

沿海地区科技创新和数字经济的耦合协调度研究

朱芳芳, 赖浩权

(广州华商学院 经济贸易学院, 广州 511300)

摘要:选取2013—2020年沿海地区数据,运用熵权法、耦合协调度和灰色预测模型,探究沿海地区科技创新和数字经济的耦合协调关系。研究表明:沿海地区科技创新能力整体呈上升状态,北部沿海地区起点较高,但上升幅度不大;3个地区数字经济发展大体呈稳步上升态势,北部和南部沿海地区2020年有些许下降;3个地区区域科技创新和数字经济的耦合协调度均稳步上升,北部沿海地区为良好协调状态,东部和南部沿海地区为优质协调状态。

关键词:区域科技创新;数字经济;耦合协调度;灰色预测

中图分类号:F124.3;F207 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)02-0180-06

全球经济未来发展主动权的竞争焦点日益向数字经济集中。“十四五”时期,中国要协同推进数字产业化和产业数字化,培育新产业新业态新模式。党的十九届五中全会提出,坚持创新在中国现代化建设全局中的核心地位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑,深入实施创新驱动发展战略。沿海地区因其特殊的地理位置,是国家和地区生产力布局的重心,是带动区域发展的龙头,有着不可忽视的战略地位。因此,研究中国沿海省份数字经济和科技创新的协调发展程度具有十分重要的意义。

近年来,依托于物联网、大数据、云计算、移动互联网、人工智能等现代科技,数字经济得以迅猛发展。科技创新促进经济高质量发展一直是学术界关注的热点。二者之间是否有着密切的关系?它们的关系如何?这都是值得探讨的问题。

目前国内相关研究主要体现在两方面。一是关注科技创新与经济发展之间如何相互影响。李健等研究全国各省区域经济、科技创新和物流产业三系统耦合协调发展,并分析其时空演化特征,结合探索性空间分析法分析其空间相关性,并对后期耦合协调水平进行了预测^[1]。张运华等在研究长三角城市绿色技术创新效率和数字经济发展水平的基础上发现技术创新能够显著促进数字经济和区域经济发展^[2]。巫瑞等基于省级面板数据,构建双

向固定效应模型,运用分位数回归等方法实证发现,数字经济助推经济高质量发展的同时还存在地区差异,数字经济的发展水平受到产业结构、技术创新等因素影响^[3]。二是研究科技创新与经济发展、数字经济的耦合关系。肖田野等从区域科技创新投入、产出两个角度,对珠三角、粤东、粤西、粤北4个区域的科技创新与经济发展的耦合协调关系进行分析,结果表明4个区域均达到高度耦合和优质协调阶段^[4]。李佳雯等研究高校科技创新与区域经济发展之间的耦合协调关系,结果表明高校科技创新与区域经济发展具有高耦合协调度且时间上持续上升,空间上整体呈东高西低、南高北低特征^[5]。赖一飞等发现区域科技创新能力与数字经济发展态势良好,两者间的耦合协调度在大部分地区表现为从低耦合阶段逐步进入磨合阶段或者高耦合阶段,区域耦合协调度整体上东南地区优于西北地区^[6]。李倩等以海南省为例,分别把数字经济分为数字化基础设施、数字化应用和数字化产业发展3个维度,把区域科技创新分为产品技术创新、知识创新和制度创新3个维度构建指标体系,将二者相结合研究表明海南省数字经济与区域创新能力综合发展水平呈上升趋势并具有明显的阶段性特征^[7]。苏竣等也对相同问题进行了研究^[8]。

综合现有研究可知:其一,学者们已开始重视数字经济和科技创新在中国经济发展中的地位,但

收稿日期:2022-09-07

基金项目:广东省教育科学规划课题(2017GXJK246)。

作者简介:朱芳芳(1982—),女,湖北天门人,广州华商学院经济贸易学院,副院长,副教授,硕士,研究方向为统计理论和方法应用;赖浩权(2000—),男,广东东莞人,广州华商学院经济贸易学院,学生,研究方向为经济统计。

多为探究二者与其他方面的相互影响关系或者是与其他产业耦合协调关系^[9-10]。其二,对区域科技创新与数字经济间的耦合协调研究中,多关注全国范围内的东部、中部、西部或者某个单独的省份,较少以沿海省份为主体,或切入的角度和运用的方法与本文有所不同。鉴于此,本文以沿海省份为研究对象,将其划分为北部、东部和南部沿海地区,构建耦合协调度模型分别对各区域科技创新和数字经济之间的关系进行分析,探究二者的协调机理,分析不同地区间的协调发展程度并进行比较以发现各自差异。对协调度较低的地区进行灰色预测,了解其后续发展状况,对数字经济和科技创新之间的关系进行回归分析,进一步量化二者之间的关系。对沿海地区科技创新和数字经济发展提供理论依据和参考性建议。

1 耦合协调机理

数字经济与区域创新能力是区域经济高质量发展的两个重要方面。互联网、大数据、人工智能等新技术逐渐渗透于各产业,使产业结构加快转型升级。随着越来越多的产业数字化,使得数字经济的规模不断扩大,进而产生更多的创新要素。区域创新为数字经济提供发展空间,数字经济为经济发展提供创新机遇,两者相互促进。

数字经济迅速发展的根本是得益于数字化创新。互联网的普及、电子产品的更新换代等都代表了数字经济发展的趋势,区域创新能力是数字经济的前提条件。从最初的互联网到现在的人工智能、物联网,数字经济的形式发生了巨大的改变,地区经济发展能更好更全面地利用数字创新科技,发展越发多元化。创新能力是数字经济发展的动力,地区创新能力的高低始终影响着数字经济的发展前景。数字经济规模的急速扩大,导致地区经济发展重心逐步转向依赖数字科技创新并在其中谋求更多发展,以提高资源配置效率,创新成果在产业中不断渗透,进一步实现产业转型升级。因此,数字经济将为区域创新带来新发展机遇,区域创新能力和数字经济两者相互影响,关系紧密。

2 研究设计

2.1 指标体系构建

依据指标客观性、科学性、代表性和数据可得性,在借鉴相关文献、资料的基础上构建沿海城市区域科技创新和数字经济指标体系^[4,7]。数字经济系统包括基础设施和数字产业发展两个层面,各包括 4 个指标,见表 1。

表 1 数字经济指标体系

一级指标	二级指标	单位	指标符号
基础设施	光缆线路长度	万 km	X ₁
	互联网宽带接入端口	万个	X ₂
	每百人使用计算机数	个	X ₃
	移动电话普及率	部/百人	X ₄
数字产业发展	软件业务收入占 GDP 的比重	%	X ₅
	有电子商务交易活动的企业数	个	X ₆
	电子商务交易额占 GDP 的比重	%	X ₇
	电信业务占 GDP 的比重	%	X ₈

区域科技创新系统包括创新投入、创新产出、创新环境 3 个层面,创新投入和创新产出各包括 3 个指标,创新环境包括 4 个指标,见表 2。

表 2 区域创新能力指标体系

一级指标	二级指标	单位	指标符号
创新投入	规模以上 R&D 人员	万人年	X ₉
	规模以上 R&D 经费	亿元	X ₁₀
	地方财政教育支出	亿元	X ₁₁
创新产出	技术市场成交额	亿元	X ₁₂
	专利申请授权量	个	X ₁₃
	发明专利申请授权量	个	X ₁₄
创新环境	科学技术支出占地方财政支出	%	X ₁₅
	每 10 万人高等院校平均在校生	人	X ₁₆
	教育经费占地方财政支出	%	X ₁₇
	公共图书馆业机构数	个	X ₁₈

2.2 数据来源

数据均来源于国家统计局官网。根据国家统计局的做法,把中国沿海省份划分为北部沿海、东部沿海、南部沿海 3 个地区,具体划分结果见表 3。将《统计年鉴》中各省市数据进行汇总和整理,最终形成本文所用数据。

表 3 沿海地区划分

地区	省市
北部沿海	北京、天津、山东、河北
东部沿海	上海、江苏、浙江
南部沿海	福建、广东、海南

2.3 研究方法

2.3.1 耦合协调度模型

建立评价指标体系,运用极差法对正、负向指标进行标准化,采用熵权法对各指标进行客观赋权。因该方法应用普遍,不再赘述,具体详见李健等的研究^[1]。

综合发展水平指数:计算出各项指标的权重后,进行线性加权,运用式(1)计算对应系统的综合指数。

$$F = \sum w_j y_{ij} \tag{1}$$

式中: y_{ij} 为标准化后的样本值; W_j 为权重。由式(1)可得数字经济的综合发展水平指数 F_1 和区域科技创新的综合发展水平指数 F_2 , F_1 、 F_2 的值越大, 说明对应系统的综合发展水平越好。

区域科技创新和数字经济的耦合度使用耦合模型度量:

$$C = 2 \sqrt{(F_1 F_2) / (F_1 + F_2)^2} \quad (2)$$

式中, C 为数字经济发展水平和区域科技创新能力的耦合度, 且 $C \in [0, 1]$, 其值越大说明两个系统之间的相互作用越强烈, 耦合关系越好。

耦合度只能表明二者的耦合关系, 不能明确表明两个系统之间的协调发展程度, 因此为了更准确地反映两个系统之间的耦合关系, 需要建立耦合协调度模型:

$$D = \sqrt{CT}, T = \alpha F_1 + \beta F_2 \quad (3)$$

式中: T 为综合协调指数, 反映两个系统整体的协同效应; α 表示科技创新贡献程度; β 表示数字经济贡献程度, 区域创新能力和数字经济是地区经济发展的两个重要方面, 二者作用都不可小觑, 认为它们的贡献度相同, 即 $\alpha = \beta = 0.5$ ^[4]; D 为耦合协调度, $D \in [0, 1]$, 耦合协调度的值越大说明系统间协调程度越高。

2.3.2 GM(1,1)灰色预测模型

将原时间序列 $C_0[c_0(1), c_0(2), \dots, c_0(n)]$ 做累加处理生成序列 $C_1[c_1(1), c_1(2), \dots, c_1(n)]$, 所以 GM(1,1) 模型的微分方程为

$$\frac{dC_1}{dt} + \partial C_1 = \phi \quad (4)$$

式中: ∂ 为发展灰度; ϕ 为内生控制灰度。借鉴李倩等的研究^[7], 运用最小二乘法求解待估计参数向量 $\hat{\delta} = \partial/\phi$, 得 $\hat{\delta} = (B^T B - 1)B^T X_n$, 求得预测模型为

$$C_1^T \hat{C}_1(k+1) = [c_0(1) - \phi/\partial]e^{-\partial k} + \phi/\partial, \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

最后进行检验分析, C 用于对模型精度等级检验, 该值越小越好。若 $C > 0.65$, 则说明模型精度等级不合格。

3 沿海地区区域科技创新和数字经济耦合协调度的实证分析

3.1 沿海地区区域科技创新和数字经济的发展状况

将数据标准化后, 使用熵权法对各指标赋权, 再计算出各系统的综合发展水平, 见表4。

由表4可知: 3个沿海地区的区域科技创新能力在不断上升, 但上升幅度有差异。北部沿海地区

的科技创新能力由2013年的0.246提升到2020年的0.787; 而东部沿海地区的科技创新能力由2013年的0.149提升到了0.918; 南部沿海地区的科技创新能力由0.123提升到了0.968。由此可见, 北部沿海地区的起点虽然比其他两个地区高, 但后劲不足, 甚至在2018年被其他两个地区反超, 导致最后发展水平差异较大。3个地区的数字经济发展水平也是稳步上升, 但受新冠疫情的影响, 2020年北部沿海地区呈现较大幅度的下降, 由2019年的0.928下降到了0.691, 南部沿海地区也有小幅度的下降, 由0.9下降到了0.853。只有东部沿海地区一直保持着上升态势, 由0.1上升到了0.936。2020年, 3个地区中南部沿海地区科技创新综合发展水平为0.968排名第一, 说明南部沿海地区在区域科技创新系统所发挥的功效最大; 同年东部沿海地区数字经济综合发展水平为0.936最高, 说明东部沿海地区在数字经济系统所发挥的功效最大。然而, 北部沿海地区两个方面的综合发展水平均位于最后, 但其在2019年数字经济发展水平是3个地区中最大的。由此可知, 北部沿海地区两方面受新冠疫情冲击较大, 但同时其发展潜力要大于其他两个地区。

表4 2013—2020年沿海地区区域科技创新与数字经济综合发展水平

年份	区域科技创新综合发展水平			数字经济综合发展水平		
	北部沿海	东部沿海	南部沿海	北部沿海	东部沿海	南部沿海
2013	0.246	0.149	0.123	0.107	0.100	0.057
2014	0.291	0.145	0.119	0.238	0.215	0.178
2015	0.364	0.180	0.150	0.346	0.297	0.226
2016	0.408	0.288	0.285	0.288	0.334	0.316
2017	0.469	0.378	0.359	0.614	0.446	0.466
2018	0.416	0.526	0.583	0.807	0.688	0.755
2019	0.649	0.673	0.741	0.928	0.893	0.900
2020	0.787	0.918	0.968	0.691	0.936	0.853

根据式(3)可得沿海3个地区数字经济与区域创新能力的综合协调指数, 如图1所示。

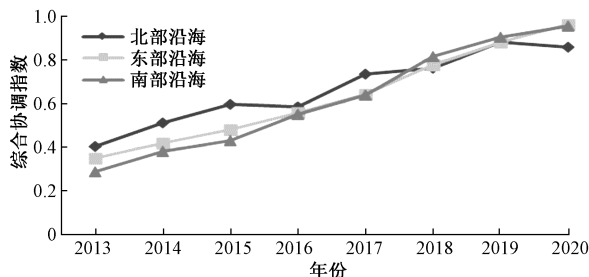


图1 2013—2020年沿海3个地区数字经济和区域科技创新的综合协调指数

由图 1 可知,沿海 3 个地区的数字经济与区域创新能力的综合协调指数均呈稳步上升态势,唯有北部沿海地区受新冠疫情影响较大,在 2020 年稍有下降。中国信通院数据显示,2005 年中国数字经济增加值为 2.6 万亿元,这一指标到 2019 年扩张到了 35.8 万亿元,数字经济对 GDP 的增长贡献率早在 2014 年就一直超 50%,其在国民经济中的地位日益显现。随着移动互联网、大数据、云计算、物联网、人工智能等数字要素进入人们的生活,数据价值化重构生产要素体系,数字经济规模逐渐扩大并日趋成熟。根据耦合协调发展机理,一方面沿海地区科

技创新因数字经济规模扩大的溢出效应带来的机遇而蓬勃发展,另一方面因数字产业化和产业数字化重塑生产力,各地区产业数字化成为数字经济发展的主引擎。

3.2 区域科技创新能力和数字经济的耦合协调度

由式(3)算出沿海 3 个地区科技创新与数字经济的耦合协调度,见表 5。

耦合协调度相比于耦合度,能更好地反映沿海地区数字经济和区域科技创新能力两个系统之间的协调发展情况。借鉴李倩等的研究^[7],将耦合协调度进行等级划分,见表 6。

表 5 2013—2020 年 3 个沿海地区数字经济与区域科技创新的耦合协调度

地区	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
北部地区	0.403	0.513	0.596	0.586	0.733	0.761	0.881	0.859
东部地区	0.110	0.195	0.338	0.483	0.597	0.766	0.894	0.995
南部地区	0.289	0.381	0.429	0.548	0.64	0.815	0.904	0.953

表 6 耦合协调度的划分

耦合协调度 D	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1
协调程度	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

由图 2 可知,中国沿海 3 个地区的数字经济与区域科技创新的耦合协调状态良好,均呈上升趋势。2013 年 3 个地区均处于失调阶段,东部沿海地区甚至为极度失调状态。中国互联网络信息中心公布 2012 年底中国手机网民人数为 4.2 亿人,2013 年中国互联网普及率为 44.1%,数字经济尚处于“信息经济”时代,才刚刚起步,故而科技创新与数字经济并没有呈现出较好的同步发展状态。2017 年中国沿海 3 个地区开始从失调状态向协调状态转变,这主要是因为 2013—2017 年,国家鼓励发展物联网、人工智能、云计算等数字化创新,数字经济基础设施开始增加,数字经济产业不断增多,并且数字经济于 2017 年被首次写入政府工作报告中。从此数字经济在数字化创新和国家政策的支持下迎来了巨大的发展机会,在 2020 年东部沿海地区和南部沿海地区均到了优质协调状态,北部沿海地区达到了良好协调状态。东部和南部沿海地区的耦合协调度均在 2017 年开启高速增长模式,而北部沿海地区的增长速度相对较为平缓。

3.3 区域科技创新能力、数字经济和耦合协调度的相关性

分别对北部、东部和南部沿海地区的区域科技

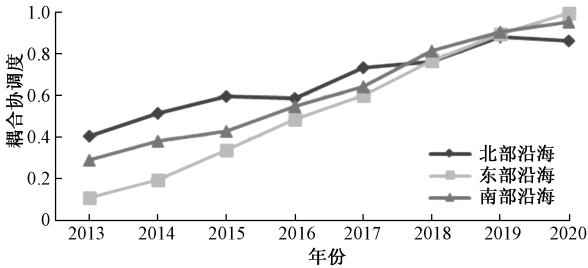


图 2 2013—2020 年沿海 3 个地区数字经济与区域科技创新的耦合协调度

创新综合发展水平和数字经济综合发展水平进行皮尔逊相关性检验,相关系数分别为 0.76、0.97、0.95,结果表明均具有较强的相关性。

把区域科技创新综合发展水平作为自变量、数字经济综合发展水平作为因变量,分别构建沿海 3 个地区的一元线性回归模型并对其残差进行平稳性检验,结果表明 3 个模型的残差平稳性检验均在 5%的水平下显著,平稳性检验通过(表 7)。3 个回归模型结果见表 8,在 5%的显著性水平下,回归系数显著性均通过检验。

表 7 3 个地区一元线性回归模型的残差平稳性检验

变量	北部沿海	东部沿海	南部沿海
t 统计量值	-3.01*	-3.18*	-2.21*

注:*表示在 5%的显著性水平下显著。下同。

表 8 3 个地区区域科技创新与数字经济回归结果

变量	北部沿海	东部沿海	南部沿海
R^2	0.571	0.934	0.905
常量	-0.6	0.46	0.59
系数	1.238	1.087	0.983
t	2.83*	9.24*	7.54*

根据表 8 可知,沿海 3 个地区区域科技创新和数字经济均呈较高程度的正相关,东部和南部沿海地区的拟合优度达到了 0.9 以上,拟合效果很好。并且 3 个地区的回归系数都在 1.0 附近,表明区域科技创新与数字经济几乎是同比例提升,二者高度协同发展。南部沿海地区的回归系数为 0.983,说明区域科技创新综合发展水平每提高 1%,数字经济综合发展就提高 0.983%。北部沿海地区的回归系数为 1.238,表明区域科技创新能力对数字经济发展影响最为显著,该地区发展潜力较大。为了检验北部沿海地区的发展潜力,利用 2013—2020 年数据构建灰色预测模型 GM(1,1),对北部沿海地区的耦合协调度进行预测,2021、2022 年分别为 0.97、0.99。不难看出,在其他因素保持不变的情况下北部沿海地区的耦合协调度 2020 年后将继续呈现上升态势,且 2021 年步入优质协调状态。北部沿海地区虽受新冠疫情影响较大,但后续会很快调整,延续其耦合协调发展状态。

4 结论与建议

4.1 结论

本文分析了中国沿海地区数字经济和区域科技创新两个系统的耦合协调情况。对区域科技创新的创新投入、创新产出、创新环境 3 个方面和数字经济的基础设施、数字产业发展两个方面的综合发展水平进行了研究,综合运用熵权法、耦合协调模型分析两个系统的耦合协调关系和程度,最后通过回归模型探究沿海 3 个地区的区域科技创新和数字经济的相关性和相互影响机理,并对受疫情影响较大的北部沿海地区的耦合协调度构建模型 GM(1,1)进行预测,估计该区域后期发展趋势,得到如下结论:

1)整体而言,中国沿海 3 个地区的科技创新能力在 2013—2020 年整体均呈上升状态,但 3 个地区起点不同,上升幅度亦有所不同。北部沿海地区起点相对较高,但发展幅度却没有其他两个地区大。数字经济发展方面,3 个地区也大体呈稳步上升态势,但由于受新冠疫情影响,北部和南部沿海地区在 2020 年有些许下降。2020 年南部沿海地区在区

域科技创新系统所发挥的功效最大,东部沿海地区在数字经济系统所发挥的功效最大。

2)就区域科技创新和数字经济的耦合协调度而言,中国沿海 3 个地区均稳步上升,且都从 2013 年的失调状态发展到 2017 年的协调状态,直至 2020 年,北部沿海地区发展成为良好协调状态,东部和南部沿海地区则为优质协调状态。在变化中更好地展现了区域科技创新和数字经济的耦合协调发展机理,即数字化的创新为数字经济发展带来基础,同时数字经济规模的不断扩大为科技创新带来机遇。

3)不仅在相关分析中得出区域科技创新和数字经济之间有很强的正相关关系,而且通过回归分析发现北部沿海地区在 3 个地区中发展潜力最大,使用灰色预测分析得出在其他因素保持不变的情况下北部沿海地区会有很大的发展潜力,后期将会达到优质协调状态。

4.2 建议

1)继续加强沿海地区基础网络设施建设,加快企业业务数字化。加强移动互联网、大数据、云计算、物联网、人工智能等数字信息化的基础设施投入,使数字经济发展拥有坚实的基础。各行各业数字化转型需求与日俱增,坚实的数字经济基础设施是沿海地区经济由传统产业向数字化产业发展、实现数字化的强有力支撑。

2)坚持沿海地区经济科技创新驱动发展。创新驱动成为数字经济发展的优先选择是各国数字经济政策的共性趋势。科技创新保持稳定的创新投入、人才引进、创新环境优化等,其为数字经济发展夯实基础。

3)加深沿海地区科技创新和数字经济的有效结合。关注沿海地区伴随数字创新而产生的新型垄断现象,完善沿海地区数字经济竞争的政策治理体系,处理好数据的使用、访问、隐私保护和国家安全之间的关系,鼓励加强基于数字创新的生产合作,推动数字创新赋能更多产业。

4)北部沿海地区应完善创新政策。北部沿海地区受新冠疫情影响较大,该地区科技创新在 2020 年和其他两个沿海地区存在不小的差距。数字经济的发展很大程度上依赖于数字化基础设施建设,一地区创新能力的提升更多地需要人才、知识、环境。因此北部沿海地区应完善优化相关科技创新政策,构建良好的创新环境,推动区域科技创新和数字经济的协调发展。

参考文献

- [1] 李健,张杰,李彦霞. 区域经济-科技创新-物流产业耦合协调发展的时空演化研究[J]. 统计与信息论坛, 2022, 37(4):24-32.
- [2] 张运华,季玲玉. 技术创新、数字经济与经济发展:基于长三角城市群数据分析[J]. 科技与经济, 2022, 35(1):26-30.
- [3] 巫瑞,李飏,原上伟. 数字经济对区域经济高质量发展的影响研究[J]. 工业技术经济, 2022, 41(1):29-36.
- [4] 肖田野,罗广宁,陈丹华. 区域科技创新与经济发展耦合协调度研究:以广东为例[J]. 科技管理研究, 2017, 37(15):21-28.
- [5] 李佳雯,郭彬. 高校科技创新与区域经济发展耦合协调及时空分异研究[J]. 技术经济, 2020, 39(4):112-119.
- [6] 赖一飞,叶丽婷,谢潘佳,等. 区域科技创新与数字经济耦合协调研究[J]. 科技进步与对策, 2022(4):1-11.
- [7] 李倩,秦浩. 海南省数字经济与区域创新能力的耦合协调发展研究[J]. 南海学刊, 2021, 7(3):48-57.
- [8] 苏竣,张煜. 海南省科技创新与区域经济的耦合协调分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(14):1-9.
- [9] 郭爱君,杨春林,钟方雷. 我国区域科技创新与生态环境优化耦合协调的时空格局及驱动因素分析[J]. 科技管理研究, 2020, 40(24):91-102.
- [10] 傅为忠,刘瑶. 产业数字化与制造业高质量发展耦合协调研究:基于长三角区域的实证分析[J]. 华东经济管理, 2021, 35(12):19-29.

Study on Coupling Coordination Degree of Scientific and Technical Innovation and Digital Economy in Coastal Areas

ZHU Fangfang, LAI Haoquan

(School of Economics and Trade, Guangzhou Huashang College, Guangzhou 511300, China)

Abstract: Selecting the statistical data of the eastern, southern and northern coastal areas of China from 2013 to 2020, the entropy weight method, the coupling coordination degree model and the gray prediction model are used, to explore the coupling and coordination relationship between regional scientific and technological innovation and digital economy in coastal areas. The research shows that the scientific and technological innovation capabilities of the three coastal areas in China are on the rise as a whole, and the northern coastal areas have a higher starting point, but the increase is not large. The development of the digital economy in the three regions has also generally shown a steady upward trend. The northern and southern coastal areas have experienced a slight decline in 2020. The degree of coupling and coordination between regional scientific and technological innovation and digital economy in the three regions has steadily increased. The northern coastal areas are in a good coordination state, and the eastern and southern coastal areas are in a high-quality coordination state. The northern coastal area has great development potential and will reach a state of high-quality coordination in the later stage.

Keywords: regional scientific and technological innovation; digital economy; coupling coordination degree; grey prediction