

基于全局熵值法的长三角区域创新能力评价

王学萍

(兰州交通大学 经济管理学院, 兰州 730070)

摘要:创新是经济和产业发展的驱动力,区域创新能力的评价研究是识别区域创新能力的重要途径和方法。通过建立区域创新能力评价指标体系,采用全局熵值法,利用全局思想对 2016—2020 年长三角区域创新能力进行动态评价。分析发现,长三角各区域创新能力差距较大,存在区域创新发展不平衡问题。分析各区域创新能力结构变化发现创新产出和创新成效为长三角区域创新能力短板。未来可从创新产出和创新成效突破口入手,着力提升各区域创新能力,促进长三角区域创新发展趋于平衡。

关键词:全局熵值法;长三角区域;创新能力

中图分类号:F127 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)09-0076-05

创新是转变发展方式、优化经济结构的核心要素。随着创新驱动在国家发展全局核心地位的确立,区域创新能力逐渐成为学术界讨论的重点内容之一。发展经验表明,提升区域创新能力不仅是增强中国区域经济竞争力的基础,也是转变产业发展模式,实现中国整体区域经济协调可持续发展的重要途径。长三角区域包括上海直辖市和江苏、浙江、安徽三省,在经济发展、现代化建设、对外开放程度等方面的发展更为全国瞩目,中国正处在转型升级的关键时期,各发展地区也正在不断提高区域创新投入,提升长三角区域创新驱动、推动区域高质量发展对其他地区现代化发展具有重要的示范、引领和带动作用。因此,研究长三角区域创新能力水平,探求突破创新驱动发展新思路具有重要意义。

1 长三角区域创新能力评价指标体系构建

1.1 评价指标选取的原则

建立适宜的区域创新能力评价指标体系是研究长三角区域创新能力评价的基础。选取指标时,首先要考虑所选指标是否能充分反映长三角区域创新能力发展现状,其次要保证不同地区之间同一指标的可比性,保证各指标的统计和口径和内涵是一致的,最后是指标数据的可获得性,保证数据的完整性和准确性是数据分析的基础。

1.2 评价指标体系的构建

根据已有文献研究发现,无论是城市创新能力

评价还是区域创新能力评价方面的研究,学者们都已经建立了成熟且适用的评价指标体系。蔡晓琳等^[1]用科技创新环境、科技创新投入、科技创新实施和科技创新产出等 4 个一级指标对珠三角城市科技创新能力评价进行研究。周文泳和项洋^[2]从创新投入、产出、环境 3 个维度对中国各省市创新能力的关键要素进行了分析。张婧等^[3]基于创新资源、企业创新、创新绩效、创新环境等指标评价四川省创新能力。刘明明^[4]从创新投入、创新人才与创新绩效产出 3 个维度包括 14 个二级指标,对环渤海区域科技创新能力进行研究。邹华等^[5]从创新投入、创新产出、创新配置和创新支撑 4 个维度建立了中国区域创新能力评价指标体系。

综合国内外学者构建的创新能力的指标体系,结合长三角区域发展现状,从创新投入、创新产出、创新成效、创新环境维度出发构建 4 个区域创新能力一级评价指标。创新投入主要从资金、技术、人才等资源方面体现,选取财政科技投入占财政支出比重等 4 个二级指标;专利授权申请量代表科技转化,技术市场成交额为技术转化和应用成果反映指标,二者可综合反映区域创新产出能力;创新成效是创新投入转为创新产出成果和效率的反映,而生产总值能耗可反映经济产业结构、生产技术装备等有关创新能力的因素,同时,劳动生产率反映科学技术、生产技术水平等要素,因此将正指标综合能耗产出率、劳动生产率作为创新成效层面的二级评

收稿日期:2022-12-02

作者简介:王学萍(1998—),女,甘肃永登人,兰州交通大学经济管理学院,硕士研究生,研究方向为物流与供应链管理。

价指标;创新活动的开展依赖于创新环境建设提供的基础条件,包括经济环境、教育环境等层面,以此为依据选取人均 GDP、每百万人口高等学校平均在校生数量、教育支出占财政比重等 3 个创新环境维度的二级评价指标。由此,根据数据可获性、可比性、完整性及科学性等指标构建原则,参考已有研究所作的区域创新能力评价指标体系,从 4 个一级指标出发选取共 11 个二级指标作为长三角区域创新能力的评价体系,具体见表 1。

表 1 长三角区域创新能力评价指标体系

一级指标	二级指标	指标代码	单位
创新投入 C ₁	财政科技投入占财政支出比重	X ₁	%
	全社会研究与试验发展经费支出占 GDP 比重	X ₂	%
	规模以上工业企业开发新产品经费占主营业务收入比重	X ₃	%
	万人中研究与试验发展人员数量	X ₄	人
创新产出 C ₂	万人专利申请授权量	X ₅	项
	百万人口技术市场成交额	X ₆	亿元/百万人
创新成效 C ₃	综合能耗产出率	X ₇	万元/吨标准煤
	劳动生产率	X ₈	万元/人
创新环境 C ₄	人均 GDP	X ₉	万元/人
	每百万人口高等学校平均在校生数量	X ₁₀	人
	教育支出占财政支出比重	X ₁₁	%

2 长三角区域创新能力评价方法

2.1 评价方法的选取

有关创新能力评价,前人已经研究过不少。蔡晓琳等^[1]采用标准差法和 TOPSIS 法对珠三角城市科技创新能力进行分析;张婧等^[3]采用加权综合评价法评价四川省科技创新能力等研究;陈蕾^[6]采用因子分析方法分析了影响京津冀地区自主创新能力的指标;赵瑞芬和王小娜^[7]采用全局熵值法对京津冀地区的创新能力进行评价研究;胡一诺等^[8]运用主成分分析法评价了河北省科技创新能力;王家明等^[9]对传统 TOPSIS 法进行改进,建立 PFHWD-TOPSIS 模型对山东省区域创新能力进行实证研究。基于已有研究,对长三角区域创新能力进行纵向和横向分析,收集了 2016—2020 年长三角区域立体时序数据,采用改进的传统熵值法——全局熵值法,引入全局思想的同时也保留了传统熵值法的客观赋权优势。

2.2 全局熵值法

1)若对 u 个地区 s 年内的 v 个二级指标进行创新能力评价,可通过收集数据获得 s 张截面数据表 $X^s = (x_{ij})_{u \times v}$,将这 s 张截面数据表按照时间顺序进行排列,得到一个 20×11 的全局评价矩阵,记为

$$\mathbf{X} = (X^1, X^2, \dots, X^s)'_{us \times v} = (x_{ij})_{us \times v} \quad (1)$$

2)由于建立的指标数据存在计量单位等方面的差异,先对其进行标准化处理是数据分析的前提,即

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \times 99 + 1, \quad 1 \leq i \leq us, 1 \leq j \leq v \quad (2)$$

3)计算第 j 个指标下第 i 个地区在该指标中所占的比重 f_{ij} 。

$$f_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^{us} x'_{ij}}, 1 \leq i \leq us, 1 \leq j \leq v \quad (3)$$

4)计算第 j 个指标的信息熵 e_j 。

$$e_j = -k \sum_{i=1}^{us} f_{ij} \ln f_{ij}, 1 \leq i \leq us, 1 \leq j \leq v \quad (4)$$

式中: $k = \frac{1}{\ln us}$ 。

5)计算第 j 个指标的差异系数,即信息熵的冗余度 d_j 。

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

6)计算各个指标的权重 w_j 。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^v d_j} \quad (6)$$

7)计算综合评价得分 F_i 。

$$F_i = \sum_{j=1}^v w_j x'_{ij} \quad (7)$$

3 长三角区域创新能力动态评价与比较分析

3.1 数据收集

根据所构建的长三角区域创新能力评价指标体系,由于收集数据时部分地区还未公布 2021 年统计数据,因此通过《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》以及相关统计公报等公开渠道采集了 2016—2020 年长三角区域相关统计数据,且所收集的数据均为相对数呈现,以确保数据的真实性和客观性。

3.2 数据处理与分析

共建立 11 个二级指标对长三角区域 2016—2020 年创新能力进行评价,采用全局熵值法计算得

到各指标的信息熵、冗余度和指标权重(表 2)。指标的熵值越小,则该指标值变异程度越大,其权重也就越高,在综合评价中发挥的作用越大。通过计算,长三角区域创新能力指标体系中百万人口技术市场成交额(X_6)、万人中研究与试验发展人员数(X_4)、每 10 万人口高等学校平均在校生数(X_{10})为权重较高的前 3 个指标,分别隶属于创新成效 C_2 、创新投入 C_1 和创新环境 C_4 3 个一级指标。

表 2 各指标信息熵、冗余度和权重

指标	信息熵 e_j	冗余度 d_j	权重 w_j
X_1	0.934 9	0.065 1	0.063 8
X_2	0.892 1	0.107 9	0.105 7
X_3	0.891 9	0.108 1	0.105 9
X_4	0.876 9	0.123 1	0.120 6
X_5	0.920 2	0.079 8	0.078 2
X_6	0.830 2	0.169 8	0.166 4
X_7	0.952 5	0.047 5	0.046 5
X_8	0.923 8	0.076 2	0.074 7
X_9	0.932 2	0.067 8	0.066 4
X_{10}	0.882 0	0.118 0	0.115 6
X_{11}	0.942 7	0.057 3	0.056 1

2016—2020 年长三角区域 4 省(市)创新能力总体动态评价得分见表 3。由表 3 可以看出,上海、江苏、浙江、安徽 4 个区域创新能力评分均呈现上升趋势。其中,上海创新能力水平最高且创新能力增长速度最快,从 2016 年的 59.88 上升为 2020 年的 93.88;江苏创新能力位居第二,从 2016 年的 30.19 上升到 2020 年的 56.97;浙江由 2016 年的 21.39 增加到 2020 年的 41.59;安徽由 2016 年的 10.68 增加为 2020 年的 27.05。浙江的创新能力综合评分较为落后,创新能力增长速度缓慢。总体来说,长三角 4 区域的创新能力差距较大,上海明显领先于其他 3 个区域,江苏创新能力表现较好且呈现持续稳定增长趋势,浙江和安徽两地的创新能力差距较小且明显落后于上海和江苏。2016—2020 年长三角区域创新能力差距逐渐增大,这说明缓解长三角区域创新能力不平衡的窘境,积极的区域创新发展战略在短期内并不能发挥明显作用。

表 3 2016—2020 年长三角区域 4 省(市)创新能力总体动态评价得分

年份	上海	江苏	浙江	安徽
2016	59.88	30.19	21.39	10.68
2017	65.73	36.34	24.39	8.62
2018	75.80	42.59	29.85	13.47
2019	81.28	48.96	36.52	22.03
2020	93.88	56.97	41.59	27.05

通过对 2016—2020 年的创新投入、创新产出、创新成效、创新环境等指标进行评价,得到长三角区域创新能力各指标得分情况与发展趋势,具体结果见表 4。

表 4 2016—2020 年 4 省(市)一级指标评价得分

指标	年份	上海	江苏	浙江	安徽
创新投入	2016	29.68	8.56	6.03	6.01
	2017	31.72	11.63	7.25	2.83
	2018	34.39	14.33	9.08	5.03
	2019	34.71	16.84	13.02	10.78
	2020	38.86	16.08	11.70	10.98
创新产出	2016	10.42	4.15	4.19	0.33
	2017	11.36	4.45	4.58	0.48
	2018	16.96	6.50	7.23	1.25
	2019	19.70	8.19	8.46	1.97
	2020	23.70	13.51	13.01	3.82
创新成效	2016	5.79	3.79	2.67	0.12
	2017	7.05	4.97	3.48	0.95
	2018	8.38	6.07	4.39	2.10
	2019	9.08	6.58	4.95	2.58
	2020	12.12	7.15	4.44	3.28
创新环境	2016	13.99	13.69	8.50	4.21
	2017	15.61	15.29	9.08	4.36
	2018	16.07	15.69	9.14	5.09
	2019	17.79	17.35	10.08	6.69
	2020	19.20	20.23	12.43	8.97

1)创新投入方面,上海以其更加开放的创新创业环境、更多的创业就业机会、更好的经济发展对国内外的人才、资金和技术投资有更强的吸引力,导致江苏、浙江和安徽在创新资源投入方面相对劣势,再加上上海人口体量较小,在人均指标得分上占分母小的优势。以 2020 年为例,在全社会研究与试验发展经费支出占 GDP 的比重上,安徽仅为 1.68%,浙江为 2.16%,江苏为 2.93%,而上海则达到了 4.17%,存在明显的梯度差;同样地,在规模以上工业企业开发新产品经费占主营业务收入比重方面,上海为 4.09%,而江苏、浙江和安徽分别仅为 1.90%、1.78%和 1.73%;上海万人中研究与试验发展人员为 9 人,江苏为 4 人,而浙江和安徽均仅为 2 人。5 年内,长三角区域创新投入均呈现上升趋势,且差距逐渐扩大,上海创新资源的投入在区域上存在明显优势,江苏较为靠前,浙江和安徽明显存在劣势,且远远落后于上海。这种创新资源投入的不平衡在增强上海创新能力的同时也直接制约了长三角区域整体创新能力的提升。

2)创新产出方面,上海的创新产出得分高于长三角其他区域,江苏和浙江得分接近,安徽居后。

2016—2020 年,上海的创新产出得分从 10.42 增加到了 23.70,江苏从 4.15 增加到了 13.51,浙江从 4.19 增加到了 13.01,安徽从 0.33 增加到 3.82。各地在创新产出能力逐渐提升的同时在创新产出上的差距越来越大。

3)创新成效方面,各地区得分均不高,上海仍居第一。以 2020 年的综合耗能产出率为例,上海、江苏、浙江、安徽的综合能耗产出率分别达到 63.63 万元、24.63 万元、21.7 万元、10.8 万元每吨标准煤,上海远超其他 3 省。2016—2020 年,上海创新成效得分从 5.79 增加到 12.12,江苏从 3.79 增加到了 7.15,浙江从 2.67 增加到了 4.44,安徽从 0.12 增加到 3.28。长三角区域在创新效率方面逐渐提升但效果不佳,由于从投入到产出需要经过时间的检验,所以在创新效率上的得分并不理想,由此说明创新效率有着很大的发展空间。

4)创新环境方面,江苏和上海不相上下,甚至在 2020 年江苏以 20.23 的得分反超上海,这主要是因为 2016—2020 年在教育支出占财政支出比重这一指标上江苏始终远高于上海,且江苏其他创新环境二级指标数据与上海差距相对较小。2016—2020 年,上海创新环境得分从 13.99 增加到了 19.20,江苏从 13.69 增加到了 20.23,浙江从 8.50 增加到了 12.43,安徽从 4.21 增加到 8.97,四地在创新环境指标的得分呈现稳定增长的趋势。

整体来看,在 4 个一级指标中,上海在创新投入、创新产出、创新成效方面均领先于其他三地,但在创新环境指标上,江苏超过上海处于领先地位,浙江创新能力整体地位未发生变化,安徽在各个方面都落后于其他三地。

上海创新能力结构情况见表 5。2016—2020 年,上海的创新能力在结构上有所变化,创新投入仍保持领先,创新产出反超创新环境位列第二,创新成效和创新产出分别从 2018 年和 2019 年开始取得显著成效,同时也得益于创新投入和创新环境的持续输出。创新成效得分虽始终排在最后一位但也呈现持续增长的趋势。从增速方面看,创新产出是 5 年内增速最快的一个指标,从 10.42 增加到 23.70,增幅为 120%;创新成效增幅位居第二,其得分从 5.79 增加到了 12.12,得分也增加了一倍多;创新投入指标和创新环境指标的增幅均为 30%多。从表中数据变化可以看出,上海的区域创新能力正在不断提升,创新发展战略成效正在显现。

表 5 2016 年、2020 年上海创新能力结构

指标	2016 年		2020 年	
	得分	排名	得分	排名
创新投入	29.68	1	38.86	1
创新产出	10.42	3	23.70	2
创新成效	5.79	4	12.12	4
创新环境	13.99	2	19.20	3

江苏创新能力指标结构变化的情况见表 6。江苏的区域创新能力结构并没有发生大的变化,创新投入和创新环境为创新能力主要得分指标,说明江苏在创新发展方面的资源分配始终是高度重视的;创新产出指标得分位居第三,且在 2020 年大幅增加;创新产出指标得分相对最低,由此看来创新产出为江苏创新能力提升的短板。从增长幅度看,创新产出指标得分从 2016 年的 4.15 上升到 2020 年的 13.51,增长了两倍多;创新成效和创新投入增速差距不大,分别增长了 88%和 89%。整体来看,江苏创新产出指标虽得分不高,但其增长幅度表明江苏未来创新产出成果增长潜力巨大。

表 7 显示的是浙江 5 年来区域创新能力结构变化情况。整体来看,浙江的区域创新能力结构并没有明显变化,一直是以创新投入和创新环境为主的创新能力为主的构成,创新效率和创新产出略差一些。从增长速度看,2016—2020 年浙江在创新产出和创新效率指标上增长尤为明显,其次是创新投入,增长了 82%,创新投入和创新环境的差距正在逐渐缩小。由此看出随着浙江创新投入增加和创新环境的完善,其创新效果逐步显现且随着时间的增长将持续提升。

安徽的创新能力结构见表 8。2016—2020 年,创新投入和创新环境为安徽创新能力的主要贡献指标,创新产出和创新效率均有增长,但创新效率

表 6 2016 年、2020 年江苏创新能力结构

指标	2016 年		2020 年	
	得分	排名	得分	排名
创新投入	8.56	1	16.08	3
创新产出	4.15	3	13.51	3
创新成效	3.79	4	7.15	4
创新环境	13.69	2	20.23	1

表 7 2016 年、2020 年浙江创新能力结构

指标	2016 年		2020 年	
	得分	排名	得分	排名
创新投入	6.01	2	10.98	2
创新产出	0.33	3	3.82	3
创新成效	0.12	4	3.28	4
创新环境	8.46	1	12.54	1

表 8 2016 年、2020 年安徽创新能力结构

指标	2016 年		2020 年	
	得分	排名	得分	排名
创新投入	6.02	1	11.00	1
创新产出	3.87	3	6.72	3
创新成效	0.33	4	3.66	4
创新环境	4.21	2	8.97	2

仍然不高。从增长速度看,安徽的创新成效指标在 2016 年的得分非常接近零点,到 2020 年增加到了 3.66,由此看来创新成效指标的增长最为迅速,说明其创新效率是不断增长的,虽然创新效率在 2020 年的得分仅为 3.66,相对其他指标贡献较低,但发展空间充足。其次是创新环境和创新投入,根据国家和区域创新发展战略要求,安徽在创新基础的投入和创新环境的建设方面的重视程度很高。创新产出在增速方面表现较其他指标略低,但也达到了 74%,投入转化为产出需要时间,持续的创新资源投入和创新环境建设带来的创新产出和创新成效正在逐渐显现。总体来看,由于基数太小,安徽创新能力构成要素在总量上与上海、江苏相比还存在很大差距。

4 结论

基于以上分析可知,2016—2020 年,长三角区域创新能力总体保持上升势头,说明各区域在改革创新建设方面也取得了一定成效,但不同区域创新能力存在较大的梯度差,区域内部发展极不平衡。上海和江苏并没有对浙江和安徽形成足够的辐射效应,虹吸现象依然存在,长三角区域的创新资金、人才、资源均在不同程度上向上海和江苏聚集,导致浙江、安徽地区创新资源相对不足且远远落后于前两地。

5 年间,长三角区域在创新投入与创新环境建设方面做出了巨大努力,由于投入到产出需要时间和过程,创新产出方面的表现短期内并没有得到快速有效的改善,创新成效相对较低,由此看出创新产出、创新成效贡献与创新投入、创新环境方面的建设不相匹

配,创新产出是长三角区域创新能力提升的短板也是带动创新发展的突破口。上海以持续提升科技水平和科技成果转化能力为着力点,促进创新成果转化平台加快建设步伐、创新产出落地政策实施等措施,利用经济和区位优势,发挥好长三角区域创新能力引领和示范作用。江苏积极借鉴上海创新能力发展经验,稳中求进,充分发挥创新人才战略优势,提高自主研发能力,加快创新产出效率。浙江、安徽在巩固现有创新能力的基础上,改善创新环境,加强创新服务平台建设,强化创新政策环境对优秀人才、创新技术和产业投资的吸引力,推进产业结构优化和转型升级,提高创新产出效率,逐步缩小与上海、江苏两地的创新能力差距,以此推动长三角区域创新能力持续提升,实现区域创新协同发展。

参考文献

[1] 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.

[2] 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.

[3] 张婧,何彬,彭大敏,等.区域创新能力指数体系构建、监测与评价:基于四川省 21 个地区的研究与实践[J].软科学,2021,35(6):44-51.

[4] 刘明明.环渤海区域科技创新能力综合评价及影响因素研究[D].成都:西南财经大学,2021.

[5] 邹华,徐玢玢,杨朔.基于熵值法的我国区域创新能力评价研究[J].科技管理研究,2013,33(23):56-61.

[6] 陈蕾.京津冀地区自主创新能力评价研究[J].经济研究导刊,2022(2):69-72.

[7] 赵瑞芬,王小娜.基于全局熵值法的京津冀区域创新能力比较[J].中国流通经济,2017,31(4):114-121.

[8] 胡一诺,张冬燕,王冬至.河北省科技创新能力评价及提升对策[J].科技和产业,2022,22(7):215-221.

[9] 王家明,张云菲,丁浩.山东省区域创新能力时空双维实证评价研究:基于 PFHWD-TOPSIS 模型[J].华东经济管理,2020,34(11):18-28.

Evaluation of Innovation Ability in Yangtze River Delta Region Based on Global Entropy Method

WANG Xueping

(School of Economics and Management, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Innovation is the driving force of economic and industrial development, and the evaluation and research of regional innovation capability is an important way and method to identify regional innovation ability. Through the establishment of a regional innovation capability evaluation index system, the global entropy method is adopted to dynamically evaluate the innovation capacity of the Yangtze River Delta region from 2016 to 2020 by using the overall thinking. It is found that the innovation capacity gap in the Yangtze River Delta Region is large, and there is an imbalance in regional innovation and development. The analysis of the changes in the structure of innovation capacity in each region is conducted, and it is found that the innovation output and innovation results are the shortcomings of the innovation capacity in the Yangtze River Delta Region.

Keywords: global entropy method; Yangtze River Delta Region; innovation ability