

Research on Innovation Efficiency of Prefecture Cities Based on Three-Stage DEA Model

—Taking Five Economic Zones of Sichuan Province as an Example

Tao Liu¹, Zerui Su¹, Yuyan Luo^{1,2*}, Lu Yin¹, Yu Mou¹

¹College of Management Science, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

²Post-Doctorate R & D Base of Management Science and Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

Email: socoolliu@qq.com, Zoeee_98@163.com, *luoyuyan13@mail.cdut.edu.cn, luyin.cdut@163.com, my191001@163.com

Received: Dec. 28th, 2019; accepted: Jan. 10th, 2020; published: Jan. 17th, 2020

Abstract

In order to explore the regional innovation efficiency of collaborated five major economic zones in Sichuan Province, as well as the inner gaps in development, this paper collected data from 21 prefecture cities, including 18 prefecture level cities and 3 autonomous prefectures, and used Three-stage DEA model to evaluate the innovation efficiency under environmental controls. Result shows that excluding the environmental factors makes it more possible to assess the innovation efficiency accurately; among the prefecture cities in the five major economic zones, Chengdu and Panzhihua are at the forefront of efficiency, while the other prefecture cities need to improve their pure technical efficiency and scale efficiency. The research process and conclusions of this study can provide a reference for the measurement of regional innovation efficiency from the perspective of prefecture-level city.

Keywords

City Area, Innovation Efficiency, Three-Stage DEA, Regional Development

基于三阶段DEA模型的市域创新效率研究

——以四川省五大经济区为例

刘涛¹, 苏泽锐¹, 骆毓燕^{1,2*}, 殷璐¹, 牟瑜¹

*通讯作者。

¹成都理工大学管理科学学院, 四川 成都

²成都理工大学管理科学与工程博士后流动站, 四川 成都

Email: socoolliu@qq.com, Zoeee_98@163.com, *luoyuyan13@mail.cdut.edu.cn, luyin.cdut@163.com, my191001@163.com

收稿日期: 2019年12月28日; 录用日期: 2020年1月10日; 发布日期: 2020年1月17日

摘要

为反映四川省五大经济区协同发展中存在的区域创新发展水平差距及其效率, 本文以四川省五大经济区中18个地级市、3个自治州的数据(以下统称为市域数据)为基础, 运用三阶段DEA模型, 在控制环境因素的前提下, 对四川五大经济区21个市(州)的创新效率进行评价。研究表明: 对剔除环境因素后的效率分析能够更合理地评估四川省五大经济区21个市(州)的创新效率; 在四川五大经济区各市(州)中, 仅成都市、攀枝花市处于效率前沿面, 大部分市(州)的纯技术效率、规模效率尚待提升, 该研究过程及结论可为市域视角下地区创新效率测度提供参考借鉴。

关键词

市域, 创新效率, 三阶段DEA模型, 区域发展

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

创新是引领发展的第一动力, 科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑。目前, 第三次工业革命与我国转型发展发生历史性交汇, 为我国走创新驱动的跨越式发展道路提供契机[1]。区域创新发展系统是国家创新系统重要的组成部分, 是经济发展的助推器, 是国家综合实力的体现[2] [3]。大部分的研究从省级行政区域的角度评价区域创新效率[4] [5] [6] [7] [8], 也有诸多的文献从城市的角度入手分析[9] [10] [11], 均反映了对区域创新效率的重视。

在关于四川省创新效率衡量的研究中, 大多数的研究都立足省级层面对创新效率进行探讨。已有文献在研究全国、西部地区及长江经济带的创新效率时, 对四川省的创新效率进行度量[12] [13] [14]; 黄寰(2015)等以内生增长理论为依据, 采用 DEA-Malmquist 指数对四川省科技创新效率进行研究, 并在研究中提出: 四川科技创新的发展重点是提高科技创新人员的比例和质量, 通过提高规模效率以实现科技创新为驱动力的经济发展[15]; 陈骑兵和马铁丰(2012)运用 DEA 交叉评价模型对四川省高技术产业技术创新效率进行测度, 认为四川省的高技术产业存在要素资源利用不均的问题, 提出通过控制投入量, 加强对投入资源的管理来提高资源的利用率[16]。

当前, 国家将四川省等地选作全面创新改革的试验区, 以更好地实现创新驱动型发展, 该举措为四川省实现创新驱动型发展提供了历史性的机遇。创新能力受创新支撑(如人才、企业等)在形成和发展过程中所表现出的聚集效应的影响, 并不会在空间中呈现均衡分布, 而是呈现出趋向在一定区位上的聚集[17]。同时据统计数据显示, 在四川省创新能力不断提高的同时, 区域之间创新发展水平的差距依然显著[18]。

在“十一五”规划中,四川省根据空间和自然资源因素对各市进行区域划分,分别命名为成都平原、川东北、川西北、川南、攀西经济区,形成了特点鲜明、优势互补的区域经济体;“十一五”规划成功实施后,省委省政府又连续推出了“十二五”、“十三五”规划;同时,根据习近平总书记 2018 年初在四川考察时提出的最新指示,四川要打造具有自身特色的区域经济板块,推动各个区域共同繁荣发展。要想提高创新系统的能力,就必须对创新系统进行科学的评价;要想提高四川省的创新能力,最重要的就是从五大经济区的视角入手分析。那么厘清五大经济区各个市(州)的创新发展状况,测度其发展效率,对帮助提升四川省区域创新能力具有非常重要的意义。本文旨在基于三阶段 DEA 模型,对四川省五大经济区 21 个市(州)的区域创新效率进行比较评估,以便于各地认清现状、制定有针对性的部署与举措。

2. 文献综述

通过检索与查阅前人研究文献,发现针对于四川省五大经济区市域范畴内创新效率的研究较少,而在区域创新效率研究方面的文献较为丰富。本文通过 CiteSpace 软件,以知识图谱形式绘制呈现该领域研究情况,具体分别以主题为“区域创新效率”和“(Regional innovation efficiency) and CU = (China)”对“中国知网”与“Web of Science 核心合集”中 2000~2019 年度的文献进行检索,截止 2019 年 12 月 24 日共分别得到 577 和 181 篇有效文章。

利用 CiteSpace 工具,分别对中文文献与外文文献的发文作者合作网络进行绘制,可得研究人员合作网络如图 1 所示,其中图 1(a)与图 1(b)分别是中文和英文文献的作者合作网络。图 1(a)中研究人员合作网络共生成 128 个结点、83 条连线;图 1(b)中研究人员合作网络共生成 24 个结点、15 条连线,这表明在区域创新效率领域研究中相关学者尚未形成明显的合作网络,整体上呈现出高度离散与局部少数集中的分布特征;大多数作者之间鲜有合作,故尚未凝练成具有高凝聚力的科研共同体,在一定程度上不利于推动该领域的快速发展。

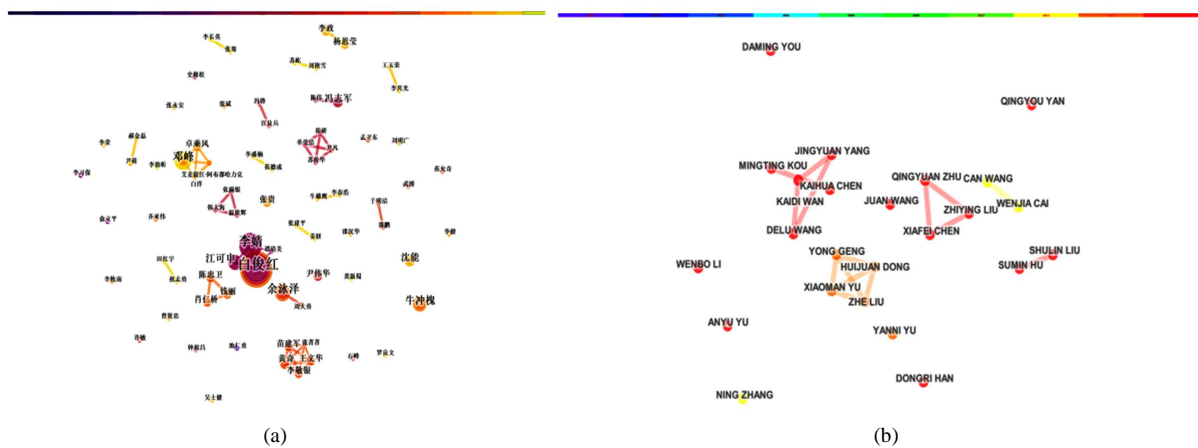


Figure 1. Cooperation network of regional innovation efficiency researchers

图 1. 区域创新效率研究人员合作网络

通过对文章关键词的共现网络呈现,如图 2 所示,其中图 2(a)与图 2(b)分别是中文和英文文献的关键词共现图谱,可以发现“创新效率”与“数据包络分析(DEA)”是中文数据共现网络中两大节点,“China”、“Performance”、“Efficiency”、“Innovation”、“Data Envelopment Analysis”是外文文献共现网络中的几大主要节点,因此可知在区域创新效率研究中,径向的、角度的 DEA 模型是进行效率测度基本方法之一。

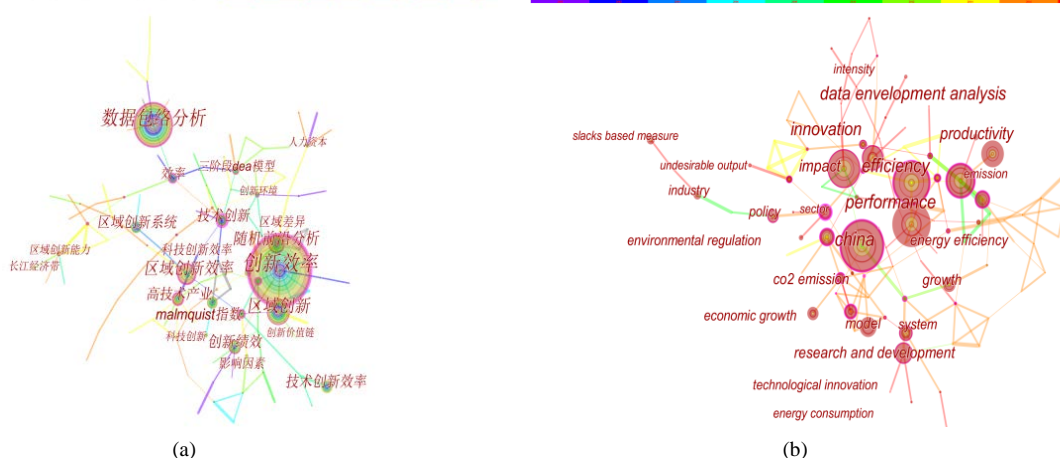


Figure 2. Keywords co-occurrence network in the research field of regional innovation efficiency
图 2. 区域创新效率关键词共现网络

孙凯等(2007)和张宗益等(2008)等运用 DEA 方法,对省域层面各个区域创新效率进行研究[19] [20],但罗彦如等(2010)认为前者研究中的某些结果难以给予合理的解释,各个地区的创新效率被认为不具有可比性[21]。在他们的研究中,都只考虑了系统内相关的投入产出因素对创新效率的影响,忽视了环境因素对创新效率的影响。而导致区域创新系统效率低下的原因,既有可能是由于管理不善,也可能是外部的随机因素与误差所引起。而由 Fried 等(2002)提出的三阶段 DEA 模型能够更好地评估决策单元(Decision Making Unit, DMU)效率的方法,可以较好地剔除环境因素和统计噪音带来的影响,从而更加准确地分析管理无效率[22]。

在四川省区域创新效率探讨中,马骁俊(2018)基于面板数据回归模型,对区域创新发展与地方经济发展关系进行研究[23];蔡文春等(2015)运用因子分析法,对四川全部地市州的创新能力进行综合评价[24];赵云枫(2015)分别采用因子分析法与熵权法,对区域创新能力考量,验证两种方法在评价结果上的一致性,并提出通过加强区域创新合作方式来提升区域创新能力[25];于晓昆(2015)基于超效率 DEA 方法,分析和评价四川 21 个地市州的创新绩效,提出各个城市可以采取加强城市之间的协作交流、发挥资源优势等方式,以提高创新系统的绩效[26]。

已有的少量市域层面创新效率研究尚未考虑到环境因素对创新效率的影响,而仅仅研究系统中投入和产出,测度得到不同区域的创新效率,结果势必会存在一定的误导性。本文通过选用三阶段 DEA 模型,在剔除环境因素的影响下,对四川五大经济区 21 个市(州)的区域创新效率进行测度,在此基础上提出相关建议,以此为相关部门今后制定政策、优化资源配置等工作提供参考。

3. 研究设计

3.1. 研究方法与模型

数据包络分析法(Data Envelope Analyse, DEA)是由 Charnes 等在 1978 年提出的,用以评价多投入和多产出下综合效率[27]。传统 DEA 方法在运用时没有考虑环境因素的实际影响,且忽视了松弛变量在效率评价中的作用,不可避免地存在技术上的缺陷。随机前沿分析(Stochastic Frontier Analysis, SFA)是采用参数手段,预设一个前沿生产函数,并考虑随机变量的影响,但模型对投入产出的数据要求较高[28]。基于上述而形成的三阶段 DEA 模型[22]认为投入(或产出)的冗余是由管理无效、外部环境因素和随机误差共同造成的,要进行管理效率评价必须利用 SFA 剔除环境因素和随机误差,这样得到的效率值才能更准

确地反映决策单元的效率。

3.1.1. 第一阶段：基于传统 DEA 方法计算效率值

用规模报酬不变为前提假定的 CCR 模型来评价 DMU 投入产出效率会出现假定与事实不符的问题,在此基础上,出现了可变规模报酬的 BCC 模型[29]。BCC 模型将 CCR 模型中的综合技术效率(Technical Efficiency, TE)分解为两部分:纯技术效率(Pure Technical Efficiency, PTE)和规模效率(Scale Efficiency, SE),且 $TE = PTE \times SE$ 。根据研究视角不同,又可将 BCC 模型分为投入导向型和产出导向型。本文是从优化投入数量角度,探讨四川省五大经济区 21 个市(州)的创新效率,故采用投入导向型,且规模报酬可变的 BCC 模型。

假设决策单元(DMU)有 I 个,且所有 DMU 都包括 N 项投入和 M 项产出。令 $X_i = (X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ni})$, X_{ni} 表示第 i ($i = 1, 2, \dots, I$) 个 DMU 的第 n ($n = 1, 2, \dots, N$) 项投入指标值;令 $Y_i = (Y_{1i}, Y_{2i}, \dots, Y_{mi})$, Y_{mi} 表示第 i ($i = 1, 2, \dots, I$) 个 DMU 的第 m ($m = 1, 2, \dots, M$) 项产出指标值。此外, S^- 与 S^+ 分别表示投入冗余值和产出不足值, ε 表示非阿基米德无穷小, θ 表示 DMU 的有效值。本文从绿色增长视角出发,尽量减少投入和降低负产出,所采用投入导向型的 BCC-DEA 模型[30]如下:

$$\min \left[\theta - \varepsilon \left(\sum_{n=1}^N S^- + \sum_{m=1}^M S^+ \right) \right]$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{i=1}^I X_i \lambda_i + S^- = \theta X_0 \\ \sum_{i=1}^I Y_i \lambda_i - S^+ = Y_0 \\ \sum_{i=1}^I \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0 \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

决策单元所测效率水平可以分为有效和无效两类,若 $\theta = 1$, 且 $S^- = S^+ = 0$, 则该 DMU 为 DEA 有效;若 $\theta = 1$, 但 $S^- \neq 0$ 或 $S^+ \neq 0$, 则该 DMU 为弱 DEA 有效;若 $\theta < 1$, 则该 DMU 为 DEA 无效,存在投入方面的冗余。

3.1.2. 第二阶段：构建相似 SFA 模型

以实际投入与目标投入的差额作为被解释变量,以环境变量作为解释变量,所构建的 SFA 模型[31]:

$$S_{ni} = f(z_i, \beta_n) + v_{ni} + \mu_{ni}$$

$$i = 1, 2, \dots, I; n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

其中, S_{ni} 是第 i 个决策单元第 n 项投入的松弛值; z_i 是环境变量, β_n 是环境变量的系数; $v_{ni} + \mu_{ni}$ 是混合误差项, v_{ni} 表示随机干扰, μ_{ni} 表示管理无效率; $v \sim N(0, \delta_v^2)$ 是随机误差项,表示随机干扰因素对投入松弛变量的影响; μ 是管理无效率,表示管理因素对投入松弛变量的影响,假设其服从在零点截断的正态分布,即 $u \sim N^+(0, \delta_u^2)$ 。为了下一阶段的投入调整,先要把随机误差项从混合误差项中分离出来。

3.1.3. 第三阶段：调整投入变量后的 DEA 模型

调整投入变量后的 DEA 模型基于相似 SFA 模型调整的投入数据,剔除了环境变量与随机冲击的干扰,将第二阶段调整后的投入取代原始投入,运用 BCC-DEA 模型对各个 DMU 重新进行效率测度,可以更加准确地反映四川省五大经济区 21 个市(州)创新效率的差异。

3.2. 指标选取与数据来源

四川省五大经济区 21 个市(州)创新效率之间要形成良性循环与互动, 促进区域的协调发展, 关键在于提升创新效率[32]。结合当前背景下区域协同创新的特点, 本文在参考已有研究文献基础上, 结合数据的可获性, 对投入产出变量、环境变量的选择如表 1 所示:

1) 创新投入指标

古典经济增长理论中资本与劳动始终是基本要素。故本文从资本和人力方面考量, 确定 R & D 经费支出和 R & D 人员全时当量作为资本和人力投入要素。

2) 创新产出指标

从协同创新发展视角, 综合考量创新的产出变量, 由于创新的产出较为复杂, 指标不能单一化, 故选择科技论文数、国内专利申请授权数、人均 GDP 作为产出要素。

3) 外部环境变量

为了剔除环境因素的影响, 本文将公共图书馆藏书数量作为衡量地区国民教育水平的指标、地方财政科技支出占地方财政支出的比重作为衡量政府对创新的重视度、规模以上工业企业数作为工业对创新的支持力度。

为保证数据的一致性与研究的可行性, 本文研究数据主要来自于 2008~2017 年《四川统计年鉴》, 其中 R & D 经费支出和 R & D 人员全时当量在 2009 年与 2010 年存在数据缺失, 本文通过插值法获取。

Table 1. Measurement variables of regional innovation efficiency

表 1. 区域创新效率测度变量

类型	变量	单位
投入指标	R & D 经费支出 X_1	亿元
	R & D 人员全时当量 X_2	人年
产出指标	科技论文数 Y_1	篇
	国内专利申请授权数 Y_2	项
	人均 GDP Y_3	元
环境因素	公共图书馆藏书数量 Z_1	千册(件)
	地方财政科技支出占地方财政支出比重 Z_2	%
	规模以上工业企业数 Z_3	个

4. 实证结果分析

4.1. 第一阶段传统 DEA 的实证分析

采用 DEAP2.1 测算四川省五大经济区 21 个市(州)2008 年至 2017 年综合技术效率、纯技术效率以及规模技术效率, 如表 2 所示。

从表 2 可以看出, 在未考虑环境因素和随机变量影响的情况下:

1) 四川省五大经济区 21 个市(州)中仅有成都市、广安市、南充市、眉山市、雅安市和阿坝州各项效率值均为 1, 都处于效率前沿面上, 而其他 15 个市(州)分别在纯技术效率和规模效率方面存在不同程度的可提升空间。

2) 四川省五大经济区 21 个市(州)的平均综合技术效率仅为 0.584, 意味着各市(州)创新的实际产出水平远低于最优水平, 存在超过 40%的可提升空间。

Table 2. Phase 1: The innovation technology efficiency value and scale return status of 21 prefecture cities in the five economic zones of Sichuan Province, 2008-2017**表 2.** 第一阶段：2008~2017 年四川省五大经济区 21 个市(州)创新技术效率值及规模报酬状态

区域	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
成都市	1	1	1	-
自贡市	0.262	0.536	0.488	drs
攀枝花市	0.254	1	0.254	drs
泸州市	0.469	0.471	0.995	drs
德阳市	0.106	0.213	0.497	drs
绵阳市	0.125	0.129	0.970	drs
广元市	1	1	1	-
遂宁市	0.285	0.285	0.999	-
内江市	0.358	0.368	0.973	drs
乐山市	0.350	0.673	0.519	drs
南充市	1	1	1	-
眉山市	1	1	1	-
宜宾市	0.252	0.442	0.570	drs
广安市	0.858	1	0.858	drs
达州市	0.669	0.669	0.999	-
雅安市	1	1	1	-
巴中市	0.330	0.411	0.802	irs
资阳市	0.223	0.227	0.985	drs
阿坝州	1	1	1	-
甘孜州	0.787	1	0.787	drs
凉山州	0.933	1	0.933	drs
均值	0.584	0.687	0.839	

注：irs 为规模报酬递增，drs 为规模报酬递减，-为规模报酬不变。

3) 自贡市、攀枝花市、凉山州等 12 个市(州)处在规模效率递减阶段，表明这些地区发展规模设置不合理，现有投入规模已过大，不能带来较高的产出；巴中市处于规模效率递增阶段，表明增加投入、扩大发展规模对提升其发展效率是有效的。

4) 平均纯技术效率均值低于平均规模效率均值，表明四川省五大经济区 21 个市(州)的发展主要依靠要素的不断投入。大多数地区的综合技术无效率来源于纯技术无效率，较低的纯技术效率是制约四川省五大经济区 21 个市(州)发展效率提升的主要因素。

在第一阶段对创新效率的测度中，经典的 DEA 模型不能有效区分管理因素、环境因素和随机误差对投入松弛变量的影响，将所有对效率值的影响全部归结为管理无效，忽视了外部环境和随机因素的作用。事实上，四川省五大经济区 21 个市(州)在经济水平、产业结构、水资源禀赋等方面差异显著，因此，利用 SFA 模型剔除环境和随机误差的影响非常重要。

4.2. 第二阶段随机前沿分析结果

将第一阶段得出的各投入变量的松弛变量作为被解释变量，将环境变量作为解释变量，采用软件 Frontier4.1 展开 SFA 回归分析，得到实证结果如表 3 所示。

Table 3. Phase 2: Results of stochastic frontier analysis

表 3. 第二阶段：随机前沿分析结果

变量	R & D 经费支出	R & D 人员全时当量
常数项	119153.890	1191.852
公共图书馆藏书数量	-2.248	-0.005
地方财政科技支出占地方财政支出比重	121538.430	4821.299
规模以上工业企业数	25.390	-1610.858
σ^2	44380181000.000	330564.520
γ	0.858	0.095
Log 值	-2726.867	-1252.904
LR 单边检验	127.007	42.548

从表 3 中可知该模型设置较为合理，适宜使用 SFA 进行回归分析，其中 γ 值分别为 0.858 和 0.095，表明在混合误差项中管理无效率对投入松弛变量的影响很大，随机因素对投入松弛变量的影响较小。由于投入冗余可视为各市(州)的机会成本，下面逐一对每个环境变量进行分析。

1) 公共图书馆藏书数量。该变量对于所有投入变量的松弛值回归系数较小，公共图书馆藏书数量对创新效率的产出不具有明显促进作用，说明公共图书馆藏书数量对创新效率的提升影响不大。造成这一结果可能是因为公共图书馆藏书数量指标并不能很好地反映该市(州)的创新水平，虽然中国的公共设施总体量较大，但人均公共馆藏书数量较少。

2) 地方财政科技支出占地方财政支出比重。该比重对于所有投入变量的松弛值回归系数都为正数，即该变量并没有促进创新效率的增加，这一点与理论预期不相符，主要因为该指标并不能很好地反映各个市(州)的创新水平，在一些市(州)范围内，科技氛围不浓厚，以致于该指标失真。

3) 规模以上工业企业数。该变量对于所有投入变量松弛值的回归系数有负数，即规模以上工业企业数能够促进创新效率增加，说明规模以上工业企业数越大越有利于创新效率的提升。这是因为在经济发达地区，工业聚集程度越高，创新规模效应越明显。工业企业在资金充足的条件下有能力减少相关资源的浪费，从而间接地提高了创新效率。

从上述分析可知，环境因素对四川省五大经济区 21 个市(州)创新效率存在不同程度的影响。因此，需要剔除环境因素带来的影响，使所有的决策单元位于相同的环境，以提升效率测算结果的准确性。

4.3. 第三阶段调整投入后的 DEA 测算结果

根据第二阶段测算结果，调整投入变量，且将其和原有的产出数据再次代入传统的 DEA 模型进行分析，能够得到第三阶段各市(州)的效率值和规模报酬状态，如表 4 所示。

对比表 2 和表 4 可知，在不考虑环境变量和随机误差的影响后，四川省五大经济区各市(州)效率值产生了明显的变化。从总体来看，各市(州)经济综合技术效率均值由原来的 0.584 下降为 0.458、纯技术效率均值由原来的 0.687 上升为 0.694，规模效率均值由原来的 0.839 下降为 0.629，具体来看：

Table 4. Phase 3: The innovation technology efficiency value and scale return status of 21 prefecture cities in the five economic zones of Sichuan Province, 2008-2017**表 4.** 第三阶段：2008~2017 年四川省五大经济区 21 个市(州)创新综合技术效率值及规模报酬状态

区域	综合技术效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
成都市	1	1	1	-
自贡市	0.602	0.719	0.838	irs
攀枝花市	1	1	1	-
泸州市	0.335	0.629	0.532	irs
德阳市	0.72	0.867	0.831	irs
绵阳市	0.822	1	0.822	irs
广元市	0.245	0.611	0.402	irs
遂宁市	0.304	0.619	0.491	irs
内江市	0.377	0.623	0.606	irs
乐山市	0.54	0.652	0.828	irs
南充市	0.278	0.614	0.453	irs
眉山市	0.394	0.615	0.641	irs
宜宾市	0.55	0.705	0.78	irs
广安市	0.316	0.612	0.516	irs
达州市	0.316	0.617	0.512	irs
雅安市	0.42	0.617	0.682	irs
巴中市	0.202	0.615	0.328	irs
资阳市	0.348	0.629	0.552	irs
阿坝州	0.233	0.613	0.38	irs
甘孜州	0.275	0.613	0.449	irs
凉山州	0.345	0.614	0.562	irs
均值	0.458	0.694	0.629	

1) 从综合技术效率来看，调整之前技术效率值均为 1 的 6 个市(州)，在调整之后，除成都市未发生变化外，其它地区均发生变化，表明其之前的高效率与成都市所处的有利环境是相关的，故不能反映其真正的技术管理水平。除攀枝花市在调整之后的综合技术效率提升为 1 之外，还有自贡市、德阳市等 8 个市的综合技术效率有所提高，说明这 9 个地区处在不利的外部环境中，即公共图书馆藏书数量、地方财政科技支出占财政总支出比重和规模以上工业企业数较低。

2) 从纯技术效率来看，成都市和攀枝花市的纯技术效率值在调整前后均为 1，表明这两个地区纯技术效率并没有受到外部环境因素的影响。其它所有市(州)中，部分地区(如泸州市、德阳市、资阳市)的纯技术效率值在调整后呈上升态势，表明纯技术效率值被低估，其实际管理水平要高于调整前；有些市(州)(如广元市、乐山市、凉山州)在这方面呈下降态势，说明纯技术效率值被高估，实际的管理水平要低于调整前。

3) 从规模效率来看，只有成都市规模效率在调整前后未发生任何改变，其余地区均出现上升或下降。自贡市、攀枝花市、德阳市、乐山市和宜宾市出现上升，说明调整前的规模效率被低估；泸州市、广元

市、甘孜州等 15 个市(州)呈现下降,表明调整前的规模效率被高估。

4) 从规模报酬状态来看,剔除环境因素的影响后,处于规模报酬递减阶段的市(州)由 12 个下降到 0 个,说明规模报酬效率受到环境因素影响,仅仅依靠扩大规模的方式来提高各市(州)创新效率是不可行的,则需要更加关注环境因素的作用。除成都市处于规模报酬不变阶段外,其余市(州)均处于规模报酬递增阶段。处于规模报酬递增阶段的市(州)由 1 个上升为 19 个,说明产业化、规模化扩张仍然是四川省五大经济区 21 个市(州)创新效率提升的首要方式。

5. 结论与建议

5.1. 结论

本文运用三阶段 DEA 模型,考察了 2008~2017 年四川省五大经济区 21 个市(州)的创新效率,并对创新效率提升路径进行了分析,结果发现:

1) 运用经典 DEA 模型测算的创新效率值与三阶段 DEA 模型测算的效率值具有显著的差异,因此,有必要对外部环境变量和随机冲击进行调控。与第一阶段相比,第三阶段四川省五大经济区 21 个市(州)平均技术创新效率水平有所降低,纯技术创新效率上升,而规模效率下降,效率前沿的地区由成都市、广元市、南充市、眉山市、雅安市和阿坝州改变为成都市与攀枝花市。成都市始终处于效率的前沿位置,一定程度上归功于现阶段综合实力较强、产业和人才集聚程度高、创新竞争力优势明显等有利因素。

2) 环境因素和随机误差对四川省五大经济区 21 个市(州)创新效率的影响较大,综合效率在剔除环境因素和随机误差的影响后显著降低。调整后的四川省五大经济区 21 个市(州)整体创新效率不高,规模效率是制约创新效率的主要因素。与调整前相比,调整后的平均创新效率仅为 0.458,效率值偏低,且平均规模效率 0.629 低于平均纯技术效率 0.694,致使创新效率水平的提升受到制约。

3) 绝大多数市(州)的创新效率具有不同程度的可改进空间。四川省五大经济区 21 个市(州)中仅有成都市和攀枝花市处于创新效率前沿面,大部分地区的纯技术效率、规模效率有待提升。四川省五大经济区 21 个市(州)由于存在技术管理水平有限、发展规模不合理等问题,致使创新效率水平相对较低。

5.2. 建议

创新效率提升除了需要各市(州)根据实际情况选择适宜的路径外,还需要宏观政策推动,具体包括如下几个方面:

1) 健全高效、政府与市场共治的地方标准化区域协同创新机制,推动五大经济区之间在构建现代化产业体系、开发转化资源优势等过程中的协同发展,强化“五区”统筹协同;推动“三州”与内地协同发展、区域内各市(州)之间协同发展、创新发展,全面实现各区域创新优势互补、错位发展、同频共振,最终实现区域协同创新发展新形式。

2) 以四川省五大经济区内的主导产业、重点及出口产品为关注重点,在充分借鉴国内外先进标准和标杆企业优势的同时,不断激励和推动企业标准创新,注重产业产品创新发展新优势的培育,从而带动产业转型升级,提升产品质量,力求打造出一批本土、企业和区域优质的产品品牌,为四川省五大经济区经济发展质量迈向中高端提供强劲的动力。

3) 地方政府部门作为创新发展的重要支持者,不能盲目地增加对各地创新投入,应在“一干多支”战略引领下,充分发挥成都平原创新“高地”作用,加大对川东北清洁能源、攀西经济区国家战略资源等创新开发等过程中的创新投入,从而更好地发挥其对创新的正向推动作用;同时,因对资金的流量作有效的监督,避免资源无效率和浪费等问题的产生,发挥好政府在创新过程中引导者的职能。

4) 推进重点领域创新效率成果转化,建立起完善的成果激励机制,增强创新主体的创新意识,快速

推进重大领域原始创新。四川省五大经济区各市(州)结合各自实际和产业发展需要, 兼顾各区域资源流动配置和要素自由有序流动, 充分发挥创新的空间外溢性, 在创新开发优势资源、战略资源、现代农业以及旅游产业等方面积极进行改革试验, 走出各具特色的创新发展之路, 力争取得较大的创新成果。

基金项目

四川省软科学研究计划项目“区域发展新格局下四川五大经济区协同创新体系建设及实现路径研究”(2019JDR0133)。

参考文献

- [1] 李忠鹏. 为何要实施创新驱动发展战略——学习党的十八大精神[EB/OL]. <http://theory.people.com.cn/n/2013/0322/c40531-20880138.html>, 2013-03-22.
- [2] 刘明广. 区域创新系统的创新效率动态评价——基于省级面板数据的实证研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(1): 70-76.
- [3] 李鑫伟, 胡登峰. 区域创新系统中知识扩散国外研究进展及未来展望[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2014(1): 33-39.
- [4] 白俊红, 江可申, 李婧. 应用随机前沿模型评测中国区域研发创新效率[J]. 管理世界, 2009(10): 51-61.
- [5] 尤瑞玲, 陈秋玲. 我国沿海地区科技创新效率的省域差异研究[J]. 技术经济与管理研究, 2017(5): 119-123.
- [6] 张立杰, 梁锦凯. 我国丝绸之路经济带沿线省(市、区)高技术产业创新效率研究——基于 DEA-Malmquist-Tobit 方法[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(13): 68-75.
- [7] 史修松, 赵曙东, 吴福象. 中国区域创新效率及其空间差异研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, 26(3): 45-55.
- [8] 程广斌, 张雅琴. 丝绸之路经济带沿线省份科技创新效率及其影响因素[J]. 地域研究与开发, 2017, 36(2): 17-23.
- [9] 孟玉, 高璇雨, 贾成真, 等. 基于数据包络分析的河北省区域创新效率评价[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(8): 92-99.
- [10] 吕海萍, 化祥雨, 池仁勇, 等. 研发要素空间联系及其对区域创新绩效的影响——基于浙江省的实证研究[J]. 华东经济管理, 2018, 32(5): 20-26.
- [11] 陈非, 蒲惠荧, 龙云凤. 广东省科技金融投入与创新效率地区差异的实证研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39(17): 82-90.
- [12] 唐娟莉, 倪永良, 郑丽娟. 基于创新驱动视角的中国省际技术创新效率测度及影响因素分析[J]. 科学与管理, 2019, 39(4): 1-8.
- [13] 赵文平, 杨海珍. 基于 DEA 的西部区域创新网络效率评价[J]. 科研管理, 2016, 37(S1): 393-400.
- [14] 罗颖, 罗传建, 彭甲超. 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, 2019, 16(9): 1385-1393.
- [15] 黄寰, 王玮, 曾智. 基于 DEA-Malmquist 指数的四川创新科技效率评价分析[J]. 软科学, 2015, 29(10): 131-135.
- [16] 陈骑兵, 马铁丰. 基于 DEA 交叉评价的四川省高技术产业技术创新效率动态研究[J]. 科技管理研究, 2012, 32(16): 57-60.
- [17] 程叶青, 王哲野, 马靖. 中国区域创新的时空动态分析[J]. 地理学报, 2014, 69(12): 1779-1789.
- [18] 省科技促进发展研究中心. 2018 年四川省区域创新能力评价摘要[EB/OL]. <http://kjt.sc.gov.cn/zhuzhan/kjtj/20190725/34989.html>, 2019-07-25.
- [19] 孙凯, 李煜华. 我国各省市技术创新效率分析与比较[J]. 中国科技论坛, 2007(11): 8-11.
- [20] 张宗益, 张莹. 创新环境与区域技术创新效率的实证研究[J]. 软科学, 2008, 22(12): 123-127.
- [21] 罗彦如, 冉茂盛, 黄凌云. 中国区域技术创新效率实证研究——三阶段 DEA 模型的应用[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(14): 20-24.
- [22] Fried, H.O., Lovell, C.A.K., Schmidt, S.S., et al. (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>
- [23] 马晓俊. 区域创新能力与经济增长关系的实证研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 中南民族大学, 2018.

-
- [24] 蔡文春, 杨育箐, 谭继成. 基于因子分析的四川省创新型城市综合评价[J]. 商业经济研究, 2015(30): 144-145.
- [25] 赵云枫. 四川省区域创新能力评价研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2015.
- [26] 于晓昆. 区域创新绩效评价研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- [27] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, **2**, 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [28] 李双杰, 范超. 随机前沿分析与数据包络分析方法的评析与比较[J]. 统计与决策, 2009(7): 25-28.
- [29] Banker, R.D., Charnes, A. and Cooper, W.W. (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale in Efficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, **30**, 1078-1092. <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>
- [30] 邓波, 张学军, 郭军华. 基于三阶段 DEA 模型的区域生态效率研究[J]. 中国软科学, 2011(1): 97-104.
- [31] 李淑瑞. 利用三阶段 DEA 模型探究中国区域税收征管效率[J]. 财会月刊, 2016(20): 75-78.
- [32] Berkhout, E., Bouma, J., Terzidis, N., *et al.* (2018) Supporting Local Institutions for Inclusive Green Growth: Developing an Evidence Gap Map. *Wageningen Journal of Life Sciences*, **84**, 51-71. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2017.10.001>