

基于组合客观赋权法的科技评价研究

汪克夷, 栾金昶, 武慧硕

(大连理工大学 管理学院, 辽宁 大连 116024)

摘 要:运用组合赋权法确定指标权重,建立了科技评价模型,并对北京、广东、辽宁等内地31个省市的科技状况进行了评价。该模型的特点,一是在指标的选择方面,不但综合考虑了科技与社会之间的关系,而且也考虑了科技与经济之间的关系加以考虑,解决了现有指标体系大都只考虑投入、产出而造成的评价失真的问题;二是将变异系数法和距优平方和法相结合,共同给指标赋权,弥补了单一客观赋权法片面性强的不足,克服了主观赋权法周期长、随意性大的缺点。

关键词:科技评价;评价体系;模糊综合评价;组合客观赋权法

中图分类号:G311

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2009)06-0129-04

0 引言

“全面贯彻落实科学发展观的综合评价体系”是国家自然科学基金重大项目的课题之五。十六届五中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议》提出:“要深化对科学发展观基本内涵和精神实质的认识,建立符合科学发展观要求的经济社会发展综合评价体系。”

科技评价是科学技术管理工作的重要组成部分,是推动国家科学技术事业持续健康发展,促进科学技术资源优化配置,提高科技管理水平的重要手段和保障^[1]。

目前国外主要有两种科技评价方法:①定性评价方法,主要是指同行评议法和文献计量法。定性评价方法存在周期长、主观性随意性较大等缺点。②定量评价方法,主要包括经济计量法和模糊数学法等。

国内对科技评价定性方法的研究开始较晚,内容主要集中在基金项目评审过程中同行评议系统的公正性、效率及质量等问题上。1996年,吴述尧^[2]先生在多年研究的基础上,主编了《同行评议方法论》,比较系统地介绍了同行评议方法,重点是同行评议专家的选择以及“非共识”项目的研究和处理。

国内在科技评价的定量研究方面,王凭慧^[3-4]针对我国科技项目计划及组织管理的特点,研究提出了面向科技项目评价全过程的评价方法,阐述了建立指标设计、指标

筛选、指标量化等指标体系的理论,从决策需求的角度出发,提出了基于聚类分析、因子分析等统计理论的科技项目评价结果分析方法。

李强^[5-6]针对我国科技评价所包含的内容,在归纳和总结传统科技评价方法的基础上,建立了基于内生增长理论的模型和指标体系。

本文针对我国科技评价的现状、特点和现有研究的不足,选取了能够得到并可验证的4类共计32项指标,运用变异系数法与距优平方和法相结合的组合客观赋权法来分配指标权重,使用相关科技数据,结合权重来对北京、广东、辽宁等内地31个省市的科技状况进行综合评价。

1 科技评价原理

在科技状况评价的过程中,依据科技评价指标的重要性对其进行评分,构建科技评价指标权重向量: $W=[w_1, w_2, \dots, w_m]$;

然后,收集科技评价指标数据: $R=[r_1, r_2, \dots, r_m]$;

最后,建立科技状况评价方程,即科技评价指标数据与已确定的指标权重向量相乘,获得科技评价总分 Z 。

2 科技评价指标体系的建立

2.1 指标体系的建立

现有的科技评价指标体系大多分为科技投入、科技产出和科技条件3个方面。本文充分考虑了我国的科技状况

收稿日期:2008-04-21

基金项目:国家社会科学基金重大资助项目(06&DZ039)

作者简介:汪克夷(1944-),男,上海人,博士,大连理工大学管理学院教授,博士生导师,研究方向为系统分析与建模;栾金昶(1965-),男,辽宁辽阳人,大连理工大学管理学院博士研究生,研究方向为系统评价;武慧硕(1985-),女,河南洛阳人,大连理工大学管理学院硕士研究生,研究方向为系统建模。

及特点,并依据各指标反映的角度不同,将所有指标分为科技投入、科技产出、科技与社会的关系、科技与经济的关系4大类共32项指标,见表1。

表1 科技评价指标体系

科技评价指标 U	科技投入 U ₁	科技活动人员数
		科学家、工程师数
		每万人科技活动人员数
		R&D 人员
		R&D 时间
		科技经费支出额
		科技经费支出占 GDP 的比重
		R&D 经费
		R&D 经费占 GDP 的比重
		地方财政科技拨款
	科技产出 U ₂	科技拨款占地方财政支出的比重
		高技术产业规模以上企业产值
		高技术产业规模以上企业增加值
		高技术产业规模以上企业增加值率
		规模以上企业增加值中高技术产业份额
		高技术产品进口额
		高技术产品出口额
		专利申请受理量
		专利申请授权量
		国内中文期刊科技论文数
	对社会进步的影响 U ₃	技术市场成交合同数
		技术市场成交合同金额
		工业废水排放达标率
		工业固体废物综合利用率
		城镇每百户拥有电脑数
		每万人口拥有医生数
		人均邮电业务总量
		人均教育经费
		国内生产总值相比上年的增长速度
		对经济发展的影响 U ₄
	社会劳动生产率	
		电力消费量

表2 内地31个省市2005年的科技数据

	r ₁	r ₂	...	r _m
北京	35.26	28.3	...	513.18
天津	9.07	6.12	...	340.04
河北	12.32	8.39	...	1291.40
山西	10.86	6.27	...	833.01
...
青海	1.01	0.62	...	189.76
宁夏	1.03	0.67	...	270.01
新疆	2.77	1.84	...	266.41

2.2 科技评价指标的数据来源

本文以北京、广东、辽宁等内地31个省市为例,采用2005年的相关数据。数据来源于2005年的中国科技统计年鉴^[7]、

中国科技网站以及中国统计网站。见表2。

3 科技评价指标权重

本文将变异系数法和距优平方和法两种客观赋权法相结合,共同确定各科技评价指标的权重。

这种组合客观赋权法不但能够充分挖掘原始数据本身蕴涵的信息,克服专家调查法和层次分析法主观性强、周期长的缺点,还能够避免单一赋权法的片面性。

3.1 采用变异系数法确定指标权重

变异系数赋权法就是根据各个指标在所有被评价对象上观测值的变异程度大小,来对其赋权。变异程度大的指标,说明能够较好地地区分各省市在该方面的情况,应赋予较大的权重;反之,则赋予较小的权重。

以科技活动人员数r₁为例,在表2的r₁所在行:北京35.26万人、天津9.07万人、...、新疆2.77万人,求得31个省市该指标的平均值r₁为12.31万人,标准差s₁为10.2548,对平均值r₁和标准差s₁采用式(1),求出变异系数v₁为0.8327。

V_i=S_i/r_i (1)

同理,可以求出其余31个科技评价指标的变异系数,结果如下:

V = [v₁, v₂, v₃, v₄, v₅, v₆, v₇, v₈, v₉, v₁₀, v₁₁, v₁₂, v₁₃, v₁₄, v₁₅, v₁₆, v₁₇, v₁₈, v₁₉, v₂₀, v₂₁, v₂₂, v₂₃, v₂₄, v₂₅, v₂₆, v₂₇, v₂₈, v₂₉, v₃₀, v₃₁, v₃₂] = [0.8327, 0.8612, 1.1999, 0.9189, 0.9298, 1.0820, 0.7309, 1.1743, 0.9361, 1.2189, 0.6806, 2.0798, 1.8643, 0.2491, 0.8025, 2.4400, 2.6136, 1.3724, 1.4631, 0.9496, 1.2464, 1.8812, 0.2445, 0.4341, 0.4930, 0.3176, 0.6203, 0.8155, 0.1939, 0.6730, 0.6875, 0.7665] (2)

将各指标的变异系数值代入式(3):

w'_j = v_j / sum_{j=1}^m v_j (3)

其中,v_j为变异系数;w'_j为由变异系数法确定的指标权重;m为待评价对象个数。

求得各指标的权重为:

W' = [w'_1, w'_2, w'_3, w'_4, w'_5, w'_6, w'_7, w'_8, w'_9, w'_10, w'_11, w'_12, w'_13, w'_14, w'_15, w'_16, w'_17, w'_18, w'_19, w'_20, w'_21, w'_22, w'_23, w'_24, w'_25, w'_26, w'_27, w'_28, w'_29, w'_30, w'_31, w'_32] = [0.0254, 0.0263, 0.0366, 0.0280, 0.0284, 0.0330, 0.0223, 0.03558, 0.0286, 0.0372, 0.0208, 0.0635, 0.0569, 0.0076, 0.0245, 0.0744, 0.0797, 0.0419, 0.0446, 0.0290, 0.0380, 0.0574, 0.0075, 0.0132, 0.0150, 0.0097, 0.0189, 0.0249, 0.0059, 0.0205, 0.0210, 0.0234] (4)

3.2 采用距优平方和法确定指标权重

距优平方和越大的指标,其相对重要性程度越大。当m省的第i个指标的隶属度均为1时,该指标的权重系数为零。这种赋权法能充分揭示科技指标对各省市科技状况的综合影响程度。

以科技活动人员数r₁为例,在表3中标准化后的r'₁所在行:北京0.9380、天津0.2344、...、新疆0.0652,将指标向量r'₁代入式(5):

$$L_j = \sum_{i=1}^n (r_{ij}' - 1)^2 \quad (5)$$

其中, L_j 为距优平方和; r_{ij}' 为标准化处理后的指标值。计算得到科技活动人员数 r_{11} 的距优平方和为:

$$L_1 = (0.9380 - 1)^2 + (0.2344 - 1)^2 + \dots + (0.0652 - 1)^2 = 16.5412 \quad (6)$$

同理, 可以求出其余 31 个科技评价指标的距优平方和, 结果如下:

$$L = [L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9, L_{10}, L_{11}, L_{12}, L_{13}, L_{14}, L_{15}, L_{16}, L_{17}, L_{18}, L_{19}, L_{20}, L_{21}, L_{22}, L_{23}, L_{24}, L_{25}, L_{26}, L_{27}, L_{28}, L_{29}, L_{30}, L_{31}, L_{32}] = [16.5412, 17.7017, 18.9062, 19.3235, 19.8622, 22.2374, 21.3109, 22.2229, 21.9766, 17.9608, 26.4093, 25.8133, 11.9873, 16.4053, 27.1548, 27.4876, 23.3589, 24.3059, 19.7284, 20.9194, 26.0799, 2.0468, 7.3667, 12.0272, 16.7411, 19.9272, 24.1026, 9.9318, 19.8246, 19.3521, 14.3248] \quad (7)$$

将各指标的距优平方和值代入式(8):

$$w_j'' = L_j / \sum_{j=1}^m L_j \quad (8)$$

其中, L_j 为距优平方和; w_j'' 为根据距优平方和法确定的指标权重; m 为待评价对象个数。

求得各指标的权重为:

$$W'' = [w_1'', w_2'', w_3'', w_4'', w_5'', w_6'', w_7'', w_8'', w_9'', w_{10}'', w_{11}'', w_{12}'', w_{13}'', w_{14}'', w_{15}'', w_{16}'', w_{17}'', w_{18}'', w_{19}'', w_{20}'', w_{21}'', w_{22}'', w_{23}'', w_{24}'', w_{25}'', w_{26}'', w_{27}'', w_{28}'', w_{29}'', w_{30}'', w_{31}'', w_{32}''] = [0.0268, 0.0286, 0.0404, 0.0305, 0.0313, 0.0321, 0.0360, 0.0345, 0.0359, 0.0355, 0.0290, 0.0427, 0.0417, 0.0194, 0.0265, 0.0439, 0.04445, 0.0378, 0.0393, 0.0319, 0.0338, 0.0422, 0.0033, 0.0119, 0.0271, 0.0322, 0.0390, 0.0161, 0.0321, 0.0313, 0.0232] \quad (9)$$

3.3 采用组合客观赋权法确定指标权重

计算两种客观赋权法所得的指标权重的平均值 w , 得到各指标的最终权重。

以科技活动人员数 r_{11} 为例,

$$w_1 = (w_1' + w_1'') / 2 = 0.0261 \quad (10)$$

同理, 求得各指标的权重

$$W = [w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6, w_7, w_8, w_9, w_{10}, w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{14}, w_{15}, w_{16}, w_{17}, w_{18}, w_{19}, w_{20}, w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{24}, w_{25}, w_{26}, w_{27}, w_{28}, w_{29}, w_{30}, w_{31}, w_{32}] = [0.0261, 0.0275, 0.0385, 0.0293, 0.0298, 0.0326, 0.0291, 0.0351, 0.0323, 0.0364, 0.0249, 0.0530, 0.0493, 0.0135, 0.0255, 0.0592, 0.0621, 0.0398, 0.0420, 0.0304, 0.0359, 0.0498, 0.0054, 0.0126, 0.0172, 0.0184, 0.0256, 0.0319, 0.0110, 0.0263, 0.0261, 0.0233] \quad (11)$$

4 科技指标的评分

对于所有省市的每项具体指标, 采取内差打分法^[8-9], 将各指标数据进行标准化处理, 得到可直接计算评价的无量纲化的结果, 即对于某项指标数值 (r_{ij}), 如其对于上层指标起正向作用, 则其中 $r_{jmax}=1, r_{jmin}=0$ 。如果该项指标数值对其上层指标起反向作用, 则 $r_{jmax}=0, r_{jmin}=1$ 。根据式(14)和式

(15) 计算出每个处于中间地位的指标数据所得分数 r_{ij}' 。处理后的各指标数据结果详见表 3。通过标准化处理, 有效地解决了在一个评价体系中正向指标交叉影响的问题。

某正向指标应得分数为:

$$r_{ij}' = \frac{r_{ij} - r_{jmin}}{r_{jmax} - r_{jmin}} \quad (12)$$

某负向指标应得分数为:

$$r_{ij}' = \frac{r_{jmax} - r_{ij}}{r_{jmax} - r_{jmin}} \quad (13)$$

式中, r_{ij}' 为标准化后指标的分数; r_{ij} 为该行该指标的数值; r_{jmax} 为该指标的最大值, r_{jmin} 为该指标的最小值。

正向指标以科技活动人员数 r_{11} 为例, 在表 2 的 r_{11} 所在行: 北京 35.26 万人、天津 9.07 万人、...、新疆 2.77 万人, $r_{jmax}=37.57$ 万人, $r_{jmin}=0.34$ 万人。代入式(14)得北京该指标的数值 $r_{11}'=0.9380$ 。由于本文所选取的指标中没有负向指标, 所以其余各项指标的计算方法都与 r_{11}' 相同。

采用内差打分法对 2005 年内 31 个省市的科技数据进行标准化处理, 结果见表 3。

表 3 标准化后的指标数据

	r_1'	r_2'	...	r_m'
北京	0.9380	1	...	0.2819
天津	0.2344	0.2103	...	0.1868
河北	0.3217	0.2912	...	0.7095
山西	0.2825	0.2157	...	0.4576
...
甘肃	0.1281	0.1156	...	0.2481
青海	0.0179	0.0145	...	0.1042
宁夏	0.0185	0.0163	...	0.1483
新疆	0.0652	0.0580	...	0.1463

5 科技评价模型

根据各科技指标数据, 通过内差打分法评分得到第 i 个省市科技指标数据的指标分值向量:

$$R_i = [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{i31}] \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (14)$$

将式(11)和式(14)结合, 得到第 i 个省市科技状况评价值:

$$Z_i = W \times R_i^T = [0.0261, 0.0275, 0.0385, 0.0293, 0.0298, 0.0326, 0.0291, 0.0351, 0.0323, 0.0364, 0.0249, 0.0530, 0.0493, 0.0135, 0.0255, 0.0592, 0.0621, 0.0398, 0.0420, 0.0304, 0.0359, 0.0498, 0.0054, 0.0126, 0.0172, 0.0184, 0.0256, 0.0319, 0.0110, 0.0263, 0.0261, 0.0233] \times [r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{i31}]^T \quad (15)$$

6 科技评价实证结果

将标准化后的数据代入式(13), 就可以得出各省市的科技状况评价值。

以北京为例, 把表 3 中与北京科技状况相关的数据代入式(13), 得出北京市的科技状况综合评价值 Z_1 。

$$Z_1 = W \times R_1^T = [0.0261, 0.0275, 0.0385, 0.0293, 0.0298,$$

0.0326,0.0291,0.0351,0.0323,0.0364,0.0249,0.0530,0.0493,0.0135,0.0255,0.0592,0.0621,0.0398,0.0420,0.0304,0.0359,0.0498,0.0054,0.0126,0.0172,0.0184,0.0256,0.0319,0.0110,0.0263,0.0261,0.0233]×[0.9380,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0.4433,0.7211,0.1923,0.1711,0,0.9638,0.1846,0.0907,0.3116,0.2729,1,1,1,1,0.7527,1,1,1,1,0.4516,0.8547,0.6722,0.2820]²=0.6721

其余各省市科技状况综合评价值的计算方法与北京相同。详细排名情况见表4。

表4 各省市2005年科技综合评价结果

省市	综合评价值	省市	综合评价值
北京	0.6721	湖北	0.1985
天津	0.2986	湖南	0.1544
河北	0.1479	广东	0.6946
山西	0.1183	广西	0.0933
内蒙古	0.1106	海南	0.0635
辽宁	0.2512	重庆	0.1321
吉林	0.1388	四川	0.1883
黑龙江	0.1404	贵州	0.0613
上海	0.5555	云南	0.0728
江苏	0.5303	西藏	0.0523
浙江	0.3660	陕西	0.1772
安徽	0.1108	甘肃	0.0871
福建	0.2258	青海	0.0544
江西	0.0926	宁夏	0.0666
山东	0.3355	新疆	0.0819
河南	0.1524		

评价结果为广东省科技评价价值最高，分数为0.6946；西藏自治区科技评价价值最低，分数仅为0.0523。如图1所示。

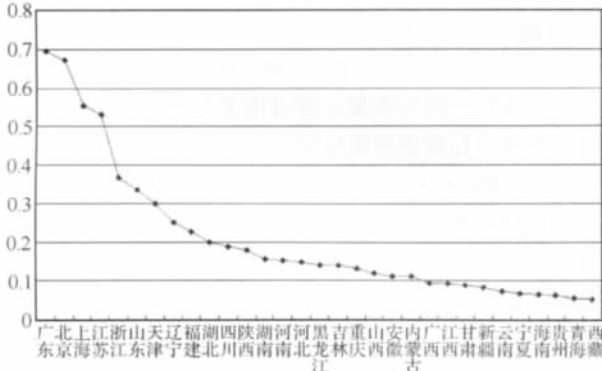


图1 各省市2005年科技状况排名

从评价结果可以看出,各省市之间的科技状况优劣不一,发展速度参差不齐。

广东、北京的科技综合评价价值远远高于其它省市。其综合评价价值较高的原因主要有以下几点:①高技术产品进出口额较大、高技术产业的增加值及发展速度较快、规模较大;②科技投入方面,无论是科研经费还是科技活动人员,在绝对量和相对量上都占有优势;③专利申请、授权以

及技术贸易方面的成果较多。

广东省的资源配置向高新技术产业高度倾斜,其中港澳台商占有较大份额,技术开发已经成为其科技发展的主要方向。但广东省对基础研究和应用研究方面的配置相对较差,与试验发展的需求很不相称,若不调整资源配置,就不能支撑经济社会的可持续发展。当然,在基础研究方面,中央属的单位比例较高,地方属的单位比例偏低,这是由基础研究的性质决定的。广东境内的中央属单位少,力量较弱,再加上地方上支持欠缺,造成了该省基础研究资源配置比例较低的情况。

北京的科技状况则与广东省有所不同。北京在基础研究方面具有其它省市不可比拟的优势,资源配置相对较好,但在资源环境保护方面还有不足,其工业废水排放达标率不高,工业废物综合利用率也较低,不符合科学发展观的要求。

青海、西藏排名最后,主要是由于其2005年的高技术产品进出口额、高技术产业规模以上企业产值、技术市场成交合同金额,以及高技术产业规模以上企业增加值几个指标值相对较小,甚至有些为零,因而大大拉低了综合评价价值。

7 结论

本文根据我国科技评价的实际情况,建立了基于组合客观赋权法的模糊综合评价模型,并应用我国内地31个省市2005年的科技数据,对其进行了实证。从指标的选取、权重的确定到模型的建立,力求排除主观因素对评价结果的影响,以便对各省市的科技状况作出客观、公正的评价。

参考文献:

- [1] 谈毅,全允桓.中国科技评价体系[J].科学学与科学技术管理,2004(5):15-18.
- [2] 吴述尧.同行评议方法论[M].北京:科学出版社,1996.
- [3] 王凭慧.科学研究项目评估方法综述[J].科研管理,1999(5):56-58.
- [4] 王凭慧.科技项目评价方法[M].北京:科学出版社,2003.
- [5] 李强.基于内生增长理论的我国科技投入产出绩效评价模型研究[J].科学管理研究,2006(4):93-98.
- [6] 徐春杰,李强.科技投入产出绩效评价的内生增长模型研究[J].中国软科学,2006(8):65-72.
- [7] 国家统计局,科学技术部.中国科技统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2005.
- [8] 高斌,张贤,张仁颐.融合约束理论的MPRII系统[J].物流科技,2003,27(3):86-90.
- [9] DAVENPORT T H,SHORT J E.The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign [J].MIT Sloan Management Review,1990(4):11-27.

(责任编辑:万贤贤)