

科技进步综合评价中秩和比法的运用

朱干江, 王桂芝, 赵 靖

(南京信息工程大学数学系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 利用秩和比法对江苏各地市科技进步进行分析和综合评价研究。评价过程中不直接对指标采用权重, 减少了主观性, 但考虑了各评价指标的相对重要性。

关键词: 秩和比法; 科技进步; 综合评价

中图分类号: F204

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)06-0151-04

科学技术是第一生产力, 是实现国民经济和社会发展的源动力。科技进步在我国经济发展中的作用日益明显, 已成为区域经济发展的决定性因素。如何对区域科技进步的宏观绩效进行综合评价, 准确把握地区科技进步态势, 为科技区域战略的实施和完善提供更全面、合理和实时的决策支持, 引导各个区域充分利用有限资源, 以科技进步推动经济发展, 不仅在理论上, 而且对实际工作都有十分重要意义。

目前国内外建立的综合评价方法有数百种之多。这些评价方法各有其特点, 但大体上可分为两类: 主要区别在确定权重上, 一类是主观赋权, 多数采取综合咨询评分的定性分析方法确定权重, 然后对无量纲的数据进行综合, 如综合指数法、模糊综合评判法、层次分析法、功效系数法等; 另一类是客观赋权, 根据各指标间相关关系或各指标值变异程度来确定权重, 如主成分分析法、因子分析法、熵值法等。前一类方法需要专家从不同角度对研究对象打分, 而且难以避免主观因素对评价结果的影响。后一类方法避免了人为因素带来的偏差, 但最大缺陷是评价程序过于复杂繁琐, 可操作性差。

秩和比法(Rank Sum Ratio, 简称 RSR)是一种全新的广谱的实用数量方法, 也称统计信息方法。此法集参数统计与非参数统计于一身, 有描述有推断, 能提高统计分析与再分析的水平, 满足人们在统计研究与统计管理中的各种要求^[1]。简单地说, 秩和比法(RSR), 就是通过指标编秩, 计算秩和的一个特殊平均数, 利用统计分析的方法, 对科技进步评价指标体系进行综合评价。它不对指标直接采用权重, 从而减少了主观性, 但考虑了各评价指标的相对重要性, 从而又不失科学性、合理性, 而且针对性强、操作简

便、使用效果明显。

1 秩和比法的评价原理

秩和比法(RSR)是我国统计学家田凤调教授 1988 年创造的一种统计学方法, 它是集中了古典的参数统计和近代的非参数统计各自优势的一套崭新的统计分析方法。RSR 是行(或列)秩和的平均值, 具有 0~1 连续变量特征。RSR 法是从计算 RSR 值、确定 Y 值, 进而进行各种参数与非参数统计处理, 最后对 RSR 分析结果进行科学阐释的统计分析方法^[1]。其具体计算步骤如下:

1.1 选择评价指标并区分指标类型、调整数据结构

根据实际问题选择综合评价所需指标, 并收集样本数据, 然后将不同评价指标按实际意义区分类型。一般分为 3 类: 高优指标、低优指标和适度指标。所谓“高优”是指该类指标值越大越好; “低优”指标则是指该类指标值越小越好; “适度”是指在适度范围内该类指标值越大越好, 在适度范围外越小越好。对于低优指标和适度指标, 应先将它们高优化, 再按高优指标处理。一般情况下, 对于低优指标, 通常取原低优指标的倒数就可得到正向指标 Y_i , 即

$$Y_i = \frac{1}{X_i} \quad (1)$$

对于适度指标 X_i , 应先确定一个最优适度值 X_0 , 再按下述公式转化为高优指标:

$$Y_i = \frac{1}{|X_i - X_0|} \quad (2)$$

1.2 编秩

在秩和比(RSR)法中, 每一个具体指标按其指标值大小进行排序得到秩次 R, 用秩次 R 代替原来指标值, 即在

收稿日期: 2006-06-12

基金项目: 全国统计科研计划项目(LX2005-Y18); 南京信息工程大学基金项目

作者简介: 朱干江(1974-), 男, 汉族, 江苏盐城人, 南京信息工程大学应用数学专业硕士研究生, 研究方向为非参数统计、综合评价应用。

n 个评价对象中,高优指标的编秩方法是对最大观测值编秩次 n,次最大观测值编秩次 n-1,次小的观测值编秩次 2,最小的观测值编秩次 1。如遇同一指标观测值相等时,则编平均秩次,如甲、乙两个评价对象的某个指标实际值相等,本应在它们之间排出第 8 位和 9 位,这时均应取为第 8.5 位。则排序得到的秩次为:

$$\begin{matrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1m} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2m} \\ & & \dots & \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nm} \end{matrix}$$

式中: $R_{ij}(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ 是按照排序的各列秩次, m 为指标数, n 为被评价对象数。

1.3 计算 RSR 值

计算各行秩和比值:

$$RSR_i = \frac{\sum_{j=1}^m R_{ij}}{mn} \quad (3)$$

式中: $RSR_i(i=1, 2, \dots, n)$ 为第 i 行(即第 i 个对象)的秩和比值。

1.4 确定 Y 值、计算回归方程

将 RSR 值从小到大排列,计算向下累计频率,并据此查“百分数与概率单位对照表”^[1],求其所对应概率单位 Y 值。通过相关和回归分析,要求 R^2 至少大于等于 0.9,以说明 RSR 与 Y 具有高度的线性相关关系。以 RSR 为因变量,概率单位 Y 为自变量,计算线性回归方程:

$$RSR = A + BY \quad (4)$$

并进行方差分析,要求所求线性回归方程有显著统计学意义($P < 0.01$)。

1.5 对被评价对象最佳分档

对被评价对象进行分档的原则是:每档至少两个个体,各档方差一致,各档之间具有显著差异性,即应用 Bartlett 检验方差一致,进而进行方差分析,要求各档差异具有统计学意义。 α 取 0.01,用 SNK 法作两两比较,要求各档间的差异均有统计学意义($P < 0.01$)。

2 江苏省科技进步综合评价实证分析

2.1 建立评价指标体系

为系统掌握“科教兴省”战略的实施情况,加强宏观管理和调控,推进全社会的科技进步,江苏省科技厅、省统计局从 2000 年起在全省组织开展了科技进步监测工作,并定期发布科技进步监测结果与科技统计公报。本文根据江苏省科技进步监测评价统计指标体系,把区域科技进步评估指标体系分为科技进步环境、科技投入、科技产出和科技促进可持续发展 4 个一级指标、10 个二级指标、29 个三级指标,具体指标如附图所示^[2]。

2.2 评价过程

首先,对于区域科技进步评价来说,上述 29 个指标除了万元工业产值能耗(万元/t 标准煤)(X_{27})指标是低优指

一级指标	二级指标	三级指标		
科技进步环境	人力资源基础	每万人口中中专及以上在校生数(人/万人)(X_1)		
		每万人口中专业技术人员数(人/万人)(X_2)		
		初中毕业生升学率(%)(X_{31})		
	信息环境	人均计费邮电业务总量(元/人)(X_4)		
		百户家庭电脑拥有量(台/百户)(X_5)		
		科技投入	人力投入	从业人员中从事科技活动人员数(人)(X_6)
科技活动人员中从事 R&D 活动人员数(人)(X_7)				
企业职工中从事 R&D 活动人员数(人)(X_8)				
财力投入	全社会 R&D 支出占 GDP 的比例(%)(X_9)			
	政府科技拨款占财政支出的比重(%)(X_{10})			
	企业 R&D 经费占销售收入的比例(%)(X_{11})			
科技产出	高新技术产业化	科技与技改贷款占银行贷款余额的比重(%)(X_{12})		
		高新技术产业销售收入(亿元)(X_{13})		
		高新技术产业对工业产值增长的贡献率(%)(X_{14})		
		高新技术产业出口额占销售收入比重(%)(X_{15})		
	科技创新	高新技术产业利税率(%)(X_{16})		
		每 10 万人口专利申请数(件/10 万人)(X_{17})		
		每 10 万人口专利授权数(件/10 万人)(X_{18})		
		发明专利占专利授权数的比重(%)(X_{19})		
		科技促进可持续发展	经济增长	高新技术产业利税率(%)(X_1)(X_{16})
				人均 GDP(元/人)(X_{20})
GDP 增长速度(%)(X_{21})				
结构优化	亿元投资新增 GDP(亿元)(X_{22})			
	第三产业增加值占 GDP 比重(%)(X_{23})			
效益提高	高新技术产业产值占工业总值比重(%)(X_{24})			
	劳动生产率(元/人)(X_{25})			
	工业资本金利润率(%)(X_{26})			
环境治理	万元工业产值能耗(万元/吨标准煤)(X_{27})			
	环境质量综合治理指数(X_{28})			
		资源综合利用指数(X_{29})		

附图 江苏科技进步统计监测指标体系框架

标外,都是高优指标,按照公式(1)把低优指标转换成高优指标,编秩,然后按照公式(3)计算一级指标类及综合值并排序,如表 1。

然后,以综合指标的 RSR 为因变量,概率单位 Y 为自变量计算线性回归方程:

$$RSR = -0.51796 + 0.20735Y$$

并进行方差分析知, F 值=159.93, P 值 < 0.001, $R^2 = 0.9412$,说明所求线性回归方程有显著统计意义。

最后,在对江苏省市地进行分类时,按综合状况对江苏省市地拟分 4 种类型:领先水平、先进水平、一般水平和较差水平。根据 RSR 值、概率单位值 Y 情况以及其回归方程,运用最佳分档原则对综合指标分档,具体结果如表 2。

3 分析评价结果

表1 江苏省市地一级指标类及综合RSR值与排序表

城市	科技进步环境		科技投入		科技产出		科技促进可持续发展		总体科技进步	
	RSR值	排序	RSR值	排序	RSR值	排序	RSR值	排序	RSR值	排序
南京市	0.80000	4	0.78022	1	0.79112	1	0.62308	6	0.73201	2
无锡市	0.93846	1	0.65934	5	0.78022	2	0.69231	2	0.74801	1
徐州市	0.40000	8	0.68132	3	0.34066	11	0.57308	7	0.51326	9
常州市	0.81538	3	0.71429	2	0.72527	4	0.63462	4	0.70690	3
苏州市	0.90769	2	0.49451	10	0.73626	3	0.70769	1	0.69761	4
南通市	0.58462	6	0.58242	8	0.67033	5	0.55385	8	0.59151	7
连云港	0.30769	10	0.56044	9	0.43956	9	0.33846	12	0.41114	10
淮安市	0.21538	12	0.27473	11	0.25275	12	0.42308	10	0.31034	12
盐城市	0.27692	11	0.25275	12	0.43956	9	0.37308	11	0.34350	11
扬州市	0.56923	7	0.63763	6	0.43956	9	0.48462	9	0.52520	8
镇江市	0.67692	5	0.60440	7	0.63736	6	0.65385	3	0.64191	5
泰州市	0.38462	9	0.68132	4	0.63736	6	0.63077	5	0.60212	6
宿迁市	0.12308	13	0.07692	13	0.10989	13	0.24231	13	0.14987	13

数据来源:根据《2004年江苏省科技进步统计监测结果与科技统计公报》和《江苏省统计年鉴》(2005年)计算整理。

表2 科技进步状况综合评价RSR值及合理排序分档

Y	<4.14	4.14-4.91	4.91-5.83	5.83
RSR	<0.34	0.34-0.50	0.50-0.69	0.69
等级	较差水平	一般水平	先进水平	领先水平
例数	2	2	5	4
排序分档	淮安市(0.31034) 宿迁市(0.14987)	连云港(0.41114) 盐城市(0.34350)	镇江市(0.64191) 泰州市(0.60212) 南通市(0.59151) 扬州市(0.52520) 徐州市(0.51326)	无锡市(0.74801) 南京市(0.73201) 常州市(0.70690) 苏州市(0.69761)

* 括号内为RSR值。

* Bartlett 检验: $\chi^2=6.971559 < \chi_{0.05(3)}^2=7.815$, $P>0.05$, 方差一致; ANOVA 检验: $F=27.52$ ($P<0.01$), 各档差异具统计学意义; α 取 0.01 用 SNK 法作两两比较, 结果显示各档间的差异均有统计学意义 ($P<0.01$)。

根据上述评价结果,可以看出江苏省各市地科技进步的特色和不足:

(1) 江苏地区间科技发展是不平衡的,科技进步水平差距较大,其中RSR值最大的是无锡市,为0.74801,最小的宿迁市为0.14987,竟然是5倍多。从总体来说,苏南各市地科技进步水平高于苏北,这或许就是造成苏南与苏北经济发展水平相差如此大的主要原因,建议政府管理人员提高苏北地区科技进步水平,缩小与苏南地区差距,这将有利于江苏整体协调发展。

(2) 将科技进步环境、科技投入、科技产出、科技促进可持续发展4个方面综合后,可将各地市科技进步水平分为以下4组:

第一类称之为科技进步领先水平区,包括无锡、南京、

常州和苏州这4个地市。原因是无锡市依靠科技创新促进全市社会经济发展,推进“两个率先”进程,区域创新实现了新跨越、经济结构实现了新优化、资金支持实现了新增加、科技治市实现了新成效。南京作为省会城市,是江苏省政治、经济、科技、文化中心,中央属、省属科研机构、高等院校大部分集中在此,其科技发展具有得天独厚的条件。常州市在加强人才队伍建设、加快传统产业改造提升和推动高技术产业发展等方面取得了较好成效,常州市科技进步有一定的后发优势。市、县(市、区)科技平衡发展是苏州市的亮点,创新产业化是苏州市的特色,2003年,苏州、张家港、昆山、常熟被国家科技部考核评定为“全国科技进步先进市”。

应该说,无锡、南京、常州、苏州4市科技进步各有千秋。值得注意的是:无锡市政府科技拨款占财政支出比重、企业R&D经费占销售收入比例、科技与技改贷款占银行贷款余额比重分别为1.69%、0.78%和4.06%,位居全省的第8、7、8位,导致科技投入方面排名第5。县(区)科技发展不平衡是影响和制约南京市科技进步的主要因素,南京市亿元投资新增GDP33.71亿元、万元工业产值能耗1.98吨标准煤,在全省分别排最后1位和第11位,导致科技促进可持续发展方面排名第6位;常州市每百名科技活动中从事R&D活动人员数、科技与技改贷款占银行贷款余额比重、发明专利占专利授权数比重分别为30.02人、3.04%和5.02%,位居全省的第9位、第9位和第8位,有待进一步提高;苏州市部分传统优势指标发展速度有放缓的倾向,高新技术产业利税率只有5.29%,居全省的最后1位,科技与技改贷款占银行贷款余额比重为1.12%,在全省列第12位,导致科技投入发展方面排名第10。针对上述问题,第一方阵的4个市需要在今后工作中着力重点解决。

第二类称之为科技进步先进区,主要包括镇江、泰州、南通、扬州、徐州这5个地市。在这5个城市中处于经济较发达地区的镇江要好于其它4个地市。镇江科技促进可持续发展位于全省第3位,科技进步环境、科技投入也都排在前六位,说明各方面发展较为均衡。原因是镇江市比较重视科技财力投入,2004年,镇江市科技与技改贷款占银行贷款余额的比重比上年提高了7.8个百分点,政府科技拨款占财政支出的比重提高了0.09个百分点,高新技术产业对工业产值增长贡献率为65.7%,位居全省第1位。镇江市要把提高区域创新能力摆上议事日程,2004年发明

专利占专利授权数比重只有 2.60%，在各省辖市中居第 11 位，在降低万元工业产值能耗方面也要采取一定措施。

泰州科技进步环境虽然 RSR 值较小，位于全省第 9 位，但其科技投入、科技促进可持续发展和科技产出分别位于全省的第 4、5、6 位，经济运行质量较好，科技进步发挥了良好作用。原因是泰州市进一步加大了财政投入、提高了科技与技改贷款占银行贷款余额比重、加大了产业结构调整力度、科技创新水平进一步提高。但是，泰州市的环境质量综合治理指数全省最低，每万人中中专及以上在校生数、每万人中专业技术人员数、初中毕业生升学率得分较低，拖了该市科技进步综合评价得分的后腿，值得在以后工作中注意。

南通市科技进步综合评价在各省辖市的位次是第 7 位。高新技术产业快速发展、科技投入增加是南通市科技进步的亮点。2004 年高新技术产业利税率 13.6%，对工业产值增长贡献率为 32.7%，分别位居全省第 2 位和第 4 位。政府科技拨款占财政支出比重为 2.2%，居全省第 2 位。近几年南通市经济发展、科技进步表现出一定的活力，赶超势头明显，是苏中地区一支不可忽视的生力军。政府投入与全社会投入不一致，导致全市科技投入位居全省第 8，这是南通市科技进步不理想的原因之一，GDP 增长速度和亿元投资新增 GDP 分别为 15.60% 和 78.31 亿元，位居全省第 11 位和 12 位，导致科技促进可持续发展排名位居全省第 8 位，这是南通市科技进步不理想的另外一个原因，上述问题需要在今后工作中优先解决。

扬州市科技进步综合评价位居各省辖市第 8 位。扬州市科技进步综合评价的各项指标绝大部分处在全省的中游水平，只有企业 R&D 经费占销售收入比例一项指标进入全省的前 3 位，资源综合利用指数全省最低、发明专利占专利授权数比重全省倒数第 2 位、环境质量综合治理指数和科技与技改贷款占银行贷款余额比重列全省第 11 位，导致了科技产出和科技促进可持续发展位居全省地市均为第 9 名，这些问题值得在以后的工作中重点解决。

徐州经济是以冶金、煤炭等重工业为主体，为全国重要水陆交通枢纽和东西、南北经济联系的重要“十字路口”。徐州市科技进步综合评价位居各省辖市第 9 位。科技活动中从事 R&D 活动人员数全省最多、科技与技改贷款占银行贷款余额比重全省最高、环境质量综合治理指数、资源综合利用指数全省最好是该市科技进步的亮点。然而，高新技术产业对工业产值增长贡献率低，制约和影响了自主创新能力的提升；初中毕业生升学率低影响了人口素质的提高。

第三类称之为科技进步水平一般区，主要包括连云港市和盐城市这 2 个地市。以项目建设为抓手，以制造业信

息化为突破口，以产学研合作为纽带，改进高新技术产业化工作的推进方式，加大 R&D 经费投入是连云港的特色。2004 年连云港市高新技术产业利税率为 22.2%，排名全省第 1 位，企业 R&D 经费占销售收入比例为 1.02%，排名全省第 2 位。科技产出和经济发展的结合不理想、发展不平衡是该市较为突出的问题。因此，进行有效组织，均衡各环节投入，充分发挥投入的潜能，是市要解决的重要问题之一。

盐城市科技进步综合评价居全省第 11 位。从科技进步环境来看，人力资源基础、信息环境的得分均排在第 10 位，没有明显改善；从科技投入来看，位次比上年有所下降，无论是人力投入，还是财力投入，都明显不足，需要大力加强；从科技产出来看，高新技术产业化有所好转，科技创新进步不大，基本上是原地徘徊，高技术产业对工业产值增长的贡献率原本是该市相对优势指标，2004 年也有所削弱，解决的途径是巩固自身优势，改善其投资环境，吸引外资，加强与苏南发达地市的合作，增加科技投入，提高产品的科技含量。

第四类称之为科技进步水平较差区，主要包括淮安市和宿迁市这 2 个地市，淮安、宿迁二市同处江苏经济欠发达地区，经济发展相对落后。2004 年，两市科技进步综合评价得分位居全省的最后 2 位。科技资源缺乏、科技力量不足，严重影响了两市科技进步，也阻碍了两市经济和社会发展。经济水平的提高是与科技进步发展密切相关、互为促进的，要加快经济发展，必须要全面提高科技进步水平，只有重视科技的作用，加大科技投入，促进经济发展，才能缩小与经济发达地区的差距。

3 结束语

秩和比(RSR)法属于非参数统计综合评价法，该方法依赖于第一手资料，对数据指标无特殊要求，不需作变量变换，能迅速反映出考核指标在评价中的作用。秩和比(RSR)法理论简单，操作方便，易于推广，结果能反映客观实际，易于解释。不足之处在于，RSR 法对指标的利用不够充分，在编秩过程中易丧失一些信息。

参考文献：

- [1] 田凤调. 秩和比法的应用 [M]. 北京: 人民卫生出版社. 2002.412. 9-10.
- [2] 江苏省科学技术厅, 江苏省统计局. 2004 年江苏省科技进步统计监测结果与科技统计公报[R]. 2005.8.
- [3] 江苏省统计局. 2005 年江苏省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社. 2006.11.

(责任编辑: 汪智勇)