

DOI: 10.15918/j.jbitss1009-3370.2021.2457

“双一流”背景下高校科技创新资源配置效率研究

张海波¹, 郭大成¹, 张海英²

(1. 北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081; 2. 沧州师范学院 教育学院, 河北 沧州 0610011)

摘要: “双一流”建设背景下, 优化配置高校科技创新资源提高投入产出效率是高等教育发展的重要议题。采用 DEA 模型评价中国 31 个省(自治区、直辖市) 2015—2017 年的高校科技创新资源配置效率, 并对各省份 2017 年的产出不足量进行测算。结果表明, 一些省份高校科技创新资源配置结构不合理; 三大区域高校科技创新资源配置效率从高到低依次是西部、中部和东部; 西部和中部地区的总体技术效率与纯技术效率协同变动, 东部地区的总体技术效率与规模效率协同变动; 纯技术效率对总体技术效率起着关键作用。为提升中国高校科技创新资源配置效率, 应从宏观层面完善政策体系建设; 从中观层面加强社会资源整合; 从微观层面优化高校内部分配。

关键词: “双一流”建设; 省域高校; 科技创新; 资源配置效率; DEA 模型

中图分类号: G647

文献标志码: A

文章编号: 1009-3307(2021)01-0171-09

高校科技创新系统是中国科技创新系统的重要组成部分, 是由高校科技创新主体、创新资源和创新政策环境相互作用和影响而构成的动态开放系统, 结构上看, 包括国家宏观、省域中观和高校微观三个层面。高校科技创新资源配置是国家和高校对直接用于高校科学研究和技术创新的资金、人才、设施等各类资源进行开发和调配, 以提高资源利用率。高校科技创新资源的优化配置不仅需要国家的宏观政策指导, 还需要各地政府、各高校的主动参与和协同创新。“双一流”建设通过政策、经费和资源支持, 为中国高校科技创新提供了新的发展机遇。当前阶段, 在中国高校科技创新资源配置中, 一些高校的科技创新资源投入过剩或产出不足。

学术界对高等教育领域的效率评价进行了很多研究, 并取得了丰富的成果。Collbert 等^[1]以企业雇主满意度、学生满意度等 27 个要素作为产出指标来评价项目的效率。Johnes^[2]对美国 109 所大学的规模效率和技术效率进行测算, 得出 109 所大学的总体效率。Abbott 和 Doucouliagos^[3]采用 DEA 模型对澳大利亚大学的规模和技术效率进行了系统评估。Flegg 和 Allen^[4]运用 DEA 模型评估了英国 45 所大学的投入产出效率变化。Moreno 和 Trdepalli^[5]通过 DEA 模型对美国某公立大学的 42 个部门进行测算, 测算结果表明, 其中 20 个部门相对无效。朱恬恬等^[6]引入 DEA-Malmquist 指数方法评价了 2011—2015 年 31 所教育部直属“双一流”建设高校的全要素科技创新资源配置效率。胡德鑫和王轶玮^[7]基于 DEA 模型对 32 所“985”高校的科研竞争力进行了评价。叶前林等^[8]等采用 DEA 分析方法对 2014—2016 年中国 31 个地区的高等教育资源配置效率进行比较与评价, 然后进一步采用 Tobit 模型对高等教育资源配置效率的主要影响因素进行了回归检验。管永刚^[9]采用数据包络分析的 BCC 模型和超效率模型, 对中国 31 个地区 2016 年的高等教育资源投入产出效率进行分析和评价。黄小平等^[10]等运用 DEA 方法对“双一流”背景下 Z 省高校系统科技创新能力进行总体评价, 归纳了影响因素, 并提出了发展路径。苏荟和刘奥运^[11]基于 DEA-Tobit 模型对“双一流”建设背景下中国 31 个省(自治区、直辖市)高校科研效率和影响因素进行了研究。

综合来看, 现有研究从研究对象上多以不同地区高校同一年份的高校科技创新资源投入产出数据或某一地区高校、某类学科、某种类型的高校不同年份的投入产出数据进行效率研究, 缺少省域视角的跨年度比较研究; 从研究内容上, 以指标体系构建、效率实证研究为主, 对效率变动趋势、投入冗余、产出不足的研究较少; 从研究方法上, 以定量分析为主, 定量分析与定性分析相结合较少。

收稿日期: 2020-05-25

基金项目: 国家社科基金年度重点项目(14ADJ003); 河北省科技计划项目(16456116)

作者简介: 张海波(1980—), 男, 博士研究生, E-mail: zhanghaibo0086@163.com

一、方法与数据

(一) DEA 评价方法

DEA 模型存在多种类型, 最常用的是 Charnes、Cooper 和 Rhodes 提出的 C²R 模型以及 Banker、Charnes 和 Cooper 提出的 BC² 模型。C²R 是在固定规模效益下, 借用数据包络方式, 确定各决策单元的综合技术效率。利用该模型, 能够获得最高产出和最低投入的有效的前沿面。这个前沿面上的决策单元是 DEA 有效的, 这个前沿面内的决策单元是非 DEA 有效的。BC² 是在规模效益可变下, 对模型 C²R 的改进和修正。BC² 模型可分解为纯技术效率和规模效率, 将 C²R 模型下的综合技术效率值除以 BC² 模型下的纯技术效率值, 得到中国高校科技创新资源配置的规模效率值, 据此判断中国高校科技创新资源配置规模的有效性。C²R 和 BC² 的基本模型^[2] 为

$$(D_{\varepsilon}) \begin{cases} \min \theta = V_{D_{\varepsilon}} \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j \leq \theta X_j \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j \geq Y_j \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases} \quad (D_{\varepsilon 2}) \begin{cases} \min \theta = V_{D_{\varepsilon 2}} \\ \text{s.t.} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + s^- = \theta X_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j - s^+ = Y_{j_0} \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1, \forall \lambda_j \geq 0 \\ j = 1, 2, \dots, n \\ s^+ \geq 0, s^- \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

在 C²R 模型中, λ_j 表示若干个决策单元的线性组合比例。 θ 为 DMU_j 的相对效率值 ($0 \leq \theta \leq 1$), 反映了第 j 个决策单元资源配置的合理程度, θ 越大, 说明第 j 个决策单元相对于其他决策单元的资源配置率越高。在 BC² 模型中, s^+ 为松弛变量, s^- 为剩余变量, 当 $\theta < 1$ 时, 则称 DMU_{j_0} 为非 DEA 有效; 当 $\theta = 1$, 且 $s^+ = 0$ 或 $s^- = 0$ 时, 则称 DMU_{j_0} 为弱 DEA 有效; 当 $\theta = 1$, 且 $s^+ = s^- = 0$ 时, 则称 DMU_{j_0} 为 DEA 有效。

在高校科技创新资源配置效率评价中, 弱 DEA 有效说明在当前评价组内决策单元 j 的投入产出效率无法提高, 但仍存在投入冗余或产出不足问题; DEA 有效意味着决策单元 j 的投入产出效率处于最优状态, 不存在投入冗余或产出不足问题; 非 DEA 有效说明决策单元 j 的资源配置没有达到最优状态。

(二) 指标选取和数据说明

根据以往研究经验, 同时考虑指标的科学性和数据的可获得性, 构建中国高校科技创新资源配置效率评价的投入产出指标体系。

1. 投入指标

投入指标包括研究与开发人员 (人/年) X_1 、支出经费总额 (元/年) X_2 、科研人员费 (元/年) X_3 、业务费 (元/年) X_4 、固定资产费 (元/年) X_5 、上缴税金 (元/年) X_6 和其他费用 (元/年) X_7 。

2. 产出指标

产出指标包括出版科技著作 (部) Y_1 、发表学术论文 (篇) Y_2 、专利授权 (项) Y_3 、专利出售 (千元) Y_4 、国家自然科学奖 (项) Y_5 、国家技术发明奖 (项) Y_6 和国家科技进步奖 (项) Y_7 。

3. 数据说明

所有数据来源于 2016—2018 年《高等学校科技统计资料汇编》。从投入与产出指标的相关数据可以看出, 中国省域高校科技创新资源的投入与产出很不均衡, 经济发达和高校资源比较集中的地区不论在高校科技创新资源的投入还是产出上都具有很大优势。

运用 DEA 模型进行效率的一个重要前提是投入与产出指标之间显著正相关。本文运用 SPSS V22 软件对中国 31 个省 (自治区、直辖市) 的高校科技创新资源投入产出数据进行相关性分析。如表 1 所示, 三年间高校科技创新资源投入与产出变量之间均在 1% 的显著性水平上相关, 符合 DEA 模型分析的“等张性”要求。因此, 本研究所采用的投入和产出指标从总体来看比较合理, 基于此构建中国 31 个省 (自治区、直辖市) 高校科技创新资源配置效率评价模型具有一定的可靠性。

表1 2015—2017年中国高校科技创新投入产出数据相关性分析

| 变量 | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | Y_1 | Y_2 | Y_3 | Y_4 | Y_5 | Y_6 | Y_7 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| X_1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| X_2 | 0.921** | 1 | | | | | | | | | | | | |
| X_3 | 0.885** | 0.965** | 1 | | | | | | | | | | | |
| X_4 | 0.917** | 0.989** | 0.936** | 1 | | | | | | | | | | |
| X_5 | 0.834** | 0.911** | 0.869** | 0.858** | 1 | | | | | | | | | |
| X_6 | 0.793** | 0.810** | 0.743** | 0.792** | 0.800** | 1 | | | | | | | | |
| X_7 | 0.830** | 0.888** | 0.879** | 0.850** | 0.810** | 0.733** | 1 | | | | | | | |
| Y_1 | 0.743** | 0.734** | 0.642** | 0.724** | 0.740** | 0.782** | 0.689** | 1 | | | | | | |
| Y_2 | 0.929** | 0.951** | 0.889** | 0.941** | 0.897** | 0.858** | 0.850** | 0.855** | 1 | | | | | |
| Y_3 | 0.757** | 0.801** | 0.772** | 0.763** | 0.842** | 0.804** | 0.757** | 0.806** | 0.854** | 1 | | | | |
| Y_4 | 0.505** | 0.507** | 0.498** | 0.515** | 0.417** | 0.335** | 0.406** | 0.347** | 0.467** | 0.379** | 1 | | | |
| Y_5 | 0.702** | 0.793** | 0.728** | 0.801** | 0.653** | 0.605** | 0.719** | 0.586** | 0.752** | 0.600** | 0.467** | 1 | | |
| Y_6 | 0.728** | 0.824** | 0.766** | 0.854** | 0.606** | 0.700** | 0.730** | 0.600** | 0.759** | 0.605** | 0.447** | 0.788** | 1 | |
| Y_7 | 0.814** | 0.902** | 0.844** | 0.917** | 0.735** | 0.702** | 0.775** | 0.671** | 0.846** | 0.661** | 0.488** | 0.816** | 0.883** | 1 |

注：**表示在1%水平上显著。

二、实证分析

运用MAXDEA软件对中国31个省（自治区、直辖市）2015—2017年的高校科技创新资源配置效率评价指标的原始数据进行测算,并对全国、区域和省域三个层次的总体技术效率、纯技术效率和规模效率进行相应分析,测算结果如表2所示。

表2 中国31个地区的高校科技创新资源配置总体技术效率、纯技术效率和规模效率

| 区域 | 省份 | 总体技术效率 | | | | 纯技术效率 | | | | 规模效率 | | | |
|----|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 |
| 东部 | 北京 | 0.939 | 0.988 | 1.000 | 0.976 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.939 | 0.988 | 1.000 | 0.976 |
| | 天津 | 0.524 | 0.578 | 0.581 | 0.561 | 0.768 | 0.831 | 0.760 | 0.786 | 0.682 | 0.695 | 0.765 | 0.714 |
| | 河北 | 1.000 | 0.903 | 1.000 | 0.968 | 1.000 | 0.963 | 1.000 | 0.988 | 1.000 | 0.938 | 1.000 | 0.979 |
| | 辽宁 | 0.491 | 0.511 | 0.557 | 0.519 | 0.690 | 0.828 | 0.819 | 0.779 | 0.712 | 0.617 | 0.680 | 0.670 |
| | 上海 | 0.663 | 0.595 | 0.599 | 0.619 | 1.000 | 0.908 | 0.982 | 0.963 | 0.663 | 0.655 | 0.610 | 0.642 |
| | 江苏 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 浙江 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 福建 | 0.926 | 0.790 | 0.599 | 0.772 | 1.000 | 1.000 | 0.689 | 0.896 | 0.926 | 0.790 | 0.869 | 0.862 |
| | 山东 | 0.986 | 0.798 | 0.850 | 0.878 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.986 | 0.798 | 0.850 | 0.878 |
| | 广东 | 0.590 | 0.528 | 0.504 | 0.540 | 0.993 | 0.905 | 0.872 | 0.923 | 0.594 | 0.583 | 0.577 | 0.585 |
| | 海南 | 1.000 | 0.811 | 1.000 | 0.937 | 1.000 | 0.856 | 1.000 | 0.952 | 1.000 | 0.947 | 1.000 | 0.982 |
| 中部 | 吉林 | 0.607 | 0.560 | 0.635 | 0.601 | 1.000 | 0.918 | 0.840 | 0.919 | 0.607 | 0.610 | 0.756 | 0.658 |
| | 黑龙江 | 0.964 | 0.942 | 0.724 | 0.877 | 1.000 | 1.000 | 0.866 | 0.955 | 0.964 | 0.942 | 0.837 | 0.914 |
| | 山西 | 0.424 | 0.555 | 0.644 | 0.541 | 0.459 | 0.662 | 0.735 | 0.619 | 0.923 | 0.838 | 0.877 | 0.879 |
| | 内蒙古 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 安徽 | 1.000 | 0.877 | 0.747 | 0.875 | 1.000 | 0.994 | 0.870 | 0.955 | 1.000 | 0.882 | 0.858 | 0.914 |
| | 江西 | 0.895 | 1.000 | 1.000 | 0.965 | 0.938 | 1.000 | 1.000 | 0.979 | 0.954 | 1.000 | 1.000 | 0.985 |
| | 河南 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 湖北 | 0.795 | 1.000 | 0.859 | 0.885 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.795 | 1.000 | 0.859 | 0.885 |
| | 湖南 | 0.701 | 0.845 | 0.922 | 0.822 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.701 | 0.845 | 0.922 | 0.822 |

续表2 中国31个地区的高校科技创新资源配置总体技术效率、纯技术效率和规模效率

| 区域 | 省份 | 总体技术效率 | | | | 纯技术效率 | | | | 规模效率 | | | |
|------|----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 | 2015 | 2016 | 2017 | 均值 |
| 西部 | 广西 | 0.719 | 0.821 | 0.529 | 0.689 | 0.864 | 0.907 | 0.597 | 0.789 | 0.832 | 0.904 | 0.886 | 0.874 |
| | 重庆 | 1.000 | 0.653 | 0.753 | 0.802 | 1.000 | 0.663 | 0.904 | 0.855 | 1.000 | 0.986 | 0.833 | 0.940 |
| | 四川 | 0.871 | 0.895 | 0.925 | 0.897 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.871 | 0.895 | 0.925 | 0.897 |
| | 贵州 | 1.000 | 0.981 | 1.000 | 0.994 | 1.000 | 0.984 | 1.000 | 0.995 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.999 |
| | 云南 | 0.832 | 0.912 | 1.000 | 0.915 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.832 | 0.912 | 1.000 | 0.915 |
| | 西藏 | 1.000 | 1.000 | 0.776 | 0.925 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.776 | 0.925 |
| | 陕西 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 甘肃 | 0.841 | 1.000 | 0.913 | 0.918 | 0.841 | 1.000 | 0.914 | 0.918 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 1.000 |
| | 青海 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| | 宁夏 | 1.000 | 0.935 | 1.000 | 0.978 | 1.000 | 0.950 | 1.000 | 0.983 | 1.000 | 0.984 | 1.000 | 0.995 |
| | 新疆 | 1.000 | 0.940 | 1.000 | 0.980 | 1.000 | 0.987 | 1.000 | 0.996 | 1.000 | 0.952 | 1.000 | 0.984 |
| 有效省份 | | 14 | 10 | 14 | 13 | 24 | 17 | 19 | 20 | 15 | 10 | 14 | 13 |
| 总体均值 | | 0.863 | 0.852 | 0.842 | 0.853 | 0.953 | 0.947 | 0.931 | 0.944 | 0.903 | 0.895 | 0.899 | 0.899 |
| 东部 | | 0.829 | 0.773 | 0.790 | 0.797 | 0.950 | 0.936 | 0.920 | 0.935 | 0.864 | 0.819 | 0.850 | 0.844 |
| 中部 | | 0.821 | 0.864 | 0.837 | 0.841 | 0.933 | 0.953 | 0.923 | 0.936 | 0.883 | 0.902 | 0.901 | 0.895 |
| 西部 | | 0.933 | 0.922 | 0.900 | 0.918 | 0.973 | 0.954 | 0.947 | 0.958 | 0.958 | 0.966 | 0.947 | 0.957 |

(一) 高校科技创新资源配置效率全国整体评价

从表2可以看出,在研究期内,中国31个省(自治区、直辖市)的总体技术效率、纯技术效率和规模效率的均值分别为0.853、0.944和0.899,虽然都处于较高水平,但仍是非DEA有效状态。纯技术效率均值高于规模效率均值,说明规模效率的无效性大于纯技术效率的无效性,规模效率无效是总体技术效率无效的主要原因。从图1可以看出,在2015—2017年,中国高校科技创新资源配置规模效率趋于稳定状态;总体技术效率跟随纯技术效率的下降而小幅下降。这表明,“双一流”建设背景下,中国高校科技创新资源配置结构不合理,配置技术和管理水平尚有提升空间。从科技经费来看,中央和各地政府纷纷加大“双一流”建设经费投入,优化教育资源配置结构,加强优势学科建设,但由于各地经济发展以及重点院校、重点学科分布不均衡,某些省份高校科技经费投入过于饱和或严重不足;同一省份对于理工、农、医、师范、综合高校的投入比例差距较大。从科技人力来看,从事应用研究和基础研究、重大项目和一般项目的教师人力配置没有达到最优化;经济不发达省份和地方院校高端人才外流现象突出;新进教师尤其青年教师是教学骨干力量,教学精力付出多,科研精力相应减少,加之论文、著作、专利等科技创新成果的产出周期长、滞后性强,科研产出不足。

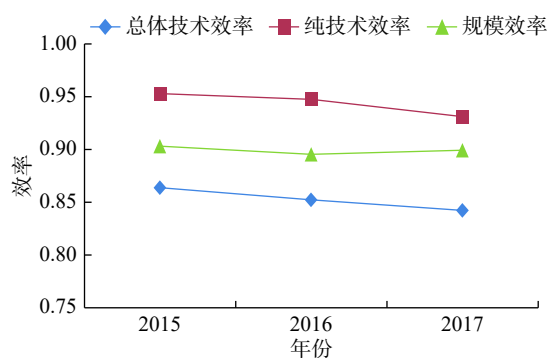


图1 2015—2017年全国高校科技创新资源配置总体技术效率、纯技术效率和规模效率变化情况

(二) 高校科技创新资源配置效率区域评价

根据陈栋生《区域经济学(1993)》一书中对中国东部、中部和西部三大区域的划分以及表3中三大区域的效率均值显示,西部、中部和东部2015—2017年总体技术效率的均值分别为0.918、0.841和0.797;纯技术效率的三年均值分别为0.958、0.936和0.935;规模效率的三年均值分别为0.957、0.895和0.844。中国高校科技创新资源投入量从东到西依次递减,但高校科技创新资源配置总体技术效率、纯技术效率和规模效率从东到西却依次递增。这与人们的常识不符,并不是投入越多,效率越高。从上述分析来看,东部地区的纯技术效率水平与中部和西部地区相当,规模效率低是造成其总体技术效率低于中

西部地区的主要原因。规模效率无效说明投入存在冗余或不足。东中部地区经济发展水平高、“双一流”建设高校数量远多于西部，高校科技创新资源丰富，但当投入达到最优规模之后再继续追加，产出就会减少，效率随之降低。西部地区虽然经济发展水平相对较低，高校科技创新资源相对不足，但积极融入国家“双一流”建设，对有限资源的充分利用，促进了资源配置效率的提升。“双一流”建设背景下，高校科技创新资源投入加大，东部地区高校应注意因人力和经费投入规模过大或配置结构不合理带来的规模效率下降问题；中西部地区高校应合理增加科技创新资源投入，加强科技创新基础设施和师资队伍建设。

表3 2017年各省高校科技创新资源配置产出不足情况

| 决策单元 | 出版科技专著 | 发表学术论文 | 专利授权 | 专利出售 | 国家自然科学基金奖 | 国家技术发明奖 | 国家科技进步奖 |
|------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|---------|---------|
| 北京 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 天津 | 518.052 4 | 0 | 0 | 547.325 8 | 0.250 7 | 0 | 0 |
| 河北 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 山西 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000 3 | 0.909 2 | 1.384 3 |
| 内蒙古 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 辽宁 | 239.179 4 | 0 | 0 | 0 | 0.576 4 | 0 | 0 |
| 吉林 | 98.445 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.191 9 | 0 |
| 黑龙江 | 831.951 8 | 6 915.250 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 上海 | 903.701 8 | 0 | 1 189.701 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 江苏 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 安徽 | 456.963 5 | 7 940.98 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.379 3 |
| 福建 | 399.797 9 | 4 588.158 8 | 0 | 0 | 0.111 9 | 0 | 0 |
| 江西 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 山东 | 989.252 7 | 8 860.812 8 | 0 | 0 | 1.790 9 | 0 | 0 |
| 河南 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 湖北 | 373.093 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.959 9 | 0 |
| 湖南 | 179.506 2 | 12 789.916 | 0 | 0 | 0 | 0.113 9 | 0 |
| 广东 | 886.520 2 | 0 | 0 | 17 105.753 | 1.341 7 | 0 | 0 |
| 广西 | 264.720 9 | 0 | 0 | 313.618 6 | 0.231 7 | 0.231 7 | 0.906 6 |
| 海南 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 重庆 | 257.497 1 | 5 325.410 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 四川 | 365.760 9 | 5 626.575 9 | 0 | 0 | 0.579 1 | 0 | 0 |
| 贵州 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 云南 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 西藏 | 4.331 4 | 0 | 4.120 5 | 287.140 8 | 0.031 3 | 0.010 7 | 0.042 6 |
| 陕西 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 甘肃 | 49.836 4 | 0 | 0 | 3 020.284 1 | 0 | 0.133 | 0 |
| 青海 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 宁夏 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 新疆 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 均值 | 219.955 | 1 678.939 | 38.510 | 686.262 | 0.159 | 0.082 | 0.184 |

从表3中三大区域的总体技术效率测算结果可以看出，西部和中部地区的均值都在0.800以上，西部地区在2015年达到了最高值0.933，东部地区在2016年处于最低值0.733；从图2可以看出，西部地区的总体技术效率均值呈现出缓慢下降态势，中部地区的均值呈现出倒“V形”波动态势，东部地区的均值呈现出正“V形”波动态势。从三大区域的纯技术效率测算结果可以看出，三大区域的均值都很高，西部地区在2015年达到了最大值0.973，东部地区在2017年处于最低值0.920；图3的时空变化趋势显示，西部

和东部地区的纯技术效率均值都呈现出缓慢下降态势,中部地区的均值呈现倒“V形”波动态势。从三大区域的规模效率测算结果可以看出,在研究期内,除了东部地区2016年的均值为0.819,其他都在0.850以上;从图4中2015—2017年三大区域的规模效率变化情况可以看出,西部和中部地区的均值呈现出先升后降的波动态势,但波动不明显;东部地区的均值呈现出正“V形”波动态势。

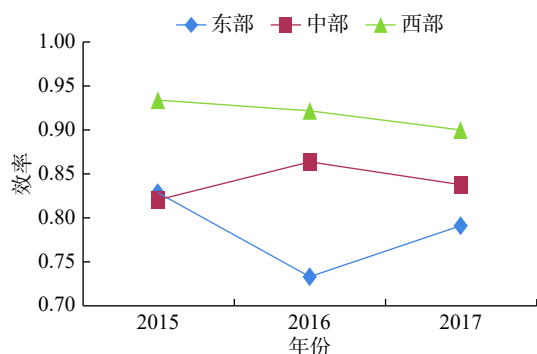


图2 2015—2017年三大区域高校科技创新资源配置总体技术效率变化情况

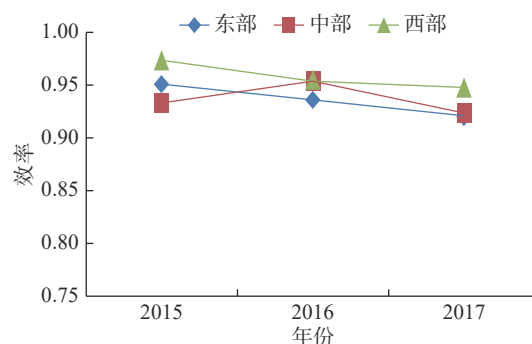


图3 2015—2017年三大区域高校科技创新资源配置纯技术效率变化情况

从以上三大区域高校科技创新资源配置效率分析可以看出,在研究期内,三大区域的高校科技创新资源配置效率存在较大差异;中西部地区高校的总技术效率与纯技术效率协同变动,西部地区呈现出下降趋势,中部地区呈现出先升后降趋势;东部地区高校的总技术效率与规模效率协同变动,呈现出先降后升的趋势。从2015年“双一流”建设方案提出到2016年探索推进再到2017年公布名单正式实施,东部地区高校的规模效率出现了一定程度的下降,大部分省份的规模收益递减,说明这些省份高校科技创新资源投入的增速快于技术进步的速度,研究与发展人员和科技经费投入规模扩张过快,资源配置效率反而下降;中西部地区的一些省份规模收益递增,投入的增速落后于技术进步的速度,研究与发展人员和科技经费投入不足,造成了资源配置效率的下降。

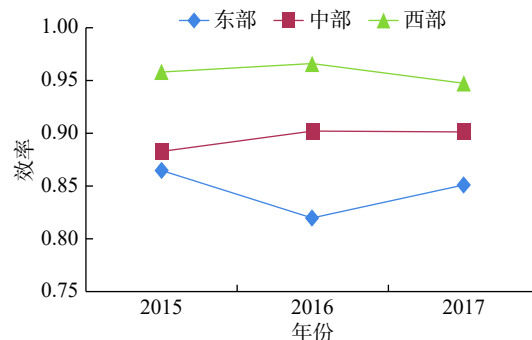


图4 2015—2017年三大区域高校科技创新资源配置规模效率变化情况

研究与发展人员和科技经费投入不足,造成了资源配置效率的下降。

(三) 高校科技创新资源配置效率省域评价

根据2015—2017年中国31个省市总体技术效率的测算结果及空间变动情况,可将中国31个省市划分为四类。第一类:效率为1,包括江苏、浙江、内蒙古、河南、山西、青海6个省区市,这6个省区市在研究期内总体技术效率、纯技术效率和规模效率值都为1,高校科技创新资源达到了最优配置。第二类:逐年上升,包括北京、天津、辽宁、山西、江西、湖南、四川、云南8个省份,湖南从2015年的0.701增长到2017年的0.922,增长幅度最大,增长率达到了31.53%;北京、江西、云南3个省市发展态势良好,2017年总体技术效率值增长到1。第三类,逐年下降,包括福建、广东、黑龙江、西藏4个省市,其中福建下降幅度最大,从2015年的0.926降到2017年的0.599。第四类:波动性变化,其中湖北、广西、甘肃3个省市先升后降,湖北和甘肃的总体技术效率值2016年增长到1;河北、上海、山东、海南、吉林、重庆、贵州、宁夏、新疆9个省市先降后升,河北、海南、贵州、宁夏、新疆5个省市2015年总体技术效率值为1,2016年下降,2017年又增长到1。根据表2中省域总体技术效率的数据显示,三年均值偏低(低于0.800)的省市有8个,包括东部地区的天津、辽宁、上海、福建、广东,中部地区的吉林、山西和西部地区的广西。山西和广西的纯技术效率均值小于规模效率均值,应通过改进高校科技创新资源的管理和配置方式来提高资源配置效率;其余6个省市的纯技术效率均值大于规模效率均值,应通过合理控制高校科技创新资源的投入产出规模来提高资源配置效率。

结合表2中的测算结果,分析中国31个省区市的纯技术效率变动情况。在研究期内,北京、山东、

湖北、湖南、四川、云南、西藏7个省市的纯技术效率为1，但规模效率和总体技术效率不为1，表明在当前的管理制度和水平下，这些省份的高校科技创新资源利用没有达到最优状态，处于规模报酬递减阶段，应通过合理调整高校科技创新资源在地区内各高校之间以及同一高校内各部门之间的投入比例来提高总体技术效率。天津和辽宁的纯技术效率呈现先升后降的波动态势，吉林的纯技术效率呈现逐年下降态势，这与总体技术效率变动趋势不一致。除此之外，其他省份的纯技术效率与总体技术效率变动趋势一致。纯技术效率较低的省份，应加强科技创新辅助设施的建设；引进和留住高端人才，提高研究与发展全时人员比例；优化科技经费在基础研究和应用研究项目之间的分配，以此来促进创新成果产出。

结合表2中的测算结果，分析2015—2017年中国31个省市的规模效率变动情况。纯技术效率值为1的13个省份，其规模效率值与总体技术效率值一致。河北、海南、贵州、宁夏、新疆5个省份2015年规模效率值为1，2016年下降，2017年又增长到1，这与纯技术效率和总体技术效率的变动趋势一致。吉林的规模效率呈现逐年上升态势，上海、重庆、甘肃的规模效率呈现逐年下降态势，辽宁、福建、山西呈现波动态势，这与各自总体技术效率变动趋势不一致。规模效率较高、纯技术效率偏低、处于规模报酬递增阶段的省份，多数处于中西部不发达地区，应通过加强对现有高校科技创新资源的管理和充分利用以及合理增加资源投入来提高投入产出效率；规模效率低，处于规模报酬递减阶段的省份，规模扩大过快，投入冗余，多数处于东部发达地区，应适当缩减规模，避免资源浪费。

通过对2015—2017年中国31个省市的高校科技创新资源配置总体技术效率、纯技术效率和规模效率的对比可以发现，综合来看，全国范围内的三大效率变动趋势基本一致，与纯技术效率协同变动。可见，高校科技创新资源配置纯技术效率对总体技术效率起着关键作用，而规模效率决定着地区高校科技创新的整体高度和持续发展。在“双一流”建设中，不能单纯追求技术进步或规模扩张，而应将高校科技创新资源配置规模效率与纯技术效率的提高综合考虑，在制定教育政策和规划时，更应重视高校科技创新资源管理机制的优化和创新，从而促进高等教育从依靠经费增加和规模扩大的外延式发展转型到依靠资源配置技术和管理水平提升的内涵式发展上来。

（四）高校科技创新资源配置产出不足分析

在进行效率分析时，对非DEA有效省份的高校科技创新资源配置的投入冗余和产出不足情况也进行了测算，有助于通过减少冗余或增加不足来提高资源配置效率，其中2017年的产出不足量如表3所示。从表3可以得出，2017年，天津、山西、辽宁等17个省份在高校科技创新资源配置上存在着一定程度的产出不足。按照资源最优配置状态，中国各省高校平均出版科技专著数量至少应增加219.955部，发表学术论文增加1678.939篇，专利授权增加38.510项，专利出售增加686.262千元，国家自然科学基金增加0.159项，国家技术发明奖增加0.082项，国家技术发明奖增加0.184项，才能使高校科技创新资源不存在冗余和浪费。

三、结语

（一）研究结论

第一，“双一流”建设背景下，中国高校科技创新资源配置效率总体处于较高水平，但仍非最优状态。一些省份高校科技创新资源配置结构不合理，相关制度和管理水平尚有提升空间。纯技术效率均值高于规模效率均值，总体技术效率无效主要是由规模效率无效引起的。随着“双一流”建设的实施，高校科技创新资源投入加大，应注意因为规模扩张过快以及高校科技创新资源在各省份和同一省份内各高校间配置比例不合理带来的规模效率下降问题。

第二，东、中、西部三大区域高校科技创新资源配置效率存在较大差异，西部大于中部大于东部地区，中西部地区的总体技术效率与纯技术效率协同变动，东部地区的总体技术效率与规模效率协同变动。“双一流”建设实施以来，东部地区高校的规模效率有所下降，表明这些省份高校科技创新资源投入的增速快于技术进步的速度，投入规模扩张过快，应适当控制规模，避免资源浪费；中西部地区一些省份高校的规模收益递增，表明投入的增速落后于技术进步的速度，人员和经费投入不足，应通过加强对现有资源的充分利用以及合理增加资源投入来提高资源配置效率。

第三, 2015—2017年, 江苏、浙江、内蒙古、河南、山西、青海6个省(自治区、直辖市)的高校科技创新资源达到了最优配置。三年均值偏低(低于0.800)的省(自治区、直辖市)有8个, 包括东部地区的天津、辽宁、上海、福建、广东, 中部地区的吉林、山西和西部地区的广西。山西和广西的纯技术效率均值小于规模效率均值, 应通过改进高校科技创新资源的管理和配置方式来提高效率; 其余6个省(自治区、直辖市)的纯技术效率均值大于规模效率均值, 应通过合理控制高校科技创新资源的投入产出规模来提高效率。

第四, 中国高校科技创新资源配置效率并不仅仅受地区经济发展水平影响。纯技术效率对总体技术效率起着关键作用。在“双一流”建设中, 不能单纯追求技术进步或规模扩张, 在资源配置过程中, 应将规模效率和纯技术效率的提高综合考虑, 尤其要重视高校科技创新资源管理制度和管理水平的提升, 促进中国高等教育的内涵式发展。

(二) 政策建议

“双一流”建设注重效率, 通过政策、资金和资源支持, 鼓励建设高校追求世界一流; 同时, 兼顾公平, 充分考虑地区布局和学科分布, 体现中国特色。根据实证研究结论, 结合当前中国高校科技创新资源配置现状, 从高校科技创新系统结构视角提出政策建议。

第一, 从宏观层面完善政策体系建设。中国高校科技创新资源在东、中、西部三大区域以及同一区域内的不同省份之间分配并不均衡。在“双一流”建设背景下, 政府应统筹考虑各地资源配置状况和宏观战略布局, 优化高校科技创新资源配置结构。东部地区高校科技创新资源投入多, 应合理配置人、财、物等各项资源, 强化科研激励政策, 提高资源配置技术和管理水平; 中西部地区高校科技创新资源相对不足, 国家对中西部地区应给予一定政策倾斜, 加大资源投入规模。同时, 地方政府和相关管理部门应加强对高校科技创新资源的监管, 科学规划、合理配置高校科技创新资源, 避免投入冗余, 打破“211”和“985”工程的身份固化, 对各个类型的高校都给予一定的办学支持, 实现地区高校科技创新资源配置效率最大化。

第二, 从中观层面加强社会资源整合。“双一流”建设中, 政府和高校应着力推进产学研用一体化运作模式。高校应面向国家和省域需求, 以服务经济社会发展为基本导向, 实行科技创新资源配置社会化。除了国家和地方政府的经费支持外, 地区高校与企业、其他高校和校友等各类社会资源深度融合有助于扩大自身发展规模, 增加科技创新资源投入。完善高校与企业的关系, 推动高校科技成果转化, 进而为高校学术研究工作提供经费支持; 重视同其他高校的合作, 中西部地区高校应加强与东部地区高校的交流与合作, 使发达地区的高校科技创新资源向中西部扩散; 构建高校与校友的关系, 校友资源的综合开发与利用是高校获得更多人才、信息、公共关系和办学经费等办学资源的有效途径。

第三, 从微观层面优化高校内部分配。优化高校科技创新资源在校内各部门之间的配置结构, 完善资源监管制度, 提高各部门的科技创新资源使用效率; 强化高校科技创新激励机制, 明确岗位聘用和考核评价标准, 调动高校科研人员尤其是中青年教师投身于学术研究的积极性; 高校科研应主动面向地区经济发展需要明确发展定位, 走特色发展之路, 抢占优势学科制高点, 提高优势学科的科研产出。

参考文献:

- [1] COLLBERT A, LEVARY R, SHANER M. Determining the relative efficiency of MBA programs using DEA[J]. *European journal of operational research*, 2000, 125(3): 636-656.
- [2] JOHNES J. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education[J]. *Economics of Education Review*, 2006, 25(3): 273-288.
- [3] ABBOTT M, DOUCOULIAGOS C. The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis[J]. *Economics of Education review*, 2013, 22(1): 89-97.
- [4] FLEGG A T, ALLEN D O. Measuring the efficiency of British universities: a multi-period data envelopment analysis[J]. *Education Economics*, 2014, 12(3): 231-249.
- [5] MORENO A, TRDEPALLI R. Assessing academic department efficiency at a public university[J]. *Managerial and Decision Economics*, 2012, 23(27): 385-397.

- [6] 朱恬恬, 胡霞, 彭华荣. “双一流”建设高校的全要素科技创新效率研究 [J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2018, 20 (6): 163-169.
- [7] 胡德鑫, 王轶玮. 基于 DEA 的“985”高校科研竞争力评价 [J]. 北京理工大学学报 (社会科学版), 2017, 19 (4): 163-168.
- [8] 叶前林, 岳中心, 何育林, 等. “双一流”建设下中国高等教育资源配置效率研究 [J]. 黑龙江高教研究, 2018 (3): 22-27.
- [9] 管永刚. 基于超效率 DEA 模型的高等教育资源配置效率分析 [J]. 黑龙江高教研究, 2019, 37 (2): 84-88.
- [10] 黄小平, 刘光华, 刘小强. “双一流”背景下区域高校系统科技创新能力: 绩效评价与提升路径 [J]. 江西师范大学学报 (哲学社会科学版), 2018, 51 (6): 93-102.
- [11] 苏荟, 刘奥运. “双一流”建设背景下中国省际高校科研效率及影响因素研究: 基于 DEA-Tobit 模型 [J]. 重庆大学学报 (社会科学版), 2020, 26 (1): 107-118.
- [12] 赵镇. 基于 DEA 的高等教育科技资源配置效率评价分析: 以黑龙江省为例 [J]. 科技进步与对策, 2009, 26 (2): 112-115.

Research on the Allocation Efficiency of Science and Technology Innovation Resources in Universities under the Background of “Double First-Class”

ZHANG Haibo¹, GUO Dacheng¹, ZHANG Haiying²

(1. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Education, Cangzhou Normal University, Cangzhou Hebei 061001, China)

Abstract: Under the background of “Double First-Class” construction, optimizing the allocation of higher education resources to improve the efficiency of input and output is an important issue in the development of higher education. This paper uses the DEA model to evaluate the scientific and technological innovation resource allocation efficiency of 31 provinces in China from 2015 to 2017, and calculates the output shortage of each province in 2017. The results show that the structure of science and technology innovation resource allocation in universities in some provinces is unreasonable; the efficiency of science and technology innovation resource allocation in universities in the three major regions is western region, central region and eastern region in order from high to low; the overall technical efficiency changes with pure technical efficiency in western and central regions, the overall technical efficiency changes with scale efficiency in the eastern region; pure technical efficiency plays a key role in the overall technical efficiency. In order to improve the efficiency of the allocation of scientific and technological innovation resources in Chinese universities, we should improve the policy system construction from the macro level; strengthen the integration of social resources from the meso level; and optimize the internal allocation of universities from the micro level.

Keywords: “Double First-Class” construction; inter-provincial universities; science and technology innovation; resource allocation efficiency; DEA model

[责任编辑: 箫姚]