

# 中国东部省份科技创新能力综合评价 ——基于TOPSIS-AISM模型

●杨力 徐悦 朱俊奇

**[摘要]**创新驱动发展战略是中国改革开放以来提出的重要议题,科技创新能力是衡量地区发展能力的关键指标。以我国东部12个省份为研究对象,运用逼近理想解排序法(TOPSIS)识别高权重指标、对评价对象的贴适度进行测算,并以此为参照,进一步通过对抗解释结构模型(AISM)对研究对象进行优劣层级划分。结果表明:工业企业R&D项目数、地方财政预算、R&D经费投入是影响区域科技创新能力的重要因素,且各省份之间表现差异较大。广东省科技创新水平较高;江苏、北京、浙江、上海、山东、天津、福建、河北8省份科技创新水平依次递减;辽宁、广西、海南3省份排名靠后,地区科技水平还有待加强。因此,未来应侧重于短板因素提升,并加强资金监管、人才管理、产业结构改革等方面综合发展。

**[关键词]**科技创新;创新能力评价;逼近理想解排序法;对抗解释结构模型

## 一、引言

2016年,中共中央国务院印发《国家创新驱动发展战略纲要》,强调科技创新是提升社会生产力的战略支撑<sup>①</sup>。关注区域科技高质量发展,探讨科技创新发展水平的影响和驱动机制已逐渐成为国内学者的研究热点。东部省份作为我国改革开放的前沿区域,整体具有较好的贸易基础和经济基础,且东部地区对中国整体科技创新贡献较大。然而,由于自然环境、经济实力等方面的差异,各省份科技创新能力状态强弱不均。如何利用区域优势,提高科技发展水平,协调区域创新资源配置,对各省份科技创新能力进行合理测度,是当下研究的重要课题。

目前学术界对科技创新能力的研究集中于科技创新能力评价体系的构建、科技产出分析、科技就业与人才培养机制研究等。熊彼得创新理论阐述了科技投入对科技创新能力有正向激励作用,投入主要来源于FDI、政府投入和企业投入<sup>[1]</sup>。蒋兵等通过构建门槛效应模型发现企业自主研发投入、FDI流入和政府补贴这3个门槛变量对科技创新均有促进作用<sup>[2]</sup>,证实了前人理论。随着社会经济组成不断丰富,徐丹等使用空间计量模型说明了城市经济发展水平和外商直接投资对科技创新能力的调节发挥显著作用<sup>[3]</sup>。进一步地,Shantia等阐述了科技投入可降低生产成本,对工业创新具有积极推动作用,促进了产业可持续发展。随着国内社会创新要素的深度融合,就业质量成为科技创新成果的重要体现<sup>[4]</sup>。Huang等采用垄断竞争模型和倾向分数匹配(Propensity Score Matching, PSM)方法证实了工资的提高会促使企业增加研发投入,促进创新能力提升,证实了科技就业质量与科技创新间具有正向关系<sup>[5]</sup>。立足于国内结构性就业矛盾,龚艳证实了创新驱动发展战略对就业具有双重影响<sup>[6]</sup>。徐示波提出培育扶持科技企业,有利于解决失业人口再就业问题<sup>[7]</sup>。另外,人才培养对科技创新能力提升具有重要意义,李华军基于向量自回归模型(Vector Auto Regression, VAR)得出,深化发展高等教育能力,促进人力资本结构高级化可以提升区域创新驱动与经济高质量发展的协同效应<sup>[8]</sup>。Browsers等学者的研究强调了“产学研”融合机制下的人才培养路径,鼓励让高等教育从业者成为科技创新主体<sup>[9]</sup>。

① 资料来源于《国家创新驱动发展战略纲要》,中华人民共和国国务院新闻办公室, <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/33978/34585/xgzc34591/Document/1478339/1478339-1.htm>。

综上所述,现有研究对区域经济、科技创新内涵、评价模型等方面进行了有益探索,为本文的研究提供了一定的理论支撑。然而,现有文献主要对科技创新、科技人才、社会就业等方面进行了单项研究,或对两两方面的关系进行了探讨,对多个相关系统的耦合协调关系研判较少,鲜有对东部地区科技创新能力的优劣评价。基于此,本文从区域创新能力要素入手,对东部省份科技创新能力进行优劣测评,以填补区域创新理论空白,力图探究东部省份创新能力需求及发展制约因素,为区域科技创新协同发展提供对策。

## 二、研究方法及指标选取

### 1. 研究方法

逼近理想解排序法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)是基于多目标决策的一种有效评价方法。其基本流程是对原始数据进行规范化运算,通过赋权对有限个评价对象进行权重计算,并在此基础上进行优劣评价。以带权重值的距离公式,得到各个评价指标分别距正、负理想点之间的距离的二维解,再结合客观标准获得评价决策矩阵,从而实现方案的综合评价<sup>[10]</sup>。其克服了传统方法下的单一性研究,增加了评价结果的准确性和科学性,可进行多指标综合考量。

对抗解释结构模型(Adversarial Interpretative Structural Model, AISM)是基于解释结构模型(Interpretative Structural Model, ISM)提出的,可用于分析复杂系统中各因素的关系。在传统的解释结构模型中加入生成对抗网络(Generative Adversarial Networks, GAN)中的对抗思想,以根据关系矩阵获得的可达矩阵为基础,采用对立层级抽取原则,建立对抗的层次化拓扑图,最终得到 AISM<sup>[11]</sup>。采用 TOPSIS 与拓扑层级图相结合的方法,基于偏序集抽取原则,运用 AISM 实现评价对象的优劣程度分级。

本文采用 TOPSIS—AISM 联用模型,引入 AISM 方法,对 TOPSIS 排序结果进行可视化呈现,充实了 TOPSIS 法的研究内涵。对于 TOPSIS 来说,其评价对象的正负理想解,从具有明确直链形式的排序结果拓延到具有跃迁性质的不可比的排序结果;对于 AISM 来说,与 TOPSIS 的结合,是从一个静态模型拓延到分析整体夹逼过程的指示排序模型。两者联用,使 AISM 中对系统要素的排序关系可以根据研究进展相关资料的补充不断得到验证,进而增加结果的可信度。

### 2. 指标选取

本文考虑评价指标体系的可行性与科学性,参照现有研究<sup>[12-13]</sup>,并结合《国家中长期人才发展规划纲要》<sup>①</sup>,将科技创新能力影响要素划分为科技资金投入、人才培养和科技就业质量 3 个方面,其关系如图 1 所示。

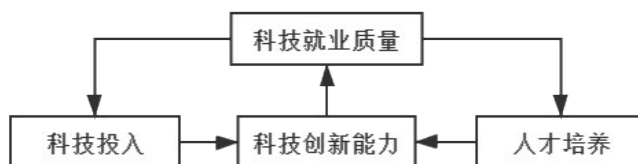


图1 科技创新能力影响要素关系

在构建一级评价指标的基础上,以国家权威发布的《区域创新能力报告》为参考,借鉴蔡晓琳等学者在城市创新能力评价方面的研究成果<sup>[14]</sup>,将技术市场成交额、地方工资水平等更具有衡量区域发展价值的指标纳入本评价体系。为了体现政府支持、市场响应、创新基础等多个方面对城市创新能力的影响,最终形成 12 个二级指标。如表 1 所示。

科技投入方面,主要从省份经济基础、政府投入和市场能力角度选取评价指标<sup>[15-16]</sup>。地区 GDP 可以反映地区发展基本水平,选取 R&D 经费指标可以衡量科技经费投入强度,地方财政投入为科技创新活动提供基础保障,突出其对地区科技创新能力的影响。企业作为科技创新成果的转化载体,将工业企业 R&D 项目数、技术市场成交额作为主要指标,能够评价科技企业创新绩效;就业质量方面,选取失业人口数量反映地区就

① 资料来源于《国家中长期人才发展规划纲要》,中国政府网, [http://www.gov.cn/jrzg/2010-06/06/content\\_1621777.htm](http://www.gov.cn/jrzg/2010-06/06/content_1621777.htm)。

业整体情况,并利用科技行业就业人数和地方工资水平来反映科技创新带来的间接经济效益,体现其对高质量就业的促进作用<sup>[7]</sup>;人才培养方面,高级技术人才作为科技创新人员的主要组成部分,选用高等学校招生人数、未受过高等教育人数、地方教育经费等指标可以衡量不同区域培养和输送科技人才的能力<sup>[8]</sup>。

表1 城市科技创新能力影响因素体系

一级指标	二级指标	单位	指标性质
科技投入 A1	地区生产总值 GDP(B1)	亿元	+
	R&D经费投入(B2)	亿元	+
	地方财政投入(B3)	亿元	+
	工业企业 R&D项目数(B4)	个	+
	技术市场成交额(B5)	亿元	+
科技就业质量 A2	失业人口(B6)	万人	-
	地方就业人员平均月工资水平(B7)	元	+
	科技行业就业人数(B8)	万人	+
人才培养 A3	高等学校招生人数(B9)	万人	+
	未受过高等教育人数(B10)	万人	-
	地方教育经费(B11)	万元	+
	地方高校数量(B12)	所	+

### 三、模型建立

#### 1. TOPSIS 模型

根据研究实际情况,对  $n$  个省份样本,  $m$  个二级指标构成的原始矩阵  $O$ , 进行极差法处理, 得到标准化矩阵  $N = [n_{ij}]_{n \times m}$ 。采用熵权法求出东部省份总体科技创新能力评价体系内各指标权重值  $\omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m]$ , 再结合欧式距离法求得每个省份样本到正负理想点的距离。

到正理想点的距离公式:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j^2 [\max(n_{ij}) - n_{ij}]^2} \quad (1)$$

到负理想点的距离公式:

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m \omega_j^2 [n_{ij} - \min(n_{ij})]^2} \quad (2)$$

利用  $d_i^+$  和  $d_i^-$  (其中  $i \leq n, j \leq m$ ) 作为评价标准, 构建决策矩阵  $D = [d_{ij}]_{n \times 2}$ , 计算各样本贴近度  $T_i, T_i$  越大, 表示省份科技创新能力越强, 以此明确东部各省份科技创新能力综合发展水平。

$$T_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (3)$$

#### 2. AISM 模型

对于含有  $m$  列的决策矩阵  $D$ , 有  $m$  个不同的指标维度。正向指标记作  $p1, p2 \dots pm$ , 负向指标记作  $q1, q2 \dots qm$ 。对于决策矩阵  $D$  中的任意两行  $x, y$ :

负向指标有  $d_{(x,p1)} \geq d_{(y,p1)}$  且  $d_{(x,p2)} \geq d_{(y,p2)}$  且  $\dots$  且  $d_{(x,pm)} \geq d_{(y,pm)}$ ,

正向指标有  $d_{(x,q1)} \leq d_{(y,q1)}$  且  $d_{(x,q2)} \leq d_{(y,q2)}$  且  $\dots$  且  $d_{(x,qm)} \leq d_{(y,qm)}$ 。

要素  $x$  和  $y$  的偏序关系记作:  $x < y$ , 表示要素  $y$  优于要素  $x$ 。即给定偏序集  $(D, <)$  有  $\forall d_i, d_j \in D$ , 若  $d_j < d_i$ , 记  $a_{ij} = 1$ ; 若  $d_i < d_j$ , 记  $a_{ij} = 0$ 。决策矩阵  $D$  通过偏序规则可得关系矩阵  $A = (a)_{n \times n}$ , 表示不同指标维度下, 省份样本间的两两比较结果, 其中:

$$a_{xy} = \begin{cases} 0 & x < y \\ 1 & x \text{ 与 } y \text{ 无完全优劣关系或 } x \text{ 优于 } y \end{cases}$$

对于关系矩阵 A 的可达矩阵计算,如公式(4)和公式(5)所示:

$$B = A + I \quad (4)$$

$$B^k = B^{k+1} = R \quad (5)$$

B 为相乘矩阵, I 为对角线为 1 的 m 阶布尔方阵, 对 B 进行连乘可得公式(5), R 为可达矩阵, 易证可达矩阵  $R=A$ 。

将比较关系矩阵 R 进行布尔运算得到骨架矩阵 S, 过程如公式(6):

$$S = R - (R - I)^2 - I \quad (6)$$

层级图的划分由先行集合 Q, 共同集合 T 和可达集合 R 判定, 以关系矩阵 A 为例, 其要素满足:  $e_i$  的先行集合为  $Q(e_i)$ , 为对应列为 1 的所有要素。  $e_i$  的可达集合为  $R(e_i)$ , 为对应行为 1 的所有要素。  $e_i$  的共同集合为  $T(e_i)$ , 为  $Q(e_i)$  和  $R(e_i)$  的交集部分。 其中:

(1) UP 型层级图, 按照结果优先划分层级, 规则为  $R(e_i) = T(e_i)$ , 按照由上至下的顺序放置抽取的省份样本。(2) DOWN 型层级图, 按照原因优先划分层级, 规则为  $Q(e_i) = T(e_i)$ , 按照由下往上的顺序放置抽取的省份样本 0。 UP 型和 DOWN 型是一组对立的抽取结果, 帕累托最优的样本处在最上级, 最劣的样本处在最下级。 由此得到被评价样本的优劣分级结果, 确定最终的省份样本优劣排序。

#### 四、实证结果与分析

选取 2010—2019 年中国东部 12 个省份面板数据, 综合考虑省份科创能力变化趋势及指标的权威性, 数据从《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》中获得, 采用加权平均法对数据进行预处理, 得到数据原始矩阵, 再进行归一化处理得到规范化矩阵 N, 结果如表 2 所示。

表 2 规范化矩阵 N

省份	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
北京	0.293	0.718	0.423	0.067	1	0.955	1	1	0.141	1	0.251	0.497
天津	0.085	0.141	0.135	0.097	0.158	0.488	0.374	0.135	0.135	0.505	0.066	0.245
河北	0.289	0.175	0.247	0.121	0.065	0.24	0.001	0.214	0.66	0.085	0.350	0.694
辽宁	0.19	0.141	0.155	0.093	0.096	0	0	0.115	0.442	0.233	0	0.646
上海	0.318	0.487	0.536	0.124	0.249	0.658	0.814	0.510	0.12	0.546	0.248	0.299
江苏	0.909	0.896	0.675	0.895	0.257	0.263	0.252	0.377	0.764	0.234	0.630	0.368
浙江	0.557	0.534	0.527	0.926	0.155	0.28	0.285	0.238	0.39	0.207	0.520	1
福建	0.36	0.236	0.189	0.2	0.023	0.72	0.095	0.087	0.358	0.081	0.225	0.476
山东	0.635	0.477	0.482	0.423	0.194	0.035	0.091	0.241	1	0.13	0.580	0.857
广东	1	1	1	1	0.389	0.218	0.277	0.677	0.921	0.155	1	0.912
广西	0.155	0.045	0.084	0.032	0.012	0.648	0.038	0.079	0.49	0.038	0.233	0.395
海南	0	0	0	0	0	1	0.099	0	0	0	0.154	0

##### 1. TOPSIS 求解

将规范化矩阵 N 结合熵权法得出各二级指标的权重值(表 3), 确定影响科技创新能力的高权重指标。

表 3 指标权重排序

指标	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
权重值	0.0963	0.1116	0.0964	0.1848	0.0823	0.0938	0.1811	0.0931	0.0395	0.1465	0.0422	0.0624
权重排序	6	4	5	1	9	7	2	8	12	3	11	10

利用表2构建以权重确定的正负理想解  $d^+$ 、 $d^-$ ，以此确定决策矩阵  $D = [d_{ij}]_{12 \times 2}$ 。再结合公式(3)求得样本贴近度  $T_i$ 。正负理想解与贴近度值如表4所示。

表4 正负理想解与贴近度

省份	$d^+$	$d^-$	$T_i$
北京	0.2106	0.2674	0.5594
天津	0.2796	0.1145	0.2905
河北	0.3187	0.0798	0.2002
辽宁	0.3267	0.0619	0.1592
上海	0.2205	0.1979	0.4729
江苏	0.1943	0.2404	0.5530
浙江	0.2111	0.2092	0.4977
福建	0.2967	0.0981	0.2484
山东	0.2647	0.1533	0.3667
广东	0.1947	0.2746	0.5851
广西	0.3334	0.0777	0.1890
海南	0.3482	0.0955	0.2152

借鉴王鸣涛等<sup>[19]</sup>提出的等级划分方法,将科技创新能力分为“较强”“中等”“较弱”3个等级,以贴近度  $T_i$  的平均值 0.36 为基准,取其 150%、100%,即 0.54、0.36 为临界值为依据,划分评价等级。 $T_i \geq 0.54$  为“较强”, $0.36 < T_i \leq 0.54$  为“中等”, $T_i \leq 0.36$  为“较弱”。分级结果见表5。

表5 贴近度等级划分

贴近度	省份	等级
$\geq 0.54$	北京、江苏、广东	较强
0.36~0.54	上海、浙江、山东	中等
$\leq 0.36$	天津、河北、辽宁、福建、广西、海南	较弱

从TOPSIS评价结果来看,存在以下几个特点:(1)科技创新能力评价指标权重不同,作用程度不一。由表2权重结果可知,工业企业R&D项目数(B4)、地方工资水平(B7)、地区受高等教育程度(B10)3个指标权重值排名靠前,分别为0.1848,0.1811,0.1465。远高于其他指标,说明科技成果转化效率、科技创新投入及人才培养能力对区域科技创新能力影响显著,且工业企业R&D项目数量是影响各个地区科技创新能力的首要因素。(2)东部区域内部科技创新能力发展不均衡。科技创新能力越强的省份贴近度越高,科技发展相对落后的省份贴近度越低。由表5可知,广东、江苏等地区贴近度排名靠前,科技创新能力较强,结合表1指标数据可知,高权重指标下,如B7、B2、B10等,广东均位居前列,说明对技术创新资源利用率较强,技术管理水平先进。相比之下,辽宁、广西等地区贴近度排名靠后,缺少高科技制造业和高端人才,因此科技创新发展相对落后。(3)东部省份整体科技创新能力中等,具有明显地域差异。由表5贴近度分级结果可知,12个省份综合评价中只有3个地区为“较强”,3个地区为“中等”,剩余地区为“较弱”。评价为中等以上的地区占总体比例的50%。具体分级结果如下:

科技创新能力较强的区域为北京、江苏、广东,其贴近度值位居前列,均大于0.54,处于领先地位,各项指标综合表现较好。这些地区依靠自身区位优势和创新协同效应,正在释放科技创新活力。其中,北京作为京津冀区域中心,发挥首都优势,吸引科技创新资源;江苏和广东处于沿海地区,产业结构配置合理,国家经济特区、创新示范区等坐落于此。

科技创新能力中等的区域为上海、浙江、山东,贴近度处于0.36~0.54,这些地区位于沿海区域,科技创新

指标总体排名靠前,但与较强省份仍有一定差距。浙江、山东的科技转化能力较强,工业企业项目数多,但两省科技行业从业人数较少,社会就业质量有待提高;上海的科技投入较多,但成果转化能力较弱,工业企业项目数量较少,投入产出结构不平衡,是造成科技创新发展动能不足的主要因素。

科技创新能力“较弱”的区域为天津、河北、辽宁、福建、广西、海南,其贴近度均小于平均值0.36。对高权重指标进行监测,多省份表现不佳,说明区域内产业结构失衡,生产要素未能得到合理配置。福建、河北、天津主要的短板因素为“R&D经费投入”和“R&D项目数量”,反映出地区缺乏科技投入及创新产出。辽宁地处东北地区,经济发展主要依靠传统重工业,短时间内难以进行产业转型,因此科技创新总体表现较为落后。广西、海南地处东南区域,地理位置偏远,经济基础较弱,R&D经费投入较少,社会就业工资水平较低,失业人口较多等因素限制了地区科技发展。因此,未来要提高区域科技创新水平还需多种途径的推动拉升。

## 2. AISM求解

为更好把握评价对象间的优劣层级,选取表4中正负理想解 $d^+$ 、 $d^-$ 组成的决策矩阵进行计算,进而得到表6关系矩阵 $A=(a)_{12 \times 12}$ 。再由公式(4)和公式(5)经布尔运算连乘获得可达矩阵 $R=A=(a)_{12 \times 12}$ 。

表6 关系矩阵A

	北京	天津	河北	辽宁	上海	江苏	浙江	福建	山东	广东	广西	海南
北京	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
天津	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
河北	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
辽宁	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
上海	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0
江苏	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
浙江	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
福建	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
山东	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
广东	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
广西	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
海南	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1

根据前文所提到的方法,对可达矩阵R分别进行原因优先,结果优先的方式抽取。其中,原因优先前提下,对象所在的可达矩阵行为1;结果优先前提下,对象所在的可达矩阵列为1<sup>[20]</sup>。抽取后的拓扑图结果如图2所示。

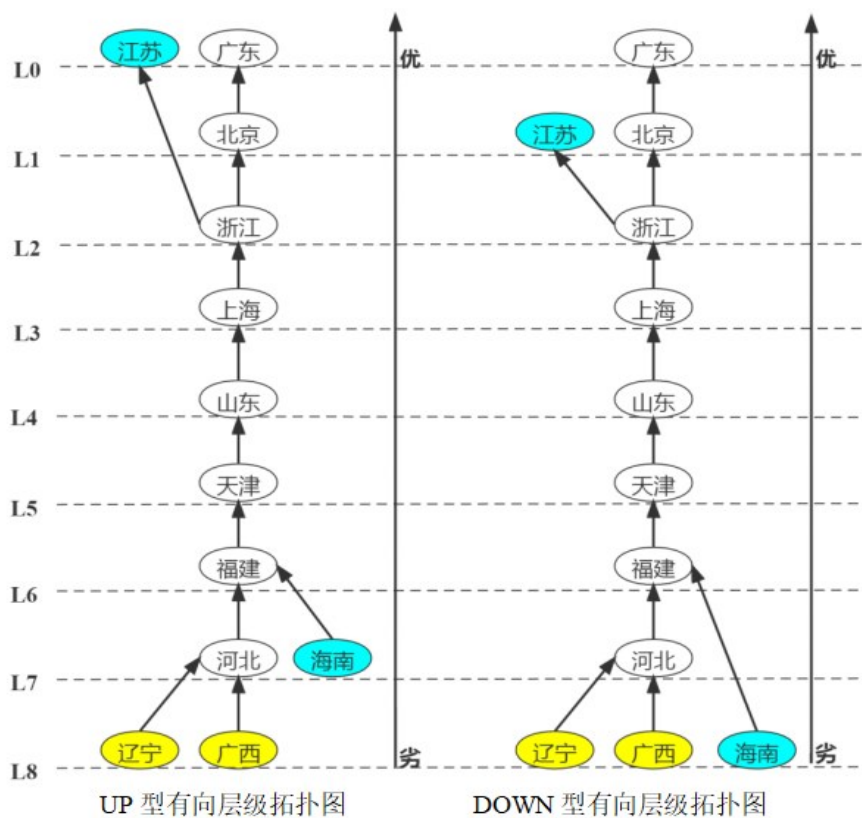


图2 对抗层级拓扑图

从 AISM 评价结果来看,存在以下几个特点:

第一, AISM 模型运算将静态评价结果降维, 省份样本优劣程度更为清晰。由 UP 型和 DOWN 型有向拓扑层级图比较后可知, 主线对象和箭头指向基本一致, 层级划分也基本相同, 以可视化形式展示了 9 个等级的递阶结构。根据越上层表现越优、越下层表现越劣的原理可知, 各省份的科技创新能力强弱程度由上至下依次递减, 最上层的集合分别为 {江苏、广东}, {广东}, 两者取交集得到有向拓扑最优集  $\{江苏、广东\} \cap \{广东\} = \{广东\}$ ; 海南、江苏横跨一个层级, 属于评价结构中的活动要素。即 L0 层级的广东为科技创新水平较强省份, {江苏、北京、浙江、上海、山东、天津、福建、河北} 8 个省份科技创新水平依次减弱, L8 层级的 {辽宁、广西、海南} 3 个省份科技创新水平最弱。

第二, 科技投入程度与区位因素对东部省份科技创新发展具有较强支撑作用。结合对抗层级拓扑图与指标权重来看, 科技投入越高, 省份样本科技创新能力越强。纵观拓扑层级图, 排名靠前的省份有广东、江苏、北京、浙江等。大部分省份社会经济基础较好, 科技投入大, 工业企业科技创新项目多, 均位于科技创新核心区域, 体现出政策倾斜、资金支持、社会参与的良好发展态势。辽宁、广西、海南 3 个省排名靠后, 其地理位置相对偏远, 经济基础相较于东南部省份表现较弱, 科技投入表现不强, 产业结构多以传统行业为主, 高新技术产业未能形成区域发展优势。

第三, 东部省份科技创新能力的优劣划分由各个分项指标共同决定。广东在各个指标中的表现占据绝对优势, 成为科技创新发展标杆区域。江苏、北京位次分别为第二、第三, 总体排名靠前, 从指标来看, 两个省份的就业质量与高等教育均表现较好, 但 R&D 经费投入及地方财政投入略弱于广东, 说明政府对科技创新投入力度不够, 应积极拓宽投资渠道, 继续保持人才教育优势, 提升科技发展质量。

此外, 科技就业质量、人才培养等指标对省份排名也具有一定影响。浙江、上海排名分别为第四、第五, 其科技投入较多, 技术市场成交额与高等学校招生数表现较弱, 表明现阶段对高科技成果吸纳融合程度不够, 在保障科技经费投入的同时, 仍需改善人才培养模式; 山东、天津、福建、河北分别位列第六至第九, 这些地区科技投入能力总体相近, 内部的排位差异多是由于科技就业质量和科技人才培养能力不同。例如, 河

北、福建两地虽有较好的科技投入基础,但工资水平较低、高等教育人数较少限制了科技创新发展,说明存在科技投入冗余、科技创新机制扭曲等问题。地区应进行创新体制改革,促进技术型企业落地,提升社会就业质量,以实现总体均衡发展。

多指标综合表现不佳导致辽宁、广西、海南3省排名靠后。科技投入、科技就业质量、人才培养三方面指标均存在短板,与高层级省份相比差距较大。其中,海南的层级跃迁体现在就业率提升和增加教育经费方面。说明近年来海南改善就业市场、侧重教育建设等措施初现成效,但科技软实力仍不具有竞争力。排位靠后省份的指标表现说明依靠传统产业粗放式投入无法激发科技创新活力,应尽快补足发展短板,实现产业更新;优先实施人才战略,吸引人才聚集,逐渐形成劳动、资源密集型转向资本和技术密集型的现代科技创新产业。

## 五、结论与建议

### 1. 结论

贯彻区域创新发展理念是实现中国经济高质量发展的必然要求。本文基于区域创新视角,从科技投入、科技人才培养、科技就业质量三个维度进行考量,构建了含有12个二级指标的评价体系。运用TOPSIS模型对指标综合评价,确定主要影响因素;结合AISM动态模型,细化东部省份科技创新能力优劣排名,较为全面地展示了东部省份的科技创新水平,且符合各地区的实际发展情况。研究结果显示:

(1)从地理格局来看,东部省份科技创新能力水平总体呈现南高北低的发展特点,且地区间差异较大。

(2)从指标体系来看,不同因素对区域科技创新能力影响程度不同。高权重因素,如地方政府投入、工业企业R&D项目数、R&D经费投入等对促进地区科技创新发展具有显著正向作用。

(3)从整体评价来看,东部省份科技创新能力中等,科技创新投入不足、资源利用率不高导致了多数地区仍处于科技创新效能不足的状态。科技创新发展显示出更多的政策支持效应,但其目标靶向仍有区域差异。

### 2. 建议

基于以上研究结论,本文提出如下建议:

#### (1)规划引领,顶层设计

在国家科技创新战略部署的发展背景下,既需要在宏观层面进行政策规划,也需要在微观层面扶持科技创新企业。政府应发挥好科技创新产业的政策导向作用,进行政策创新,构建统筹全域的组织领导机制,把握未来发展方向,促进地区资源合理配置,注重推动科技成果转化效率的提升,实现产业规模效益。另外,加强省域间、国家间的合作交流,建立科技创新公共服务平台,实现成果共享,以逐步形成国内科技创新行业稳中向好的均衡发展格局。

#### (2)推进产学研体系构建,促进科技人才培育与引进

科技创新仍是产业高质量发展的核心驱动力,在推动供给侧改革和区域产业转型升级的过程中,应明确科技创新的重要地位。借助“长三角”“京津冀”“珠三角”等经济圈的区位优势,整合优化地区现有高校科研资源,深化产学研合作,促进科技成果实体化。鼓励校企合作,以市场为导向,定向培养技术人才,积极完善现有人才管理制度,健全科技人才引进机制,坚持内部培养与外部引进相结合,打造科技人才良性竞争氛围,实现社会高质量就业。

#### (3)降低科技创新企业风险,完善政策健全机制

科技创新成果的实现具有时间久、风险高的特点。高新技术型企业难以应对潜在的市场风险从而抑制了企业创新的积极性,制约了地区科技创新发展。政府应出台适应产业发展特点的风险分摊政策,调整相关税收结构,提供财税优惠政策。进一步加大资金保障力度,发展新融资模式,健全投融资体系,使未来的投资多元化,激发民间资本在科技产业中的新动能。同时,充分发挥政府服务职能,激发市场创新活力,为科技创新企业营造宽松的发展环境。



#### (4) 聚焦国际科技创新发展前沿, 强化区域协同发展

科技创新研究具有较强的时效性, 需关注全球前沿发展动态, 完善新兴技术引进制度, 保证对引进技术的消化及再创新。在区域科技合作共建的背景下, 发挥中心地区的辐射带动作用, 促进区域耦合, 建立创新资源集聚, 技术交流综合平台。聚焦发展短板, 并积极开展国内外交流合作。推动地区产业结构升级, 缩小区域发展差距, 努力实现区域协同发展目标。

#### 参考文献:

- [1] 王娜. 熊彼特创新理论评析[D]. 石家庄: 河北经贸大学, 2016.
- [2] 蒋兵, 张文礼, 程钧谟. 高技术产业知识积累、研发投入与科技创新——基于门槛效应[J]. 财会月刊, 2021, 4(6): 35-42.
- [3] 徐丹, 于渤. 长三角城市群高技术产业集聚空间溢出效应研究[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(6): 29-37.
- [4] Shantia A, Aflaki S, Ghoddusi H. Input-Price Risk Management: Technology Improvement and Financial Hedging[J]. Production and Operations Management, 2019, 28(8): 2044-2067.
- [5] Huang X H, Chen H Y, Yang G J. Does Rising Labour Costs Drive Innovation in Enterprises? Propensity Score Matching Evidence from Chinese Firms[J]. Pacific Economic Review, 2017, 22(1): 23-42.
- [6] 龚艳. 习近平关于创新驱动发展战略与结构性就业关系重要论述探析[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2020, 22(6): 1-7.
- [7] 徐示波. 我国众创空间发展政策作用效果评估[J]. 科技管理研究, 2020, 40(8): 27-34.
- [8] 李华军. 区域创新驱动与经济高质量发展的关系及协同效应——以广东省为例[J]. 科技管理研究, 2020, 40(15): 104-111.
- [9] Bowers M R, Gilbert K C, Noon C E. Innovative Collaboration between Industry and Academics: Meeting Industry's Future Talent Requirements[J]. Interfaces, 2019, 49(6): 397-406.
- [10] 曹炳汝, 曹惠惠. 基于ANP-TOPSIS的区域物流发展能力评价——以江苏省为例[J]. 地域研究与开发, 2018, 37(4): 42-47.
- [11] 倪标, 黄伟. 基于对抗解释结构模型的军事训练方法可推广性评价模型[J]. 军事运筹与系统工程, 2020, 34(2): 46-51.
- [12] 孟莉. 区域与行业视角下高新技术产业技术创新效率及其影响因素分析[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2017.
- [13] 范超, 赵彦云. 高新技术产业创新效率演化及影响因素分析——以中关村科技园为例[J]. 现代管理科学, 2019(1): 6-8.
- [14] 蔡晓琳, 刘阳, 黄灏然. 珠三角城市科技创新能力评价[J]. 科技管理研究, 2021, 41(4): 68-74.
- [15] 俞立平. 金融支持、政府与企业投入对科技创新的贡献研究[J]. 科研管理, 2015, 36(3): 57-63.
- [16] 吕海萍. 创新要素空间流动及其对区域创新绩效的影响研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2019.
- [17] 高卉杰, 李正风, 任莎莎, 等. 科技人才聚集与区域科技创新的耦合协调度研究[J]. 数学的实践与认识, 2018, 48(12): 109-118.
- [18] 李从容, 祝翠华, 王玉婷. 技术创新、产业结构调整对就业弹性影响研究——以中国为例的经验分析[J]. 科学学研究, 2010, 28(9): 1428-1434.
- [19] 王鸣涛, 叶春明, 赵灵玮. 基于CRITIC和TOPSIS的区域工业科技创新能力评价研究[J]. 上海理工大学学报, 2020, 42(3): 258-268.
- [20] 张涑贤, 杨元元, 范鑫. 基于DEMATEL-ISM的建筑供应链低碳化影响因素分析[J]. 数学的实践与认识, 2019, 49(19): 18-27.

## Comprehensive Evaluation on Capacity for Science and Technological Innovation of Eastern Provinces or Cities in China: Based on TOPSIS-AISM Model

**Abstract:** The strategy of innovation-driven development is an important issue put forward since China's reform and opening up. It is the key indicators to measure regional development capacity. Twelve Provinces (including municipalities directly under the central government) in eastern China were selected as the research objects. The technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) is used to identify the high weight index and to evaluate the closeness of the object. With this as a reference, the research object is further analyzed through the antagonistic interpretative structural model (AISM). Hierarchy of advantages and disadvantages. The results show that the number of R&D projects in industrial enterprises, local financial budget, R&D investment, Investment is an important factor affecting regional scientific and technological innovation capability, and there are great differences among provinces. The level of science and technology innovation is relatively high in Guangdong Province; the level of science and technology innovation in eight provinces or cities, Jiangsu, Beijing, Zhejiang, Shanghai, Shandong, Tianjin, Fujian and Hebei, in decreasing order. Liaoning, Guangxi and Hainan provinces rank low, and the regional scientific and technological level needs to be strengthened. Therefore, the future research should focus on the enhancement of shortage factors and the comprehensive development of fund supervision, talent management, and industrial structure reform.

**Key words:** scientific and technological innovation; innovation capability evaluation; TOPSIS; AISM

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目“深部煤矿多灾种安全评价方法与应用研究”(项目编号:71971003); 国家社科基金重大项目“全面建立资源高效利用制度研究”(项目编号:20ZDA084); 安徽省高等学校人文社会科学研究项目“基于GA-BP的深部煤矿灾害评价研究”(项目编号:SK2019ZD09)。

**作者简介:** 杨力(1972-), 男, 博士, 安徽理工大学经济管理学院院长, 教授, 博士生导师, 研究方向为矿业安全管理、能源经济、管理决策分析; 徐悦(1997-), 女, 安徽理工大学经济管理学院硕士研究生, 研究方向为物流工程、区域发展、安全评价; 朱俊奇(1984-), 男, 博士, 安徽理工大学经济管理学院副教授, 硕士生导师, 研究方向为决策分析、管理科学与工程、环境评价。

(收稿日期:2021-07-28 责任编辑:殷俊)