

# 基于熵权可拓决策模型的科技竞争力评价研究

——以中部六省为例

雷勋平<sup>1,2</sup>, Robin Qiu<sup>2,3</sup>

(1. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 江苏 南京 210016; 2. 铜陵学院 工商管理系, 安徽 铜陵 244000;  
3. 宾夕法尼亚州立大学 信息科学系, 美国宾州马尔委 PA 19355)

**摘要:**科技竞争力是国家竞争力的重要构成,进行科技竞争力评价是提高科技竞争力的有效途径。针对科技竞争力的影响因素,基于科技投入、科技产出与科技对社会经济的贡献3个维度,运用可拓学思想,结合信息熵的基本原理,构建了基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型。结合中部六省2009年的科技竞争力数据展开实证研究,分析了该模型在区域科技竞争力评价中的应用。

**关键词:**中部六省;熵权;可拓决策模型;科技竞争力

**DOI:**10.6049/kjbydc.2011120093

**中图分类号:**F127.6

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2013)03-0122-06

## 0 引言

自2006年国务院颁布《中共中央国务院关于促进中部地区崛起的若干意见》(中发<sup>[2006]</sup>10号)后,国家发展和改革委员会根据该意见精神于2009年6月编制了《促进中部地区崛起规划》。《规划》强调,要加快发展高技术产业,培育新的经济增长点;促进高新技术及先进适用技术与传统产业的融合,推动传统产业优化升级。可见,科技能力特别是科技竞争力的提高对促进中部崛起具有重要作用。同时,国际瑞士洛桑国际管理发展学院(IMD)与世界经济论坛(WEF)<sup>[1]</sup>的研究表

明,科技竞争力是国家竞争力的八大构成要素之一,科技竞争力评价是提高科技竞争力的有效途径。鉴于此,本文针对科技竞争力的影响因素,基于科技投入、科技产出与科技对社会经济的贡献3个维度,运用可拓学思想,结合信息熵的基本原理<sup>[2]</sup>,构建基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型,并结合中部六省2009年的科技竞争力相关数据展开实证研究,分析该模型在区域科技竞争力评价中的应用,为中部六省及相关科技部门提升科技竞争力,促进中部快速崛起提供决策依据。

- [19] MIAN, S. A. Assessing and managing the university technology business incubator: an integrative framework [J]. *Journal of Business Venturing*, 1997, 12: 251-285.
- [20] TAMASY, C. Rethinking technology-oriented business incubators: developing a robust policy instrument for entrepreneurship, innovation, and regional development [J]. *Growth and Change*, 2007, 38(3): 460-473.
- [21] STEWART T A. Brain power-how intellectual capital is becoming america's most valuable asset [J]. *Fortune*, 1991, 123(11): 44-56.
- [22] 托马斯 A 斯图尔特. “软”资产——从知识到智力资本 [M]. 邵建兵, 译. 北京: 中信出版社, 2003.
- [23] EDVINSSON L, MALONE, M. S. Intellectual capital: real-

izing your company's true value by finding its hidden brainpower [M]. Harper Business, NY, 1997.

- [24] 徐笑君. 基于组织资本的人力资源管理理论和实证研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2000.
- [25] 钟庆才. 人力资本的经济分析 [M]. 广州: 广东人民出版社, 2005.
- [26] BONTIS, N., CHUA, W., RICHARDSON, S. Intellectual capital and the nature of business system by aligning stocks and flow [J]. *Journal of Management Studies*, 2000, 39: 437-453.
- [27] BARNEY, J. Firm resources and sustained competitive advantage [J]. *Journal of Management*, 1991, 17(1): 99-120.

(责任编辑: 胡俊健)

收稿日期: 2012-03-14

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(10zd&014); 国家自然科学基金项目(90924022)

作者简介: 雷勋平(1979-), 男, 湖北荆州人, 铜陵学院工商管理系副教授, 南京航空航天大学博士研究生, 研究方向为物流和供应链管理、科技管理决策与评价。

# 1 科技竞争力评价指标体系构建

## 1.1 物元的概念

在可拓学中,建立了以物元、事元和关系元为基本元的形式化描述体系,构成了描述千变万化大千世界的基本元,统称为基元<sup>[3]</sup>。

定义 1<sup>[4]</sup>: 把由物  $N$ , 特征  $c$  及  $N$  关于  $c$  的量值  $v$  构成的有序三元组  $R = (N, c, v)$  作为描述物的基本单元, 成为一维物元,  $N, c, v$  三者称为物元  $R$  的三要素, 如  $R = (\text{湖北省}, \text{科技竞争力}, v)$ , 其中  $c$  和  $v$  构成的二元组  $M = (c, v)$  称为  $N$  的特征元, 如  $M = (R\&D \text{ 经费占 } GDP \text{ 的比重}, v)$ 。

## 1.2 科技竞争力评价指标体系的生成

当前,通过指标体系进行综合性评价,是学术界较为流行的一种评估方法<sup>[5]</sup>。科技竞争力评价指标体系最初用来评估国家层面的创新能力<sup>[6]</sup>, Nelson 从大学作用、R&D 经费来源及配置、政府支持创新的政策等角度设计了一套综合评价指标<sup>[7]</sup>。此后, Furman 等人<sup>[8]</sup>考虑到科技因素的影响,继承和发展了 Nelson 的研究。国际瑞士洛桑国际管理发展学院(IMD)自 1990 年起就与世界经济论坛(WEF)合作,并发布国际竞争力年度报告<sup>[1]</sup>。其中科技竞争力作为国际竞争力评价指标体系中的 8 个重要要素之一,共包括 20 多项指标,用来测度国家科技竞争力,详见文献<sup>[9]</sup>。本文遵循客观性、多角度、科学性、有效性和可行性等原则,在 Nelson、Furman and Hayes 的“科学基础设施”与“技术基础设施”等相关指标基础上<sup>[6]</sup>,结合科技竞争力评价相关文献(赵前,焦捷<sup>[1]</sup>;周小柯,吉生保<sup>[6]</sup>;徐键叶,袁国欣<sup>[10]</sup>;瞿英,杨明欣等<sup>[11]</sup>;杨建仁,刘卫东<sup>[12]</sup>;杨大成<sup>[13]</sup>),参照《IMD 世界竞争力年鉴 2005》中科技竞争力评价指标和《中国科技发展研究报告 2000》中的“地区科技竞争力评价指标体系”<sup>[14]</sup>,综合考虑科技竞争力支撑实体、物质实体、科技竞争力系统和科技竞争力的影响因素<sup>[10]</sup>,基于科技投入、科技产出与科技对社会经济的贡献 3 个维度,结合可拓学思想和物元理论,构建了包括科技活动人员 / 从业人数等 6 个指标( $C_1 - C_6$ )、高技术产品出口额等 5 个指标( $C_7 - C_{11}$ )和 GDP 增长率等 9 个指标( $C_{12} - C_{20}$ )在内的区域科技竞争力评价指标体系,如表 1 所示。

## 2 基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型

前面定义的基元可以简洁地表示客观世界中的物、事和关系,帮助人们按照一定程序推导出解决问题的策略。因此,可利用基元来表达科技竞争力所含的信息、知识和问题。本文拟引入熵权系数的概念,结合表 1 所示的科技竞争力综合评价指标体系,构建基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型。

表 1 科技竞争力综合评价指标体系

评价指标	$\omega_j$
科技活动人员数 / 从业人数 (%) $C_1$	0.003 767
R&D 经费(万元) $C_2$	0.040 151
R&D 人员全时当量(千人年) $C_3$	0.050 919
财政科技支出 / 财政总支出的比重 (%) $C_4$	0.005 176
R&D 经费占 GDP 的比重 (%) $C_5$	0.018 060
人均 R&D 经费支出(元) $C_6$	0.013 054
高技术产品出口额(百万美元) $C_7$	0.208 138
高新技术增加值(亿元) $C_8$	0.089 434
专利申请量(件) $C_9$	0.113 528
专利批准量(件) $C_{10}$	0.090 547
技术市场成交额(亿元) $C_{11}$	0.170 834
GDP 增长率 (%) $C_{12}$	0.033 134
人均 GDP 值(元) $C_{13}$	0.005 737
第三产业增加值(亿元) $C_{14}$	0.038 431
财政收入占 GDP 的比重 (%) $C_{15}$	0.022 575
城镇居民人均可支配收入(元) $C_{16}$	0.000 300
人均邮电业务量(元) $C_{17}$	0.009 727
万元工业增加值能耗(吨标准煤) $C_{18}$	0.064 134
工业废水排放达标率 (%) $C_{19}$	0.001 290
工业固体废物利用率 (%) $C_{20}$	0.021 065

注:表中右列数据为各二级因子在一级指标中的熵权系数,由公式(5)、(6)、(7)计算得到

## 2.1 科技竞争力物元模型

定义 2<sup>[13]</sup>: 如果一物  $N$  具有  $n$  个特征,其  $n$  个特征  $c_1, c_2, \dots, c_n$  及  $N$  关于  $c_i (i=1, 2, \dots, n)$  对应的量值为  $v_i (i=1, 2, \dots, n)$ , 则称

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix} = (N, C, V)$$

$$= \begin{bmatrix} \text{科技竞争力}, & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix}$$

为  $R$  的  $n$  维物元。其中:

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}, V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix}$$

## 2.2 科技竞争力评价模型

### 2.2.1 科技竞争力的经典域、节域和待评物元

令有  $m$  个科技竞争力等级  $N_1, N_2, \dots, N_m$ , 建立相应的物元, 记为

$$R_j = (N_j, c_i, v_{ji}) = \begin{bmatrix} N_j, & c_1, & v_{j1} \\ & c_2, & v_{j2} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_{jn} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} N_j, & c_1, & \langle a_{j1}, b_{j1} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{j2}, b_{j2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & \langle a_{jn}, b_{jn} \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中:  $N_j$  表示  $c_i$  的第  $j$  个等级;  $c_i$  表示各个等级  $N_j$  的特征;  $v_{ji}$  表示  $N_j$  关于  $c_i$  所规定的量值范围(即各个等级关于对应特征所取的数值范围,称为  $c_i$  的经典域),其中  $i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m$ 。

对于经典域,构造其节域  $R_p (R_p \Leftrightarrow R_j)$ ,  $R_p$  记为

$$R_p = (N_p, c_i, v_{ip}) = \begin{bmatrix} N_p, & c_1, & v_{1p} \\ & c_2, & v_{2p} \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_{np} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_i, & c_1, & \langle a_{1p}, b_{1p} \rangle \\ & c_2, & \langle a_{2p}, b_{2p} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & \langle a_{np}, b_{np} \rangle \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中,  $N_p$ 、 $p$  表示科技竞争力等级的全体,  $v_{pi}$  为  $N_p$  关于  $c_i$  所取的量值范围。

关于待评物元,可以将影响待评科技竞争力等级因子的作用参数用物元表示,称之为科技竞争力等级水平的待评物元,记为

$$R_0 = (P_0, c_i, v_i) = \begin{bmatrix} P_0, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中:  $P_0$  为科技竞争力的等级水平;  $v_i$  为  $P_0$  关于  $c_i$  的量值,是影响待评科技竞争力等级因子作用参数的实测数据。

### 2.2.2 首次评价

对评价对象  $p_i$ ,首先用非满足不可的特征  $c_k$  的量值  $v_{ik}$  评价。如果  $v_{ik} \notin V_{jk}$ ,则认为评价对象  $p_i$  不满足“非满足不可的条件”,不予评价;否则,进入下一个步骤。

### 2.2.3 科技竞争力影响因子关联度计算与距的确定

一般来说,科技竞争力影响因子的关联度可用关联函数计算,第  $i (i=1,2,\dots,n)$  个指标数值域属于第  $j (j=1,2,\dots,m)$  个科技竞争力等级的关联函数为:

$$K_j(v_i) = \begin{cases} \frac{\rho(v_i, V_j)}{\rho(v_i, V_{ip}) - \rho(v_i, V_j)}, \rho(v_i, V_{ip}) \neq \rho(v_i, V_j) \\ -\rho(v_i, V_j) / |V_j|, \rho(v_i, V_{ip}) = \rho(v_i, V_j) \end{cases} \quad (4)$$

其中:  $|V_j| = b_j - a_j; \rho(x, \langle a, b \rangle) = \left| x - \frac{a+b}{2} \right| - \frac{b-a}{2}; K_j(v_i)$  表示待评物元  $R_0$  关于特征参数  $c_i$  的具体值  $v_i$  属于区域科技竞争力水平  $N$  的程度;  $\rho(v_i, V_j)$  为点  $v_i$  与有限区间  $V_j = \langle a_j, b_j \rangle$  的距;  $\rho(v_i, V_{ip})$  为点  $v_i$  与有限区间  $V_{ip} = \langle a_{ip}, b_{ip} \rangle$  的距;  $v_i$  为评价因子的实际数值;  $V_j = \langle a_j, b_j \rangle$  表示经典域;  $V_{ip} = \langle a_{ip}, b_{ip} \rangle$  表示节域。

### 2.2.4 确定各特征的熵权系数

在信息论中,信息熵是系统无需程度的度量<sup>[15]</sup>。信息熵定义为:

$$H(y_j) = - \sum_{i=1}^m y_{ji} \ln y_{ji} \quad (5)$$

其中:  $0 \ln 0 = 0$ ;  $m$  表示评价对象的个数;  $y_{ji}$  表示规范化的指标数值,计算公式为:

$$y_{ji} = v_{ji} / \sum_{i=1}^m v_{ji}, j=1,2,\dots,n \quad (6)$$

一般而言,综合评价中某项指标值的变异程度越大,信息熵  $H(y_j)$  越小,指标提供的信息量越大,权系数也越大;反之,该指标的权系数越小。因此,可以根据各项指标值的变异程度,利用信息熵,计算出各指标的权系数——熵权。具体计算公式如下:

$$w_j = G_j / \sum_{j=1}^n G_j \quad (7)$$

其中:  $G_j = 1 - E_j, (1 \leq j \leq n)$ ,表示指标的差异度;  $E_j = H(y_j) / \ln m$ ,称之为熵。

### 2.2.5 科技竞争力可拓综合评价

依可拓集的关联函数知,待评物元  $R_0$  关于科技竞争力  $N$  的综合关联度为

$$K_j(R_0) = \sum_{i=1}^n w_i K(v_i) \quad (8)$$

如果

$$K_{j_0}(R_0) = \max_{j \in \{1,2,\dots,m\}} K_j(R_0) \quad (9)$$

则评定  $R_0$  的科技竞争力等级为  $j_0$ 。

## 3 基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型应用与分析

根据表 1 的指标体系,以中部六省的科技统计数据(见表 2)为基础,运用基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型对中部六省科技竞争力进行评价与分析。

### 3.1 科技竞争力阈值与评价等级确定

为了更好地体现科技竞争力,需要对科技竞争力的强弱进行划分。根据《IMD 世界竞争力年鉴 2002》,结合我国科技发展现状,拟将科技竞争力分为强、一般、弱 3 个等级,即要确定 3 个经典域,故需 4 个界限值,拟以 2008 年为基准年,除 2008 年各个因子的最小值和最大值外,还需两个界限值,考虑每个科技竞争力评价因子共有 6 个指标值,对 2009 年的各指标数据分别按大小顺序排列,前三项和后三项分别取算数平均数代表科技竞争力水平的另两个界限值(限于篇幅,计算过程略),得到表示科技竞争力强、一般、弱的 3 个经典域。按照科技竞争力由“弱”到“强”分别对应于 I(弱)、II(一般)、III(强),将科技竞争力评价问题表示为:  $P = \{弱 \rightarrow 一般 \rightarrow 强\}, I = \{弱\}, II = \{一般\}, III = \{强\}$ ,且  $I, II, III \in P$ ,对于任何  $p \in P$  判断属于 I, II, III, 并计算关联程度。

### 3.2 确定经典域、节域和待评价对象

在经典域和节域的确定上,采用如下方法:①经典域的确定<sup>[16]</sup>。如前所述,以 2008 年为基准年,取科技竞争力评价因子指标的最小值  $v_i$  为指标的基准值,取科技竞争力评价因子指标的最大值  $v_i$  为指标值的目标

值,构造经典域  $\langle a_{ij}, b_{ij} \rangle$ , 结合科技竞争力等级划分的方法,确定经典域记为式(10) - (12); ② 节域的确

定。根据经典域,即可得到各指标的节域,记为式(13);

③ 根据前述分析,待评价对象记为式(14)。

$$R_1 = (I, c_i, v_{i1}) = \left[ \begin{array}{l} \text{弱} \quad \text{科技活动人员/从业人员,} \quad \langle 3, 3.36 \rangle \\ \quad \quad \text{R\&D 经费,} \quad \langle 510000, 830083.2 \rangle \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \text{工业固体废物利用率,} \quad \langle 40, 67.63 \rangle \end{array} \right] \quad (10)$$

$$R_2 = (I, c_i, v_{i2}) = \left[ \begin{array}{l} \text{一般} \quad \text{科技活动人员/从业人员,} \quad \langle 3.36, 3.5 \rangle \\ \quad \quad \text{R\&D 经费,} \quad \langle 830083.2, 880571.6 \rangle \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \text{工业固体废物利用率,} \quad \langle 67.63, 71.23 \rangle \end{array} \right] \quad (11)$$

$$R_3 = (I, c_i, v_{i3}) = \left[ \begin{array}{l} \text{一般} \quad \text{科技活动人员/从业人员,} \quad \langle 3.5, 4 \rangle \\ \quad \quad \text{R\&D 经费,} \quad \langle 880571.6, 1320000 \rangle \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \text{工业固体废物利用率,} \quad \langle 71.23, 90 \rangle \end{array} \right] \quad (12)$$

$$R_p = (P, c_i, v_{ip}) = \left[ \begin{array}{l} \text{I:III} \quad \text{科技活动人员/从业人员,} \quad \langle 3, 4 \rangle \\ \quad \quad \text{R\&D 经费,} \quad \langle 510000, 1320000 \rangle \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \text{工业固体废物利用率,} \quad \langle 40, 90 \rangle \end{array} \right] \quad (13)$$

$$R_0 = (P, c_i, v_i) = \left[ \begin{array}{l} \text{P}_0 \quad \text{科技活动人员/从业人员,} \quad v_1 \\ \quad \quad \text{R\&D 经费,} \quad v_2 \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \text{工业固体废物利用率,} \quad v_{20} \end{array} \right] \quad (14)$$

表 2 中部六省 2009 年科技竞争力指标数据

指标	山西	安徽	江西	河南	湖北	湖南
科技活动人员数占从业总人数比重(%)	3.2	3.3	3.2	3.2	3.9	3.9
R&D经费(万元)	572 980	781 883	516 110	1 221 761	1 057 682	825 422
R&D人员全时当量(千人年)	47.77	59.7	33.06	92.57	91.16	63.84
R&D经费占GDP的比重(%)	0.78	0.78	0.67	0.63	0.82	0.63
财政科技支出占财政总支出的比重(%)	1.13	1.7	0.86	1.22	1.21	1.34
人均R&D支出(元)	167.18	127.53	116.45	128.78	184.91	128.85
高技术产品出口额(百万美元)	416	502	1541	458	2 042	444
高新技术增加值(亿元)	188	340	586	809	847	523
专利申请量(件)	6 822	16 386	5 224	15 946	27 206	15 946
专利批准量(件)	3 227	8 594	2 915	8 309	11 357	8 309
技术市场成交额(亿元)	16.21	35.62	9.79	26.3	77.03	44.04
GDP增长率(%)	5.4	12.9	13.1	10.9	13.5	13.7
人均GDP(元)	21 469.32	16 413.02	17 271.9	20 533.85	22 659.27	20 386.65
第三产业增加值(亿元)	2 886.92	3 662.15	2 637.07	5 700.91	5 127.12	5 402.81
财政收入占GDP的比重(%)	10.96	8.59	7.59	5.78	6.29	6.49
城镇居民人均可支配收(元)	13 996.55	14 085.74	14 021.54	14 371.56	14 367.48	15 084.31
人均邮电业务量(元)	1 852.942	1 147.317	1 337.226	1 347.697	1 471.643	1 405.557
万元工业增加值能耗(吨标准煤)	4.55	2.1	1.674	2.708	2.35	1.57
工业废水排放达标率(%)	82.31	96.21	93.83	96.1	95.92	91.35
工业固体废物利用率(%)	60.75	85.32	41.61	74.77	75.7	78.75

### 3.3 权系数与科技竞争力评价计算

根据公式(5) - (7), 计算科技竞争力评价指标权系数, 见表 1。利用公式(4)计算山西省 2009 年各指标与科技竞争力等级的关联度, 结果如表 3。

同理可计算其它五省科技竞争力指标与科技竞争力等级的关联度。结合表中的数据, 利用公式(9)计算 2009 年中部六省的科技竞争力评价, 如表 4 所示。

### 3.4 中部六省科技竞争力评价结果分析

从表 4 可知, 湖北省科技竞争力等级为 *I*(强)、安徽、湖南和河南科技竞争力等级为 *II*(一般), 山西和江西科技竞争力等级为 *III*(弱)。

#### 3.4.1 基于科技投入指标的科技竞争力分析

科技投入是科技活动经费流动、增值的过程, 对提高科技竞争力具有重要作用<sup>[17]</sup>。山西省科技人员数占从

业人员总数的比重  $C_1$  对应的各等级的关联度分别是  $K_1(\nu_1) = -0.33332, K_2(\nu_1) = -0.33333, K_3(\nu_1) = -0.42857$ 、依据式(9)知,  $C_1$  竞争力等级为  $I$ (弱), 同理可得  $C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$  的竞争力等级分别为  $I$ (弱)、 $II$ (一般)、 $II$ (一般)、 $II$ (一般)和  $II$ (一般)。同样, 其它五省各指标对应的竞争力等级分别为: 安徽  $C_1 - C_6$  均为  $II$ (一般); 江西除  $C_4$  为  $II$ (一般)外, 其余均为  $I$ (弱); 河南  $C_4$  为  $I$ (弱),  $C_1, C_3, C_5, C_6$  为  $II$ (一般),  $C_2$  为  $III$ (强); 湖北除  $C_5$  为  $II$ (一般)外, 其余均为  $III$ (强); 湖南  $C_1$  为  $III$ (强),  $C_2, C_3, C_5, C_6$  为  $II$ (一般),  $C_4$  为  $I$ (弱)。由此可见, 这与科技综合竞争力等级结果是一致的。

表3 山西省2009年科技竞争力指标与竞争力等级的关联度

评价指标	科技竞争力等级关联度 $K(\nu_i)$		
	$I$ (弱)	$II$ (一般)	$III$ (强)
$C_1$	-0.33332	0.33333	-0.42857
$C_2$	0.10753	-0.0885	-0.46951
$C_3$	-0.05176	0.64537	-0.66152
$C_4$	-0.66667	0.16667	-0.12500
$C_5$	-0.15385	0.22222	-0.46774
$C_6$	-0.70784	-0.27847	0.62852
$C_7$	-0.00366	-0.79522	-0.99370
$C_8$	-0.01194	-0.95294	-0.98596
$C_9$	-0.03313	-0.57628	-0.87727
$C_{10}$	-0.03593	-0.82942	-0.94985
$C_{11}$	0.20101	-0.14337	-0.83503
$C_{12}$	-0.04000	-0.91489	-0.95238
$C_{13}$	-0.69245	0.05856	-0.05242
$C_{14}$	0.56144	-0.26447	-0.83823
$C_{15}$	-0.82100	-0.64865	-0.16000
$C_{16}$	0.03905	-0.03622	-0.37987
$C_{17}$	-0.92442	-0.85445	-0.05882
$C_{18}$	-0.83434	-0.71053	-0.15320
$C_{19}$	-0.11550	-0.74333	-0.85563
$C_{20}$	-0.07614	0.089811	-0.47995

表4 中部六省2009年科技竞争力等级评价

省份	$K_j(R_0)$			$K_{j_0}(R_0)$	等级 $j_0$
	$I$ (弱)	$II$ (一般)	$III$ (强)		
山西	-0.05605	-0.49170	-0.76770	-0.05605	弱
安徽	-0.37134	-0.20856	-0.50883	-0.20856	一般
江西	-0.15469	-0.44358	-0.51676	-0.15469	弱
河南	-0.43445	-0.39290	-0.41304	-0.39290	一般
湖北	-0.76127	-0.47058	-0.02003	-0.02003	强
湖南	-0.33701	-0.29928	-0.44353	-0.29928	一般

3.4.2 基于科技产出指标的科技竞争力分析

科技产出能力的大小直接影响科技竞争力的强弱<sup>[18]</sup>。本文有关科技产出的指标共5个, 中部六省科技产出指标对应的竞争力等级中, 山西1个  $II$ (一般), 4个  $I$ (弱); 安徽1个  $III$ (强), 3个  $II$ (一般), 1个  $I$ (弱); 江西1个  $III$ (强), 1个  $II$ (一般), 2个  $I$ (弱); 河

南1个  $III$ (强), 4个  $I$ (一般); 湖北及河南4个  $III$ (强), 1个  $I$ (一般); 湖南5个  $II$ (一般)。从强、一般、弱的个数比例来看(排名规则: 依次比较强、一般和弱的个数, 对应个数多的排在前, 以下同), 排名依次为湖北、河南、安徽、江西、湖南、山西。尽管江西的产出排在湖南的前面, 但产出方面的科技竞争力仍不及湖南。与2008年相比, 2009年湖南高技术产品出口额增加36.62%, 江西下降6.45%; 湖南和江西高新技术增加值占GDP的比重分别为4.01%和7.65%; 江西专利申请件数和批准件数分别为湖南的32.76%和35.08%; 湖南技术市场成交额高达44.04亿元。总体来看, 湖南科技产出竞争力强于江西。因此, 科技产出指标竞争力排序依次为湖北、河南、安徽、湖南、江西、山西, 与科技综合竞争力等级基本一致。

3.4.3 基于科技对社会经济贡献指标的科技竞争力分析

科技投入反映了科技竞争力效率, 科技对社会经济的贡献反映了科技竞争力效果<sup>[19]</sup>。在本文分析的9个指标中, 按照指标与科技竞争力等级的关联度分析可得, 山西3个  $III$ (强)、1个  $II$ (一般)、5个  $I$ (弱); 安徽6个  $II$ (一般)、3个  $I$ (弱); 江西1个  $III$ (强)、2个  $II$ (一般)、6个  $I$ (弱); 河南1个  $III$ (强)、7个  $II$ (一般)、1个  $I$ (弱); 湖北2个  $III$ (强)、7个  $II$ (一般); 湖南2个  $III$ (强)、5个  $II$ (一般)、2个  $I$ (弱)。从强、一般、弱的个数比例来看, 排名依次为山西、湖北、湖南、河南、江西、安徽。尽管山西排名第一, 但是从表1可以看出, 2009年科技对社会经济贡献的9项指标中, 山西有6项不及湖北、湖南、安徽和河南, 如GDP增长率占湖北、湖南、安徽、河南的百分比依次40%、39.42%、41.86%和49.54%; 万元工业增加值能耗分别为湖北、湖南、安徽、河南的1.94倍、2.90倍、2.17倍和1.68倍。由此可见, 在科技对社会经济发展贡献方面, 山西不及湖北、湖南、河南和安徽。再通过表1, 比较安徽和江西的科技对社会经济贡献的9项指标, 其中, 第三产业增加值、财政收入占GDP的比重、工业废水排放达标率、工业固体废物利用率4项指标是安徽明显优于江西, 且GDP增长率、城镇居民人均可支配收入、人均邮电业务量同比增长率的指标比较上, 安徽高于江西, 其余指标差别不大, 故可以得出从科技对社会经济贡献指标对科技竞争力等级的比较上安徽高于江西的结论。因此, 中部六省科技对社会经济贡献指标的竞争力排序依次为: 湖北、湖南、河南、安徽、山西、江西, 与科技综合竞争力等级结果基本一致。

## 4 结语

(1)根据表4的数据,结合前述分析得到,中部科技综合竞争力排序为湖北、安徽、湖南、河南、江西和山西,与文献《中部六省会城市科技竞争力研究报告(2009年度)》<sup>[20]</sup>科技竞争力评价结果——武汉、合肥、长沙、郑州、太原、南昌基本一致,说明了该方法的可行性和适用性。

(2)本文构建的基于熵权可拓决策的科技竞争力评价模型,能够结合信息熵的基本原理,根据待评物元(科技竞争力评价指标)的原始数据,计算确定权重,避免了以往研究中确定权重的主观性和随意性,提高了科技竞争力评价的精度和效度。同时,该模型具有可扩充性和灵活性等优点,一方面可以针对科技竞争力的单个评价指标进行单指标竞争力评价分析,另一方面也可以将多尺度评价归结为单尺度进行评价与决策,分析整个区域的科技竞争力状况,并进行有效评价。

(3)根据科技综合竞争力评价模型,能够定量给出科技综合竞争力所处的等级状态,摆脱了经典数学的二值限制,符合现象“既是又非”的临界概念,且该模型动态地揭示了科技综合竞争力的发展趋势,提高了决策与评价的科学性和现实性,为政府的科技决策与管理提供了有效的理论依据。

### 参考文献:

- [1] 赵前, 焦捷, 王以华. 中国省际科技竞争力评价——基于超效率DEA的分析[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2011, 51(6): 820-826.
- [2] 刘闯, 高琴琴. 基于FA-AHP组合赋权模型的科技产出绩效评价研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(1): 30-34.
- [3] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994.
- [4] 蔡文, 杨春燕, 何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [5] 万勇, 文豪. 中国区域创新能力的评价指标体系研究[J]. 中

- 南大学学报: 社会科学版, 2009(10): 643-646.
- [6] 周小柯, 吉生保. 中国区域科技竞争力实证研究——基于灰色关联投影模型[J]. 中国科技论坛, 2011(1): 98-104.
- [7] NELSON R R (ed.) National innovation systems: a comparative analysis[M]. New York: Oxford University Press, 1993.
- [8] FURMAN J, R. HAYES. Catching up or standing still? national innovative productivity among follower countries[J]. Research Policy, 2004(33): 1329-1354.
- [9] 瑞士洛桑国际管理开发研究院. IMD世界竞争力年鉴 2005[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2005.
- [10] 徐键叶, 袁国欣. 基于可拓方法的省际科技竞争力综合评价研究[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(17): 134-136.
- [11] 瞿英, 杨明欣, 吴祈宗. 基于Credal网络的企业科技竞争力评价模型[J]. 科学学与科学技术管理, 2009(8): 147-150.
- [12] 杨建仁, 刘卫东, 贾相如. 基于系统视角的区域科技竞争力评价指标体系研究[J]. 科技进步与对策, 2010, 27(16): 118-122.
- [13] 杨大成. 中国中西部地区科技竞争力评价与分析[J]. 统计与信息论坛, 2008, 23(6): 46-50.
- [14] 《中国科技发展研究报告 2000》研究组. 中国科技发展研究报告 2000[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2000.
- [15] YASUNO YOSHIAKI. Wave front-flatness evaluation by wave front correlation information entropy method and its application for adaptive confocal microscope [J]. Optics Communications, 2004, 232(6): 91-97.
- [16] 李玉秀, 蔡国梁, 王作雷, 等. 江苏高校科技产业状况的可拓综合评价[J]. 江苏大学学报: 高教研究版, 2004, 26(1): 54-57.
- [17] 孙玉涛, 刘凤朝, 徐茜. 基于特化系数的我国区域经济科技投入结构演变分析[J]. 管理评论, 2011, 23(2): 80-87.
- [18] 冯锋, 张雷勇, 高车, 等. 两阶段链视角下科技投入产出链效率研究——来自我国29个省市数据的实证[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(8): 33-38.
- [19] 朱帆, 余成群, 董冠鹏. 西藏自治区科技进步贡献率的测算与预测: 1990—2015[J]. 中国科技论坛, 2011(4): 91-96, 113.
- [20] 张玉平, 红串, 张国钧. 中部六省会城市科技竞争力研究报告(2009年度)[J]. 科技创新与生产力, 2010(12): 43-47.

(责任编辑: 胡俊健)