

---

# 中部六省产学研创新效率对省域创新的影响

## ——基于 Malmquist 指数与灰色关联度的分析<sup>1</sup>

陈怀超, 张 晶, 费玉婷, 范建红

(太原理工大学经济管理学院, 山西 太原 030024)

**【摘要】:** 基于 2009–2015 年数据, 采用 Malmquist 指数对中部六省产学研创新效率进行评价, 利用灰色关联度探究中部六省产学研创新效率对省域创新的影响。研究发现, 河南、安徽和湖南地区产学研三大主体创新效率均得到提升, 湖北、江西和山西三大主体创新效率并未全部得到提升。山西、安徽和湖北企业的创新效率对省域创新的影响大, 属于企业主导型; 湖南高校的创新效率对省域创新的影响大, 属于高校主导型, 河南和江西科研机构的创新效率对省域创新的影响大, 属于科研机构主导型。此外, 中部六省三大主体创新效率变动性和主导型之间存在不一致情形。研究结果有助于中部六省制定相应对策, 促进产学研创新效率提升, 进而推动省域创新发展。

**【关键词】:** 中部六省; 产学研创新效率; 省域创新; Malmquist 指数; 灰色关联度

DOI: 10.6049/kjjbydc.2018030157

**【中图分类号】:** F127.6   **【文献标识码】:** A   **【文章编号】:** 1001-7348(2018)20-0137-07

### 0 引言

作为创新型国家建设的重要组成部分, 区域创新体系建设关系到社会经济发展和国家创新目标的实现。自 2006 年促进中部地区崛起重大战略规划提出以来, 中部六省秉承全局发展观, 采取了一系列措施构建和完善区域创新系统, 对接国家区域发展战略。《中国区域创新能力评价报告 2017》显示, 东部地区创新能力最强、中西部地区依然较弱, 中部六省区域创新能力有待提升。李林和傅庆<sup>[1]</sup>指出, 作为区域创新主要力量的企业、高校和科研机构是区域创新的基础力量及政策支持的主要对象。正如 Hu 等<sup>[2]</sup>所言, 高校是区域和国家经济增长的重要推动力量, 有助于创新活动开展。因此, 探究中部六省产学研创新问题既是对国家创新战略的回应, 也是区域创新发展的需要, 具有重要的现实意义。

通过文献梳理发现, 产学研创新得到学者们的广泛关注<sup>[3-5]</sup>。国内文献<sup>[6-7]</sup>更多从国家整体层面进行考察, 缺乏对中部六省

---

<sup>1</sup>收稿日期: 2018-04-20

**基金项目:** 国家自然科学基金青年项目(71602137); 山西省高等学校哲学社会科学研究项目(2015229, 2017315); 山西省回国留学人员科研资助项目(2017-043); 山西省留学回国人员科技活动择优资助项目(晋教财[2017]53号); 山西省高等学校创新人才支持计划项目(优秀青年学术带头人)(晋教科函[2016]7号)

**作者简介:** 陈怀超(1980—), 男, 安徽淮南人, 博士, 太原理工大学经济管理学院副教授、博士生导师, 研究方向为企业国际化、知识管理; 张晶(1995—), 女, 山西临汾人, 太原理工大学经济管理学院硕士研究生, 研究方向为知识管理、创新管理; 费玉婷(1993—), 女, 山西运城人, 太原理工大学经济管理学院硕士研究生, 研究方向为知识管理、创新管理; 范建红(1981—), 女, 山西晋中人, 博士, 太原理工大学经济管理学院讲师、博士生导师, 研究方向为创新管理、跨国治理。

产学研创新效率进行系统分析和比较。少数中部六省产学研创新研究聚焦在两个方面：一是针对个别省份，如易晓波和李光<sup>[8]</sup>探究了湖北政产学研的科技协同创新机制，唐斌等<sup>[9]</sup>分析了湖南产学研协同创新的现状、问题和对策。这些研究未关注省域差异，结论缺乏可比性，且鲜有涉及创新效率评价问题；二是关注中部六省。杜弼云等<sup>[10]</sup>运用复合系统协调度模型，测度了中部六省产学研科技联盟创新系统协同度。涂立桥等<sup>[11]</sup>选择中部地区的湖北、安徽、河南和湖南及发达地区的上海、广东和江苏，对这两类地区高校产学研合作绩效进行比较分析。但是这些研究也未涉及产学研三大主体创新效率评价问题。可见，现有研究对中部六省关注较少，未深入分析中部六省产学研创新效率现状，尤其缺乏对三大主体创新效率影响省域创新的探讨。

鉴于此，本文以中部六省为研究对象，基于 2009–2015 年的数据，依据构建的创新效率评价指标体系，采用 Malmquist 指数评价产学研三大主体创新效率，利用灰色关联度探究其创新效率与省域创新效率的关系，考察其对省域创新的影响，并分析三大主体创新效率变动性与主导型之间的关系。研究旨在为中部六省产学研创新效率提升、省域创新发展提供参考。

## 1 模型选择

### 1.1 Malmquist 指数模型

Malmquist 生产率指数最早由瑞典学者 Malmquist<sup>[12]</sup>在比较两组不同时期消费变化时提出。Caves 等<sup>[13]</sup>首先将该指数应用于测算生产率变化，使其得到广泛运用。根据 Malmquist 生产率指数方法，可将 TFPch（全要素生产率变化指数）分解为 Techch（技术进步变化指数）和 EHch（技术效率变化指数）；而在规模报酬可变的前提下，Effch 又可以进一步分解为 Pech（纯技术效率变化指数）和 Sech（规模效率变化指数）。因此，TFPch 可以分解为：TFPch=Effch×Techch=Sech×Pech×Techch。依据威湧等<sup>[14]</sup>的观点，得到如下计算公式：

$$TFPch = M_i(x_{t+1}, y_{t+1}; x_t, y_t) = \left[ \frac{D_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^t(x_t, y_t)} \times \frac{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[ \frac{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^t(x_t, y_t)} \right] \times \left[ \frac{D_i^t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_i^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_i^t(x_t, y_t)}{D_i^{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} = Effch \times Techch$$

(1) TFPch 为全要素生产率变化指数，反映全要素生产率变动情况。若 TFPch > 1，则表明 TFP 增长，反之 TFP 下降。

(2) Techch 为技术进步变化指数，体现为拥有新的知识和技能，反映“前沿面的移动效应”。若 Techch > 1，代表技术取得进步或创新，表明最佳生产状态得以改进，反之则为技术退步。

(3) Effch 为技术效率变化指数，体现“追赶效应”。若 Effch > 1，说明技术效率得到改善，更接近于最佳生产状态，反之表示技术效率降低。

(4) Pech 为纯技术效率变化指数，反映了被评价对象的技术成熟度，即管理改善促进效率变动情况。若 Pech > 1，说明技术运用水平提高，反之则为下降。

(5) Sech 为规模效率变化指数，用以反映规模效应。Sech > 1 表示规模优化，即向最优规模靠近程度的变化，反之则为规模恶化。

(6) 当 Techch、Effch、Sech、Pech > 1 时，表明该项指标对 TFP 提高具有促进作用，反之则有阻碍作用。

## 1.2 灰色关联度模型

灰色关联度通过比较数列曲线几何形状的近似程度，判断数列的关联度。曲线形状越相似，数列间的关联度越高，反之则关联度越低<sup>[15]</sup>。依据李林和傅庆<sup>[1]</sup>的观点，灰色关联度分析的具体步骤如下：

(1) 确定分析序列。在理论研究基础上确定一个因变量与若干自变量。其中，因变量数据为参考序列，设为  $Y = \{y(k), k=1, 2, \dots, n\}$ ；自变量数据为比较序列，设为  $X = \{x_i(k), i=1, 2, \dots, m\}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ )。

(2) 对变量序列进行无量纲化处理。

(3) 计算关联度系数。公式如下：

$$\epsilon_i(k) = \frac{\min_{i=1,2,\dots,m} \min_{k=1,2,\dots,n} |y(k) - x_i(k)| + \rho \max_{i=1,2,\dots,m} \max_{k=1,2,\dots,n} |y(k) - x_i(k)|}{|y(k) - x_i(k)| + \rho \max_{i=1,2,\dots,m} \max_{k=1,2,\dots,n} |y(k) - x_i(k)|}$$

其中， $|y(k) - x_i(k)|$  为因变量与第  $i$  列自变量的绝对差值， $k=1, 2, \dots, n$ ， $i=1, 2, \dots, m$ ； $\min_{i=1,2,\dots,m} \min_{k=1,2,\dots,n} |y(k) - x_i(k)|$  是绝对差值的两级最小差，即先求第一级最小差，再取第一级最小差中的最小值作为第二级最小差。 $\max_{i=1,2,\dots,m} \max_{k=1,2,\dots,n} |y(k) - x_i(k)|$  与此类似； $\rho \in (0, 1)$  为分辨率系数， $\rho$  越小，分辨率越高，通常取  $\rho = 0.5$ 。

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_i(k)$$

(4) 计算关联度。

(5) 关联度排序与比较。

## 2 指标体系构建与数据处理

### 2.1 指标体系构建

一般来说，投入、产出指标的合理选取是科学有效地评价创新效率的关键，指标选取应当符合系统性、适用性和可获取性原则。依据这一原则，本文从投入和产出两方面构建了创新效率评价指标体系，如表 1 所示。

对于产学研三大主体而言，其投入主要涉及人力和资金两个方面<sup>[1]</sup>。一些研究<sup>[1, 7, 16-17]</sup>往往采用 R&D 人员全时当量和 R&D 经费内部支出作为相应测量指标，本文也选择这两个指标作为产学研创新系统的投入指标。其中，R&D 人员全时当量反映企业、高校、科研机构在产学研创新中投入的实际人力；R&D 经费内部支出反映企业、高校、科研机构在产学研创新中的资金支持力度。此外，本文也选择这两个指标作为省域创新的人力和资金投入指标。

产学研三大主体创新的侧重点各异。企业以“产业成果产出”为追求目标，因而选用代表成果商业化利用和创新对经济发

展起促进作用的新产品及产值指标较为合适<sup>[18-19]</sup>。一些学者分别选择专利申请数和新产品销售收入<sup>[1, 7, 16]</sup>作为产出指标, 本文选择这两个指标作为企业在产学研创新中的产出指标。其中, 专利申请数反映企业创新的知识成果和技术水平; 新产品销售收入代表企业成果的市场认可度, 反映企业成果应用情况。一般地, 高校和科研机构作为产学研创新中技术和知识的主要供给方<sup>[21-22]</sup>, 以“科技成果产出”为追求目标, 因而选用代表新知识和新发明的论文和专利<sup>[18-19]</sup>以及科技著作作为产出指标较为合适, 即分别选择专利申请数、科技论文数<sup>[1, 19]</sup>和科技著作数<sup>[6]</sup>测量高校和科研机构产出。其中, 高校和科研机构的专利申请数反映二者创新的知识成果和技术水平, 科技论文数和科技著作数反映知识创造和科学研究的总体水平。就省域创新而言, 李林和傅庆<sup>[1]</sup>还采用技术市场成交额作为产出指标。技术市场成交额反映了知识转化为实际产品和技术的能能力, 体现了技术交流的活跃度。综合以上考虑, 本文采用科技论文数、科技著作数、专利申请数、新产品销售收入和技术市场成交额作为省域创新产出指标。

表 1 创新效率评价指标体系

评价对象	投入指标	产出指标
企业	R&D 人员全时当量 $X_{11}$	专利申请数 $Y_{11}$
	R&D 经费内部支出 $X_{12}$	新产品销售收入 $Y_{12}$
高校	R&D 人员全时当量 $X_{21}$	科技论文数 $Y_{21}$
	R&D 经费内部支出 $X_{22}$	科技著作数 $Y_{22}$
		专利申请数 $Y_{23}$
科研机构	R&D 人员全时当量 $X_{31}$	科技论文数 $Y_{31}$
	R&D 经费内部支出 $X_{32}$	科技著作数 $Y_{32}$
		专利申请数 $Y_{33}$
省域		科技论文数 $Y_{41}$
	R&D 人员全时当量 $X_{41}$	科技著作数 $Y_{42}$
	R&D 经费内部支出 $X_{42}$	专利申请数 $Y_{43}$
		新产品销售收入 $Y_{44}$
		技术市场成交额 $Y_{45}$

## 2.2 数据来源与预处理

本文相关指标的数据主要来源于《中国科技统计年鉴》(2010—2016)。姜彤彤<sup>[17]</sup>指出, 统计年鉴中的企业统计口径在 2011 年前采用“大中型工业企业”, 之后采用“规模以上工业企业”, 但分析发现两种统计口径下的结果变动并不明显, 即其对结果的影响可忽略不计。因此, 本文有关企业投入和产出指标均按上述方式处理。一般地, 创新投入转化为产出存在滞后性。根据一些学者的观点<sup>[17-20]</sup>, 本文设定滞后期为 1 年, 如 2009 年的投入数据对应 2010 年的产出数据。

同时, 由于 R&D 经费内部支出、新产品销售收入、技术市场成交额均与物价变动相关, 本文对这 3 个与价格相关的指标以 2009 年为基期进行平减处理。朱平芳和徐伟民<sup>[23]</sup>指出, 由于 R&D 经费内部支出主要由固定资产支出和 R&D 活动人员消费构成, 故其平减指数由固定资产投资价格指数和消费物价指数加权构成, 前者权重为 45%, 后者权重为 55%。根据姚满颖和卫平<sup>[16]</sup>的观点, 新产品销售收入以工业品出厂价格指数进行平减处理。相应地, 技术市场成交额也以此指数进行平减。固定资产投资价格指数、消费物价指数、工业品出厂价格指数的相关数据均来自国家统计局网站。

## 3 基于 Malmquist 指数的中部六省产学研创新效率评价

本文采用 DEAP2.1 软件, 对 2009—2015 年间中部六省产学研三大主体创新效率进行评价, 分析其变动性, Malmquist 全要素

生产率变化指数及其子指标的创新效率评价结果如表 2 所示。依据三大主体创新效率增长情况，可以将中部六省分为 3 种类型：第一类，“三足鼎立”省份，即三大主体创新效率均实现了增长，包括河南、安徽和湖南；第二类，“珠联璧合”省份，即两个主体创新效率实现了增长，包括江西和湖北；第三类，“一枝独秀”省份，即只有一个主体创新效率实现了增长，只包括山西。

表 2 中部六省三大主体创新效率评价结果

三大主体	省份	技术进步变化 指数(Techch)	纯技术效率变化 指数(Pech)	规模效率变化 指数(Sech)	全要素生产率 变化指数(TFPch)	变动性
企业	河南	1.010	1.014	0.995	1.019	增长
	山西	1.004	1.000	0.963	0.967	下降
	安徽	1.075	1.009	1.025	1.111	增长
	江西	1.031	1.000	1.103	1.137	增长
	湖北	1.004	0.981	1.005	0.991	下降
	湖南	1.026	1.000	1.000	1.026	增长
高校	河南	1.010	1.000	1.000	1.010	增长
	山西	0.961	0.989	1.067	1.014	增长
	安徽	1.096	1.078	1.033	1.220	增长
	江西	1.076	1.000	1.105	1.189	增长
	湖北	1.219	1.000	0.965	1.176	增长
	湖南	1.086	1.050	0.984	1.122	增长
科研机构	河南	0.985	1.000	1.033	1.018	增长
	山西	0.994	1.000	1.000	0.994	下降
	安徽	1.082	1.000	0.987	1.069	增长
	江西	0.959	1.000	1.023	0.981	下降
	湖北	1.088	1.000	0.976	1.062	增长
	湖南	1.033	0.988	1.002	1.022	增长

在“三足鼎立”省份中，尽管河南企业由于投入产出比和资源配置不够合理造成 Sech 降低，科研机构 Techch 呈下降趋势，但河南高校、科研机构和企业 TF-Pch 均大于 1，实现了增长，表明人员和资金投入较多，且投入能有效转化为产出。近年来，河南省政府对科研的支持力度较大，出台了一系列政策鼓励科研与创新，三大主体发展势头强劲，其创新效率均实现了增长；就安徽而言，企业 Techch、Pech 和 Sech 均实现了增长，Techch 增幅更是达到了 7.5%，表明企业技术创新优势明显。高校各项指数同样实现了增长，其中 Techch 和 Pech 增幅明显。尽管科研机构 Sech 还有待提升、Pech 保持效率不变，但 Techch 实现了 8.2% 的增长，创新效率得到提升。安徽科研机构较多，科研氛围浓厚、技术创新能力较强、科研机构投入和产出较高，其创新效率较高，省域内三大主体创新效率均实现了增长；就湖南而言，企业 Techch、Pech 和 Sech 均实现了增长或效率保持不变，TFPch 得到提升。尽管高校 Sech 呈下降趋势，但 Techch 和 Pech 分别实现了 8.6% 和 5.0% 的增长，TFPch 增幅达 12.2%。尽管科研机构 Pech 呈下降态势，但 Techch 和 Sech 均实现了增长，使得 TFPch 也实现了增长，湖南省域内三大主体创新效率均实现了增长。

在“珠联璧合”省份中，江西企业 Techch、Pech 和 Sech 均实现了增长或保持不变，尤其是 Sech 增长了 10.3%，表明企业投入产出比相对合理，达到了规模效应。高校 3 个子指标均实现了增长或保持不变，其中 Techch 和 Sech 分别增长了 7.6% 和 10.5%，表明高校的技术研发能力较强，且实现了规模效应。由于科研机构技术研发能力较弱，技术创新水平低，其 Techch 下降了 4.1%，导致其 TFPch 下降。可见，江西企业和高校创新效率均实现了增长；就湖北而言，尽管企业较多、发展势头较好，但其技术成熟度有待提高，管理机制亟待完善，造成企业 Pech 下降，导致其处于“高投入、高产出”的效率悖论阶段，这要求湖北企业不仅要关注产出数量，更应关注产出质量。尽管高校 Sech 呈下降状态，但 Techch 增长了 21.9%，且 Pech 保持不变，使得 TFPch

仍实现了增长。湖北科研机构与高校情况类似，TFPch 也实现了增长。可见，湖北企业的创新效率呈下降状态，高校和科研机构的创新效率均实现了增长。

就“一枝独秀”的山西而言，尽管企业 Techch 和 Pech 实现了增长或保持不变，但 Sech 呈下降状态，导致 TFPch 降低。山西作为煤炭大省，近年来处于转型过程中，企业投入相比其它省份存在不足，资源投入也未能得到有效配置，无法实现规模效应，导致山西企业创新效率降低。高校 Techch 和 Pech 呈下降状态，但 Sech 增长了近 6.7%，表明高校投入产出实现了规模效应，其 TFPch 实现了增长。山西高校与其它中部省份一样重视科研，采取了多种鼓励举措，使高校科研人员在发表科技论文、出版科技著作和申请专利方面有较大动力，产出数量和质量明显提高，同时投入转化为产出的效率也得到提升。山西科研机构 Techch 呈下降状态，导致 TFPch 降低，表明其存在技术短板，技术水平有待提高，这与山西将有限的人力和资金投向高校，对科研机构投入相比其它省份略显不足有关。可见，山西省只有高校实现了创新效率增长。

## 4 产学研创新效率对省域创新的影响

### 4.1 三大主体创新效率与省域创新效率的灰色关联度分析

本文使用灰色关联度对中部六省的企业、高校、科研机构的创新效率与省域创新效率的关系进行探究，分析三大主体创新效率对省域创新的影响，灰色关联度的分析结果如表 3 所示。

表 3 灰色关联度分析结果

省份	企业	高校	科研机构
河南	0.686	0.666	0.690
山西	0.713	0.612	0.652
安徽	0.756	0.685	0.663
江西	0.615	0.721	0.758
湖北	0.788	0.679	0.647
湖南	0.663	0.746	0.607

一般地，关联度越接近于 1，表明变量之间的关联程度越大；当  $\rho$  取 0.5 时，关联度大于 0.6 即认为关联性显著<sup>[24]</sup>。由表 3 可知，中部六省的企业、高校、科研机构创新效率与省域创新效率关联性显著，表明三大主体创新效率与省域创新效率关系密切。依据关联度分析结果，就三大主体创新效率对省域创新的影响而言，可以将中部六省分为三大类：第一类是企业主导型，包括山西、安徽和湖北；第二类是高校主导型，包括湖南；第三类是科研机构主导型，包括河南和江西。李林和傅庆~研究指出，三大主体中企业创新效率与省域创新效率的关联度最高。而本文的研究结果进一步指出，对于不同省份而言，企业、科研机构和高校创新效率对省域创新的影响存在差异。

在企业主导型省份中，山西企业、科研机构和高校的创新效率与省域创新效率的关联度分别为 0.713, 0.612 和 0.652, 即企业 > 科研机构 > 高校，且企业的关联度明显高于后两者，表明省域创新效率与企业创新效率的联系更加紧密，省域创新的贡献更多来自于企业。安徽和湖北三大主体创新效率与省域创新效率的关联度排序类似，即企业 > 高校 > 科研机构。两省企业创新效率与省域创新效率的关联度分别为 0.756 和 0.788, 明显大于其他主体，表明省域创新效率与企业创新效率的联系更加紧密，企业创新效率对省域创新的影响最大。湖南作为高校主导型省份，其三大主体创新效率与省域创新效率的关联度排序为：高校 > 企业 > 科研机构，且高校的关联度明显大于企业和科研机构，表明湖南省域创新主要依赖于高校，高校创新效率对省域创新的影响最大。河南和江西均为科研机构主导型省份。其中，河南三大主体创新效率与省域创新效率的关联度排序为：科研机构 > 企业 > 高校，但三者的差异不大，说明三大主体创新效率对省域创新发展的影响较为均衡。江西三大主体创新效率与省域创新效率的关联度排序为：科研机构 > 高校 > 企业，且科研机构和高校的关联度明显大于企业，表明江西省域创新更多依赖于科研

机构、高校的研发和创新能力。

#### 4.2 三大主体创新效率变动性与省域创新主导型的关系

根据前文中部六省三大主体创新效率增长情况及其在省域创新中的地位，本文进一步分析了二者之间的关系，如图 1 所示。尽管中部六省高校创新效率均实现了增长，且湖南、江西、山西、湖北和安徽五省高校创新效率变化值均大于企业和科研机构，但仅有湖南高校在省域创新中占主导地位。可见，高校需要在省域创新中承担更多责任，加强对省域创新的影响，进而推动省域创新效率提升。

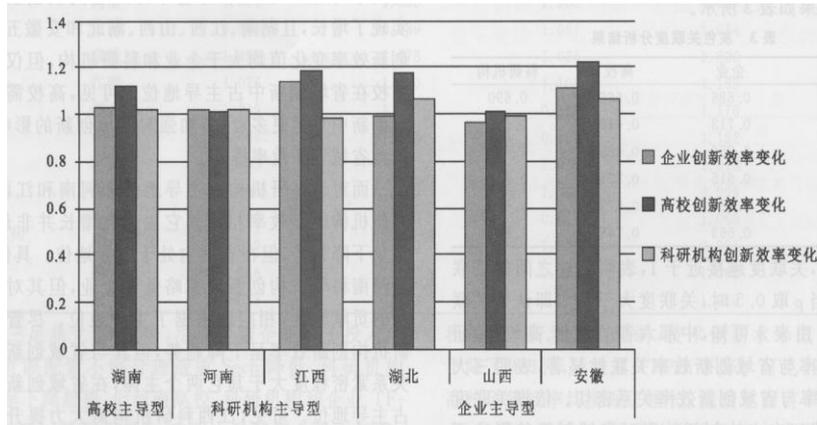


图 1 三大主体创新效率变动性与主导型的关系

而对于科研机构占主导地位的河南和江西而言，科研机构创新效率相比其它主体其增长并非最快，甚至呈下降趋势，但在省域内处于主导地位。具体地，尽管河南科研机构创新效率略低于企业，但其对省域创新的贡献较大，相应地占据了主导地位。尽管江西科研机构创新效率呈下降趋势，但其与省域创新效率的关系紧密程度大于其它两个主体，在省域创新效率中占主导地位。可见，江西科研机构需大力提升创新效率、补齐短板，进而增强对省域创新的影响。

此外，对于创新效率增长非最快、甚至呈下降状态的企业，在湖北、山西和安徽省域创新中占据主导地位。其中，安徽企业创新效率增长水平低于高校，但其对省域创新的贡献最大。可见，安徽可通过进一步提高企业创新效率，推动省域创新效率提升。相比较而言，尽管湖北和山西企业创新效率呈下降状态，但这两个省份企业创新效率对省域创新的影响大于高校和科研机构。可见，当湖北和山西企业创新效率由下降变为增长，其对省域创新的贡献将更大。

## 5 结语

### 5.1 研究结论

本文基于中部六省 2009-2015 年数据，采用 Malmquist 指数和灰色关联度，在对其产学研创新效率评价基础上，分析产学研创新效率对省域创新的影响，得出以下结论：

(1) 依据同一省份三大主体创新效率的变动性，可以将中部六省分为“三足鼎立”、“珠联璧合”和“一枝独秀”三类。Malmquist 指数分析结果表明，三大主体创新效率增长的省份包括河南、安徽和湖南，属于“三足鼎立”型；两个主体创新效率增长的省份包括江西和湖北，属于“珠联璧合”型；只有一个主体创新效率增长的是山西，属于“一枝独秀”型。

(2) 依据三大主体创新效率和省域创新效率的关系,可以将中部六省分为企业主导型、高校主导型和科研机构主导型。灰色关联度分析结果显示,山西、安徽和湖北企业创新效率与省域创新效率关联度大于高校和科研机构,企业创新效率对省域创新影响最大,属于企业主导型省份;湖南高校的创新效率与省域创新效率的关联度大于企业和科研机构,高校创新效率对省域创新的影响最大,属高校主导型省份;河南和江西科研机构的创新效率与省域创新效率的关联度大于企业和高校,科研机构创新效率对省域创新的影响最大,属于科研机构主导型省份。

(3) 三大主体创新效率变动性与主导型之间存在不一致情形。结合中部六省三大主体创新效率变动性与主导型的关系可知,尽管中部六省高校创新效率均实现了增长,但仅有湖南高校在省域创新效率中占主导地位;河南和江西科研机构创新效率增长并非最快,甚至呈下降状态,但在省域内处于主导地位;湖北、山西和安徽并非增长最快,甚至呈下降状态的企业创新效率在省域创新效率中占主导地位。

## 5.2 对策建议

(1) 采取多种措施,促进三大主体创新效率提升。针对三大主体创新效率未能全面增长的江西、湖北和山西,需分析其创新效率下降的原因,从问题入手,通过补短板的方式,使投入和产出相匹配。在投入相应资金和人力的同时,还应促进企业和科研机构的有效产出、提高利用率。具体地,湖北企业应提高技术利用率和成熟度,制定合理的转化机制提高产出质量,避免落入“高投入、高产出”的效率悖论中;山西企业应加大投入,合理配置资源,以实现规模效应。同时应以市场需求为出发点,将资金和人力投入到市场认可的新产品及相应专利中;对于江西和山西的科研机构而言,应加大知识、技术、人才引进和交流,充分激发科研人员的创新活力,在有限的人力和资金投入情况下,制定合理机制促进科研人员多出成果。此外,对于河南、安徽和湖南而言,可以进一步优化投入和产出,提升三大主体的创新效率。

(2) 明晰三大主体创新效率与省域创新效率的关系,推动省域创新发展。中部六省三大主体创新效率与省域创新效率的关系存在差异,因此各省应该制定适合省情的政策、规划和纲要,创造有利于产学研创新的制度环境,建立完善的产学研合作研发公共服务平台和基础设施,通过科学、合理的科技资源管理模式、资源共享机制,做到“人尽其责、物尽其用、技尽其值”,促使产学研创新助力省域创新发展。企业主导型、高校主导型和科研机构主导型的省份要分别注意其它主体的发展,实现三大主体的有效配合,减少主体间差异,使三大主体创新与省域创新均衡发展。此外,对于起主导作用且主体创新效率在省域内并非增长最快的省份,如河南和安徽,以及主体创新效率下降的省份,如江西、湖北和山西,应该采取多种措施,提升该主体创新效率,确保这些主体对省域创新作出更大贡献。

(3) 加强协作与沟通,促进省域之间的产学研合作。相关部门需要树立整体发展观,打破市场壁垒,整合各种创新要素,着力构建产学研跨省域合作联盟。加强不同省份三大主体间的联系和沟通,实现企业、高校和科研机构跨省份和城市的协作、分工及优势互补,通过信息共享平台使创新链、资金链、产业链、信息链紧密联动,推动区域间人才、信息、技术、知识交互与对接,确保各类资源在省域间的合理配置和流动,以促进中部六省整体创新效率提升,使产学研协同实现常态化、长效化,对接中部六省崛起战略。

## 参考文献:

- [1] 李林,傅庆.产学研主体创新效率对区域创新的影响研究[J].科技进步与对策,2014,31(5):45-49.
- [2] HU M, HUNG S, LO H, et al. Determinants of university-industry research collaborations in taiwan: the case of the National Tsing Hua University [J]• Research Evaluation, 2016, 25(2): 121-135.
- [3] JUNG K, ANDREW S. Building R&D collaboration between university-research institutes and small medium-sized

- 
- enterprises [J]. *International Journal of Social Economics*, 2014, 41(12) : 1174-1193.
- [4] SOH P, SUBRAMANIAN A M. When do firms benefit from university-industry R&D collaborations? the implications of firm R&D focus on scientific research and technological recombination [J]. *Journal of Business Venturing*, 2014, 29(6): 807-821.
- [5] TU Z, GU X, YE Y. Synergy evaluation of industry-university-research institute synergetic innovation system based on knowledge creation [J]. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 2017, 20(1):361-376.
- [6] 张焯, 孙跃. 产学研合作网络的创新效率研究——来自中国省域产学研合作的数据证明[J]. *山西财经大学学报*, 2014, 36(6) :59-66.
- [7] 白俊红, 卞元超. 政府支持是否促进了产学研协同创新[J]. *统计研究*, 2015, 32(11) :43-50.
- [8] 易晓波, 李光. 湖北省政产学研科技协同创新机制研究[J]. *湖北社会科学*, 2014(1) :68-72.
- [9] 唐斌, 杜洁, 余华. 湖南省产学研协同创新的现状、问题与对策[J]. *中国科技论坛*, 2015(4) :24-29.
- [10] 杜弼云, 牛冲槐, 牛彤. 我国中部六省产学研科技联盟创新系统协同度比较研究[J]. *管理现代化*, 2015(2) :105-107.
- [11] 涂立桥, 黄小荣, 陈峰. 中部地区与发达地区高校产学研合作绩效比较研究[J]. *科技进步与对策*, 2017, 34(20) : 37-44.
- [12] MALMQUIST S. Index numbers and indifference curves [J]. *Trabajos de Estadística*, 1953, 4(1):209-242.
- [13] CAVES D W, CHRISTENSEN L R, DIEWERT W E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity [J]. *Econometrica*, 1982, 50(6) :1393-1414.
- [14] 戚湧, 张明, 李太生. 基于 Malmquist 指数的江苏创新资源整合共享效率评价[J]. *中国软科学*, 2013(10) :101-110.
- [15] 荣梅. 基于灰色关联分析的山东省科技投入与服务业经济增长关系研究[J]. *科技进步与对策*, 2011, 28(7) :57-60.
- [16] 姚潇颖, 卫平. 产学研合作创新效率、影响因素及时空差异[J]. *中国科技论坛*, 2017(8) :43-51.
- [17] 姜彤彤. 省域范围内产学研协同创新效率评价及分析[J]. *学术论坛*, 2015(3) :166-172.
- [18] CRUZCAZARES C, BAYONA-SAEZ C, GARCIA-MARCO T. You can't manage right what you can't measure well: technological innovation efficiency [J]. *Research Policy*, 2013, 42(6-7) :1239-1250.
- [19] 陈光华, 王建冬, 杨国梁. 产学研合作创新效率分析及其影响因素研究[J]. *科学管理研究*, 2014, 32(2) :9-12.
- [20] 黄菁菁. 产学研协同创新效率及其影响因素研究[J]. *软科学*, 2017, 31(5) :38-42.

---

[21] CALOGHIROU Y, TSAKANIKAS A, VONORTAS N. University-industry cooperation in the context of the European framework programmes EJJ• Journal of Technology Transfer, 2001, 26(1-2) : 153-161.

[22] PIVA E, ROSSI-LAMASTRA C. Systems of indicators to evaluate the performance of university-industry alliances: a review of the literature and directions for future research [J]. Measuring Business Excellence, 2013, 17(3) : 40-54.

[23] 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.

[24] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.