

数字经济与制造业高质量发展 耦合协调关系研究

武黄朝雨

贵州大学管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2024年3月13日; 录用日期: 2024年3月25日; 发布日期: 2024年5月16日

摘要

为探讨数字经济与制造业高质量发展的耦合协调及演变, 构建数字经济发展与制造业高质量发展的评价指标体系, 运用熵值法对2011~2020年我国30个省份制造业的面板数据进行标准化处理, 基于改进后的耦合协调模型对两者的协调水平、空间分布特征以及动态演化趋势进行实证分析。结果显示, 考察期内各省份数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调水平缓慢上升, 但不同年份各省份耦合协调度差异显著, 整体表现为“低度协调省份多, 高度协调省份少”的模式, 且在空间上呈现集聚效应。基于此, 提出要加强顶层设计、搭建区域合作平台、加快数字化基础设施建设, 为促进我国数字经济发展与制造业高质量发展的协同优化提供参考。

关键词

数字经济, 制造业高质量发展, 耦合协调, 时空演变

Research on the High Quality Coupling and Coordination Relationship between China's Provincial Digital Economy and Manufacturing Industry

Huangzhaoyu Wu

School of Management, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: Mar. 13th, 2024; accepted: Mar. 25th, 2024; published: May 16th, 2024

Abstract

To explore the coupling, coordination, and evolution of digital economy and high-quality development of manufacturing industry, an evaluation index system for digital economy development and high-quality development of manufacturing industry is constructed. The entropy method is used to standardize panel data of manufacturing industry in 30 provinces in China from 2011 to 2020. Based on the improved coupling and coordination model, empirical analysis is conducted on the coordination level, spatial distribution characteristics, and dynamic evolution trend of the two. The results show that the level of coupling and coordination between digital economy development and high-quality manufacturing development in each province has slowly increased during the inspection period, but there are significant differences in coupling and coordination between different provinces in different years. The overall performance is a pattern of “more low coordination provinces, less high coordination provinces”, and shows an agglomeration effect in space. Based on this, it is proposed to strengthen top-level design, build regional cooperation platforms, and accelerate the construction of digital infrastructure, providing reference for promoting the collaborative optimization of China’s digital economy development and high-quality manufacturing industry development.

Keywords

Digital Economy, High Quality Development of Manufacturing Industry, Coupling Coordination, Spatiotemporal 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

世界各国正经历新一轮科技革命和全球产业格局重塑变革，国际产业竞争日趋激烈。我国正在加快转变经济发展方式，工业发展处于转型升级的关键时期。2023 年中共中央、国务院印发《数字中国建设整体布局规划》，用体系化布局的方式进一步明确数字化转型的主攻方向和重要路径。目前，数字技术正在与实体经济广泛和深度地融合，是推动我国制造业更高质量、更可持续发展的重要驱动力。

学者通过大量研究得出，数字经济与制造业融合已经成为发展的新动能。为加快这一融合，一些学者从实际出发，探索如何实现数字经济与制造业高质量发展协调发展，提出促进协调发展的举措。马中东[1]等认为应发挥数据的要素功能，掌握核心技术，实现数据共享[2]。

在此基础上，部分学者对这一协调机制展开探究，认为数字经济有利于加快制造业产业结构升级，同时制造业也逐渐成为产业数字化的主战场[3] [4]。郭晗[5]认为要加强数字领域的共性技术研发，推进包容性数字经济发展，以数字经济与实体经济的深度融合促进经济高质量发展；制造业与数字经济深度融合是推动制造业高质量发展的关键，且数字经济对资本和技术密集型制造业高质量发展呈现显著正向影响[6]。随着两化融合程度不断加深，部分学者认为政府应出台政策，采取差异化战略实现协同发展[7]。杨庐峰等[8]认为，可以从信息数据融通平台建设、数字产业智慧化转型、经济融合发展可持续化和数字治理效能共治共享等方面进行治理路径创新，以促进国民经济持续高质量发展。

综合来看，目前的研究从数字经济对制造业的单方面影响，发展到双方融合进程的研究。本文从数字经济与制造业高质量发展的耦合协调入手，探究中国省域的耦合协调现状。

2. 研究设计

2.1. 指标体系构建

1) 数字经济发展评价指标体系。参考廖信林、杨正源[9]的做法,依据科学性、代表性、系统性原则分别从数字基础设施建设水平、数字经济应用程度、数字技术创新科研水平三个层面作为一级指标来构建数字经济发展评价指标体系,在三个一级指标的基础上共设立 8 个二级指标。

2) 制造业高质量发展评价指标体系。借鉴博为忠的评价方法,分别从经济效益、产业创新、生态环境三个方面,来构建制造业高质量发展水平,共设立 6 个二级指标体系,具体评价指标见表 1。

Table 1. Comprehensive evaluation index system of digital economy and high quality development level of manufacturing industry

表 1. 数字经济与制造业高质量发展水平综合评价指标体系

目标层	一级指标	二级指标	指标属性	单位	权重
数字经济发展水平	数字基础设施建设水平	电信业务总量	正向	亿元	0.0755
		互联网宽带接入用户	正向	万户	0.1633
		光缆线路长度	正向	公里	0.1494
	数字经济应用程度	网站数	正向	万个	0.0851
		移动电话普及率	正向	部/百	0.1043
		R&D 投入强度	正向	万元	0.1391
	数字技术创新科研水平	本科以上学历人才总数	正向	万人	0.1641
		软件产品收入	正向	万元	0.1192
制造业高质量发展水平	经济效益	制造业固定资产投资(不含农户)	正向	亿元	0.1863
		规模以上工业企业单位数	正向	个	0.2080
	创新发展	规模以上工业企业 R&D 经费	正向	万元	0.2594
		规模以上工业企业新产品项目数	正向	项	0.3049
	绿色生态	二氧化硫排放量	负向	万吨	0.0215
		废水排放总量	负向	万吨	0.0199

2.2. 数据来源

以 2011~2020 年 30 个省份(西藏和港澳台除外)数据为样本。原始数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》和各地方统计年鉴,对于个别缺失数据利用插值法进行补齐。

2.3. 研究方法

2.3.1. 熵权 TOPSIS 法

熵权法是一种较为客观的指标权重赋值方法,一定程度上能够减少人为主观因素的影响,在地理学、经济学等领域得到广泛应用。

TOPSIS 法是一种常用的综合评价方法,通过对各观测对象与最优对象和最劣对象的相对距离进行测算排序,从而得到对各观测对象的相对优劣评价。

熵权 TOPSIS 法同时结合了熵权法和 TOPSIS 法的优势,可以避免因主观赋权造成的权重臆断,使得

测算结果更加客观合理。因此，借鉴刘成坤、林明裕的研究，采用熵权 TOPSIS 方法对数字经济和制造业高质量发展水平进行测度[10]。

2.3.2. 耦合协调度模型

耦合协调度模型是评价两系统之间协调程度的重要方法，本文基于王淑佳[11]等研究，采取修正后的耦合度模型，通过计算数字经济和制造业高质量发展的耦合协调度来反映二者的融合发展状况。公式如下：

$$C = \sqrt{[1 - (U_2 - U_1)] \times \frac{U_1}{U_2}}$$
$$T = \alpha_1 U_1 + \alpha_2 U_2, \alpha_1 + \alpha_2 = 1$$
$$D = C \times T$$

其中， $\max U_i$ 为 U_2 ，式中， α_i ($i=1,2$) 分别表示数字经济发展和制造业高质量发展水平； C 代表耦合度； T 代表综合协调指数； α_i 为待定系数，一般均取 0.5； D 为耦合协调度，取值范围为[0, 1]。基于董亚娟[12]等的研究并结合实际测算结果，将耦合协调度划分为 5 个等级如表 2 所示。

Table 2. Classification of coupling coordination degree states
表 2. 耦合协调度状态分类

取值区间	耦合协调度	系统状态	类型代码
$D = 0$	不协调	两个系统发展不均衡，一个系统发展落后于另一个系统	I
$0 < D \leq 0.3$	低度协调	一个系统快速发展另一个系统发展滞后	II
$0.3 < D \leq 0.5$	中度协调	一个系统快速发展但另一个系统发展需要改善跟进	III
$0.5 < D \leq 0.7$	高度协调	基本协调，整体协调度较高	IV
$0.7 < D \leq 1$	极度协调	非常协调，两个系统发展接近均衡状态	V

2.3.3. 泰尔指数分解法

本文利用泰尔指数对数字经济与实体经济耦合协调度的地区差异进行计算，具体的计算公式为：

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{\bar{D}} \times \ln \frac{D_i}{\bar{D}}$$
$$T = \frac{1}{n_p} \sum_{i=1}^{n_p} \frac{D_{pi}}{\bar{D}_p} \times \ln \frac{D_{pi}}{\bar{D}_p}$$
$$T = T_w + T_b = \sum_{p=1}^3 \left(\frac{n_p}{n} \times \frac{\bar{D}_p}{\bar{D}} \times T_p \right) + \sum_{p=1}^3 \left(\frac{n_p}{n} \times \frac{\bar{D}_p}{\bar{D}} \times \ln \frac{\bar{D}_p}{\bar{D}} \right)$$

其中， T 为总体差异泰尔指数， n 为省份总数， D_i 为省份 i 的耦合协调度， $\bar{D}$ 为所有省份耦合协调度的均值， T_p ($p=1,2,3$) 为第 p 个地区的总体差异泰尔指数， n_p 为第 p 个区域内包含的省份个数， D_{pi} 为第 p 个区域内省份 i 的耦合协调度， $\bar{D}_p$ 为第 p 个区域内省份耦合协调度的均值， T_w 为区域内差异泰尔指数， T_b 为区域间差异泰尔指数，进一步定义 T_w/T 、 T_b/T 分别为区域内差异和区域间差异对总体差异的贡献率。

2.3.4. Kernel 密度估计

为进一步了解中国数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的地区绝对差异及其动态变化特征，本

文引入 Kernel (核)密度估计法。设耦合协调度 D 的概率密度函数为

$$f(D) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{D_i - \bar{D}}{h}\right)$$

其中, N 为观测值的个数, D_i 为第 i 个观测值, $\bar{D}$ 为观测值的均值。 H 为带宽, $K(\cdot)$ 为核密度函数。本文选用高斯核密度进行估计。

2.3.5. 空间自相关模型

1) 全局空间自相关。

鉴于数字经济与制造业高质量发展耦合协调度可能会在省域空间层面存在集聚状态, 故引入全局莫兰指数对空间相关性进行检验, 具体公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (D_i - \bar{D})(D_j - \bar{D})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}}$$

$$S^2 = \sum_{j=1}^n (D_j - \bar{D})^2$$

式中, I 为全局莫兰指数, D_i 和 D_j 代表各省份数字经济发展水平与制造业高质量发展水平的耦合协调度, $\bar{D}$ 为均值, n 为省份数量, W_{ij} 为空间权重矩阵, 本文选用空间邻接权重矩阵代入公式。全局莫兰指数的取值范围为 $[-1, 1]$, 其中正值表示存在正相关, 反之则为负相关; 数值为 0 即表示其空间分布处于随机状态, 无明显相关性。

2) 局部空间自相关。

引入局部莫兰指数对数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的局部空间自相关进行考察, 公式为:

$$I_i = \frac{D_i - \bar{D}}{S^2} \sum_{j=1}^n W_{ij} (D_j - \bar{D})$$

式中指数与全局莫兰指数中的设定保持一致, $I_i > 0$ 表明某省份耦合协调度与周边省份呈正相关; $I_i < 0$ 则表明呈负相关。局部莫兰指数的空间集聚类型通常分为四种: 第一象限为高 - 高型(即本省及周边省份耦合协调度都高)、第二象限为低 - 高型(即本省耦合协调度低, 周边省份高)、第三象限为低 - 低型(即本省及周边省份耦合协调度都低)、第四象限为高 - 低型(即本省耦合协调度高, 周边省份低)。

2.3.6. 灰色关联度模型

灰色关联度模型是对主要因素之间进行时间序列上特点比较的方法, 如果两因素之间时间序列变化趋势一致, 则表明两因素之间关联度较高; 反之, 则较低。分别将制造业高质量发展水平值和数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调值分别作为母数列 Y_j ($j=1, 2$), 数字经济发展水平中 8 个指标作为子数列 X_i ($i=1, 2, \dots, n$), 对母数列和子数列进行数据标准化处理, 得到 e^i 和 e^j , 其取值范围为 $[0, 1]$ 。参照刘润[13]等分类方式, 将关联度 R_{ij} 划分为 4 个等级: 当 $0 < R_{ij} \leq 0.35$ 时, 关联度为弱; 当 $0.35 < R_{ij} \leq 0.65$ 时, 关联度为中等; 当 $0.65 < R_{ij} \leq 0.85$ 时, 关联度为强; 当 $0.85 < R_{ij} \leq 1$ 时, 关联度极强, 灰色关联度计算公式为:

$$\xi_{ij}(t) = \frac{\min_i \min_j |e_i^x(t) - e_j^y(t)| + \beta \max_i \max_j |e_i^x(t) - e_j^y(t)|}{|e_i^x(t) - e_j^y(t)| + \beta \max_i \max_j |e_i^x(t) - e_j^y(t)|}$$

$$R_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k \xi_{ij}(t)$$

式中： $\xi_{ij}(t)$ 为灰色关联系数； $e_i^X(t)$ 与 $e_j^Y(t)$ 是 t 时刻数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调指数参量与数字经济发展子系统参量的标准化值； β 为分辨系数； R_{ij} 为数列 X_j 与数列 Y_i 之间的关联度； $|e_i^X(t) - e_j^Y(t)|$ 表述数列 X_i 与数列 Y_i 在时刻的绝对值； $\min_i \min_j |e_i^X(t) - e_j^Y(t)|$ 表示两数列两极最小绝对值， $\max_i \max_j |e_i^X(t) - e_j^Y(t)|$ 表示两数列两极最大绝对值。

3. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的测度和地区差异

3.1. 测度结果

3.1.1. 数字经济与制造业高质量发展综合评价指数

基于前文构建的指标体系所测度的 30 个省份的数字经济发展水平和制造业高质量发展水平的结果如表 3 所示。由表可看出，2020 年数字经济发展水平以北京居首，其评分达到了 0.633；广东紧随其后排在第二位，其评分也达到 0.597，二地远领先于全国其他省份，猜测强大的经济实力、众多的人才储备、先进的技术资源是其动因。青海、宁夏、海南顺序排在倒数，评分均在 0.04 左右，甚至不及北京的 10%，猜测与其地理位置偏远、资源短缺、技术水平不高有关。相比其他省份，贵州的数字经济发展水平涨幅最大，达到 563%，可能得益于其实施大数据战略行动。总体而言，2011 年以来全国各省 30 个省份数字经济发展水平得到了不同程度的提升，但区域发展不均衡的现象仍然存在。

Table 3. Evaluation results of high-quality development of digital economy and manufacturing industry in 30 provinces of China

表 3. 中国 30 省份数字经济与制造业高质量发展评价结果

地区	数字经济发展水平		制造业高质量发展水平		变化率 I%	变化率 II%
	2011 年	2020 年	2011 年	2020 年		
Beijing	0.218	0.633	0.079	0.103	189.88%	29.54%
Tianjin	0.048	0.089	0.107	0.107	87.86%	-0.59%
Hebei	0.068	0.224	0.134	0.152	228.76%	13.11%
Shanxi	0.041	0.119	0.053	0.066	190.91%	24.48%
Neimenggu	0.032	0.102	0.065	0.068	218.71%	4.87%
Liaoning	0.100	0.174	0.169	0.172	73.42%	1.59%
Jilin	0.038	0.087	0.078	0.093	127.29%	19.38%
Heilongjiang	0.045	0.104	0.064	0.065	130.58%	1.13%
Shanghai	0.100	0.242	0.135	0.187	140.97%	38.65%
Jiangsu	0.193	0.495	0.439	0.521	157.09%	18.78%
Zhejiang	0.120	0.436	0.312	0.446	264.17%	42.99%
Anhui	0.054	0.203	0.139	0.247	277.68%	77.71%
Fujian	0.069	0.193	0.130	0.200	178.96%	53.28%
Jiangxi	0.041	0.153	0.095	0.164	274.04%	72.67%
Shandong	0.143	0.368	0.353	0.386	157.90%	9.58%
Henan	0.082	0.280	0.186	0.285	242.11%	52.89%

续表

Hubei	0.076	0.200	0.127	0.213	163.03%	67.99%
Hunan	0.060	0.207	0.126	0.174	244.43%	38.47%
Guangdong	0.205	0.597	0.367	0.550	191.35%	50.06%
Guangxi	0.033	0.164	0.068	0.107	397.62%	57.36%
Hainan	0.015	0.047	0.056	0.056	210.23%	0.39%
Chongqing	0.036	0.137	0.070	0.115	278.94%	64.07%
Sichuan	0.082	0.294	0.121	0.148	260.83%	22.50%
Guizhou	0.020	0.136	0.046	0.053	563.36%	17.16%
Yunnan	0.030	0.168	0.050	0.061	459.61%	22.92%
Shaanxi	0.055	0.159	0.063	0.082	186.67%	30.43%
Gansu	0.022	0.088	0.049	0.053	294.69%	7.34%
Qinghai	0.017	0.040	0.055	0.056	140.96%	2.56%
Ningxia	0.017	0.044	0.051	0.056	160.86%	9.57%
Xinjiang	0.022	0.104	0.048	0.052	371.06%	6.25%

注：受限于篇幅，仅列出 2011 年、2020 年的测度结果；变化率 I 表示 2020 年数字经济发展水平相比于 2011 年的增减变动；变化率 II 表示 2020 年制造业高质量发展水平相比于 2011 年的增减变动。

2020 年制造业高质量发展水平以广东居首，达到了 0.55，江苏紧随其后，为 0.521；新疆、贵州则排在倒数，分别为 0.052 和 0.053，仅为榜首的 10%，究其原因，可能与制造业起步较晚、技术水平相对落后、劳动力素质不高、交通运输不便等因素有关。相比于 2011 年，安徽涨幅最大，达到了 77%，江西紧随其后，也达到了 72%，。可能与长江经济带发展的战略政策有关。

3.1.2. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调度

根据改进后的耦合协调度测算公式，完成对中国 30 个省份数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度测算，并根据前文规定赋予等级，限于篇幅，此处仅列出 2005 年和 2020 年的相关结果，具体如表 4 所示。从中不难发现，2020 年广东耦合协调度最高为 0.733，说明其数字经济发展和制造业高质量发展实现了同步；青海的耦合协调度最低，仅为 0.201。相较于 2011 年，各省耦合协调度都得到了大幅提升。其中，浙江的涨幅最大，达到了 90.11%，江西安徽紧随其后，分别达到了 87.46%和 87.21%；而北京的增幅最小，仅为 11.42%。从层级跨越来看，河南、广东实现了二级跨越。结合各省份 2020 年的耦合协调类型可知，广东达到了极度协调水平。综合来看，2011 年全国省份大多处于低度协调阶段，而到了 2020 年考察的 30 个省份都已处于低度协调及以上阶段，远胜于基期。

3.2. 地区差异(泰尔指数)

根据泰尔指数分解的计算原理，利用 STATA 软件，测算出中国数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调度的地区差异及其来源，见表 5。

1) 总体差异。表 5 结果显示，数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调度的总体差异呈现缓慢的波动上升趋势，总体差异有所扩大，由 2011 年的 0.054 达到 2020 年的 0.071。

2) 地区内差异。由表 5 可知，三大地区数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调度的区域类差异都呈现不同程度的上升趋势，从数值上看，东部的地区内差异指数远大于中部和西部，这与广东、江苏等地数字技术创新要素的集聚关系紧密。

Table 4. Coupling coordination degree and comprehensive evaluation results of digital economy development and high quality development of manufacturing industry in 30 provinces of China
表 4. 中国 30 省份数字经济发展与制造业高质量发展耦合协调度及综合评价结果

地区	2011 年			2020 年			变化率%
	数值	排名	类型	数值	排名	类型	
Beijing	0.286	8	II	0.319	17	III	11.42%
Tianjin	0.221	16	II	0.298	18	II	35.01%
Hebei	0.264	12	II	0.386	13	III	46.56%
Shanxi	0.203	19	II	0.260	22	II	28.04%
Neimenggu	0.183	23	II	0.261	21	II	42.55%
Liaoning	0.316	5	III	0.415	10	III	31.19%
Jilin	0.200	20	II	0.295	19	II	47.64%
Heilongjiang	0.213	17	II	0.255	23	II	20.13%
Shanghai	0.316	6	III	0.428	9	III	35.39%
Jiangsu	0.426	2	III	0.699	2	IV	64.20%
Zhejiang	0.346	4	III	0.658	3	IV	90.11%
Anhui	0.239	14	II	0.447	6	III	87.21%
Fujian	0.265	11	II	0.439	8	III	65.43%
Jiangxi	0.208	18	II	0.390	12	III	87.46%
Shandong	0.374	3	III	0.604	4	IV	61.38%
Henan	0.290	7	II	0.529	5	IV	82.45%
Hubei	0.276	10	II	0.446	7	III	61.37%
Hunan	0.249	13	II	0.415	11	III	66.75%
Guangdong	0.443	1	III	0.733	1	V	65.52%
Guangxi	0.186	22	II	0.326	16	III	75.80%
Hainan	0.135	30	II	0.217	28	II	61.26%
Chongqing	0.193	21	II	0.337	15	III	74.31%
Sichuan	0.285	9	II	0.381	14	III	33.62%
Guizhou	0.148	27	II	0.238	25	II	61.52%
Yunnan	0.175	24	II	0.255	24	II	45.75%
Shaanxi	0.235	15	II	0.289	20	II	22.77%
Gansu	0.154	25	II	0.231	26	II	49.75%
Qinghai	0.139	28	II	0.201	30	II	44.75%
Ningxia	0.138	29	II	0.209	29	II	51.69%
Xinjiang	0.153	26	II	0.231	27	II	50.74%

3) 地区差异来源。由表 5 可知，地区内差异对全国总体差异的贡献最大，且总体呈现上升趋势。2011~2020 年地区间差异贡献率降幅为 14.531%；地区内差异增幅为 6.309%，表明耦合协调度较高的区域内部存在耦合协调水平较低的省份。

Table 5. Regional differences in the coupling and coordination degree of digital economy and high quality development of manufacturing industry
表 5. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的地区差异

年份	总体差异	区域内差异			区域间差异	区域间差异贡献率	区域内差异贡献率
		东部地区	中部地区	西部地区			
2011	0.054	0.043	0.014	0.029	0.020	59.200%	62.814%
2012	0.052	0.044	0.014	0.025	0.019	56.282%	63.987%
2013	0.055	0.048	0.013	0.025	0.020	56.030%	64.102%
2014	0.059	0.050	0.015	0.029	0.020	53.473%	65.158%
2015	0.060	0.052	0.019	0.036	0.018	43.120%	69.871%
2016	0.058	0.055	0.021	0.034	0.015	35.769%	73.654%
2017	0.055	0.056	0.019	0.030	0.014	32.651%	75.386%
2018	0.055	0.057	0.019	0.025	0.014	35.055%	74.044%
2019	0.060	0.062	0.021	0.029	0.015	33.333%	75.000%
2020	0.071	0.066	0.033	0.022	0.022	44.670%	69.123%

4. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的核密度演变特征

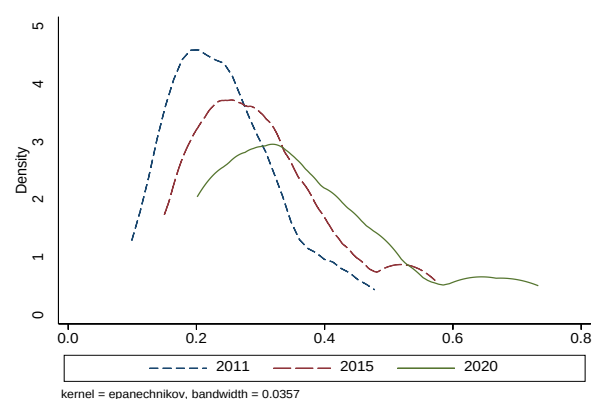
1) 整体分布动态

图 1(a)显示了 2011~2020 年中国 30 个省份数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的核密度变化情况。核密度曲线呈现逐年向右迁移的态势，说明中国数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度逐年提升。其波峰逐年减少，主峰高度逐年降低，说明中国数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的极化现象逐年有所缓解，耦合协调度较高的地区逐年增多，然而，空间绝对差异仍旧在扩大。

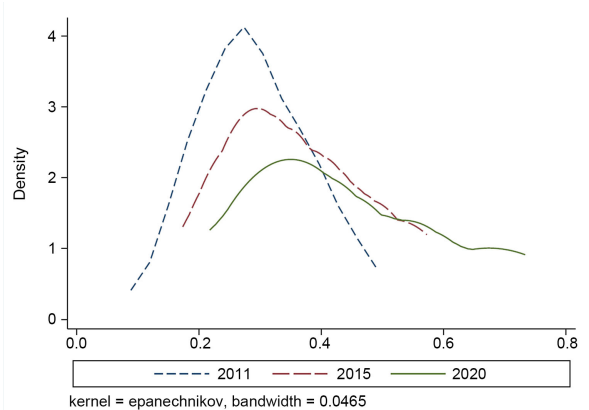
2) 三大地区分布动态

图 1(b)~(d)显示了中国三大地区数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的核密度曲线。

东部地区波峰高度逐年降低，说明东部地区数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的地区差异在逐年扩大，多极化现象变化不大。



(a) 全国



(b) 东部

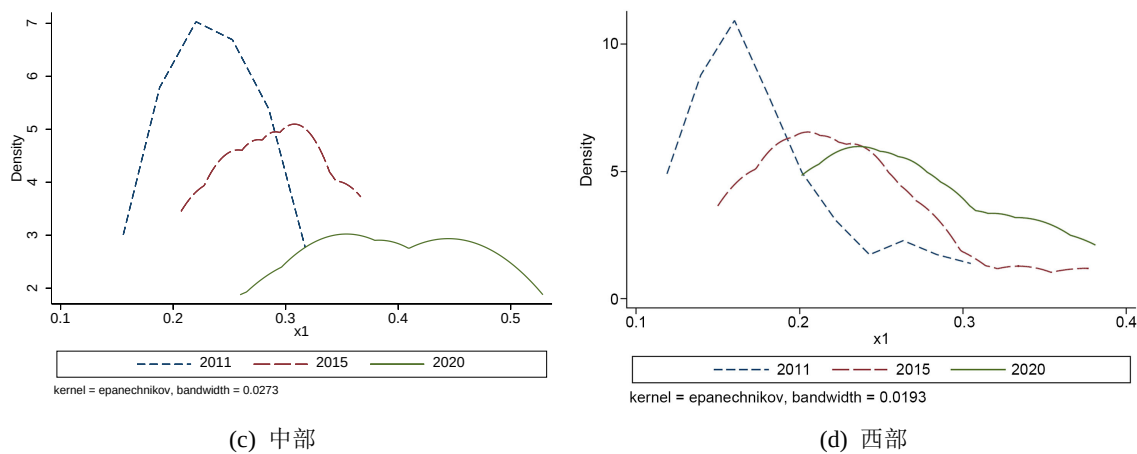


Figure 1. Dynamic evolution of the distribution of coupling coordination degree across the country and three major regions
图 1. 全国及三大地区耦合协调度的分布动态演进

中部地区的核密度曲线波峰高度越来越低，曲线开口度越来越大。说明中部地区数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的地区绝对差异越来越大，且逐年由单极化转向多极化发展。

西部地区的核密度曲线波峰高度逐年降低，曲线开口逐渐扩大。说明西部地区数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的多极化发展趋势明显，且区域绝对差异逐年缓慢增大。

综合对比三大地区的核密度曲线可知，西部地区的极化特征改善最具成效。综合来看，全国及三大地区数字技术创新与制造业高质量发展耦合协调水平正在不断提高，但差异在不断扩大。

5. 数字经济与实体经济耦合协调度的影响因素

5.1. 空间关联特征分析

5.1.1. 全局空间自相关分析

运用 STATA17.0 软件计算 2011~2020 年个省份数字经济与制造业高质量发展耦合协调度的全局莫兰指数，相关结果如表 6 所示，从表可知，中国数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度的莫兰指数均为正值，并且均通过显著性检验，说明数字经济和制造业高质量发展的耦合协调度存在显著的空间相关性，呈现出了明显的空间集聚分布特征。

Table 6. Global Moran's I index of coupling coordination from 2005 to 2020
表 6. 2005~2020 年耦合协调度的全局 Moran's I 指数

年份	Moran's I	Z 值	p-value*
2011	0.184	1.787	0.037
2012	0.178	1.749	0.04
2013	0.181	1.779	0.038
2014	0.193	1.869	0.031
2015	0.197	1.897	0.029
2016	0.217	2.065	0.019
2017	0.23	2.173	0.015
2018	0.255	2.377	0.009
2019	0.293	2.69	0.004
2020	0.35	3.154	0.001

5.1.2. 局部空间自相关分析

前文的全局自相关分析从整体上验证了耦合协调度的空间分布存在集聚特征，但无法展现各省份耦合协调度的空间关联特征。为此，绘制 30 个省份 2011 年和 2020 年耦合协调度的局部莫兰散点图，如图 2 所示，由图可知，相比于 2011 年，2020 年大部分省份更集中的落在一、三象限，可见绝大多数省份都表现出了“高 - 高”集聚或者“低 - 低”集聚特征，大多是同向集聚。此外，高 - 高集聚类型的省份以东部地区为主并伴有中部地区的河南、湖北、湖南，“低 - 低”集聚类型和“低 - 高”集聚类型的省份则以西部地区为主，说明耦合度在空间上分布不均衡，呈现东部发展较好，而西部发展较差的现象。

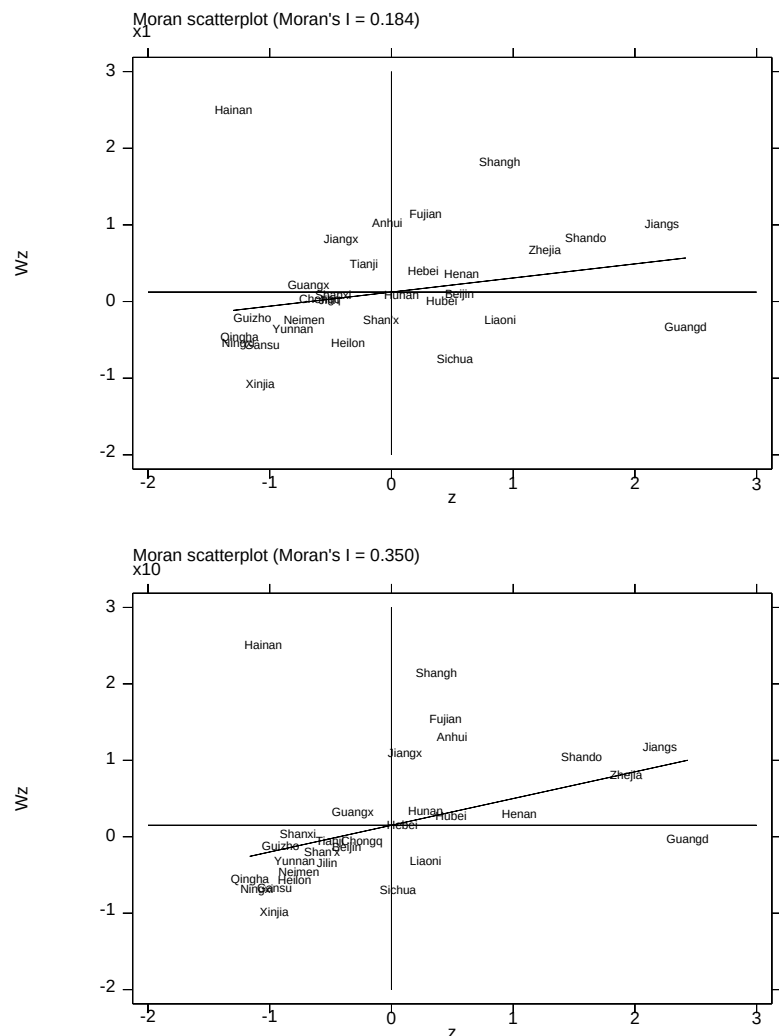


Figure 2. Moran's I scatter plot of the coupling coordination degree of 30 provinces in China in 2011 and 2020

图 2. 2011 年、2020 年中国 30 省份耦合协调度的 Moran's I 散点图

5.2. 灰色关联度模型

运用灰色关联度模型，计算得到 2011~2020 年数字经济发展系统中 8 个指标对制造业高质量发展的关联度(ξ_M)和与两大系统之间协调值的关联度(ξ_D)。并在此基础上进行进一步的分析。

1) 分析关联度 ξ_M

由表 7 可知，除北京外，其他省份数字经济发展系统对制造业高质量发展的关联值均在 0.6 以上，表明数字经济发展与制造业高质量发展处于强相关关系。数字经济发展系统中，对制造业高质量发展影响排名前三的指标分别是：研发经费(万元) (关联度 0.902)，互联网宽带接入用户(万户) (关联度 0.849)，光缆线路长度(公里) (关联度 0.829)。具体而言，研发经费的投入促进创新技术的出现；光缆等数字基础设施建设是数字经济赋能制造业高质量发展的外部支撑。随着数字基础设施建设的推进，数字经济将释放强大的赋能效果，从而改善发展质量；互联网接入宽带用户数越高，代表数字经济应用水平也越高。大规模的应用会带来新技术和新变革，进一步促进高质量发展。

Table 7. Calculation results of grey relational model from 2011 to 2020
表 7. 2011~2020 年灰色关联模型计算结果

province	2011		2014		2017		2020	
	ξ_M	ξ_D	ξ_M	ξ_D	ξ_M	ξ_D	ξ_M	ξ_D
Beijing	0.765	0.830	0.633	0.890	0.510	0.614	0.461	0.522
Tianjin	0.884	0.661	0.911	0.632	0.928	0.638	0.963	0.622
Hebei	0.873	0.637	0.804	0.613	0.826	0.595	0.863	0.679
Shanxi	0.974	0.680	0.989	0.647	0.965	0.668	0.896	0.710
Neimenggu	0.933	0.694	0.897	0.670	0.973	0.648	0.930	0.684
Liaoning	0.868	0.614	0.904	0.595	0.918	0.663	0.997	0.587
Jilin	0.920	0.680	0.904	0.659	0.913	0.647	0.987	0.623
Heilongjiang	0.960	0.672	0.965	0.656	0.997	0.633	0.921	0.693
Shanghai	0.930	0.614	1.000	0.590	0.898	0.650	0.891	0.649
Jiangsu	0.648	0.595	0.604	0.613	0.611	0.636	0.947	0.627
Zhejiang	0.702	0.602	0.714	0.593	0.721	0.603	0.977	0.606
Anhui	0.842	0.649	0.772	0.624	0.768	0.601	0.913	0.585
Fujian	0.881	0.636	0.869	0.612	0.892	0.592	0.986	0.583
Jiangxi	0.893	0.672	0.849	0.648	0.822	0.615	0.975	0.591
Shandong	0.684	0.597	0.648	0.597	0.654	0.607	0.962	0.592
Henan	0.813	0.622	0.747	0.604	0.775	0.592	0.990	0.580
Hubei	0.899	0.631	0.826	0.608	0.843	0.595	0.972	0.582
Hunan	0.874	0.645	0.844	0.620	0.844	0.600	0.933	0.623
Guangdong	0.737	0.591	0.766	0.603	0.632	0.650	0.906	0.716
Guangxi	0.928	0.692	0.911	0.663	0.938	0.631	0.888	0.679
Hainan	0.918	0.741	0.945	0.702	0.955	0.691	0.981	0.668
Chongqing	0.931	0.685	0.920	0.654	0.912	0.623	0.953	0.632
Sichuan	0.920	0.627	0.954	0.602	0.947	0.614	0.757	0.798
Guizhou	0.948	0.729	0.962	0.690	0.978	0.651	0.847	0.770
Yunnan	0.959	0.703	0.982	0.666	0.985	0.649	0.809	0.798
Shaanxi	0.984	0.656	0.980	0.630	0.985	0.622	0.856	0.725
Gansu	0.945	0.722	0.956	0.695	0.990	0.661	0.927	0.706
Qinghai	0.923	0.737	0.933	0.719	0.942	0.704	0.967	0.681
Ningxia	0.931	0.739	0.950	0.705	0.958	0.688	0.975	0.674
Xinjiang	0.945	0.723	0.959	0.691	0.984	0.661	0.897	0.730

2) 分析关联度 ξ_0

由表 7 可知, 数字经济发展系统对两大系统之间耦合协调度的关联值均在 0.5 以上, 部分关联值在 0.9 以上, 处于中等相关和极强关联区间中。数字经济发展系统中, 对耦合协调度影响排名前三的指标分别是: 互联网宽带接入用户(0.762)、光缆线路长度(0.754)、移动电话普及率(0.749)。具体来看, 数字基础设施建设推进和数字经济应用程度的上升都给制造业高质量发展提供了有力支撑。数字技术开始普及, 制造业开始数字化转型, 资源配置得到优化, 数字经济发展与制造业高质量发展差距不断缩小, 两者之间协调性逐渐增强。

6. 结论与建议

本文以中国 30 个省份为研究对象, 在厘清数字经济发展水平和制造业高质量发展水平的基础上, 利用耦合协调模型、空间自相关模型和灰色关联度模型等方法探究二者的耦合协调水平并分析了其时空分异与趋势演变特征, 得到以下主要研究结论:

1) 数字经济发展水平与制造业高质量发展水平均存在明显省际差异但演进趋势基本趋同。整体上, 两者耦合协调指数与数字经济发展水平、制造业高质量发展水平呈逐年递增态势。

2) 数字经济发展与制造业高质量发展的耦合协调度省际差异明显但大多数省份实现了层级跨越。从具体耦合协调类型城市数量变化情况来看, 中度协调类型城市数量逐年增加; 从耦合协调类型空间集聚情况来看, 高高集聚主要以东部、中部地区为主, 低低集聚则多分布在西部地区。

3) 数字经济发展与制造业高质量发展的耦合协调关系不平衡状态逐年增加。2011~2020 年中国省域耦合协调关系不平衡状态逐渐增加, 且各子区域内不平衡状态仍在增长, 特别是东部地区在三大区域内差异度最大, 区域内差异贡献率对整体差异贡献度较大。

4) 数字经济发展与制造业高质量发展的耦合协调关系影响因素方面, 数字经济发展系统中, 互联网宽带接入用户、光缆线路长度、移动电话普及率对居民生活质量和两者耦合协调关系变化影响较大。

基于以上发现, 本文得到如下政策启示:

1) 加强顶层设计, 建立健全数字经济与制造业高质量协同发展的政策体系。各省份应汇集专家智库, 展开系统性的布局谋划, 明确行动方略和实施路径, 强化配套政策支持力度, 完善相关的监测评价机制和政府绩效考核机制。

2) 重视空间集聚效应和带动效应, 搭建区域合作平台, 完善区域联动共治机制。各省份应充分发挥比较优势, 做好利益共享与补偿, 寻找合作基点, 加强经验交流与借鉴。加强东部发达地区对周边辐射带动作用, 推动低耦合协调度省份快速发展。

3) 加快数字化基础设施建设, 为产业数字化转型提供保障与支撑。信息基础设施作为推进数字技术与实体经济深度融合的关键支撑, 是传统制造业企业实现转型升级的新机遇, 是我国实现技术赶超的突破口。

参考文献

- [1] 马中东, 宁朝山. 数字经济、要素配置与制造业质量升级[J]. 经济体制改革, 2020(3): 24-30.
- [2] 李春发, 李冬冬, 周驰. 数字经济驱动制造业转型升级的作用机理——基于产业链视角的分析[J]. 商业研究, 2020(2): 73-82.
- [3] 曹正勇. 数字经济背景下促进我国工业高质量发展的新制造模式研究[J]. 理论探讨, 2018(2): 99-104.
- [4] 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.

-
- [5] 郭晗. 数字经济与实体经济融合促进高质量发展的路径[J]. 西安财经大学学报, 2020, 33(2): 20-24.
 - [6] 王瑞荣, 陈晓华. 数字经济助推制造业高质量发展的动力机制与实证检验——来自浙江的考察[J]. 系统工程, 2022, 40(1): 1-13.
 - [7] 刘鑫鑫, 惠宁. 数字经济对中国制造业高质量发展的影响研究[J]. 经济体制改革, 2021(5): 92-98.
 - [8] 杨庐峰, 张会平. 数字经济与实体经济深度融合发展的着力向度与治理创新——以贵州省的融合发展实践为例[J]. 理论与改革, 2021(6): 140-150.
 - [9] 廖信林, 杨正源. 数字经济赋能长三角地区制造业转型升级的效应测度与实现路径[J]. 华东经济管理, 2021, 35(6): 22-30.
 - [10] 刘成坤, 林明裕. 制造业高质量发展水平的统计测度及时空演变特征研究[J]. 当代经济管理, 2023, 45(8): 56-68.
 - [11] 王淑佳, 孔伟, 任亮, 等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 793-810.
 - [12] 董亚娟, 付思瑶, 秦媛. 中国数字经济与实体经济: 耦合协调、空间演进及影响路径[J]. 统计与决策, 2023(14): 5-10.
 - [13] 刘润, 张杰, 蔡思怡, 等. 长江中游城市群新型城镇化与城市居民生活质量耦合协调关系研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(7): 1349-1364.