

基于 CRITIC 和 TOPSIS 的区域工业科技创新能力评价研究

王鸣涛¹, 叶春明², 赵灵玮²

(1. 安阳师范学院 计算机与信息工程学院, 安阳 455000; 2. 上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 为有效评价区域工业科技创新能力, 构建了融合绝对值指标和平均值指标的评价指标体系。以 28 个地区为研究对象, 基于目前最新的 2014—2017 年数据, 使用基于指标相关性的权重确定法 (CRITIC) 确定指标权重, 运用逼近理想解排序法 (TOPSIS) 从“静态”和“动态”两个视角评价, 识别出各地区工业科技创新能力的现状和发展。研究发现, 技术引进、自主创新、R&D 人员和经费、R&D 项目活跃度、科技成果转化始终是影响各地区工业科技创新能力提升的重要因素。“静态”评价结果显示, 中国工业科技创新能力总体一般, 地区间差异较大, “很强”和“较强”的地区只有广东、江苏、上海、北京、浙江和山东 6 个省市。“动态”评价结果显示, 工业科技创新能力发展存在明显的区域依存, 强弱格局比较稳定, 短期内难以改变。研究成果表明, 该指标体系和模型能够有效评价区域工业科技创新能力。最后, 结合重要影响因素, 给出提升工业科技创新能力的建议。

关键词: 区域; 工业; 科技创新能力; 基于指标相关性的权重确定法; 逼近理想解排序法
中图分类号: F 406.3 **文献标志码:** A

Evaluation of regional industrial S&T innovation capability based on CRITIC and TOPSIS

WANG Mingtao¹, YE Chunming², ZHAO Lingwei²

(1. School of Computer and Information Engineering, Anyang Normal University, Anyang 455000, China;
2. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to effectively evaluate the regional industrial S&T innovation capability, an evaluation index system integrating absolute value indexes and average value indexes was constructed. Based on the latest data of 28 regions from 2014 to 2017, the weights of indicators were determined by CRITIC method and the current situation and development of industrial S&T innovation capability in 28 regions were identified by TOPSIS method from two perspectives of "static" and "dynamic" evaluation. It is found that technology introduction, independent innovation, R&D personnel and funds, R&D project activity, and the transformation of S&T achievements are always the important factors affecting

收稿日期: 2019-05-24

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71840003)

第一作者: 王鸣涛 (1984-), 男, 讲师。研究方向: 经济信息管理。E-mail: wangmingtao368@126.com

通信作者: 叶春明 (1964-), 男, 教授。研究方向: 管理科学与工程。E-mail: yechm6464@163.com

the upgrading of regional industrial S&T innovation capability. The results of "static" evaluation show that China's industrial S&T innovation capability is general as a whole, with great regional differences. Only six provinces and cities namely Guangdong, Jiangsu, Shanghai, Beijing, Zhejiang and Shandong are "very strong" and "strong". The results of "dynamic" evaluation show that there is obvious regional dependence in the development of industrial S&T innovation capability, the pattern of strength and weakness is relatively stable, and it is difficult to change in short term. The research results also show that the index system and model presented can effectively evaluate the regional industrial S&T innovation ability. Finally, combined with the important affecting factors, some suggestions were given to improve the innovation ability of industrial S&T.

Keywords: regional; industry; S&T innovation capability; CRITIC; TOPSIS

党的十八大提出的建设“创新型国家”，就是要推动以科技创新为核心的全面创新。“创新型区域”是“创新型国家”的基本单元，工业科技创新是“创新型区域”建设的中坚力量，固然也是“创新型国家”建设的强力支撑。因此，科学地评价区域工业科技创新能力，识别现状，分析影响因素，有助于引导区域工业科技创新向着高质量、卓越迈进。

当前对区域工业科技创新的相关研究主要集中在对创新“效率”而非创新“能力”的评价。文献[1-3]分别以海洋业、煤炭业和装备制造业为研究对象对行业技术创新效率进行评价。文献[4-9]均以工业为评价对象，文献[10-11]以高技术产业为评价对象，从两阶段(科技创新投入、产出)或三阶段(科技创新投入、中间投入、产出)着手筛选指标，对全国 28~31 个地区进行评价。

综合来看，目前以“区域工业科技创新”为视角进行研究的学者，主要评价的是“投入与产出之间”的“转化效率”，并非“投入、活动、产出、效益”多方面融合的“整体能力”，本文尝试弥补现有研究的不足。通过研读《中国科技统计年鉴》，借鉴相关文献，本文构建了区域工业科技创新能力评价指标体系，融合绝对值指标和平均值指标，使用基于指标相关性的权重确定法(CRITIC)确定权重，运用逼近理想解排序法(TOPSIS)进行实证研究。考虑到数据来源的完整性，对中国 28 个地区(不含西藏、青海、海南)工业科技创新能力进行“静态”和“动态”两个视角的综合评价，并详细分析了评价结果，给出了提升科技创新能力的建议。

1 评价指标体系设计

1.1 工业科技创新能力的界定

关于科技创新能力的具体内涵，并没有权威的统一界定。借鉴文献[12-13]，本文认为可以从科技创新内在运作机制角度界定工业科技创新能力，即在科技创新投入(如人力、财力)的基础上，积极开展科技创新活动(如各种研发项目)，产出科技创新成果(如各种知识产权等)，并成功实施转化，实现科技创新效益(如成果转化收入)。因此，本文从科技创新投入、科技创新活动、科技创新产出、科技创新效益 4 个方面综合评价工业科技创新能力。

1.2 评价指标体系的设计

按照科技创新投入、科技创新活动、科技创新产出、科技创新效益 4 个方面，优中选优地甄选指标，借鉴文献[4-9]，同时重点关注《中国科技统计年鉴》中关于工业部分的统计，将绝对值指标和平均值指标相结合，构建了“可行可靠”的区域工业科技创新能力评价指标体系，如表 1 所示。其中， $A_1, A_3, A_5, B_1, B_3, C_1, C_3, D_1$ 为绝对值指标， $A_2, A_4, A_6, B_2, B_4, C_2, C_4, D_2$ 为平均值指标。

2 研究方法

2.1 CRITIC 法

CRITIC 法将指标内变异性和指标间冲突性相结合来综合确定指标的权重。指标内变异性是指同一指标各个评价对象数据之间的差异程度，用标准差衡量。指标间冲突性是指不同指标之间的

表1 区域工业科技创新能力评价指标体系

Tab.1 Evaluation index system of the regional industrial S&T innovation capability

一级指标	二级指标
科技创新投入(A)	技术引进经费(A ₁)/亿元
	企均技术引进经费(A ₂)/(万元·个 ⁻¹)
	R&D 人员全时当量(A ₃)/人年
	企均 R&D 人员全时当量(A ₄)/(人年·个 ⁻¹)
	R&D 经费内部支出(A ₅)/亿元
	企均 R&D 经费内部支出(A ₆)/(万元·个 ⁻¹)
科技创新活动(B)	R&D 项目数量(B ₁)/项
	企均 R&D 项目数量(B ₂)/(项·个 ⁻¹)
	新产品开发项目数量(B ₃)/项
	企均新产品开发项目数量(B ₄)/(项·个 ⁻¹)
	发明专利申请数量(C ₁)/件
科技创新产出(C)	企均发明专利申请数量(C ₂)/(件·个 ⁻¹)
	有效发明专利数量(C ₃)/件
	企均有效发明专利数量(C ₄)/(件·个 ⁻¹)
	新产品销售收入(D ₁)/亿元
科技创新效益(D)	企均新产品销售收入(D ₂)/(亿元·个 ⁻¹)
	新产品销售收入占主营业务收入比重(D ₃)/%

差异程度，以指标之间的相关系数为基础来延伸衡量^[14]。

CRITIC 法的步骤是^[14]：

设有 m 个评价对象， n 个指标。

a. 数据标准化。

本文的指标均为正向指标，采用极差法进行数据标准化处理。

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \min y_{ij}}{\max y_{ij} - \min y_{ij}}$$

(1)

式中： y_{ij} 表示第 i 个评价对象的第 j 个指标的原数据； x_{ij} 为标准化后的数据； $i=1, 2, \cdots, m$ ； $j=1, 2, \cdots, n$ 。

b. 计算每个指标内的变异性。

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{m}}$$

(2)

式中， σ_j 表示标准差。

c. 计算指标间的冲突性。

$$R_j = \sum_{t=1}^n (1 - r_{tj})$$

(3)

式中， r_{tj} 表示指标 t 和指标 j 之间的相关系数。

本文的指标均为定距变量，因此采用 Pearson 相关系数，表示为

$$r_{tj} = \frac{\sum_{i=1}^m (x_{it} - \bar{x}_t)(x_{ij} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{it} - \bar{x}_t)^2 \cdot \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}}$$

(4)

d. 计算每个指标的信息量。

$$C_j = \sigma_j R_j$$

(5)

e. 计算每个指标的权重。

$$w_j = C_j / \sum_{j=1}^n C_j$$

(6)

2.2 TOPSIS 法

TOPSIS 法通过检测评价对象与正理想解、负理想解的距离来进行排序。若评价对象最靠近正理想解同时又远离负理想解，则为最好方案，否则为最差方案^[15]。

TOPSIS 法的步骤是^[15]：

设有 m 个评价对象， n 个指标。

a. 用向量规范化求得规范矩阵 p 。

$$p_{ij} = y_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}$$

(7)

b. 确定加权规范矩阵 z 。

$$z_{ij} = w_j p_{ij}$$

(8)

c. 确定每个指标的正理想解和负理想解。

$$\begin{aligned} \text{正理想解 } z_j^+ &= \max z_{ij} \\ \text{负理想解 } z_j^- &= \min z_{ij} \end{aligned}$$

(9)

d. 分别计算各评价对象到正理想解和负理想解的距离。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2}$$

(10)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2}$$

(11)

e. 计算各评价对象到正理想解的贴近度。

$$T_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

(12)

3 实证研究

3.1 数据来源

本文的指标数据需要从《中国科技统计年鉴》获取。截至 2019 年 5 月, 最新的是 2018 年《中国科技统计年鉴》。根据表 1 的评价指标体系, 考虑各指标数据的完整性, 选取 28 个地区(不含西藏、青海、海南)为研究对象, 从 2015—2018 年《中国科技统计年鉴》获取 2014—2017 年的数据, 由于篇幅限制, 这里不再列出。

3.2 指标权重的计算和重要因素分析

基于 2014—2017 年的数据, 使用 CRITIC 法计算出指标的权重, 见表 2, 对 2017 年权重排名前 5 位的指标进行分析。

- a. 企均技术引进经费(A₂)。
- 引进国外先进成熟的技术, 是推动科技进步的一个重要途径。引进的技术主要包括产品设

计、工艺流程、配方、专利等。因此, 企均技术引进经费能够反映某区域工业引进国外先进技术的强度。表 2 显示: 该指标的权重除了在 2016 年位居第 2 位之外, 其余 3 年都是第 1 位。这说明近 4 年里, 技术引进的强度是影响各地区工业科技创新能力的第一要素。

- b. R&D 项目数量(B₁)。
- R&D 项目的实施能够产生大量科技成果, R&D 项目数量是反映某区域工业 R&D 活跃度的重要指标。表 2 显示: 其权重排名从 2014 年的第 4 位上升到 2017 年的第 2 位, 在 2016 年曾位居第 1 位; 此外, 其权重值逐年增加。无论排名还是权重值的变化, 都说明 R&D 项目活跃度对各地区工业科技创新能力的影响力逐年增加。
- c. R&D 经费内部支出(A₅)。
- R&D 经费内部支出用于基础研究、应用研究和试验发展, 如用于对引进技术的消化吸收和改造, 以及自主研发的经费支出。该指标能够反映某区域工业对提升自主创新能力的重视度。表 2 显示: 其权重排名在 2014—2017 年始终在前

表 2 2014—2017 年区域工业科技创新能力评价指标权重值

Tab.2 Weight values of evaluation indexes for the regional industrial S&T innovation capability in 2014—2017

指标	2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
	权重	排名	权重	排名	权重	排名	权重	排名
A ₂	0.076 7	1	0.091 9	1	0.070 2	2	0.076 3	1
B ₁	0.067 2	4	0.067 8	2	0.072 3	1	0.073 5	2
A ₅	0.069 9	2	0.065 4	3	0.066 5	4	0.070 3	3
A ₃	0.068 5	3	0.062 7	5	0.064 0	5	0.068 8	4
D ₃	0.062 9	6	0.059 1	9	0.059 6	8	0.064 6	5
A ₁	0.055 3	12	0.051 2	13	0.061 8	6	0.060 9	6
D ₂	0.056 3	11	0.059 5	8	0.059 5	9	0.058 6	7
A ₆	0.058 5	9	0.059 6	7	0.058 4	10	0.057 8	8
B ₃	0.063 2	5	0.063 6	4	0.067 3	3	0.057 4	9
D ₁	0.061 5	7	0.060 7	6	0.060 9	7	0.057 4	10
B ₂	0.059 5	8	0.059 1	10	0.057 7	12	0.057 0	11
A ₄	0.056 7	10	0.055 4	11	0.058 2	11	0.051 6	12
C ₄	0.046 7	16	0.050 9	14	0.050 4	14	0.051 5	13
C ₁	0.051 8	13	0.051 8	12	0.051 5	13	0.049 5	14
B ₄	0.049 9	14	0.046 8	16	0.047 3	16	0.049 4	15
C ₂	0.045 9	17	0.047 8	15	0.047 8	15	0.048 4	16
C ₃	0.049 5	15	0.046 7	17	0.046 8	17	0.047 1	17

4位,波动较小;权重值波动也很小。这说明近4年里,R&D经费内部支出是影响各地区工业科技创新能力的重要稳定因素。

d. R&D人员全时当量(A_3)。

R&D人员全时当量是国际上衡量科技创新人力投入的通用指标。表2显示:其权重排名在2014—2017年始终在前5位,波动较小;权重值波动也很小。这说明近4年里,R&D人员全时当量是影响各地区工业科技创新能力的重要稳定因素。

e. 新产品销售收入占主营业务收入比重(D_3)。

该指标评价新产品销售收入对主营业务收入的贡献度,能够反映某区域工业科技成果转化产生经济效益的能力。表2显示:虽然排名和权重值在2015年和2016年有所下降,但2017年权重值再次回升,排名第5位。这说明近4年里,该指标依然是影响各地区工业科技创新能力的重要因素。

综上,影响各地区工业科技创新能力的重要因素是技术引进、自主创新、R&D人员和经费的投入、R&D项目活跃度、科技成果转化。

3.3 区域工业科技创新能力的“静态”评价

基于2017年的指标数据和权重,采用TOPSIS法对28个地区工业科技创新能力进行评价并排名,结果见表3。

将科技创新能力分为“很强”、“较强”、“一般”、“较弱”、“很弱”5个等级。借鉴文献[16]的等级划分方法,以28个地区工业综合科技创新能力 T_i 的平均值0.200为基准,取其200%,150%,100%,50%,即0.400,0.300,0.200,0.100为分界值进行等级划分。 $T_i \geq 0.400$ 为“很强”, $0.400 > T_i \geq 0.300$ 为“较强”, $0.300 > T_i \geq 0.200$ 为“一般”, $0.200 > T_i \geq 0.100$ 为“较弱”, $0.100 > T_i \geq 0$ 为“很弱”。据此,将28个地区归为5个等级,见表4。

a. 工业科技创新能力“很强”的地区。

这类地区是广东、江苏、上海、北京和浙江。5个地区大多位于东部沿海,经济发达,拥有大量的优秀科研人才,以及实力雄厚的工业企业。多数国家自主创新示范区坐落于此,广东有深圳和珠三角共2个国家自主创新示范区,江苏有苏南,上海有张江,北京有中关村,浙江有杭州、温州和宁波共3个国家自主创新示范区。

5个地区之所以“很强”,是因为其在5项重要指标上的强势表现。2017年5个地区“企均技术引进经费”合计229.55亿元,占28个地区总额的57.7%;“R&D项目数量”合计23.03万项,占总数的51.9%;“R&D经费内部支出”合计5538.14亿元,占总额的46.2%;“R&D人员全时当量”合计138.81万人年,占总数的50.8%;“新产品销售收入占比”排名均领先。

b. 工业科技创新能力“较强”的地区。

这类地区是山东,位于东部沿海,经济发达。山东拥有众多科研实力强劲的企业,最具代表性的如海尔和海信。此外,山东半岛国家自主创新示范区是山东工业科技创新的中坚力量之一。

全局来看,山东工业科技创新能力4个方面排名中(见表3),产出和效益排名相对落后(第7位和第6位),说明投入产出率需要提高,科技成果转化需要加强。

重点来看,从5项重要指标数据排名监测,最大短板是“企均技术引进经费”,为3.43亿元,远低于平均值14.20亿元,排名第18位;“新产品销售收入占比”是另一短板因素,为12.87%,与最高值32.16%差距较大,排名第13位。因此,山东工业需要重视技术引进对科技进步的重要作用,加大国际先进技术引进力度。同时,促进更多高质量科技成果转化为新产品,提升销售收入。

c. 工业科技创新能力“一般”的地区。

这类地区是天津、重庆和安徽,位于中部,经济一般。

全局来看,3个地区在工业科技创新能力4个方面都不均衡(见表3),天津和安徽的科技创新投入(排名第8位、第14位)、重庆的科技创新产出(排名第14位)相对落后,说明天津和安徽需要加大技术引进经费、R&D人员和经费的投入,重庆需要在人力财力投入的基础上,提高科技成果产量,尤其是专利的数量。

重点来看,从3个地区工业科技创新的5项重要指标数据排名监测:天津的短板因素是“R&D经费内部支出”和“R&D人员全时当量”;重庆的短板因素是“R&D项目数量”、“R&D经费内部支出”和“R&D人员全时当量”;安徽的短板因素是“企均技术引进经费”。3个地区需要从各自关键短板因素着手改

表 3 2017 年中国 28 个地区工业科技创新能力排名

Tab.3 Ranking of industrial S&T innovation capability of 28 regions of China in 2017

地区	科技创新投入		科技创新活动		科技创新产出		科技创新效益		综合科技创新能力	
	T_i	排名	T_i	排名	T_i	排名	T_i	排名	T_i	排名
广东	0.572	2	0.784	1	0.762	1	0.775	1	0.665	1
江苏	0.468	3	0.667	3	0.418	3	0.649	2	0.510	2
上海	0.638	1	0.264	7	0.283	4	0.543	4	0.493	3
北京	0.468	4	0.359	6	0.463	2	0.451	5	0.443	4
浙江	0.326	7	0.707	2	0.171	8	0.604	3	0.411	5
山东	0.352	5	0.429	4	0.220	7	0.426	6	0.348	6
天津	0.221	8	0.389	5	0.239	6	0.425	7	0.297	7
重庆	0.331	6	0.233	9	0.100	14	0.410	8	0.280	8
安徽	0.134	14	0.247	8	0.247	5	0.344	10	0.216	9
湖北	0.174	10	0.148	13	0.110	11	0.305	11	0.176	10
湖南	0.146	13	0.111	19	0.105	12	0.373	9	0.173	11
辽宁	0.151	11	0.172	11	0.131	10	0.262	12	0.167	12
福建	0.180	9	0.178	10	0.087	15	0.142	18	0.157	13
河南	0.147	12	0.155	12	0.061	18	0.187	14	0.138	14
四川	0.099	19	0.145	14	0.138	9	0.123	21	0.122	15
河北	0.122	16	0.122	16	0.044	24	0.169	16	0.114	16
内蒙古	0.131	15	0.067	24	0.065	17	0.134	20	0.107	17
山西	0.115	17	0.089	21	0.059	20	0.141	19	0.103	18
陕西	0.108	18	0.088	22	0.101	13	0.091	23	0.101	19
江西	0.074	20	0.124	15	0.039	26	0.172	15	0.095	20
宁夏	0.057	23	0.119	17	0.080	16	0.093	22	0.083	21
吉林	0.055	25	0.022	27	0.004	28	0.212	13	0.081	22
黑龙江	0.073	21	0.106	20	0.054	22	0.068	24	0.077	23
云南	0.056	24	0.112	18	0.055	21	0.058	25	0.071	24
甘肃	0.059	22	0.071	23	0.060	19	0.029	26	0.060	25
广西	0.025	26	0.035	25	0.042	25	0.149	17	0.059	26
贵州	0.024	27	0.029	26	0.050	23	0.027	27	0.034	27
新疆	0.005	28	0.000	28	0.021	27	0.008	28	0.011	28

表 4 2017 年中国 28 个地区工业科技创新能力等级划分

Tab.4 Grade division of the industrial S&T innovation capability of 28 regions of China in 2017

科技创新能力	T_i	地区
很强	$T_i \geq 0.400$	广东、江苏、上海、北京、浙江
较强	$0.400 > T_i \geq 0.300$	山东
一般	$0.300 > T_i \geq 0.200$	天津、重庆、安徽
较弱	$0.200 > T_i \geq 0.100$	湖北、湖南、辽宁、福建、河南、四川、河北、内蒙古、山西、陕西
很弱	$0.100 > T_i \geq 0$	江西、宁夏、吉林、黑龙江、云南、甘肃、广西、贵州、新疆

善,逐步提升。

d. 工业科技创新能力“较弱”的地区。

这类地区是湖北、湖南、辽宁、福建、河南、四川、河北、内蒙古、山西和陕西,大多都是中部内陆地区,经济一般。

全局来看,多数地区在工业科技创新能力4个方面不均衡(见表3),如湖北和湖南的科技创新活动(排名第13位、第19位)、福建的科技创新效益(排名第18位)、河南和河北的科技创新产出(排名第18位、第24位)、四川的科技创新投入和效益(分别排名第19位、第21位)、内蒙古和陕西的科技创新活动和效益(第24/20位、第22/23位),山西的科技创新活动和产出(排名第21位、第20位),都是这些地区4个方面中相对的短板之处,需要加强。

重点来看,从10个地区工业科技创新的5项重要指标数据排名监测,湖北和河北比较均衡,没有明显短板因素;湖南的相对短板因素是“企均技术引进经费”和“R&D项目数量”;河南和四川的相对短板因素是“企均技术引进经费”和“新产品销售收入占比”;福建和陕西的相对短板因素是“新产品销售收入占比”;辽宁、内蒙古和山西的相对短板因素较多,是“R&D项目数量”、“R&D经费内部支出”、“R&D人员全时当量”和“新产品销售收入占比”,8个地区需要从各自短板因素着手改善,逐步提升。

e. 工业科技创新能力“很弱”的地区。

这类地区是江西、宁夏、吉林、黑龙江、云南、甘肃、广西、贵州和新疆。其中,宁夏、云南、甘肃、贵州、新疆是西部地区,经济比较落后;吉林和黑龙江是东北老工业基地,产业结构优化转型需要较长时间;江西的工业企业科技实力不具优势。这些地区无论在工业科技创新能力4个方面,还是在5个重要指标数据上,都全面落后,具体不再分析。

综上,中国工业科技创新能力整体一般,而且地区间差异化较大,大体呈现从东部到中部、再到西部的由强到弱。

3.4 区域工业科技创新能力的“动态”评价

为了把握区域工业科技创新能力的动态变化趋势,进一步选取2014—2016年数据,和2017年数据一起,基于表2中2014—2017年的指标权重,使用TOPSIS法计算,比较2014—2017年

28个地区工业科技创新能力的动态变化情况,评价结果见表5。

将28个地区工业科技创新能力的动态变化分为7类,见表6。

a. 排名“始终领先”的地区。

这类地区是广东、江苏、上海、北京和浙江,如图1所示,在2014—2017年一直都是全国前5名,尤其是广东和江苏,始终占据第1位和第2位。

b. 排名“始终靠前”的地区。

这类地区是山东、天津、重庆和安徽,如图2所示,2014—2017年始终稳居全国6~10名。

c. 排名“始终落后”的地区。

这类地区是黑龙江、云南、广西、贵州、新疆。如图3所示,黑龙江位居第21~23位,云南在第24~26位,广西在第23~26位,贵州和新疆始终是第27—28位。

d. 排名“有所上升”的地区。

这类地区是辽宁、河北、江西。如图4所示,辽宁在2014—2017年的排名分别是18, 21, 14, 12, 河北的排名分别是20, 20, 16, 16, 江西的排名分别是25, 25, 22, 20。

对比分析2014—2017年指标数据发现,3个地区强势增长点中就有5个重要指标不同的影子,印证了它们就是工业科技创新能力提升的重要因素。

辽宁增幅最大的指标是“企均有效发明专利数量”,2017年较2014年增幅高达398%;其次是“企均技术引进经费”,增幅为143%。河北增幅最大的是“有效发明专利数量”,为195%;其次是“企均技术引进经费”,为112%。江西增幅最大的是“有效发明专利数量”,为219%;其次是“R&D项目数量”,增幅为127%。

e. 排名“持续下降”的地区。

这类地区是陕西、宁夏、甘肃。如图5所示,陕西2014—2017年的排名分别是13, 16, 15, 19, 宁夏的排名分别是16, 17, 19, 21, 甘肃的排名分别是21, 22, 26, 25。

对比分析2014—2017年指标数据可以发现,3个地区降幅较大的指标中有5个重要指标不同的影子,印证了它们就是工业科技创新能力下降的重要因素。

陕西体现在科技创新“投入”和“活动”两个

表 5 2014—2017 年中国 28 个地区工业科技创新能力排名

Tab.5 Ranking of industrial S&T innovation capability of 28 regions of China in 2014—2017

地区	2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
	T_i	排名	T_i	排名	T_i	排名	T_i	排名
广东	0.614	1	0.620	1	0.658	1	0.665	1
江苏	0.568	2	0.538	2	0.532	2	0.510	2
上海	0.463	4	0.431	5	0.512	3	0.493	3
北京	0.517	3	0.518	3	0.442	4	0.443	4
浙江	0.420	5	0.436	4	0.432	5	0.411	5
山东	0.376	6	0.351	6	0.350	6	0.348	6
天津	0.355	7	0.346	7	0.321	7	0.297	7
重庆	0.281	8	0.331	8	0.248	8	0.280	8
安徽	0.207	9	0.211	10	0.212	9	0.216	9
湖北	0.173	11	0.168	12	0.165	11	0.176	10
湖南	0.185	10	0.184	11	0.171	10	0.173	11
辽宁	0.122	18	0.096	21	0.133	14	0.167	12
福建	0.166	12	0.145	13	0.142	12	0.157	13
河南	0.152	14	0.141	14	0.134	13	0.138	14
四川	0.135	17	0.105	19	0.105	17	0.122	15
河北	0.106	20	0.104	20	0.106	16	0.114	16
内蒙古	0.144	15	0.129	15	0.086	20	0.107	17
山西	0.113	19	0.109	18	0.100	18	0.103	18
陕西	0.158	13	0.120	16	0.107	15	0.101	19
江西	0.056	25	0.063	25	0.078	22	0.095	20
宁夏	0.137	16	0.117	17	0.088	19	0.083	21
吉林	0.059	24	0.229	9	0.076	23	0.081	22
黑龙江	0.101	22	0.087	23	0.083	21	0.077	23
云南	0.042	26	0.064	24	0.067	24	0.071	24
甘肃	0.106	21	0.089	22	0.062	26	0.060	25
广西	0.062	23	0.060	26	0.064	25	0.059	26
贵州	0.041	27	0.033	27	0.027	27	0.034	27
新疆	0.029	28	0.029	28	0.019	28	0.011	28

方面。降幅最大的指标是“企均技术引进经费”，为 35%；其次是“R&D 项目数量”和“新产品开发数量”，均为 23%。

宁夏负增长主要是在技术引进经费方面出现大幅下降，导致“企均技术引进经费”降幅为 94%。

甘肃负增长体现在科技创新“投入”、“活动”和“效益”3 个方面。降幅最大指标是“企均

有效发明专利数量”，为 140%；其次是“企均技术引进经费”，为 96%。

f. 排名“波动较小”的地区。

这类地区是湖北、湖南、福建、河南、山西，4 年中排名波动幅度仅为 1~2 个名次。如图 6 所示，湖北在第 10~12 位、湖南在第 10~11 位，福建在第 12~13 位，河南在第 13~14 位，山西在第 18~19 位。

表 6 2014—2017 年中国 28 个地区工业科技创新能力动态变化
Tab.6 Dynamic change of industrial S&T innovation capability of 28 regions of China in 2014—2017

序号	排名变化	地区
1	始终领先	广东、江苏、上海、北京、浙江
2	始终靠前	山东、天津、重庆、安徽
3	始终落后	黑龙江、云南、广西、贵州、新疆
4	有所上升	辽宁、河北、江西
5	持续下降	陕西、宁夏、甘肃
6	波动较小	湖北、湖南、福建、河南、山西
7	波动较大	吉林、内蒙古、四川

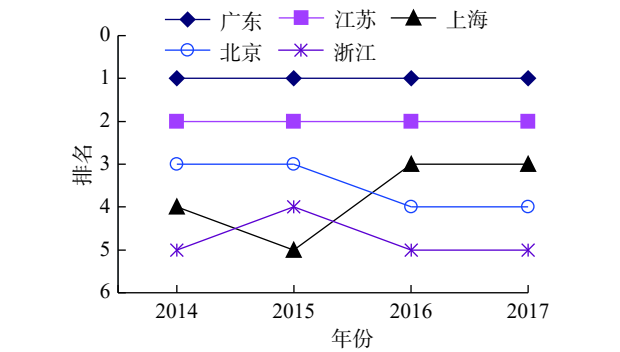


图 1 2014—2017 年工业科技创新能力排名“始终领先”地区名次
Fig.1 Ranking of regions with "always leading" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

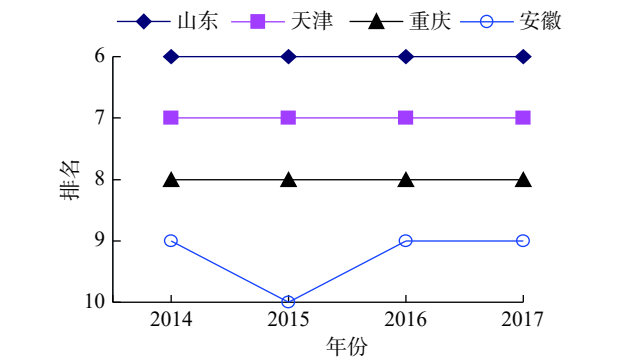


图 2 2014—2017 年工业科技创新能力排名“始终靠前”地区名次
Fig.2 Ranking of regions with "always forward" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

g. 排名“波动较大”的地区。

这类地区是吉林、内蒙古、四川，如图 7 所示，吉林在 2014—2017 年的排名分别是 24，9，23，22，内蒙古的排名分别是 15，15，20，17，四川的排名分别是 17，19，17，15。

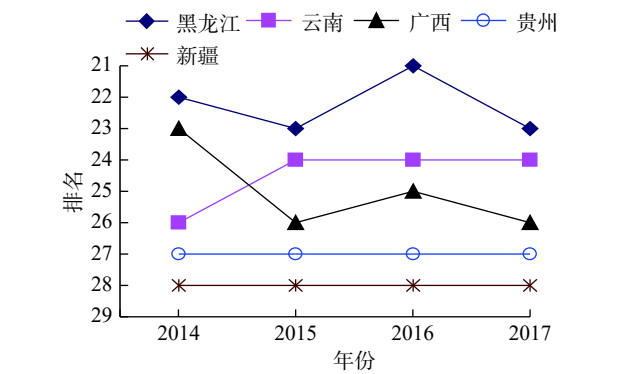


图 3 2014—2017 年工业科技创新能力排名“始终落后”地区名次
Fig.3 Ranking of regions with "always backward" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

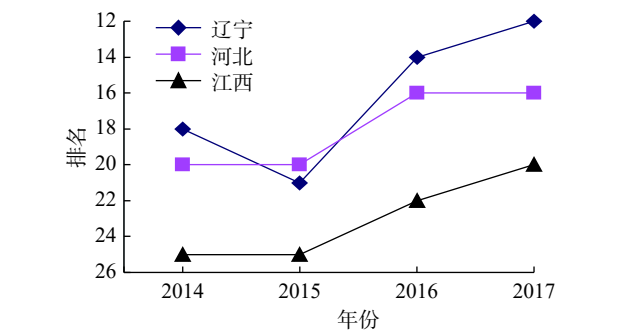


图 4 2014—2017 年工业科技创新能力排名“有所上升”地区名次
Fig.4 Ranking of regions with "rising" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

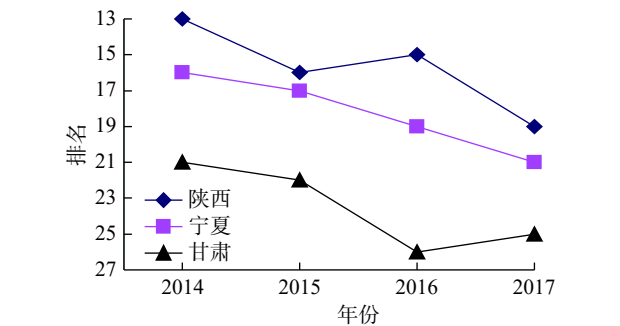


图 5 2014—2017 年工业科技创新能力排名“持续下降”地区名次
Fig.5 Ranking of regions with "continuous decline" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

重点分析波动最大的吉林。对比 2014—2017 年指标数据发现，波动较大是因为 2015 年吉林加大了技术引进，经费远超其他 3 年。权重最大的指标“企均技术引进经费”，在 2015 年为 47.24 万元，不仅远超 2014 年的 1.67 万元、2016 年的 8.56 万元、2017 年的 8.76 万元，而且当年轻次于北京的

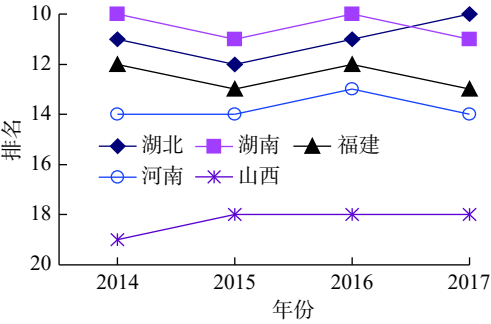


图6 2014—2017年工业科技创新能力排名“波动较小”地区名次

Fig. 6 Ranking of regions with "less volatile" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

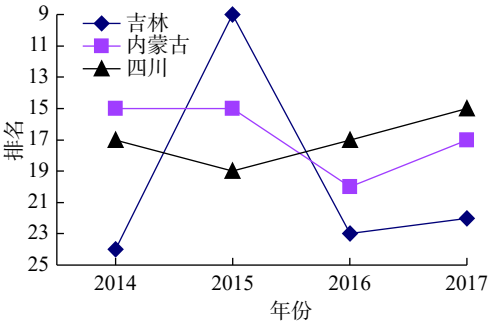


图7 2014—2017年工业科技创新能力排名“波动较大”地区名次

Fig. 7 Ranking of regions with "highly volatile" in the rank of industrial S&T innovation capability in 2014—2017

84.86 万元、上海的 56.08 万元、重庆的 54.52 万元,排名第 4 位。因此,吉林在 2015 年的排名较高。

综上,工业科技创新能力的变化较大程度上受到重要因素的影响。大多数地区排名变化不大,说明工业科技创新能力动态发展存在明显的区域依存,而且这种排名格局稳定性较高,短期内很难改变。

4 研究结论与政策建议

4.1 研究结论

以区域工业科技创新能力评价为视角,构建了涵盖科技创新投入、活动、产出和效益 4 个方面的评价指标体系,运用 CRITIC 法和 TOPSIS 法从“静态”和“动态”两个视角对 28 个地区进行综合评价,得到以下结论:

a. 影响工业科技创新能力提升的重要因素为技术引进、自主创新、R&D 人员和经费、R&D 项目活跃度、科技成果转化。

b. “静态评价”结论:
第一,中国工业科技创新能力整体一般,28 个地区中只有 5 个地区为“很强”,1 个地区为“较强”,6 个地区占比仅为 21.4%;
第二,地区间工业企业科技创新能力差异化较大;
第三,地区分布呈现从东部到中部、再到西部的由强到弱格局。

c. “动态评价”结论:
第一,28 个地区工业科技创新能力呈现 7 类不同的动态发展;
第二,大多数地区排名变化较小,显示工业科技创新能力动态发展存在稳定的区域依存。

d. 指标体系和模型能够有效评价区域工业科技创新能力。
从评价结果来看,构建的评价指标体系具备合理性和实用性,评价模型具备有效性。

4.2 政策建议

大多数地区工业科技创新能力需要提升,结合重要影响因素,提出如下建议:

- a. 加强先进成熟技术引进。
企业应该立足自身发展战略,精心选择相匹配的先进成熟技术。引进之前,必须对技术进行技术生命周期和技术复杂度论证,避免引入即将淘汰的技术和自身技术团队难以有效消化吸收利用的技术。
- b. 积极推进自主创新。
加强引进技术的消化吸收和再创新。如积极建设技术创新联盟,联合实施消化吸收再创新;同时聚焦重点,在战略性高技术行业,每年发布消化吸收再创新重点技术名单,引领技术发展方向。此外,积极开展国内外科技交流合作,充分利用科技资源,在更高起点上推进自主创新。
- c. 提升 R&D 项目活跃度,产出优秀科技成果。
大力建设企业科技创新平台。以国家战略需求为导向,瞄准前沿科技领域,创建更多国家级重点实验室,培育规模较大、研发能力较强的企业研究院。以市场为导向,大力开展 R&D 项目的申报和研究,产出市场需求的高价值科技成果。
- d. 促进科技成果转化。
加大各类科技服务机构建设,如生产力促进中心、孵化器及创业服务中心、技术转移机构、知识产权服务机构等。进一步深化产学研合作,

组织大型产学研科技成果对接交流签约专项活动,为企业自身研发的科技成果添砖加瓦。

e. 加大科研人员和经费投入。

加快引进顶级的科技人才和创新团队,同时培养一流的领军人才,提升技术研发水平。加大投入科研经费,可以采取政府支持、企业联盟等多种形式。

参考文献:

- [1] LI T C, HAN D R, DING Y Y, et al. The operation evaluation of China's marine industry technology innovation system[J]. *Journal of Coastal Research*, 2018(, 83(10083): 807–813.
- [2] WANG W S, ZHANG C Y. Evaluation of relative technological innovation capability: model and case study for China's coal mine[J]. *Resources Policy*, 2018, 58: 144–149.
- [3] SI L B, QIAO H Y. Evaluation of technological innovation efficiency in equipment manufacturing industry based on input orientation-panel data analysis based on data envelopment model[J]. *Journal of Discrete Mathematical Sciences and Cryptography*, 2017, 20(6/7): 1381–1386.
- [4] 王义新, 孔锐. 价值链视角下规模以上工业企业科技创新效率及关键影响因素研究——基于 DEA-Tobit 两阶段模型[J]. *科技管理研究*, 2019, 39(3): 136–142.
- [5] 苏日古嘎, 马占新. “一带一路”重点省区企业科技创新效率评价——基于广义 DEA 模型的实证分析[J]. *科学管理研究*, 2018, 36(6): 90–93.
- [6] 范震, 汪浩祥, 马开平, 等. “十二五”期间我国地区企业科技创新工作效率评价——基于 DEA 模型[J]. *科技*

管理研究, 2017, 37(22): 65–70.

- [7] 李鸿禧, 迟国泰. 基于 DEA-t 检验的以企业为主体的科技创新效率评价[J]. *中国管理科学*, 2016, 24(11): 109–119.
- [8] 陈兴海, 鲁文霞, 赵兴祥. 基于 DEA-Tobit 模型的特级资质建筑企业科技创新效率测度[J]. *科技进步与对策*, 2016, 33(16): 17–20.
- [9] 柴玮, 申万, 毛亚林. 基于 DEA 的我国资源型企业科技创新绩效评价研究[J]. *科研管理*, 2015, 36(10): 28–34.
- [10] CHEN S B, FENG Y Q, LIN C R, et al. Innovation efficiency evaluation of new and high technology industries based on DEA-Malmquist index[J]. *Journal of Interdisciplinary Mathematics*, 2017, 20(6/7): 1497–1500.
- [11] SUN G, XIA W L. Evaluation method for innovation capability and efficiency of high technology enterprises with interval-valued intuitionistic fuzzy information[J]. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 2016, 31(3): 1419–1425.
- [12] 朱新玲, 甘丽华. 长江经济带科技创新能力综合评价与发展变化研究[J]. *科技管理研究*, 2018, 38(3): 107–112.
- [13] 李浩. 多层次、各具特色的区域创新格局日渐形成——《中国区域科技创新评价报告 2018》发布[J]. *科技中国*, 2018(12): 37–40.
- [14] 蒋致远, 王力召. P2P 网贷平台竞争力评价体系研究——基于改进的 CRITIC-GRAP 模型[J]. *系统科学学报*, 2019, 27(3): 62–67.
- [15] 刘钻石, 耿秀丽. 面向顾客满意度的服务供应商评价[J]. *上海理工大学学报*, 2016, 38(6): 568–575.
- [16] 陈耀, 赵芝俊, 高芸. 中国区域农业科技创新能力排名与评价[J]. *技术经济*, 2018, 37(12): 53–60.

(编辑: 丁红艺)