

中国数字经济发展水平测度与时空演变分析

——基于2013年至2020年30个省份的面板数据

王业享¹, 魏洁云^{1*}, 邵明君², 周清晨³

¹徐州工程学院管理工程学院, 江苏 徐州

²徐州工程学院师范学院, 江苏 徐州

³徐州工程学院金融学院, 江苏 徐州

收稿日期: 2024年3月12日; 录用日期: 2024年3月20日; 发布日期: 2024年4月24日

摘要

文章基于2013年~2020年30个省份的面板数据, 构建了中国数字经济发展水平指标体系, 利用纵横向拉开档次法对中国数字经济发展水平进行了统计测度。结合测度结果得知, 全国以及东、中、西部三大区域数字经济发展水平均呈稳步上升态势, 三大地区间数字经济发展存在差异, 呈现出东部 > 中部 > 西部的发展格局。运用Dagum基尼系数分析得出, 中国各省份数字经济发展存在差距, 差异主要来源于区域间差异。绘制核密度估计曲线分析得知, 全国以及三大地区的数字经济发展水平均呈增长态势, 但表现出较为明显的空间差异。利用莫兰指数分析可知, 中国数字经济发展具有明显的空间集聚性且空间集聚相对稳定。利用传统与空间结合的马尔科夫链分析, 结果显示, 发展水平较高的省份对与其相邻的低水平省份具有模范带动作用, 且发展水平越高, 带动作用越明显。最终得出七条结论与四条建议, 对于中国数字经济发展水平的提升具有重要意义。

关键词

数字经济, 高质量发展, 纵横向拉开档次法, 莫兰指数, 时空演变

Measurement of the Development Level of China's Digital Economy and Analysis of Its Spatial and Temporal Evolution

—Based on Panel Data for 30 Provinces from 2013 to 2020

Yexiang Wang¹, Jieyun Wei^{1*}, Mingjun Shao², Qingchen Zhou³

¹School of Management Engineering, Xuzhou University of Technology, Xuzhou Jiangsu

*通讯作者。

文章引用: 王业享, 魏洁云, 邵明君, 周清晨. 中国数字经济发展水平测度与时空演变分析[J]. 现代管理, 2024, 14(4): 639-656. DOI: 10.12677/mm.2024.144077

²School of Teacher Education, Xuzhou University of Technology, Xuzhou Jiangsu

³School of Finance, Xuzhou University of Technology, Xuzhou Jiangsu

Received: Mar. 12th, 2024; accepted: Mar. 20th, 2024; published: Apr. 24th, 2024

Abstract

In this paper, based on the panel data of 30 provinces from 2013 to 2020, the index system of China's digital economy development level is constructed, and the vertical and horizontal slotting method is used to statistically measure China's digital economy development level. Combined with the measurement results, it is learned that the development level of digital economy in the whole country as well as the three major regions of East, Central and West has shown a steady increase, and there are differences in the development of digital economy among the three major regions, presenting a development pattern of East > Central > West. Using Dagum's Gini coefficient analysis, it is concluded that there are gaps in the development of digital economy in Chinese provinces, and the differences mainly come from inter-regional differences. Drawing the kernel density estimation curve analysis shows that the level of digital economy development in the whole country as well as the three major regions is all in a growth trend, but show more obvious spatial differences. The analysis of Moran index shows that China's digital economy development has obvious spatial agglomeration and the spatial agglomeration is relatively stable. Using the traditional and spatial combination of Markov chain analysis, the results show that provinces with higher levels of development have an exemplary driving effect on their neighboring provinces with lower levels of development, and the higher the level of development, the more obvious the driving effect. Finally, seven conclusions and four recommendations are drawn, which are of great significance for the improvement of China's digital economy development level.

Keywords

Digital Economy, High-Quality Development, Vertical and Horizontal Slotting Method, Moran Index, Spatial and Temporal Evolution

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着信息技术的快速发展和数字经济的崛起，数字经济已经成为一种全球性的经济形态，并被认为是推动经济增长和创新的重要力量。据中国信通院最新预测，到 2025 年，我国数字经济规模将超 60 万亿元，我国数字经济投入产出效率将提升至约 3.5 [1]。作为全球数字经济增长最快的国家之一，中国数字经济的发展吸引了全球的关注。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确数字经济被列为五大新基建(新型基础设施)之一，被认为是“支撑数字化经济的生态体系，是实现数字产业高层次融合和数字经济高质量发展的基础和保障” [2]。

沿着“十四五”规划纲要部署的数字经济发展蓝图，各省市也正在结合自身情况抢抓建设数字经济新赛道。数字化也加快了新兴产业的发展和集聚过程，为落后地区的发展提供了快速成长的机会。数字经济的发展为中国各区域间协调发展提供了新思路和方法，促进了经济结构优化、产业结构升级和区域

经济协调发展。因此，中国数字经济发展水平与演变的研究和分析，对推动各区域间经济协调发展有着十分重要的意义。

2. 文献综述

近年来，众多学者对数字经济进行了研究。Burht等学者(2018)对数字经济狭义和广义两方面的内涵进行了界定[1]，张鹏学者(2019)对数字经济的起源和本质进行了研究[2]和钞小静等学者(2021)对数字经济在智能化、数字化、平台化、网络化进行了相关测算[3]。除此之外，数字经济在实证中也有着广泛应用，如，杨芳等学者(2023)利用数字经济发现市场需求，在供给侧提升产品的多样性，在需求侧提高居民收入，在市场侧促进市场一体化，并依托数字经济为提振消费需求提供了决策参考[4]。在“乡村振兴战略”全面实施背景下，数字经济与农业农村深度融合发展，马文武等学者(2023)认为，可以通过数字化、资本化、市场化为乡村振兴注入新动能[5]。相对贫困是未来贫困治理的重点，胡联等学者(2023)认为，数字经济有利于减缓相对贫困保障劳动者权益，建立全新的数字化体系[6]。可见，合理有效的数字经济构建与应用对各方面的发展都注入了新动能。

目前也有学者对数字经济发展和水平测度及时空演变进行研究，钟业喜等学者(2020)通过南北对比[7]，李洁等学者(2022)通过某一特定经济带对数字经济进行研究且文献多从数字产业化、产业数字化等方面进行指标测度[8]，但对指标选取的现实性，专业性关注度不够。现有数字经济测度的方法种类繁多，各有优缺点，但使用范围较片面，缺乏全面的数字经济指标体系对数字水平测度进行研究。

本文使用政府公布的权威数据，指标全部使用信息技术类指标，相比其他文献的综合指标，本文选用指标更具有专业性、侧重性。使用纵向拉开档次法是统计测度的一种常用方法，可以在面板数据上最大可能地体现出各被评价对象之间的差异。相较于其他文献南北方对比、东西部对比，本文把地域分为西部、中部、东部划分区域，采用Daugm基尼系数法和莫兰指数等方法精确测量不同地区对总体差异的贡献程度。最终得出，我国数字经济发展水平、各区域间的发展差异。

3. 实证分析

3.1. 数字经济发展水平指标体系的构建

3.1.1. 指标体系构建

数字经济是指依托数字基础设施建设，将数字化平台作为重要载体，以数据为关键要素，以数字技术为核心驱动力的一系列经济活动[9]。本文从数字基础设施建设、数字产业发展水平、数字技术运用三个维度构建衡量数字经济发展水平的指标体系。

1) **数字基础设施**。数字基础设施是以数据创新为驱动、通信网络为基础、数据算力设施为核心的基础设施体系。当前，人类社会正加速向数字化转型，作为新型基础设施，数字基础设施已然成为人们生产生活的必备要素，为产业格局、经济发展、社会生态发展提供了坚实保障[10]。因此，数字网络基础设施与数字物质基础设施都是衡量数字基础设施的重要指标。

2) **数字产业发展程度**。一般来说，数字经济产业结构可分为“数字产业化”和“产业数字化”两个方面。数字产业化具体可以细分为：数字产品制造业、数字技术应用业、数字产品服务业、数字要素驱动业，如近年来的人工智能、云计算、大数据等新兴产业属于数字技术应用业[11]。因此，数字化产业发展水平与产业数字化水平都可作为衡量数字产业的重要指标。

3) **数字技术运用**。数字技术运用不仅是数字经济发展的核心牵引，也是扩大内需的重要战略支点。面对新挑战、新机遇，应积极转型升级数字经济蓝海，推动数字经济成为我国经济稳定增长的新引擎[12]。在经过文献调研与政策研究后，结合发展实际情况，本文采用电话普及度、计算机普及度、电信业务普

及度等五项指标来衡量数字技术运用程度。

本文基于对数字经济发展要义的深刻理解与我国的实际情况，坚持科学性、全面性、数据可获得性等原则构建中国数字经济发展水平指标体系。该体系共涵盖 5 个一级指标与 17 个二级指标，所有二级指标都是正向型指标。指标体系以及指标权重详见表 1。

Table 1. Indicator system for the level of development of the digital economy

表 1. 数字经济发展水平指标体系

维度	一级指标	二级指标	指标说明	权重	指标属性
数字基础设施建设 (30.75%)	数字网络基础设施	人均网页数量	网页的数量/年末总人口	2.05%	+
		人均域名数量	人均域名的数量/年末总人口	3.35%	+
	数字物质基础设施	宽带端口密度	每平方公里的互联网宽带接入端口数	7.28%	+
		长途光缆密度	每平方公里的光缆长度	6.82%	+
		局用电话交换机容量	局用电话交换机的容量	4.77%	+
数字产业发展程度 (38.71%)	数字产业化水平	移动电话交换机容量	移动电话交换机的容量	6.48%	+
		数字化就业人员比重	信息传输、软件和信息技术服务业从业人数占城镇单位从业人数的比重	3.22%	+
		数字化服务单位比重	信息传输、软件和信息技术服务业法人单位数占总法人单位个数	7.78%	+
	产业数字化水平	软件业务体量	软件业务收入/GDP	4.65%	+
		电子商务体量	电子商务销售额/GDP	4.60%	+
数字技术运用 (30.54%)	数字化运用水平	企业网站使用率	每百家企业拥有网站数	11.52%	+
		企业电子商务化	有电子商务活动的企业/企业总数	6.94%	+
		电话普及率	每百人使用电话数	6.24%	+
		计算机普及率	每百人使用计算机数	5.07%	+
		电信业务普及率	每万人电信业务量(亿元/万人)	6.34%	+
		邮政业务普及率	每万人邮政业务量(亿元/万人)	4.62%	+
		宽带接入率	互联网宽带接入用户数/总人口	8.27%	+

3.1.2. 数据来源说明与数据处理

1) **数据来源。** 样本数据主要来自国家统计局官网、各省份历年的统计年鉴、《中国统计年鉴》和《中国信息年鉴》等官方公布的权威数据。

2) **数据处理。** 对于此缺失数据，本研究采用赋予当前年份该指标的最小值法处理缺失数据。本文中除得分地理分布图使用 Python 软件进行绘制以外，其余部分均使用 Matlab 软件进行数据处理、建模分析和图片绘制。

3.2. 中国各省(直辖市、自治区)数字经济发展水平的测度与分析

3.2.1. 测度方法的选择与测度过程

考虑到主观赋权存在弊端，本文参考屈小娥和刘柳[13]的研究采用纵横向拉开档次法进行测度。纵横向拉开档次法可以在面板数据上最大可能地体现出各被评价对象之间的差异。具体测度过程如下：

设待评价对象集合为 $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ ；时间范围表示为 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_N$ ；权重系数向量为

$w = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_m)^T$ 。 $x_{ij}(t_k)$ 表示第 i 个省第 j 个指标在第 k 个年度的原始数据。则综合评价函数设定为 $y_i(t_k) = \sum w_j x_{ij}^*(t_k)$ 。其中, $x_{ij}^*(t_k)$ 表示去除量纲影响后的数据。

1) 数据的无量纲化处理

由于不同的指标存在不同的量纲与数量级, 因此要对原始数据进行无量纲化处理。本文选用极值法对数据进行无量纲化处理。公式如下:

$$x_{ij}^*(t_k) = \begin{cases} (x_{ij}(t_k) - B_j) / (A_j - B_j), & x_j \text{ 为正向指标} \\ (A_j - x_{ij}(t_k)) / (A_j - B_j), & x_j \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (1)$$

其中, $x_{ij}(t_k)$ 代表 k 年份第 i 个省的第 j 项指标; $x_{ij}^*(t_k)$ 代表经极值法处理过的指标; A_j 、 B_j 分别表示该年份第 j 个指标的最大值与最小值。

2) 指标权重的求解

参考聂长飞和简新华[14]的研究, 为了最大化评价对象之间的差异, 本文采用总离差平方和来度量上述差异。由于采用极值法处理数据本质上是对原始数据进行标准化处理, 因此总离差平方和公式可简化为:

$$\sigma^2 = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n [y_i(t_k)]^2 = \sum_{k=1}^N [w^T H_k w] = w^T \sum_{k=1}^N [H_k] w = w^T H w \quad (2)$$

其中, H 为 $m \times m$ 阶对称矩阵, 即 $H_k = A_k^T A_k$ 。这里限定 $w^T w = 1$, 此时 w 的取值为矩阵 H 的最大特征值对应的特征向量, σ^2 值最大。为保证所有系数为正数, 限定 $w > 0$ 。通过求解如下规划问题即可求得权重系数向量。

$$\begin{aligned} & \max \quad w^T H w \\ & \text{s.t.} \quad \begin{cases} \|w\| = 1 \\ w > 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

将所得权重代入上文的综合评价函数即可得出各测度对象的综合评价价值。

3) 定基功效系数法处理数据

为了使不同年份的数据具有可比性, 本文在求出权重向量后借助定基功效系数法对原始数据进行处理。公式如下所示:

$$s_{ij}(t_k) = \begin{cases} \frac{x_{ij}(t_k) - D_j}{C_j - D_j}, & x_j \text{ 为正向指标} \\ \frac{C_j - x_{ij}(t_k)}{C_j - D_j}, & x_j \text{ 为负向指标} \end{cases} \quad (4)$$

其中, $s_{ij}(t_k)$ 为处理后的数据; $x_{ij}(t_k)$ 代表 k 年份第 i 个省的第 j 项指标; C_j 、 D_j 分别表示第 j 项指标起始年份的最大值与最小值。本文以 2013 年作为起始年份 t_1 。

3.2.2. 测度结果分析

经过计算, 各省份(直辖市、自治区)2013 年至 2020 年的数字经济发展水平得分如下表 2 所示。表中得分越高, 说明该省份(直辖市、自治区)数字经济发展水平越高。

就全国而言, 2013 年~2020 年我国数字经济发展水平整体呈不断提升态势。从 2013 年的 0.28 上升至 2020 年的 0.862, 增幅达到了 200%, 说明近年来我国数字经济发展较为迅猛。

Table 2. Score table for the level of digital economy development in each province (municipalities and autonomous regions)**表 2.** 各省份(直辖市、自治区)数字经济发展水平得分表

区域	地域	年份								
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
	全国均值	0.28	0.333	0.406	0.435	0.497	0.63	0.761	0.862	
东部	北京	0.715	0.813	0.966	0.966	1.058	1.253	1.456	1.549	
	天津	0.262	0.312	0.38	0.387	0.435	0.599	0.752	0.863	
	河北	0.259	0.311	0.37	0.436	0.496	0.6	0.721	0.811	
	辽宁	0.287	0.349	0.437	0.435	0.475	0.55	0.643	0.71	
	上海	0.545	0.65	0.741	0.779	0.825	0.965	1.093	1.191	
	江苏	0.496	0.515	0.637	0.653	0.741	0.9	1.073	1.149	
	浙江	0.53	0.557	0.714	0.759	0.863	1.028	1.23	1.388	
	福建	0.376	0.411	0.49	0.526	0.623	0.746	0.87	0.928	
	山东	0.334	0.374	0.443	0.507	0.564	0.705	0.805	0.869	
	广东	0.63	0.678	0.784	0.813	0.872	1.075	1.258	1.365	
	海南	0.253	0.331	0.4	0.425	0.485	0.606	0.721	0.785	
中部	山西	0.18	0.221	0.278	0.297	0.342	0.449	0.558	0.662	
	吉林	0.181	0.228	0.248	0.251	0.316	0.442	0.533	0.61	
	黑龙江	0.184	0.321	0.286	0.362	0.418	0.455	0.525	0.6	
	安徽	0.238	0.288	0.393	0.422	0.486	0.597	0.741	0.82	
	江西	0.161	0.209	0.311	0.291	0.362	0.481	0.611	0.7	
	河南	0.206	0.244	0.322	0.357	0.42	0.561	0.65	0.748	
	湖北	0.251	0.303	0.391	0.425	0.466	0.561	0.686	0.778	
	湖南	0.218	0.27	0.325	0.368	0.418	0.529	0.636	0.751	
西部	内蒙古	0.218	0.263	0.313	0.351	0.41	0.525	0.635	0.717	
	广西	0.184	0.21	0.177	0.205	0.283	0.446	0.585	0.714	
	重庆	0.318	0.382	0.461	0.526	0.613	0.815	0.958	1.124	
	四川	0.201	0.249	0.334	0.39	0.431	0.54	0.661	0.745	
	贵州	0.17	0.216	0.274	0.328	0.38	0.517	0.683	0.821	
	云南	0.15	0.207	0.273	0.288	0.345	0.459	0.591	0.709	
	陕西	0.248	0.307	0.376	0.412	0.457	0.608	0.733	0.838	
	甘肃	0.124	0.167	0.236	0.27	0.326	0.462	0.585	0.691	
	青海	0.15	0.2	0.311	0.325	0.371	0.536	0.657	0.775	
	宁夏	0.152	0.201	0.25	0.271	0.345	0.505	0.636	0.747	
	新疆	0.18	0.204	0.247	0.239	0.28	0.376	0.54	0.689	
	东部均值	0.426	0.482	0.578	0.608	0.676	0.821	0.966	1.055	
	中部均值	0.202	0.261	0.319	0.347	0.404	0.509	0.618	0.709	
	西部均值	0.19	0.237	0.296	0.328	0.386	0.526	0.66	0.779	

就东、中、西三大地区而言，三大地区的数字经济发展水平得分均有所增长，但呈现出较为明显的地理差异性。其原因在于东部地区具有良好的发展基础，而中西部地区基础相对较弱。东部地区的数字经济发展水平得分均值始终高于中部与西部地区，说明东部地区数字经济发展水平较高，处于领先地位。全国以及三大地区的数字经济发展水平平均分图如下图 1 所示。

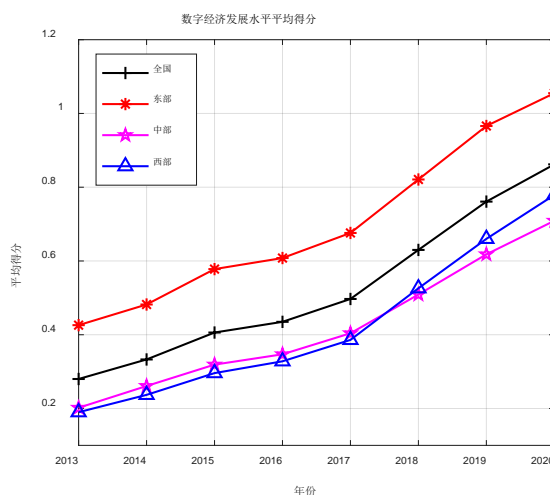


Figure 1. Map of average scores for digital economy level in the country and the three major regions

图 1. 全国以及三大地区的数字经济发展水平平均分图

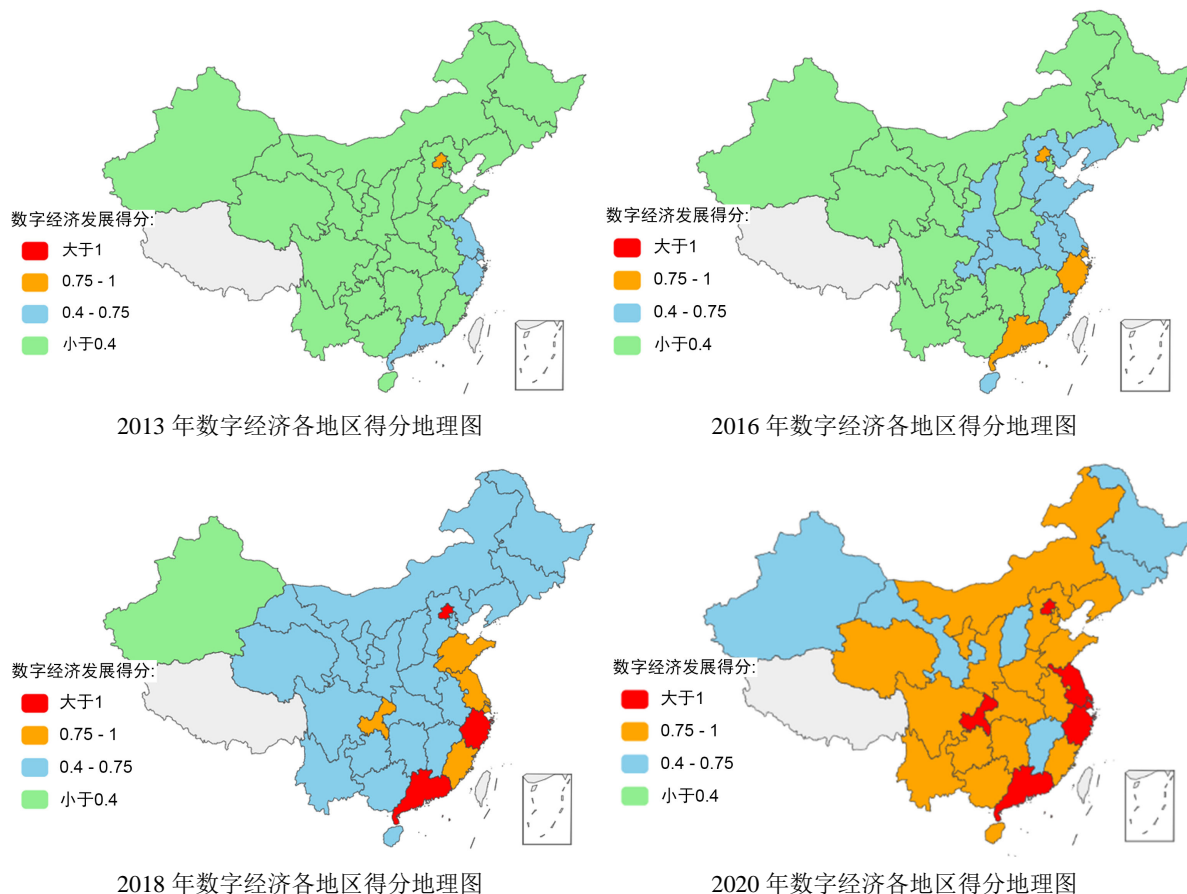
从图 1 中可以看出，全国、三大地区数字发展水平增长规律相似：2013 年至 2015 年增长速度较快，2015 年至 2017 年增长速度略微减慢，2017 年至 2020 年迅猛增长。其中，2017 年至 2018 年间西部地区整体的数字经济发展水平与中部相当。在此之前，中部的数字经济发展水平始终高于西部地区；在后续几年中，西部地区的数字经济发展水平迅速提升并超过了中部地区。

就各个省份而言，数字经济发展水平有所提升，但也存在差异。东部地区的各省份中，北京、广东、上海、江苏、浙江这 5 个省份的数字经济发展水平得分整体高于其他几个省份，而河北、海南、天津三省的数字经济发展水平得分低于全国均值。在中部地区的各省份中，湖北、湖南、河南、安徽的数字经济发展水平得分相对较高，但西部地区的所有省份数字经济发展水平得分均低于全国均值。在西部地区的各省份中，重庆的数字经济发展水平得分最高，其次是陕西、内蒙古、四川。同样地，西部地区各省份得分也均低于全国平均水平。各个省份的数字经济发展水平与其所处的地区并不完全成正比关系。比如处于东部经济地带的海南 2013 年至 2020 年数字经济发展水平得分均值为 0.514，而处于西部经济地带的重庆均值为 0.6175，明显高于海南。因此，不同省份间的数字经济发展水平存在交叉效应。

此外，本文将数字经济发展水平得分划分为四个等级：得分在 0.4 以下的为低发展水平；得分在 [0.4, 0.75] 区间内的属于中等发展水平；得分在 (0.75, 1] 区间内的属于高发展水平；得分在 1 以上的为较高发展水平。为了更加直观地展现我国数字经济发展的时间演变趋势，本文依据每个省份(西藏除外)数字经济发展水平得分绘制出 2013 年、2016 年、2018 年、2020 年共四个年份的数字经济各地区得分地理图，如图 2 所示。

结合时间特征和地理特征来看，2013 年全国绝大多数省份的数字经济发展都处于低水平，江苏、浙江、广东三个省份属于中等发展水平，仅有北京属于高发展水平。2016 年处于中等发展水平的省份明显增多，如山东、河北、安徽、福建等省份，但仅限于东部和中部地区有所增加，西部地区仍然处于低发

展水平。除此之外，浙江和广东一跃晋升为高发展水平。2018年几乎全部省份都处于中等发展水平甚至更高的水平，仅有新疆仍处于低发展水平，处于高发展水平的省份也明显增多。与前两个年份不同的是，2018年数字经济发展水平迎来新高——北京、浙江、广东的得分均大于1，升至较高发展水平。2020年所有省份(除去西藏)全部处于中等发展水平及以上。大多数的省份数字经济发展提升至高水平，江苏、重庆也加入了较高发展水平的队列。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为GS(2020)3183号的标准地图制作，底图没有做任何修改。

Figure 2. Geographic maps of digital economy scores for four years

图 2. 四个年份数字经济得分地理图

3.2.3. 中国各省份(直辖市、自治区)数字经济发展水平的空间特征分析

1) 分析方法选择

a) Dagum 基尼系数法

Dagum 基尼系数是能够将数据的地区差异按照来源进行分解并精确量化不同类型地区差异对总体差异的贡献程度的分析指标[15]。它可以将基尼系数分解为组内系数 G_w 、组间系数 G_{nb} 和超变密度系数 G_t 。组内系数 G_w 反映区域内部水平的差距；组间系数 G_b 反映区域间水平的差距；超变密度系数 G_t 反映区域间的交叉重叠现象，体现相对差距情况[16]。Dagum 基尼系数具体计算公式如下所示：

$$G = \frac{\sum_{e=1}^k \sum_{f=1}^k \sum_{i=1}^{n_e} \sum_{r=1}^{n_f} |y_{ei} - y_{fr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (5)$$

$$G_{ee} = \frac{1}{2\bar{Y}} \frac{\sum_{i=1}^{n_e} \sum_{r=1}^{n_f} |y_{ei} - y_{fr}|}{n_e^2} \quad (6)$$

$$G_w = \sum_{e=1}^k G_{ee} p_e s_e \quad (7)$$

$$G_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{n_e} \sum_{r=1}^{n_f} |y_{ei} - y_{fr}|}{n_e n_f (\bar{Y}_e + \bar{Y}_f)} \quad (8)$$

$$G_{nb} = \sum_{e=2}^k \sum_{f=1}^{e-1} G_{ef} (p_e s_f + p_f s_e) D_{ef} \quad (9)$$

$$G_t = \sum_{e=2}^k \sum_{f=1}^{e-1} G_{ef} (p_e s_f + p_f s_e) (1 - D_{ef}) \quad (10)$$

$$D_{ef} = \frac{d_{ef} - p_{ef}}{d_{ef} + p_{ef}} \quad (11)$$

$$d_{ef} = \int_0^\infty dF_e(y) \int_0^y (y-x) dF_f(x) \quad (12)$$

$$p_{ef} = \int_0^\infty dF_f(y) \int_0^y (y-x) dF_e(x) \quad (13)$$

其中, G 为总体基尼系数; k 为划分的地区数量; n 为省份(自治区、直辖市)的数量; \bar{Y} 是不同地区数字经济发展水平得分的均值; y_{ei} 、 y_{fr} 分别表示 e 和 f 地区的数字经济发展水平得分; G_w 为某个地区内差距的贡献率, 代表地区内各省份(自治区、直辖市)发展差异的来源; G_{nb} 为地区间差距的贡献率, 代表地区间的差异; G_t 反映了超变密度的贡献率, 代表地区间的交叉效应。

b) 核密度估计

核密度估计是一种非参数检验方法, 与参数检验相比核密度估计更加灵活。核密度估计的基本思想是将每个观测值周围的一定区域内的数据点贡献到该点处的密度估计中, 这个区域的大小由带宽决定。带宽过小会导致估计的密度函数有很多错误的峰值, 而带宽过大则会使得拟合曲线过于光滑而忽略样本的某些波动特征[17]。常用的核函数有高斯核、Epanechnikov 核等。本文采用高斯核函数进行核密度估计。公式如下所示:

$$f(z) = \frac{1}{n\sigma} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{z_i - \bar{z}}{\sigma}\right) = \frac{1}{n\sigma} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z_i - \bar{z}}{\sigma}\right)^2} \left(\frac{z_i - \bar{z}}{\sigma}\right) \quad (14)$$

其中, n 为研究对象的个数; z_i 表示第 i 个研究对象; σ 为带宽; \bar{z} 为研究数据的均值。

c) 莫兰指数

莫兰指数可分为全局莫兰指数和局部莫兰指数, 是衡量空间相关性的重要指标。全局莫兰指数可衡量全局空间相关性, 判断空间内的整体集聚程度, 局部莫兰指数则衡量局部空间相关性, 将空间的集聚情况定位到具体的位置。莫兰指数在 $[-1, 1]$ 之间取值, 取值的绝对值越大就表明相关性越强[18]。本文参考郭晗和全勤慧[19]的研究根据每个省份(自治区、直辖市)的人均 GDP 构建经济距离权重矩阵, 根据每个省份(自治区、直辖市)的地理因素构建地理空间权重矩阵。构建这两个矩阵的优点在于更加全面。采用全局莫兰指数测度各省份(自治区、直辖市)之间的整体关联程度, 计算局部莫兰指数并绘制局部莫兰散点图以考察 2013 年至 2020 年中国数字经济发展的空间聚集性。

i) 经济距离权重矩阵

本文依据省份的人均年 GDP 构建经济距离权重矩阵。公式如下所示, 其中 i 与 j 表示两个省份(自治区、直辖市):

$$\begin{cases} \frac{1}{|GDP_i - GDP_j|}, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases} \quad (15)$$

ii) 地理空间权重矩阵

地理空间权重矩阵又称 0~1 邻接矩阵，以两个省份是否相邻来构建矩阵。相邻则元素为 1，不相邻元素为 0。公式如下所示：

$$\begin{cases} 0, & i \text{ 省份与 } j \text{ 省份不相邻或 } i = j \\ 1, & i \text{ 省份与 } j \text{ 省份相邻} \end{cases} \quad (16)$$

iii) 全局莫兰指数

本文结合经济距离权重矩阵 A_{ij} 与地理空间权重矩阵 B_{ij} 计算全局莫兰指数。计算公式如下：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} B_{ij} (x_i - x_{average})(x_j - x_{average})}{s^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{ij} B_{ij}} \quad (17)$$

其中， x_i 为省份 i 该年的数字经济发展水平得分； x_j 为省份 j 该年的数字经济发展水平得分； $x_{average}$ 为该年所有省份的数字经济发展水平得分均值； S^2 为样本方差。

iv) 局部莫兰指数

对于局部莫兰指数，本文结合地理空间权重矩阵 B_{ij} 进行计算。局部莫兰指数计算公式如下：

$$I_i = \frac{x_i - x_{average}}{S^2} \sum_{j \neq i} B_{ij} (x_j - x_{average}) \quad (18)$$

其中， I_i 表示该年度省份 i 的局部莫兰指数。

2) 空间特征分析

a) Dagum 基尼系数分析

本文经过计算得到结果并将结果总结成全国以及三大区域数字经济发展差异来源及其贡献率表(表 3)与数字经济区域内与区域间差距基尼系数表(表 4)。

Table 3. Table on sources of differences in the development of the digital economy in the country and the three regions and their rates of contribution

表 3. 全国以及三大区域数字经济发展差异来源及其贡献率表

年份	基尼系数				各部分贡献率(%)		
	总体基尼系数(G)	区域内基尼系数(G_w)	区域间基尼系数(G_{nb})	超变密度基尼系数(G_t)	区域内差异贡献率(G_w)	区域间差异贡献率(G_{nb})	超变密度贡献率(G_t)
2013	0.269	0.059	0.195	0.015	22.1	72.5	5.4
2014	0.236	0.053	0.171	0.012	22.5	72.2	5.3
2015	0.228	0.053	0.162	0.014	23.1	70.9	6
2016	0.219	0.052	0.149	0.018	23.7	68.1	8.2
2017	0.199	0.047	0.136	0.016	23.6	68.2	8.3
2018	0.171	0.042	0.114	0.016	24.5	66.4	9.1
2019	0.154	0.038	0.104	0.012	24.8	67.5	7.7
2020	0.137	0.036	0.09	0.011	26	66	8.1

Table 4. Table of Gini coefficients for intra- and inter-regional disparities in the digital economy**表 4.** 数字经济区域内与区域间差距基尼系数表

年份	各区域基尼系数			各区域间基尼系数		
	东部	中部	西部	东部 - 中部	东部 - 西部	中部 - 西部
2013	0.205	0.081	0.146	0.356	0.388	0.124
2014	0.188	0.084	0.125	0.299	0.346	0.121
2015	0.182	0.084	0.134	0.29	0.329	0.118
2016	0.171	0.094	0.144	0.275	0.308	0.128
2017	0.163	0.077	0.122	0.254	0.284	0.108
2018	0.153	0.062	0.102	0.235	0.233	0.086
2019	0.149	0.065	0.079	0.223	0.202	0.077
2020	0.144	0.059	0.069	0.2	0.171	0.073
均值	0.169	0.075	0.115	0.266	0.282	0.104

从表 3 可以看出, 2013 年至 2020 年总体基尼系数(G)从 0.269 降低至 0.137, 年均降低 12.03%。这说明数字经济的地区差距正在缩小; 2013 年至 2020 年间区域内基尼系数(G_w)不断降低, 说明每个区域内省份的数字经济差距在缩小; 2013 年至 2020 年区域间基尼系数(G_{nb})也在不断降低, 代表着三大地区间数字经济发展差距在不断缩小。

从表 3 中各部分的差异贡献率还可以分析出我国数字经济发展差异的主要来源。总体来说, 各部分贡献率中最高的是区域间差异贡献率, 其次是区域内差异贡献率和超变密度贡献率。2013 年至 2020 年间三大区域间的差异贡献率虽然呈现出下降趋势, 但在三类贡献率中一直处于首位, 其均值达到了 68.9%。因此, 区域间差异一直是我国数字经济发展空间差异的主要来源。

从区域内差距来看, 东部地区基尼系数均值为 0.169; 中部地区基尼系数均值为 0.075; 西部地区基尼系数均值为 0.115。由此可见, 东部地区内部省份之间的空间差异程度最大, 其次是西部地区和中部地区。

从区域间差距来看, 数字经济区域间差异程度最大的是东部 - 西部, 均值为 0.282。其次是东部 - 中部, 均值为 0.266。差异最小的是中部 - 西部, 均值为 0.104。除此之外, 东部 - 中部、东部 - 西部的基尼系数均呈下降趋势, 而中部 - 西部的基尼系数呈现出先下降后上升再下降的趋势。可见, 中部 - 西部的基尼系数变化并不稳定。

b) 核密度估计曲线分析

依据上文得出的全国以及各区域数字经济发展水平得分进行核密度估计并绘制出四幅三维核密度曲线图, 如图 3 所示。

由图 3 可以看出, 就全国而言, 2013 年至 2020 年核密度曲线的波峰逐渐右移, 但移动幅度较小。说明我国数字经济发展水平在缓慢提升。从核密度曲线形态来看, 核密度曲线存在双峰。主峰处于数字经济发展低水平区, 峰值较高; 侧峰处于数字经济发展水平较高的区域, 峰值远低于主峰。说明全国大多数省份的数字经济发展处于低水平, 仅有少部分省份发展突出, 也表明我国省份间数字经济发展存在梯度效应。从峰度特征来看, 核密度曲线的峰值随着年份的增加总体呈波动下降趋势, 波峰的宽度有所增加, 说明我国数字经济发展的空间差异逐年明显。

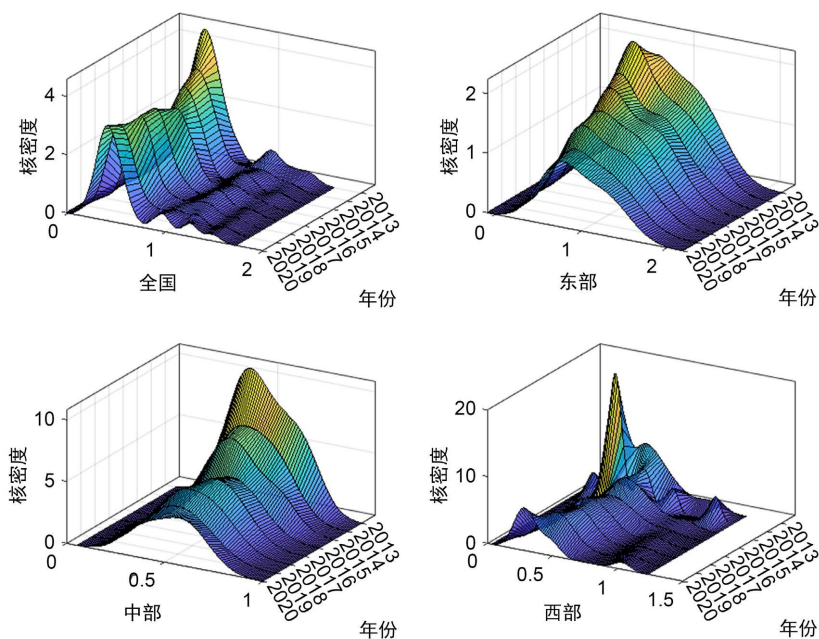


Figure 3. Three-dimensional kernel density profiles for the country and the three major regions

图 3. 全国以及三大区域三维核密度曲线图

就三大区域而言，可以明显地看出 2013 年至 2020 年核密度曲线的波峰在逐年右移，说明东部、中部、西部数字经济发展水平呈不断提升趋势。从核密度曲线形态来看，东部与西部地区的核密度曲线存在双峰，而中部地区的核密度曲线仅有单峰。东部地区核密度曲线主峰处于数字经济中、高发展区域，表明东部多数省份的数字经济发展处于中高水平。侧峰处于较高发展区域，但侧峰峰值要低于主峰，表明东部少数省份数字经济发展处于较高水平。除此之外，东部地区核密度曲线的侧峰随着时间的推移逐渐消失，说明东部地区省份间数字经济发展的两极分化现象在逐渐减弱；中部地区核密度曲线为单峰，且主峰右移趋势十分明显。主峰处于低中水平区，表明中部地区省份数字经济发展处于低中水平；西部地区核密度曲线主峰处于低中水平区，侧峰处于高水平区。表明绝大多数省份数字经济发展处于低中水平，极少数省份数字经济发展处于高水平。从峰度特征来看，三大区域的主峰峰值整体呈下降趋势且主峰的宽度随着时间推移在有所增大。这表明三大地区数字经济发展存在较为明显的空间差异与分散特征。

总的来看，全国与三大地区的数字经济发展水平都在不断提高，但也存在较为明显的空间差异。

c) 莫兰指数分析

i) 全局空间相关性分析

本文利用各省份的地理位置与人均年 GDP 均值构建地理空间权重矩阵与经济距离权重矩阵，并结合各省份的数字经济发展水平得分计算 2013 年至 2020 年的全局莫兰指数，结果如表 5 所示。

从表 5 可以看出，经济距离权重矩阵与地理空间权重矩阵的莫兰指数估计值均为正值且都能通过 5% 统计水平下的显著性检验，可以认为莫兰指数有效，同时也表明我国各省份数字经济发展存在空间正相关性。从时间维度，经济距离权重矩阵与地理空间权重矩阵下的莫兰指数总体呈波动下降趋势。表明各个省份间的数字经济发展水平的空间关联性有所减弱。

ii) 局部空间相关性分析

在全局空间相关性分析的基础上，本文基于地理空间权重矩阵计算局部莫兰指数并绘制局部莫兰散点图，以进一步探索我国各省份间数字经济发展的空间集聚性。这里以 2013 年、2015 年、2018 年和 2020

年为对象分别得到对应的局部莫兰指数与局部莫兰散点图，如图 4 所示。

Table 5. Global Moran's index table
表 5. 全局莫兰指数表

年份	经济距离权重矩阵		地理空间权重矩阵	
	Moran's I	P	Moran's I	P
2013	0.376***	0	0.255***	0.006
2014	0.58***	0	0.217**	0.014
2015	0.375***	0.001	0.222**	0.013
2016	0.274***	0	0.207**	0.018
2017	0.298***	0	0.230**	0.01
2018	0.306***	0	0.217**	0.014
2019	0.387***	0	0.225**	0.012
2020	0.34***	0	0.212**	0.016

注：***、**、*分别为在 1%、5%、10%的水平上显著。

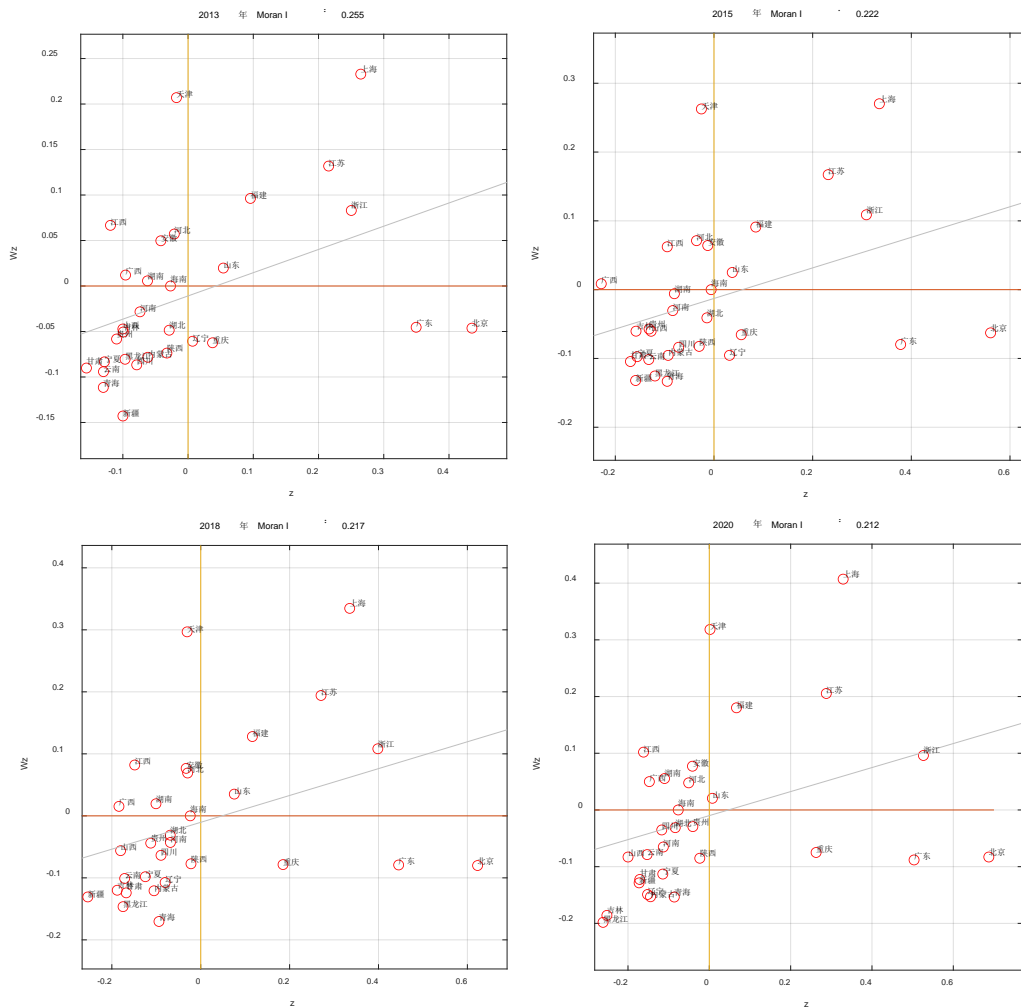


Figure 4. Scatter plots of localized Moran for four years
图 4. 四个年份局部莫兰散点图

从四个年份的莫兰散点图可以看出,第一、三象限的点明显要多于第二、四象限,表示呈现“高-高”型和“低-低”型聚集的省份明显多于呈现“低-高”型和“高-低”型聚集的省份。说明数字经济低的省份会与其发展水平相近的省份在空间上更容易聚集,同样地,数字经济高的省份也会与其发展水平相近的省份在空间上聚集。根据上图中各发展水平聚集的省份可以看出,我国数字经济发展具有明显的空间集聚性且空间集聚相对稳定。

就空间集聚演化类型与演化特征而言,我国各省份数字经济发展存在不同的演化类型与演化特征。第一种演化类型是从“低-高”型向“高-高”型演化,代表省份是天津。究其根本,天津把发展数字经济作为实现经济转型和高质量发展的重要动力,始终从战略层面高度重视数字经济发展工作。第二种演化类型是从“高-高”型向“低-高”型演化,代表省份是山东。究其根本,山东省数字经济发展存在诸多问题,比如数字经济竞争优势不明显、数字经济企业创新能力有待提高、全省数字经济发展不均衡。

3.2.4. 中国各省份(直辖市、自治区)数字经济发展的动态演进

上文的数字经济发展水平得分与莫兰指数分析展现了不同省份数字经济发展水平的变化情况,但无法细致地、明确地知晓某个省份未来数字经济发展水平变化的概率。因此,本文将利用传统与空间相结合的马尔科夫概率转移矩阵进一步分析我国数字经济发展的动态演化趋势。

马尔科夫链采用等级划分方法,通过测算各类型的概率分布和变化,将经济现象的演化近似为马尔科夫随机过程。这里利用四分位法寻找四分位点,以此划分数字经济发展水平得分。划分依据是将上文中的数字经济发展水平得分按照从小到大的顺序排列,依次取该列数据中位于第25%、第50%、第75%的得分。随后采用断点法,按发展得分将省份划分成四个不同的发展水平[20]。本文划分的四分位点与各个区间如下表6所示。

Table 6. Table of quartiles and their intervals
表 6. 四分位数及其区间表

四分位点	区间	所属水平
0.3112	[0, 0.3112]	低水平
0.4642	(0.3112, 0.4642]	中低水平
0.7025	(0.4642, 0.7025]	中高水平
0.7025	(0.7025, +∞]	高水平

在上述空间特征分析中我们得出结论:一个省份数字经济发展还会受到邻近的省份的影响,因此本文考虑加入地理空间因素,结合地理空间权重矩阵构建马尔科夫概率转移矩阵。综合考量划分方法与地理空间因素后,下文将分别计算传统的(无空间滞后)与空间(有空间滞后)的各省份数字经济发展水平发生转移的概率。最终得到每部分的概率,如表7所示。

1) 传统马尔科夫动态演进分析

从表中可以看出,四种不同发展水平的地区保持原来状态的概率是最大的,分别是0.617、0.567、0.574、1,远大于发生类型改变的概率,表明不同水平区域内的省份数字经济发展具有较强的稳定性。除此之外,某一发展水平类型发生改变的可能性仅仅在与其相邻的水平类型中出现。例如,低水平区域(LV1)可以向中低水平区域(LV2)转变,但不可以向中高水平区域(LV3)和高水平区域(LV4)转变。中低水平区域(LV2)向下可以向低水平区域(LV1)转变,向上可以向中高水平区域(LV3)转变,但不能向高水平区

域(LV4)转变。仅有中低水平区域(LV2)存在向下转移的可能, 概率为 0.017。整体来说, 处于低、中低、中高水平的区域内省份正在逐渐向着更高水平发展。

Table 7. Table of traditional and spatial Markov probability

表 7. 传统和空间马尔科夫概率表

滞后类型	t/t + 1	低水平	中低水平	中高水平	高水平	n
无滞后 (传统)	低水平地区(Lv1)	0.617	0.383	0	0	60
	中低水平地区(Lv2)	0.017	0.567	0.417	0	60
	中高水平地区(Lv3)	0	0	0.574	0.426	54
	高水平地区(Lv4)	0	0	0	1	36
Lv1	低水平地区(Lv1)	0.757	0.243	0	0	37
	中低水平地区(Lv2)	0.111	0.889	0	0	9
	中高水平地区(Lv3)	0	0	0.5	0.5	2
	高水平地区(Lv4)	0	0	0	1	2
Lv2	低水平地区(Lv1)	0.444	0.556	0	0	18
	中低水平地区(Lv2)	0	0.633	0.367	0	30
	中高水平地区(Lv3)	0	0	0.75	0.25	8
	高水平地区(Lv4)	0	0	0	1	6
Lv3	低水平地区(Lv1)	0.25	0.75	0	0	4
	中低水平地区(Lv2)	0	0.294	0.706	0	17
	中高水平地区(Lv3)	0	0	0.636	0.364	33
	高水平地区(Lv4)	0	0	0	1	13
Lv4	低水平地区(Lv1)	0	1	0	0	1
	中低水平地区(Lv2)	0	0.5	0.5	0	4
	中高水平地区(Lv3)	0	0	0.273	0.727	11
	高水平地区(Lv4)	0	0	0	1	15

2) 空间马尔科夫动态演进分析

由表可知, 地理空间因素对不同水平类型的动态转化具有显著影响。

横向来看(这里以低水平区域与高水平区域为例进行分析), 在低水平区域(LV1)的影响下, 未来仍然保持低水平区域的概率为 0.757, 中低水平区域(Lv2)未来保持类型不变的概率为 0.889, 中高水平区域(Lv3)未来保持类型不变的概率为 0.5, 高水平区域(Lv4)未来保持类型不变的概率为 1, 说明中、高发展水平区域类型未来几乎不会因低水平区域与其相邻而改变; 在高水平区域的影响下, 低水平区域(Lv1)未来保持不变的概率为 0, 类型向上转变的概率为 1, 中低水平区域(Lv2)未来保持不变的概率为 0.5, 中高水平区域(Lv3)未来保持不变的概率为 0.273, 高水平区域(Lv4)未来保持不变的概率为 1。可见, 高水平区域对其相邻的低水平区域、中低水平区域和中高水平区域均起到了模范带动作用。

纵向来看, 低水平区域中的省份在与其邻近的高水平区域省份影响下保持原状的概率最低, 为 0, 表明在邻近的高水平区域省份的带领下不存在保持原状的情况, 即低水平区域的省份数字经济发展水平一定会有所提升; 中低水平区域中的省份在与其邻近的中高水平区域省份影响下保持原状的概率最低,

为 0.294, 表明与其邻近的中高水平区域的省份对其带动作用最为明显; 中高水平区域中的省份在与其邻近的高水平区域省份影响下保持原状的概率为 0.273, 表明与其邻近的高水平区域的省份对其带动作用最为明显; 高水平区域中的省份在与其邻近的高水平区域省份影响下保持原状的概率为 1, 表明高水平区域并不会受到比其发展水平低的区域的影响, 进一步说明高水平区域的数字经济发展水平较为稳定。

4. 结论与建议

4.1. 结论

本文基于 2013 年至 2020 年 30 个省份的面板数据, 构建了数字经济发展水平指标体系。运用纵横向拉开档次法、定基功效系数法对 2013 年至 2020 年 30 个省份的数字经济发展水平进行了统计测度, 随后运用 Dagum 基尼系数、核密度估计曲线、莫兰指数进行了数字经济发展水平的空间特征分析, 最后运用传统与空间马尔科夫概率转移矩阵计算了处于不同发展类型的省份未来发生变化的概率。结论具体如下:

第一, 在衡量数字经济发展水平的三个维度中, 数字产业发展程度所占比重最高, 其次为数字基础设施建设和数字技术运用。

第二, 2013 年至 2020 年中国数字经济发展水平整体呈稳步上升趋势, 东、中、西部地区数字经济发展水平在不断上升。东部地区数字经济发展水平提升较快; 中西部地区提升较慢, 还有很大的发展空间。三大地区数字经济发展格局为东部 > 中部 > 西部, 呈现出明显的地理差异, 其原因在于东部地区具有良好的发展基础, 而中西部地区基础相对较弱。

第三, 区域内以及区域间各省份发展也存在差异。就区域内而言, 部分省份发展水平较高, 但部分省份数字经济发展水平较低, 甚至低于全国均值, 呈现不均衡性。就区域间而言, 部分省份间数字经济发展存在交叉效应。

第四, 由 Dagum 基尼系数分析可知, 我国数字经济发展的地区差距正在逐渐缩小, 区域内各省份的数字经济发展差距以及区域间的数字经济发展差距也在不断缩小。从区域内差距来看, 东部地区内部省份之间的空间差异程度最大, 其次是西部地区和中部地区。从区域间差距来看, 数字经济区域间差异程度最大的是东部 - 西部, 其次是东部 - 中部, 差异最小的是中部 - 西部。

第五, 由核密度曲线分析可知, 全国层面以及三大地区层面上数字经济发展的空间差异与分散特征逐年明显。

第六, 由全局莫兰指数分析可知, 各省份数字经济发展存在空间正相关性。从时间维度来看, 全局莫兰指数总体呈波动下降趋势, 各个省份间数字经济发展水平的空间关联性有所减弱。由局部莫兰指数分析可知, 数字经济低的省份会与其发展水平相近的省份在空间上更容易聚集, 同时中国数字经济发展具有明显的空间集聚性且空间集聚相对稳定。

第七, 由传统与空间马尔科夫状态转移概率分析可知, 发展水平较高的省份对与其相邻的低水平省份具有模范带动作用, 且发展水平越高, 带动作用越明显。

4.2. 建议

基于以上结论, 为了推动中国数字经济高质量发展, 提出以下建议:

第一, 努力健全数据要素市场, 着力解决当前数据要素市场中存在的问题, 确保数据要素有序流动, 为数字经济发展提供制度保障。具体可以完善数据产权制度, 明确数据的归属、使用、交易等权利义务, 保护数据的安全和隐私。同时, 也可以建立数据要素市场监管机制, 规范数据的收集、存储、处理、传输等环节, 防止数据的滥用和泄露。

第二, 加强数字基础设施建设。数字经济的发展需要良好的基础来支撑, 加强数字基础设施建设尤

为重要。具体可以加强网络基础设施建设,提升网络带宽速度,提高光缆覆盖率。同时,也需要加强数据中心建设,为数字经济发展提供数据支撑。此外,还可以加快 5G 网络的部署和应用,促进物联网、云计算、人工智能等新技术的发展,提升数字经济的创新能力和效率。

第三,适当增加中、西部地区省份的数字经济发展投入。数字经济的发展离不开当地政府的支持。当地政府可以适当增加数字经济的发展投入,提供更多资金,给予更多帮扶政策,推动数字经济加速发展。具体可以加大对数字产业的扶持力度,鼓励数字产业的创新和转型,培育数字经济的新业态和新模式。同时,也可以加强对数字人才的培养和引进,提高数字经济的人力资本水平,增强数字经济的竞争力。

第四,省份之间应该加强协作。配合“两带一轴”总体布局的应急产业的协同发展是促进产业发展的重要保障。数字经济发展水平高的省份应当积极发挥模范带动作用,带动周边发展水平较低的省份共同发展。地区间的省份也应当加强联系,尤其是与东部的众多省份。东部地区的省份可以向中、西部省份分享经验,交流资源,做到地区协同发展。具体可以建立数字经济发展的协调机制,加强信息的共享和沟通,促进政策的协同和配合。同时,也可以建立数字经济发展的合作平台,加强项目的对接和合作,促进资源的整合和优化。

基金项目

国家社科基金一般项目“中国应急产业高质量发展的测度、驱动机制与实现路径研究(项目编号:21JBY179)”;国家级大学生创新训练计划项目“数字赋能应急产业高质量发展机理研究(项目编号:202311998015Z)”;江苏省高校哲学社会科学研究重大项目“江苏集成电路产业核心技术突破机制与路径研究”(项目编号:2023JSZD128)

参考文献

- [1] Bukht, R. and Heeks, R. (2018) Defining, Conceptualizing and Measuring the Digital Economy. *International Organisations Research Journal*, 13, 143-172. <https://doi.org/10.17323/1996-7845-2018-02-07>
- [2] 张鹏. 数字经济的本质及其发展逻辑[J]. *经济学家*, 2019(2): 25-33.
- [3] 钞小静, 薛志欣, 王宸威. 中国新经济的逻辑、综合测度及区域差异研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2021, 38(10): 3-23.
- [4] 杨芳, 张海, 刘晓荣. 数字经济驱动居民消费: 作用机制与空间效应[J]. *地理科学进展*, 2023, 42(5): 837-851.
- [5] 马文武, 韩文龙. 数字经济赋能乡村振兴的内在逻辑与实现路径[J]. *天津社会科学*, 2023(4): 41-43.
- [6] 胡联, 杨成喻, 姚绍群. 数字经济对相对贫困的影响: 机制分析与政策启示[J]. *西安财经大学学报*, 2023, 36(3): 38-50.
- [7] 钟业喜, 毛炜圣. 长江经济带数字经济空间格局及影响因素[J]. *重庆大学学报(社会科学版)*, 2020, 26(1): 19-30.
- [8] 李洁, 王琴梅. 数字经济发展水平测度及时空演变[J]. *统计与决策*, 2022, 38(24): 73-78.
- [9] 许宪春, 张美慧. 中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J]. *中国工业经济*, 2020(5): 23-41.
- [10] 连港慧, 徐蔼婷, 汪文璞. 19 个国家级城市群数字经济发展水平测度及空间格局研究[J]. *科技进步与对策*, 2022, 39(24): 29-39.
- [11] 曹玉娟. 数字化驱动下区域科技创新的框架变化与范式重构[J]. *学术论坛*, 2019, 42(1): 110-116.
- [12] 武晓婷, 张恪渝. 数字经济产业与制造业融合测度——基于投入产出视角[J]. *中国流通经济*, 2021, 35(11): 89-98.
- [13] 屈小娥, 刘柳. 环境分权对经济高质量发展的影响研究[J]. *统计研究*, 2021, 38(3): 16-29.
- [14] 聂长飞, 简新华. 中国高质量发展的测度及省际现状的分析比较[J]. *数量经济技术经济研究*, 2020, 37(2): 26-47.
- [15] 易明, 张兴, 吴婷. 中国数字经济核心产业规模的统计测度和空间特征[J]. *宏观经济研究*, 2022(12): 5-20, 66.
- [16] 芦婷婷, 祝志勇. 八大综合经济区人力资本水平的测度、差距分解及时空演变[J]. *统计与决策*, 2023, 39(3): 67-72.
- [17] 潘为华, 贺正楚, 潘红玉. 中国数字经济发展的时空演化和分布动态[J]. *中国软科学*, 2021(10): 137-147.
- [18] 李勇, 蒋蕊, 张敏, 骆琳. 中国数字经济高质量发展水平测度及时空演化分析[J]. *统计与决策*, 2023, 39(4):

90-94.

- [19] 郭晗, 全勤慧. 中国城市群数字经济发展测度与空间分布特征分析[J]. 西北工业大学学报(社会科学版), 2023(3): 87-97.
- [20] 盛斌, 刘宇英. 中国数字经济发展指数的测度与空间分异特征研究[J]. 南京社会科学, 2022(1): 43-54.