

# 全国各省创新要素配置效率测度

李攀 刘明智 胡富彦

江西财经大学信息管理学院, 江西 南昌 330000

**[摘要]** 经济发展与创新要素有着密不可分的联系, 在此前提下, 文中研究我国不同地区创新要素的配置效率就显得尤为重要。基于三阶段数据包络模型和 2019 年的经济数据, 测算了中国各省创新要素的配置效率。去除环境因素影响后, 国家创新要素配置的综合技术效率从 0.832 提高到 0.926, 而纯技术效率变化不大, 而规模效率从 0.881 提高到 0.973, 说明提高规模效率可促使综合技术效率的提高, 规模效率对环境因素较敏感。东部地区创新要素配置效率高于西部地区。不同的环境因素对同一投入变量的影响不同, 同一地区创新要素的配置也不协调。提出协调区域规划, 结合经济面板数据和科学计量方法, 准确定位创新要素配置效率的不足, 从而达到优化创新要素配置的目的。

**[关键词]** DEA 模型; SFA 回归模型; 创新要素; 效率测度

DOI: 10.33142/mem.v2i3.4502

中图分类号: F127

文献标识码: A

## Measurement of Innovation Factor Allocation Efficiency in All Provinces of China

LI Pan, LIU Mingzhi, HU Fuyan

School of Information Management, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang, Jiangxi, 330000, China

**Abstract:** Economic development is closely related to innovation factors. On this premise, it is particularly important to study the allocation efficiency of innovation factors in different regions of China. Based on the three-stage data envelopment model and the economic data of 2019, the allocation efficiency of innovation factors in China's provinces is calculated. After removing the influence of environmental factors, the comprehensive technical efficiency of national innovation factor allocation increases from 0.832 to 0.926, while the pure technical efficiency changes little, while the scale efficiency increases from 0.881 to 0.973, indicating that improving the scale efficiency can promote the improvement of comprehensive technical efficiency, and the scale efficiency is more sensitive to environmental factors. The allocation efficiency of innovation factors in the eastern region is higher than that in the western region. Different environmental factors have different effects on the same input variable, and the allocation of innovation factors in the same region is not coordinated. It is proposed to coordinate regional planning, combine economic panel data and scientific measurement methods, and accurately locate the deficiency of innovation factor allocation efficiency, so as to achieve the purpose of optimizing innovation factor allocation.

**Keywords:** DEA model; SFA regression model; innovative elements; efficiency measure

### 1 基于 DEA 三阶段模型的测度方法

#### 1.1 模型介绍

##### 1.1.1 第一阶段: 初步 DEA 模型分析初始效率

运用 DEAP 软件, 以各省(区、市)作为基本决策单元, 基于 BCC 模型, 以投入导向为规模报酬可变为意图, 计算出各省的投入目标值及原始效率值。BCC 模型计算出的效率值的取值范围均为  $0 \sim 1$ , 越接近 1, 效率越高。其中, 综合技术效率是对决策单元的资源配置能力及使用效率等多方面的综合衡量; 纯技术效率与规模效率分别受管理技术与生产规模等因素影响。

而在初步 DEA 模型分析中出现的松弛变量是指各决策单元的理想产出指标值与实际产出指标值的差额, 受外部环境、管理无效率、随机误差 3 个因素的影响。

##### 1.1.2 第二阶段: SFA 回归除去环境因素和统计噪声

运用 Frontier 软件, 将前一阶段得到的松弛变量作为被解释变量, 将城市化人口密度、技术市场成交额、15 岁及以上文盲率作为模型自变量, 以此构建 SFA 回归模型。主要在于使调整后的每个地区面对相同的生产环境。

##### 1.1.3 第三阶段: 传统 DEA 模型分析调整后的投入产出效率

将调整后的投入变量与原始产出变量重新进行 DEA 分析, 基于 BCC 模型, 以投入导向为规模报酬可变为意图, 得到新的技术效率值, 以此来反映剔除了环境影响因素与随机误差后的各省(区、市)创新要素配置情况。

## 1.2 指标选取

### 1.2.1 投入、产出指标的选择

指标的选取遵循目的性，科学性，系统性，可操作性的原则。基于此，结合文献研究，投入指标主要从教育，工企，科技，财政支出四个方面考虑，考虑数据的可获得性，最终选取规模以上工业企业 R&D 人员全时当量，普通高等学校在校学生数，各地区地方部门属研究与开发机构 R&D 经费内部支出，各地区高等学校 R&D 经费内部支出，规模以上工业企业 R&D 经费作为投入指标。由于创新的新颖性和价值性特征，产出指标主要从专利，项目，创新产品考虑，最终选取规模以上工业企业 R&D 项目数，国内专利申请受理量，规模以上工业企业新产品销售收入四个指标作产出指标。（见表 1）。

表 1 指标选取

类型	指标名称	单位
投入指标	规模以上工业企业 R&D 人员全时当量	人年
	普通高等学校在校学生数	万人
	各地区地方部门属研究与开发机构 R&D 经费内部支出	亿元
	各地区高等学校 R&D 经费内部支出	亿元
	规模以上工业企业 R&D 经费	万元
产出指标	工业企业 R&D 项目数	项
	国内专利申请受理量	项
	规模以上工业企业新产品销售收入	万元
环境变量	城市化人口密度	人/平方公里
	技术市场成交额	亿元
	15 岁及以上文盲率	

### 1.2.2 环境变量的确定

从影响投入配置的政治、经济、社会、文化等方面考虑环境变量，环境变量是指除投入、产出变量外，对效率有影响但又不受主观控制且在短时间内无法改变的因素研究表明现城市化水平与创新有比较明显的正相关关系，地区人口密度的提升能够提高创新产出水平关系，这在城市化水平较低的地区中提升尤为显著。技术市场成交额反映了科学技术指数以及地区技术创新政策等等。文盲率的高低论证一个国家的生产力水平高低以及社会活跃度高低，文盲率的降低会有助于地区创新活跃度提高。因此最终选取城市化人口密度，技术市场成交额、15 岁及以上文盲率作为环境变量指标。

### 1.2.3 投入、产出指标的相关性检验

为了保证研究的科学性和严谨性，进行 Pearson 相关系数检验。结果见表 2。

表 2 投入指标与产出指标相关系数

投入指标	产出指标		
	工业企业 R&D 项目数 Y1	国内专利申请受理量 Y2	规模以上工业企业新产品销售收入 Y3
规模以上工业企业 R&D 人员全时当量 X1	0.989**	0.974**	0.987**
普通高等学校在校学生数 X2	0.607**	0.605**	0.609**
各地区高等学校 R&D 经费内部支出 X3	0.859**	0.953**	0.939**
各地区地方部门属研究与开发机构 R&D 经费内部支出 X4	0.829**	0.863**	0.851**
规模以上工业企业 R&D 经费 X5	0.955**	0.966*	0.970**

由表 2 可知，选定的投入与产出指标之间具有显著的相关性

## 1.3 数据来源

投入与产出指标相关数据资料来源于《国家统计年鉴 2019》。

环境因素和随机噪声影响的环境变量指标数据资料选自来源于《国家数据中心》。

## 2 中国各省创新要素配置效率测度

### 2.1 第一阶段 DEA 模型分析

结果显示,2019 年全国创新要素配置的平均综合技术效率、纯技术效率和规模效率分别为 0.937、0.955 和 0.981。总体来看,规模效率略高于纯技术效率。然后,按照综合地理区划的标准来划分,将各个省份划分为七大区域。其中,综合技术效率值最高值为 1 的区域为东北区域,此时我们认为该区域接近 DEA 有效状态;华东地区综合技术效率也达到相当高的水平。而华北、华中、华南和西南地区的综合技术效率与全国平均水平相比都略低。(见表 3)。

表 3 全国七大地区创新要素配置效率测度 (DEA 第一阶段)

地区	综合技术效率	纯技术效率	规模效率
全国	0.937	0.955	0.981
东北	1.000	1.000	1.000
西南	0.928	0.941	0.985
华南	0.933	0.936	0.996
华中	0.882	0.906	0.974
华北	0.885	0.902	0.978
华东	0.986	0.997	0.989
西北	0.946	0.991	0.955

由上表 3 可知,北京、天津、河北、辽宁、吉林、上海、江苏七省的综合技术效率为 1,均处于 DEA 有效状态。但综合技术效率值小于 1 的省(区、市)有 21 个,规模报酬递减。

环境变量和随机扰动因素对效率值的影响导致第一阶段 DEA 模型分析无法反映我国创新要素配置的实际水平,我们将在第二阶段对环境因素进行剔除。

### 2.2 第二阶段 SFA 回归模型分析

进一步研究环境因素(城镇化人口密度、技术市场成交额、15 岁及以上文盲率)对投入指标松弛变量(工业企业研发人员全职当量、普通高校在校生数、各地区地方部门所属研发机构研发经费内部支出、高等院校研发经费内部支出、工业企业研发经费内部支出)的影响。结果表明,单侧似然比检验大于临界值。

对其进行 SFA 回归分析。三个环境变量对五个输入松弛变量的回归系数均通过 T 检验,表明 SFA 回归模型在消除三个环境变量对效率值的影响方面具有显著效果。同时 Gamma 值接近 1,说明输入变量受环境因素影响较大,随机误差可以忽略。(见表 4)

表 4 第二阶段 SFA 回归模型结果

工业企业 R&D 人员全时当量(人年)			普通高等学校在校 学生数(万人)		各地区地方部门属研究与开发 机构 R&D 经费内部支出(亿元)		各地区高等学校 R&D 经费内部支出(亿元)		规模以上工业企业 R&D 经费(万元)	
	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值
常数项	-8583.43	-8583.43	-30.18	-27.39	-17.59	-7.55	-214.21	-214.19	302232.72	-294543
城市人口密度 (人/平方公里)	1.58	9.16	0.01	25.55	0.00	5.72	0.04	10.09	58.86	10.16
技术市场成交额(亿元)	-0.21	-0.25	0.00	5.18	0.00	2.33	0.02	1.48	-26.48	-0.71
15 岁及以上文盲率	2040.50	2040.50	23.07	23.05	5.54	5.46	146.62	146.62	595989.49	595921.20
sigma-squared	86886137	86886137	2780.85	2780.93	1068.31	1044.05	189662.12	189662.12	22644894	22644894
gamma	1.00	2439.62	1.00	9385490.60	1.00	3023059.40	1.00	940736.45	1.00	235449
单边似然比检验	17.63		18.86		23.24		19.76		18.08	

当回归系数为负时,表明输入松弛变量与环境因子负相关,即增加环境因子的数量有助于缩小理想产值与实际产

值之间的差距；当回归系数为正时，环境变量的数值提高时，将会产生输入变量的浪费同时也会导致输出的减少。因此具体分析，我们有以下结论。

(1) 城市人口密度对 5 个投入松弛变量的影响为正，说明人口越密集的地区，创新要素资源的投入越冗余，资源配置效率越低。因为一个地区的人口密度越大，地区社会的工业企业就会越多，涌入工业企业的人也会越多，地区政府对教育投入的资金也会越多，导致资源效率过低。

(2) 技术市场的周转率对工业企业 R&D 人员全职当量负相关，对其他三个投入松弛变量有正向影响。说明技术市场的周转水平越高，这三个创新要素的资源投入冗余度越大，配置效率越低。而且对工业企业研发人员专职当量、各地区高校研发经费内部支出、工业企业研发经费均无显著影响。我们分析其中原因，可能是技术市场中成交额较高的领域，可以促进更多的大型企业提高竞争实力，增加更良性的创新发展，这将大大提高创新要素的配置效率。

(3) 文盲率对 5 个投入松弛变量的影响为正且效果显著，说明文盲率高的地区，其会导致创新要素投入的冗余，这样会直接导致资源配置效率变低。原因是相比之下更具有专业知识的人能更加地充分利用他们所获得的有效资源，他们在工作中更有可能创造出更多创新和更有创意的成果。因此，无论是政府的政策支持还是资本投入的增加，都会使创新要素的投入配置更加高效。

### 2.3 第三阶段调整后的 DEA 模型分析

通过第二阶段去除环境变量对投入变量的影响后，我们再次使用 DEA 模型分析，得到以下表 5。

表 5 第三阶段七大地区创新要素配置效率

	综合技术效率	纯技术效率	规模效率
东北地区	1.000	1.000	1.000
华北地区	0.886	0.903	0.979
华中地区	0.852	0.878	0.972
华东地区	0.984	0.996	0.988
华南地区	0.933	0.936	0.997
西北地区	0.947	0.992	0.955
西南地区	0.880	0.910	0.924

再结合第一阶段 DEA 分析结果如下表 6

表 6 两阶段创新要素配置效率对比

	综合技术效率差值	纯技术效率差值	规模效率差值
东北地区	0.017	0.002	0.015
华北地区	0.029	-0.012	0.052
华中地区	-0.023	-0.008	-0.015
华东地区	-0.0001	0.001	-0.001
华南地区	0.181	0.005	0.180
西北地区	0.223	-0.008	0.231
西南地区	0.231	0.017	0.186

我们可以结合调整前后的技术效率值，得出以下结论。

(1) 国家创新要素配置的综合技术效率从 0.832 提高到 0.926，而纯技术效率变化不大，而规模效率从 0.881 提高到 0.973，说明综合技术效率的提高主要得益于规模效率的提高，创新要素配置的规模效率受环境因素影响较大。其中，华南、西北、西南地区综合技术效率调整后明显上升，在考虑环境因素剔除后，华中、华东地区综合技术效率呈下降趋势。这反映出这些地区创新要素的配置效率受环境因素的影响很大。

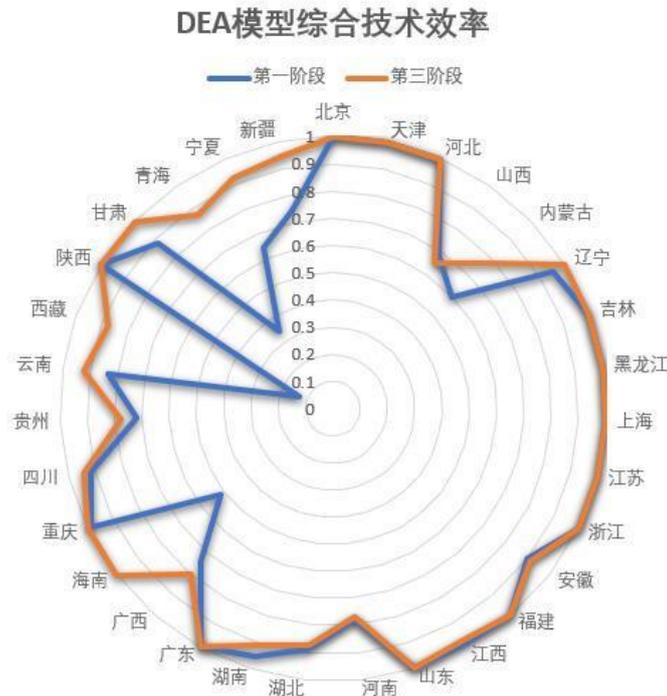


图1 全国各省第一、三阶段综合技术效率对比

(2) 结合上图1, 可以得出调整投入变量前北京、天津、河北、吉林、黑龙江、上海等十二省的综合技术效率值为1, 创新要素配置已达到技术效率较高的状态, 这样DEA效果具有明显性; 调整投入变量后, 辽宁、海南、重庆、甘肃也达到了DEA有效状态, 这结果说明地区中相对不好的外部环境因素是造成这些地区创新要素配置效率处于较低状态的主要原因。

(3) 结合全国各省调整前后综合技术效率变化可知, 西藏、青海、海南效率变化较大。其中西藏以0.13变化至0.876, 青海由0.348变化至0.868, 海南由0.517变化至1, 达到DEA有效状态。此现象可以说明偏远地区创新要素配置规模效率更易受外部环境因素的影响。

### 3 结果分析与讨论

#### 3.1 创新要素在东部地区的配置效率高于在西部地区

结果表明, 我国创新要素的配置效率存在明显的区域差异, 东部地区的配置效率高于在西部地区。随着环境变化的消除, 中国东部、中国南部和中国西北部的综合技术效率明显提高, 这表明这三个地区创新要素的配置效率相对较高。中国西南部、北部和中部的综合技术效率很低, 这表明, 在目前的创新要素背景下, 需要改进技术和管理水平, 提高创新要素分配的效率。

#### 3.2 不同的环境因素对相同的输入变量有不同的影响

结果显示, 城市人口密度和15岁以上文盲水平对输入变量有消极影响, 技术市场的转变对创新要素的配置效率有积极影响。这表明, 该地区的城市人口密度太大, 劳动力需求太大, 很容易导致当地资源失衡; 15岁以上的文盲水平太高, 高科技人才的基础太小, 对配置产生了巨大的负面影响; 技术市场成交额越大, 这表明该地区在高科技领域发展良好, 进而提高该地区的综合技术效率。

#### 3.3 在同一地区内部创新要素的配置中也存在不协调

西南地区重庆、四川和云南综合技术效率高于全国平均水平, 而贵州和西藏显然低于全国平均水平, 导致中国西南部创新要素配置效率相对较低。因此, 我们还必须注意该地区内部的差异, 以促进该地区的整体效率和协调。

这项研究分析了我国七大区域创新要素配置效率, 反映了不同地区的效率差异。同时, 与传统方法相比, 该研究使用回归SFA消除环境因素对配置创新要素效率的影响。从全国范围的综合技术效率增长来看, 使用三个阶段DEA模型进

行效率分析是可行的，DEA 的模型分析结果可能成为中国创新要素分布的指导方针。

[参考文献]

- [1]陶长琪,徐冬梅.优化创新要素配推动制造业高质量发展[N].中国社会科学报,2019-10-30(004).
- [2]陶长琪,徐茉.经济高质量发展视阈下中国创新要素配置水平的测度[J].数量经济技术经济研究,2021,38(3):3-22.
- [3]续晓方,李文瑾,唐立岷,等.我国卫生资源配置效率研究——基于三阶段 DEA 模型[J].卫生经济研究,2021,38(6):23-27.
- [4]汪行东.城市化、人口密度与创新关系研究[J].广东行政学院学报,2017,29(6):73-81.
- [5]胡扬名,李涛.基于面板三阶段 DEA 模型的城乡居民基本养老保险制度运行效率评价研究[J].农林经济管理学报,2019,18(6):742-751.
- [6]陶长琪,彭永樟.从要素驱动到创新驱动:制度质量视角下的经济增长动力转换与路径选择[J].数量经济技术经济研究,2018,35(7):3-21.
- [7]刘满凤,李圣宏.基于三阶段 DEA 模型的我国高新技术开发区创新效率研究[J].管理评论,2016,28(1):42-52.
- 作者简介:李攀(2000-),男,江西财经大学在读,本科,信息与计算科学,江西财经大学,学生。