

# 基于因子分析的区域科技发展监测与评价

曹 泽<sup>1,2</sup>, 李 东<sup>1</sup>

(1.南京航空航天大学 经济与管理学院,江苏 南京 210016;2.安徽建筑工业学院 管理学院,安徽 合肥 230601)

**摘 要:**全国科技进步统计监测指标体系具有34个指标,应用多元统计学的因子分析法从这些具有复杂关系的原始指标中提取了5个因子:基础因子、产业因子、企业因子、效能因子和器物因子。然后利用因子得分对各地区科技发展状况进行排序,解释区域科技发展差异的原因,并提出相关政策建议。

**关键词:**科技监测指标;科技发展;因子分析

中图分类号:G322

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)24-0146-04

科技的发展需要经济发展的支撑、良好的基础教育水平、政府企业对科技的重视、民众科学意识的提高。为了对改革开放进程中全国及各地区科技活动,以及经济社会领域科技进步状况实施定期的监测,科技部自1993年开展了对全国科技进步统计监测及综合评价的研究。特别是“九五”期间,逐步形成了较为规范的监测及综合评价制度。

在“十五”期初,根据党的“十六大”报告中提出的全面建设小康社会的战略构想,又组织了较大力量对监测体系进行了修订和完善。

该体系由5个一级指标、12个二级指标、34个三级指标组成。对全国31个省市区科技活动和科技进步状况进行定期化、科学化的监测。我国是一个地域广阔的大国,由于政治、经济等各方面的原因,各个地区的科技发展并不平衡。区域科技发展状况,可以作为衡量一个地区竞争能力的重要依据,也可以以此透视某一区域的经济发展潜力。

## 1 评价指标体系

作为综合科技进步水平指数的支撑,科技进步监测体系设有5个一级指标,即科技进步环境指数、科技活动投入指数、科技活动产出指数、高新技术产业化指数和科技促进经济社会发展指数。每个一级指标下设2~3个二级指标,每个二级指标又下设若干三级指标。通过对各三级指标的研究,结合科技部计划司2008年指标体系建议修订稿,除去由于科技发展的变化和客观数据可获得性在修订稿中建议废止和更改的指标;对同一级和二级指标下高度相关的三级指标保留其一。这样保留下来的三级指标共有20个,具体见表1。

表 1 全国科技进步统计监测指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
科技人力资源(H <sub>1</sub> )		万人专业技术人员数(人/万人)(H <sub>11</sub> )
		平均受教育年限(年/人)(H <sub>12</sub> )
科技活动投入(H)	科技活动投入(T <sub>1</sub> )	万人 R&D 科学家和工程师数(人/万人)(T <sub>11</sub> )
	科技活动投入(T)	R&D 经费支出与 GDP 比例(%)(T <sub>21</sub> )
科技活动产出(C)	科技活动产出(C <sub>1</sub> )	企业 R&D 经费支出占产品销售收入比重(%)(T <sub>22</sub> )
	技术成果市场化(C <sub>2</sub> )	万人 R&D 活动人员科技论文数(篇/万人)(C <sub>11</sub> )
高新技术产业化(G)	高新技术产业化水平(G <sub>1</sub> )	万人 R&D 活动人员发明专利授权量(项/万人)(C <sub>12</sub> )
	高新技术产业化效益(G <sub>2</sub> )	万人技术成果成交额(万元/万人)(C <sub>21</sub> )
科技促进经济社会发展(J)	经济增长方式转变(J <sub>1</sub> )	高技术产业增加值占工业增加值比重(%)(G <sub>11</sub> )
	环境改善(J <sub>2</sub> )	新产品销售收入占产品销售收入比重(%)(G <sub>12</sub> )
社会生活信息化(J <sub>3</sub> )		高技术产业就业人员劳动生产率(万元/人)(G <sub>21</sub> )
		高技术产业增长占经济增长份额(%)(G <sub>22</sub> )
		就业人员劳动生产率(万元/人)(J <sub>11</sub> )
		亿元投资新增 GDP(亿元/亿元)(J <sub>12</sub> )
		综合能耗产出率(元/千克标准煤)(J <sub>13</sub> )
		环境污染治理指数(%)(J <sub>21</sub> )
		百人固定电话和移动电话用户数(户/百人)(J <sub>31</sub> )

收稿日期:2008-11-14

作者简介:曹泽(1969-),男,安徽阜阳人,南京航空航天大学经济与管理学院博士研究生,安徽建筑工业学院讲师,研究方向为科研管理;李东(1949-),男,江苏常州人,博士,南京航空航天大学经济与管理学院教授、博士生导师,研究方向为国防科技经济。

## 2 研究方法 with 处理结果

本文在科技部中国地区科技进步监测(2007年)的基础上,使用多元统计因子分析方法对区域科技发展进行研究,得到了有关中国区域科技发展水平的更深层次结论,并据此给予相应的评价。

利用SPSS 13.0将数据进行因子分析。因子分析法是用少数几个不相关的公共因子,去研究多个具有复杂关系原始指标的一种多元统计分析方法。

### 2.1 数据来源

本文所采用数据有两种来源,说明如下:其一,直接取自国家科技部发布的2007年科技监测表;其二,将中央和地区的综合统计年鉴和科技年鉴上的数据进行计算处理所得。

### 2.2 无量纲化处理

由于这些变量的量纲不同,我们首先对各变量的观测值进行标准化,即对20个特征变量作如下变换: $z_{ik} = \frac{x_{ik} - \bar{x}_k}{S_k}$  ( $k=1, 2, \dots, 24$ ),其中, $x_{ik}$ 是第*i*省、市、自治区第*k*项指标的原始分值, $z_{ik}$ 为对应的标准分值, $\bar{x}_k$ 是第*k*项指标在不同地区分值的均值, $S_k$ 是第*k*项指标的样本标准差。

### 2.3 因子分析处理

(1)建立指标之间的相关系数矩阵R。

(2)计算R的特征值和累计贡献率,前5个特征值及贡献率见表2。

表 2 R 的前 5 个特征值和方差贡献率(Total Variance Explained)

因子	旋转前			旋转后		
	特征值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)	特征值	贡献率 (%)	累积贡献率 (%)
1	11.019	55.096	55.096	7.063	35.317	35.317
2	2.745	13.723	68.820	4.696	23.479	58.796
3	1.590	7.949	76.769	2.399	11.996	70.792
4	1.014	5.068	81.837	1.893	9.463	80.255
5	0.982	4.912	86.749	1.299	6.494	86.749

(3)因子分析可行性检验。从SPSS的输出结果来看(见表3),KMO值为0.703, Bartlett球形检验的 $\chi^2$ 统计值显著性概率为0.000,小于1%,说明样本数据充足,相关系数矩阵R非单位阵,可以作因子分析。指标变量共同度检验表明,所有指标共同度均大于0.726,即公共因子对变量的可解释性强,因子分析对数据的适用性较强。矩阵特征值和累计方差贡献率如表2所示,前5个公共因子累计方差贡献率已达86.749%,最小的第5个特征值也有0.982,旋转后特征根全部大于1,因此选取5个主因子作分析。

表 3 KMO and Bartlett 检验

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		0.703
Approx. Chi-Square		951.696
Bartlett's Test of Sphericity	df	190
	Sig.	0.000

(4)因子载荷旋转及分析。由于初始因子载荷阵结构不够简明,各因子的含义不突出。为此要进行方差最大正交旋转变换,使各变量在某个因子上产生较高载荷,而在其余因子上载荷较小。经过7次迭代后收敛,得到旋转后的因子载荷矩阵,如表4所示。

表 4 旋转后的因子载荷矩阵

	Component				
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>
H <sub>11</sub>	0.949	0.202	-0.018	0.065	-0.079
C <sub>12</sub>	0.921	0.290	0.088	-0.038	-0.023
T <sub>11</sub>	0.919	0.306	0.138	0.018	-0.175
H <sub>33</sub>	0.898	0.370	0.074	-0.021	0.059
C <sub>11</sub>	0.878	0.435	0.095	0.014	0.048
T <sub>21</sub>	0.846	0.263	0.332	-0.001	-0.096
H <sub>12</sub>	0.673	0.158	0.160	0.600	0.155
J <sub>31</sub>	0.667	0.621	0.177	0.176	0.026
G <sub>11</sub>	0.326	0.829	0.244	0.012	-0.036
H <sub>32</sub>	0.263	0.817	0.225	0.031	-0.163
H <sub>31</sub>	0.545	0.715	0.199	0.125	0.158
J <sub>11</sub>	0.566	0.686	0.035	0.206	0.205
G <sub>21</sub>	0.358	0.683	-0.276	-0.085	0.314
G <sub>22</sub>	0.273	0.670	0.342	0.250	0.174
T <sub>22</sub>	0.077	0.144	0.935	0.140	0.027
G <sub>12</sub>	0.182	0.415	0.678	0.099	0.225
J <sub>12</sub>	-0.207	0.097	0.084	0.867	-0.133
J <sub>21</sub>	0.295	-0.056	0.555	0.611	0.375
J <sub>13</sub>	0.292	0.452	0.406	0.461	0.266
H <sub>21</sub>	-0.168	0.101	0.179	0.001	0.862

根据旋转后的因子载荷结构表,因子系数已经明显两极化,有了更鲜明的实际意义。

在F<sub>1</sub>中,万人专业技术人员数(H<sub>11</sub>)、平均受教育年限(H<sub>12</sub>)、万人吸纳技术成果金额(H<sub>33</sub>)、万人R&D科学家和工程师数(T<sub>11</sub>)、R&D经费支出与GDP比例(T<sub>21</sub>)、万名R&D活动人员科技论文数(C<sub>11</sub>)、万名就业人员发明专利授权量(C<sub>12</sub>)、百人固定电话和移动电话用户数(户/百人)(J<sub>31</sub>)具有较大的载荷,这是一个反映科技进步基础环境的因子,包括了普通民众的教育水平、科技意识、科技人力资源和信息化水平等与人的素质有关的因素。科技发展是科研人员智慧的结晶,科技人才是促进科技发展的主导力量,它的形成需要长期的历史文化积淀尤其是教育的投入,反映了基础教育在科技发展过程中的重要性。一个地区的科技发展不可能通过技术和人才的引进就一蹴而就,民众基础教育水平和科学素养的提高至关重要。同时,由于信息技术对当代其它科技领域具有渗透和带动作用,因此,信息化水平成为人才素质和地区科技发展状况的一个标尺。这一因子突出了科技发展所依赖的人才基础、教育基础和信息化基础,称为基础因子。它对区域科技发展水平的贡献达到了35.317%。

第2个因子F<sub>2</sub>,在万名就业人员专利申请量(H<sub>31</sub>)、科技人员平均工资与全社会平均工资比例系数(H<sub>32</sub>)、高技术

产业增加值占工业增加值比重( $G_{11}$ )、高技术产业就业人员劳动生产率( $G_{21}$ )、高技术产业增长占经济增长份额( $G_{22}$ )、就业人员劳动生产率( $J_{11}$ )上有较大载荷,较好地反映了科技成果应用于高技术产业带来的投入产出的效率和效果,因此,把它命名为产业因子。重视发展高技术成果产业化,发挥科技和人才在经济建设中的作用是提高科技效能、促进高技术产业发展的重要因素,而高技术产业的发展状况也是地区科技发展水平的直接体现。这一因子对科技发展水平的贡献率达到了23.479%。

第3个因子 $F_3$ ,在企业R&D经费支出占产品销售收入比重( $T_{22}$ )、新产品销售收入占产品销售收入比重( $G_{12}$ )两个变量上有较高的载荷。这是一个反映企业科技创新力的因子,可称为企业因子。现代科技正在经历一场革命,这场革命正以前所未有的方式引起现代科技体系的性质和规模发生巨大变化。在这种转变的历史时期,我们国家科技创新的主体也开始从过去政府主导下的大院大所转向现在的科技型企业。把企业确立为国家自主创新的主体,是我国科技与经济事业发展的必然选择。企业从过去的引进、消化、吸收、模仿技术再发展到自主创新。这一因子对科技发展水平的贡献率达到了11.996%,体现了企业作为科技创新主体对区域科技发展水平的贡献。

第4个因子 $F_4$ 的信息主要来自亿元投资新增GDP( $J_{12}$ )、综合能耗产出率( $J_{13}$ )、环境污染治理指数( $J_{21}$ ),反映了科技在促进经济社会发展方面的作用,这是科技发展的终极目标,区域科技发展评价中最为显性的因子。科技发展必须与社会经济发展的需要结合起来,科学创造和技术发明只有创造经济价值才能被社会所承认。当下环境问题日益受到关切,科学发展应当在环境保护与治理上有所作为。科学发展观要求我们的科技发展应当是绿色的发展、和谐的发展。节能减排和环境治理是一个问题的两个方面,两者在同一个因子上反映出来,说明依靠科技进步提高综合能耗利用率既有经济效益又有社会效益。可称 $F_4$ 为效能因子,这一因子对科技发展水平的贡献率达到了9.463%。

第5个因子 $F_5$ ,在每名R&D活动人员新增仪器设备费( $H_{21}$ )上有较高的载荷,这是关于科研人员从事R&D活动的直接物质基础水平的变量。从历史的角度看,科技的发展正从过去19世纪以前的小科技时代、20世纪的大科技时代转向21世纪的超大科技时代。单打独斗和不借助仪器设备的科研活动已经难有作为。仪器设备成为从事科技活动的R&D人员离不开的工具。“工欲善其事,必先利其器”,可把 $F_5$ 称为器物因子。这一因子对科技发展水平的贡献率达到了6.494%。

基础因子、产业因子、企业因子、效能因子和器物因子5个综合因子共涵盖了科技发展86.749%的信息,因此用这5个因子基本可以评价区域科技发展的水平。进一步考察发现,它们分别代表了影响科技发展的从宏观到微观,从一般环境基础到具体科研工具的5个方面。

(5)因子得分及分析。运用SPSS软件的因子得分功能对各地区在这5个主因子上的情况进行评分。再应用计算

公式: $F = \sum \lambda_i F_i$ ,构造出综合因子得分 $F$ ,其中 $\lambda_i$ 是各主因子的方差贡献率, $F_i$ 为各主因子。将 $F$ 值与 $F_i$ 的得分一块列出,并根据综合因子得分按照降序进行排列,如表5所示。

表5中,综合因子得分大于0意味着科技发展的综合排名在中上水平,小于0则意味着综合能力在区域中相对较弱;各地在5个因子上的得分,则在一定程度上反映了科技发展不同方面的相对水平。

### 3 因子分析结论

通过对因子得分表进行分析,可以看出:

在基础因子 $F_1$ 中,作为全国科教文化中心的北京遥遥领先于其它各省市,得分是排名第二的上海得分的近4倍。可见,北京作为全国政治、科技和教育的中心,集中了全国最优秀的科技人才,说明我们科技发展的基础资源存在严重极化现象。加之这一因子的方差贡献率最大,是我国区域科技发展不平衡的主要因素。上海、天津、辽宁和陕西等传统科教强省和市在这一因子上排名居前,显示了历史文化积淀和传承对现代科技发展的作用。

在产业因子 $F_2$ 中,东部沿海地区明显高于内陆其它省市,其中广东和上海遥遥领先。这两个开放度最高的地区,是中国高技术产业集聚程度最高的地方。天津、江苏、北京、浙江、福建和山东也都是现代高技术产业密集的地方。

从企业因子 $F_3$ 来看,重庆、四川和江西排名居于前3位,说明这些省的企业创新投入比例领先于全国其它各省市。同时也因为在该指标体系中,用的是比例变量,所以,尽管企业科研投入和新产品销售收入的绝对额不高,只要相对于企业销售收入的比重大,得分就会靠前。显示了这些省市在科技发展中加大了企业投入,以期后来居上。浙江、陕西和安徽各项得分分列4-6位。

在效能因子 $F_4$ 上,广东、河南、黑龙江和河北得分较高,反映了这些地区科技、经济和环境发展中的相互促进与和谐。北京、上海等在该项的得分是负值,说明这些地区在重视科技促进经济发展的同时,没有有效解决节能减排和环境污染问题。

从器物因子 $F_5$ 来看,安徽、海南、上海和山东位居前列。它们在人均R&D活动人员仪器设备费方面比上一年度进步明显,反映了它们在不断地加大科研的投入,改善科研条件。相反,北京、广东等省市尽管科研基础较好,但该年度在科研条件的改善上做得还不够,他们在该项的得分为负。

在总的得分方面,北京、上海分列第一、第二,并且具有较高的绝对分值。天津、广东、江苏等9个省市分值为正。而其它22个省市区分值都为负值。这反映了我们的科技发展极不平衡,北京和上海的科技人才资源、物资资源过于密集,而西部内陆地区科技发展严重滞后。广东、江苏、浙江和福建凭借改革开放后的优惠政策引进了国外的技术

表 5 因子得分及综合排序

城市	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F
北京	4.749 47	0.363 77	0.130 55	-0.305 21	-0.917 82	1.689 955
上海	1.182 36	2.356 11	0.490 82	-0.130 83	1.830 18	1.136 115
天津	0.605 19	1.899 06	-0.092 4	0.151 34	0.825 69	0.716 473
广东	-1.144 53	2.576	0.500 94	1.707 06	-1.567 89	0.320 418
江苏	-0.646 35	1.358 6	0.553 48	0.665 91	0.720 09	0.266 887
浙江	-0.173 11	0.515 41	0.919 06	0.127 91	-0.422 29	0.154 807
福建	-0.439 85	0.693 04	0.582 91	-0.171 9	0.468 52	0.091 462
辽宁	0.334 75	-0.471 04	0.631	0.691 2	-0.961 21	0.086 31
山东	-0.331 95	0.031 01	0.009 93	0.690 15	1.544 55	0.056 849
湖北	-0.176 43	0.039 25	0.204 04	0.091 37	-0.309 51	-0.040 07
重庆	-0.231 87	-0.559 42	2.528 47	-1.567 61	0.031 27	-0.056 23
吉林	0.146 22	-0.190 67	-0.567 81	0.369 42	-0.507 99	-0.059 27
陕西	0.339 62	-0.824 39	0.838 21	-0.565 75	-0.895 1	-0.084 73
黑龙江	-0.008 9	-0.435 87	-0.383 75	1.466 57	-1.123 26	-0.085 68
海南	-0.043 87	-0.054 66	-1.986 55	0.281 22	2.096	-0.103 91
四川	-0.711 55	0.067 34	1.465 62	-0.746 7	0.319 85	-0.109 56
江西	-0.385 44	-0.706 99	1.259 19	0.134 13	-0.197 59	-0.151 21
安徽	-0.323 98	-0.998 58	0.629 96	-0.540 59	2.587 08	-0.156 46
湖南	-0.229 52	-0.583 55	0.344 96	0.577 73	-0.702 97	-0.167 67
内蒙古	-0.054 44	-0.124 19	-1.643 84	0.646 06	0.218 58	-0.170 25
山西	0.270 01	-1.278 17	-0.572 08	0.391 78	0.867 2	-0.179 98
河北	-0.112 19	-0.627 24	-0.562 18	0.937 39	-0.280 79	-0.183 86
广西	-0.545 44	-0.408 2	-0.023 55	0.849 25	0.054 54	-0.207 39
河南	-0.370 94	-0.665 63	-0.312 07	1.604 79	-0.591 37	-0.211 27
新疆	0.317 94	-0.744 66	-1.690 78	0.191 11	-0.205 92	-0.260 67
宁夏	0.281 29	-0.992 99	-0.184 57	-1.293 56	0.126 9	-0.270 11
甘肃	-0.127 47	-0.706 52	-0.256 51	-0.301 73	-0.606 8	-0.309 63
云南	-0.115 18	-0.798 82	-0.413 48	-0.693 32	0.206 82	-0.330 01
青海	-0.356 34	0.066 4	-0.502 02	-1.495 71	-0.628 12	-0.352 81
贵州	-0.559 09	-0.429 89	0.309 26	-0.694 06	-0.635 91	-0.368 26
西藏	-1.138 4	1.635 49	-2.206 8	-3.067 42	-1.342 72	-0.660 25

资源,在信息等高技术产业领域成长较快。辽宁是传统的工业基地,近年来虽然高技术产业发展赶不上沿海地区,但凭借历史上的科教优势,在全国仍然保持着较高的地位。西藏、青海、贵州、云南和甘肃等西部边远地区的总得分尤其低下,说明西部地区的科技发展任重道远。通过比较各项因子得分也可看到,尽管北京、上海等地科研基础较好,但在环境保护、节能降耗等方面还存在差距。内陆地区重庆、四川、安徽等地,近年来加快了企业的科技投入,但由于基础薄弱,总的科技发展水平还不高,还没有形成产业优势。

综上所述,一个地区的科技发展水平受多方面因素的影响,良好的基础教育、历史的文化积淀、科技产业政策和科技意识提供了科技发展的软环境;科研基础设施、科技人才的培育和引进是科技发展的硬件支撑;经济发展与科技发展相互促进,地区高技术产业的发展既是科技发展的结果又促进了科技水平的提高。提高地区科技发展水平,从短期看可以通过配备更多的科研工具、加大企业研发投

入来实现;长期的发展需要确立好高技术的产业方向;更长期的科技水平的提高,依赖于教育和对人才的培养以及整个民族素质的全面提高<sup>[5]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 朱建平.应用多元统计分析[M].北京:科学出版社,2006.
- [2] FRITISCH M.Measuring the quality of regional innovation systems—a knowledge production function approach [J]. International Regional Science Review, 2002(25):87-102.
- [3] 张纲,徐贤春,刘蕾.长江三角洲16个城市政府能力的比较研究[J].管理世界,2004(8).
- [4] 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与比较[J].系统工程,2007(2).
- [5] 巩艳芬,李友俊.科技发展战略实施效果评价的理论思考[J].科技进步与对策,2005,22(5).

(责任编辑:万贤贤)