中国科技资源导刊 ISSN 1674-1544
2016 年 9 月 第 48 卷第 5 期 13-18
CHINA SCIENCE & TECHNOLOGY RESOURCES REVIEW
ISSN 1674-1544 Vol.48 No.5 13-18, Sep. 2016

安徽R&D投入产出水平的实证分析

王 俊
（安徽省科学技术情报研究所，安徽合肥 230011）

摘要：在国内外的研究基础上，结合安徽特有的基本情况，建立了一套评价安徽省各市R&D投入产出综合水平指标体系，运用主成分分析和聚类分析，客观的评价了安徽省各地市R&D投入产出水平。评价结果表明，“合芜蚌”试验区引领带动着全省R&D投入产出水平，“皖江带”城市R&D投入产出水平两极分化严重，而“皖北”地区则有崛起的势头，从而为各市提升R&D投入产出水平提供参考依据。

关键词：R&D投入产出水平；指标体系：投入产出评价；主成分分析法；聚类分析；安徽省
中图分类号：C813 **文献标识码：**A **DOI：**10.3772/j.issn.1674-1544.2016.05.003

Comprehensive Evaluation of Input and Output Level of R&D for Anhui Province

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

Abstract: This paper, On the basis of research at home and abroad, and combining the basic situation of Anhui characteristics, establishes a set of evaluation in cities of Anhui Province R&D input-output comprehensive index system. Using principal component analysis and cluster analysis, this article evaluates R&D input-output level of the cities in Anhui province objectively. The evaluation results show that, "He Wu Beng" test-area leads a province's R&D input-output, "Wanjiang City Belt" appears serious polarization, and northern region is rising momentum, this article will provide reference which will enhance R&D input-output level in Anhui province.

Keywords: R&D input and output level, index system, input and output evaluate, principal component analysis, cluster analysis, Anhui province

当前我国经济已逐渐步入“新常态”，意味着经济增长将基本告别过去 30 多年 10%左右的高速度，基本告别传统的不平衡、不协调、不可持续的粗放增长模式。随着我国经济增速进入下行通道，全社会的科技投入也将逐步由“宽松”转为“趋紧”；科技投入方式也将由过去的大规模撒网式投入、全面跟踪研究向有限目标的定向式投入转变；科技资源配置和管理也将由分散化、碎片化向集成式、精细化方式转变。因而，进一步提高科技投入的使用率已逐渐成为学者们关注的话题。

安徽省作为中部省份，近年来科技投入强度

作者简介：王俊(1985—)，女，硕士，安徽省科学技术情报研究所研究实习员，研究方向：科技统计。
基金项目：安徽省软科学研究计划项目“安徽省各市创新能力评价及分析研究”（1607a0202043）；国家创新发展司委托项目“安徽省企业创新情况调查分析与研究”（ZLY2015123）。
收稿时间：2016 年 4 月 21 日。

一直居中部首位，科技投入力度也逐年加大，经济发展步入“新常态”时期，正确、客观、有效地评价安徽省各市R&D投入产出水平尤为重要。本文试图通过构建科学合理的指标体系，运用主成分分析法对建立的指标体系进行降维，并对安徽省16个市的R&D投入产出水平进行排名，便于直观地了解各市R&D投入产出水平；然后使用聚类分析的方法，对这16个市的R&D投入产出水平进行分类，从而更加客观地评价全省各市乃至不同地区的R&D发展情况。

1　指标体系与数据获取

R&D活动是一个系统工程，涉及因素很多，只有通过构建科学合理的指标体系，才能从不同侧面综合反映一个地区的R&D发展状况。这就需要在科学论证、广泛调研的基础上建立一套科学的创新评价指标体系[2]。本文参考借鉴前人的经验[3-6]，在导向性、全面性、层次性、简明性和可操作性的原则下，建立指标体系，并结合安徽省R&D活动的特点，经过多次对比和筛选，最终确立了一套由3个层次14个具体指标组成的安徽省R&D投入产出综合评价指标体系，如表1所示。

投入与产出是R&D活动中不可偏废的两个方面，故指标体系的一级指标分为R&D投入和R&D产出两个指标，二级指标在一级指标的基础上细化为规模、强度和结构3个方面共计6个指标，分别从绝对量、相对量和协调科学性衡量R&D投入和产出的总体水平。本文的数据主要来源于安徽省统计年鉴和安徽省科技统计公报。为了消除指标间量纲的不一致以及数据间存在的数量级差异所带来的影响，本文采用SPSS 18.0软件对基本数据进行了Z分法的标准化处理。在此基础上对表1中的指标进行主成分分析，最后对全省R&D投入产出情况进行聚类分析。

2　安徽省各市投入产出水平总体分析

主成分分析法是一种降维的思想，就是考虑各指标间的相互关系，从观测变量中用数学方式抽取出较少且相互独立的成分以便简化解释复杂的测量数据[7]，即把多个指标转换成较少的几个互不相关的综合指标，从而进一步使研究变得简单的一种统计方法[8]。本文将对表1中的指标进行主成分分析，降低维度，从而可以更便捷地评价安徽省各地市R&D投入产出水平。

2.1　因子分析可行性检验

本文将采用KMO检验、Bartlett球形检验、变量共同度3种方法对原变量可否进行因子分析

表1　R&D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
R&D投入	投入规模	全社会R&D经费投入	亿元
		研究机构数	个
		R&D人员	人年
	投入强度	R&D/GDP	%
		每万名就业人员的研发人力投入	人年/万人
	投入结构	基础研究占R&D经费比例	%
		研究人员占R&D人员比例	%
R&D产出	产出规模	专利授权数	项
		技术市场合同交易额	亿元
		出口额	万美元
	产出强度	平均交易额	亿万元/项
		万人发明专利授权量	件/万人
	产出结构	发明专利授权量占全部授权的比例	%
		高新技术产品进出口总额占地方进出口总额的比重	%

进行检验。KMO统计量是通过比较各变量间简单相关系数和偏相关系数的大小判断变量间的相关性，KMO值越接近1，表示原变量越适合进行因子分析。Bartlett球形检验用于检验相关阵是否是单位阵，即各变量是否独立。如果Bartlett球形检验的统计计量数值较大，且对应的相伴概率值小于用户给定的显著性水平，则表示原变量适合进行因子分析[9]。变量共同度则反映了所有公共因子对原变量的方差（变异）的解释度。

分别将原始数据进行标准化处理并将其输入SPSS 18.0统计软件，KMO值达到0.794，Bartlet检验的统计计量值达362.853，相伴概率等于0.000，且14项指标的共同度均在0.75以上。结果说明指标体系中的14个指标适合进行因子分析。

2.2　提取公因子

采用主成分分析方法，提取特征值大于等于1的因子为公因子；再对因子载荷矩阵方差采用最大正交旋转方法进行旋转，得到旋转后的公因子变量，从而输出各公因子得分。因子得分是原变量信息的综合，得到的因子变量可以代替原变量，进而实现降维和简化问题的目的[10]。

通过SPSS 18.0软件的主成分分析法，在14个基础指标中提取了3个互不相关的公因子，由因子提取结果可以得出，这3个公因子特征值累积贡献率达到85.602%，高于85%，则表明原变量85.602%变异可由所提取的3个公因子来解释。

由表2可得，3个公因子在不同的指标中各有侧重，F_1在X_1、X_2、X_3、X_8、X_9和X_{10}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R&D投入产出的总体规模，因此将其命名为“投入产出规模因子”（以下简称“规模因子”）。F_2在X_4、X_5、X_{11}和X_{12}上相对有高荷载。这4个指标分别从不同的角度反映一个地区R&D投入产出的强度水平，因此将其命名为“投入产出强度因子”（以下简称“强度因子”）。F_3在X_6、X_7、X_{13}和X_{14}上相对有高荷载。这4个指标分别从不同的角度反映一个地区R&D投入产出的结构情况，因此将其命名为“投入产出结构因子”（以下简称“结构因子”）。

2.3　因子得分结果分析

通过SPSS可以计算出安徽省各地市3个公因子的得分，再通过特征值归一化，得到一个综

表2　旋转后因子荷载矩阵、特征值及累计贡献率

基础指标	成分		
	1	2	3
R&D经费投入	0.94	0.311	0.042
R&D人员	0.947	0.283	0.104
R&D占GDP	0.496	0.799	0.029
每万名就业人员的研发人力投入	0.266	0.9	0.075
研究机构数	0.947	0.142	−0.017
基础研究占R&D经费比例	0.629	−0.215	0.587
研究人员占R&D人员比例	−0.095	0.201	0.89
专利授权数	0.908	0.328	−0.054
技术市场合同交易额	0.938	0.282	0.065
技术市场合同平均交易额	−0.169	0.637	0.362
万人发明专利授权量	0.59	0.78	−0.017
高新技术产品出口额	0.962	0.186	0.027
发明专利授权量占全部授权的比例	0.339	0.36	0.401
高新技术产品进出口总额占地方进出口总额的比重	0.936	0.077	0.46
特征值	7.396	3.106	1.482
累计贡献率	52.832	75.016	85.602

表 3　各地市因子得分、综合得分及排名

序号	地市	F_1		F_2		F_3		Z	
		得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
1	合肥	3.4849	1	0.1352	6	0.4579	6	2.2424	1
2	淮北	−0.9060	15	0.6936	4	2.1680	1	−0.111	8
3	亳州市	−0.4222	13	−0.7982	14	−0.9802	14	−0.589	16
4	宿州市	−0.4844	14	−0.7982	15	0.0196	7	−0.503	15
5	蚌埠市	0.0877	4	0.4136	5	0.6724	4	0.2444	3
6	阜阳市	−0.3291	11	−0.6516	11	1.2922	2	−0.212	10
7	淮南市	−0.0387	6	−0.2543	8	1.2129	3	0.0602	5
8	滁州市	0.0532	5	−0.1856	7	−0.1698	8	−0.036	7
9	六安市	−0.3847	12	−0.6658	12	−0.4557	11	−0.466	14
10	马鞍山市	−0.2009	8	0.9608	3	−0.3557	10	0.0811	4
11	芜湖市	0.5595	2	1.7920	2	−1.0986	15	0.6739	2
12	宣城市	−0.0515	7	−0.4648	10	−1.5251	16	−0.341	11
13	铜陵市	−0.9137	16	2.3107	1	−0.2028	9	0.0099	6
14	池州市	−0.2330	9	−0.7874	13	−0.8085	13	−0.448	13
15	安庆市	0.0939	3	−1.2584	16	0.5648	5	−0.198	9
16	黄山市	−0.3148	10	−0.4416	9	−0.7913	12	−0.407	12

合得分F，

$$F = 0.6171 * F_1 + 0.2592 * F_2 + 0.1237 * F_3$$

则各地市各因子得分及综合得分如表 3 所示，并得到以下结论。

第一，“合芜蚌”辐射带动着全省R&D投入产出水平。“合芜蚌”因为其独特的政策及地域优势，在R&D综合实力处于领先地位。尤其在规模因子F_1上，“合芜蚌”三市处于绝对的优势，位居全省前四；三市中蚌埠的整体水平比较稳定，三项因子得分徘徊在第四、第五位，总体排名位于全省第三；合肥的强度因子F_2和结构因子F_3相比规模因子F_1稍显落后，均位于全省第六位；最让人出乎意料的是芜湖，结构因子F_3得分居然仅位于全省第十五位，而其规模因子和强度因子均位于全省第二，由此可见，芜湖R&D投入产出结构亟待优化，既要注重加大R&D投入产出力度，又要重视R&D投入产出的结构调整。

第二，“皖北”城市整体R&D投入产出结构优于其他地区城市。相比于“皖南”地区，“皖北”城市由于其经济发展起步较晚、传统产业改造升级步伐较慢，导致“皖北”地区整体经济乃至科技创新能力都稍显落后。由于基数小，“皖北”城市中规模因子得分不是很高，但其强度因子和结构因子得分相比而言却是领先的，尤其是结构因子。值得一提的是“两淮”，淮南这三项因子的得分分别位居全省第六、第八、第三位，综合得分位居第五位，R&D投入产出水平成为继蚌埠之后“皖北”城市的排头兵；淮北这三项因子的得分分别位居全省第十五、第四、第一位，综合得分位居第八位，其R&D投入产出强度和结构水平甚至高于合肥、芜湖和蚌埠。

第三，“皖江带”城市R&D投入产出各项因子得分呈现两极分化的局面，但其综合排名基本处于全省中等偏上水平。“皖江带”城市圈基本处于靠近东部的中部地区，其经济基础乃至科技发展均优于其他地区，但从表 3 中可以看出，其三项因子得分出现两极化的现象，比如规模因子中，既有合肥、芜湖、安庆全省领先，又有铜陵市位居全省倒数第一；强度因子中，铜陵、芜湖、马鞍山位居全省第一、第二、第三位，相对的安庆又位居全省倒数第一；结构因子也有类似的现象。但“皖江带”城市的综合得分，却仍高于全省其他地区城市。由此可见，每个“皖江带”的城市在R&D投入产出水平上都有着优势

和劣势两方面，欠缺均衡发展。

3　安徽省各市R&D投入产出水平聚类分析

聚类分析是根据事物本身的特性研究个体分类的方法，其原则是同一个类中的个体有较大的相似性，不同类中的个体差异很大。在分类的过程中，人们不必事先给出一个分类标准，聚类分析能够从样本数据出发自动进行分类，因而具有客观性。本文在前文主成分分析的基础上对样本数据进行聚类分析，可以进一步明确安徽省各地市R&D投入产出水平之间的差异，从而更加客观地评价全省各市乃至不同地区R&D发展情况。

3.1　确定类别数目

运用SPSS中的系统聚类法对全省16个地市样本数据进行聚类分析。聚类方法采用组间联接，距离测试选用平方Euclidean距离法。利用主成分分析得到的3个公因子作为自变量，进行聚类分析，得到的聚类结果如图1所示，图1中的序号代表的地市如表3所示。聚类分析既要表现出类与类之间的差异性，又要使得每一类中包含个数不要过多。综合以上的要求，本文认为把安徽省16个地市划分为综合领先型、结构领先型、强度领先型、结构相对领先型、综合落后型等5类较为合适。

3.2　聚类结果分析

把图1的结果划分为5类，则各类划分如表4所示，可以总结以下结果。

第一类：综合领先型。作为省会城市，合肥拥有较多的科研机构和高校，同时，在一些高技术产业如量子通讯、新型显示等带动下，合肥的R&D投入产出水平在全省中表现突出。其综合得分位居全省第一，且与第二名远远拉开距离，规模因子也排在全省首位。

第二类：结构领先型。虽然地处皖北，但淮北的R&D投入产出水平不得不令人刮目相看。皖北城市R&D投入产出基础薄弱，淮北的规模因子得分较为落后，但其结构因子却位居全省首位，强度因子也位居全省第四，其R&D投入产出的结构比较科学，强度也相对较大。

第三类：强度领先型。包含于此类的有马鞍山、芜湖和铜陵。这3个城市的强度因子分别位居全省第三、第二、第一位，综合水平也处于全省领先水平，但其规模因子和结构因子分别呈现不同程度的薄弱，甚至处于全省的落后水平，是“皖江带”的代表城市。

第四类：结构相对领先型。包含于此类的有蚌埠、阜阳、淮南和安庆。和第二类相比，此类的结构相对差一些，且规模因子得分较高。这4个城市的结构因子分别位居全省第四、第三、第二、第五位，规模因子分别位居全省第四、第十一、第六、第三位。

第五类：综合落后型。包含于此类的有亳州、宿州、滁州、六安、宣城、池州和黄山。

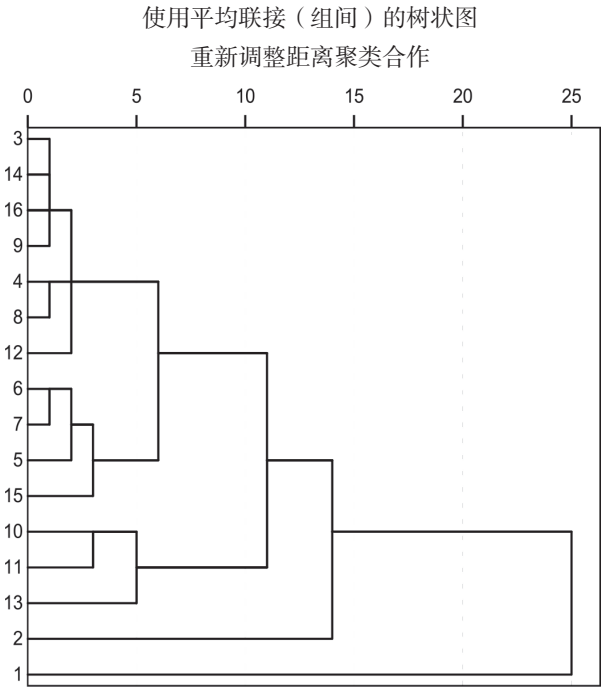

图1　聚类结果树状图

表4　各类别包含的具体地市

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

这些城市既有“皖江带”的城市，也有“皖北”“皖西”的城市，各因子和综合得分基本都处于全省较为落后的水平，且3个公因子的排名和总排名差异性不大，发展基本处于较为均衡的状态，亟待打破整体僵局。

4　结语与建议

本文选取了与R&D投入产出有关的14个指标，通过主成分分析法对全省16个地市的创新综合能力进行测算和评价，并对因子分析的结果进行聚类分析，就R&D投入产出水平把安徽省16个地市分为五大类。可以得出，“合芜蚌”三市的R&D投入产出水平领先全省水平，“皖江带”城市两极分化现象严重，“皖北”有崛起的现象。安徽省作为一个中部省份，近年来R&D投入产出均处于全国中等偏上的水平。各地市应该把握现有的创新机遇，继续推进科技改革攻坚，努力把有限的R&D资源利用最大化。根据研究结论，本文提出以下几点建议。

第一，各地继续保持原有的发展优势。16个地市中拥有绝对优势因子的地区均有不同程度薄弱的地方，比如R&D投入产出规模较大的地区，其结构会出现不够优化的情况；而结构比较科学的地区，其投入产出规模或者强度又稍显落后。因此各地市应该扬长避短，重点突破，使得R&D投入产出各方面均衡发展，全面提高地区R&D投入产出水平。

第二，以重点区域为中心，辐射带动全省科技发展。“合芜蚌”试验区要充分发挥核心载体功能和龙头带动作用，打造安徽省创新发展的试验区、先导区和引领区；“皖江带”城市的优势已经在逐渐消失，部分皖江带城市R&D投入产出水平处于均衡的状态，总体排名也有点靠后，要打破这种僵局，需要多管齐下；“皖北”地区亟待形成以蚌埠为中心科技发展战略高地，努力崛起，从而提高整体的R&D投入产出水平。

参考文献

[1] 王俊.R & D补贴对企业R & D投入及创新产出影响的实证研究[J].科学性研究, 2010(9): 1368−1373.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 郭际, 叶卫美, 吴先华, 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): 9−15.

[7] 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.

[8] 何晓群.应用回归分析[M]. 3版.北京: 中国人民大学出版社, 2011:188−189.

[9] 卢纹岱.SPSS统计分析[M]. 4版.北京: 电子工业出版社, 2003:472−473.

[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.

（上接第5页）

[4] 李细文.区域创新系统综述[J].科技管理研究, 2003 (6): 7−9.

[5] 刘顺忠,官建成.区域创新系统创新绩效的评价[J].中国管理科学,2002,10(1):75−78.

[6] 尹凡,单莹洁,苏传华,等.河北省区域创新绩效评价模型的构建[J].决策参考,2011(14):77−79.

[7] 张丽琨,刘晓丽.城市创新绩效影响因素的灰色关联分析[J].科技管理研究,2014(1):230−233.

[8] 刘贵文,张怿蓝.基于主成分分析法的城市创新能力评价[J].科技管理研究,2009(10):115−117,123.

[9] 魏权龄.评价相对有效性的数据包络分析模型: DEA和网络DEA[M].北京:中国人民大学出版社,2015.

[10] 卢珂,吴价宝.基于动态视角的创新型城市创新绩效指数研究[J]. 科技管理研究,2014(11):21−25.