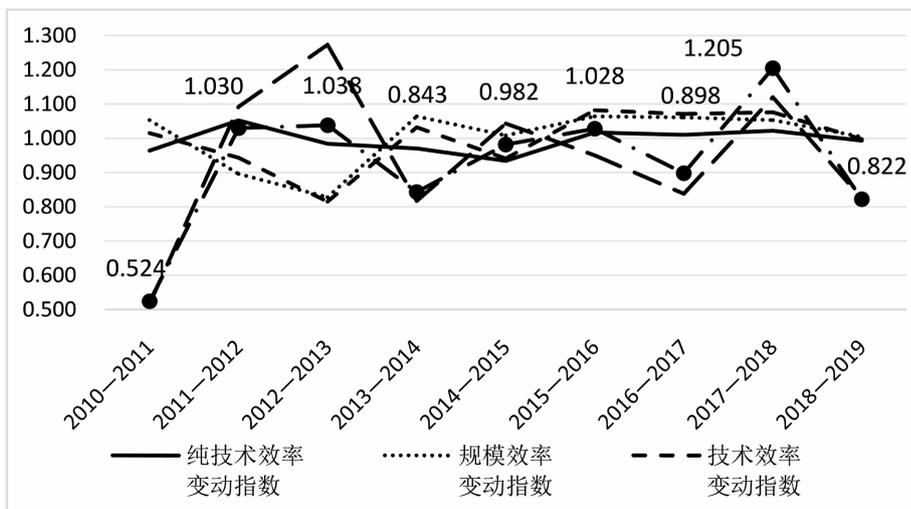
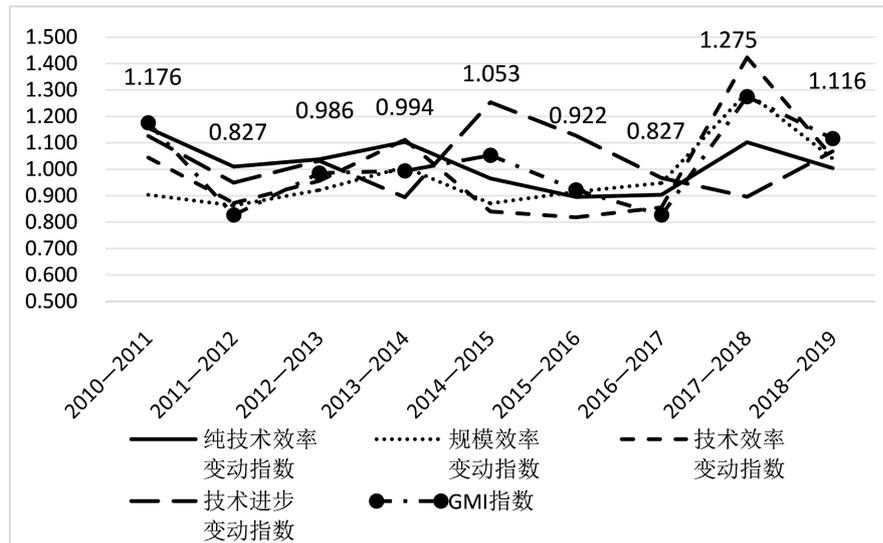


Figure 1. GMI index of science and technology resource allocation in pharmaceutical manufacturing industry in six central provinces and its decomposition (2010~2019)

图 1. 中部六省医药制造业科技资源配置 GMI 指数及其分解(2010~2019)

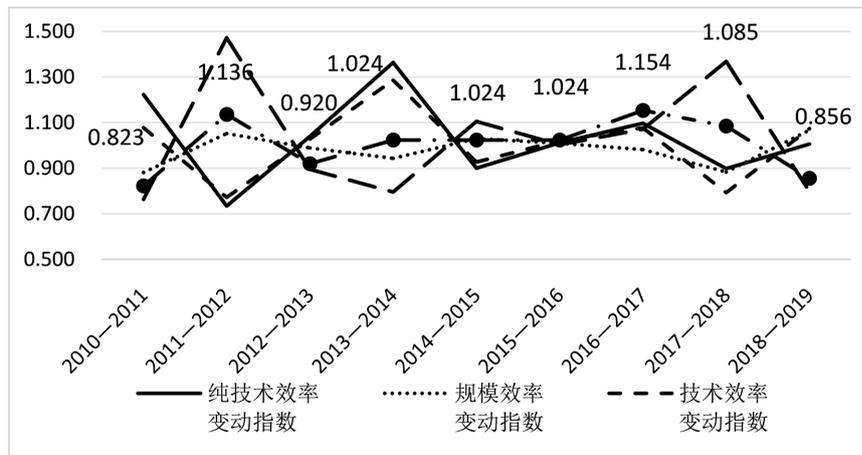
1) 医药制造业。由图 1 可知,医药制造业 2010~2019 年 GMI 均值为 0.909,其中技术效率变动指数和技术进步变动指数均小于 1,表明该时期的总体生产效率有所下降。从各年份来看,2011~2013、2015~2016 和 2017~2018 年间中部六省医药制造业 GMI 均大于 1,说明生产效率逐年提升,科技资源配置在不断优化。而其它年份 GMI 均小于 1,说明生产效率有所下降。由分解指数图 2 可知,2010~2011、2013~2014 和 2016~2017 年间生产效率下降是由于技术进步不足所导致的,2014~2015 年是因技术效率降低所引起,2018~2019 年则是由于技术效率降低和技术进步不足所共同作用。这表明中部六省医药制

制造业依然面临着持续的技术革新挑战，需要加大对研发的投资力度，强化技术创新能力，并提高技术应用效率，以实现行业的长期稳定发展和竞争力的提升。



**Figure 2.** GMI index of science and technology resource allocation in computer and office equipment manufacturing industry in six central provinces and its decomposition (2010~2019)

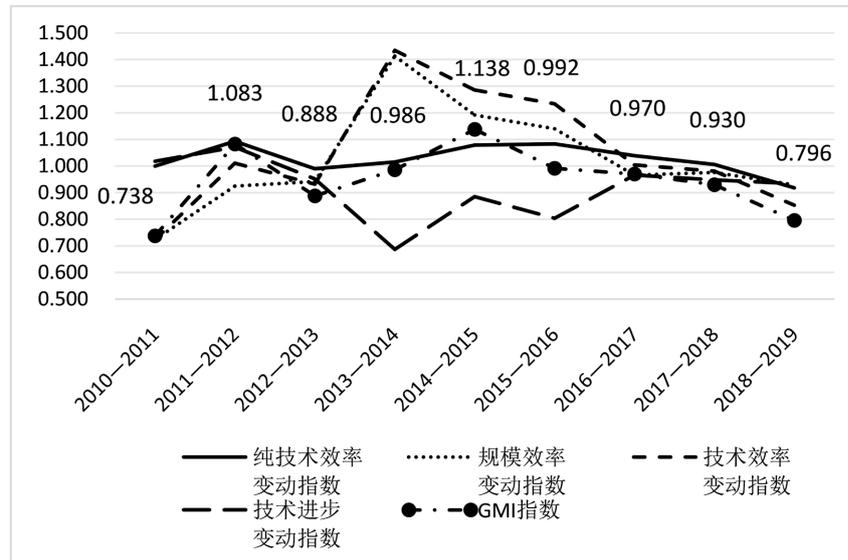
**图 2.** 中部六省计算机及办公设备制造业科技资源配置 GMI 指数及其分解(2010~2019)



**Figure 3.** GM index of science and technology resource allocation and its decomposition in medical instruments and instrumentation manufacturing industry in six central provinces (2010~2019)

**图 3.** 中部六省医疗仪器设备及仪器仪表制造业科技资源配置 GM 指数及其分解(2010~2019)

2) 计算机及办公设备制造业。由图 3 可知，2010~2019 年间中部六省计算机及办公设备制造业 GMI 平均增长率为 1%，其中技术进步的年均增长率为 2.9%，而技术效率的年均增长率为-1.8% (规模效率呈现负增长，纯技术效率呈现正增长)，故技术进步对 GMI 的增长贡献较大，抵消了技术效率下降的影响。此外，2010~2019 年间 GMI 呈现波动下降趋势。其中，2017~2018 年间 GMI 增长率达到最高值 27.5%，而后 2018~2019 年 GMI 出现负增长，下降了 15.9%，其根本原因在于技术进步速率的大幅衰减，由此表明中部六省仍计算机及办公设备制造业需进一步稳定发展，加强技术研发、引进和转化，不断提高技术创新水平，从而提高资源配置能力。



**Figure 4.** GM index of science and technology resource allocation and its decomposition in the electronics and communication equipment manufacturing industry in six central provinces (2010~2019)

**图 4.** 中部六省电子及通信设备制造业科技资源配置 GM 指数及其分解(2010~2019)

3) 医疗仪器设备及仪器仪表制造业。由图 4 可知, 2010~2019 年中六省医疗仪器设备及仪器仪表制造业 GMI 增长率呈现波动态势, 2016~2017 年间达到最高值, 为 15.4%, 随后逐年下降, 2018~2019 年增长率为-14.4%。从整体来看, 2010~2019 年间 GMI 平均值为 0.999, 年均增长率为-0.1%, 显示出科技资源配置效率整体上呈现轻微的下降趋势。从分解指数来看, 技术效率呈现负增长, 增长率为-0.5%, 其中纯技术效率增长率为 1.6%, 规模效率为-2%, 技术进步呈现正增长, 增长率为 0.4%, 说明 GMI 的负增长主要是技术效率尤其是规模效率的下降所导致。由此体现出科技资源配置在规模与结构方面仍存在明显不足。在未来发展中, 中部六省医疗仪器设备及仪器仪表制造业要持续优化资源配置结构, 合理扩大投入规模, 通过提升资源整合效率有效缓解科技资源区域性分布失衡对产业发展形成的制约效应。

**Table 3.** GMI index of high-tech industries and its decomposition in six central provinces (2010~2019)

**表 3.** 中部六省高技术产业 GMI 指数及其分解(2010~2019)

行业	年份	纯技术效率变动(PECH)	规模效率变动(SECH)	技术效率变动(EC)	技术进步变动(TC)	GMI 指数
医药制造业	2010~2011	0.964	1.053	1.015	0.516	0.524
	2011~2012	1.052	0.896	0.943	1.092	1.030
	2012~2013	0.984	0.828	0.815	1.273	1.038
	2013~2014	0.970	1.064	1.032	0.817	0.843
	2014~2015	0.934	1.008	0.941	1.043	0.982
	2015~2016	1.017	1.064	1.082	0.950	1.028
	2016~2017	1.010	1.061	1.071	0.838	0.898
	2017~2018	1.022	1.053	1.076	1.120	1.205
	2018~2019	0.993	1.004	0.997	0.824	0.822
	均值	0.993	1.000	0.994	0.915	0.909

续表

计算机及办公设备制造业	2010~2011	1.156	0.903	1.044	1.126	1.176
	2011~2012	1.010	0.863	0.872	0.949	0.827
	2012~2013	1.038	0.921	0.956	1.032	0.986
	2013~2014	1.103	1.008	1.112	0.894	0.994
	2014~2015	0.965	0.871	0.840	1.253	1.053
	2015~2016	0.895	0.915	0.818	1.127	0.922
	2016~2017	0.903	0.948	0.856	0.967	0.827
	2017~2018	1.102	1.292	1.423	0.896	1.275
	2018~2019	1.004	1.040	1.045	1.068	1.116
均值	1.016	0.966	0.982	1.029	1.010	
医疗仪器设备及仪器仪表制造业	2010~2011	1.223	0.881	1.078	0.764	0.823
	2011~2012	0.734	1.052	0.772	1.472	1.136
	2012~2013	1.040	0.989	1.028	0.895	0.920
	2013~2014	1.364	0.943	1.286	0.796	1.024
	2014~2015	0.900	1.030	0.927	1.105	1.024
	2015~2016	1.012	1.009	1.021	1.003	1.024
	2016~2017	1.097	0.982	1.077	1.071	1.154
	2017~2018	0.898	0.883	0.793	1.368	1.085
	2018~2019	1.006	1.067	1.074	0.797	0.856
均值	1.016	0.980	0.995	1.004	0.999	
电子及通信设备制造业	2010~2011	1.000	0.724	0.724	1.018	0.738
	2011~2012	1.093	0.925	1.011	1.071	1.083
	2012~2013	0.990	0.942	0.932	0.952	0.888
	2013~2014	1.015	1.413	1.435	0.687	0.986
	2014~2015	1.079	1.192	1.286	0.885	1.138
	2015~2016	1.083	1.140	1.234	0.804	0.992
	2016~2017	1.039	0.966	1.004	0.966	0.970
	2017~2018	1.006	0.976	0.981	0.948	0.930
	2018~2019	0.918	0.929	0.853	0.934	0.796
均值	1.024	1.007	1.030	0.911	0.939	

4) 电子及通信设备制造业。由表 3 可知, 该行业在 2010~2019 年 GMI 处于波动上升趋势, 但是上升幅度较小, 故平均值仅为 0.939, 年均增长率为-6.1%。这说明该行业科技成果转化情况总体态势不好, 从各分解指标来看, 技术效率增长率为 3.0%, 技术进步增长率为-8.9%, 由此可知技术效率是推动 GMI 提升的关键因素之一, 但由于技术进步的下降, 抑制了整体生产率的进一步提高。从各年份 GMI 来看, 仅有 2011~2012、2014~2015 年呈现正增长趋势, 其它年份都小于 1, 呈现负增长。并且大部分年份的技术进步变动指数小于 1, 这也说明了技术进步对整体生产力贡献不足的问题。

### 3.2.2. 省份层面

基于省份发展水平各异的实际情况，对 2010~2019 年中部六省高技术产业科技资源配置效率进行分析，见表 4。首先是医药制造业，中部六省 GMI 均值为 0.909，其中湖北、湖南、江西和山西省 GMI 值为 0.9 以上，其它两个省份为 0.8 以上。通过分解值可以发现湖北省和山西省技术效率均大于 1，但是技术进步不足。这表明两省通过优化要素配置提升了技术效率，但技术创新滞后导致 GMI 值下降。其它四个省份 GMI 值小于 1 是由于技术效率降低以及技术进步不足共同作用的结果，未来应着重考虑如何通过技术创新和效率改进来推动行业整体生产力的提升。

**Table 4.** GMI index of S&T resource allocation for high-tech industries in each of the six central provinces and its decomposition result

**表 4.** 中部六省各省份高技术产业科技资源配置 GMI 指数及其分解结果

行业	地区	纯技术效率变动 (PECH)	规模效率变动 (SECH)	技术效率变动 (EC)	技术进步变动 (TC)	GMI
医药制造业	安徽	0.974	1.000	0.974	0.904	0.881
	湖北	1.028	0.984	1.011	0.922	0.932
	湖南	0.993	1.000	0.993	0.912	0.906
	江西	0.990	0.981	0.971	0.933	0.906
	山西	1.054	1.032	1.087	0.881	0.958
	河南	0.926	1.006	0.932	0.939	0.875
	均值	0.993	1.000	0.994	0.915	0.909
计算机及 办公设备 制造业	安徽	1.017	0.920	0.935	0.914	0.855
	湖北	0.990	1.003	0.993	0.982	0.975
	湖南	1.042	0.935	0.974	1.059	1.031
	江西	0.874	1.028	0.898	1.156	1.038
	山西	1.261	0.925	1.166	1.015	1.184
	河南	0.952	0.992	0.944	1.062	1.003
	均值	1.016	0.966	0.981	1.029	1.010
医疗仪器 设备及仪 器仪表制 造业	安徽	1.074	1.000	1.074	1.004	1.079
	湖北	1.013	1.005	1.018	1.037	1.055
	湖南	1.010	0.981	0.991	1.034	1.024
	江西	1.052	1.006	1.058	0.934	0.988
	山西	1.067	0.893	0.952	1.032	0.982
	河南	0.889	0.998	0.888	0.987	0.877
	均值	1.015	0.980	0.995	1.004	0.999
电子及通 信设备制 造业	安徽	0.999	0.784	0.783	1.003	0.785
	湖北	1.046	1.083	1.133	0.835	0.946
	湖南	1.074	0.910	0.977	0.891	0.871
	江西	0.983	1.243	1.222	0.807	0.986
	山西	1.013	1.064	1.078	0.971	1.046
	河南	1.029	1.018	1.048	0.980	1.027
	均值	1.024	1.007	1.030	0.911	0.939

其次是计算机及办公设备制造业，中部六省 GMI 均值为四个行业最高值即 1.010，表明中部六省医药制造业科技资源配置效率年均增长率为 1.0%，说明近年来中部六省计算机及办公设备制造业科技创新资源配置处于不断优化之中。其中湖南、江西、山西以及河南四省 GMI 值均大于 1，占比达到 66.7%，其它两个城市也达到 0.85 以上。从分解指数值来看，湖南、江西和河南省技术进步带动 GMI 值上升，而安徽省和湖北省则因技术效率降低和技术进步不足导致 GMI 小于 1。

再次是医疗仪器设备及仪器仪表制造业，2010~2019 年中六省医疗仪器设备及仪器仪表制造业 GMI 平均值为 0.999，GMI 值大于 1 的省份有 3 个，占比 50%，其中，安徽省 GMI 为 1.079，科技资源配置效率年均增长率为 7.9%。安徽省凭借政府政策支持、良好的产业生态环境以及较为成熟的制造业基础，技术效率不断提高。湖北和湖南省技术效率以及技术进步增长也较为全面，而湖南省和山西省 GMI 小于 1 主要是因为技术进步不足引起的，江西省主要是因技术效率降低所导致；从指数分解来看，大部分省份的纯技术效率以及规模效率都在保持一定的增长，但是有个别省份还存在一定的下降。对于这些省份来说，未来仍需加强技术创新以及研发能力的提高，并且不断完善产业布局，形成规模集聚效应，从而促进产业的不断发展。

最后是电子及通信设备制造业，从整体来看，2010~2019 年中六省全局 GM 指数平均值为 0.939(小于 1)。从各省份来看，仅有山西省和河南省 GM 指数值大于 1，分别为 1.046 和 1.027，均由技术效率所带动。此外除安徽省 GM 指数值为 0.785，其它三个城市均大于 0.85。

## 4. 结论与建议

### 4.1. 研究结论

本文运用全局参比的超效率 SBM 模型以及 Global Malmquist 指数方法，通过构建高技术产业科技资源配置效率评价指标体系，从静态和动态双视角考察 2010 至 2019 年间中部六省高技术产业科技资源配置效率，得出以下研究结论：

1) 在考察期内，中部六省高技术产业科技资源配置效率整体未达到有效状态，表明现阶段中部六省高技术产业科技资源配置效率具有较大提升空间，且在空间上存在不均衡性。安徽省凭借其在科教资源上的显著优势，在精密仪器、光电传感等领域具备强大的原始创新能力，同时依托合肥经开区、高新区形成的高端医疗器械与仪器仪表产业集群，进一步增强了科技资源的集聚效应与转化能力，从而在医疗仪器设备及仪器仪表制造业中取得了最优效率表现；山西省作为传统能源大省，近年来加快推动经济结构的战略性调整，通过加大对新一代信息技术产业的支持力度，在计算机及办公设备制造(0.714)和电子及通信设备制造(0.654)两个领域表现突出；江西省则以 0.724 的效率值位居医药制造业首位。从各行业发展来看，医疗仪器设备及仪器仪表制造业整体综合效率均值较高；二是计算机及办公设备制造业呈现稳步提升态势，效率值从 2010 年 0.670 升至 2019 年 0.757；三是医药制造业，但是其科技资源配置综合效率均值在 2010 年之后呈现出波动下降的趋势；最后是电子及通信设备制造业，效率值整体偏低。

2) GMI 指数动态分析表明，中部六省地区高技术产业科技资源配置总体效率呈上升趋势，得益于技术效率和技术进步率的交替或协同增长。具体来看，在 2010~2019 年间中部六省仅有计算机及办公设备制造业 GMI 呈现增长趋势，其主要贡献来源是技术进步，而其它三个行业均小于 1。医疗仪器设备及仪器仪表制造业技术效率下降是引起 GMI 指数下降的主要原因，而电子及通信设备制造业则是由于技术进步不足，最后技术效率和技术进步不足共同导致医药制造业 GMI 值小于 1。由此可见，中部六省在推进高技术产业发展过程中，需特别关注如何同步提升技术效率与促进技术进步，以全面提高各行业的资源配置效率。

## 4.2. 政策建议

根据前述研究得出结论，并结合中部六省高技术产业发展的实际情况，从宏观层面提出提升该区域科技资源配置效率的相关建议如下。

### 4.2.1. 构建创新平台，促进技术进步与区域协同发展

科技创新平台是科研经费、科研设备和科技人才的集成系统，是支撑信息交流，加强各方资源共享，科技创新成果共赢的基础性建设。考虑到技术进步因素对各省份高技术产业科技资源配置效率的增长的促进作用，各省份可以依托现有高新技术开发区，经济技术开发区等，进一步打造集研发、孵化、生产为一体的综合创新中心和统一的科技资源创新平台，强化产学研合作以提升科技资源配置效率并加速成果转化，进一步提升区域整体创新能力，从而助推中部六省高技术产业各行业技术进步。此外，政府可以通过设立专项基金、提供税收优惠等方式鼓励高校、科研院所与企业共建研发中心或技术创新联盟，形成协同创新机制。同时，建立科技成果交易市场，简化科技成果产业化流程，推动科研成果向现实生产力转化。

### 4.2.2. 完善跨区域科技资源共享机制

通过对实证结果的分析，技术效率不足是导致中部六省高技术产业科技资源配置效率降低的重要原因。因此，中部六省应立足长江中游城市群的战略定位，建立跨区域科技资源配置协调机制，破除行政壁垒思维，发挥湖北、湖南等创新高地的辐射作用，通过建设跨省科技走廊带动山西、安徽等省份协同发展，加强区域内各省市之间的政策协调与资源整合。其次，通过构建统一的科技资源共享平台，整合区域内科研设施、技术专利和信息数据等创新资源，注重技术效率的提升，实现要素的高效对接与优化配置。此外，通过完善科技金融融合机制，打造科技金融生态，为不同发展阶段的科技型企业提供多层次资本市场的支持，建立科技型企业融资信息共享平台，促进创新资本的高效流动和精准配置，从而全面提升区域科技资源配置效率和技术创新水平。

### 4.2.3. 推动产业有序转移承接，优化产业布局

在国家区域协调发展战略深入推进的背景下，中部地区应加强与京津冀、粤港澳大湾区、长三角等先进城市群的产业跨区域合作，构建资源共享、优势互补、利益共享的联动发展机制。依托武汉城市圈、长株潭城市群、中原城市群、皖江城市带等核心增长极，积极打造跨区域科技创新走廊和先进制造业产业带。此外，中部六省应立足于本地产业基础与科研资源禀赋，强化重点产业领域布局。例如，湖北可发挥其光电信息、生物医药等领域的技术优势，安徽依托合肥的量子科技与人工智能创新资源，江西以电子信息与绿色制造为重点等。通过优化资源配置与政策引导，推动形成特色鲜明、错位发展的高技术产业集群。同时，加快产业链关键环节和协同创新项目建设，增强产业集群内企业间的关联度和协作配套能力，带动中部地区产业结构转型升级，优化产业布局，提高规模效率，形成高技术产业的集聚效应和竞争优势，促进高技术产业发展。

### 4.2.4. 强化高素质人才战略，助力高技术产业发展

为助力中部六省高技术产业的高质量发展。首先，建立和完善科技人才培养体系，多渠道培养科技人才。一方面，加大对科技人才培养的资金投入力度，依托高等教育资源，推动高校及科研机构围绕区域产业需求开展定向培养，培育具备前沿技术研发能力的创新人才；另一方面，注重职业教育培训，提高技术工人的科学素养，满足产业发展对技术人才的需要。其次，建立区域性人才流动共享机制，完善人才“双聘”政策，破除户籍、社保等制度壁垒，促进科技人才在科研机构和企业之间以及地区间的流动，对关键技术领域人才提供住房补贴、税收减免及科研启动资金等激励措施，吸引海内外高层次人才。

## 参考文献

- [1] 张子珍, 杜甜, 于佳伟. 科技资源配置效率影响因素测度及其优化分析[J]. 经济问题, 2020(8): 20-27.
- [2] 宋秋韵, 封思贤. 中部六省科技资源配置效率研究——基于 CCR-BCC 模型的分析[J]. 数学的实践与认识, 2019, 49(14): 60-67.
- [3] Aigner, D., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. (1977) Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6, 21-37. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- [4] 范德成, 李盛楠. 考虑空间效应的高技术产业技术创新效率研究[J]. 科学学研究, 2018, 36(5): 9901-9912.
- [5] 徐晔, 张秋燕. 中国高技术产业各行业资源配置效率的实证研究——基于 DEA-Malmquist 指数方法[J]. 当代财经, 2009(12): 74-79.
- [6] 郑珊珊, 樊一阳, 刘华珍. 基于 DEA 模型的高技术产业技术创新资源配置效率分析[J]. 科技管理研究, 2010, 30(3): 133-135.
- [7] 徐超, 严焰. 基于超效率 DEA 模型的中国高技术产业创新资源配置效率评价[J]. 科技与经济, 2012, 25(2): 45-49.
- [8] 杨剑, 程华东. 政府干预视角下长三角城市群科技创新资源配置效率及影响因素分析[J]. 科技管理研究, 2024, 44(4): 153-158.
- [9] 赖一飞, 谢潘佳, 叶丽婷, 等. 我国区域科技创新效率测评及影响因素研究——基于超效率 SBM-Malmquist-Tobit 模型[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(13): 37-45.
- [10] 罗珊, 孙熹寰. 区域科技创新资源配置效率测度——以珠三角为例[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2021, 53(4): 76-83.
- [11] Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S. and Yaisawarng, S. (2002) Accounting for Environmental Effects and Statistical Noise in Data Envelopment Analysis. *Journal of Productivity Analysis*, 17, 157-174. <https://doi.org/10.1023/a:1013548723393>
- [12] 曾鹏, 黄晶秋. 创新型城市建设与发展的机制与路径[J]. 云南师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 54(4): 52-61.
- [13] 李俊霞, 温小霓. 中国科技金融资源配置效率与影响因素关系研究[J]. 中国软科学, 2019(1): 164-174.
- [14] 游达明, 邸雅婷, 姜珂. 我国区域科技创新资源配置效率的实证研究——基于产出导向的 SBM 模型和 Malmquist 生产率指数[J]. 软科学, 2017, 31(8): 71-75+85.
- [15] 肖泽磊. 中国区域高技术产业科技资源配置效率与提升路径[J]. 统计与决策, 2012(24): 63-66.
- [16] 刘杨, 王海芸, 高海洋. 京津冀城市群高技术产业科技资源配置效率及影响因素[J]. 科技管理研究, 2024, 44(11): 97-107.
- [17] 王宏伟, 陈多思. 中国高技术产业创新资源配置及其影响研究[J]. 价格理论与实践, 2021(8): 35-41.
- [18] 卜洪运, 崔雪飞, 李红莲. 京津冀生态经济效率测度及内部视角下影响因素研究——基于全局参比的 US-SBM 模型[J]. 生态经济, 2017, 33(5): 88-94.
- [19] Pastor, J.T. and Lovell, C.A.K. (2005) A Global Malmquist Productivity Index. *Economics Letters*, 88, 266-271. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2005.02.013>
- [20] 吴瑛, 杨宏进. 基于 R&D 存量的高技术产业科技资源配置效率 DEA 度量模型[J]. 科学学与科学技术管理, 2006(9): 28-32.
- [21] 史安娜, 徐巧玲. 我国科技资源配置效率的实证分析——基于 DEA 的超效率 CCR 模型与 Malmquist 指数模型[J]. 科技管理研究, 2015, 35(1): 54-59.
- [22] 李璐. 京津冀高校科技创新效率的实证研究——基于 DEA 分析的 SBM 模型和 Malmquist 生产率指数[J]. 教育学术月刊, 2019(2): 44-53.
- [23] 胡振华, 刘笃池. 我国区域科技投入促进经济增长绩效评价——基于滞后性的绩效分析[J]. 中国软科学, 2009(8): 94-100.
- [24] 金怀玉, 普利荣. 考虑滞后效应的我国区域科技创新效率及影响因素分析[J]. 系统工程, 2013, 31(9): 98-106.