doi:10.3969/j.issn.2097-3853.2026.05.006

基于熵权 TOPSIS 的福建省区域科技创新能力评价研究

陈国铁,江玉辉

(福建理工大学 管理学院,福建 福州 350118)

摘要:在高质量发展战略驱动下,福建省作为东南沿海经济重镇,其科技创新能力对区域发展具有关键作用。运用基于熵权法的 TOPSIS 综合评价方法,对福建省 2017—2023 年区域科技创新能力进行系统评估,研究表明,福建省的科技创新能力呈现持续增长趋势,其中创新资源投入是推动能力提升的关键要素。定量分析显示,知识产权案件数量、拥有高学历的人才数量、技术合同成交额、高新技术企业数量以及 R&D 经费占 GDP 的比重等指标,对科技创新能力的增强具有显著影响。基于此,建议从大力发展高等教育及强化新型研发机构建设、大力营造良好的科技创新环境、积极借鉴先进省份经验等三个方面提升福建省区域科技创新能力,通过全方位创新激发市场主体的创新效能。

关键词:熵权 TOPSIS;福建省;区域科技创新;能力评价

中图分类号:F061.5　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:2097-3853(2026)05-0446-07

Evaluation of regional scientific and technological innovation capability in Fujian Province based on entropy weight TOPSIS

CHEN Guotie, JIANG Yuhui

(School of Management, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: Driven by the high-quality development strategy, Fujian Province, as an economic powerhouse on the southeast coast, plays a crucial role in regional development with its scientific and technological innovation capabilities. This study employs the TOPSIS comprehensive evaluation method based on the entropy weight method to systematically assess the regional scientific and technological innovation capabilities of Fujian Province from 2017 to 2023. The research shows that its scientific and technological innovation capability has shown a continuous growth trend, among which the investment in innovation resources is a key factor driving the improvement of this capability. Quantitative analysis reveals that index such as the number of intellectual property cases, the number of talents with high academic qualifications, the transaction volume of technology contracts, the number of high-tech enterprises, and R&D expenditure in GDP have a significant impact on the enhancement of scientific and technological innovation capability. It is suggested to improve the regional scientific and technological innovation capability of Fujian Province by strengthening the development of higher education and the construction of new research and development institutions, creating a favorable environment for scientific and technological innovation, and actively drawing on the experiences of advanced provinces, so as to stimulate the innovation efficiency of market players through all-round innovation.

Keywords: entropy weight TOPSIS; Fujian Province; regional scientific and technological innovation; capability evaluation

收稿日期:2024-11-29

基金项目:福建省科学技术协会科技创新智库课题(FJKX-2022XKB022);福建省财政厅科研项目(GY-S23192)

第一作者简介:陈国铁(1975—),福建莆田人,副教授,博士,研究方向:科技创新。

科技创新能力的培养和提升一直是我国创新驱动发展的核心战略之一,党的二十大强调要完善科技创新体系,加大多元化科技投入,加快实现高水平科技自立自强。[1]深入研究区域科技创新能力,对制定科学的区域发展战略与政策、促进区域经济持续健康发展具有重大意义。

近年来随着国家创新驱动发展战略的深入实施,学界对不同地区的科技创新能力进行了广泛而深入的研究:以长三角区域创新系统为研究对象,深入研究区域创新系统理论[2];综合运用 AHP 模糊综合评价和因子分析法,对黑龙江省区域创新能力动态变化进行纵向分析[3];采用因子分析法和 ESDA 空间分析法定量分析陕西省地市之间技术创新能力的空间扩散效应[4];采用标杆法对南通市权威统计年鉴中的各项数据指标进行分析评价[5];将区域创新能力、产业结构升级、产业链韧性和经济发展韧性三个方面放入 PVAR 模型进行实证分析[6];从创新基础、创新投入、创新产出和创新制度四个方面构建河南区域创新能力指标评价体系[7]。国外对科技创新能力的研究也很丰富:采用主成分分析(PCA)方法对技术创新进行分析验证[8];通过 200 家西班牙制造公司样本数据对人力资源进行论证[9];分析 111 次专家访谈和 52 次实地考察的原始数据,讨论区域创新系统(CoRIS)框架在净零工业背景下的应用[10]。

综上,国内外学者对区域科技创新能力进行了大量探索。国外学者偏好将科技创新相关理论与其他学科进行融合研究,而国内学者则更侧重于区域科技创新能力的内在理论研究,相同之处是都运用了多种研究评价方法,如主成分分析法、专家访谈法、因子分析法、AHP 层次分析法、标杆法等。然而,针对福建省区域科技创新能力的系统性评价研究还相对较少,尤其是运用熵权 TOPSIS 法的研究评价。熵权 TOPSIS 法的优点在于能够客观地确定指标权重,减少主观因素的影响,并且评估程序简单,计算过程易于理解。福建省位于我国东南沿海,拥有得天独厚的地理优势和丰富的人文资源,近年来科技创新取得了显著成就,对促进区域经济社会发展起到了重要作用。因此,本文收集福建省 2017—2023 年有关科技创新的面板数据,并采用熵权 TOPSIS 法对福建省区域科技创新能力进行评价与分析,找出影响区域科技创新能力的关键因素,并据此提出提升福建省区域科技创新能力的相关建议。

一、评价指标体系

(一)指标选择

评价指标体系的构建是一项系统性工作[11],既要考虑福建省区域实际情况特点,也要分析各条件要素之间的联系,兼顾理论逻辑、政策需求并避免单一化,同时还要遵循综合性原则、典型性原则、科学性原则、可行性原则、动态性原则五个原则,并充分借鉴相关文献的研究成果,如中国科技发展战略研究小组等单位发布的《中国区域创新能力评价报告 2024》。在此基础上,本文结合福建省区域实际情况特点,选取了创新资源投入、创新产出效果、创新环境建设和经济社会影响这 4 个要素作为二级指标,以及万人大专及以上学历人数、规模以上工业企业 R&D 人员数量等 15 个三级指标。由此,构建了福建省区域科技创新能力评价指标体系,具体如表 1 所示。

创新资源投入是创新能力的“血液”,对区域科技创新发展起到关键性作用,主要包括资金投入与人力投入两个方面。创新产出效果主要包括新产品研发、新工艺探索等方面取得的成果,如专利数量、新产品数量等,能够直观地展示科技创新所取得的具体成果,且便于量化和比较。创新环境建设指标可以反映出一个地区或企业在政策支持、基础设施建设、市场活力、产学研合作等方面的发展水平,也是评估科技创新能力的重要指标。经济社会影响指标包括 GDP 增长率、就业率、收入水平、教育水平、消费者满意度等要素,是科技创新在推动劳动生产、促进产业结构升级、创造就业岗位等方面的间接表现,通过可量化的经济社会影响指标可以间接评估科技创新能力水平。

(二)数据来源

本文数据主要来源于福建省 2017—2023 年的《中国统计年鉴》《福建统计年鉴》《福建省国民经济和社会发展统计公报》,国家知识产权局发布的相关统计公报,此外还有福建省科学技术厅等官方渠道,确保了数据的权威性、真实性与连续性。

表 1 福建省区域科技创新能力评价指标体系

Tab.1 Regional science and technology innovation capability evaluation index system in Fujian Province

一级指标	二级指标	三级指标
区域科技创新能力	创新资源投入	万人大专及以上学历人数 X1
		规模以上工业企业 R&D 人员数量 X2
		基础研究人员人均经费 X3
		R&D 经费支出占 GDP 比例 X4
	创新产出效果	专利授权数 X5
		有效发明专利数量 X6
		规模以上工业企业新产品开发数量 X7
		技术合同金额 X8
	创新环境建设	知识产权案件数量 X9
		企业商标注册量 X10
		省级新型研发机构数量 X11
	经济社会影响	地区生产总值(GDP)X12
		第三产业增加值 X13
		就业人数 X14
		城镇居民人均可支配收入 X15

二、研究方法

(一)熵权法

熵权法(entropy weight method)是一种基于信息熵原理的客观权重确定方法,在多指标综合评价中广泛应用,通过计算各指标的信息熵来反映指标的离散程度,从而确定各指标的权重。具体而言,指标的信息熵值越小,意味着该指标的变异程度越大,所包含的信息量也随之增加,在综合评价中该指标的重要性相应提高,其分配的权重亦会增大。相反,若指标的信息熵值较大,指标的变异程度就越小,在综合评价中的重要程度就比较一般,分配的权重也就越小。熵权法与传统多元的统计方法相比,具有客观性强、计算简单、通俗易懂、灵活度高等优势。因此,本文采用熵权法对评价体系内的各项指标进行熵值计算,得出各项评价指标的权重系数。

(二)TOPSIS 方法

TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution)是一种经典的多属性决策分析方法,又名优劣距离解法,是由 Hwang 和 Yoon 在 1981 年提出的。这种评价方法通过计算每个评价对象与理想解、负理想解之间的欧氏距离(相似程度),来确定评价对象的综合评估指数,进而对多个评价对象进行评估和排序,从而帮助决策者做出最佳决策。[12]

(三)计算步骤

查阅相关文献,发现熵权 TOPSIS 法在管理学、经济学等领域的评价和决策方面有着广泛的应用。其模型原理和计算步骤如下:

1.建立标准化评价矩阵

假设有 m 个评价对象以及 n 个评价指标,建立原始数据评价矩阵 $\boldsymbol{X}=[x_{ij}]_{m*n}$:

$$\boldsymbol{X}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{ij} \end{bmatrix}$$

为了消除不同评价指标计量单位的差异,需要将原始数据做标准化处理,正向指标与逆向指标公式分别如下:

$$r_{ij}=\frac{x_j-x_{\min}}{x_{\max}-x_{\min}};r_{ij}=\frac{x_{\max}-x_j}{x_{\max}-x_{\min}} \quad (1)$$

式中,x_j 为第 j 项的指标值,x_{max} 和 $x_{\min}$ 分别为第 j 项指标的最大值和最小值。标准化处理后转换为无量纲的标准矩阵 $\boldsymbol{R}=[r_{ij}]_{m*n}$。

$$\boldsymbol{R}=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{ij} \end{bmatrix}$$

2.计算各指标的权重

根据标准化处理后的数据,接着计算第 j 项指标的熵值 e_j,公式如下:

$$e_j=-\frac{1}{\ln(m)}\sum_{i=1}^{m} r_{ij}\ln r_{ij} \tag{2}$$

然后计算第 j 项指标的熵权 w_j,公式如下:

$$w_j=\frac{1-e_j}{\sum_{j=1}^{n}(1-e_j)},j=1,2,\cdots,n \tag{3}$$

3.建立加权的评估矩阵

考虑指标权重 w_j,然后计算加权后的决策矩阵 $\boldsymbol{V}=[v_{ij}]$,公式如下:

$$v_{ij}=r_{ij}\times w_j,i=1,2,\cdots,m \tag{4}$$

4.确定理想解和负理想解

设 v_j^+ 为第 j 项指标下的最大值,v_j^- 为第 j 项指标下的最小值,

$$v_j^+=\{\max(v_{ij})\mid i=1,2,\cdots,m\} \tag{5}$$

$$v_j^-=\{\min(v_{ij})\mid i=1,2,\cdots,m\} \tag{6}$$

5.计算评价对象与理想解的距离

设 d_i^+ 为第 j 项指标与理想解的欧氏距离,d_i^- 为第 j 项指标与负理想解的欧氏距离,公式为:

$$d_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_j^+-v_{ij})^2},(i=1,2,\cdots,m) \tag{7}$$

$$d_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij}-v_j^-)^2},(i=1,2,\cdots,m) \tag{8}$$

6.计算相对贴合度并进行排序

设 C_{ij} 为第 j 项指标与理想解的相对贴近程度,计算公式为:

$$C_{ij}=\frac{d_i^-}{d_i^++d_i^-},i=1,2,\cdots,m,0\leqslant C_{ij}\leqslant 1 \tag{9}$$

根据相对贴近度 C_{ij} 确定被评价对象的绩效状况,相对贴近度 C_{ij} 越大表示被评价对象与理想解越接近,科技创新能力越高。相对贴近度的大小顺序即为被评价对象科技创新能力评价的优劣排序。

三、结果与分析

(一) 整体分析

将 2017—2023 年评价指标体系的原始数据进行归一化处理,并对数据进行可视化处理,得到 2017—2023 年各评价指标发展趋势图,如图 1 所示。

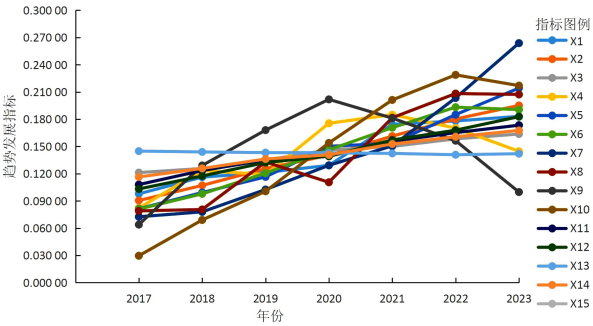


图 1　2017—2023 年各评价指标发展趋势图

Fig.1　Trends in evaluation index from 2017 to 2023

由图 1 可知,总体上,2017 年至 2023 年有三项指标变化波动较大,分别是专利授权数量、企业商标注册数量、知识产权案件数量,其中专利授权数量和企业商标注册数量这两项指标在 2022 年与 2023 均出现了负增长。同时,就业人数这一指标发展较为平稳,其他指标总体呈上升趋势。从具体指标情况来看,省级新型研发机构数量指标的增长速度最为显著,年平均增长率达到了 64.56%。紧随其后的是技术合同金额指标,其年平均增长率也达到了 38.08%。有效发明专利数量和知识产权案件数量指标年平均增长率也都超过了 25%,显示出强劲的发展势头。R&D 经费支出占 GDP 的比例、企业商标注册数量、城镇居民人均可支配收入和地区生产总值指标的年平均增长率仅 10%左右,发展趋势相对一般。其余指标(就业人数除外)年平均增长率均在 15%至 20%之间,发展趋势良好。全部指标中仅就业人数在这期间出现负增长,但下降幅度不大。

(二) 三级指标计算结果分析

根据公式(2)和公式(3),计算各项评价指标的熵值和权重,如表 2 所示。从计算结果看权重排序前五的依次为技术合同金额、万人大专及以上学历人数、知识产权案件数量、规模以上工业企业 R&D 人员数量和有效发明专利数量,权重值分别为 0.100 78、0.097 47、0.092 99、0.067 51、

0.067 38。由此说明,这五项指标在福建省区域科技创新能力评价中有着较大的影响力,本文将重点分析这些指标要素在推动福建省区域科技创新能力发展中起到的关键作用。

表 2 评价指标熵值与权重

Tab.2 Evaluation index entropy values and weights

评价指标	熵值 e	权重 w	权重排序
X1	0.768 84	0.097 47	2
X2	0.839 89	0.067 51	4
X3	0.851 03	0.062 81	8
X4	0.840 79	0.067 13	6
X5	0.885 59	0.048 24	15
X6	0.840 21	0.067 38	5
X7	0.849 82	0.063 32	7
X8	0.760 98	0.100 78	1
X9	0.779 47	0.092 99	3
X10	0.883 16	0.049 27	14
X11	0.860 93	0.058 64	11
X12	0.870 53	0.054 59	12
X13	0.858 46	0.059 68	9
X14	0.878 84	0.051 09	13
X15	0.859 88	0.059 08	10

技术合同金额是衡量科技成果转化和科技服务业发展的重要指标。技术合同的增长,意味着越来越多的科技成果能够成功转化为实际生产力,同时也反映了市场对科技创新的强烈需求。科研机构、高校的技术研发需要通过市场化手段使其在更大范围内得到应用,并且带来实际的经济收益。随着产业升级和市场竞争的加剧,企业往往需要通过科技创新来增强自身市场竞争力。

高层次人才是科技创新的重要支撑,也是推动科技进步和产业变革的坚实基础。提升区域高等教育水平,不仅能够培养出更多具备创新能力和实践技能的高级人才,而且还能为区域经济发展提供源源不断的智力支撑。这些人才在促进科技进步、推动知识生产和新技术应用方面发挥着重要作用。

知识产权案件的数量可以反映社会对知识产权保护的重视程度和创新活动的活跃度。一个健全有效的知识产权保护体系,能够保障企业和个人的劳动成果得到应有的回报,进而激发企业和个人更积极地参与研发和创新活动。这不仅可以促进新技术的迭代发展,还能维护市场的公平竞争秩序,为科技创新营造良好的外部环境。

规模以上工业企业 R&D 人员数量是创新资源投入的一个重要指标,直接体现地区或企业对技术研发的重视程度。如果企业的 R&D 人员数量不断增加,说明该企业愿意投入更多的人力和物力来推动技术创新和产品升级。同时,规模以上工业企业 R&D 人员数量的增长也是区域创新资源集聚和优化配置的重要体现,能够推动相关科技创新活动,促进相关产业链的协同发展,进一步提高地区或企业的竞争力。

有效发明专利数量是科技创新产出效果的关键量化指标,它不仅代表了技术的创新性和实用性,也体现了企业的竞争力和创新能力。有效发明专利数量的增加表明该地区或企业不断有新的技术成果涌现并且通过了知识产权局的严格审查。这些发明专利能够有效解决实际问题,推动技术进步和产业升级。

计算公式(4)—公式(9)可得到各年份至最优解和最劣解的距离、相对贴近度和综合得分排序,结果如表 3 所示。

表 3 各年份至最优解和最劣解距离、相对贴近度、排序

Tab.3 Distance between optimal and worst solutions, relative closeness, and ranking

年度	至最优解的距离	至最劣解的距离	相对贴近度	排序
2017	0.260 94	0.051 09	0.163 73	7
2018	0.228 95	0.059 83	0.207 17	6
2019	0.187 65	0.091 61	0.328 03	5
2020	0.149 82	0.131 86	0.468 12	4
2021	0.094 06	0.187 68	0.666 13	3
2022	0.069 60	0.224 75	0.763 56	2
2023	0.054 93	0.252 72	0.821 46	1

从表 3 结果看,福建省区域科技创新能力综合得分总体呈逐年上升趋势,而且增长趋势较明显,展现出巨大的发展潜力。

(三)二级指标计算结果分析

本文构建的评价指标体系包含四个二级指标,分别是创新资源投入、创新产出效果、创新环境建设和经济社会影响。参照三级指标计算公式,对二级指标进行计算,最终结果如表 4 所示。

表 4　二级指标评价计算结果

Tab.4　Secondary index evaluation calculation results

评价指标	权重	排序	相对贴近度						
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
创新资源投入	0.294 93	1	0.000 00	0.128 55	0.234 20	0.458 13	0.724 25	0.859 32	1.000 00
创新产出效果	0.279 73	2	0.000 00	0.154 07	0.249 65	0.470 71	0.565 80	0.762 83	0.879 91
创新环境建设	0.200 89	4	0.000 00	0.196 41	0.461 57	0.470 23	0.817 23	0.876 00	0.747 34
经济社会影响	0.224 45	3	0.337 61	0.352 59	0.428 88	0.478 16	0.625 01	0.614 73	0.736 48

由表 4 可知,本文构建的四个二级指标权重相对较均衡。其中,权重排序第一的是创新资源投入指标,其次是创新产出效果和经济社会影响,而创新环境建设则排在最后。进一步对各指标 2017—2023 年的相对贴近度计算结果进行分析,发现:创新资源投入和创新产出效果发展趋势基本相同,始终保持着较高的增速;创新环境建设发展波动性比较大,尤其在 2023 年出现回落现象;经济社会影响指标增长变化则相对平稳。具体结果如图 2 所示,可知福建省科技创新能力的投入工作取得了良好的成效。

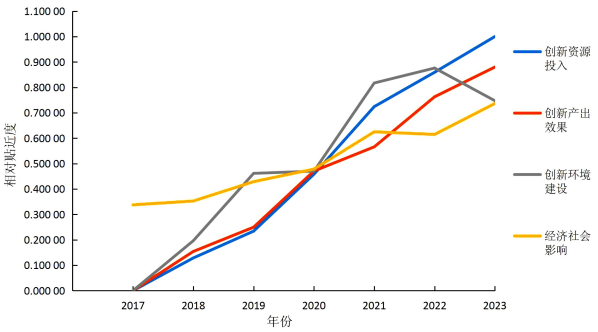


图 2　2017—2023 年二级指标评价结果

Fig.2　Evaluation results of secondary index from 2017 to 2023

四、结论与建议

(一) 研究结论

本文以福建省 2017—2023 年科技创新相关统计数据为研究对象构建评价指标体系,并综合运用熵权 TOPSIS 法建立了评价模型,解决了各项指标之间单位不同权重难以计算的问题。通过对评价指标进行权重、相对贴近度计算和排序,结果表明:创新资源投入是影响科技创新能力的主要因素,创新环境建设和创新产出效果相对比较关键,而经济社会影响程度则较低。上述计算结果表明,知识产权案件数量、万人大专及以上学历人数、技术合同金额、高新技术企业数量和有效发明专利数量等指标是影响福建省科技创新能力的主要因素。因此,一方面,应进一步加强对高等教育事业的投入、对高新技术企业的扶持,激励企业促成技术合同的签订并持续加强知识产权和发明专利的保护,提供更多的知识产权服务和支持,使科技创新继续保持良好的增长趋势;另一方面,需要优化资源配置,补齐短板项目,提升创新产出能力,以促进福建省区域科技创新能力快速发展。

(二) 对策建议

福建省区域科技创新能力发展总体上呈上升趋势,但是在企业商标注册数量、专利授权数量、R&D 经费支出、万人大专及以上学历人数等方面发展趋势相对一般,仍然存在较大的提升空间。基于福建省当前发展实际,提出三方面对策建议。

1.大力发展高等教育及强化新型研发机构建设。福建省虽在人才引进与人才培养体系的发展和完善上投入了大量努力,但与全国平均水平相比仍有较大的提升空间。如福建省虽拥有一定数量的高校和科研机构,但在“双一流”建设高校和学科数量上,与一些先进省份相比仍有不足[13],可通过设立专项基金等形式支持福建省建设高水平大学。福建省各地市之间在科技创新教育资源

上也不均衡,如科技创新教育资源主要集中在福州和厦门两地,其他地区差距明显,这可能会导致全省科技创新能力的总体增长受阻。因此,仍需加大对高等教育和高水平科研机构的支持,以提升福建省整体的科技创新水平。

2.大力营造良好的科技创新环境。首先,要不断强化知识产权和发明专利的保护力度,维护好高新技术企业、研发机构等积极参与科技创新活动群体的利益,定期组织开展相关法律宣传活动,以营造一个良好的法治环境。其次,政府有关部门可以研究制定相关政策,积极实施多项有效措施,鼓励更多人才投身于科技创新相关事业。例如,建立专利审查快速通道,缩短审查周期,提高专利授权效率;建立知识产权快速维权处理中心,及时有效保护合法收益;强化政策支持,为将科技专利转化为生产力的初创公司提供税收减免、低息贷款支持。通过这些举措,大力促进科技创新活动的繁荣发展,为经济增长注入新动力。

3.积极借鉴先进省份经验。提高科技创新能力还需进一步深入研究北、上、广、深等一线城市的科技创新模式,学习这些地区的创新体系构建经验,如杭州市科技“六小龙”发展经验,深圳市创新孵化器、高新科技园区的建设与管理经验,上海市的创新链和产业链深度融合机制。此外,还需借鉴这些地区成熟的技术研发和成果转化机制,建立高效的技术转移和商业化渠道。在此基础上,福建省应积极与这些地区建立长期合作关系,通过人才交流、项目合作等方式,实现资源共享和优势互补。通过与一线城市的深度合作,福建省能够充分吸收先进经验,提升自身科技创新能力,进而推动区域科技创新高质量发展。

参考文献:

[1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告(2022 年 10 月 16 日)[M]. 北京:人民出版社, 2022:35.

[2] 陈丹宇. 长三角区域创新系统中的协同效应研究[D]. 杭州:浙江大学,2010.

[3] 隋馨,李琳. 黑龙江省区域创新能力评价研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2021,33(3):109-115.

[4] 张强. 区域技术创新能力评价及空间效应:以陕西省为例[J]. 中国科技资源导刊,2021,53(3):91-100.

[5] 张烨. 南通市区域创新能力评价体系与对策研究[J]. 江苏科技信息,2023,40(27):1-8,12.

[6] 王昱翔,王丰效. 区域创新能力、产业结构升级与经济发展韧性的互动关系研究:基于黄河流域 9 个省份的实证[J]. 科技与经济,2024,37(1):46-50.

[7] 杨艳. 高质量发展背景下河南区域创新能力评价研究[J]. 现代营销,2023(9):90-92.

[8] Azubuike V M U. Technological innovation capability and firm's performance in new product development[J]. Communications of the IIMA,2013,13(1):4.

[9] Jimenez D,Valle R S. Studying the relationships among human capital,technological capabilities,and innovation in Spanish manufacturing firms[J]. International Journal of Technology Management,2020,82(3/4):227-243.

[10] Sovacool B K,Herman K S,Iskandarova M,et al. “Oh yes! net- zero”:Sociotechnical capabilities and regional innovation systems for British industrial decarbonization[J]. Environmental Innovation and Societal Transitions,2024,51:100852.

[11] 陈艳华. 基于熵权 TOPSIS 的区域科技创新能力实证研究[J]. 工业技术经济,2017,36(5):46-51.

[12] 高磊,郁永勤. 基于熵权 TOPSIS 法的福建省产业技术创新能力评价[J]. 科技和产业,2012,12(12):92-96.

[13] 阮荣彬,陈莞. 基于因子分析法的区域科技创新能力评价:以福建省为例[J]. 生产力研究,2020(5):77-81.

(责任编辑:王圆圆)