Statistics and Application 统计学与应用, 2025, 14(8), 467-484
Published Online August 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/sa
https://doi.org/10.12677/sa.2025.148250

Hans汉斯

数智新质生产力赋能现代化产业体系建设：理论分析与实证检验

——以长江经济带为例

涂静雯[1*]，陈　浩[2]，马嘉依[1]，段太彬[1]

[1]重庆科技大学数理科学学院，重庆
[2]成都大学计算机学院，四川 成都

收稿日期：2025年7月29日；录用日期：2025年8月19日；发布日期：2025年8月29日

摘　要

我国已经步入人工智能与大数据时代，传统生产力已无法满足高质量经济发展的需求，数智新质生产力应运而生。探索数智新质生产力对现代化产业的影响及赋能路径为现代化高质量经济发展提供了新思路。长江经济带作为我国综合经济实力和战略支撑作用最强的地区之一，将其作为研究对象具有重要参考意义。数智新质生产力是由新质生产力引申而来，在此基础上本文创新性提出了将数智技术和数智产业融合构建数智新质生产力体系。同时，从金融经济、社会民生、区域协调、对外开放、绿色生产五个方面构建了现代化产业体系。通过实数编码的加速遗传算法优化投影寻踪模型(RAGA-PPE)，求解两个指标体系从2012到2022年的最优投影面作为其发展水平评价得分，然后计算数智新质生产力综合评分的核密度函数分析其数智新质生产力的动态演变特征，运用Dagum基尼系数及莫兰指数分析其现代化产业体系发展的空间差异性及空间自相关性，最后利用门限回归、空间杜宾等计量模型探究数智新质生产力赋能长江经济带现代化产业体系的理论机制及路径。本文研究结果表明：1) 长江经济带的数智新质生产力拥有显著的梯度特征高水平地区集中在下游，中上游分别是中低水平地区。2) 其现代化产业体系发展水平在区域内部和区域之间都有明显差异。3) 数智新质生产力可以通过提升企业生产效率、优化产业结构驱动现代化产业体系发展，且驱动过程呈现非线性的边际递增效应。4) 数智新质生产力驱动现代化产业体系具有内生性增长的空间溢出效应。

关键词

数智新质生产力，RAGA-PPE，莫兰指数，门槛效应，空间杜宾

*通讯作者。

文章引用: 涂静雯, 陈浩, 马嘉依, 段太彬. 数智新质生产力赋能现代化产业体系建设: 理论分析与实证检验[J]. 统计学与应用, 2025, 14(8): 467-484. DOI: 10.12677/sa.2025.148250

Empowering the Construction of a Modern Industrial System with Digital and Intelligent New Quality Productive Forces: Theoretical Analysis and Empirical Testing

—Taking the Yangtze River Economic Belt as an Example

Jingwen Tu[1*], Hao Chen[2], Jiayi Ma[1], Taibin Duan[1]

[1]School of Mathematical and Physical Sciences, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing
[2]College of Computer Science, Chengdu University, Chengdu Sichuan

Received: Jul. 29th, 2025; accepted: Aug. 19th, 2025; published: Aug. 29th, 2025

Abstract

China has entered the era of artificial intelligence and big data, where traditional productive forces are no longer sufficient to meet the demands of high-quality economic development. In response, a new form of digital and intelligent new quality productive forces has emerged. Exploring the impact and empowerment pathways of these new productive forces on modern industrial systems offers fresh insights into achieving high-quality economic modernization. As one of the regions with the strongest comprehensive economic strength and strategic support capacity in China, the Yangtze River Economic Belt serves as a meaningful case study. Digital-intelligent new quality productive forces are derived from the concept of new quality productive forces. This paper innovatively proposes the integration of digital and intelligent technologies and industries to construct a comprehensive system of digital and intelligent new quality productive forces. Meanwhile, a modern industrial system is developed from five dimensions: financial economy, social well-being, regional coordination, openness to the outside world, and green production. By applying a real-coded Accelerated Genetic Algorithm optimized Projection Pursuit Evaluation model (RAGA-PPE), the optimal projection surfaces of the two indicator systems from 2012 to 2022 are obtained as evaluation scores of their development levels. A kernel density function is then used to analyze the dynamic evolution characteristics of digital and intelligent new quality productive forces. Spatial disparities and spatial autocorrelation in the development of the modern industrial system are further examined using the Dagum Gini coefficient and Moran's I index. Finally, threshold regression and spatial Durbin models are employed to explore the theoretical mechanisms and pathways through which digital and intelligent new quality productive forces empower the modernization of the industrial system in the Yangtze River Economic Belt. The results of this study show that: 1) The digital and intelligent new quality productive forces in the Yangtze River Economic Belt exhibit a distinct gradient pattern, with high-level regions concentrated in the downstream area, while the middle and upper reaches are characterized by medium to low levels. 2) The development level of the modern industrial system shows significant differences both within and between regions. 3) Digital and intelligent new quality productive forces can drive the development of the modern industrial system by improving enterprise productivity and optimizing industrial structure, and this driving process exhibits a nonlinear marginal increasing effect. 4) The driving effect of digital and intelligent new quality productive forces on the modern industrial system also demonstrates endogenous growth with spatial spillover effects.

Keywords

Digital and Intelligent New Quality Productive Forces, RAGA-PPE, Moran's I, Threshold Effect, Spatial Durbin

Copyright © 2025 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. 绪论

2023 年 9 月，习近平总书记在黑龙江考察调研时首次提出“新质生产力”概念，强调科技创新为根本动力，新发展理念为思想指引[1]。其中，人工智能被视为新型生产力[2]，数字技术创新则是核心驱动力，由此引申出“数智新质生产力”概念[3]。数智新质生产力是科技创新与智能数字技术深度融合，推动传统产业转型、培育新兴和未来产业，助力高质量发展。

新质生产力的提出标志着对传统生产力的超越和对高质量发展的追求，加快形成新质生产力是推动高质量发展和中国式现代化的关键。卢江[4]认为新质生产力由科技生产力、绿色生产力和数字生产力组成。王珏[5]则从生产力三要素劳动者劳动对象生产资料三方面阐述新质生产力的概念。本文将科技生产力与数字生产力融合构建数智生产力，顺应了大数据与人工智能时代的发展。

从理论研究上来看，喻开志[6]发现了数字经济对长江经济带产业结构升级具有显著的促进作用，并表现出一定的区域异质性，上游地区影响较为显著。王文泽发现了智能制造作为新一轮科技革命和产业变革的重要交汇点，对构建现代化产业体系建设发挥着不可或缺的支撑引领作用[7]。这说明数智新质生产力对构建和发展现代化产业体系有着积极意义。

从测度方法上来看卢江用熵权-TOPSIS 的方法测度了不同区域新质生产力的发展水平，用 Kernel 密度和 Markov 链探索了区域间发展差异的趋势，运用 Dagum 基尼系数找到了发展差异的原因。

另一方面，王珏运用探索性空间数据分析法(包含了全域和局部的莫兰指数分析)、空间收敛模型以及核密度估计法，着重从空间的维度出发以时间的维度发散测度新质生产力的发展水平。

此外，在空间维度，于红[8]还使用空间杜宾(SDM)模型、时空地理加权回归模型探索空间异质性。袁思晨[9]还运用变异系数方法对发展水平进行差异分析，运用 OLS 基准回归、动态 GMM 这类计量模型进行实证分析以此评估数字经济对经济高质量发展的影响方向和程度。

横跨中国东中西三大区域的“长江经济带”，是沿江省市协同互动发展的内河经济带、依托长江黄金水道推动产业优化布局转型升级的创新驱动带。通过对长江经济带的数智新质生产力和现代化产业体系的测度可以明确其创新能力、产业结构、社会民生、经济水平、可持续性发展等方面的总体发展及演变过程。通过数智新质生产力赋能现代化产业体系可以探索减小区域发展差异新方法，寻求高质量发展新道路(图 1)。

2. 构建数智新质生产力测度体系与现代化产业体系

2.1. 指标选取与体系构建

1) 构建数智生产力体系

本文从“数智技术”和“数智产业”两个方面构建了数智新质生产力指标体系[10]，包含 6 个二级指

标和 17 个三级指标，详见表 1。

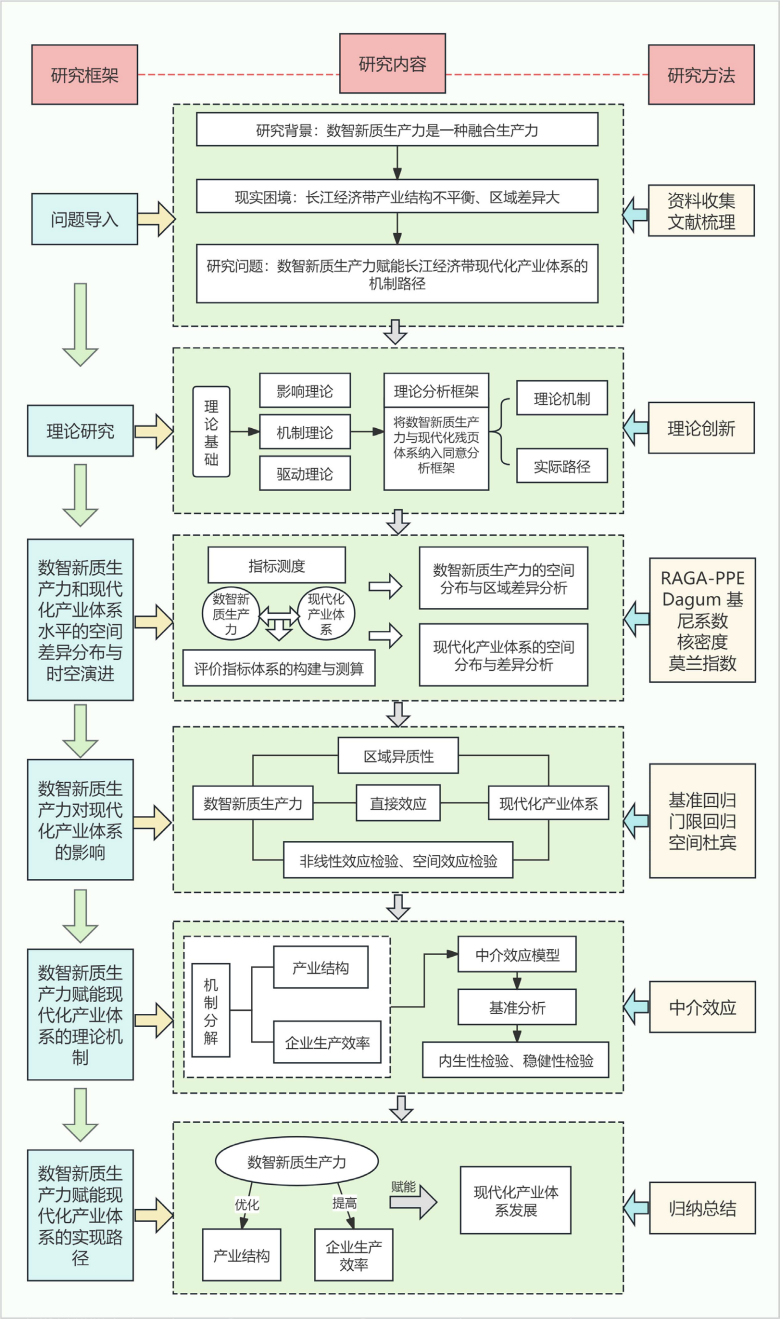


Figure 1. Technology roadmap
图 1. 技术路线图

2) 构建现代化产业体系

根据现代化产业的多元性、高效性、创新性、绿色可持续性与开放性五大特征，本文从“金融经济”“社会民生”“协调发展”“对外开放”和“绿色生产”这五个方面构建了涵盖 5 个一级指标、13 个二级指标和 35 个三级指标的现代化产业体系评价指标体系(见表 2)。

Table 1. The indicator system of digital and intelligent new quality productive forces
表 1. 数智新质生产力指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	说明	单位
数智技术	技术创新	技术研发情况	实用新型专利个数	个
		技术交易活跃度	技术市场成交额/地区生产总值	%
	创新平台	科研平台数量	国家大学科技园累积毕业企业数	个
		研发投入资金	规模以上工业企业 R&D 经费/地区生产总值	%
	创新人才	高水平创新人才	研究与试验发展(R&D)人员/高等学校 R&D 人员	%
		研发人员薪资水平	研发人员总收入	部/百人
数智产业	产业数字化	电商交易企业占比	有电子商务交易活动企业/企业总数	%
		企业网站数量	每百家企业拥有网站数	个
		网络普及率	网络普及率 iPv4 地址占比	%
	数字产业化	企业网站数量	每百家企业拥有网站数	个
		网络普及率	网络普及率 iPv4 地址占比	%
		移动通信业务	移动电话普及率	部/百人
		信息技术服务	信息技术服务收入	万元
		电子信息制造业	集成电路量	万块
		软件服务	软件服务收入	万元
	智能产业化	人工智能产业	人工智能企业数目	个
		战略新兴产业	战略性新兴产业项目成交数量	项
		高技术产业	高新技术企业技术收入	千元
		未来产业	当年新增在孵企业数	个

Table 2. Table of indicators for a modernized industrial system
表 2. 现代化产业体系指标表

一级指标	二级指标	三级指标	说明	单位
金融经济	实体经济	人均一般公共预算收入	一般公共预算收入/人口总数	元/人
		产业结构高级化指数	第三产业增长值/第二产业	%
		民间实体经济活力增速	(当年民间固定资产投资 − 上年民间固定资产投资)/上年民间固定资产投资*100%	%
	现代金融	金融相关率	(存款余额 + 贷款余额)/GDP*100%	%
		金融机构贷存比	贷款余额/存款余额	亿元
		原保险赔付支出	原保险赔付支出	亿元
社会民生	人力资源	就业人口比重	就业人员数量/人口总数*100%	%
		人均教育经费支出	教育经费支出/人口总数	元/人
		全员劳动生产率	GDP/就业人员总数	万元/人
	精神文明	博物馆参观人次	博物馆参观人次	万人次
		人均馆藏量	公共图书馆人均馆藏量	册/人

续表

		广电传播	有线广播电视传输干线网络总长	万公里
	社会保障	低保人数占比率	城市 + 农村居民最低生活保障人数/总人数	%
		城镇基本医疗保险基金支出	城镇基本医疗保险基金支出	万元/人
		城乡居民社会养老保险情况	城乡居民社会养老保险支出/参保人次	元/人
协调发展	交通运输	铁路客运量	铁路客运量	万人
		总客运量增长率	(当年总客运量 − 上一年总客运量)/上一年总客运量	%
		公共汽电车客运量	公共汽电车客运量	万人次
		快递业务量	快递业务量	万件
	生产生活	规模以上工业企业	规模以上工业企业单位数	个
		居民消费能力	居民消费价格指数(上年 = 100)	%
		人均粮食产量	人均粮食产量	公斤
	城乡融合	城镇化水平	城镇人口/总人数	%
		城乡收入比	城镇/农村居民人均可支配收入	%
对外开放	出口贸易	进出口总额	经营单位所在地进出口总额	千美元
		外商投资企业数	外商投资企业数	户
		外商投资额	外商投资企业投资总额	百万美元
	对外吸引	旅游外汇收入	国际旅游外汇收入	百万美元
		接待国际游客能力	接待国际游客	百万人次
绿色生产	资源消耗	水资源消耗	人均用水量	立方米/人
		能源消耗	能源消费量/国内生产总值	%
		电力消耗	电力消耗量	千瓦时
	废物治理	工业废水治理	治理废水项目完成投资	万元
		工业废气治理	治理废气项目完成投资	万元
	污染排放	化学需氧排放量	化学需氧量排放量	万吨

2.2. 数据来源及处理

为确保数据来源的可靠，本文数据均来自《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》、各省市统计年鉴以及国家统计局、中华人民共和国工业和信息化部所公开发表数据。对于部分指标的缺失值，本文采用移动平均加线性插值对其进行处理。

2.3. 测度方法

1) 基于加速遗传算法的投影寻踪模型

投影寻踪模型(Projection Pursuit, PP)是一种高纬数据降维方法，其核心思想是将高维数据投影到低维子空间，通过优化投影目标函数来寻求最优投影值，从而反映高维数据的可能性大小[11]。设原始数据为 $X=\{x_i\}_{i=1}^{n}\in R^p$，通过寻踪单位向量 α 使得投影值 $z_i=\alpha^{\mathrm{T}}x_i$ 能最大化某一结构性指标函数 $Q(\alpha)$，即：

$$\max_{\alpha} Q(\alpha),\ \text{s.t.}\|\alpha\|=1 \tag{1}$$

由于指标函数通常非线性、非凸，易陷入局部最优，本文引入加速遗传算法(Accelerated Genetic Algorithm, AGA)进行全局优化。

2) Dagum 基尼系数分解法探索地区

差异 Dagum 基尼系数可以用于评估国家或地区之间的收入差距、财富分配不平等以及其他社会经济指标。它反映了各地区内部的差异，各地区之间的差异以及交叉重叠现象，本文用其测算将长江经济带间现代化产业发展总体差距，计算公式如下：

$$G=\sum_{j=1}^{k}\sum_{h=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j}\sum_{r=1}^{n_h}\frac{\left|y_{ji}-y_{hr}\right|}{2n^2\bar{y}} \tag{2}$$

其中，G 为总体基尼系数，$\bar{y}$ 是各省市现代化产业体系综合评分均值，k 为划分区域格式，n 为省份个数，n_j (n_h)表示在 j (h)区域内的省份，y_{ji} (y_{hr})表示 j (h)区域内任意省份的现代化产业体系综合评分。

3) 核密度估计法探究演进规律

核密度估计(Kernel Density Estimation, KDE)是一种非参数统计方法，用于估计数据集的概率密度函数，无需假设特定的分布形式，本文用来将多维度的指标体系可视化探究其演进规律。

$$\hat{f}(x)=\frac{1}{n\cdot h}\sum_{i=1}^{n}K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \tag{3}$$

n 是样本数量；h 是平滑参数，通常称为带宽；x_i 是样本中的数据点；K 是高斯核函数。

4) 莫兰指数分析寻找空间特征

莫兰指数分析是一种用于空间数据集的空间自相关检验方法，用于评估数据在空间上的相关性，计算公式如公式(4)

$$I=\frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}d_{ij}}\cdot\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}w_{ij}\left(x_i-\bar{x}\right)\left(x_j-\bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2} \tag{4}$$

d_{ij} 是第 i 个和第 j 个数据点之间的欧式距离；w_{ij} 是第 i 个和第 j 个数据点之间的权重，通常是根据欧式距离确定的；$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}d_{ij}$ 是归一化因子，用于将莫兰指数标准化为−1 到 1 之间的范围。长江经济带数智新质生产力水平测度分析。

3. 长江经济带现代化产业体系水平分析及时空演进

3.1. 数智新质生产力演变特征与差异分析

本文将计算得到的数智新质生产力得分命名为 DIP。如图 2 所示，2012~2022 年间，长江经济带整体 DIP 呈上升趋势。其中，江苏、上海、浙江增长轨迹相似，湖北、四川、安徽、重庆、湖南、江西变化幅度接近，云南、贵州则相对平稳。2012~2020 年，各省市 DIP 持续提升，尤以江苏增势最为显著。2020~2022 年增速放缓，多数地区出现回落，可能受疫情影响，导致技术更新减缓、人才流失及产业运行受阻等问题。从核密度函数变化来看(见图 3~5)，数智技术、数智产业及数智新质生产力的分布中心均呈右移，表明整体发展水平稳步提升。然而，三者的主峰高度逐年下降，显示出发展速度趋缓，区域内部差距不断扩大。同时，密度函数均出现右偏拖尾，反映出长江经济带内部在数智化发展方面存在显著差异[12]。

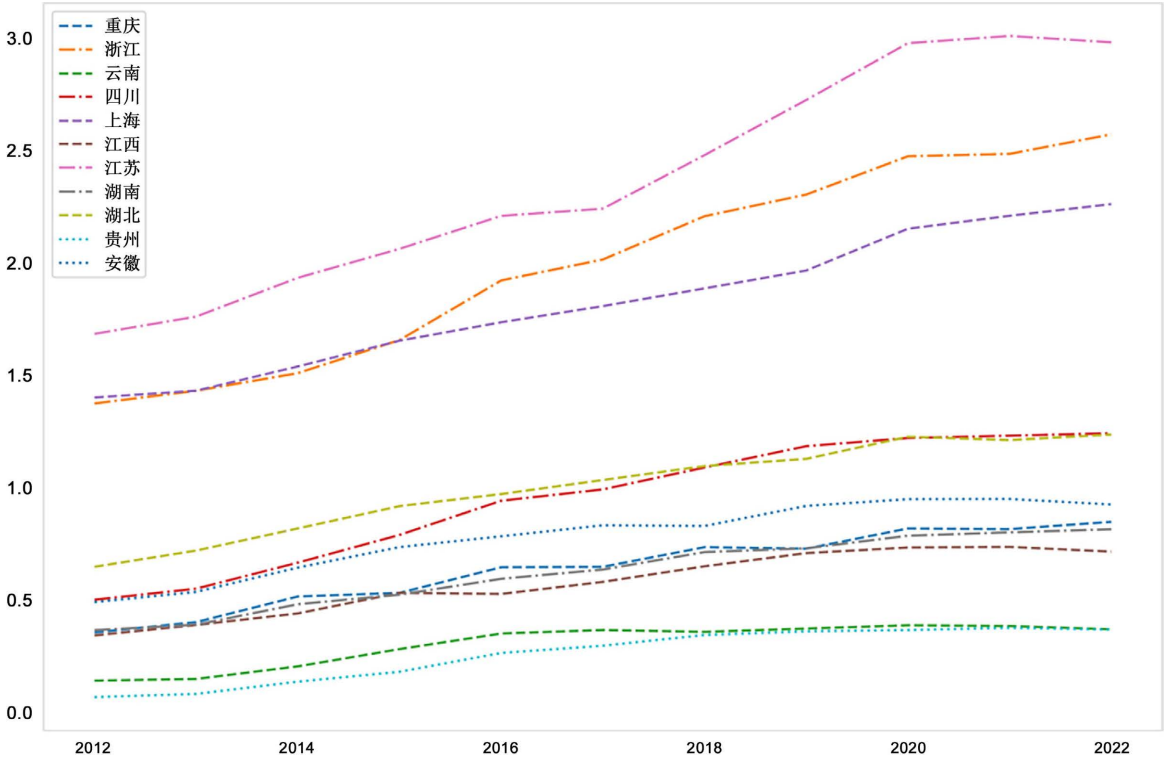


Figure 2. The DIP changes map of the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2022
图 2. 2012~2022 年长江经济带 DIP 变化图

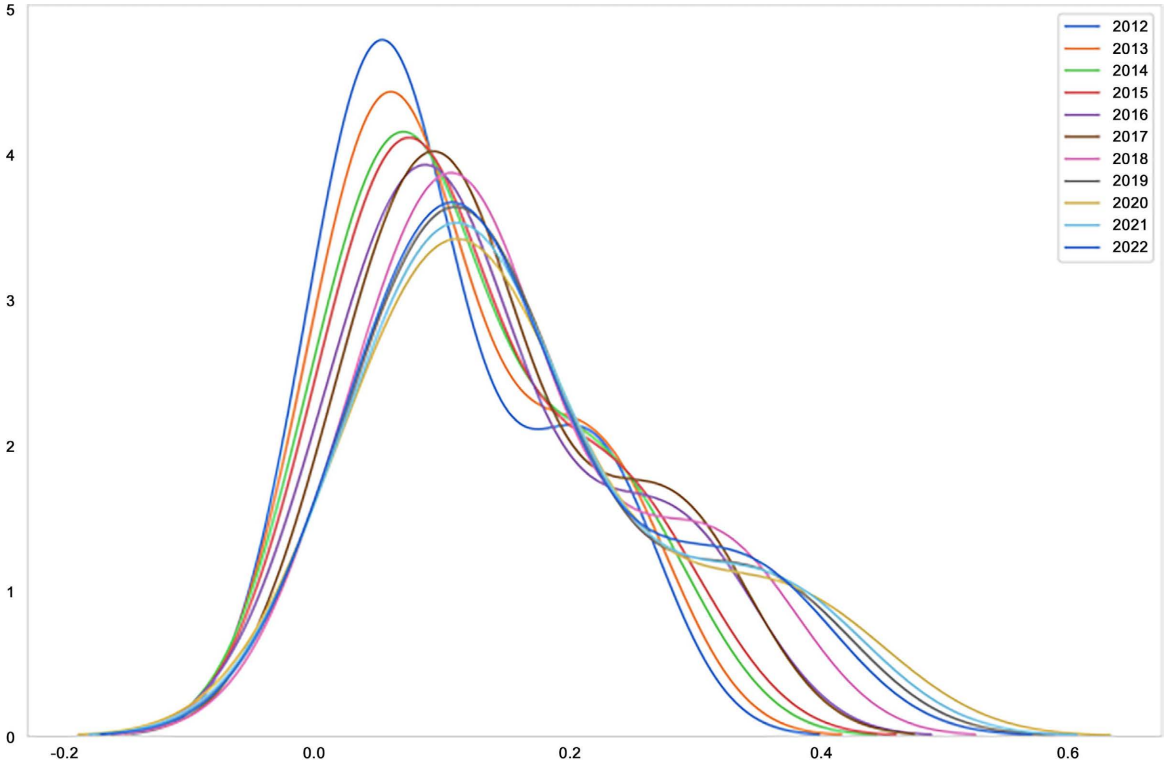


Figure 3. Kernel density change map of digital intelligence technology in the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2022
图 3. 长江经济带 2012~2022 年数智技术核密度变化图

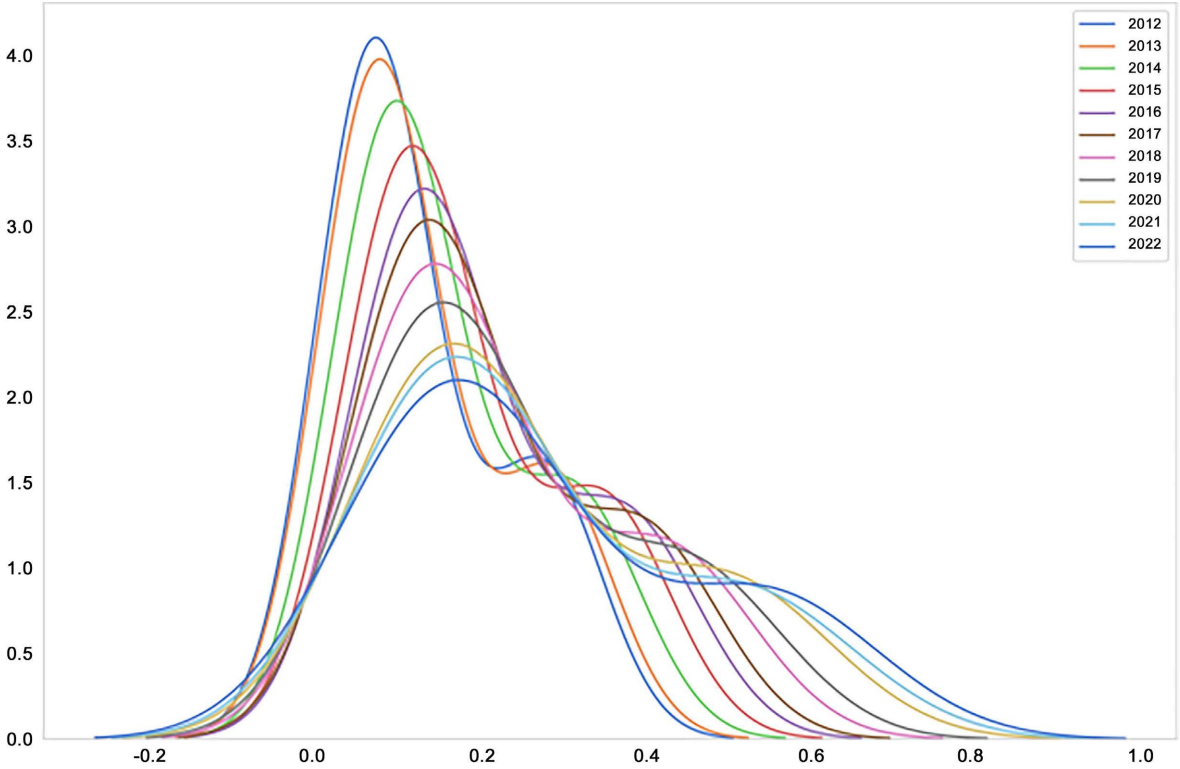


Figure 4. Map of the changes in digital and intelligent industry kernel density in the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2022
图 4. 长江经济带 2012~2022 年数智产业核密度变化图

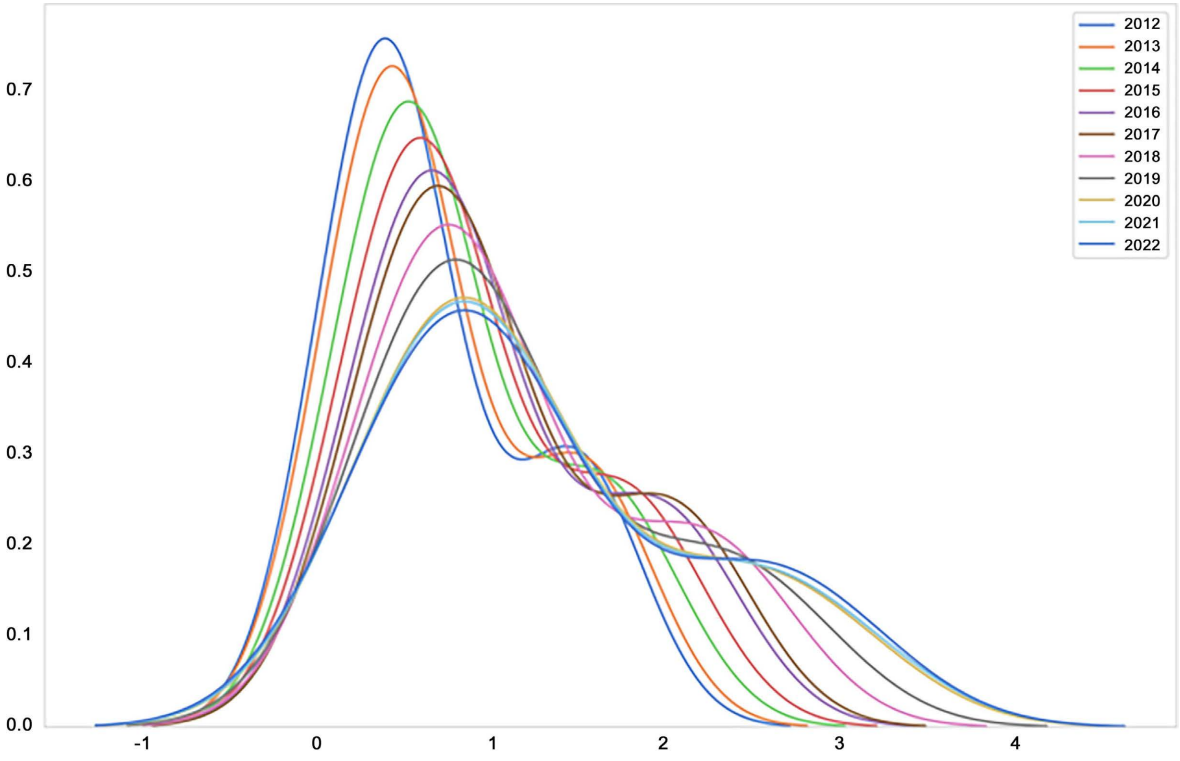


Figure 5. The DIP kernel density change map of the Yangtze River Economic Belt from 2012 to 2022
图 5. 长江经济带 2012~2022 年 DIP 核密度变化图

3.2. 现代化产业体系发展差异演变及来源分析

本文对长江经济带中按照长江流域划分为上游、中游和下游区域，具体见表 3。

Table 3. Divided table of river basin areas of the Yangtze River Economic Belt
表 3. 长江经济带流域分区表

上游	中游	下游
四川、重庆、云南、贵州	湖北、湖南、江西	上海、江苏、浙江、安徽

为分析差异来源，本文对 Dagum 基尼系数按长江经济带中、上、下游区域进行了组内与组间分解(见表 4)。结果显示，上游与中游之间的组间基尼系数持续上升，而上游与下游、中游与下游之间则相对稳定，表明区域间不均衡主要集中在上游与中游之间。与此同时，组内基尼系数显示，下游省份内部存在较大差异，省际间现代化产业水平不均衡显著；相比之下，上游和中游区域内部发展较为均衡。

Table 4. Dagum Gini coefficient difference decomposition result table
表 4. Dagum 基尼系数差异分解结果表

	组内基尼系数			组间基尼系数		
	上游	下游	中游	上游&下游	上游&中游	下游&中游
2012	0.008	0.183	0.036	0.335	0.041	0.361
2013	0.019	0.177	0.034	0.35	0.036	0.362
2014	0.036	0.186	0.038	0.38	0.041	0.383
2015	0.041	0.19	0.032	0.399	0.045	0.389
2016	0.053	0.206	0.046	0.439	0.057	0.428
2017	0.071	0.208	0.045	0.447	0.074	0.412
2018	0.07	0.199	0.035	0.444	0.066	0.411
2019	0.09	0.198	0.036	0.445	0.087	0.399
2020	0.071	0.186	0.026	0.425	0.068	0.404
2021	0.067	0.179	0.044	0.438	0.093	0.377
2022	0.058	0.182	0.054	0.445	0.092	0.388

3.3. 现代化产业体系发展空间自相关性与局部集聚特征分析

本文通过计算莫兰指数探讨现代化产业体系发展水平的空间自相关性，结果如表 5 所示。2012 至 2022 年间，现代化产业体系综合评分的全局莫兰指数均为正值且 P 值均小于 0.05，表明不同地区间的评分存在显著的空间正相关性。2012 至 2019 年，莫兰指数逐年上升，显示现代化产业体系的空间集聚程度增强，相关地区的产业水平趋于相似或集中。2019 至 2022 年间，莫兰指数出现波动，表明部分地区现代化产业水平快速提升，而其他地区则出现停滞或下降。

由于全局莫兰指数已通过显著性检验，本文进一步计算了局部莫兰指数以分析局部空间集聚现象。对比 2012 年(图 6)和 2022 年(图 7)的 LISA 图，江西省由低－低聚集转变为低－高聚集，表明该省部分地区现代化产业水平出现了显著提升，可能是由于部分地区在产业发展上取得了进展，而其他地区则相对滞后。

Table 5. Comprehensive score of Moran's I of the modern industrial system in the Yangtze River Economic Belt
表 5. 长江经济带现代化产业体系综合得分莫兰指数

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Morn's I	0.573	0.5747	0.576	0.5918	0.594	0.583	0.596	0.574	0.597	0.601	0.563
P 值	0.005	0.005	0.007	0.007	0.001	0.004	0.003	0.004	0.008	0.006	0.009

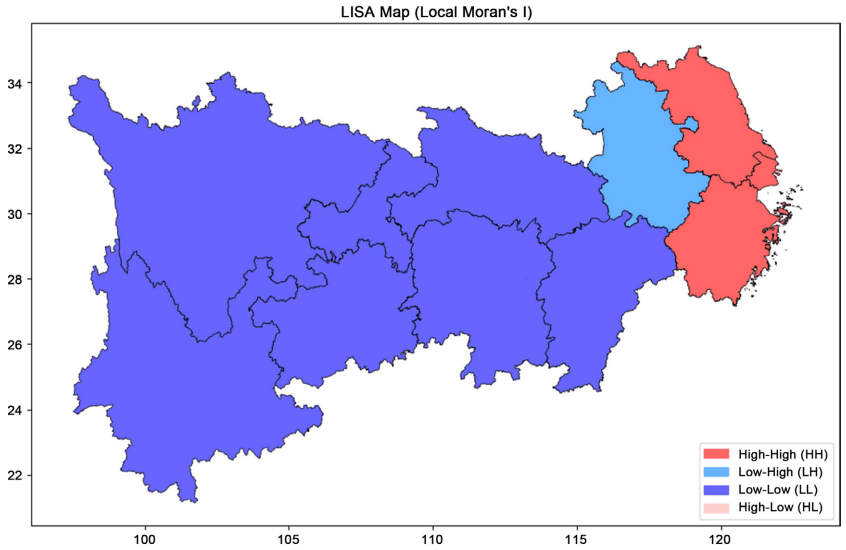


Figure 6. LISA map of the local Moran's I of MIS in 2012
图 6. 2012 年 MIS 局部莫兰指数 LISA 图

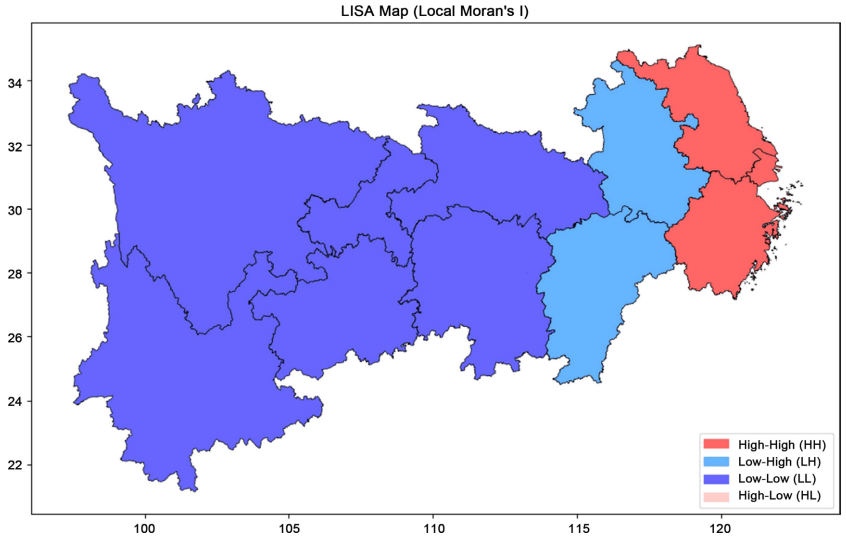


Figure 7. LISA map of the local Moran's I of MIS in 2012
图 7. 2022 年 MIS 局部莫兰指数 LISA 图

4. 数智新质生产力赋能现代化产业体系

4.1. 理论分析与研究假设

"十四五"规划重视发展数字经济、建设数字中国，强调优化现代产业体系与经济体系。新质生产

力作为中国式现代化关键驱动力，借科技创新实现关键颠覆性技术突破，推动高质量发展；数智新质生产力则通过结合数智技术与数智产业促进经济高质量发展，基于此提出第一个假设：

假设 1：数智新质生产力促进现代化产业体系发展。

数字化转型对制造业上市公司生产率的提升具有显著的间接影响和互补影响，这表明数字化不仅直接提高生产效率，还能通过促进业务模式转型等方式间接提升生产效率。基于此提出第二个假设：

假设 2：数智新质生产力可以通过提升企业生产效率促进现代化产业体系发展

数智新质生产力涉及到的数字经济作为产业结构转型的核心动力，对产业结构合理化和高度化具有显著正向影响。其发展对产业结构水平的提升作用具有区域异质性和城市规模异质性，因此提出第三个假设：

假设 3：数智生产力可以通过优化产业结构促进现代化产业体系发展

内生性增长的空间溢出效应在不同地区的发展差异及其原因主要包括贸易自由度和知识溢出效应的作用、科技创新的空间溢出效应的地区差异、以及经济集聚对区域经济发展差异的影响，因此提出第四个假设：

假设 4：数智新质生产力驱动现代化体系发展具有内生性增长的空间溢出效应

4.2. 变量选取与说明

1) 被解释变量和核心解释变量

为探究数智新质生产力对现代化产业体系的赋能机制，本文选取前文建立的数智新质生产力和现代化产业评价体系分别作为核心解释变量和被解释变量。

2) 机制变量

本文的机制变量为企业生产效率(lnEP)和产业结构(lnIS)，其中企业生产效率(lnEP)选取地区全要素生产率取对数的数据表征，产业结构(lnIS)选取地方数字化转型企业数量取对数的数据表征。

3) 控制变量

数智新质生产力促进现代化产业建设体系会受到教育、经济、开放等多方面的影响，本文选取以下控制变量：

教育水平(lnEL)：教育的高水平的发展可以带来拔尖人才，在一定程度上反映现代化体系建设的程度，选取高校在校大学生取对数表征教育水平。

政府支持(lnGS)：政府对公共产业的财政支出，是建设现代化体系的重要路径，本文选取各省市政府财政支出占当地区 GDP 的比重取对数表征政府支持。

贸易开放(lnTO)：开放是现代化的重点，选取省市实际利用外资额占当地国内生产总值的比值取对数表征贸易开放。

区域经济发展(lnRED)：一个区域的经济发展一定程度上决定了该地区产业建设的发展状况，本文选取地方 GDP 的增长率取对数表征区域经济发展。

本文保证数据的平稳性，消除异方差的影响，以上指标数据均进行了对数化处理，主要变量的描述性统计分析表 6 所示。

Table 6. Descriptive statistics of variables
表 6. 变量的描述性统计

变量类别	变量名称	观测数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	现代化产业建设体系 lnMIS	121	0.621	0.335	−0.107	1.309
核心解释变量	数智新质生产力 lnDIP	121	−0.212	0.751	−2.456	1.101

续表

机制变量	企业生产效率 lnEP	121	0.2	0.283	−0.432	1.071
	产业结构 lnIS	121	3.973	0.174	3.434	4.304
控制变量	教育水平 lnEL	121	2.455	0.359	1.989	3.363
	政府支持 lnGS	121	2.115	0.196	1.65	2.346
	贸易开放 lnTO	121	9.333	1.102	7.234	11.497
	区域经济发展 lnRED	121	10.304	0.578	8.816	11.719

4.3. 计量模型建立

1) 基准回归模型

为了验证数智新质生产力驱动现代化产业体系发展的直接效应，本文构建基准回归模型，如式(5)：

$$\ln MIS_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln DIP_{it} + \varphi_z Z_{it} + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

其中，$\ln MIS_{it}$ 为被解释变量，表示长江经济带的省市 i 在第 t 年的现代化产业体系发展水平；$\ln DIP_{it}$ 为核心解释变量，表示省市 t 在第年数智新质生产力发展情况；Z_{it}、μ_i、δ_i 和 ε_{it} 分别表示各个控制变量、控制地区固定效应、时间固定效应和随机扰动项。α_0 代表常数项，α_1 为核心解释变量的估计系数，若 $\alpha_1 > 0$ 说明数智新质生产力对现代化体系的发展有积极影响，反之，则具有负向影响。

2) 机制检验模型

为了研究数智新质生产力对提升现代产业发展的作用机制，本文选取企业生产效率和产业结构作为中介变量进行检验，构建中介效应模型如下：

$$\ln EP_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln DIP_{it} + \gamma_z Z_{it} + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \tag{6}$$

$$\ln MIS_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln DIP_{it} + \beta_2 \ln EP_{it} + \beta_z Z_{it} + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \tag{7}$$

在探究数智新质生产力对现代化产业体系影响直接效应式(6)的基础上，以式(7)为核心解释变量数智新质生产力 $\ln DIP_{it}$ 对中介变量企业生产效率的线性回归方程式。式(24)为数智新质生产力 $\ln DIP_{it}$ 与企业生产效率 $\ln EP_{it}$ 对于现代产业体系发展 $\ln MIS_{it}$ 的线性回归方程。借助参数的显著性分析企业生产效率对现代化产业建设的中介作用影响。

3) 门槛效应模型

为了揭示企业生产效率和产业结构对数智新质生产力促进现代化产业体系的非线性动态溢出特征，本文构建门槛效应模型[13]如式(8)：

$$\ln MIS_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln DIP_{it} \times I\left(Th_{it} \le \vartheta\right) + \varphi_2 \ln DIP_{it} \times I\left(Th_{it} > \vartheta\right) + \varphi_z Z_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \tag{8}$$

式(8)中 Th_{it} 表示企业生产效率和产业结构的门槛变量；$I(\cdot)$ 为符合括号内条件的指示函数，值为 1 或 0。该式从单门槛开始考虑分析。

4) 空间杜宾模型

为了进一步探究长江经济带数智新质生产力促进现代化产业建设的空间溢出效应，本文在式(9)基础上引入空间权重矩阵，构建出空间杜宾模型(SDM)，如式(9)和式(10)所示。

$$\ln MIS_{it} = l_0 + \rho W_{ij} \ln MIS_{it} + \theta_1 W_{ij} \ln DIP_{it} + \beta_1 \ln DIP + \sum \beta_z Z_{it} + \theta_z W_{ij} \sum Z_{it} + \mu_i + \delta_i + \varepsilon_{it} \tag{9}$$

$$\varepsilon_{it} = \lambda W \varepsilon_{it} + \zeta_{it} \tag{10}$$

式中，ρ 为空间自回归系数，θ_1 为解释变量的空间滞后项系数；θ_z 表示控制变量空间滞后项系数；μ_1 和

δ_i 分别表示空间固定效应和时间固定效应；β_i 表示误差项，λ 为误差项的空间滞后项系数；W_{ij} 则表示空间权重矩阵；β_1 表示解释变量系数；β_z 表示控制变量系数；$W\varepsilon_{it}$ 则是误差项的空间效应，Z_{it} 为教育水平、政府支持、贸易开放和区域经济发展等控制变量。

4.4. 机制分析与路径

1) 直接效应分析

Table 7. Baseline regression results table
表 7. 基准回归结果表

变量名称	现代化产业体系 lnMIS
数智新质生产力 lnDIP	0.041**
教育水平 lnEL	0.006**
政府支持 lnGS	0.092
贸易开放 lnTO	0.000***
区域经济发展 lnRED	0.001**
地区固定	是
时间固定	是
地区数	11
R^2	0.974

***表示 p < 0.001，**表示 p < 0.01，*表示 p < 0.05。

基准回归结果(见表 7)表明，数智新质生产力在 5%显著水平下显著为正，表明其能够促进长江经济带现代化产业体系的发展，从而验证了假设 1。控制变量方面，教育水平和区域经济发展在 5%显著水平下均为正，表明它们对现代化产业体系的发展具有积极作用。贸易开放在 1%显著水平下为正，表明其对现代化产业水平的提升具有显著的推动作用。而政府支持未能通过 10%显著性检验，虽然系数为正，表明政府支持可能对现代化产业体系发展产生一定影响，但其作用相对较弱。

2) 中介效应分析

本文选取产业结构和企业生产效率作为中介变量，来验证假设 2 和假设 3。利用中介机制探索传导机制作用结果如表 8、表 9，所有指数在 5%的显著水平上均为正值。首先说明了数智新质生产力对现代化产业的发展具有积极作用。其次数智新质生产力分别同产业结构和企业生产效率结合都能促进现代化产业的发展，假设 2 和假设 3 得证。

Table 8. The outcome of the transmission mechanism (industrial structure)
表 8. 传导机制作用结果(产业结构)

变量	现代化产业体系 lnMIS(1)	产业结构 lnIS(2)	现代化产业体系 lnMIS(3)
数智新质生产力 lnDIP	0.039**	0.047**	0.048**
产业结构 lnIS	——	——	0.01**
控制变量	是	是	是
时间固定	是	是	是

续表

地区固定	是	是	是
地区数	11	11	11
R^2	0.839	0.833	0.833

***表示 p < 0.001，**表示 p < 0.01，*表示 p < 0.05。

Table 9. The result of the transmission mechanism's effect (enterprise production efficiency)
表 9. 传导机制作用结果(企业生产效率)

变量	现代化产业体系 lnMIS(1)	企业生产效率 lnEP(2)	现代化产业体系 lnMIS(3)
数智新质生产力 lnDIP	0.019**	0.032**	0.018**
企业生产效率 lnEP	——	——	0.01**
控制变量	是	是	是
时间固定	是	是	是
地区固定	是	是	是
地区数	11	11	11
R^2	0.932	0.833	0.933

***表示 p < 0.001，**表示 p < 0.01，*表示 p < 0.05。

结合上述分析，本文验证得到数智新质生产力赋能现代化产业体系建设的作用路径机制，数智新质生产力既直接效应促进现代化产业体系发展，又借助于优化产业结构和提高企业生产效率，间接的影响现代化产业体系建设。具体如图 8：

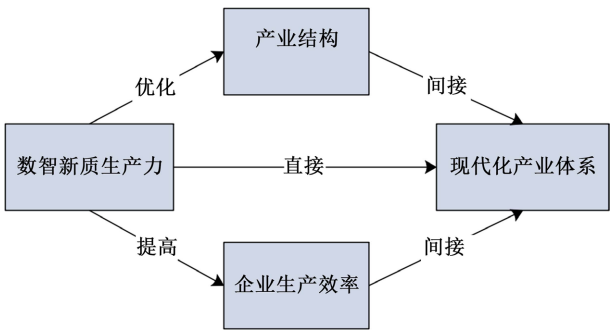


Figure 8. Pathway map for empowering modern industrial system with digital and intelligent new quality production forces
图 8. 数智新质生产力赋能现代化产业体系路径图

3) 非线性效应分析

本文通过建立门槛回归模型，分别以企业生产效率和产业结构为门槛变量，分析企业生产效率、产业结构对数智新质生产力促进现代化产业体系的非线性动态溢出特征，得到显著性检验结果表 10 和表 11。

为了验证门槛估计值的有效性，本文采用 LR 似然比检验进行分析，结果如图 9 所示。当 LR 值为 0 时，产业结构的单门槛估计值为 0.0123，并且低于虚线(LR = 7.35)，因此可以将产业结构划分为两个阶段：产业结构合理化(lnIS < 0.0123)和产业结构高级化(lnIS > 0.0123)。同样，当 LR = 0 时，企业生产效率

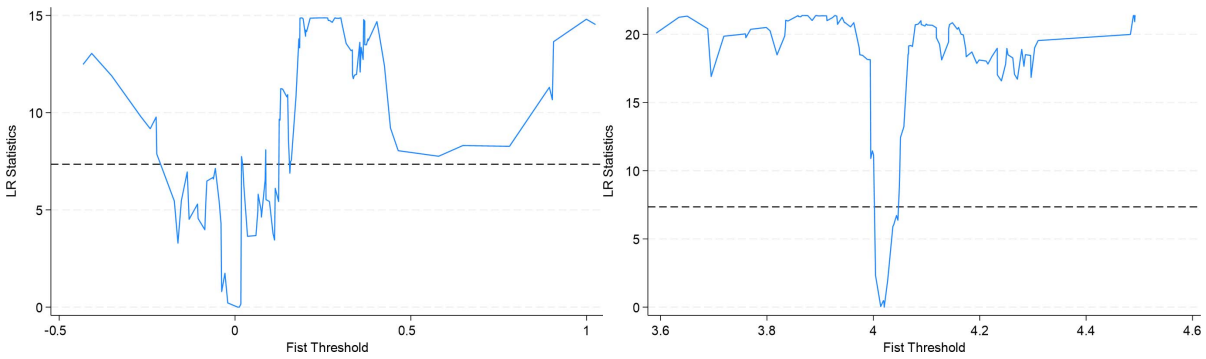
的单门槛估计值为 4.020，且低于虚线，表明企业生产效率可分为高效率(lnEP > 4.02)和低效率(lnEP < 4.02)两个等级。

Table 10. The significance test of the response based on the enterprise production efficiency as the threshold variable
表 10. 以企业生产效率为门槛变量的响应显著性检验

模型	F 值	p 值	BS 指数	临界值			门槛估计值
				1%	5%	10%	
单门槛	22.40	0.010	300	22.322	15.710	12.945	4.020
双重门槛	8.19	0.187	300	15.641	11.652	9.491	4.020
	-	-	-	-	-	-	3.6951
三重门槛	4.46	0.647	300	27.756	21.274	17.300	4.3097

Table 11. The significance test of the response based on the industrial structure as the threshold variable
表 11. 以产业结构为门槛变量的响应显著性检验

模型	F 值	p 值	BS 指数	临界值			门槛估计值
				1%	5%	10%	
单门槛	15.50	0.053	300	21.195	16.014	12.662	0.0123
双重门槛	5.53	0.563	300	14.349	11.529	9.736	−0.1623
	-	-	-	-	-	-	0.1560
三重门槛	4.20	0.770	300	13.457	10.865	9.735	0.0123



(a) (b)

Figure 9. Likelihood ratio function for threshold value test. (a) Threshold test for industrial structure; (b) Inspection of the threshold value for enterprise production efficiency
图 9. 似然比函数检验门限值。(a) 产业结构门限值检验；(b) 企业生产效率门限值检验

4) 空间溢出效应分析

建立空间回归模型时，需要对被解释变量现代化产业体系进行空间自相关性检验，而这部分在前文分析时空趋势演变时，已进行相关操作，通过莫兰指数表分析得到现代化产业建设水平是呈现正相关，且沿着长江经济带的上中下游呈现正向的溢出效应。为了进一步证明空间溢出效应的存在，本文建立空间杜宾回归模型，通过选用 LM 检验。Wald 检验、固定效应校验和 LR 检验对模型的拟合度进行检验，最终确定了时空双固定效应模型为最佳估计模型。得到结果如表 12。

通过下表发现，在两种空间权重矩阵中，数智新质生产力对于现代化产业体系的建设中，其直接效应均显著为正，说明起到积极的促进作用，符合前文进行的基准回归分析结论；间接效应的系数也在5%的显著水平上为正，说明了数智新质力生产力对于促进现代化产业体系建设具有正向的空间溢出效应，验证了假设4。

Table 12. Regression results of spatial Durbin model
表 12. 空间杜宾模型回归结果

解释变量	反距离矩阵(1)	邻接矩阵(2)
数智新质生产力(lnDIP)	0.083 (0.026)	0.076 (0.012)
W.lnDIP	0.167 (0.082)	0.123 (0.071)
控制变量	是	是
时间固定	是	是
地区固定	是	是
直接效应	0.072 (0.021)	0.011 (0.012)
间接效应	0.045 (0.099)	0.034 (0.071)
总效应	0.038 (0.090)	0.211 (0.021)
地区数	11	11

5. 结论与建议

2012~2022年，长江经济带数智新质生产力整体呈上升趋势，尽管2020年后增长放缓，部分省市出现下滑，但总体仍保持积极发展态势。从空间分布看，下游地区发展水平明显领先中上游，差距逐年扩大，区域间发展不均日益突出。现代化产业体系建设亦表现出明显的空间异质性，尤其以上中游差距最为显著，内部发展也存在不平衡，整体呈现波动性和分化趋势。实证分析结果表明，数智新质生产力通过提升企业生产效率和优化产业结构，对现代化产业体系具有显著促进作用，且该作用具有非线性特征和空间溢出效应，验证了其在推动区域产业现代化中的关键作用。

基于以上结论，提出以下建议：一是加强智能科技赋能，通过建设技术培训中心和产学研合作平台，提升中上游地区在人工智能、大数据等领域的人才基础与技术水平，助力产业升级；二是推动智能交通体系建设，提升中上游地区交通基础设施智能化水平，增强区域互联互通与协同发展能力；三是制定差异化区域支持政策，引导高水平地区对相对落后地区开展对口帮扶，在考虑不同区域产业结构与发展水平基础上，精准施策，缩小区域发展差距；四是搭建跨区域产业协同创新平台，推动上下游地区在产业链、供应链中的分工协作与技术交流，实现资源优化配置与产业联动升级，提升整个长江经济带的现代化产业协同发展水平。

基金项目

(1) 人力资源服务出口统计体系研究，重庆市社会科学规划(人力资源)一般项目(2024RZ04)，2024.10.21~2025.9.30。

(2) 新发展格局下成渝双城数字经济发展水平的多维测度研究，重庆市社会科学规划博士项目(2022BS064)，2022.12~2025.12，主持，在研。

(3) 我国数字经济测度及其对新型城镇化建设赋能机制探究，中国商业统计学会2023年度规划课题

(2023STY34)，2023.9~2025.12。

参考文献

[1] 徐政, 郑霖豪, 程梦瑶. 新质生产力赋能高质量发展的内在逻辑与实践构想[J]. 当代经济研究, 2023(11): 51-58.

[2] 王水兴, 刘勇. 智能生产力: 一种新质生产力[J]. 当代经济研究, 2024(1): 36-45.

[3] 刘友金, 冀有幸. 发展新质生产力须当拼在数字经济新赛道[J]. 湖南科技大学学报(社会科学版), 2024, 27(1): 89-99.

[4] 卢江, 郭子昂, 王煜萍. 新质生产力发展水平、区域差异与提升路径[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2024(5): 1-16.

[5] 王珏, 王荣基. 新质生产力: 指标构建与时空演进[J]. 西安财经大学学报, 2024, 37(1): 31-47.

[6] 喻开志, 石瑶, 冯佳晗. 数字经济对长江经济带产业结构升级的影响[J]. 财经科学, 2024(2): 119-135.

[7] 王文泽. 以智能制造作为新质生产力支撑引领现代化产业体系建设[J]. 当代经济研究, 2024(2): 105-115.

[8] 于红. 黄河流域高质量发展驱动因素空间异质性研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 济南大学, 2023.

[9] 袁思晨. 数字经济对安徽省经济高质量发展影响研究[D]: [硕士学位论文]. 蚌埠: 安徽财经大学, 2024.

[10] 朱富显, 李瑞雪, 徐晓莉, 等. 中国新质生产力指标构建与时空演进[J]. 工业技术经济, 2024, 43(3): 44-53.

[11] 杨朝均. 基于 RAGA-PPE 模型的绿色工艺创新动力评价及地区差异分析[J]. 科技进步与对策, 2014, 31(18): 51-56.

[12] 张莹, 何旺, 张卓群. 中国居民消费支出区域差异的演变特征——基于 Dagum 基尼系数分解和 Kernel 核密度估计的实证研究[J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2022, 36(7): 66-76.

[13] 王瑞荣, 李志彬. 数字经济赋能共同富裕的作用机制与门槛效应——来自浙江的经验证据[J]. 统计与管理, 2024, 39(1): 17-26.