

基于主成分分析的安徽省科技投入产出水平评价研究

王俊, 凌岚

(安徽省科学技术情报研究所, 合肥 230011)

摘要: 基于国内外对科技投入产出水平的研究, 结合安徽实际情况, 通过建立一套指标体系, 使用因子分析法, 对安徽省各地市科技投入产出水平进行了综合分析与评价。结果表明, 合肥都市圈引领全省, 后发地区潜力较大, 皖江带城市辐射带动有待增强, 对加快提升全省各市科技投入产出水平具有相当的参考作用。

关键词: 科技投入产出; 因子分析法; 聚类分析

中图分类号: G322 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2021.02.007

党的十九届五中全会提出, 坚持创新在我国现代化建设全局中的核心地位, 把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。安徽作为长三角原始创新的重要策源地, 近年来, 政府逐步加大研发投入力度, 科技投入及科技产出各项指标持续上升, 但科技投入效率不高、区域发展不平衡等问题也日趋明显。如何科学评价全省乃至各市的科技投入产出水平, 是摆在政府决策者面前的重要课题。本文在学习借鉴他人研究成果的基础上^[1-5], 秉持科学性、系统性和可操作性的原则, 采取主成分分析法, 构建相应指标体系, 对全省16个市的科技投入产出水平进行综合评价, 并对16个市进行聚类分析, 找出各市科技投入产出水平的特点, 进而提出提升安徽省科技投入效率的具体建议。

1 指标的选取

1.1 研究方法的选择

目前, 学界对于科技投入产出水平的研究主要是通过构建指标体系, 并运用数据包络(DEA)分析法、

模糊数学法、因子分析法等方法, 研究科技投入产出效率。近年来, 对于安徽省科技投入产出水平的研究主要是安徽与周边省(市)的对比分析, 专门研究全省各市科技投入产出水平的相对较少。主成分分析法是一种统计方法, 使用数学方式抽取较少且相互独立的成分^[6], 将原有的多个变量重新组合成一组相互无关的综合变量^[7], 同时根据实际需要, 从新的综合变量中提取几个较少的综合变量, 即利用降维思想, 将多个指标转化为较少的独立综合指标, 这是一种进一步简化研究的统计方法^[8], 从而进一步使研究变得简单。聚类分析是一种分类过程, 指将集合分组为类似的多个类的分析过程, 其原则是把具有较大相似性的个体归为一类, 个体差异很大的归为另一类。本文拟采取主成分分析和聚类分析法, 对全省各市的科技投入产出水平进行全面分析与评价。

1.2 评价模型的建立

科技研发活动是一个系统工程, 涉及因素很多, 包括宏观上的财税政策、金融环境、产业的市

第一作者简介: 王俊(1985—), 女, 助理研究员, 硕士, 主要研究方向为科技统计分析、科技发展战略研究等。

项目来源: 安徽省创新环境建设专项“2021—2035安徽省引导全社会加大研发投入体制机制研究”(201906f01050012); 安徽省创新环境建设专项“2021—2035安徽省中长期科技发展规划总体战略研究”(201906f01050014); 安徽省科学技术情报研究所青年基金项目“安徽省高新技术企业创新能力百强评价研究”(2020-02)。

收稿日期: 2020-12-11

场集中度、产业的外部筹资环境, 以及自身单位性质、股权分红、治理体系等政策的执行情况。评价一个地区的研发投入与产出发展情况, 需要科学论证、广泛调研, 并在之基础上建立一套科学的创新评价指标体系^[9]。本研究结合安徽省科技发展的特点, 经过专家咨询、相关分析及变差系数分析后, 确立了一套评价指标体系。该评价体系中包括 2 个

一级指标, 6 个二级指标, 18 个三级指标, 如表 1 所示, 数据主要来源于《安徽统计年鉴》。

2 计算结果和实证分析

运用 SPSS 软件, 采用 KMO 检验、Bartlett 球形检验、变量共同度这三种方法对原变量可否进行因子分析进行检验^[6-7]。使用 SPSS 软件将表 1 中的

表 1 科技投入产出水平综合评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	指标单位
科技投入	投入实力	全社会 R&D 经费投入 X_1	亿元
		R&D 人员折合全时当量 X_2	人年
		地方财政科技拨款 X_3	万元
	投入效率	基础研究占 R&D 经费比例 X_4	%
		地方财政科技拨款占地方财政支出的比重 X_5	%
		研究人员占 R&D 人员比例 X_6	%
	投入潜力	全社会 R&D 经费投入增幅 X_7	%
		R&D 人员折合全时当量增幅 X_8	%
		地方财政科技拨款增幅 X_9	%
科技产出	产出实力	发明专利授权数 X_{10}	项
		技术市场合同交易额 X_{11}	亿元
		高新技术产业进出口总额 X_{12}	万美元
	产出效率	每万人发明专利授权量 X_{13}	项
		技术市场合同平均交易额 X_{14}	件
		高新技术产品进出口总额占地方进出口总额的比重 X_{15}	%
	产出潜力	发明专利授权量增幅 X_{16}	%
		技术市场合同交易额增幅 X_{17}	%
		高新技术产品进出口总额增幅 X_{18}	%

原始数据进行标准化处理并进行检验, 检验结果说明可以通过因子分析对指标体系中的 18 个指标进行降维。

2.1 提取公因子

按照主成分分析法, 在 18 个基础指标中提取 5 个互不相关的公因子, 如表 2 所示。由因子提取结果可以得出, 这 5 个公因子特征值累积贡献率达 89.225%, 即所提取的 5 个公因子可以解释原变量 89.225% 的变异。5 个公因子在不同的原始指标中各有侧重^[6-10], 其中 F_1 在 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_{10} 、 X_{11} 和 X_{12} 上相对有高荷载, 这 6 个指标分别从不同的角度反映一个地区科技投入产出的总体规模, 因此将其命名为“投入产出规模因子”; 同理, 根据各因

子的不同指标荷载侧重, 命名 F_2 为“投入潜力因子”, F_3 为“产出效率因子”, F_4 为“投入效率因子”, F_5 为“产出潜力因子”。

2.2 安徽省各市投入产出水平总体分析

把计算所得的公因子特征值进行归一化处理, 可以得到一个地方科技投入产出水平的综合得分 F , 即 $F=0.536 4F_1+0.167 7F_2+0.111 4F_3+0.102 9F_4+0.081 6F_5$ 。计算各市各项公因子得分及综合得分, 具体结果如表 3 所示。从中可以得到以下结论:

一是合肥都市圈居引领地位。合肥都市圈是指以合肥为中心的都市圈, 具体包括合肥、淮南、六安、滁州、芜湖、马鞍山、蚌埠 7 个市。都市圈中的合肥、芜湖、滁州综合得分分别位居全省第 1、

表 2 旋转后的成分矩阵及累计贡献率

	成分				
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
全社会 R&D 经费投入	0.988	-0.079	0.088	-0.009	0.033
R&D 人员折合全时当量	0.989	-0.057	0.033	-0.022	0.047
地方财政科技拨款	0.930	-0.121	0.277	-0.021	0.095
基础研究占 R&D 经费比例	0.862	0.007	-0.312	0.054	-0.236
研究人员占 R&D 人员全时当量的比例	0.710	-0.048	-0.354	0.295	-0.381
地方财政科技拨款占地方财政支出的比重	0.642	-0.347	0.630	0.009	0.106
全社会 R&D 经费投入增幅	0.041	0.902	0.008	-0.057	-0.089
R&D 人员折合全时当量增幅	-0.025	0.873	0.169	-0.069	0.365
地方财政科技拨款增幅	0.117	0.141	-0.144	0.152	0.865
发明专利授权数	0.969	-0.054	0.194	-0.008	0.063
技术市场合同交易额	0.984	-0.087	0.045	-0.036	0.035
高新技术产业进出口总额	0.957	-0.017	-0.135	-0.023	0.090
技术市场合同平均交易额	-0.054	0.306	0.789	-0.129	-0.244
万人发明专利授权量	0.716	-0.316	0.530	0.007	0.054
高新技术产品进出口总额占地方进出口总额的比重	0.838	0.051	-0.001	0.220	0.158
发明专利授权量增幅	-0.190	0.832	-0.032	0.066	0.018
技术市场合同交易额增幅	0.079	-0.088	-0.053	-0.937	0.033
高新技术产品进出口总额增幅	0.188	-0.209	-0.265	0.762	0.307
累计贡献率	47.861	62.821	72.762	81.945	89.225

提取方法：主成分分析法。旋转方法：凯撒正态化最大方差法。

2、3，且在分因子上各有特色。其中，合肥“投入产出规模因子”以绝对优势位居全省第 1，远高于第 2 名的芜湖，表明其科技投入产出基础较好、实力强劲。芜湖“产出效率因子”位居全省第 1，表明其科技产出结构较好、发展比较平衡。而滁州各项公因子得分水平比较均衡，各项公因子得分徘徊在 3、4、6 位，表明其近年来融入长三角一体化发展成效明显。

二是后发地区发展潜力较大。阜阳、亳州、池州、安庆、黄山分别出现在 F_2 和 F_5 前 5 位中。其中， F_2 居全省第 1 位、第 2 位的阜阳和亳州分别得分 2.037 8 和 1.663 3，远高于第 3 位，表明皖北后发地区投入潜力较大；池州 F_5 得分位居全省第 1，远高于其他城市，且 F_2 居全省第 4 位，表明其发展势头较为强劲，皖南后发地区产出潜力较大。

三是皖江带城市辐射带动作用有待发挥。皖江带城市中，皖南地区占大多数，均经济基础较好、创新起步较早，但近年来，其科技投入和产出潜力不足。其中芜湖、马鞍山、滁州、宣城、铜陵基本位居 F_3 、 F_4 领先地位，投入、产出两方面的效率水平均较为平衡，但其投入、产出潜力水平相对较为落后，铜陵和芜湖 F_2 得分分别居全省倒数第 2 和倒数第 3，有待进一步提高。

2.3 安徽省各市投入产出水平聚类分析

采用组间联接聚类分析全省各市的样本数据，运用 SPSS 可以得到聚类结果，如图 1 所示。根据聚类分析的差异性原则，同时为避免每一类个体数量过多，本文把安徽省 16 个市划分为 5 类，具体结果如表 4 所示。

从聚类结果可以得出如下结论：

第一类是综合能力领先型。归于这一类的仅有

表 3 各市公因子得分、综合得分及其排名情况

序号	地市	F_1		F_2		F_3		F_4		F_5		总得分 F	总排名
		得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名		
1	合肥	3.499 5	1	-0.056 1	9	-0.733 3	14	-0.158 3	10	0.293 6	5	1.793 7	1
2	淮北	-0.378 5	10	-0.247 2	11	-0.890 6	15	-2.509 6	16	-0.789 9	13	-0.666 4	15
3	亳州	-0.477 6	12	1.663 3	2	1.390 9	2	-0.453 2	14	-0.940 9	14	0.054 2	5
4	宿州	-0.487 1	13	0.303 4	6	-0.554 3	13	2.437 2	1	-0.057 3	10	-0.026 0	8
5	蚌埠	0.247 9	3	0.026 8	8	-0.447 6	10	0.055 1	6	-1.368 1	16	-0.018 4	7
6	阜阳	-0.193 3	7	2.037 8	1	-0.477 9	12	-0.143 3	9	-0.584 4	11	0.122 3	4
7	淮南	-0.118 2	6	-0.717 0	13	-1.167 0	16	0.932 7	2	-0.774 6	12	-0.280 9	12
8	滁州	0.140 0	4	0.688 9	3	0.154 7	6	0.813 3	3	0.453 7	4	0.328 6	3
9	六安	-0.413 0	11	-0.061 2	10	-0.426 3	8	-0.490 3	15	0.126 4	6	-0.319 4	13
10	马鞍山	-0.116 2	5	-0.385 2	12	0.754 4	3	0.580 0	4	0.022 6	9	0.018 6	6
11	芜湖	0.736 9	2	-0.748 4	14	2.841 0	1	-0.085 6	7	0.113 4	7	0.586 7	2
12	宣城	-0.369 3	9	0.074 9	7	0.443 4	4	-0.423 2	13	1.186 2	2	-0.082 9	9
13	铜陵	-0.552 6	15	-1.575 4	15	0.313 7	5	0.127 0	5	-1.092 9	15	-0.601 8	14
14	池州	-0.543 6	14	0.449 3	4	-0.459 2	11	-0.386 6	12	2.707 8	1	-0.086 2	10
15	安庆	-0.296 4	8	0.386 0	5	-0.301 5	7	-0.100 9	8	0.059 9	8	-0.133 4	11
16	黄山	-0.678 5	16	-1.839 7	16	-0.440 4	9	-0.194 4	11	0.644 7	3	-0.688 8	16

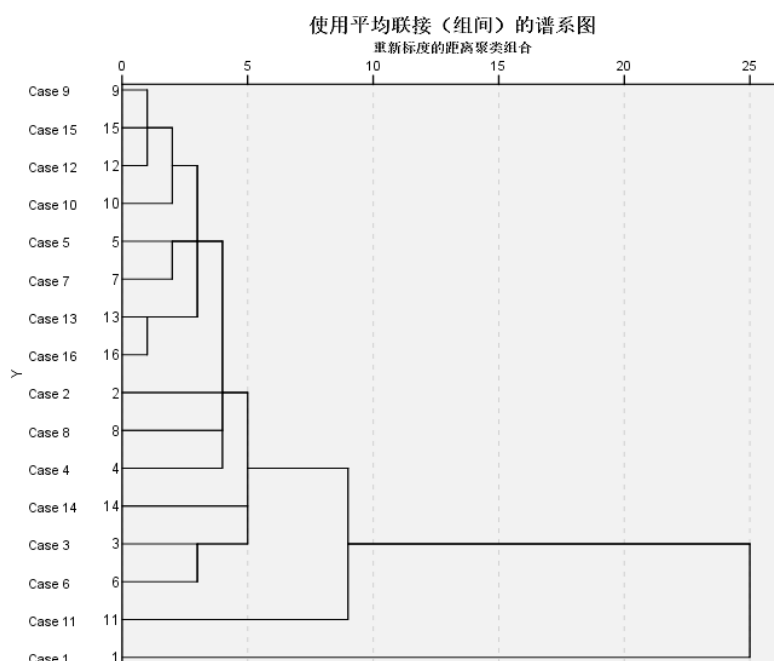


图 1 聚类结果树状图

注：表中序号代表的地市如表 3 所示。

合肥一个城市，其作为省会城市和全省第一个国家

家实验室等科技资源以及综合性国家科学中心，有着其他地市不可比拟的优势，科技投入产出水平稳

表 4 聚类分析的具体结果

类别	包含地市
第一类	合肥
第二类	芜湖
第三类	阜阳、亳州
第四类	池州
第五类	淮北、宿州、蚌埠、淮南、滁州、六安、 马鞍山、宣城、铜陵、安庆、黄山

居全省第 1，得分远高于第 2 名，且投入产出规模因子也位居第 1。

第二类是产出效率领先型。芜湖依托“合芜蚌”、皖江带示范区以及创新型城市建设，企业创新活力较为活跃，创新氛围较为浓厚。科技投入产出总体得分虽然位居全省第 2，落后于合肥，但其产出效率位居第 1，科技产出结构较好，质量较高。

第三类是投入潜力领先型。作为皖北城市代表的阜阳和亳州，近年来政府重视科技创新工作，加大科技投入力度，且由于其基数小，科技投入增速明显，科技投入潜力较大，分别居全省第 1、2；且综合投入产出水平居全省前列，分别位居全省第 4、5，说明安徽省振兴皖北工作成效显著。

第四类是产出潜力领先型。池州作为老牌皖江带城市，由于其传统产业较为落后，科技发展稍显落后，科技投入实力较为落后，位居全省第 10，但其科技产出潜力较大，位居全省第 1，产出增长势头强劲。

第五类是其他。这一类中也分为几种，一是投入效率较高、结构较好，比如宿州、淮南、滁州、马鞍山、铜陵、蚌埠；二是投入产出综合实力较为落后，且各项因子较为均衡，发展势头较为落后，比如淮北、六安、宣城、安庆、黄山，这些地区科技创新步伐有待加快。

3 相关建议

本文选取了科技投入产出相关的 18 个指标，利用主成分分析法，通过 SPSS 软件，对全省 16 个市的科技投入产出水平进行评价，得出合肥都市圈引领全省，皖西皖北等后发地区潜力较大，皖江带城市辐射带动有待增强。并对分析结果进行聚类，

把全省 16 个市分为 5 大类，下面针对得到的结果提出相关建议：

(1) 各市需要继续保持原有的发展优势，扬己所长。从聚类结果可以看出，科技投入产出发展均衡的地市较少，比如科技投入实力较弱的地市，其投入效率和产出潜力较大；而产出效率较高的地市，其投入潜力又较小。各市基本都有较为薄弱的地方，因此亟需围绕自身的产业特点，扬长避短，最大发挥自身优势。

(2) 围绕“一圈五区”发展，优化创新布局，促进区域协调发展。首先，围绕“一圈五区”发展，政府需做好顶层设计，统筹好全省各地的科技资源，全省一盘棋，避免资源浪费。其次，破除区域交流障碍，降低一体化成本。主动对接长三角先进省市的科技人才管理机制、社保薪酬机制、学术交流机制等，从政策、理念、资金、人才、技术等方面加强学习和创新，破除区域交流障碍，形成一体化创新环境。第三，领先地区需要发挥领头羊的作用，促进全省科技协调发展。比如合肥、芜湖、蚌埠等发展基础较好的地区要充分发挥战斗堡垒和示范引领作用；科技基础较为薄弱的地区也需要根据自身的产业优势，重点发力，扬长避短，最大化发挥自身优势。■

参考文献：

- [1] 赵喜仓, 陈海波. 我国 R&D 状况的区域比较分析 [J]. 统计研究, 2003 (3): 38-42.
- [2] 陈海波, 刘洁. 我国工业企业 R&D 状况的区域比较分析 [J]. 中国软科学, 2008 (1): 88-94.
- [3] 刘新同. 基于因子分析的我国区域 R&D 产出水平差异比较 [J]. 科技管理研究, 2009 (5): 193-195.
- [4] 郭际, 叶卫美等. 基于投入产出法的 R&D 经费投入的综合经济效益评估研究 [J]. 科学学与科学技术管理, 2014 (1): 9-14.
- [5] 郭际, 吴先华, 吴崇. 基于 DEA-Tobit 模型的我国高校科技投入产出绩效评价及政策启示 [J]. 科技管理研究, 2013 (12): 65-70.
- [6] 何国民. 应用统计学案例教程 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013: 264-266.
- [7] 王俊. 安徽 R&D 投入产出的实证分析 [J]. 中国科技资源导刊, 2016 (5): 13-18

(下转第 57 页)

Progress and Enlightenment of Education Innovation in OECD Countries

CHEN Bao-ming¹, XIE Yu²

(1. Science and Technology Talents Center of Ministry of Science and Technology, Beijing 100045;

2. Party School of Beijing Material Co. Ltd., Beijing 100053)

Abstract: In the past decade, OECD countries improved education reform in many ways, and focused on students' capability of solving problems, encouraged students to practice ICT, emphasized on teachers' professional ability, especially critical thinking skills. These practices highlight OECD education innovation, and can give China a lot of valuable experience on how to deepen education reform and train innovative talents in 21st century.

Keywords: education innovation; training innovative talents; active learning; critical thinking

(上接第47页)

[8] 何晓群. 应用回归分析[M]. 第三版. 北京: 中国人民大学出版社, 2011: 188-189.

[9] 李芹芹, 刘志迎. 中国各省市技术创新指数研究[J]. 科技进步与对策, 2012(10): 47-50.

[10] 唐中赋, 任学锋, 顾培亮. 高新技术产业发展水平的综合评价与实证分析[J]. 中国地质大学学报, 2004(1): 11-15.

Research on Evaluation of Science and Technology Input-Output Level in Anhui Province Based on Principal Component Analysis

WANG Jun, LING Lan

(Scientific and Technological Information Institute of Anhui Province, Hefei 230011)

Abstract: Based on the research input-output level of science and technology at home and abroad, combined with the actual situation of Anhui Province, through the establishment of a set of index system and factor analysis method, this paper makes a comprehensive analysis and evaluation on the input-output level of science and technology in Anhui Province. The results show that the Hefei metropolitan area leads the province's science and technology input and output level, and the potential areas for science and technology input and output have greater potential. The radiation driving of the cities along the Wanjiang river belt needs to be strengthened, which can be used as a reference for accelerating the improvement of the input-output level of science and technology in all cities of the province.

Keywords: input-output of science and technology; factor analysis; cluster analysis