

基于熵权-TOPSIS 法的 福建省高校科技创新能力实证研究*

郭子茵¹ 陈振标^{1,2} 刘敏榕¹

(1. 福州大学图书馆 福建福州 350108)

(2. 福州大学产业情报研究所 福建福州 350108)

摘 要 [目的/意义]对福建省高校科技创新能力进行深入分析研究,有助于福建省高校利用评价结果进行自我诊断,促进高校科技创新进一步科学发展,为开展我国高校科技创新能力评价提供有益的探索 and 实践经验。[方法/过程]运用对标分析法,以台湾高校科技创新能力作为对比,发现福建省高校科技创新能力存在的不足,先构建高校科技创新能力评价指标体系,用熵权法确定指标权重,然后运用 TOPSIS 法对闽台两地的高校科技创新能力进行动态综合评价。[结果/结论]福建省高校的科技创新能力相较台湾地区高校存在一定的差距,尤其在科技创新投入能力和产出能力方面。福建省应加大对高校的科技创新投入,并促进高校提升科技成果转化,优化各地区资源配置,以提高高校科技创新能力。

关键词: 福建省高校; 科技创新能力; 熵权-TOPSIS 法

中图分类号: G644

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1005-8095.2023.05.007

An Empirical Study on Scientific and Technological Innovation Ability of Fujian Universities Based on Entropy Weight-TOPSIS Method

Guo Ziyin¹ Chen Zhenbiao^{1,2} Liu Minrong¹

(1. Library of Fuzhou University, Fuzhou Fujian 350108)

(2. Institute of Industrial Information, Fuzhou University, Fuzhou Fujian 350108)

Abstract [Purpose/significance] The in-depth analysis and research on the scientific and technological innovation ability of Fujian universities will help the universities in Fujian province to use the evaluation results for self-diagnosis, promote the further scientific development of scientific and technological innovation in universities, and provide beneficial exploration and practical experience for the evaluation of scientific and technological innovation ability of Chinese universities. [Method/process] By using the benchmarking analysis method and taking the scientific and technological innovation ability of universities in Taiwan as a comparison, the paper finds the shortcomings of the scientific and technological innovation ability of universities in Fujian province. First, the paper builds the evaluation index system of the scientific and technological innovation ability of universities, uses the entropy weight method to determine the index weight, and then uses the TOPSIS method to conduct a dynamic comprehensive evaluation of the scientific and technological innovation ability of universities in Fujian and Taiwan. [Result/conclusion] The results show that there is a certain gap between the scientific and technological innovation capacity of universities in Fujian province and that of Taiwan, especially in terms of the input capacity and output capacity of scientific and technological innovation. Fujian province should increase the investment in scientific and technological innovation, improve the conversion rate of scientific research achievements, optimize the allocation of resources in various regions, so as to im-

收稿日期: 2022-12-07

* 本文系福建省创新战略研究计划项目“闽台高校科技创新能力对比与高质量发展超越对策研究”(项目编号: 2021R0022)研究成果之一。

作者简介: 郭子茵(1997—),女,2020 级硕士研究生,研究方向为科技创新;陈振标(1982—),男,硕士,副研究馆员,研究方向为知识产权信息服务、情报分析等,已发表论文 31 篇;刘敏榕(1964—),女,硕士,研究馆员,研究方向为信息服务与用户、科技创新等,已发表论文 90 篇。

prove the scientific and technological innovation ability of colleges and universities.

Keywords: Fujian universities; scientific and technological innovation ability; Entropy TOPSIS method

0 引言

习近平总书记在党的二十大报告中指出“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力,深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略,开辟发展新领域新赛道,不断塑造发展新动能新优势。”“加快实施创新驱动发展战略。加快实现高水平科技自立自强。”而高校作为科技创新的主阵地之一,是科技创新任务的主要承担者,现阶段逐渐成为科技创新的主力军,不仅有助于促进区域经济发展,而且对于加强区域综合实力和竞争力起着不可或缺的作用^[1]。

福建省是21世纪海上丝绸之路核心区、自由贸易试验区,还是大陆重要的对台交流省份。坚持全方位推动高质量发展超越,是新时代新福建建设的鲜明主线和根本战略,而创新驱动则是全方位推动高质量发展超越的“主引擎”^[2]。而与福建省隔海相望的台湾地区,在面积、人口、资源禀赋等方面相似,但经济和科技发展水平差异巨大,台湾地区科技创新水平较高,探究台湾地区高校科技创新能力,对大陆高校提升科技创新能力具有较好的参考借鉴意义。但是受两岸统计数据口径不一、收集数据存在困难等因素影响,当前针对大陆台湾地区高校科技创新能力对比的研究并不多,尚未形成科学系统的大陆台湾地区高校科技创新能力评价指标体系。本文在参考已有研究的基础上,尝试以闽台高校为样本,构建高校科技创新能力评价模型,进行对比实证分析,以期针对福建高校科技创新能力存在的问题进行完善,加速科技创新领域的高质量发展超越,增强福建省全方位高质量发展新动能。

1 研究现状

国内学者在高校科技创新能力的研究方面取得了一定的成果。从研究对象的选择来看,国内学者的研究对象比较全面,从全国所有省(直辖市、自治区)^[3-4]、特定区域内到各个省内都有,例如:汪昉^[5]选择了粤港澳大湾区的高校科技创新能力作为研究对象,分析现状并提出了相应的建议;薛文涛^[1]围绕山西省高校科技创新能力展开了分析研究等。从评价指标体系的构建来看,不同的学者有不同的看法,国内学者大多从科技创新的过程^[6-7]、结构^[8-9]等各种角度来构建高校科技创新能力评价指标体系。从

评价方法的运用来看,国内学者选择的评价方法多种多样,包括TOPSIS法^[10]、灰色关联分析法^[11]、熵值法^[12]、主成分分析法^[13]、生态位理论法^[1]等,不同于以前的研究仅使用单一评价方法,近年来的高校科技创新能力方面的研究趋向于综合运用多种评价方法,使得分析结果更为客观;从影响因素方面来看,国内学者认为人才培养^[14]、经费投入、创新基础条件^[15]是影响我国高校科技创新能力的主要因素。

现阶段而言,国外学者在高校科技创新能力方面的研究早于国内。从研究内容方面来看,国外更加注重实证分析,其研究重心在于科技创新过程中合作机制^[16]、研究成果转化能力及产出效率^[17]、影响因素^[18]等方面;在评价方法的选择方面,国外学者进行了定性评价和定量评价,主要使用方法有DEA法^[19]、Malmquist指数模型法^[20]、生态足迹分析法^[21]等,定量分析了高等学校的科研效率和影响因素等内容。

目前,虽然高校科技创新能力方面的研究成果颇丰,但是也存在一些不足,例如对于高校科技创新能力评价体系的构成、选择评价方法等方面,众多学者看法不同,未达成一致的意见;评价数据来源比较单一,大部分研究所采用的数据都源自教育部《高等学校科技统计资料汇编》,数据收集范围有待扩展;研究对象少见有关闽台高校科技创新能力对比方面的研究,这方面有待深入挖掘。

因此,本研究旨在建立科学性、系统性、可行性的高校科技创新能力评价指标体系,结合运用熵值法、TOPSIS法等方法,构建高校科技创新能力评价模型,通过闽台两地科技创新能力对比实证分析,分析福建省高校科技创新能力的发展水平,有针对性地提出加强福建省高校科技创新能力的建议对策,优化高校科研资源配置,为后续相关研究的开展等提供一定的参考依据。

2 研究设计

2.1 评价指标体系构建

本文全面梳理了关于高校科技创新能力评价体系建立等方面的现有研究成果,遵循指标体系构造的系统性、科学性、代表性、可比性、可行性等原则,在借鉴蒋艳萍等^[22]和林宗铭^[23]采用的评价指标体系的基础上,构建了包括3个一级指标的高校科技

创新能力评价体系,即科技创新投入能力、科技创新产出能力、国际合作交流能力,如表1所示。

表1 高校科技创新能力评价体系

一级指标	二级指标	编号
科技创新投入能力	高校数量(所)	A1
	研究与发展全时人员数(人)	A2
	研究与发展人员数(人)	A3
	科研项目数量(个)	A4
	研究与发展经费(千元人民币)	A5
科技创新产出能力	SCI论文(篇)	B1
	高被引论文(篇)	B2
	专利申请数(项)	B3
	专利授权数(项)	B4
	发明专利申请数(项)	B5
	发明专利授权数(项)	B6
国际合作交流能力	举办国际学术研讨会(次)	C1
	出席国际会议(人次)	C2
	合作研究接受人数(人次)	C3
	合作研究派遣人数(人次)	C4

2.1.1 科技创新投入能力

高校科技创新投入是进行创新活动的前提,是指投入到创新活动中的各种资源,一般包括人力投入和资金投入等。参考陈国福等^[24]的研究,将高校数量作为衡量科技创新资金投入的指标,参考雷亚楠等^[25]的研究,选取科技创新研究项目作为衡量科技创新投入能力的指标;因此,本文的科技创新投入能力包括5个二级指标,即高校数量A1、研究与发展全时人员数A2、研究与发展人员数A3、科研项目数量A4、研究与发展经费A5。

2.1.2 科技创新产出能力

高校科技创新活动最终的表现就是科技创新产出能力,这也是评价高校科技创新能力的关键因素,一般用论文产出和专利产出等指标来体现^[23]。因此,本文的科技创新产出能力包括6个二级指标,即SCI论文数B1、高被引论文数B2、专利申请数B3、专利授权数B4、发明专利申请数B5、发明专利授权数B6。

2.1.3 国际合作交流能力

国际合作交流作为高校科技创新活动的重要组成部分,不仅体现了高校学术实力,也反映了高校科技创新实力高低。参考张亚杰^[26]的研究,本文将国际合作交流能力作为衡量高校科技创新能力的一级指标,其下包括4个二级指标,即举办国际学术研讨会C1、出席国际会议人次C2、合作研究接受人数

C3、合作研究派遣人数C4。

2.2 评价模型构建

目前相关研究使用较多的评价模型主要是熵权-TOPSIS法。利用熵权法,基于指标变异性程度的强弱来赋予其客观权重,TOPSIS法即通过在决策矩阵中的评价目标与最优解、最劣解的距离测量来评估研究对象^[3]。这种方法对数据要求不严,容易操作,结果直观可靠,适用于横纵向评价。

为了客观系统评价高校科技创新能力发展现状及未来趋势,本文构建了动态综合评价模型,拟采用熵值法确定指标权重,运用TOPSIS法进行数据分析,具体步骤如下:

2.2.1 模型构建步骤

(1) 建立决策矩阵, $X = (x_{ij})_{m \times n}$, 其中 x_{ij} 表示第 i 个样本的第 j 个指标值, $i = 1, 2, \dots, m$, $j = 1, 2, \dots, n$ 。

(2) 初始数据标准化处理。不同评价指标数据的计量单位有差别,对原始数据进行规范化处理有助于后续的数据分析。逆向指标表示值越小越好,正向指标表示值越大越好。因此,进行规范化处理的公式如下:

$$y_{ij} = \frac{\max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} \quad (\text{逆向指标}) \quad y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (\text{正向指标})。$$

(3) 计算第 i 个样本的指标值 p_{ij} 在第 j 项评价指标下所占的特征比重: $p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}}$ 。

(4) 计算各指标熵值及变异系数。熵值: $e_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m p_{ij} \cdot \ln(p_{ij})$ ($e_j \geq 0$), 变异系数: $g_j = 1 - e_j$ 。

(5) 计算各指标的权重^[23]: $w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^n g_j}$ ($\sum_{j=1}^n w_j = 1$)。

(6) 构建加权规范矩阵: $Z = (z_{ij})_{m \times n} = (w_j)_{1 \times n} \cdot (y_{ij})_{m \times n}$ 。

(7) 计算最优解和最劣解。若第 j 项指标为正向指标,最大值是 z_j^+ ,最小值是 z_j^- ,则最优解矩阵为: $z^+ = (z_1^+, z_2^+, \dots, z_n^+)$, 最劣解矩阵为: $z^- = (z_1^-, z_2^-, \dots, z_n^-)$ 。

(8) 计算各样本与最优解、最劣解的距离。一般采用欧氏距离计算第 i 个评价对象向量到最优解、

最劣解的距离,计算公式为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m),$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m)。$$

(9) 计算各样本与最优解及最劣解的相对贴近

$$度 D_i, D_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (i = 1, 2, \dots, m)。$$

2.2.2 模型完成结果

按照各样本到相对贴近度数值的大小进行排序。相对贴近度 $D_i \in [0, 1]$ 若 D_i 的值越大,则意味着样本离最劣解的距离就越远,即越接近最优解,因此这个样本越优。当 D_i 为 0 时,即样本的各项指标均达到最劣值,处于负理想状态;而当 D_i 值为 1 时,即样本的各项指标均达到最优值,处于正理想状态^[27]。

3 实证研究

3.1 数据来源

本文对闽台两地高校科技创新能力进行对比分析,选取数据时间为 2016—2020 年共连续五年,福建省数据主要来源于《高等学校科技统计资料汇编》、SCI 数据库和 IPTECH 专利数据库,台湾地区数据来源于《台湾统计年鉴》《台湾科技统计要览》、SCI 数据库和 IPTECH 专利数据库。

3.2 实证分析

本文以闽台两地高校科技创新能力作为研究对象,在参考相关文献的基础上,构建了高校科技创新能力评价指标体系,先用熵值法确定指标权重,见表 2,然后运用 TOPSIS 法计算出闽台地区高校科技创新能力得分,见表 3 及图 1,对闽台两地的高校科技创新能力进行动态综合评价。

表 2 高校科技创新能力评价指标的熵值及权重

评价指标	熵值 e	权重 w	权重排序
A1	0.758 1	0.095 1	1
A2	0.826 4	0.068 2	8
A3	0.816 1	0.072 3	7
A4	0.774 1	0.088 8	3
A5	0.770 0	0.090 4	2
B1	0.834 4	0.065 1	9
B2	0.872 3	0.050 2	13
B3	0.890 3	0.043 1	14
B4	0.866 7	0.052 4	12
B5	0.860 7	0.054 7	10
B6	0.811 7	0.074 0	6
C1	0.865 9	0.052 7	11
C2	0.783 2	0.085 2	4
C3	0.928 2	0.028 2	15
C4	0.797 2	0.079 7	5

表 3 2016—2020 年闽台两地高校科技创新能力相对贴近度及排名

评价对象		科技创新投入能力		科技创新产出能力		国际交流合作能力		综合能力评价	
		相对贴近度 D	排序	相对贴近度 D	排序	相对贴近度 D	排序	相对贴近度 D	排序
台湾	2016	0.661	1	0.778	5	0.343	5	0.601	1
	2017	0.654	2	0.805	4	0.325	8	0.600	2
	2018	0.649	3	0.846	3	0.330	6	0.598	4
	2019	0.643	4	0.906	1	0.328	7	0.599	3
	2020	0.642	5	0.846	2	0.276	9	0.580	5
福建	2016	0.141	10	0.010	10	0.730	1	0.349	7
	2017	0.181	9	0.081	9	0.692	3	0.341	8
	2018	0.232	8	0.150	8	0.620	4	0.330	9
	2019	0.296	7	0.227	7	0.695	2	0.392	6
	2020	0.375	6	0.244	6	0.203	10	0.319	10

3.2.1 指标权重的确定

由表 2 可以得出高校科技创新能力评价体系各评价指标的权重。在 15 个二级评价指标中,高校数量、研究与发展经费、科研项目数量、出席国际会议人次、合作研究派遣人数、发明专利授权数的权重排在前六位,分别为 0.095 1、0.090 4、0.088 8、0.085 2、

0.079 7、0.074 0。高被引论文、专利申请数、合作研究接受人数的权重排在后三位,分别为 0.050 2、0.043 1、0.028 2。所以人力和经费投入、成果产出是影响高校科技创新能力的关键因素,通过改善这些方面,可进一步提高高校科技创新能力。

3.2.2 创新能力评价

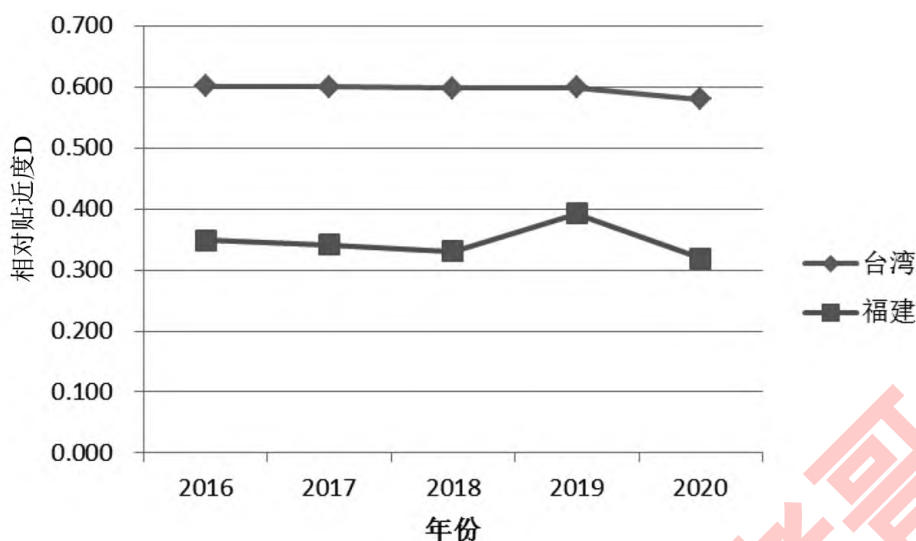


图1 2016—2020年闽台两地高校科技创新能力综合评价结果

从科技创新投入能力方面来看:2016—2020年5年期间,台湾地区的投入能力有小幅下降,但是整体发展趋势比较平稳,维持在较高水平;福建省在这5年期间的投入能力有明显的上升趋势,但目前与台湾地区还存在一定差距。

从科技创新产出能力方面来看:台湾地区的产出能力在2016—2019年一直呈现上升趋势,虽然在2020年有略微下降,但是整体水平比较稳定;福建省的高校科技创新产出能力在2016—2020年5年期间逐年提高,但是与台湾地区的产出能力相比,目前还存在明显不足。

从国际交流合作能力方面来看:2016—2019年台湾地区的国际交流合作能力在一个稳定的范围内上下浮动,但2020年有一个明显的下降;福建省也是前4年的国际交流合作能力变化范围不大,在2020年明显较低。

从整体高校科技创新能力来看:2016—2020年5年期间,台湾地区的高校科技创新能力基本维持平稳的发展趋势,在2020年有略微下降;福建省的高校科技创新能力前3年稍有降低,但整体发展水平比较稳定,2019年上升达到5年内最好水平,2020年有所下降。2020年闽台两地高校科技创新能力均呈现下降趋势,可能是新冠疫情所致。纵向对比闽台两地,台湾地区的高校科技创新能力整体水平比较高,相较而言,福建省的高校科技创新能力虽然逐年上升,但是目前与台湾相比存在较明显的差距。

综上所述,得出以下差异:对比分析闽台两地高校科技创新能力,在投入能力方面,虽然福建省日渐重视高校科技创新能力,逐步提高了对高校科技创

新的投入水平,包括增加研发人力和提高研发经费等,高校科技创新能力也在逐年提高,但是目前与台湾地区还存在一定差距;在产出能力方面,可能是由于福建省高校科技创新投入在不断增加,发表论文数和专利申请、授权数都呈现上升趋势,福建省高校的产出能力一直向好发展,但是与台湾地区相比还存在不足;在国际交流方面,除了2020年爆发的新型冠状病毒疫情对举办国际会议、参加国际会议等都产生了严重影响之外,对比闽台两地国际交流合作能力,福建省的高校国际交流合作能力水平较高,具备一定的优势。整体来看,相较于台湾地区,福建省高校的科技创新能力水平还处于劣势。

4 结论与建议

本文从科技创新投入能力、科技创新产出能力和国际交流合作能力3个方面选取15个评价指标,构建闽台两地高校科技创新能力评价指标体系,并在此基础上运用了熵权-TOPSIS评价模型,对2016—2020年闽台两地高校科技创新能力进行综合评价,由实证结果得出如下结论:(1)纵向比较来看,2016—2020年5年期间,台湾地区的高校科技创新能力基本维持在一个比较稳定的水平,福建省的高校科技创新能力基本呈现逐年上升的发展趋势,2020年两地的高校科技创新能力因疫情均有所下降;(2)横向比较来看,台湾地区高校的科技创新投入能力和产出能力比福建省高,而福建省在高校国际交流合作能力方面占据一定的优势,整体来看,台湾地区的高校科技创新能力水平比较高,福建省高校的科技创新能力相较而言存在明显差距。

针对上述的评价分析结果,本文对提高福建省

高校科技创新能力提出如下建议:

4.1 加大科技创新投入

高校实现科技创新的前提和基础就是科技创新投入。福建省应该从人力资源、研发经费等方面来进一步加大投入力度,充分保障高校科技创新的发展,加强高校科研的基础实力。高校科技创新能力提升的基石是人才资源。各高校要重视人才,制定培养人才的战略计划,还要引进高质量人才和相应的科研团队,完善基础设施,加强重点学科建设,提升高校科技创新能力。

4.2 提升科研成果转化率

高校科技创新还要大力推进科研成果的转化,要进一步深化产学研合作,为研究机构、高校和企业搭建交流合作平台,有效促进研究成果的转化,适应社会实际需求。另外,高校研发人员的积极性和主动性对科技创新活动的进行十分重要,因此要完善科学合理的科技创新评价机制和激励奖励体制,促进知识产权相关法规政策的落地实施,激发科研人员开展创造性研究的活力与潜能。

4.3 优化各地区资源配置

各地区高校科技资源配置不均衡也是影响科技创新能力的重要因素。因此,可以建立资源共享机制,建立互学互助的纽带,加强各高校之间的合作交流,最优化配置科技创新资源,提高资源利用率,使资源使用情况更加透明、有效,以促进科技创新能力较强的高校对能力较弱的高校的辐射带动作用,缩小各高校科技创新能力的差距,加快福建省高校科技创新能力的发展进程。

5 结语

为促进高校科技创新进一步科学发展,本文综合运用熵权-TOPSIS法对闽台两地的高校科技创新能力进行动态对比分析,结果显示福建省高校的科技创新投入能力和产出能力相较台湾地区存在差距,并提出了相关建议。本文虽取得了一定的研究成果,但由于研究水平、研究时间等影响因素,无法全面完善分析问题,有待进一步的探讨。后续研究中,将进一步完善高校科技创新能力评价指标体系,扩大数据来源等,对高校科技创新活动展开更加系统全面的研究。

参考文献

- [1] 薛文涛. 基于生态位理论的高校科技创新能力评价研究[D]. 太原: 中北大学, 2021.
- [2] 廖荣天. 从闽台对比看福建科技创新能力与提升

策略[J]. 发展研究, 2022, 39(2): 71-77.

- [3] 熊玲玲. 我国高校科技创新能力动态综合评价[D]. 南昌: 南昌大学, 2018.
- [4] 周才云, 周丽萍. 我国高校科技创新能力的省际比较研究[J]. 技术经济与管理研究, 2019(2): 47-51.
- [5] 汪昉. 粤港澳大湾区建设中高校科技创新能力的提升路径研究[J]. 科技与创新, 2019(13): 78-79.
- [6] 辛宝忠. 黑龙江省高校科技创新能力评价研究[J]. 学术交流, 2016(3): 123-129.
- [7] 董晔璐. 基于因子分析的我国高校科技创新能力评价[J]. 科学管理研究, 2015, 33(6): 32-34.
- [8] 程鹤. 省域高校科技创新能力评价及其演化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2017.
- [9] 孙燕, 杨健安, 潘鹏飞, 等. 高校科技创新能力评价指标体系研究[J]. 研究与发展管理, 2011, 23(3): 125-129.
- [10] 潘丹, 李永周, 王晓洁. 高校科技创新能力比较研究: 基于组合评价法和K均值聚类的分析[J]. 中国高校科技, 2020(5): 30-34.
- [11] 许慧. 基于灰色关联度评价法的山西高校科技创新能力研究[J]. 农业网络信息, 2017(10): 55-59.
- [12] 卢全梅, 周贞云, 邱均平. 长三角区域高校科技创新能力评价: 基于熵权灰色模糊评价的实证研究[J]. 评价与管理, 2021, 19(4): 47-53.
- [13] 侯静, 郝召丽. 基于主成分分析的我国高校科技创新能力评价方法研究[J]. 智库时代, 2019(51): 61-63.
- [14] 林德珊, 吕建秋. DEMATEL方法在高校科技创新能力影响因素分析中的应用[J]. 科技管理研究, 2014, 34(17): 53-56.
- [15] 蔡文伯, 陈念念. 我国高校科技创新能力现状及影响因素: 基于AHP-TOPSIS和QR分位数回归模型[J]. 现代教育管理, 2022(1): 41-52.
- [16] ADAMS J D. Comparative localization of academic and industrial spillovers[J]. Journal of Economic Geography, 2001(3): 253-278.
- [17] MAHADI N A A. Comparative Departmental Efficiency Analysis within a University: A \{DEA\} Approach[J]. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 2013, 70: 540-548.
- [18] BORNMAN L, MUTZ R, DANIEL H D. Multilevel-statistical reformulation of citation-based university rankings: The Leiden ranking 2011/2012[J]. Journal of the American Society for Information Science & Technology, 2014, 64(8): 1649-1658.
- [19] BANKER R D, JANAKIRAMAN S, NATARAJAN R. Analysis of trends in technical and allocative efficiency: An application to Texas public school districts[J]. European Journal of Operational Research, 2004: 154(2): 477-491.
- [20] PARTEKA A, WOLSZCZAK-DERLACZ J. Dynam-

ics of productivity in higher education: cross-european evidence based on bootstrapped Malmquist indices [J]. Journal of Productivity Analysis 2013 40(1) : 67-82.

[21] LAMBRECHTS W ,LIEDEKERKE L V. Using ecological footprint analysis in higher education: Campus operations , policy development and educational purposes [J]. Ecological indicators 2014 45: 402-406.

[22] 蒋艳萍 ,田兴国 ,吕建秋 ,等. 高校科技创新能力综合评价指标体系的构建 [J]. 科技管理研究 ,2010 ,30(8) : 38-40.

[23] 林宗铭. 福建省高校科技创新能力评价研究 [D]. 福州: 福州大学 ,2016.

[24] 陈国福 ,蒋清泉 ,唐炎钊. 中国特色世界一流大学建设背景下高校科技创新能力评价研究 [J]. 科技进步与对策 ,2004 ,154(2) : 477-491.

[25] 雷亚楠 ,陈安全 ,侯雅文. 区域高校科技创新能力综合评价分析 [J]. 中国高校科技 ,2018(6) : 64-66.

[26] 张亚杰. 高校科技创新能力评价研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学 ,2010.

[27] LIXIN ,DAI ,AND ,et al. Evaluation of the Profitability of Power Listed Companies Based on Entropy Improved TOPSIS Method [J]. Procedia Engineering ,2011 ,15: 4728 - 4732.