

基于因子分析和关联度分析的川南产业科技创新能力评价

韩兵, 陈一君, 毕欢, 王俊翔

(四川理工学院管理学院, 四川 自贡 643000)

摘要:科技创新能力是一个地区产业发展的有力支撑,对地区经济发展的推动作用不可小觑。在科技创新投入与科技创新环境两大要素的基础上,构建产业科技创新能力指标体系。基于所构建的指标体系,将自贡、泸州、内江和宜宾相关指标数据进行因子分析,得到四市产业科技创新能力的变化情况。基于产业科技创新能力得分,将四市相关数据进行综合关联度分析,得到各地产业科技创新能力的主要影响因素。实证结果表明,川南四市产业科技创新能力差异明显,在人力资源、资金投入和创新环境建设方面各有不足。根据分析结果,基于科技创新经费支出、科研人员引进、公共文化设施建设等影响因素,提出促进川南四市产业科技创新能力增长的相关建议。

关键词:科技创新能力;指标体系;因子分析法;综合关联度分析;评价

中图分类号: O29;F420

文献标志码: A

引言

从“创新1.0”到“创新2.0”,再到“大众创业,万众创新”,创新已经成为推动经济发展、促进产业升级的关键因素之一。科技是第一生产力,创新是发展的原动力。而科技创新作为创新的重要组成部分,受到各级政府和相关企业的密切关注。一个科学、完备的科技创新指标体系,能在一定程度上帮助各级政府和相关企业了解本地、本产业的发展潜力、发展现状和发展瓶颈。只有客观、公正地认识到自身的优点及不足,才能有针对性地提出促进经济发展和产业转型的政策与建议。所以,正确测度本地、本企业的科技创新能力,是一项十分必要的工作。

四川省十二五规划明确提出“依托川南城市群,打造四川经济增长第二极”,这是四川省委、省政府落实国

家成渝经济区经济发展战略的重大举措,是成渝经济区建设“一中心一基地三区”的重要支撑,是实现四川省“点多面广,次级突破”战略的重要保障。而作为川南城市群的重要组成部分,自贡、泸州、内江和宜宾四市产业发展情况,直接影响了川南城市群的经济增长。为了更好的促进川南四市产业发展与转型,本文将从科技创新投入和科技创新环境两个方面,构建创新能力评价体系。再通过可靠、有力的数据支持,客观、公正地反映川南四市的产业科技创新能力。

1 国内外研究现状

国内外关于科技创新能力的研究,主要集中于以下两点:

(1)评价指标的选取。Henderson R M 等认为科技创新评价应该基于产品和工艺的创新能力^[1]。Saxenian A

收稿日期:2017-06-05

基金项目:四川省社科联项目(SC16XK061);国家大学生创新创业项目(201610622006);研究生创新基金项目(y2016021)

作者简介:韩兵(1991-),男,河南洛阳人,硕士生,主要从事战略管理方面的研究,(E-mail)402219281@qq.com;

陈一君(1971-),男,四川大竹人,教授,硕士生导师,主要从事战略管理方面的研究,(E-mail)41106621@qq.com

则通过对不同地区的实证研究,认为 R&D(研究与开发)投入的效率指标和创新能力的关系应该值得关注^[2]。Buesa M 等从区域生产水平、管理效率、创新环境等影响因素分析了相应指标对区域科技创新的影响^[3]。李宗璋等在 R&D 投入、科技产出和人力资源三个方面选取 16 个指标,运用因子分析法研究这些指标对科技创新能力的影响^[4]。

(2)研究方法的选取。沈菊华用层析分析法对连云港市的区域创新能力进行研究^[5]。Sankat C K 等运用绩效指标通用模型分析加勒比海国家的科技创新能力^[6]。刘伟等运用主成分分析法研究了中国高校的科技创新能力^[7]。李高扬等运用结构方程模型^[8],戴明峰等运用动态偏离份额分析法^[9],通过构建相应指标体系,分别研究了各区域创新能力。曾理等则将层次分析法和因子分析法相结合,研究四川省区域产业发展科技支撑能力^[10]。陈国宏等运用 K-均值聚类分析法和熵值法对我国 31 个省市地区的区域科技创新能力进行综合评价^[11]。

通过国内外研究现状可以发现,科技创新能力的研究对象比较广。有研究高校的,也有研究地市的。同样,研究的方法也有许多。有用单一方法进行分析,也有多种方法结合进行研究的。总体上,专家学者通过不同维度、不同视角、不同方法对区域科技创新能力进行研究,对后来人有很大的启发。但是其中也存在一些问题。比如指标体系并不完备,指标划分过细或者缺少相应指标,一些指标难以获得数据支持;某些指标较为陈旧,或者新指标缺乏实际含义。因此,在之后的研究当中,应当在指标体系的构建上,删减缺乏时代含义的旧指标,增加具有实际意义的新指标。

所以,本文在已有文献和所得数据的基础上,以科技创新投入和科技创新环境为主要指标构建产业科技创新指标体系。采用因子分析法,研究自贡市、宜宾市、内江市和宜宾市在 2011 年至 2015 年区域创新能力的变化情况;在此基础上,通过综合关联度分析,研究各指标和专利申请授权比的关联度。综合不同方法的分析结果为川南四市产业科技创新能力的提高,提供理论支持与建议。

2 指标体系构建原则

区域产业科技创新指标体系的构建,关键在于三点:首先,指标体系的适用性。如果一个指标体系仅仅只能分析某个城市或者企业的科技创新能力,那么这个指标体系的适用性将大打折扣。其次,指标的创新性。指标体系中指标如果太陈旧,就不能很好的反映当下飞

速发展的经济情况。最后,指标的可量化性。体系中的各个指标只有通过可靠的数据支撑,才能发挥其作用。如果找不到相应数据,或者数据缺失严重,那么该指标便丧失了应有的含义。

指标体系构建的基本原则如下:

(1)系统性原则:科技创新能力评价是一个复杂的问题,因此,指标体系应该能综合地、系统地反映各个指标、各个要素的相互影响。

(2)动态性原则:经济在不断发展、科技在不断进步,因此对科技创新能力指标体系的构建,要基于经济不断发展这一实际。

(3)区域性原则:指标体系要具有适用性,但是也要具有能够反映本地区、本企业特殊性的相关指标,从而体现该地区的差异性。

(4)科学性原则:指标体系的构建,是为了客观反映科技创新能力。因此,每个指标的选取必须用科学的态度对待,从而做出真实有效地评价和建议。

(5)可比性原则:每个指标具有不同的量纲,每个地区具有不同的发展水平。指标的选取要在不同数据、不同地区差异性的基础上,反映其共有特征。

3 区域科技创新能力综合指标体系

本文基于指标选取的基本原则、数据的可得性以及相关文献,构建四市科技创新能力综合指标体系(表 1)。

表 1 科技创新能力综合指标体系

目标	二级指标	三级指标	四级指标
A: 区域科技创新能力	B1: 科技创新投入指标	C11: 人力资源投入	D111: 企业和高校 R&D 人员
			D112: 政府部门属 R&D 机构科技活动人员
			D113: 政府部门属 R&D 机构科技活动人员占从业人员比例
		C12: 资金投入	D121: 企业和高校 R&D 支出
			D122: 政府部门属 R&D 支出
			D123: 政府部门属 R&D 机构科技经费支出占地区 GDP 比重(%)
	B2: 科技创新环境指标	C21: 创新基础环境	D211: 地区生产总值
			D212: 地方教育和科技文化总支出
			D213: 地方教育支出占 GDP 比重(%)
		C22: 创新社会环境	D221 教育和科技从业人员总工资
			D222 人均民营企业增加值占人均 GDP 增加值比重
			D223 每万人拥有图书馆、文化站(所)、博物馆等公共文化设施数量

该体系共分为四层,分别为:

(1)目标层(A),即区域科技创新能力。

(2)二级指标(B),以科技创新投入和科技创新环境为主要指标。

(3)三级指标(C),将每个二级指标再次细分为三级指标。

(4)四级指标(D),将每个细分后的三级指标量化为便于数据采集的四级指标。

3.1 科技创新投入指标 B1

科技创新投入是科技创新能力的重要支撑,本文将其细分为人力资源投入(C11)和资金资源投入(C12)。为了使指标体系更加具有说服力,在四级指标的选取上让绝对数值和相对比重均有体现。

人力资源投入(C11)是反映参与到 R&D 工作中的人力资源情况。本文将其细分为:企业和高校 R&D 人员(D111)、政府部门属 R&D 机构科技活动人员(D112)和政府部门属 R&D 机构科技活动人员占从业人员比例(D113)。

资金资源投入(C12)则反应的的是参与到 R&D 项目中的经费来源情况。细分为企业和高校 R&D 支出(D121)、政府部门属 R&D 支出(D122)和政府部门属 R&D 机构科技经费支出占地区 GDP 比重(D123)。

3.2 科技创新环境指标 B2

科技创新环境则是政府部门为科技创新提供的基本战略支持。本文将其分为创新基础环境(C21)和创新社会环境(C22)。为了使数据结构更加丰富,该指标下的四级指标同样设置了绝对量指标和相对量指标。

创新基础环境(C21)主要分为地区生产总值(D211)、地方教育和科技文化支出(D212)以及教育支出占 GDP 的比重(D213)。

创新社会环境则主要从教育和科技从业人员总工资(D221)、人均民营企业增加值占人均 GDP 增加值比重(D222)和每万人拥有图书馆、文化站(所)、博物馆等文化设施数量(D223)三个方面加以研究。其中 D222 主要研究的是非国有经济在整个国民经济环境中的一个占比情况。

以上相对数量可从年鉴上直接获得;绝对数量可由年鉴上数据计算获得。

主要数据来源于 2012~2016 年自贡市、泸州市、内江市和宜宾市统计年鉴和四川省统计年鉴,部分数据通过到地方统计局实际调研得到。

4 实证分析

通过四市统计年鉴和实地调研,得到相关数据。由于 2016 年部分数据无法获得,为了保证四市数据的一致性,在实证分析中采用 2011~2015 年数据。

表 2 为 2011~2016 年间川南四市每月专利申请量

和专利授权量,表 3 为 2011~2015 年间川南四市科技创新能力综合指标体系所需指标。

表 2 川南四市专利申请与专利授权情况

	指标	2016	2015	2014	2013	2012	2011
自贡	申请/月	163.58	108.56	106.45	83.33	68.42	47.25
	授权/月	96.00	95.50	82.92	56.75	40.08	25.83
泸州	申请/月	235.00	154.83	111.42	105.00	77.00	58.83
	授权/月	91.33	78.42	65.08	45.42	44.00	33.83
内江	申请/月	160.08	121.75	80.75	61.75	49.17	33.58
	授权/月	54.00	63.92	44.83	34.33	27.92	19.83
宜宾	申请/月	212.83	188.42	164.75	131.42	110.67	64.42
	授权/月	130.33	134.50	81.00	94.50	62.83	48.83

表 3 川南四市各指标情况

	指标	2015	2014	2013	2012	2011
自贡	D111	2137	2788	2470	2779	3319
	D112	323	357	350	367	368
	D113	0.7492	0.7227	0.6600	0.6512	0.7174
	D121	69172	67224	59045	55337	43241
	D122	45679	37731	42823	41570	46086
	D123	0.0400	0.0352	0.0428	0.0470	0.0591
	D211	1143.11	1073.40	1001.60	884.80	780.36
	指标	2015	2014	2013	2012	2011
	D212	335913	264263	249086	235231	149001
	D213	2.6369	2.1617	2.2749	2.5095	1.8032
	D221	184203	1560689	137668	119988	99937
	D222	5.0104	9.2512	5.2024	4.9414	2.9020
	D223	0.4548	0.4589	0.4565	0.4607	0.4657
泸州	D111	2419	2483	1969	1986	1707
	D112	37	31	32	166	169
	D113	0.7297	0.6774	0.6563	0.7410	0.7337
	D121	58090	52207	44001	42129	38801
	D122	4454	820	5437	26401	34576
	D123	0.0033	0.0007	0.0047	0.0256	0.0383
	D211	1353.41	1259.73	1140.48	1030.45	900.87
	D212	642802	572530	563812	489636	341673
	D213	4.4894	4.3428	4.7320	4.6608	3.7142
	D221	308445	256036	220300	189939	159951
	D222	3.8900	6.2953	6.2793	4.7834	2.6522
	D223	0.3827	0.3929	0.3858	0.3835	0.3834
	内江	D111	1449	1270	1487	1290
D112		252	295	299	302	298
D113		0.9802	0.9355	0.9464	0.9569	0.9563
D121		67519	46645	85008	66876	56548
D122		34388	32199	22220	21411	23808
D123		0.0287	0.0278	0.0195	0.0206	0.0278
D211		1198.58	1156.77	1134.79	1037.75	854.68
D212		412175	332779	316015	301599	182086
D213		3.2994	2.7994	2.7269	2.8428	2.0808
D221		240642	188499	178355	148615	137464
D222		5.8114	8.1708	7.2176	4.7395	2.6214
D223		0.3744	0.3616	0.3624	0.3630	0.3639

	D111	4949	6546	3938	6352	4297
	D112	243	243	249	245	250
	D113	0.7778	0.7654	0.7389	0.7265	0.7120
	D121	191671	197934	91300	167088	80307
	D122	52693	50111	45828	44829	27467
宜宾	D123	0.0345	0.0347	0.0341	0.0360	0.0251
	D211	1525.90	1443.81	1342.89	1242.76	1091.18
	D212	710284	598251	537130	504871	346215
	D213	4.4500	3.9325	3.7739	3.8556	3.1372
	D221	338836	260018	229593	217788	175892
	D222	4.9362	8.3271	7.6741	4.5361	2.7197
	D223	0.4788	0.4809	0.3605	0.4820	0.4820

4.1 因子分析

通过 SPSS 21.0 将表 3 中川南四市指标数据进行因子分析。

在进行因子分析前,先通过 Z-score 标准化法消除量纲的影响。

$$x^* = (x - \mu) / \sigma \quad (1)$$

其中,μ 为所有样本数据的均值,σ 为所有样本数据的标准差。通过处理的数据符合标准正态分布,即均值为 0,标准差为 1。

4.1.1 进行相关性检验。

通过变量之间的相关系数矩阵(表 4),变量之间存在较强的正相关或负相关,因此可以进行因子分析。

表 4 变量之间的相关系数矩阵

	(D111)	(D112)	(D113)	(D121)	(D122)	(D123)		
	(D111)	1.000	.800	.628	-.738	.521	.753	
	(D112)	.800	1.000	.160	-.667	.384	.685	
	(D113)	.628	.160	1.000	-.041	-.091	.056	
	(D121)	-.738	-.667	-.041	1.000	-.942	-1.000	
	(D122)	.521	.384	-.091	-.942	1.000	.933	
	(D123)	.753	.685	.056	-1.000	.933	1.000	
相	(D211)	-.753	-.803	.016	.974	-.857	-.978	
	(D212)	-.879	-.672	-.332	.956	-.865	-.960	
	(D213)	-.754	-.213	-.802	.530	-.501	-.534	
	(D221)	-.702	-.743	.072	.984	-.898	-.985	
	(D222)	-.461	-.484	.277	.939	-.968	-.931	
	(D223)	.980	.875	.461	-.828	.612	.842	
		(D211)	(D212)	(D213)	(D221)	(D222)	(D223)	
		(D111)	-.753	-.879	-.754	-.702	-.461	.980
		(D112)	-.803	-.672	-.213	-.743	-.484	.875
		(D113)	.016	-.332	-.802	.072	.277	.461
		(D121)	.974	.956	.530	.984	.939	-.828
	(D122)	-.857	-.865	-.501	-.898	-.968	.612	
	(D123)	-.978	-.960	-.534	-.985	-.931	.842	
关	(D211)	1.000	.914	.399	.995	.902	-.862	
	(D212)	.914	1.000	.737	.907	.806	-.914	
	(D213)	.399	.737	1.000	.388	.297	-.651	
	(D221)	.995	.907	.388	1.000	.940	-.817	
	(D222)	.902	.806	.297	.940	1.000	-.592	
	(D223)	-.862	-.914	-.651	-.817	-.592	1.000	

4.1.2 提取主成分和公因子

选取累计公因子大于 85% 的变量作为主成分。主成分结果见表 5,碎石图结果如图 1 所示,提取的成分矩

阵见表 6。

表 5 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差的百分率	累积百分率	合计	方差的百分率	累积百分率
1	8.816	73.465	73.465	8.816	73.465	73.465
2	2.219	18.488	91.953	2.219	18.488	91.953
3	.966	8.047	100.000			
4	1.006E-013	1.048E-013	100.000			
5	1.003E-013	1.027E-013	100.000			
6	1.002E-013	1.020E-013	100.000			
7	1.002E-013	1.017E-013	100.000			
8	1.000E-013	1.001E-013	100.000			
9	-1.001E-013	-1.005E-013	100.000			
10	-1.001E-013	-1.010E-013	100.000			
11	-1.003E-013	-1.027E-013	100.000			
12	-1.007E-013	-1.055E-013	100.000			

由表 3 可知,在默认“选取特征值大于 1 的成分作为主成分”这一规则下,成分 1 和成分 2 符合提取要求。成分 1 的特征值为 8.816,成分 2 的特征值为 2.219,合计能解释 91.953% 的方差。

表 6 提取的主成分矩阵

	1	2
Zscore(D123)	-.985	-.156
Zscore(D212)	.985	-.122
Zscore(D121)	.981	.172
Zscore(D211)	.969	.206
Zscore(D221)	.961	.269
Zscore(D223)	-.920	.306
Zscore(D122)	-.870	-.315
Zscore(D222)	.855	.483
Zscore(D111)	-.854	.486
Zscore(D112)	-.753	.074
Zscore(D113)	-.204	.974
Zscore(D213)	.613	-.648

由图 1 可知,成分 3 前面陡峭的部分所含的信息较多,成分 3 以后平坦的部分特征值小,包含的信息也比较少。直观可以看出,成分 1 和成分 2 包含了大部分信息,从成分 3 开始就进入平台了。

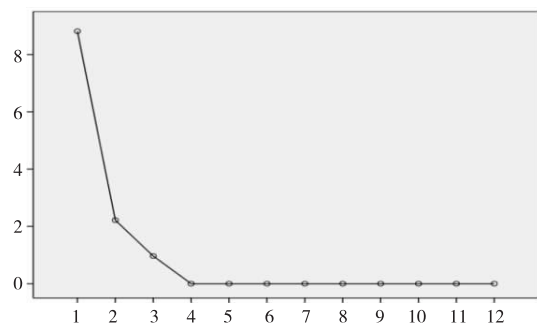


图 1 碎石图

表 6 显示的数值是提取的主成分和原始变量之间的相关系数,绝对值越大,则说明相关性越密切。成分 1 和前 8 个变量相关性较大,但有正相关、负相关,成分 2 和后两个变量相关性较大,而且也有正相关、负相关。由于并不能清晰的看出主成分和变量之间的联系,所以要因子旋转。

4.1.3 因子旋转

由于初次提出的两个公因子无法清楚地解释各个变量,所以需要通过因子的旋转来获得更好地解释。通过“最大方差法”旋转后,可得到表 7。

表 7 旋转成分矩阵

	1	2
Zscore(D221)	.984	-.169
Zscore(D222)	.979	.070
Zscore(D211)	.964	-.229
Zscore(D121)	.960	-.265
Zscore(D123)	-.957	.282
Zscore(D122)	-.921	.089
Zscore(D212)	.838	-.532
Zscore(D223)	-.700	.671
Zscore(D112)	-.648	.390
Zscore(D113)	.233	.967
Zscore(D213)	.276	-.848
Zscore(D111)	-.564	.805

由表 7 可知:

(1)主成分 2 与部门属 R&D 机构科技活动人员比重、企业与高校 R&D 人数呈正相关,与地方教育支出比重呈负相关,因此可称主成分 2 为“科技创新人力资源投入”。

(2)主成分 1 与教育和科技文化总支出、地区生产总值、人均民营企业增加值比重等科技教育的资金、人员投入呈正相关,与部门属 R&D、文化设施数量等呈负相关,因此可以将主成分 1 命名为“科技创新社会基础环境”。

4.1.4 模型构建

通过 SPSS 求得主成分得分系数矩阵(表 8)。

表 8 主成分得分系数矩阵

成份		成份			
1	2	1	2		
Zscore(D111)	.006	.239	Zscore(D211)	.139	.037
Zscore(D112)	-.063	.067	Zscore(D212)	.077	-.097
Zscore(D113)	.167	.406	Zscore(D213)	-.062	-.294
Zscore(D121)	.134	.023	Zscore(D221)	.150	.063
Zscore(D122)	-.150	-.086	Zscore(D222)	.181	.155
Zscore(D123)	-.131	-.016	Zscore(D223)	-.035	.169

由表 8 可以写出公因子的表达式(F1、F2 分别表示主成分 1、主成分 2):

$$F1 = 0.060 \times D111 - 0.630 \times D112 + 0.167 \times D113 + 0.134 \times D121 - 0.150 \times D122 - 0.131 \times D123 + 0.139 \times D211 + 0.077 \times D212 - 0.062 \times D213 + 0.150 \times D221 + 0.181 \times D222 - 0.035 \times D223 \quad (2)$$

$$F2 = 0.239 \times D111 + 0.067 \times D112 + 0.406 \times D113 + 0.023 \times D121 - 0.086 \times D122 - 0.016 \times D123 + 0.037 \times D211 - 0.097 \times D212 - 0.294 \times D213 + 0.063 \times D221 + 0.155 \times D222 + 0.169 \times D223 \quad (3)$$

4.1.5 结果分析

根据式(2)和式(3),再以公因子旋转后方差的贡献率作为权重,可以得出自贡、宜宾、泸州和内江的创新能力综合得分(表 9)。根据表 9 可得到川南四市产业科技创新能力在 2011 ~ 2015 年间的变动情况,如图 2 所示。

表 9 川南四市技术创新能力综合得分情况

	2015	2014	2013	2012	2011
自贡	-0.5632	-0.2281	-0.7643	-0.4539	-0.3701
泸州	-0.0438	-0.2074	-0.1482	-0.0993	-0.4921
内江	0.3536	0.0659	0.4690	0.4149	0.3215
宜宾	0.2534	0.3695	0.4435	0.1383	0.5408

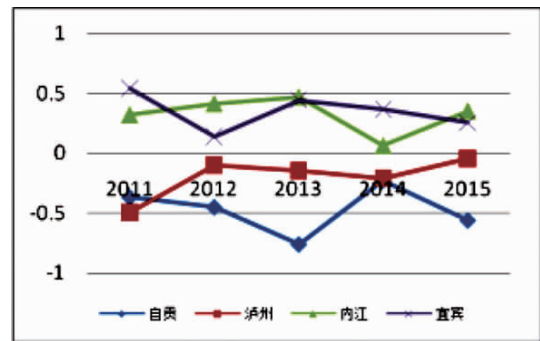


图 2 四市 2011 ~ 2015 年科技创新能力得分变动情况

由表 9 和图 2 可知,在 2011 ~ 2015 年间,自贡市和泸州市产业科技创新能力得分在均值 0 以下,内江市和宜宾市在均值 0 以上。自贡市从 2013 年得分开始增加,并且增速较快,但从 2014 年又开始下降。泸州市在 2011 年得分最低,在 2012 年达到最高后处于小幅下降状态,但 2015 年增长并接近均值。内江市得分 2011 ~ 2013 年份一直处于小幅增长状态,在 2014 年得分急剧减少,应引起重视。宜宾市除了在 2012 年得分不理想,其他年份得分较高,但得分整体处于下降趋势。

4.2 综合关联度分析

在前人对不同灰色关联分析法^[12-15]的研究基础上,

综合关联度分析^[16]综合考查绝对关联序和相对关联序,避免了单一研究绝对数量关系或者某一点变化速率而带来的片面影响。专利申请和专利授权,在一定程度上能反映一个地区的科技创新能力。而本文通过专利申请与授权比例(专利申请与授权比例=专利申请量/专利授权量)这一指标,消除不同地区各年波动情况,客观反映地区科技创新能力。通过对 D111 到 D223 共 12 个指标和专利申请与授权比例的综合关联度分析,找出各指标和各地区产业科技创新能力的关联度排序,着重分析关联度在均值以上的指标对本地区产业科技创新能力的影响。

设有参考数列 $X_0^{(1)}$ 和各比较数列 $X_i^{(1)}$:

$$\begin{pmatrix} X_0^{(1)} \\ X_1^{(1)} \\ \dots \\ X_i^{(1)} \\ \dots \\ X_m^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0^{(1)}(1) & X_0^{(1)}(2) & \dots & X_0^{(1)}(n) \\ X_1^{(1)}(1) & X_1^{(1)}(2) & \dots & X_1^{(1)}(n) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_i^{(1)}(1) & X_i^{(1)}(2) & \dots & X_i^{(1)}(n) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_m^{(1)}(1) & X_m^{(1)}(2) & \dots & X_m^{(1)}(n) \end{pmatrix}$$

$m+1$ 个序列的始点零化象分别是:

$$X_0^0, X_1^0, X_2^0, \dots, X_i^0, \dots, X_m^0$$

$m+1$ 个序列的初值象分别是:

$$X'_0, X'_1, X'_2, \dots, X'_i, \dots, X'_m$$

将这些初值象做始点零化处理得:

$$X_0^0, X_1^0, X_2^0, \dots, X_i^0, \dots, X_m^0$$

4.2.1 计算绝对关联度

$$\varepsilon_{0i} = \frac{1 + |S_0| + |S_i|}{1 + |S_i - S_0| + |S_0| + |S_i|} \quad (4)$$

其中:

$$|S_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X_0^0(k) + \frac{1}{2} X_0^0(n) \right| \quad (5)$$

$$|S_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X_i^0(k) + \frac{1}{2} X_i^0(n) \right| \quad (6)$$

$$|S_i - S_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} [X_i^0(k) - X_0^0(k)] + \frac{1}{2} [X_i^0(n) - X_0^0(n)] \right| \quad (7)$$

$X_0^0(k)$ 为参考序列的始点零化象, $X_i^0(k)$ 为各被比较数列的始点零化象。

4.2.2 计算相对关联度

$$r_{0i} = \frac{1 + |S'_0| + |S'_i|}{1 + |S'_i - S'_0| + |S'_0| + |S'_i|} \quad (8)$$

其中:

$$|S'_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X'^0_0(k) + \frac{1}{2} X'^0_0(n) \right| \quad (9)$$

$$|S'_i| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} X'^0_i(k) + \frac{1}{2} X'^0_i(n) \right| \quad (10)$$

$$|S_i - S_0| = \left| \sum_{k=2}^{n-1} [X_i^0(k) - X_0^0(k)] + \frac{1}{2} [X_i^0(n) - X_0^0(n)] \right| \quad (11)$$

$X'^0_i(k)$ 为参考序列初值化后的始点零化象, $X'^0_i(n)$ 为各被比较数列初值化后的始点零化象。

4.2.3 计算综合关联度

计算综合关联度 θ_{0i} ,

$$\theta_{0i} = \rho \cdot \varepsilon_{0i} + (1 - \rho) \cdot r_{0i} \quad (12)$$

通常取 $\rho = 0.5$ 。

4.2.4 模型运算

将川南四市 D000 与 D111 ~ D223 指标带入式(4) ~ 式(12),进行综合关联度分析,可得表 10。

表 10 川南四市科技创新能力综合关联度分析

排序	自贡		泸州		内江		宜宾	
	指标	关联	指标	关联	指标	关联	指标	关联
1	D213	0.888	D113	0.823	D113	0.823	D213	0.872
2	D123	0.777	D223	0.758	D123	0.819	D123	0.772
3	D111	0.749	D213	0.754	D223	0.812	D111	0.744
4	D113	0.708	D123	0.698	D112	0.705	D211	0.738
5	D211	0.705	D121	0.668	D122	0.700	D223	0.717
6	D223	0.681	D111	0.650	D213	0.669	D113	0.704
7	D122	0.670	D211	0.642	D121	0.664	D221	0.684
8	D121	0.656	D221	0.604	D211	0.614	D212	0.632
9	D221	0.651	D112	0.588	D221	0.612	D112	0.622
10	D112	0.637	D212	0.582	D111	0.596	D122	0.618
11	D222	0.607	D222	0.579	D212	0.554	D222	0.598
12	D212	0.599	D122	0.574	D222	0.546	D121	0.594
均值		0.694		0.660		0.676		0.691
均方差		0.080		0.082		0.099		0.083

4.2.5 结果分析

本文选取大于本地综合关联度均值的指标进行分析研究。

自贡市:地方教育支出占 GDP 比重(D213)、部门属 R&D 机构科技经费支出占 GDP 比重(D123)、企业和高校 R&D 人员(D111)、部门属 R&D 机构科研人员占比(D113)和地区生产总值(D211)对本地科技创新能力关联较大,因此要重点关注这些指标的变动情况。自贡市各指标综合关联度均方差为 0.080 807,在四市中最低。

泸州市:部门属 R&D 机构科研人员占比(D113)、每万人拥有公共文化设施数量(D223)、地方教育支出占

GDP比重(D213)与企业 and 高校 R&D 支出(D121)综合关联度大于均值,对本地科技创新能力关联较大。各指标均方差为 0.082 861,在四市排名第二。

内江市:部门属 R&D 机构科研人员占比(D113)、部门属 R&D 机构科技经费支出占 GDP 比重(D123)、部门属 R&D 机构科技活动人员(D112)和部门属 R&D 支出(D122)对本地科技创新能力关联较大。各指标均方差为 0.099 351,在四市中最高。

宜宾市:地方教育支出占 GDP 比重(D213)、部门属 R&D 机构科技经费支出占 GDP 比重(D123)、企业和高校 R&D 人员(D111)、地区生产总值(D211)、每万人拥有公共文化设施数量(D223)和部门属 R&D 机构科研人员占比(D113)关联度大于均值。宜宾市各指标均方差为 0.083556,处于四市第三,均方差较大。

四市共有 19 个综合关联度大于均值的指标,其中科技创新投入指标有 12 个,占 63.16%;科技创新环境指标有 7 个,占 36.84%。所以,人力资源投入和资金资源投入对川南四市产业科技创新能力影响较大。

5 结论与建议

在构建的指标体系下,运用因子分析法研究川南四市产业科技创新能力,再根据综合关联度分析的结果,可以得到各市产业科技创新能力的结论与建议。

5.1 自贡市产业科技创新能力分析和建议

自贡市由 2011 ~ 2015 年的数据变化可知,自贡市的科技创新能力得分偏低,处在平均值 0 以下,且 2013 年和 2015 年得分相对较低。直观看出,自贡市的产业科技创新能力在波动变化。川南四市比较,自贡市的科技创新能力处于第三或者第四,和排名靠前的内江和宜宾差距较大。

对于部门属 R&D 机构科技经费支出占 GDP 比重(D123),自贡市得分较高。意味着在自贡市部门属 R&D 机构中,科技经费的支出比其他四市多,并且处于领先。但是,在其他指标得分上,自贡市处于劣势。对于地方教育支出比重(D213),自贡市得分较低。2011 ~ 2015 年间,自贡市财政支出中的教育支出占 GDP 比重处于四市均值以下,且远低于均值。对于企业和高校 R&D 人员(D111)和部门属 R&D 机构科研人员占比(D113),自贡市得分也处于均值以下,为负值。对于地区生产总值(D211),自贡市得分同样较低。

因此,为了提高自贡市产业科技创新能力,在未来一段时间,相关部门在加大部门属 R&D 部门科技经费支出的同时,也要加大财政支出中的教育支出,出台相关优惠政策引进 R&D 人员和科研人员,促进本地经济发展。

5.2 泸州市产业科技创新能力分析和建议

泸州市由 2011 ~ 2015 年的数据变化可知,泸州市的科技创新能力得分较低,同样在均值以下。前四年得分趋势处于下降态势,但 2015 年得分较高,接近均值。川南四市比较,泸州市得分基本处于第三,整体发展趋势良好。

对于部门属 R&D 机构科研人员占比(D113)、每万人拥有公共文化设施数量(D223)和企业 and 高校 R&D 支出(D121),泸州市得分较低。可知,在科研人员的引进、公共文化设施的建设和 R&D 支出方面,泸州市做的还不够好。但是在地方教育支出比重(D213)方面,泸州市该指标得分位列四市第一,可见泸州市的教育支出较多。因此,为了提高本地产业科技创新能力,泸州市应该继续加大对教育的支出。同时,要在引进科研人才、建设文化设施和加大 R&D 支出等方面,出台相关政策。

5.3 内江市产业科技创新能力分析和建议

内江市由 2011 ~ 2015 年的数据变化中可知,内江市科技创新能力得分虽在前三年处于上升态势,但在 2014 年下降较快,而 2015 年又回升至第一。分析 2014 年内江得分,发现其部门属 R&D 经费支出和民营企业占比得分变动较大。

内江市科技创新能力受部门属 R&D 机构人员和经费支出影响较大。对于部门属 R&D 机构科研人员占比(D113)、部门属 R&D 机构科技经费支出占 GDP 比重(D123)和部门属 R&D 支出(D122),内江市得分相对较低。但部门属 R&D 机构科技活动人员(D112)得分较高。因此,为了提高内江市产业科技创新能力,相关部门应该重视部门属 R&D 机构的建设。在引进科研人才方面,应该出台更加优惠的政策。在科研经费上面,应该加大经费投入,合理使用经费。

5.4 宜宾市产业科技创新能力分析和建议

宜宾市由 2011 ~ 2015 年的数据变化可知,得分一直在下降。相比在 2012 年得分最低,2013 年得分有所回涨,但仍低于 2011 年的峰值。相关部门应该对此现象引起重视,在产业科技创新能力下降到均值以前,宜

宾市应做出积极改善。

相对于其他三个城市,和宜宾市产业科技创新能力关联度较大的6个指标中,只有部门属R&D机构科研人员占比(D113)得分较低,处于均值以下。其余指标,地方教育支出占GDP比重(D213)、部门属R&D机构科技经费支出占GDP比重(D123)、企业和高校R&D人员(D111)、地区生产总值(D211)、每万人拥有公共文化设施数量(D223),均处于均值以上,且部分位列第一。

但是,由于宜宾市得分整体处于下降趋势,相关部门仍然要加大力度引进R&D人员,规划科研经费支出,增加公共文化设施,加大教育财政支出。只有这样,才能更好地提高宜宾市产业科技创新能力,促进其经济发展。

5.5 川南四市产业科技能力发展建议

根据以上分析结果,可知川南四市每个城市都有自己的短板和长处。在了解自身科技创新能力的优缺点后,四市可以考虑进行资源共享,实现优势互补,进而共同发展。例如,宜宾和内江产业科技创新能力较强,在R&D人员、科技活动人员以及公共文化设施建设等指标有较高的得分。虽然自贡和泸州科技创新能力相对较低,但是在教育投入和科技投入上有较好的表现。因此,四市可以在可能的情况下,进行科研人员、公共文化设施共享。在改善民营企业环境与科技创新环境方面,四市相关部门可以建立协调机制,在外资引进、科研专利转化等方面进行政策制定,促进四市产业共同发展。

总之,积极改善科技创新环境,给科技创新人员和企业创造一个健康、有序的研发条件,从而提高科研水平,使科技创新真正转化为经济效益。积极增加有益投资,对于能促进产业科技创新能力的方面,应当加大资金投入和人力投入,从而提高科技创新人员的整体素质,并为他们提供一个充足的物质保障。在西部大开发、一带一路和长江经济带的国家战略背景下,川南四市应该结合自身情况,完善科技创新的基础性建设,加大科技创新的投入,促进高校和企业共同合作进行科技研发,并且在授权专利转化问题上出台相关政策,真正让科技创新推动本地的经济发展。

参考文献:

[1] HENDERSON R M, CLARK K B. Architectural innovation: the reconfiguration of existing product tech-

nologies and the failure of established firms[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(1):9-30.

[2] SAXENIAN A. Regional Advantage: culture and competition in silicon valley and route 128[M]. Cambridge, MA, USA: Harvard University Press, 1994.

[3] BUESA M, HEIJS J, PELLITERO M M, et al. Regional systems of innovation and the knowledge production function: the Spanish case [J]. Technovation, 2006, 26(4):463-472.

[4] 李宗璋, 林学军. 科技创新能力综合评价方法[J]. 上海统计, 2002, 20(8):31-33.

[5] 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.

[6] SANKAT C K, PUN K R, MOTILAF C B. Science, Technology and Innovation in Caribbean Countries: Performance Indicators of a Generic Model[J]. West Indian Journal of Engineering, 2006(2):13-26.

[7] 刘伟, 曹建国, 郑林昌, 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, 22(6):121-127.

[8] 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.

[9] 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, 16(3):68-75.

[10] 曾理, 付宇, 陈一君. 区域产业发展科技支撑能力指标体系研究[J]. 四川理工学院学报: 社会科学版, 2015, 30(2):65-77.

[11] 陈国宏, 康艺革, 李美娟. 区域科技创新能力动态评价——基于改进的“纵横向”拉开档次评价法[J]. 技术经济, 2015, 34(10):20-26.

[12] 张荣艳, 孙贵玲. 全国区域经济发展水平灰色关联聚类分析[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2016, 29(2):95-100.

[13] 梅晓玲. 基于灰色关联与投影算法的铁路货运量影响因素分析[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2015, 28(5):85-88.

- [14] 郝淑双,徐长伟.组合模型在酿酒葡萄品质组合评价中的应用[J].四川理工学院学报:自然科学版,2014,27(5):88-92.
- [15] 毛巍,杜晶,兰恒友,等.大学生体质健康的灰色关联综合评价与回归分析[J].四川理工学院学报:自然科学版,2014,27(4):96-100.
- [16] 刘思峰.灰色系统理论及其应用[M].5版.北京:科学出版社,2010.

Evaluation of Industrial Science and Technology Innovation Capability in South Sichuan Based on Factor Analysis and Correlation Analysis

HAN Bing, CHEN Yijun, BI Huan, WANG Junxiang

(School of Management, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: The ability of scientific and technological innovation is a strong support for the development of regional industry, which can not be underestimated in promoting the regional economic development. On the basis of the two major elements of science and technology innovation and the environment of science and technology innovation, the index system of industrial scientific and technological innovation capability was constructed. Based on the index system, the index data of Zigong, Luzhou, Neijiang and Yibin were analyzed, and the changes of industrial scientific and technological innovation ability in four cities were obtained. Based on the score of industrial scientific and technological innovation ability, the related data of four cities were analysed, then the main influence factors of industrial scientific and technological innovation capability were obtained. The empirical results show that the industrial science and technology innovation ability of four cities in southern Sichuan are obviously different, and there are some shortages in human resources, capital investment and innovation environment. According to the analysis results, based on science and technological innovation outlay expenditure, scientific research personnel introduction, public culture facilities construction and other research indicators, some relevant recommendations are put forward to promote the four cities in southern Sichuan industrial science and technology innovation capacity growth.

Key words: scientific and technological innovation ability; index system; factor analysis method; comprehensive correlation analysis; evaluation