

基于优先级层次熵-修正 TOPSIS 法的区域 科技创新能力评价

张延禄¹, 晁卓毅², 杨乃定¹

(1. 西北工业大学 管理学院, 西安 710072; 2. 中航通飞华南飞机工业有限公司, 广东 珠海 519000)

摘要:区域科技创新能力已成为决定地区综合竞争力的重要因素,科学全面地评价区域科技创新能力有助于提升地区经济水平。从创新投入能力、创新产出能力、技术转化能力、创新环境支撑能力 4 个维度,构建区域科技创新能力评价指标体系。考虑到指标优先级的影响,采用不完全指标排序关系修正方法并结合层次分析法和熵值法对评价指标进行组合赋权,进而使用修正 TOPSIS(逼近理想解排序)法进行综合评价。最后,选取陕西、北京、河南、辽宁 4 个不同地区代表性省市,对其科技创新能力进行综合评价。评价结果与现实情况基本一致,从而验证了评价方法的有效性。

关键词:区域科技创新能力;优先级层次熵;修正 TOPSIS(逼近理想解排序)法

中图分类号:F124.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)17-0001-07

随着经济全球化的不断深入,商品、技术、信息、服务、资本等生产要素在不同国家或地区之间的流动不断加大,各国的生产要素得到了优化配置和合理利用。但是,在经济全球化给各国带来巨大发展机会的背景下,我国在发展过程中遇到了一些严峻挑战,其中之一就是许多关键核心技术并没有掌握在自己手中,这已成为制约我国经济高质量发展的短板和软肋^[1]。我国在部分核心基础部件、关键基础材料、高端通用芯片以及高端制造装备等关键领域的核心技术已经出现了受制于人的“卡脖子”问题。例如,2018 年的“中兴事件”,美国政府在未来 7 年内禁止中兴通讯向美国企业购买相关核心产品,此举导致中兴通讯不得不缴纳 10 亿美金,损失巨大。随着地区经济的发展和市场竞争的加剧,区域科技创新能力已成为地区综合竞争力的重要标志和影响经济获取国际竞争优势的决定性因素^[2-4]。因此,科学全面地评价区域科技创新能力,对提高一个地区的科技创新能力、保持和提升其竞争能力、获取最佳的社会效益和经济效益具有重要的现实意义。

目前,国内外学者针对区域创新能力评价进行了一定的研究。其中,评价指标体系的构建一直是关注的焦点。白嘉^[5]从创新的投入和产出、创新主体、创新环境来评价创新能力。周文咏和项洋^[6]从创新投入、产出、环境等方面分析各区域创新能力关键因素,发现研发人员和基础设施是关键制约因素。李美娟和刘媛^[7]根据简约性、独立性和代表性的原则选取指标,将协同创新投入、协同创新合作、协同创新产出和协同创新辅助条件作为区域协同创新能力的主要影响因素纳入指标体系。杜英和李琰玲^[8]基于三螺旋理论从创新支持子系统、创新转化子系统、创新研发子系统 3 个维度构建了区域科技创新能力评价指标体系。整体而言,学者主要基于创新投入、创新产出、创新环境 3 个维度来构建评价指标体系。为了体现中间技术创新产出,还用技术市场成交合同额作为补充性指标,主要是弥补专利衡量技术创新产出方面的不足^[9]。此外,对创新能力评价指标的赋权也是研究的热点。倪洁和赵醒村^[10]通过层次分析法对上市企业创新能力评价体系进行主观赋权。曾春花等^[11]通过相关性权

收稿日期:2023-05-30

基金项目:国家自然科学基金(71871182);教育部人文社会科学研究一般项目(20XJA630003);陕西省软科学一般项目(2022KRM042);西安市社会科学规划基金(22GL82);西安市科技计划软科学研究项目(22RKYJ0016);西北工业大学党建研究基金(DJZ202205)。

作者简介:张延禄(1984—),男,山东潍坊人,西北工业大学管理学院,副教授,博士,研究方向为区域创新管理、管理系统工程;晁卓毅(1998—),男,陕西宝鸡人,中航通飞华南飞机工业有限公司,硕士,研究方向为创新管理;杨乃定(1964—),男,陕西户县人,西北工业大学管理学院,教授,博士,研究方向为创新管理、管理系统工程。

重法确定小微企业生态创新水平评价指标权重,即验证性因子分析(confirmatory factor analysis, CFA)模型中观测变量的因子载荷表示观测变量对潜变量的重要性。徐建中等^[12]利用熵权法客观确定制造企业创新能力评价指标权重。陈银娥等^[13]运用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型和时空地理加权回归模型对省域科技创新效率进行了定量测度。

总结发现,目前学者对区域科技创新能力研究取得了一些丰富的成果和结论,但仍存在一些不足。现有的研究大多基于投入产出角度来进行评价,未考虑影响区域科技创新能力的其他重要因素,如技术创新转化能力等^[14];对科技创新能力评价指标赋权时大多使用主观赋值法,人为主观影响过大^[15-16]。为了弥补上述不足,本文在投入产出的基础上,考虑技术转化和创新环境对区域科技创新的影响,建立更加系统全面的区域科技创新评价指标体系,进而采用优先级层次熵对评价指标进行组合赋权,此方法通过熵值法对由层次分析法得到的权重进行修正从而获得相对准确的指标权重。在此基础上,使用修正逼近理想解排序(technique for order preference by similarity to ideal solution, TOPSIS)法进行综合评价,最后选取我国不同地区的代表性省市来对其进行综合评价,从而为提升区域科技创新能力提供一定的参考依据。

1 区域科技创新能力评价指标体系构建

结合区域科技创新的自身特点,遵循目标性、科学性、系统性、可操作性、动态性等原则,从创新投入能力、创新产出能力、技术转化能力、创新环境支撑能力这 4 个维度,构建区域科技创新能力评价指标体系。

1.1 创新投入能力

创新投入能力是指地区为了突破关键核心技术所投入的资源,包括有形资源 and 无形资源,主要有人力投入和经费投入^[17]。研发经费和科技人员投入不足是导致创新效率偏低的主要原因^[18],而且人才是创新活动的根本,是一个国家或地区的竞争之本、转型之要、动力之源^[19]。因此,R&D 投入对技术创新能力有重要影响^[20]。综上,采用 R&D 经费支出、R&D 经费投入强度、R&D 人员数量、开展创新活动企业数 4 个指标来衡量创新投入能力。

1.2 创新产出能力

创新产出能力是创新资源投入的产出效果,能够反映出技术创新活动的规模和收益^[21],是衡量创新

能力的重要体现。在经济产出方面,新产品销售收入反映出创新效益的高低,收入越高表明创新能力越高^[22];在科技产出方面,专利是某项工艺、设计、新产品等依法取得的独占权力,体现了一个国家和地区的创新积累能力和创新技术发展潜力^[23],而科技论文作为知识创新成果,是创新水平和能力的重要体现。因此,采用新产品销售收入、有效发明专利数、科技论文发表数量来衡量创新产出能力。

1.3 技术转化能力

技术转化能力主要指科技成果的转化应用能力,可以衡量创新技术在整个产业与企业中的传播扩散程度。项目建成投产率是建成投产的项目在全部项目中的比重,可以衡量技术转化的程度。固定资产交付使用率可以反映出真正投入到技术创新中的固定资产数量。在不断地研发后,新项目的开工个数尤其重要,能够较大幅度地衡量技术转化能力。因此,采用项目建成投产率、固定资产交付使用率、新项目开工数 3 个指标来衡量技术转化能力。

1.4 创新环境支撑能力

由于企业的研发活动具有一定的外部性,企业往往无法短时间甚至无法获得研发活动带来的收益。因此,企业的研发成本和风险较高。基于此,政府的研发支持可以弥补企业研发不足,从而提升企业的技术创新能力,所以政府资金有助于创新效率的提升^[24]。科技企业孵化器为新创办的科技型企业提供物理空间和基础设施等一系列支持,为完善国家和区域创新发挥重大作用,具有重大的社会经济意义。研发机构在技术创新中起到至关重要的作用,能够聚集科研人员共同创新,从而为攻克难题打下坚实基础。国家正在大力培养新型创新科技人才,加强与高校或科研机构的合作紧密度,能够更好地拥有具备国际竞争力的复合型科技人才。

综上,本文最终建立了区域科技创新能力评价指标体系,见表 1。

2 基于优先级层次熵的评价指标赋权方法

对专家来说,确定一个指标比另一个指标重要多少往往会有不同的意见,但在二者中选择一个相对重要指标往往会容易得多。由于专家学历、知识等背景不同,专家对指标重要程度排序时可能会拿不定主意,从而出现不完全信息的指标优先级。鉴于此,运用优先级层次熵方法,首先确定指标的优先级,在此基础上再利用层次分析法和熵值法对指标进行组合赋权。

表 1 区域科技创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标
创新投入能力 X_1	R&D 经费支出 X_{11}
	R&D 经费投入强度 X_{12}
	R&D 人员数量 X_{13}
	开展创新活动企业数 X_{14}
创新产出能力 X_2	新产品销售收入 X_{21}
	有效专利发明数 X_{22}
	科技论文发表数量 X_{23}
技术转化能力 X_3	项目建成投产率 X_{31}
	固定资产交付使用率 X_{32}
	新项目开工个数 X_{33}
创新环境支撑能力 X_4	政府 R&D 经费支出 X_{41}
	国家级科技企业孵化器个数 X_{42}
	研发机构数量 X_{43}
	企业与高校或科研机构合作紧密度 X_{44}

2.1 确定指标优先级

选择 m 位专家($7 \leq m \leq 15$)对 n 个指标进行优先级排序,假设有 t 个专家给出了完整的排序,而其他($m-t$)个专家在排序中都存在遗漏指标的现象。具体修正步骤如下^[25]:

1)专家分类以及修正满足条件。将排序中指标数相同的专家归为一类,若该类包含所有评价指标则可以对其信息进行修正及一致性检验,否则舍弃。

2)将不完全信息排序转化成分数:

$$R_{ij} = n - r_{ij} + 1 \tag{1}$$

式中: R_{ij} 为第 i 个指标在第 j 位专家所排的位次得分; n 为评价指标数量; r_{ij} 为第 i 个指标在第 j 位专家所排的位次。

3)计算不同方法下指标得分的均值:

$$\bar{R}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m R_{ij} \tag{2}$$

式中: $\bar{R}_i$ 为所有专家所排位次指标得分的均值。利用指标均值作为缺失指标的得分,按数值大小插入到专家排序中,得出每位专家的完整指标序关系。

4)计算等级相关系数。对于修正过的完整指标排序关系,其结果或许会有差异。但是对于相同指标来说差异不应过大,所以要对排序进行基于斯皮尔曼等级相关系数的一致性检验。其中,未通过一致性检验的专家排序将会被舍弃。设第 j 种方法得到的排序为 $A_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$, 则第 j 和第 k 个排序的 Spearman 等级相关系数公式为

$$V_{jk} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (a_{ij} - a_{ik})^2}{n(n^2 - 1)} \tag{3}$$

式中: V_{jk} 为 Spearman 等级相关系数; a_{ij} 为第 i 个

指标在第 j 位专家所排的位次; a_{ik} 为第 i 个指标在第 k 位专家所排的位次。舍弃标准:计算斯皮尔曼等级相关系数,当均值大于等于 0.7 时满足信度的分值条件,通过一致性检验;否则,舍弃该专家排序。

5)理想排序的确定。对通过一致性检验的专家排序再利用式(1)打分,若 β_{ij} 为第 j 位专家序关系下的第 i 项指标的得分, $\bar{a}_i$ 为第 i 个指标的综合得分均值,则有

$$\bar{a}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \beta_{ij} \tag{4}$$

按大小进行重新排序,即为融合序关系。

2.2 基于层次分析法确定指标权重

为了获得包含主、客观信息的指标权重,采用层次分析法和熵值法相结合的方法来确定指标权重,具体就是用层次分析法决定指标的模糊权重,利用决策矩阵提供的信息,进一步用多目标决策中熵值法修正决策者先前决定的优先权重,以获得相对准确的指标权重。由于层次分析法容易产生循环而不满足传递性公理,导致标度把握不准并丢失部分信息,解决这些问题的有效途径是使用熵值法对其进行修正。层次分析法的计算步骤具体如下。

1)构造判断矩阵。对同一级中的各元素关于上一层某一定则的重要度进行两两比较,构造判断矩阵 A 。 A 中元素 a_{ij} 为 i 指标与 j 指标相对重要度之比,并且有如下关系:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ii} = 1; i, j = 1, 2, \dots, n \tag{5}$$

a_{ij} 的比值越大,则 i 相对于 j 的重要度就越高。

2)计算权重向量,进行一致性检验。对矩阵 A 的各列向量进行归一化,得到标准矩阵 $(b_{ij})_{m \times m}$ 。

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}}, i, j = 1, 2, \dots, m \tag{6}$$

然后按行求和、归一化,所得列向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_m)^T$,即为 A 的特征向量为

$$\omega_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m b_{ij}, i, j = 1, 2, \dots, m \tag{7}$$

进一步计算矩阵 A 的最大特征根:

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^m \frac{(A\omega)_i}{m\omega_i} \tag{8}$$

一致性指标:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \tag{9}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{10}$$

式中:RI 为平均一致性指标,可查表得到;CR 为一

致性比率,通常,若 $CR<0.1$,可认为矩阵 A 具有满意的一致性。

2.3 基于熵值法修正指标权重

采用熵值法对由层次分析法得到的权重向量进行修正,具体步骤如下。

1)根据标准矩阵 $B=(b_{ij})_{m\times m}$, 计算第 j 个指标 x_j 的输出熵 E_j 。

$$E_j=-k\sum_{i=1}^mb_{ij}\ln b_{ij},j=1,2,\cdots,n$$

(11)

式中: $k=(\ln m)^{-1}$ 为常数。

2)求指标 x_j 的偏差度 d_j 。

$$d_j=1-E_j$$

(12)

3)求指标 x_j 的信息权重 μ_j 。

$$\mu_j=\frac{d_j}{\sum_{j=1}^md_j},j=1,2,\cdots,m$$

(13)

4)利用信息权重 μ_j 修正由层次分析法得到的权重向量 ω 。

$$\lambda_j=\frac{\mu_j\omega_j}{\sum_{j=1}^m\mu_j\omega_j},j=1,2,\cdots,m$$

(14)

通过以上步骤得到各指标的综合权重向量 $\lambda=(\lambda_1,\lambda_2,\cdots,\lambda_m)^T$ 。

3 修正 TOPSIS 评价方法

TOPSIS 法作为一种重要的多目标决策分析方法,主要通过计算各待评样本与正理想解、负理想解的相对距离,并排序选优,距离正理想解较近且距离负理想解较远的方案较优^[26]。而修正 TOPSIS 在评价矩阵中引入变异系数法确定的指标权重,能够提高综合评价的准确性和合理性。计算过程如下。

1)获取原始数据矩阵。假设有 n 个待评价样本, p 项评价指标,于是得到原始数据矩阵 X 。

$$X=\begin{pmatrix}x_{11}&x_{12}&\cdots&x_{1p}\\x_{21}&x_{22}&\cdots&x_{2p}\\\vdots&\vdots&&\vdots\\x_{n1}&x_{n2}&\cdots&x_{np}\end{pmatrix}$$

(15)

2)归一化原始数据。评价指标中有正向指标和负向指标之分,一般把负向指标转化为正向指标,转化的方法可采用倒数法。将原始数据归一化,具体计算公式为

$$z_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^nx_{ij}^2}}$$

(16)

3)构造加权矩阵:

$$z_{ij}^*=z_{ij}w_j$$

(17)

得到加权矩阵 Z^* :

$$Z^*=\begin{pmatrix}z_{11}w_1&z_{12}w_2&\cdots&z_{1p}w_p\\z_{21}w_1&z_{22}w_2&\cdots&z_{2p}w_p\\\vdots&\vdots&&\vdots\\z_{n1}w_1&z_{n2}w_2&\cdots&z_{np}w_p\end{pmatrix}$$

(18)

4)寻找最优、最劣方案:

$$\begin{cases}z_{ij}^{*+}=\max(z_1^{*+},z_2^{*+},\cdots,z_p^{*+})\\z_{ij}^{*-}=\min(z_1^{*-},z_2^{*-},\cdots,z_p^{*-})\end{cases}$$

(19)

5)计算最优、最劣距离 $D_i^+、D_i^-$ 。

$$\begin{cases}D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^p(z_{ij}^*-z_j^{*+})^2}\\D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^p(z_{ij}^*-z_j^{*-})^2}\end{cases}$$

(20)

6)构造相对接近度 C_i 。

$$C_i=\frac{D_i^-}{D_i^++D_i^-}$$

(21)

7)排序。根据 C_i 的大小进行排序, C_i 越大,表明评价对象越接近最优值。本文将接近度划分为 4 个等级标准,用来表征创新能力的水平,具体等级标准见表 2。

表 2 创新水平等级标准

接近度	创新水平	接近度	创新水平
[0, 0.3]	低级	(0.6, 0.8]	良好
(0.3, 0.6]	中级	(0.8, 1.0]	优秀

4 实例应用

4.1 数据来源

为了综合反映我国不同区域的科技创新能力水平,特别选取了我国首都北京、中部的河南、西部的陕西、东北部的辽宁这 4 个代表性省市作为评价对象。同时为了保证评价结果的客观性和真实性,数据主要来源于 2016—2020 年公开出版的统计年鉴,主要包括《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国火炬统计年鉴》《北京市统计年鉴》《河南省统计年鉴》《陕西省统计年鉴》《辽宁省统计年鉴》。

4.2 确定评价指标权重

1)确定指标优先级。邀请 8 位评审专家给出二级指标的重要性优先级排序。其中,有 3 位专家给出了完整指标序关系,3 位专家为缺一项指标序关系,另外 2 位专家序关系缺两项,分别用 A、B、C 表示, $G_j(j=1,2,3,4)$ 表示第 j 项指标。将 B 类专家排序代入式(1)、式(2)得到每个指标得分均值为 $\bar{R}_1\approx2.5,\bar{R}_2\approx2,\bar{R}_3=2,\bar{R}_4=1$ 。把均值分别与

B类专家不完全信息排序得分进行对比,按大小把缺失指标插入到专家给出的残缺排名中,计算一位专家与其他两位专家的斯皮尔曼等级相关系数: $\bar{V}_1=0.8, \bar{V}_2=0.6, \bar{V}_3=0.6$ 。

对通过一致性检验的 $B_1、A_1、A_2、A_3$ 再次求指标均值,按照大小进行排序,则指标总的排序结果为 $G_1>G_3>G_4>G_2$ 。

2)基于层次分析法和熵值法确定指标权重。在保证指标优先级不变的情况下,邀请专家给出判断矩阵,具体见表3。

表 3 判断矩阵

指标	G_1	G_2	G_3	G_4
G_1	1	6	3	5
G_2	1/6	1	1/4	1/3
G_3	1/3	4	1	3
G_4	1/5	3	1/3	1

通过计算得对应的指标主观权重为 $\omega = \{0.551\ 8, 0.064\ 9, 0.255\ 4, 0.128\ 0\}$, $CR<0.1$, 满足一致性检验条件。通过熵值法对由层次分析法得到的权重向量进行修正,得到修正后的指标权重,具体权重见表4。

4.3 TOPSIS 综合评价

收集了2016—2020年陕西、北京、河南、辽宁4个省市的指标数据,数据来源于《中国高技术产业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国火炬统计年鉴》等统计年鉴。在此,仅给出2019年创新投入能力这个指标的计算结果,具体如下。

1)原始数据矩阵:

$$X = \begin{bmatrix} 22\ 335\ 870 & 6.31 & 313\ 986 & 12\ 690 \\ 7\ 930\ 369 & 1.46 & 191\ 570 & 15\ 150 \\ 5\ 845\ 754 & 2.27 & 115\ 319 & 7\ 523 \\ 5\ 084\ 604 & 2.04 & 99\ 880 & 6\ 016 \end{bmatrix}。$$

2)归一化原始数据:

$$Z = \begin{bmatrix} 0.895\ 7 & 0.881\ 3 & 0.788\ 5 & 0.577\ 2 \\ 0.318\ 0 & 0.203\ 9 & 0.481\ 1 & 0.689\ 1 \\ 0.234\ 4 & 0.317\ 0 & 0.289\ 6 & 0.342\ 2 \\ 0.203\ 9 & 0.284\ 9 & 0.250\ 8 & 0.273\ 6 \end{bmatrix}。$$

3)加权矩阵:

$$Z^* = \begin{bmatrix} 0.359\ 5 & 0.154\ 4 & 0.285\ 6 & 0.035\ 3 \\ 0.127\ 7 & 0.035\ 7 & 0.174\ 3 & 0.042\ 2 \\ 0.094\ 1 & 0.055\ 5 & 0.104\ 9 & 0.020\ 9 \\ 0.081\ 8 & 0.049\ 9 & 0.090\ 9 & 0.016\ 7 \end{bmatrix}。$$

4)最优、最劣方案:

$$z_{ij}^{*+} = (0.359\ 5\ 0.154\ 4\ 0.285\ 6\ 0.042\ 2);$$
$$z_{ij}^{*-} = (0.081\ 8\ 0.035\ 7\ 0.090\ 9\ 0.016\ 7)。$$

5)最优、最劣距离:

$$D_i^+ = (0.006\ 8\ 0.283\ 3\ 0.336\ 7\ 0.355\ 8)^T;$$
$$D_i^- = (0.359\ 8\ 0.098\ 5\ 0.027\ 5\ 0.014\ 2)^T。$$

6)综合接近度:

$$C = (0.981\ 5, 0.258\ 0, 0.075\ 5, 0.038\ 4)^T$$

同理,得到所有指标的综合接近度,如图1、表5所示。

4.4 结果分析

由图1可以看出,2016—2019年这4年期间,4省市的科技创新能力趋于稳定。但在2020年,4个省市都有相对明显的变化,北京市的科技创新能力小幅增长,河南以及陕西有所降低,辽宁则大幅增加。

由表5可以看出,北京在4省市中5年的综合接近度都是最高,其科技创新能力最强,高强度的创新投入、巨大的创新产出以及强有力的环境支持都保证了北京科技创新能力的增长,但技术转化能力

表 4 评价指标的权重

一级指标	修正前	修正后	二级指标	修正前	修正后
创新投入能力 X_1	0.551 8	0.485 8	R&D经费支出 X_{11}	0.465 8	0.401 4
			R&D经费投入强度 X_{12}	0.161 1	0.175 2
			R&D人员数量 X_{13}	0.277 1	0.362 2
			开展创新活动企业数 X_{14}	0.096 0	0.061 2
创新产出能力 X_2	0.064 9	0.030 4	新产品销售收入 X_{21}	0.557 1	0.500 3
			有效发明专利数 X_{22}	0.320 3	0.403 9
			科技论文发表数量 X_{23}	0.122 6	0.095 8
创新技术转化能力 X_3	0.255 4	0.349 2	项目建成投产率 X_{31}	0.594 9	0.615 4
			固定资产交付使用率 X_{32}	0.276 6	0.233 8
			新项目开工个数 X_{33}	0.128 5	0.150 8
创新环境支持力 X_4	0.128 0	0.134 6	政府 R&D 经费支出 X_{41}	0.288 4	0.374 6
			国家级科技企业孵化器个数 X_{42}	0.475 8	0.415 8
			研发机构数量 X_{43}	0.081 3	0.063 4
			企业与高校或科研机构合作紧密度 X_{44}	0.154 5	0.146 2

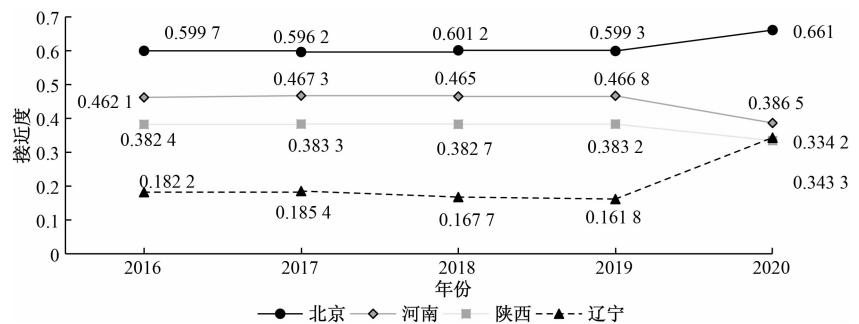


图 1 2016—2020 年 4 省市科技创新能力综合接近度

表 5 2016—2020 年 4 省市各指标的综合接近度

年份	省市	创新投入能力	创新产出能力	技术转化能力	创新环境支持能力	综合接近度
2020	北京	0.975 8	0.880 7	0.379 6	0.713 5	0.661 0
	河南	0.262 2	0.491 2	0.632 9	0.259 9	0.386 5
	陕西	0.065 7	0.089 3	0.582 5	0.651 1	0.334 2
	辽宁	0.036 1	0.313 3	0.620 4	0.360 9	0.343 3
2019	北京	0.981 5	0.930 4	0.112 9	0.444 7	0.599 3
	河南	0.258 0	0.540 3	1.000 0	0.171 8	0.466 8
	陕西	0.075 5	0.097 2	0.774 5	0.703 3	0.383 2
	辽宁	0.038 4	0.500 0	0.312 7	0.000 0	0.161 8
2018	北京	0.963 4	0.681 8	0.112 9	0.696 4	0.601 2
	河南	0.246 4	0.618 2	1.000 0	0.199 8	0.465 0
	陕西	0.500 0	0.094 0	0.774 5	0.525 9	0.382 7
	辽宁	0.046 8	0.040 5	0.312 7	0.113 4	0.167 7
2017	北京	0.961 0	0.721 9	0.112 9	0.686 6	0.596 2
	河南	0.247 5	0.534 6	1.000 0	0.103 8	0.467 3
	陕西	0.077 7	0.008 7	0.774 5	0.526 5	0.383 3
	辽宁	0.054 4	0.041 0	0.312 7	0.316 8	0.185 4
2016	北京	0.958 7	0.713 4	0.112 9	0.687 5	0.599 7
	河南	0.254 8	0.566 3	1.000 0	0.063 3	0.462 1
	陕西	0.085 8	0.008 9	0.774 5	0.526 8	0.382 4
	辽宁	0.046 6	0.119 6	0.312 7	0.312 0	0.182 2

与其他 3 项指标存在巨大差距。河南在 4 个省市中综合接近度排名第 2,凭借极高的技术转化能力,将创新投入高效率的转化为创新产出,保证了河南科技创新能力的高水平发展。陕西在 4 个省市中综合接近度排名第 3,在技术转化和创新环境支持能力两方面具有较强能力。辽宁综合接近度最低,是唯一 4 年创新水平均处于“低级”的地区。可以看出,该评价结果较为客观真实地反映了我国不同地区的科技创新能力水平。

5 总结

从创新投入能力、创新产出能力、技术转化能力、创新环境支撑能力 4 个维度共 14 个二级指标,构建了我国区域科技创新能力评价指标体系。在此基础上,采用优先级层次熵方法确定了指标优先级,并根据层次分析法和熵值法对指标进行主客观组合赋权。基于接近度视角提出了修正 TOPSIS 方

法进行综合评价。最后,选取北京、河南、陕西、辽宁 4 个代表性省市作为评价对象,分别对其 2016—2020 年的科技创新能力进行了综合评价。结果表明,本文得出的评价结果能够比较客观真实地反映我国不同区域的科技创新能力水平,在一定程度上验证了评价方法的有效性和合理性。

参考文献

[1] 华坚,胡金听.中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价[J].科技进步与对策,2019,36(8):19-27.

[2] 姜文仙,张慧晴.珠三角区域创新能力评价研究[J].科技管理研究,2019,39(8):39-47.

[3] 朱杰敏.创新投入对区域科技创新能力的影响研究:以江苏省为例[J].科技和产业,2022,22(10):104-111.

[4] 李胜会,朱绍棠.科技评价是否有效促进了区域科技创新?:基于政策驱动的视角[J].科研管理,2021,42(7):11-21.

[5] 白嘉.中国区域技术创新能力的评价与比较[J].科学管理研究,2012,30(1):15-18.

[6] 周文泳,项洋.中国各省市区域创新能力关键要素的实证研究[J].科研管理,2015,36(S1):29-35.

[7] 李美娟,刘媛.基于 Copeland 法的区域协同创新能力动态组合评价与分析[J].科技管理研究,2018,38(11):48-54.

[8] 杜英,李皖玲.基于子系统协同度评价的区域科技创新能力测度:以甘肃省为例[J].中国科技论坛,2021(2):91-99.

[9] 寇明婷,陈凯华,高霞,等.创新型城市技术创新投资效率的测度方法研究:基于创新过程的视角[J].科研管理,2014,35(6):56-67.

[10] 倪洁,赵醒村.科创板首批上市企业创新能力评价研究[J].科技管理研究,2020,40(17):13-18.

[11] 曾春花,杨杰,郑育璐.小微企业生态创新水平评价及其创新能力提升策略:以贵州省为例[J].科技管理研究,2021,41(2):61-68.

[12] 徐建中,孙颖,孙晓光.基于熵权 TOPSIS-PSO-ELM 的制造企业绿色创新能力评价模型及实证研究[J].运筹与管理,2020,29(1):131-140.

[13] 陈银娥,李鑫,李汶.中国省域科技创新效率的影响因素及时空异质性分析[J].中国软科学,2021(4):137-149.

[14] LIN H E,MCDONOUGH E F,LIN S J,et al. Managing

the exploitation/exploration paradox;the role of a learning capability and innovation ambidexterity[J]. Journal Product Innovation Management,2013,30(2):262-278.

[15] 李长青,周伟铎,姚星. 我国不同所有制企业技术创新能力的行业比较[J]. 科研管理,2014,35(7):75-83.

[16] 马茹,罗晖,王宏伟. 等. 中国区域经济高质量发展评价指标体系及测度研究[J]. 中国软科学,2019(7):60-67.

[17] SPANOS Y E,VONORTAS N S,VOUDOURIS I. Antecedents of innovation impacts in publicly funded collaborative R&D projects[J]. Technovation,2015(36/37):53-64.

[18] 赵树宽,余海晴,巩顺龙. 基于 DEA 方法的吉林省高技术企业创新效率研究[J]. 科研管理,2013.34(2):36-43.

[19] 方力,张士运,王健. 京沪深科技创新综合效应比较评价研究[J]. 世界科技研究与发展,2020,42(2):192-205.

[20] 陈春晖,曾德明. 我国自主创新投入产出实证分析[J]. 研究与发展管理,2009(1):18-23.

[21] 王洪庆,侯毅. 中国高技术产业技术创新能力评价研究[J]. 中国科技论坛,2017 (3):58-63.

[22] 肖文,林高榜. 政府支持、研发管理与技术创新效率:基于中国工业行业的实证分析[J]. 管理世界,2014(4):71-80.

[23] 王玉梅,孙珊,杨皎平,等. 高技术产业创新能力评价指标体系构建[J]. 财会月刊,2020(4):69-75.

[24] GUAN J C,CHEN K H. Measuring the innovation production process:a cross-region empirical study of China's high-tech innovations[J]. Technovation,2010,30(5/6):348-358.

[25] 郭秀强,孙延明. 基于优先级层次熵的高新技术企业创新能力评价方法[J]. 工业工程,2020,23(5):124-131,139.

[26] 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.

Evaluation of Regional Scientific and Technological Innovation Capability
Based on Priority Level Entropy-modified TOPSIS Method

ZHANG Yanlu¹, CHAO Zhuoyi², YANG Naiding¹

(1. School of Management,Northwestern Polytechnical University,Xi'an 710072,China;
2. Avic General Huanan Aircraft Industry Co.,Ltd.,Zhuhai 519000,Guangdong,China)

Abstract: Regional scientific and technological innovation capability has become the decisive factor of regional comprehensive competitiveness. Scientific and comprehensive evaluation of regional scientific and technological innovation capability is helpful to improve the regional economic level. The evaluation index system of regional scientific and technological innovation capability of China is established from four dimensions of innovation input capability, innovation output capability, technology transformation capability and innovation environment support capability. Considering the influence of index priority, the incomplete index order relationship correction method is adopted, analytic hierarchy process and entropy method are used to weight the evaluation indexes, and then the modified TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)method is used for comprehensive evaluation. Finally, four representative provinces and cities of Shaanxi, Beijing, Henan and Liaoning are selected to comprehensively evaluate their scientific and technological innovation ability, so as to verify the effectiveness of the evaluation method.

Keywords: regional scientific and technological innovation capability;priority level entropy;modified TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution)method