

区域产业发展科技支撑能力指标体系研究

曾理¹, 付宇^{1,2}, 陈一君¹

(1.四川理工学院 经济与管理学院, 四川 自贡 643000;

2.西南财经大学 工商与管理学院, 成都 610074)

摘要:区域产业发展科技支撑能力是一个地区科技创新能力发展的基础,对区域新型工业化道路的发展起着不可替代的作用。现有资料中对区域产业发展支撑能力评价指标体系的研究比较缺乏。通过对影响区域产业发展的科技创新因素的研究,遵循评价指标体系构建的科学合理性原则,建立一套评价区域产业发展科技支撑能力的评价体系,为决策机构提供理论支撑和科学依据。为了对构建的评价指标体系进行印证考察,采取多种数据处理方法对照分析,力求得到更加可信的结果。首先,利用层次分析法对同一个地区在不同年份科技创新支撑能力的发展状况进行纵向分析;其次,采用因子分析法对全国31个省市自治区进行横向比较;最终得出评价结果,并对评价结果进行分析。研究表明,各地区科研投入能力和地区经济社会条件的差异,是导致各地区区域产业发展科技支撑能力发展不平衡原因。

关键词:新型工业化;科技创新能力;指标体系;层次分析法;因子分析法;实证分析

中图分类号: F202 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8580(2015)02-0065-14

区域科技创新能力对工业发展、特别是对我国当前大力发展的新型工业化道路有着重要意义,在某种程度上起着决定性的作用。当前,各级政、企、事业单位都意识到了建立完善的科技创新体系的重要性,为了清晰地了解一个地区科技发展状况对国民经济的支柱产业和优先发展的高新技术产业的支撑力度,对本地区的科技创新能力的测度就是一项十分必要的工作,为此必须要对其建立一套严谨的指标体系;同时,对统计数据进行科学处理,才能真实地反映当前区域的发展现状,提供决策依据。为了更快、更高质量的促进工业体系的现代化发展,促进产业结构的升级,迫切需要对当前科技创新环境、创新能力及科技转化能力等方面有一个全面、清晰的认识,只有科学地展现出当前的技术水平在产业发展中的全貌,才能为决策

基金项目:四川省科技厅项目(20132R0125);自贡市软科学项目(2012R08)

作者简介:曾理(E-mail:344198362@qq.com)

机构的宏观调控、资源分配做出相对准确的政策建议。

一、国内外关于区域产业发展科技支撑能力的研究现状

目前,虽然国内外学者对科技创新能力的研究非常多,但迄今为止,尚未能比较完备地建立一套选取指标体系的方法理论。Clark 认为,可以从对产品的创新能力和对工艺的创新能力两个方面来衡量技术创新的能力;Scherer 认为,由于科技创新的方式多种多样,最终实现的成果也表现得非常复杂,因此不同领域的科技创新应该由不同的指标体系来加以阐释。Philip Cooke (1992)率先提出了“区域创新系统”的概念,并尝试建立了一套指标体系。Saxenian (1998)认为,对区域科技创新能力的体系探讨,应当基于市场丰富的科技资源、不断发展壮大的科技企业、政府的政策及管理模式和区域之间良性互动带来的创新协同能力^[1]。Michael Fritsch 和 Grit Franke (2004) 的实证研究表明,不同地区的创新能力差异与 R&D 投入的效率有关,因此对科技创新能力的测度非常关心 R&D 指标^[2]。C.K.Sankat (2006) 等学者以加勒比海国家作为研究对象,运用绩效指标通用模型对其科技创新能力进行分析^[3]。Mikel Buesa (2006) 研究了影响区域科技创新的因素,认为区域的生产水平,私营企业、大学以及公共管理部门的效率,区域创新环境等对其有重大影响^[4]。

国内也有许多学者在此领域做了大量的研究,成果颇丰。有学者认为技术创新能力主要体现在六个方面:创新资源投入能力、创新环境、创新管理能力、技术研发能力、工业制造能力和市场营销能力,这六个方面共同构成创新能力评价的基本要素^[5]。此外,许多学者利用相关数学、统计知识对创新能力指标进行优选,以达到评价目的^[6]。李宗璋(2002)从 R&D 投入、创新性人力资源以及科技产出三方面选出 16 个指标,利用因子分析法进行评价^[7]。沈菊华(2005)以连云港市为例,提出了区域创新体系评价指标,其中包含 26 个指标,并运用 AHP 法进行评价^[8]。李柏洲和苏屹(2009)利用粗糙集法,对区域科技创新能力评价指标进行了属性约简,然后引入熵模型,建立了区域创新能力的评价模型^[9]。刘伟、曹建国等(2010)运用主成分分析法,对中国高校科技创新能力进行了评价,研究结果和方法具有较强的参考价值^[10]。李高杨和刘明广(2011)构建了一套区域科技创新能力的评价体系,并利用结构方程模型进行了评测,其指标创建的方法和原则有一定的借鉴意义^[11]。毕景刚(2013)研究了高校在地方文化产业中的服务功能,为后续设计指标评价体系提供了思考^[12]。张志新、孙照吉和薛翹(2014)运用聚类分析以及主成分分析对黄河三角洲区域六地市科技创新能力进行分析与评测,得出虽然科技发展势头迅猛,但发展水平仍然较低,区域发展不平衡的结论^[13]。何凡、罗泊和陈一君(2014)对高新区与区域创新系统作了探索,其中对于区域创新系统的相关研究对区域科技创新支撑能力指标体系的研究有一定借鉴意义^[14]。殷群、李丹(2014)研究了国内产业技术创新联盟的现状,在分析其存在问题的基础上,提出产业技术联盟优化的原则,为我国建设新型产业技术创新联盟提供可借鉴依据^[15]。戴明峰、查奇芬(2014)运用动态偏离份额分析法对江苏高新技术产业的竞争力进行评价,评价结果参考性较强^[16]。

以上国内外学界关于高校、区域科技创新能力评价的研究结果,均从不同的角度以不同的划分维度进行,有对科技创新能力本身评进行价,有对高校和区域的科技支撑环境进行评

价,也有将两者结合起来进行评价的;有学者从横向的角度对某一区域产业发展科技支撑能力进行评价,也有学者从纵向的角度对其科技支撑能力进行考察;同时,在现有的研究成果中,不同的学者采用不同的研究方法,有运用单一的评价方法进行评估的,例如运用层次分析法、模糊综合评价法、因子分析法和主成分分析等方法;也有将多种方法结合起来同时使用的。总体来说,虽然关于区域产业发展及科技创新能力的研究方面,国内外学界无论是在理论研究还是在实证分析研究方面都取得了重大成果,为后续关于区域产业发展科技支撑能力的研究提供了不同层面上的理论支撑和方法借鉴。

但是,就现有研究来看,仍然存在许多不足之处。对于区域产业发展科技支撑能力评价指标体系的研究,目前还没有一整套完备的评价体系,同时,在指标的选取方面,常常存在考察的指标过细或者不够全面的问题,有些指标在设计过程中获取数据的难度较大,缺乏对实际状况的合理判断。此外,从现有的研究资料来看,单纯的进行区域科技创新硬支撑能力的研究较多,这已经不能满足在经济发展进入新常态时期区域产业发展的要求,因此,在未来的研究中,应该同时注重区域产业发展的软支撑能力,例如,支撑区域产业发展的经济社会基础条件以及科技创新的环境条件和科技创新文化建设状况。只有将区域产业发展科技支撑能力的硬件设施建设和软支撑能力建设并举,才能为区域产业在新常态下科学、健康的发展提供强大的科技支撑动力。

本文将在前人的研究基础上,建立一套全新的区域科技创新能力指标体系,并利用层次分析法和因子分析法,对同一区域科技创新支撑能力的纵向发展状况进行分析,也对不同地区区域科技创新支撑能力进行横向分析,最终建立一个科学、完备的评价体系,通过科学的数据处理得出结论,为地区决策机构制定科技要素投入政策提供理论依据和智力支持。

二、选取区域科技创新评价指标总体原则

关于科技创新评价指标选择的研究,总体来讲,还处于不断探索的阶段,不过国内外学界还是探索出了一些指标选取的原则,也得到了许多学者的认同,本文也将主要基于这些公认的标准选取合适的评价指标。

(一)系统性原则

由于区域科技创新支撑能力涵盖的范围比较广,因此,指标的选取必须要有全局性,能够覆盖到各个层面,这样才能更为系统地、科学地反映当前区域科技创新能力的全貌;同时应当注意整体和局部的统一性,长期与短期的均衡,指标的选择也要重视定性与定量相结合,力求完整而又客观地反映区域科技创新能力。

(二)科学性原则

任何研究的进行都必须基于科学的逻辑推理,建立指标体系更是必须在这一基本原则的指导下进行。为了确保评价结果的准确和可信,指标的定义、范围、分类、数据的采集、权重的确定、计算方法等都必须规范地操作,建立在科学统计理论的基础上。在指标的设计上,各指标都应独立地反映体系的特征与信息,从各方面反映当前区域的科技支撑能力现状,避免重复性的信息,影响后期统计效果。

(三)可信性原则

评价指标体系的建立是为了准确的反映当前区域科技创新的现实状况,评价指标的选择必须考虑数据来源的可行性和可靠性,因此在采集数据的时候,应当尽量考虑选取权威的数据发布机构。若某项指标的数据不能保证来源的可靠性,宁愿舍弃此项指标。

(四)可比性原则

一个地区创新能力往往带有其自身地域上鲜明的特点和时间上的跨度等特性,因此指标体系的建立不仅要考虑到不同区域间的横向对比,还要考虑到不同时间跨度上历史数据的可比性。指标的选择应当考虑国际上通行的定义和计算方法,既要反映地区鲜明的特点,也要考虑到共性的问题。

(五)导向性原则

我们建立的指标评价体系,目的是反映区域当前科技创新能力的全貌,通过这个体系能够发现问题,引导决策机构制定发展政策,提高产业创新和竞争能力。因此所选择的指标的分析结果应当起到对区域科技创新政策的引导作用。

三、区域科技创新能力综合指标体系

在区域科技创新能力评价指标的选择上,目前学术界并没有形成一个统一标准的指标系统。本文基于前面所述的基本原则,同时在考虑指标统计数据的可获得性、可靠性,并在参考大量文献资料的基础上,设计了一整套区域科技创新能力评价指标体系。

根据评价指标的设计原则,我们将整个指标体系分为四层。第一层是目标层,即区域新型工业化内源性科技创新支撑能力评估;第二层为次级指标,主要包含三个因素:科技创新投入能力、科技创新产出能力以及科技创新环境指标;第三层为参量层,将三个次级指标分解为多个三级指标;第四层为指标层,将三级指标具体细化为最终需要采集统计数据的底层指标(所有指标均为定量指标)。整个科技创新能力指标体系可见表 1 所示。

(一)区域科技创新投入能力 B_1

科技创新投入能力主要衡量的是对区域科技创新至关重要的要素投入情况,它包括人力资源投入 C_{11} ,科研资金投入 C_{12} 和科研设备投入 C_{13} 三个三级指标。

人力资源投入 C_{11} 指的是参与到科研、创新活动中的人力资源状况。我们将其分为:企业 R&D 科学家和工程师数量 D_{111} ,企业 R&D 科学家和工程师占企业总员工比例 D_{112} ,高校及研发机构科研创新人员数量 D_{113} ,高校及研发机构科研创新人员占其总员工比重 D_{114} 四个四级指标。为了更为客观,这里既考虑了绝对量,也考察了相对量,其中 D_{111} 和 D_{113} 分别代表科研创新活动中科技人员在企业、高校和研究机构中的绝对数量,可以通过统计年鉴直接获得,而 D_{112} 和 D_{114} 则反映其相对数量,利用 D_{111} 和 D_{113} 除以对应的员工人数,间接获得。

科研资金投入 C_{12} 分为以下四个四级指标:政府资助科研项目经费 D_{121} ,企业投入 R&D 经费总量 D_{122} ,高校以及科研机构投入经费 D_{123} ,地区总 R&D 经费占本地区 GDP 比重 D_{124} ,前三个指标衡量了地区各机构科研经费投入的总量,而第四个指标则反映了科研资金投入在本地区财政支出中的相对重要性,此层指标均可通过统计年鉴直接获得。

表 1 区域科技创新评价指标体系

目标层	次级指标	三级指标	底层指标
区域 产业 发展 科技 创新 支撑 能力 A	区域科技创新 投入能力 B ₁	人力资源 投入 C ₁₁	企业 R&D 科学家和工程师数量 D ₁₁₁
			企业 R&D 科学家和工程师占企业总员工比例 D ₁₁₂
		投入 C ₁₁	高校及研发机构科研创新人员数量 D ₁₁₃
			高校及研发机构科研创新人员占其总员工比重 D ₁₁₄
	区域科技创新 投入能力 B ₁	科研资金 投入 C ₁₂	政府资助科研项目经费 D ₁₂₁
			企业投入 R&D 经费总量 D ₁₂₂
		投入 C ₁₂	高校以及科研机构科投入经费 D ₁₂₃
			地区总 R&D 经费占本地区 GDP 比重 D ₁₂₄
	区域科技创新 投入能力 B ₁	科研设备 投入 C ₁₃	企业科研设备占总生产设备比重 D ₁₃₁
			高校及科研机构实验室科研设备占其总设备比重 D ₁₃₂
	区域科技创新 产出能力 B ₂	科研理论 产出 C ₂₁	国内中文核心期刊论文数 D ₂₁₁
			国外主要检索收录论文数 D ₂₁₂
			万名科研活动人员论文数 D ₂₁₃
		技术专利 C ₂₂	专利申请量 D ₂₂₁
	专利授权量 D ₂₂₂		
	区域科技创新 环境 B ₃	科技创新 经济基础 环境 C ₃₁	地区国民生产总值 D ₃₁₁
财政预算支出 D ₃₁₂			
环境 C ₃₁		公共教育经费占 GDP 比重 D ₃₁₃	
		地区所拥有大学和研究机构数量 D ₃₂₁	
科技创新 社会条件 C ₃₂		非国有经济的比重 D ₃₂₂	
		风险投资、金融机构贷款占科研经费比重 D ₃₂₃	
		每百万人拥有图书馆、博物馆和文化馆等公共文化设施数量 D ₃₂₄	

科研设备投入 C₁₃ 主要衡量投入到科研活动中的设备情况,反映了硬件支撑的力度,主要包含企业、高校和研发机构等实验室设备状况,主要分为企业科研设备占总生产设备比重 D₁₃₁,高校及科研机构实验室科研设备占其总设备比重 D₁₃₂ 两项四级指标,需要进行计算量化,可间接获得。

(二)区域科技创新产出指标 B₂

科技创新的产出与转化直接考察的是当前科技创新水平的实用化能力,是否带来新产品、新工艺以及新的服务,与社会效益直接挂钩,反映了科技投入的产出效率。一般来说,科技创新首先带来的是理论的发展,如科技论文等,再在此基础上形成专利,经工程实用化之后投入新工艺应用和新产品生产。新工艺的采用和新产品的生产受科技创新产出的影响不好度量,因此,我们在这里主要利用科研理论产出 C₂₁ 和技术专利 C₂₂ 两个三级指标来衡量科技创新产出。

科研理论产出 C₂₁ 主要分解为:国内中文核心期刊论文数 D₂₁₁,国外主要检索收录论文数 D₂₁₂,万名科研活动人员论文数 D₂₁₃。其中 D₂₁₃ 反映了理论产出的相对水平,可间接获得,D₂₁₁、D₂₁₂ 反映了高层次技术创新活动的产出情况,可直接获得。

技术专利 C₂₂ 一定程度上反映了科技创新理论的实用化程度,将其分解为以下两个四级

指标:专利申请量 D_{221} , 专利授权量 D_{222} , 均为直接指标。

(三) 科技创新环境指标 B_3

科技创新的环境可以理解为社会物质文化基础、科研氛围对科技创新能力的支撑。实践表明, 科技创新的环境对一个地区的科技创新能力有极大影响, 好的创新环境能促进科研创新能力的发展, 反之则会起到约束、制约的作用。本文将科技创新环境指标 B_3 分解为: 科技创新经济基础 C_{31} 和科技创新社会条件 C_{32} 两项三级指标。

科技创新经济基础环境 C_{31} 包括: 地区国民生产总值 D_{311} , 反映了科技创新总的经济基础; 财政预算支出 D_{312} , 反映了科技创新的财政基础, 可直接获得; 公共教育经费占 GDP 比重 D_{313} , 反映了劳动力基本素质, 为相对指标, 可间接获得。

科技创新社会条件 C_{32} 分解为: 地区拥有大学和研究机构数量 D_{321} , 反映了本地区高端研究机构的发展现状; 非国有经济的比重 D_{322} , 反映了创新环境的制度性因素。此两项指标均可直接获得。风险投资、金融机构贷款占科研经费比重 D_{323} , 反映了科技创新面临的金融支持环境; 每百万人拥有图书馆、博物馆和文化馆等公共文化设施数量 D_{324} , 反映了当地政府以及公众对文化、科技的重视程度, 体现了本地区科学文化氛围。与 D_{323} 相同, 均为相对指标, 可间接获得。

四、数据处理方法与评价

一般来说, 不同的分析方法各有优缺点, 运用多种统计分析方法对同一指标体系数据进行分析, 能缩小因单一方法本身的缺陷而带来的误差。采用多种方法计算出来的统计结果互相印证, 能更为科学、准确地对指标数据进行解读。本文在对数据的处理方法上, 分别采用层次分析法以及因子分析法进行分析, 互相支撑, 力求得到一个更为准确的数据结果。

(一) 运用层次分析法进行单一区域时间轴上的纵向评价步骤

我们建立的评价指标结构是一个多层次、多属性的指标体系, 因此, 利用层次分析法(AHP)对本地区进行时间轴上的纵向分析是一个行之有效的办法。依时间轴采集各底层指标的数据, 在收集好指标数据之后, 应当对数据进行标准化处理, 以消除不同量纲和数量级差异所带来的不便。可按以下公式进行标准化:

$$D'_{ijk} = \frac{D_{ijk} - \bar{D}_{ijk}}{\sqrt{S_{ijk}}} \quad \text{公式 4-1}$$

其中, D_{ijk} 为底层指标, \bar{D}_{ijk} 为其样本均值, S_{ijk} 为其样本方差。

对各层次指标两两比较得到判断矩阵, 求出判断矩阵最大特征值所对应的特征向量并单位化, 将其作为权向量。对判断矩阵进行一致性检验, 根据检验情况调整判断矩阵最终使得不一致程度在允许范围之内, 最终得到合适的权数。各级综合指标分别由其下级指标依据权重加权组合得到, 其评价得分计算公式如下:

$$A = \sum_{i=1}^3 w_i B_i = \sum_{i=1}^3 w_i \sum_{j=1}^m w_{ij} C_{ij} = \sum_{i=1}^3 w_i \sum_{j=1}^m w_{ij} \sum_{k=1}^n w_{ijk} D_{ijk} \quad \text{公式 4-2}$$

由此, 我们可以得到区域多时段的一个科技创新能力得分变化曲线, 借此加以考察纵向的

变化情况。但这主要反映区域自身创新能力的一个发展状况。为了更加科学的加以考察,还应该就此指标体系和其他地区做一个横向的比较。

(二)利用因子分析法进行横向比较

为了更为准确地评价各区域的发展程度,利用因子分析法进一步对指标数据进行评分,和前面的方法互相印证,得到更为可靠的结果。因子分析法通过研究变量指标相关矩阵或者方差协方差矩阵的内部依赖关系,将多个变量综合为少数几个因子来反映原始变量之间的联系。因子分析法过程也比较繁杂,但可以通过统计软件 SPSS 较为简便的完成如下过程。

因子分析法的基本步骤为:

1.数据的标准化。同样,为了消除量纲以及后续讨论的方便,我们需要将采集的横向比较数据进行标准化处理:

$$D'_{ijk} = \frac{D_{ijk} - \bar{D}_{ijk}}{\sqrt{S_{ijk}}} \quad \text{公式 4-3}$$

其中, D_{ijk} 为底层指标, \bar{D}_{ijk} 为其样本均值, S_{ijk} 为其样本方差。数据标准化之后,后面得到的因子载荷矩阵元素即为“权重”。利用标准化后的数据可以得到样本相关矩阵 R 。

2.求出样本相关矩阵 R 的特征值 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \dots \geq \lambda_n$, 及其相对应的单位正交特征向量: $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ 。

3.求解因子模型的因子载荷矩阵,确定公共因子的个数 m 。比如可以取 m 满足事先确定的因子累计贡献率:

$$\frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \geq 0.8$$

然后取 $\alpha_i = \sqrt{\lambda_i} \cdot l_i$, 则 $A = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m)$ 即为因子载荷矩阵。

4.对所求因子载荷矩阵进行方差最大化的正交旋转,对各因子进行命名,加以解释。

5.可利用汤普森法计算汤普森因子得分 f_i ,最后指标体系的横向比较综合得分可由各主因子得分加权求和得到:

$$F = \sum_{i=1}^m w_i f_i \quad \text{公式 4-4}$$

其中, $w_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^m \lambda_i}$, 为因子权重。最终用综合得分排序就可以对每各区域科技创新能力加以

横向比较。

五、实证分析

(一)运用层次分析法进行单一区域时间轴上纵向评价——以四川省为例

利用层次分析软件,对评价指标体系中的指标进行计算,最终得出各级指标权重,见表 2。

表 2 区域产业发展科技创新支撑能力评价指标体系指标权重

目标层	次级指标 (权重)	三级指标 (权重)	底层指标	权重		
A	B ₁ (0.30)	C ₁₁ (0.30)	D ₁₁₁	0.23		
			D ₁₁₂	0.42		
			D ₁₁₃	0.12		
			D ₁₁₄	0.23		
		C ₁₂ (0.54)	D ₁₂₁	0.17		
			D ₁₂₂	0.32		
			D ₁₂₃	0.30		
			D ₁₂₄	0.22		
		C ₁₃ (0.16)	D ₁₃₁	0.67		
			D ₁₃₂	0.33		
			B ₂ (0.54)	C ₂₁ (0.67)	D ₂₁₁	0.29
					D ₂₁₂	0.14
	D ₂₁₃	0.57				
	C ₂₂ (0.33)	D ₂₂₁	0.50			
		D ₂₂₂	0.50			
	B ₃ (0.16)	C ₃₁ (0.50)	D ₃₁₁	0.27		
			D ₃₁₂	0.41		
			D ₃₁₃	0.32		
		C ₃₂ (0.50)	D ₃₂₁	0.47		
			D ₃₂₂	0.10		
			D ₃₂₃	0.28		
			D ₃₂₄	0.15		

在运用层次分析法软件得到各级指标权重后,从《中国统计年鉴》、《四川省统计年鉴》以及《四川科技统计年鉴》收集对应指标的原始数据,按照公式 4-1 进行标准化处理,结果的数据见表 3。

表 3 底层指标原始数据标准化处理结果

指标代码	2009	2010	2011	2012	2013
D ₁₁₁	-0.27064	-0.26981	-0.26443	-0.26526	-0.26629
D ₁₁₂	-0.27135	-0.27029	-0.26476	-0.26564	-0.26665
D ₁₁₃	-0.2706	-0.26967	-0.26421	-0.2651	-0.2661
D ₁₁₄	-0.27129	-0.27024	-0.26472	-0.2656	-0.26662
D ₁₂₁	-0.23734	-0.22968	-0.23167	-0.23244	-0.23977
D ₁₂₂	-0.24146	-0.2418	-0.23899	-0.23581	-0.23414
D ₁₂₃	-0.23278	-0.22724	-0.22666	-0.22831	-0.22955
D ₁₂₄	-0.27134	-0.27029	-0.26476	-0.26564	-0.26665
D ₁₃₁	-0.27131	-0.27027	-0.26475	-0.26562	-0.26663
D ₁₃₂	-0.27128	-0.27023	-0.2647	-0.26559	-0.26661
D ₂₁₁	-0.27061	-0.2697	-0.26428	-0.26507	-0.26614
D ₂₁₂	-0.27102	-0.26995	-0.26449	-0.2654	-0.26642
D ₂₁₃	-0.2713	-0.27024	-0.26471	-0.2656	-0.26661
D ₂₂₁	-0.27027	-0.26921	-0.26366	-0.26436	-0.2652
D ₂₂₂	-0.27069	-0.26943	-0.26413	-0.26482	-0.26584
D ₃₁₁	4.33755	4.34392	4.36925	4.36351	4.35505
D ₃₁₂	0.8981	0.87295	0.76553	0.79136	0.82818
D ₃₁₃	-0.27134	-0.27028	-0.26475	-0.26563	-0.26665
D ₃₂₁	-0.18895	-0.19941	-0.20636	-0.21348	-0.21878
D ₃₂₂	-0.27117	-0.27014	-0.26463	-0.26553	-0.26655
D ₃₂₃	-0.27134	-0.27029	-0.26476	-0.26564	-0.26665
D ₃₂₄	-0.26957	-0.26871	-0.26335	-0.26433	-0.26537

对标准化处理的数据,按照公式 4-2 进行逐级计算,由于进行标准化后所得数据均为负数,因此,采用十分制将所得结果进行转化,得出最终结果见表 4。

由以上数据可以绘制出四川省 2009-2013 年区域产业发展科技创新支撑能力变化曲线,见图 1。

表 4 四川省 2009-2013 年区域产业发展科技创新支撑能力评价结果

年份	2009	2010	2011	2012	2013
综合得分	8.87	9.32	9.15	9.42	9.51

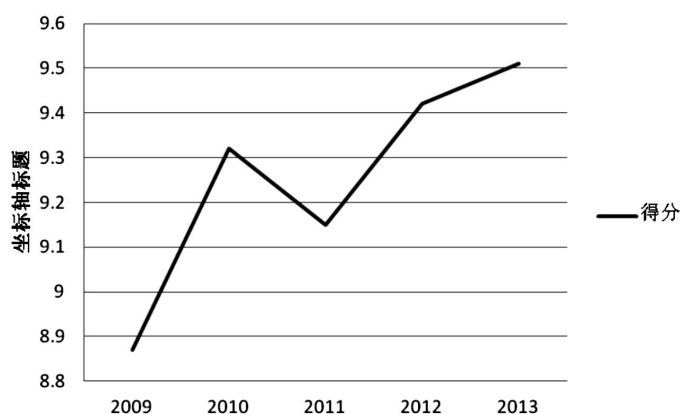


图 1 2009-2013 年四川省区域产业发展科技创新支撑能力变化曲线

由图可得,四川省区域产业发展科技创新支撑能力在整体上是处于增长趋势,虽然在 2011 年有所下降,但是 2012 年增长很快,随后并一直保持增长。

(二)利用因子分析法进行横向比较

1.首先,根据公式 4-3 将采集的数据进行标准化,然后对标准化的数据进行 KMO 和 Bartlett 球形检验,结果见表 5。由表 5 可以得到,KMO 检验 0.783,Bartlett 的球形检验统计量分别为 1118.459,231,相伴概率为 0.000,显著性水平小于 0.1,故变量之间相关性较强,适合做因子分析。

表 5 KMO 和 Bartlett 球形检验结果

Kaiser-Meyer-Olkin 测量取样适当性		0.783
Bartlett 的球形检验	大约卡方	1118.459
	Df	231
	显著性	.000

2. 确定公共因子

公共因子个数的选取依据为:若前多少个公共因子的累计贡献率大于 80%,则选取这些公共因子。利用 SPSS22.0 软件进行公共因子提取,得出结果见表 6。

表 6 特征值及因子贡献率

公共因子	未旋转公共因子			旋转后公共因子		
	特征值	方差贡献率 %	累计贡献率 %	特征值	方差贡献率 %	累计贡献率 %
1	8.040	38.637	38.637	6.319	30.270	30.270
2	3.295	17.521	55.159	5.059	21.541	51.810
3	2.493	15.058	70.217	2.881	18.096	69.907
4	1.375	6.251	76.468	1.394	7.334	76.241
5	1.143	5.195	81.663	1.193	5.422	80.663

由表 6 可得,前五个因子的累计贡献率为 81.663%,大于 80%,因此,选取前五个因子进行进一步分析。

3. 各因子解析

由于初始因子载荷分析结果不能较好地解释指标变量与主因子之间的关系,对其进行正交变换,得出旋转后的因子载荷矩阵,结果见表 7,其中 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 为三个公共因子旋转后的特征向量。

由表 7 可以得出经过分析的公共因子旋转以后的特征向量: F'_1 、 F'_2 、 F'_3 、 F'_4 、 F'_5 。由特征向量和表 7 可以看出,第一因子 F_1 中,高校及研发机构科研创新人员数量 D_{113} ,高校及研发机构科研创新人员占其总员工比重 D_{114} ,政府资助科研项目经费 D_{121} ,高校以及科研机构投入经费 D_{123} ,国内中文核心期刊论文数 D_{211} ,国外主要检索收录论文数 D_{212} ,万名科研活动人员论文数 D_{213} ,地区所拥有大学和研究机构数量 D_{321} 等八个底层指标具有很高的载荷。这些指标中,一方面反映了高校及科研机构的在区域产业支撑科技创新能力方面的基础作用,另一方面涵盖了政府在区域产业科技支撑能力方面的资金支持及服务作用,因此,可将第一因子 F_1 解释为区域产业技术创新服务因子。

第二公因子 F_2 中,地区总 R&D 经费占本地区 GDP 比重 D_{124} ,地区国民生产总值 D_{311} ,财政预算支出 D_{312} ,非国有经济的比重 D_{322} ,风险投资、金融机构贷款占科研经费比重 D_{323} 五个底层指标载荷较高,其中 D_{311} 、 D_{312} 、 D_{322} 、 D_{323} 均来自科技创新环境层,因此,可将第二公因子 F_2 解释为区域产业技术创新环境因子。

表 7 旋转后的因子载荷矩阵

评价指标	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
D_{111}	0.075	0.152	0.974	-0.030	0.091
D_{112}	0.176	0.355	0.247	-0.242	0.705
D_{113}	0.925	0.294	0.178	0.039	-0.126
D_{114}	0.745	-0.018	-0.107	-0.235	0.207
D_{121}	0.974	0.108	0.054	0.026	-0.095
D_{122}	0.199	0.166	0.936	-0.078	0.110
D_{123}	0.979	0.095	0.045	0.069	-0.091
D_{124}	0.288	0.909	0.107	-0.084	0.196
D_{131}	-0.291	-0.154	-0.031	0.540	0.617
D_{132}	-0.172	0.168	-0.087	0.697	0.014
D_{211}	0.801	0.458	0.250	0.073	-0.173
D_{212}	0.914	0.349	0.107	-0.020	-0.060
D_{213}	0.966	-0.040	-0.001	-0.069	0.093
D_{221}	0.227	0.027	0.915	0.058	0.086
D_{222}	0.198	0.017	0.924	0.007	0.086
D_{311}	0.114	0.908	0.345	-0.038	-0.036
D_{312}	0.202	0.792	0.404	0.071	-0.203
D_{313}	-0.194	-0.317	-0.826	0.049	-0.203
D_{321}	0.542	0.402	0.356	0.293	-0.086
D_{322}	0.059	0.827	0.281	-0.015	-0.085
D_{323}	0.307	0.607	-0.220	0.178	-0.135
D_{324}	0.000	-0.047	-0.905	-0.060	-0.082

第三公因子 F_3 中,企业 R&D 科学家和工程师数量 D_{111} ,企业投入 R&D 经费总量 D_{122} ,专

利申请量 D_{221} , 专利授权量 D_{222} 等四个底层指标所占载荷较高, 其中 D_{221} 、 D_{222} 是对区域技术创新能力的考察, 因此, 可将因子 F_3 解释为区域产业技术创新能力因子。

第四公因子 F_4 中, 企业科研设备占总生产设备比重 D_{131} , 高校及科研机构实验室科研设备占其总设备比重 D_{132} 两个底层指标载荷较高, 这两个指标均来自科研设备投入层, 因此, 可将第四公因子 F_4 解释为区域产业技术创新硬件基础因子。

第五公因子 F_5 中, 企业 R&D 科学家和工程师占企业总员工比例 D_{112} 具有较高载荷, 主要反映了区域产业发展过程中, 企业科技创新活动情况, 因此, 可将第五公因子 F_5 解释为企业技术因子。

4. 各公因子得分排名

根据因子分析所得到的评价指标体系, 可以计算出五个因子的得分情况。以 2013 年全国 31 个省市自治区为例, 运用 SPSS22.0 软件, 可以得出各个公因子的得分系数矩阵, 见表 8。由表 8 可以构造出因子分析模型如下:

$$F_1 = -0.049Z(D_{111}) + 0.023Z(D_{112}) + L + 0.030Z(D_{324})$$

同理, 可以构造出 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 的因子分析模型。

由以上模型, 根据公式 4-4, 可以计算出各省市自治区科技创新能力综合得分, 并对得分进行排序, 见表 9。

表 8 因子得分系数矩阵

评价指标	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5
D_{111}	-0.049	-0.062	0.200	-0.009	0.035
D_{112}	0.023	0.007	0.051	-0.153	0.580
D_{113}	0.125	-0.005	0.012	0.034	-0.088
D_{114}	0.132	-0.048	-0.066	-0.146	0.202
D_{121}	0.149	-0.037	-0.022	0.030	-0.048
D_{122}	-0.027	0.180	-0.053	-0.042	0.055
D_{123}	0.152	-0.038	-0.027	0.062	-0.042
D_{124}	-0.011	0.135	-0.022	-0.040	0.186
D_{131}	-0.005	-0.031	-0.029	0.409	0.545
D_{132}	-0.024	0.072	-0.091	0.511	0.026
D_{211}	0.090	0.035	0.028	0.055	-0.140
D_{212}	0.123	0.014	-0.026	-0.001	-0.034
D_{213}	0.165	-0.073	-0.028	-0.031	0.117
D_{221}	-0.015	-0.120	0.195	0.063	0.046
D_{222}	-0.021	-0.122	0.199	0.026	0.043
D_{311}	-0.050	0.162	0.037	-0.030	-0.076
D_{312}	-0.036	0.131	0.075	0.041	-0.208
D_{313}	0.009	0.054	-0.323	0.061	-0.142
D_{321}	0.054	0.024	0.078	0.207	-0.069
D_{322}	-0.040	0.340	-0.042	-0.050	-0.107
D_{323}	0.063	0.428	0.072	-0.078	-0.077
D_{324}	0.030	0.109	-0.399	-0.002	-0.044

由表 9 可以得出, 北京、广东、江苏、上海、浙江等城市自 2011 年-2013 年, 其区域产业发展科技支撑能力排名一直比较稳定, 均居全国前五, 同时, 山东、天津、辽宁、福建、四川等地均稳居全国前十。就地理位置而言, 这些省市绝大多数处于我国沿海及东部地区, 因此, 就区域产业发展科技支撑能力而言, 无论是从科技投入、科技产出, 还是科技创新环境来讲, 东部及沿海地区能力较强, 处于领跑地位。其次就是中东地区, 如安徽、湖南、河南、黑龙江等地

区,虽然在得分排名上有所波动,但是幅度较小,处于中等水平。最后处于西部地区的省份,如宁夏、甘肃、青海、西藏、贵州、新疆等地,基本均处于后十名,水平较差。由此可见,区域产业发展科技支撑能力较强的省份东部及沿海地区较多,这些地区沿江靠水,地理位置比较优越,招商引资等机制体制比较完善,创业、税收等政策比较健全,基础设施建设比较完善,为区域产业发展科技支撑能力的发展提供了可靠的保障;反之,那些科技支撑能力较差的地区大多集中在西部地区,由于经济发展落后,机制体制不健全,为科技支撑能力的提升带来负面影响。

表9 各省市自治区区域科技创新能力综合得分及排名(2011年-2013年)

	2013		2012		2011	
	综合得分	排名	综合得分	排名	综合得分	排名
北京	2.317	1	2.243	1	2.125	1
广东	1.963	2	1.853	2	1.678	2
江苏	1.805	3	1.706	3	1.587	3
上海	1.529	4	1.439	4	1.376	4
浙江	1.146	5	1.023	5	0.981	5
山东	0.865	6	0.779	6	0.701	6
天津	0.754	7	0.673	7	0.592	7
辽宁	0.551	8	0.498	8	0.406	8
福建	0.343	9	0.343	9	0.343	9
四川	0.112	10	0.087	10	0.075	10
陕西	0.025	11	0.013	12	0.005	12
湖北	0.011	12	0.017	11	0.009	11
安徽	-0.053	13	-0.062	14	-0.065	13
湖南	-0.057	14	-0.067	13	-0.068	14
河北	-0.148	15	-0.159	15	-0.168	16
河南	-0.155	16	-0.173	17	-0.164	15
重庆	-0.164	17	-0.171	16	-0.184	17
黑龙江	-0.173	18	-0.193	19	-0.211	18
广西	-0.180	19	-0.188	18	-0.214	19
吉林	-0.215	20	-0.223	20	-0.231	20
江西	-0.295	21	-0.325	22	-0.365	22
山西	-0.302	22	-0.322	21	-0.352	21
内蒙古	-0.313	23	-0.341	23	-0.367	23
云南	-0.361	24	-0.372	24	-0.385	25
甘肃	-0.389	25	-0.383	25	-0.382	24
贵州	-0.431	26	-0.461	26	-0.501	27
新疆	-0.478	27	-0.489	27	-0.499	26
宁夏	-0.505	28	-0.531	28	-0.548	28
青海	-0.522	29	-0.698	29	-0.797	30
海南	-0.750	30	-0.761	30	-0.777	29
西藏	-0.829	31	-0.867	31	-0.935	31

六、结论及建议

通过构建区域产业发展科技支撑能力指标体系,运用层次分析法对四川省2009年-2013年的科技支撑能力进行纵向评价,并利用因子分析方法对我国31个省市自治区进行横向评价,通过两种不同的分析方法,验证指标体系的科学性。就四川省而言,通过层次分析法与因子分析法对区域产业发展科技支撑能力的评价结果是一致的,均成增长趋势,从实证分析的角度验证了指标体系的合理性、科学性。此外,利用因子分析进行横向分析结果显示,各个省

市自治区的科技支撑能力呈现出区域发展的不平衡现象,且东部及沿海地区明显强于西部地区。就此现象,提出以下两点建议。

首先,就四川省而言,虽然在科技支撑能力方面名列前茅,但是与东部及沿海地区省市相比,尚有不小的差距,因此,在未来的发展中,应该加强与东部及沿海地区省市的交流,无论是科技创新投入、科技创新产出,还是科技创新环境,都应该借鉴东部及沿海地区的发展经验,并在此基础之上,结合四川省实际情况及国家关于区域产业发展科技创新的相关政策,集中优势资源,合理配置,全面推动四川区域产业发展科技支撑能力建设。

其次,就全国而言,东部及沿海地区应该在过去发展的基础之上,统筹兼顾,加强与国外其他发达区域进行交流沟通,将战略重点放在知识的转化及应用上,加快速度将科学技术转化为生产力,使得本地区科技支撑能力更上一层楼;西部欠发达地区,应该结合自身发展实际以及西部大开发政策,加大科技创新投入,完善科研技术相关的基础设施建设,鼓励所在区域内企业进行研究开发,重视技术和先进知识交流,从而达到推进本地区科技支撑能力建设的目的。

参考文献:

- [1] Saxenian. Regional Advantage :Culture and competition in Silicon Valley and Route 128 [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1994:88-97.
- [2] Michael Fritsch , Grit Franke . Innovation, regional knowledge spillovers and R&D cooperation[J]. Research Policy, 2004,(33):245 - 255.
- [3] C.K.Sankat, K.R.Pun & C.B.Motilaf.Science, Technology and Innovation in Caribbean Countries: Performance Indicators of a Generic Model West Indian Journal of Engineering [J].Technical Paper, 2006, (2):13-26.
- [4] Mikel Buesa, Joost Heijs, Mo'nica Mart?'nez Pellitero, Thomas Baumert.Regional systems of innovation and the knowledge production function : the Spanish case[J].Technovation,2006,(26):463 - 472.
- [5] 曹霞.哈尔滨市新型工业化科技支持能力研究[D].哈尔滨工程大学,2005.
- [6] 李娇,胡宝贵.区域科技创新能力评价指标体系和评价方法[J].北京农学院学报,2010,(2):78-80.
- [7] 李宗璋,林学军.科技创新能力综合评价方法[J].上海统计,2002,(8):31-33.
- [8] 沈菊华.我国区域科技创新能力评价体系的研究和应用[J].经济问题,2005,(8):27-29.
- [9] 李柏洲,苏屹.区域科技创新能力评价体系的优化及实证分析[J].情报杂志,2009,(8):80-83.
- [10] 刘伟,曹建国,等.基于主成分分析的中国高校科技创新能力评价[J].研究与发展管理,2010,(12):121-127.
- [11] 李高扬,刘明广.基于结构方程模型的区域创新能力评价[J].技术经济与管理研究,2011,(5):28-32.
- [12] 毕景刚.高校服务地方文化产业的功能优势与发挥[J].吉林师范大学学报(人文社会科学版),2013,(5):109-111.
- [13] 张志新,孙照吉,薛翹.黄河三角洲区域科技创新能力综合分析与评价研究[J].经济问题,2014,(4):100-105.
- [14] 何凡,罗洎,陈一君.高新技术开发区与区域创新系统互动发展研究[J].四川理工学院学报(社会科学版),2014,(6):40-45.
- [15] 殷群,李丹.产业技术创新联盟合作伙伴选择研究[J].河海大学学报(哲学社会科学版),2014,(2):62-66.
- [16] 戴明锋,查奇芬.江苏省高新技术产业竞争力评价——基于动态偏离—份额分析法[J].江苏大学学报(社会科学版),2014,(3):68-75.

责任编辑:梁 雁

The Index System of Supporting Ability of Science and Technology for Regional Industry Development

ZENG Li¹, FU Yu^{1,2}, CHEN Yijun¹

(1. School of Economics and Management, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;

2. School of Business and Management, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 610074, China)

Abstract: The supporting ability of science and technology for the development of regional industry is the foundation of scientific and technological innovation ability for a region's development and it plays an irreplaceable role on the road of development of regional new industrialization. From the available information, the study of supporting capability evaluation index system for regional industrial development is relatively scarce. Through researching technological innovation factors which affects the development of regional industry, following the scientific rational principles for constructing the evaluation index system, this paper establishes a set of evaluation system for the science and technology support ability for regional industry development and provides theoretical support and scientific basis for the decision department. In order to investigate and verify the evaluation index system, by using different data analysis methods and comparative analysis, more reliable results are obtained. First of all, the paper longitudinally analyzes the science and technology supporting capability of the same area in different years with AHP; secondly, by using the factor analysis method, a comparison analysis is made for 31 provinces and autonomous regions nationwide, and the final assessment results are obtained. From analyzing the evaluation results, it is found that the cause of imbalance of the Regional Industrial Development technological supporting capacity development is the difference of investment in scientific research ability and the regional economic and social conditions in a region.

Key words: new industrialization; scientific and technological innovation capacity; index system; analytic hierarchy process; factor analysis; empirical analysis