

# 应用因子分析方法评测区域创新能力

田真平 李向东

(江苏技术师范学院商学院, 江苏常州 213001)

**摘要:** 区域创新能力的提高对提升国家整体创新能力, 进而促进经济增长与经济的可持续发展具有重要的意义。本文应用因子分析法对我国区域创新的创新能力进行评价与比较分析, 通过 31 个省、直辖市和自治区的样本数据提取出影响我国区域创新能力的 4 个公因子: 人力财力投入产出因子、企业研发能力因子、物质条件因子和企业吸收能力因子; 利用各因子得分, 通过聚类分析将我国区域划分为 5 类, 为相应区域决策提供依据。

**关键词:** 因子分析; 区域创新能力; 综合评价; 区域创新

**中图分类号:** F270; F061

**文献标识码:** A

**DOI:** 10.3772/j.issn.1674-1544.2011.02.006

## Utilization of Factor Analysis Model in Evaluation of Regional Innovation Ability

Tian Zhenping, Li Xiangdong

(School of Business, Jiangsu Teachers University of Technology, Changzhou 213001)

**Abstract:** According to the theory of factor analysis, we propose a model of factor analysis to measure the regional innovation ability. Using the data of 31 provinces of china, 4 main factors were extracted. Using the scores of factors, based on the cluster method, 5 regions were divided, and provide them some effective strategies to improve their regional innovation ability.

**Keywords:** factor analysis, regional innovation ability, evaluation, regional innovation

## 1 引言

对于区域创新能力进行评价, 其可描述变量众多, 而且变量之间难免具有较强的相关性, 这样一方面增加了数据的采集和处理难度, 另一方面指标体系非常庞杂而增加了分析难度。如何透过众多变量以及它们之间的复杂关系找到少数几个能够综合反映影响区域创新能力的、具有明显经济解释意义的主要因素就显得尤为必要。虽然一些研究<sup>[1-3]</sup>也通过降维确定了少数几个反映区域创新能力的变量, 但权重的确定却较为主观, 从而影响了评价结果的客观性。本文试图应用因子分析理论克服单纯定性分析确定指标权重的局限性。因子分析就是将大量的彼此可能存在相关关系的变量转换成较少的, 彼此不相关的综

合指标并确定指标权重的一种多元统计方法<sup>[4]</sup>。文中首先确立创新能力评价指标体系; 然后通过因子分析, 将可能存在相关关系的初始指标转换成少数几个起决定作用、彼此不相关的公因子; 最后通过聚类分析对我国 31 个省、直辖市、自治区进行聚类, 并对其创新能力进行综合测评。

## 2 指标选取

黄鲁成认为区域创新能力是以区域内技术能力为基础的、实施产品创新和工艺创新的能力<sup>[5]</sup>。事实上, 对区域创新能力的理解可以从区域创新系统的角度来阐释。区域创新系统是指在特定的经济区域内, 各种与创新相联系的主体要素(创新机构和组织)、非主体要素(创新必需的物质条件)及协调各要素之间关系的制度和政策网络<sup>[5]</sup>,

第一作者简介: 田真平(1977-), 男, 江苏技术师范学院商学院讲师, 研究方向: 区域经济、创新管理。

基金项目: 江苏省高校哲学社会科学基金项目(09SJB790011)

收稿日期: 2010年5月20日。

因此，区域创新能力即是区域创新系统要素相互耦合作用而整体涌现出的一项综合能力，是在一定创新环境下，区域创新投入与产出的水平<sup>[6]</sup>。基于该定义，就可将区域创新能力分解为创新环境、创新投入与创新产出3个一级指标，其中创新环境包括人力资源、物质条件、创新意识3个二级指标；创新投入包括人力投入、财力投入2个二级指标；创新产出包括产出水平和创新成果市场化2个二级指标。参考全国科技统计资料汇编的指标设计，具体三级测量指标如表1所示。

### 3 因子分析过程

#### 3.1 数据获取及标准化处理

研究数据来源于2007年全国科技统计资料汇编，该资料汇编系统给出了全国31个省、直辖市和自治区的各项监测指标值。按照区域创新能力

评价体系中的指标，根据汇编中的数据，依据标准化公式： $Y_{ij} = (Z_{ij} - \bar{Z}_j) / S_j$ ，可得标准化矩阵，其中 $Y_{ij}$ 为第*i*个样本第*j*个指标的标准化值。

#### 3.2 KMO 样本测度和 Bartlett 球体检验

利用 SPSS 15.0 软件对样本数据进行因子分析。经 KMO 和 Bartlett 检验，变量之间的相关系数矩阵不是一个单位阵，而且 KMO（它是一个用于比较观测相关系数值与偏相关系数值的指标）的值为 0.702，如表 2 所示，表明适合对这些变量进行因子分析。

#### 3.3 确定公因子个数

利用 SPSS15.0 软件计算因子共同度知，指标变量与因子之间具有较强的相关关系，因子能够充分反映样本指标的信息量，进行因子分析的效果显著。

确定因子个数时，选取主成分的特征值大于

表 1 区域创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
创新环境(A <sub>1</sub> )	人力资源(B <sub>1</sub> )	万人专业技术人员数(Z <sub>1</sub> )
		平均受教育年限(Z <sub>2</sub> )
	物质条件(B <sub>2</sub> )	每名R&D活动人员新增仪器设备费(Z <sub>3</sub> )
		科研与综合技术服务业新增固定资产占全社会比重(Z <sub>4</sub> )
	创新意识(B <sub>3</sub> )	万名就业人员专利申请量(Z <sub>5</sub> )
		科研与综合技术服务业平均工资与全社会平均工资比例(Z <sub>6</sub> )
万人吸纳技术成果金额(Z <sub>7</sub> )		
创新投入(A <sub>2</sub> )	人力投入(B <sub>4</sub> )	万人R&D科学家和工程师数(Z <sub>8</sub> )
		企业R&D科学家和工程师占全社会R&D科学家和工程师比重(Z <sub>9</sub> )
	财力投入(B <sub>5</sub> )	R&D经费支出与GDP比例(Z <sub>10</sub> )
		地方财政科技拨款占地方财政支出比重(Z <sub>11</sub> )
		企业R&D经费支出占产品销售收入比重(Z <sub>12</sub> )
		企业消化吸收经费与技术引进经费比例(Z <sub>13</sub> )
创新产出(A <sub>3</sub> )	产出水平(B <sub>6</sub> )	万名R&D活动人员科技论文数(Z <sub>14</sub> )
		获国家级科技成果奖系数(Z <sub>15</sub> )
		万名就业人员发明专利授权量(Z <sub>16</sub> )
	创新成果市场化(B <sub>7</sub> )	万人技术成果成交额(Z <sub>17</sub> )
		万名R&D活动人员向国外转让专利使用费和特许费(Z <sub>18</sub> )

1 的那些因子，并且按照因子分析的原则，所选取的主因子对方差解释的累计达到 80% 以上。结果显示，相关矩阵的前 4 个特征值大于 1 的因子对方差解释的累计百分比为 81.006%，如表 3 所示，满足设定的条件，因此选取 4 个公因子。

表 2 KMO 样本测度和 Bartlett 球体检验

Kaiser-Meyer-Olkin 样本测度	0.702
Bartlett' 球体检验 Approx.Chi-Square	784.182
自由度	153
显著性	0.0000

### 3.4 旋转后载荷矩阵的结果分析

以“方差极大化”为准则进行因子正交旋转，从而得到方差极大化后的因子载荷矩阵，同时旋转后其总体因子的方差累积贡献率是不变的，即 4 个因子的总体方差累积贡献率还是 81.006%，根据旋转后的因子载荷矩阵可以得到明确经济意义的主公共因子，如表 4 所示。

据表 4 可知，公共因子  $F_1$  在  $Z_1$  (万人专业技

术人员数)、 $Z_2$  (平均受教育年限)、 $Z_5$  (万名就业人员专利申请量)、 $Z_6$  (科研与综合技术服务业平均工资与全社会平均工资比例)、 $Z_7$  (万人吸纳技术成果金额)、 $Z_8$  (万人 R&D 科学家和工程师数)、 $Z_{10}$  (R&D 经费支出与 GDP 比例)、 $Z_{11}$  (地方财政科技拨款占地方财政支出比重)、 $Z_{16}$  (万名就业人员发明专利授权量)、 $Z_{17}$  (万名 R&D 活动人员向国外转让专利使用费和特许费)、 $Z_{18}$  (万人技术成果成交额) 等指标上具有较高正载荷，这些指标可表示区域人力、财力投入与产出强度，为区域人力财力投入产出因子。

公共因子  $F_2$  在  $Z_9$  (企业 R&D 科学家和工程师占全社会 R&D 科学家和工程师比重)、 $Z_{12}$  (企业 R&D 经费支出占产品销售收入比重)、 $Z_{13}$  (获国家级科技成果奖系数) 等指标上具有较高正载荷，这些指标代表区域内企业的研究开发能力占区域内社会研发能力的比重，为企业研究开发能力因子。

公共因子  $F_3$  在  $Z_3$  (每名 R&D 活动人员新增

表 3 方差累积贡献率

序号	特征值			因子贡献 (旋转后)		
	特征根	贡献率(%)	累计贡献率(%)	因子贡献	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	8.716	48.421	48.421	8.449	46.939	46.939
2	2.630	14.609	63.029	2.398	13.320	60.259
3	1.863	10.353	73.382	2.047	11.373	71.632
4	1.372	7.624	81.006	1.687	9.374	81.006
5	0.992	5.122	86.128			
6	0.819	4.551	90.679			
7	0.518	2.878	93.556			
8	0.337	1.873	95.429			
9	0.242	1.345	96.774			
10	0.177	0.985	97.759			
11	0.152	0.844	98.604			
12	0.116	0.643	99.247			
13	0.072	0.402	99.648			
14	0.037	0.205	99.854			
15	0.017	0.093	99.947			
16	0.007	0.040	99.987			
17	0.002	0.009	99.996			
18	0.01	0.004	100.000			

仪器设备费)、 $Z_4$  (科研与综合技术服务业新增固定资产占全社会比重)等指标上具有较高正载荷,这些指标可代表区域的物质条件,为物质条件因子。

公共因子  $F_4$  在  $Z_{13}$  (企业消化吸收经费与技术引进经费比例)、 $Z_{14}$  (万名 R&D 活动人员科技论文数)等指标上具有较高正载荷,它们与区域内企业技术引进后的消化吸收能力相关,为企业吸收能力因子。

通过因子分析,将 18 个指标降为 4 维,各主因子情况如表 5 所示。

从上分析知,影响我国区域创新能力的主要因素体现在人力与财力投入产出能力、研究

开发能力、物质条件及企业技术引进后的消化吸收能力等 4 个方面。他们的因子贡献率分别达到 46.939%、13.320%、11.373%、9.374%,累积贡献率达到 81.006% (表 3)。我国与发达国家相比,其创新能力相对薄弱已是一个不争的事实。为了能够迎头赶上并实现超越,我国在创新能力建设过程中应加强这 4 方面的建设,特别是加强区域内人力资源与资金筹措运作能力建设。

### 3.5 计算因子得分

根据因子得分系数矩阵与全国 31 个省、直辖市和自治区原始指标的标准化值可计算每个主因子的得分,并根据主因子得分计算综合得分,如表 6 所示。

表 4 旋转后的因子提取结果

指标名称	主因子			
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
$Z_1$ (万人专业技术人员数)	0.829			
$Z_2$ (平均受教育年限)	0.668			
$Z_5$ (万名就业人员专利申请量)	0.907			
$Z_6$ (科研与综合技术服务业平均工资与全社会平均工资比例)	0.736			
$Z_7$ (万人吸纳技术成果金额)	0.945			
$Z_8$ (万人 R&D 科学家和工程师数)	0.915			
$Z_{10}$ (R&D 经费支出与 GDP 比例)	0.869			
$Z_{11}$ (地方财政科技拨款占地方财政支出比重)	0.819			
$Z_{16}$ (万名就业人员发明专利授权量)	0.961			
$Z_{17}$ (万名 R&D 活动人员向国外转让专利使用费和特许费)	0.909			
$Z_{18}$ (万人技术成果成交额)	0.786			
$Z_9$ (企业 R&D 科学家和工程师占全社会 R&D 科学家和工程师比重)		0.834		
$Z_{12}$ (企业 R&D 经费支出占产品销售收入比重)		0.638		
$Z_{15}$ (获国家级科技成果奖系数)		-0.932		
$Z_3$ (每名 R&D 活动人员新增仪器设备费)			-0.648	
$Z_4$ (科研与综合技术服务业新增固定资产占全社会比重)			0.731	
$Z_{13}$ (企业消化吸收经费与技术引进经费比例)				0.799
$Z_{14}$ (万名 R&D 活动人员科技论文数)				0.726

表 5 主因子分布情况

	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
较高正载荷	$Z_1, Z_2, Z_5, Z_6, Z_7, Z_8, Z_{10}, Z_{11}, Z_{16}, Z_{17}, Z_{18}$	$Z_9, Z_{12}, Z_{13}$	$Z_3, Z_4$	$Z_{13}, Z_{14}$
因子名称	区域人力财力投入产出能力因子	企业研发能力因子	区域物质条件因子	企业吸收能力因子

根据表6,北京市综合得分最高,表明其具有较强的创新能力,而其优势主要来源于强大的人力财力投入产出能力、企业研究开发能力和区域物质条件,但它在企业吸收能力方面比较弱,该地区应在强化优势能力的同时,努力提高企业吸收能力,使各因子协同共进,以确保区域持续发展;贵州、西藏、青海、宁夏、海南等地综合

排名靠后,这几个地区大都处于我国西部地区,无论在哪一因子上得分都较低,创新能力薄弱。具体到单因子排名,对于人力财力投入产出因子 $F_1$ ,北京、上海和天津位居前三,而贵州、西藏等地排名末席,说明北京、上海和天津具有较强的人力财力投入产出能力,而贵州、西藏人力财力投入产出能力较弱;对于企业研究开发能力

表6 因子综合得分及排名

名称	综合得分	综合排名	$F_1$ 得分	$F_1$ 排名	$F_2$ 得分	$F_2$ 排名	$F_3$ 得分	$F_3$ 排名	$F_4$ 得分	$F_4$ 排名
北京	2.499	1	4.270	1	1.381	1	1.684	2	0.500	9
天津	0.743	3	1.157	3	0.556	10	1.330	4	-0.175	18
河北	-0.076	14	-0.312	17	0.182	20	-0.572	21	0.713	6
山西	-0.226	23	-0.465	22	0.389	14	-0.091	12	0.118	16
内蒙古	-0.192	20	-0.520	27	0.437	13	-0.002	9	0.569	8
辽宁	0.310	4	0.326	5	0.779	6	-1.02	29	0.284	12
吉林	-0.044	11	-0.162	10	-0.466	25	-0.612	23	0.782	5
黑龙江	-0.078	15	-0.239	13	0.331	16	-0.446	19	0.254	13
上海	1.365	2	2.393	2	0.522	11	1.965	1	1.101	2
江苏	0.043	8	0.071	8	1.201	3	0.399	7	0.993	3
浙江	0.114	7	0.278	6	0.918	5	0.289	8	1.104	1
安徽	-0.250	24	-0.578	29	0.253	18	1.487	3	0.464	10
福建	-0.156	18	-0.202	11	0.687	8	-0.304	17	-0.755	26
江西	-0.295	26	-0.516	26	0.642	9	-0.776	24	-0.323	22
山东	-0.063	13	-0.209	12	0.919	4	0.691	6	-0.269	21
河南	-0.189	19	-0.483	24	0.454	12	-0.340	18	0.429	11
湖北	-0.024	9	-0.154	9	-0.186	23	-0.159	13	0.655	7
湖南	-0.035	10	-0.244	15	-0.308	24	-0.525	20	0.202	14
广东	0.301	5	0.478	4	1.289	2	1.079	5	0.949	4
广西	-0.348	28	-0.502	25	-0.152	22	-0.285	16	-0.187	19
海南	-0.222	22	-0.313	18	-2.438	30	-0.882	26	-1.461	29
重庆	-0.050	12	-0.240	14	0.735	7	-0.17	15	0.147	15
四川	-0.222	21	-0.262	16	0.350	15	0.175	9	-0.732	25
云南	-0.468	30	-0.540	28	-0.732	28	-0.163	14	-0.465	23
贵州	-0.368	29	-0.604	30	0.307	17	-0.6	22	-0.224	20
西藏	-1.362	31	-0.875	31	-3.346	31	-0.915	27	-3.518	31
陕西	0.186	6	0.112	7	-0.521	26	-0.853	25	-1.303	28
甘肃	-0.153	17	-0.345	19	-0.543	27	-1.136	30	-0.875	27
青海	-0.342	27	-0.426	21	-0.104	21	-0.049	11	-0.533	24
宁夏	-0.289	25	-0.482	23	0.244	19	-0.94	28	-0.118	17
新疆	-0.110	16	-0.415	20	-1.017	29	-1.344	31	-1.73	30

因子  $F_2$ ，北京、广东、江苏等地得分较高，处于该地区的企业具有较强的研发能力，而新疆、海南、西藏等地得分较低，企业研发能力较弱；对于区域物质条件因子  $F_3$ ，上海得分最高，区域物质条件最好，其次是北京等地；对于企业吸收能力因子  $F_4$ ，浙江、上海、江苏等地得分较高，而海南、新疆、西藏得分较低，企业吸收能力薄弱。

#### 4 聚类分析

聚类分析是从一批样品的多个观察指标中，找出能度量样品（或变量）之间相似度的统计量，构成一个对称的相似性矩阵。在此基础上进一步寻找各样品（或指标）之间或样品组合之间的相似程度，并按相似程度的大小把样品（或指标）逐一归类的方法。本文以4个公因子得分为样本依据，采用“最大距离法”，利用SPSS 15.0软件对31个省、直辖市和自治区样本进行聚类，结果如表7所示。

从表7可见，按公因子得分可将全国区域划分为5类，第一类只有北京，北京在人力财力投入产出因子、企业研发能力因子、物质条件因子上得分均明显高于其他区域，而在企业的吸收能力因子上略低于第二类别，创新能力建设过程中，北京应在保持前3个因子优势的同时，采取相应措施加强企业吸收能力的建设；第二类别有上海、天津、江苏、浙江、山东、广东，处于此类别中的省、直辖市，其人力财力投入因子、企业研发能力因子、物质条件因子和企业的吸收能

力因子均分均高于第三、第四、第五类别，但前3个因子得分均低于第一类别，因此创新能力建设过程中，此区域应适当加强前3个因子能力的建设；处于第一、第二类别中的省、直辖市大都处于东部沿海城市，具有良好的创新环境和政府政策支持，创新能力较强；第三类别有河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、福建、湖南、湖北、江西、河南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、安徽、宁夏等19个省、直辖市和自治区，在此类别中包括东北三省、中部六省、西部八省市和两个沿海省份，此类别中各项因子均分均高于第四、第五类别而低于第一、第二类别，创新能力一般，创新能力建设过程中各项因子能力均应予以加强；第四类别有新疆、青海、海南，第五类别则只有西藏，这两类区域均处于边疆地区，创新环境条件薄弱，创新投入严重不足，国家应在政策上向此两类区域倾斜，加大投资力度，鼓励其发挥当地优势，开发当地优势资源，并积极倡导创新能力较强区域对此两类区域的帮助和扶持。

#### 5 结语

本文利用因子分析法对初始18个指标进行处理，提取影响我国区域创新能力的4个主要因子：人力财力投入产出因子、企业研发能力因子、物质条件因子和企业的吸收能力因子，并通过聚类分析将我国区域创新能力划分为5个类别。主要影响因子的确立一方面为评价工作奠定了基础，

表7 聚类分析结果

类别	地区	$F_1$ 均分	$F_2$ 均分	$F_3$ 均分	$F_4$ 均分	综合均分
第一类	北京	3.86109	0.72634	2.68431	0.09533	2.4985
第二类	上海、天津、江苏、浙江、山东、广东	0.948447	0.391518	1.31067	0.12002	0.51318
第三类	河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、福建、湖南、湖北、江西、河南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、安徽、宁夏	-0.37554	0.24371	0.348697	-0.20983	-0.14574
第四类	新疆、青海、海南	-0.49171	-0.68251	-0.48564	-2.344487	-0.19407
第五类	西藏	-0.56584	-4.44943	-0.4423	-2.07467	-1.3616

（下转第52页）

000929131.htm. ]

- [3] Tao Huiqing,Zhuang Qi,Pan Wei.The Discussion of the Relationship between Intellectual Property Protection and the Sharing of Information Resources and the Construction of Balancing Mechanism[J].Journal of Academic Library and Information Science,2008, 26(4):7-11. (in Chinese)  
〔陶慧卿, 庄琦, 潘卫. 知识产权保护与信息资源共享关系探讨及平衡机制构建 [J]. 大学图书情报学刊, 2008,26(4):7-11. 〕
- [4] Kong Dezhou. The Systems Science Application Initial-ly Analysis in Economy Law Basic Theory Research[J].

Studies in Law and Business,1999(5):64. (in Chinese)

- 〔孔德周. 经济法基础理论研究中系统科学应用初探 [J]. 法商研究, 1999(5):64. 〕
- [5] Wang Baoshu,Qiu Ben. The Outline of the Theory of Economic Law and Social Publicity[J].Legal Science, 2000(3):62.(in Chinese)  
〔王保树, 邱本. 经济法与社会公共行论纲 [J]. 法律科学, 2000(3):62. 〕
- [6] Richard Allen Posner. Economic Analysis of Law[M]. Taipei: Taiwan Commercial Press,1987:7(in Chinese)  
〔理查德 A 波斯纳. 法律之经济分析 [M]. 台北: 台湾商务印书馆, 1987: 7. 〕

(上接第 39 页)

另一方面也为区域创新能力的建设工作指明了方向。国家在创新过程中应加强这 4 方面能力的建设, 特别是加强人力财力投入产出能力(此因子方差贡献率明显高于其他因子)等对区域创新效果有重大影响, 对区域创新能力的整体提升起关键作用。在实际评价工作中, 一方面可以根据综合因子得分横向比较不同区域之间创新能力的高低; 另一方面也可以根据本区域在不同因子上的得分情况发现其优势与劣势环节, 为其决策提供依据。

## 参考文献

- [1] Research Group on Development and Strategy of Science and Technology of China. Annual Report of Regional Innovation Capability of China 2004- 2005[R]. Beijing: Economic Management Publishing House, 2005.  
〔中国科技发展战略研究小组. 中国区域创新能力报告 2004-2005[R]. 北京: 经济管理出版社, 2005. 〕
- [2] Research Group on Development and Strategy of Science and Technology of China. Annual Report of Re-

gional Innovation Capability of China 2001[R]. Beijing: Intellectual Property Publishing House, 2002.

- 〔中国科技发展战略研究小组. 中国区域创新能力报告 2001[R]. 北京: 知识产权出版社, 2002. 〕
- [3] Liu Xielin, Hu Zhijian. The Pattern of China Regional Innovation Capability and Its Implication[J]. Study in Science of Science, 2002(5): 550-556.  
〔柳卸林, 胡志坚. 中国区域创新能力的分布与成因 [J]. 科学学研究, 2002(5): 550-556. 〕
- [4] He Xiaoqun. Modern Statistical Analysis and Application [M]. Beijing: China Renmin University Press, 1999.  
〔何晓群. 现代统计分析方法与应用 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1999. 〕
- [5] Huang Lucheng. Approach to the Main Content of Regional Innovation System[J]. Science Research Management, 2000, 21 (2): 43-46.  
〔黄鲁成. 关于区域创新系统研究内容的探讨 [J]. 科研管理, 2000, 21 (2): 43-46. 〕
- [6] Ren Shenggang, Peng Jianhua. The Evalnation and Comparison of Regional Innovation Capacity Based on Factor Analysis[J]. Systems Engineering, 2007 (2):87-92.  
〔任胜钢, 彭建华. 基于因子分析法的中国区域创新能力的评价及比较 [J]. 系统工程, 2007 (2):87-92. 〕