

“双碳”目标下安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调时空演化分析

沈翩翩¹, 龙海^{1,2}

1. 安徽外国语学院 国际经济学院, 安徽 合肥 231201;

2. 泰国格乐大学 国际学院, 泰国 曼谷 10220

摘要:在全球新一轮科技革命及我国“双碳”目标加快推进的背景下,基于2012—2021年安徽省16市面板数据,运用耦合协调度模型对安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调的时空演化与空间聚类特征进行实证分析。研究发现:安徽省两大系统的耦合度由磨合阶段上升至高水平耦合阶段;耦合协调度时序演变呈现单调递增趋势,空间上呈现三级梯度分化;全局空间相关性上具有显著空间正相关性,但关联性较弱;局部空间呈现“高高集聚”或“低低集聚”两极分化态势,全域协同发展格局尚未形成。为落实“双碳”目标,安徽省应通过构建绿色城市示范发展范式、核心城市赋能边缘区域产业数字化转型、多元主体协同助力产业数字化与绿色发展耦合协调等途径,推动省域经济向绿色、低碳、可持续方向高质量发展。

关键词:产业数字化;绿色发展;耦合协调

中图分类号:F062.9 **文献标识码:**A **DOI:**10.12186/2026.04.005

文章编号:2096-9864(2026)04-0037-10

伴随着新一轮能源革命的兴起,传统能源的主体地位不断受到挑战,外加气候变化问题,全球针对能源绿色低碳转型已达成广泛共识。我国作为全球碳排放大国,承担着重要的国际责任,并在第七十五届联合国大会上做出了“双碳”承诺。党的二十大报告将“人与自然和谐共生的现代化”明确纳入“中国式现代化”的核心内涵,进一步标定了新时代我国生态文明建设的战略任务^[1],构成推动我国经济高质量发展的内在要求与必由之路。

为落实上述目标,《“十四五”国家信息化规划》明确提出“深入推进绿色智慧生态文明

建设,推动数字化绿色化协同发展”,着重阐释了以数字化驱动绿色化转型、以绿色化促进数字化创新的重要性,形成双向赋能的可持续发展范式。在此框架下,数字产业化与产业数字化作为数字经济发展的双轮驱动要素,前者聚焦于数字技术的基础性突破与新型业态培育,后者着力于传统产业的全要素数字化转型,二者共同构筑了数字经济时代的新生产力体系。据中国信息通信研究院数据,2023年我国数字产业化规模为10.09万亿元,占数字经济比重为18.7%;产业数字化规模为43.84万亿元,占

收稿日期:2025-03-10

基金项目:安徽省高校科学研究重点项目(2024AH052496);安徽外国语学院科研重点项目(Awky2023016)

作者简介:沈翩翩(1993—),女,安徽省合肥市人,安徽外国语学院讲师,硕士,主要研究方向:产业经济学;龙海(1977—),男,安徽省合肥市人,安徽外国语学院教授,博士生导师,主要研究方向:产业经济、环境经济。

数字经济比重高达 81.3%^[2]。可见产业数字化已成为驱动数字经济发展的主要支撑力量。因此,推动产业数字化与绿色化协同发展,是实现社会可持续高质量发展的必由之路。

一、文献综述

国内外关于产业数字化与绿色发展协同的研究,大多从概念内涵、相互作用机制及区域协同效应三个方面展开。在概念内涵研究方面,学者们认为,产业数字化是传统产业借助新一代数字技术实现价值链升级重构的过程^[3-5],形成以实现用户价值为目标、以企业间协同合作为特征的数字化生态^[6-7]。绿色发展研究始于国外绿色经济、可持续发展、低碳经济等相关理论探索。国内学界则多数将其定义为资源约束下的可持续发展模式,强调经济、环境、社会的协同推进^[8-10]。在作用机理研究方面,多数研究揭示产业数字化与绿色发展呈双向促进关系。一方面,产业数字化通过提升数据利用效率^[11]、增强研发创新能力^[12]、构建一体化信息共享平台^[13],在实现产业绿色发展的同时落实“双碳”行动。另一方面,绿色发展借助市场需求升级、产业链重构与政策驱动,推动数字技术进步与应用^[14-15]。在“双碳”目标引领下,消费者环保意识提升催生绿色产品需求,促使企业利用数字技术提升产品环保性能;绿色发展理念深度融入产业链各环节,推动供应链重构和低碳循环体系建设^[16-17];政府通过补贴、税收优惠等政策激励企业绿色转型^[18-19]。在协同效应研究方面,国外研究多聚焦理论机制^[20],国内则主要运用耦合协调度模型量化二者协同发展水平,探讨其时空演变特征。程刚等^[21]通过熵值法和耦合协调度模型揭示了 2012—2021 年中国数字化与绿色化水平的区域差异。尚英仕等^[22]运用耦合协调度和障碍度模型发现,珠三角、长三角、京津冀三大城市群科

技创新与绿色发展协调关系持续改善,但仍处于失调状态。曾彬绮等^[23]采用耦合协调度模型测度长三角产业数字化与高质量发展水平,并提出完善基础设施建设、推动传统产业转型升级等建议。

综上,现有研究呈现三个显著特征:其一,研究视角多聚焦于数字化与绿色发展的宏观关系,缺乏对产业数字化的实证研究;其二,现有实证研究空间尺度失衡,多立足国家层面或城市群,省级及典型个案研究不足;其三,长三角研究偏重沪苏浙发达省市,对工业化转型、高碳能耗的安徽省关注不足,亟待结合“双碳”目标做进一步的深化研究。

本文拟对 2012—2021 年安徽省 16 市面板数据进行分析,并在此基础上,提出差异化、精准化政策建议,其底层逻辑与实施路径可为面临双重转型任务同类省份提供借鉴,助力其制定符合自身特色的产业数字化与绿色发展协同策略。

二、产业数字化与绿色发展耦合协调理论机制

耦合理论源自物理学领域,主要揭示多元系统或其内部要素通过交互作用形成的相互促进或制约关系。该关系可分为两种基本类型:当系统间相互促进时,构成良性耦合。在此状态下,任一子系统的发展都将产生正向溢出效应,不仅有利于优化其他组成部分,还能推动整体系统的演进。反之,若系统间相互掣肘,则形成恶性耦合,抑制内部潜能并产生负面外部效应^[24]。协同理论聚焦于探索复杂系统内各子系统如何通过相互作用实现整体协同效应。尽管系统可能由众多独立单元构成,但这些单元能够借助非线性相互作用形成集体行为,进而推动系统从无序状态向有序状态演化^[25]。耦合协调度则是用于评估多个系统或系统内部要

素在动态演进中协同一致性的量化指标,主要刻画了系统从无序向有序、从低级到高级协同发展的趋势特征^[26]。

产业数字化与绿色发展作为现代经济转型升级的双引擎,两者之间的耦合协调发展水平对经济高质量发展具有直接影响。一方面,产业数字化通过将大数据、人工智能、物联网等先进数字技术与传统产业紧密结合,不仅优化了生产流程、提升了资源利用效率,还显著降低了能源消耗和污染排放,从而为环境绿色化发展提供了强有力的支撑。另一方面,绿色发展对环保的要求,为产业数字化提供了广阔的应用场景和市场需求,进而优化产业结构,为经济高质量发展注入新动力。从指标层面看,产业数字化可划分为基础支撑、要素投入、效能产出三个子系统^[27]。在基础支撑上,互联网的广泛覆盖和信息技术的高速传输让信息传递更加高效,优化了资源分配和能源使用效率,为绿色发展提供了坚实的技术支持^[28]。在要素投入上,相关经费支出为绿色技术的研发和创新提供了必要的资金支持,高素质人力资源的投入加速了绿色技术的开发与推广,促进了清洁能源、节能减排等关键技术的突破与应用^[29]。在能效产出上,创新产品通常具有更高的资源利用效率,能耗的下降直接体现了产业数字化在提升能源效率方面的成效,减少了能源消耗和碳排放。绿色发展则可划分为绿色环境、绿色生产、绿色成果三个子系统。绿色环境的需求驱动了产业数字化的创新与应用,加速了传统产业的数字化转型。绿色生产为产业数字化提出了技术需求,对产业数字化的技术发展起到了重要的推动作用。绿色成果不仅彰显了产业数字化转型的显著成效,也为产业数字化的进一步发展创造了更为有利的条件^[30-32]。

本文基于上述理论基础,构建了“目标导向-体系支撑-路径融合”的三维理论框架(见

图1),阐释双化协同的内生机理与作用路径。在目标层面,双化协同以“效率-环境-价值”三位一体为核心导向。产业数字化通过物联网、人工智能等新一代信息技术提高生产效率,降低生产成本。绿色发展则依托技术进步进一步优化生态环境,提高生活质量。双化协同不仅提升了经济价值,还创造了显著的环境和社会价值。支撑体系层面,基础设施是产业数字化与绿色发展的重要支撑;标准规范建设则为两者深度融合提供了规范指引;构建复合型人才培养体系则为绿色低碳与数字技术领域提供了有力的人才支撑。在实施路径层面,传统产业的数字化升级是实现双化协同的重要基础;技术创新是保障产业数字化与绿色发展协同融合的核心驱动力;政策引导则在融合中提供制度保障与支持,引导资源向重点领域和关键环节集聚。产业升级、技术创新以及政策引导的协同推进,能够有效促进产业数字化与绿色发展的深度融合,是推动两者协同发展的关键路径,将助力社会迈向高质量发展新阶段,为实现“双碳”目标奠定坚实基础。

三、研究方法 with 过程

1. 指标体系构建

根据产业数字化及绿色发展的内涵与特征,同时综合数据的科学性、系统性、可获取性等原则,本部分借鉴相关文献^[33-35],选取认可度较高的指标。指标体系中的相关数据主要来源于2012—2021年度安徽省及16个地级市统计年鉴与统计公报,对于个别年份缺失数据则采用插值法进行补充。指标体系如表1所示。

2. 研究方法

(1) 熵值法

熵值法是一种依据指标数据离散程度确定权重的赋权方法。本研究需对安徽省16个市的产业数字化与绿色发展进行多维度评价,涉

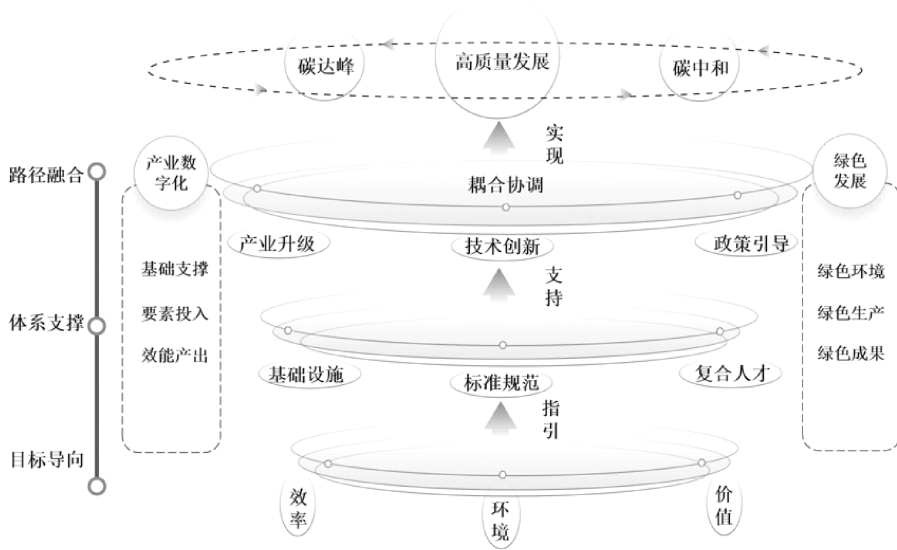


图 1 产业数字化与绿色发展耦合协调理论框架图

表 1 产业数字化与绿色发展水平指标体系

系统层	系统要素	具体指标	单位	属性
产业数字化	产业数字化基础	固定互联网宽带接入用户	万户	+
		移动电话年末用户	万户	+
		财政科技支出	万元	+
	产业数字化投入	规模以上工业企业 R&D 经费支出	万元	+
		研究与试验发展人员折合全时当量	人年	+
	产业数字化效益	新产品销售收入	万元	+
绿色发展	绿色环境	单位地区生产总值能耗	吨标准煤/万元	-
		城市污水处理率	%	+
		空气质量	天	+
	绿色生产	生活垃圾无害化处理率	%	+
		工业取水总量	万立方米	-
		工业用电量	亿千瓦时	-
		工业固体废物综合利用率	%	+
	绿色成果	造林面积	公顷	+
		建成区绿化覆盖率	%	+
		人均公园绿地面积	平方米	+

注：“+”表示正向指标，“-”表示负向指标。

及指标多且数据量较大。熵值法作为客观赋权方法,适用于多指标综合评价,其客观性可确保评价结果的可信度,避免主观赋权法可能带来的人为偏差。具体步骤如下:

第一步:数据标准化。为避免指标单位及方向不同影响结果的准确性,首先对原始数据进行正向化和无量纲化处理。

$$\text{正向指标时, } X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \text{Min}_{ij}}{\text{Max}_{ij} - \text{Min}_{ij}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标时, } X'_{ij} = \frac{\text{Max}_{ij} - X_{ij}}{\text{Max}_{ij} - \text{Min}_{ij}} \quad (2)$$

其中, X_{ij} 与 X'_{ij} ($i=1,2,3 \dots, n; j=1,2,3 \dots, m$) 分别为第 i 个系统的第 j 个指标观测值的原始值和标准化后的值。

第二步:计算指标占比。

$$P_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{i=1}^n X'_{ij}} \quad (3)$$

其中, P_{ij} 表示第*i*个系统的第*j*项指标值的比重。

第三步:计算指标信息熵。

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} \quad (4)$$

其中, E_j 表示各指标的熵值, $\ln P_{ij}$ 表示指标比例的自然对数,令 $K=1/\ln(n)$,当 $P_{ij}=0$ 时,令 $P_{ij} \times \ln P_{ij}=0$ 。

第四步:计算第*j*项指标的差异系数。

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

第五步:计算各项指标的权重。

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (6)$$

第六步:计算各系统综合得分。

$$U_i = \sum_{j=1}^m W_j X'_{ij} \quad (7)$$

(2) 耦合协调度模型

耦合协调度模型适用于分析两个及以上系统间的相互作用关系,可以量化其协调发展水平,清晰呈现系统间从无序到有序的演化过程。具体模型如下:

$$C = 2 \times \frac{U_1 \times U_2}{(U_1 + U_2)^2} \quad (8)$$

$$M = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (9)$$

$$D = \sqrt{C \times M} \quad (10)$$

其中, C 表示产业数字化与绿色发展的耦合度, M 为综合协调指数, D 为耦合协调度, U_1 和 U_2 分别表示产业数字化与绿色发展系统的综合得分。 α 与 β 分别为产业数字化与绿色发展在系统研究中的重要程度,由于两者同等重要,故取 $\alpha=\beta=0.5$ 。耦合度及耦合协调度参考相关文献^[36-37],划分标准如表2所示。

(3) 空间自相关

产业数字化与绿色发展的耦合协调度可能

表2 耦合度及耦合协调度划分标准

耦合度 C	耦合等级	耦合协调度	耦合协调度等级
$0 < C \leq 0.3$	低水平耦合	$0 < D < 0.1$	极度失调
		$0.1 \leq D < 0.3$	中度失调
$0.3 < C \leq 0.5$	拮抗阶段	$0.3 \leq D < 0.5$	轻度失调
$0.5 < C \leq 0.8$	磨合阶段	$0.5 \leq D < 0.6$	勉强协调
		$0.6 \leq D < 0.8$	良好协调
$0.8 < C \leq 1$	高水平耦合	$0.8 \leq D < 1$	优质协调

存在空间上的相关性。全局莫兰指数则能从整体上衡量要素的空间自相关程度,通过单一数值直观反映全局是否存在集聚或离散趋势,公式如下:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (11)$$

其中, I 为全局莫兰指数, X_i 与 X_j 分别为产业数字化与绿色发展水平的耦合协调度, S^2 为方差, W_{ij} 为空间权重矩阵。

全局莫兰指数仅能反映空间上的整体集聚性,局部莫兰指数则用于衡量单个空间单元与其周边单元属性值的关联程度,揭示局部集聚或异质性。因此,需要进一步借助局部莫兰指数展开测度分析,公式如下:

$$I' = \frac{(X_i - \bar{X})}{S^2} \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_j - \bar{X}) \quad (12)$$

四、评价结果与分析

1. 综合水平特征分析

如图2所示,2012—2021年间安徽省产业数字化与绿色发展呈现显著的非均衡特征。绿色发展体系综合得分整体高于产业数字化水平,并呈现波浪式非线性变化趋势。产业数字化综合得分虽整体低于绿色发展水平,但呈现稳步上升态势,并与绿色发展的差距逐步缩小。值得注意的是,2015年后,特别是2019年以来,产业数字化增速显著提升,这与安徽省积极落实国家制造业与互联网融合发展战略,加快

推进制造业数字化转型的政策导向密切相关。

2. 耦合度及耦合协调度特征分析

(1) 产业数字化与绿色发展耦合协调发展分析

根据图2,2012—2021年间,安徽省产业数字化与绿色发展耦合度呈现出“平稳上升—快速上升—缓慢下降—维持稳定”的阶段性变化特征。整体而言,耦合度从2012年的磨合阶段逐步提升至2021年的高水平耦合阶段。这一结果表明,安徽省多数城市在产业数字化与绿色发展两系统之间逐渐形成了趋于一致的变化趋势,并逐步建立起相互依托、协同发展的良性关系。

进一步分析安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调度的动态变化可知,耦合协调度呈现出稳中有进、平稳上升的态势,从初始的轻度失调状态逐步过渡到勉强协调阶段。这一趋势说明两系统良性互动持续加强,协同发展的基础逐渐稳固,为后续实现高质量发展奠定了良好基础。

(2) 产业数字化与绿色发展耦合协调的时空演化分析

为深入研究安徽省产业数字化与绿色发展

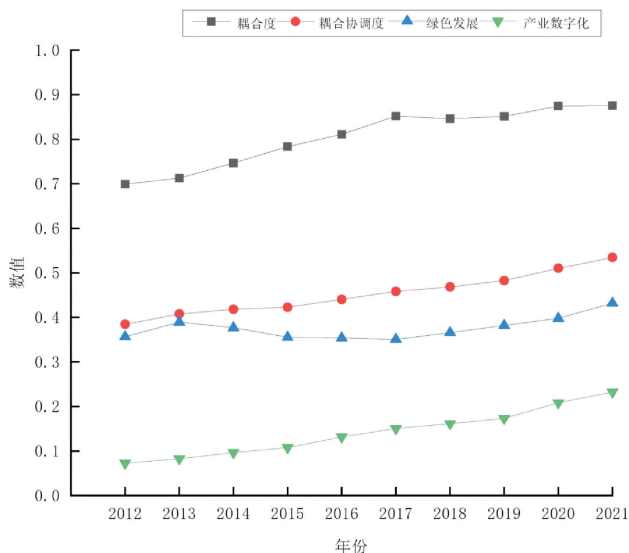


图2 安徽省产业数字化与绿色发展水平及耦合协调变化趋势图

耦合协调度时间演化与空间分布特征,本文选取2012年、2015年、2018年和2021年4个阶段性的截面数据,并利用ArcGIS10.8进行绘图分析,结果如图3所示。

在时间维度上,安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调度呈现显著的阶段性演进特征。2012年,全省总体处于轻度失调阶段,仅合肥达到勉强协调水平,表明区域发展尚处于起步阶段。2015年,所有城市均提升至轻度失调及以上,其中合肥保持勉强协调,马鞍山首次达到勉强协调。2018年,区域分化进一步显著,合肥跃升至良好协调,芜湖达到勉强协调,但多数城市仍处于轻度失调阶段,区域发展不平衡问题依然突出。2021年,全省耦合协调度较2015年提升14.11%,近半数城市升至勉强协调,马鞍山、芜湖两市达到良好协调,但淮北、亳州等6市仍处于轻度失调阶段,区域差距持续存在。这一演变与安徽省将产业数字化与绿色发展纳入战略重点并通过实施资金扶持、税收减免等配套政策密切相关,有效推动了区域耦合协调水平的整体提升。

在空间维度上,安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调度呈现出明显的核心-边缘结构,具体表现为“中心高,四周低”的空间分布格局,呈现出由中心向四周阶梯式递减形态。研究显示,该区域形成了以合肥为主中心,马鞍山与芜湖相继成为次中心的空间结构,其空间演化经历了由“单中心”向“单中心-单支点”,最终发展为“单中心-双支点”的阶段性演进过程,构建起以合肥-马鞍山-芜湖为轴心的放射状空间网络。此种空间分布特征的形成与各市经济发展基础、政策扶持力度和数字人才集聚等关键因素密切相关。合肥凭借其省会优势,在科技创新和政策资源方面取得显著突破,并通过空间溢出效应辐射周边区域。马鞍山和芜湖则依托地理邻近性和产业协同性实现快速发

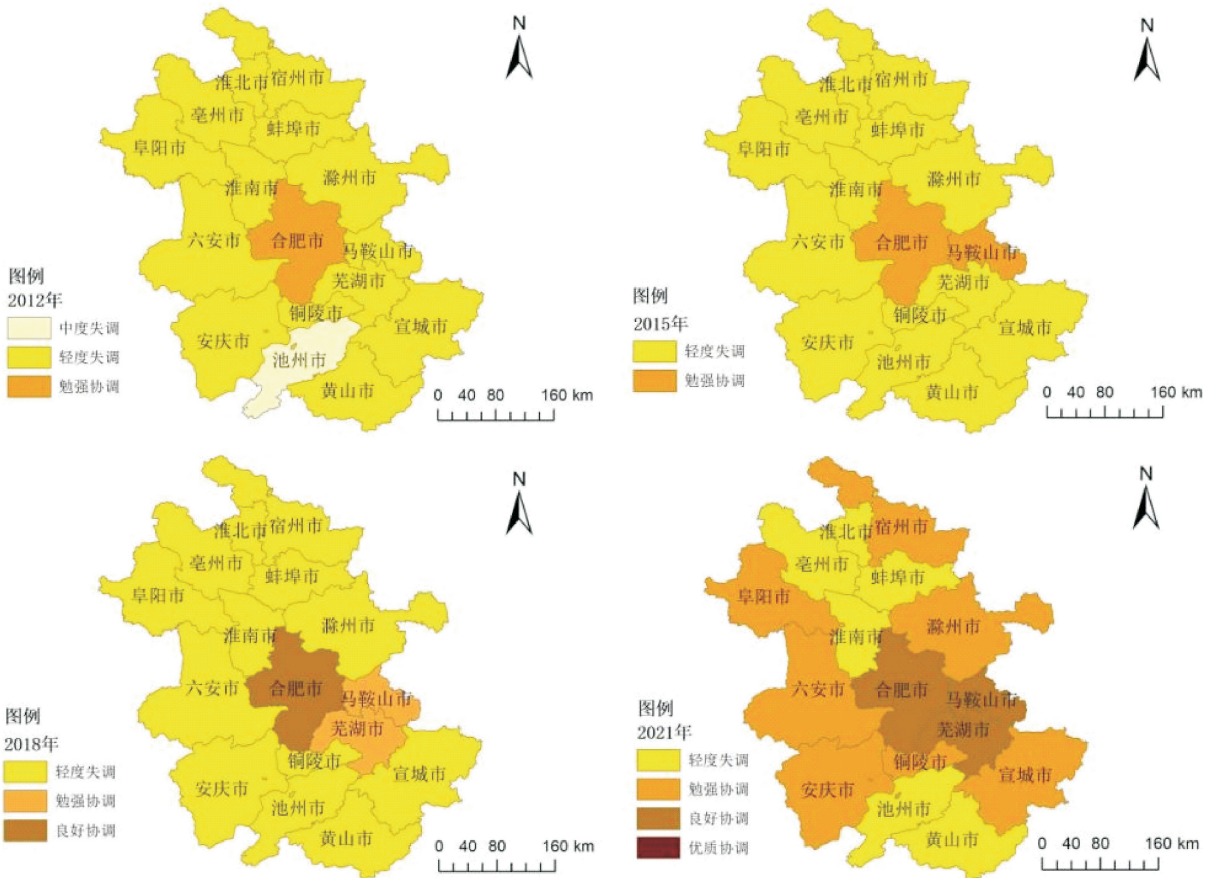


图3 安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调度空间演变格局

展。相比之下,外围区域受限于经济基础薄弱、政策支持不足和人才储备匮乏等因素,发展相对滞后,导致区域间呈现显著的空间梯度差异。

3. 产业数字化与绿色发展耦合协调度的空间聚类特征

(1) 全局自相关

为进一步分析安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调度的空间自相关性,本文测算了两系统的全局莫兰指数(见表3)。结果显示,4个年份的莫兰指数均为正数,且通过1%的显著性水平检验,表明安徽省产业数字化与绿色发展的耦合协调水平具有显著空间正相关性,即高值区域与低值区域各自集聚。然而,全局莫兰指数均未超过0.5,表明空间相关性较弱,即当前安徽省两大系统的空间协同仍停留在初级阶段的邻近传导,尚未形成跨区域的深度

联动。

(2) 局部自相关

全局自相关主要是从整体上反映空间的相关性,未能反映局部地区的空间关联。因此,本文利用莫兰散点图进行局部空间自相关分析。

以2021年为例,对安徽省各市产业数字化与绿色发展的耦合协调度进行局部空间相关性分析,研究结果如图4所示。多数城市集中于第一象限和第三象限,表明耦合协调度在空间上呈显著正相关。具体而言,合肥、芜湖、马鞍山、滁州和六安5市表现出“高-高”(HH)空间集聚特征,这些城市及其邻近地区均处于耦合协调度的高值区域,形成了明显的空间正向溢出效应。蚌埠、淮北、黄山、阜阳、宿州和亳州6市则表现出“低-低”(LL)空间集聚特征,构成低值连片区域。

表3 产业数字化与绿色发展
耦合协调度的全局莫兰指数及检验

年份	I	z	P 值*
2012	0.299	2.592	0.005
2015	0.427	3.504	0.000
2018	0.367	3.200	0.001
2021	0.292	2.707	0.007

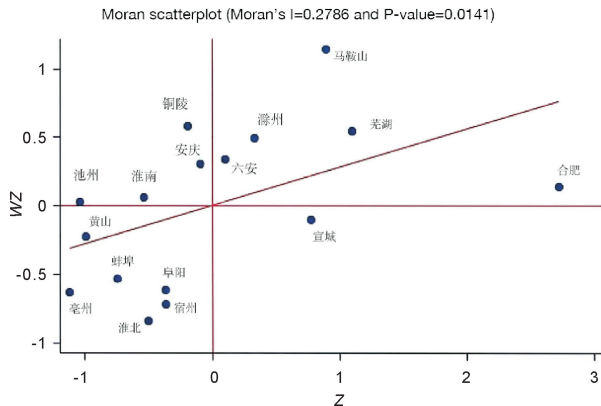


图4 2021年安徽省产业数字化与
绿色发展耦合协调度莫兰散点图

此外,淮南、铜陵、安庆和池州4市处于第二象限,属于“低-高”(LH)集聚类型,表明这些城市自身耦合协调度相对较低,但其空间邻域却处于高值水平;宣城市位于第四象限,表现出“高-低”(HL)空间关联特征,即自身耦合协调度较高,但其周边城市处于较低水平。上述格局反映出安徽省各市在产业数字化与绿色发展耦合协调水平上的空间异质性。

五、结论与建议

1. 结论

本文基于2012—2021年安徽省16个地级市面板数据,综合运用熵值法、耦合协调度模型及空间自相关分析,揭示了产业数字化与绿色发展耦合协调的时空演变规律及其空间关联特征。具体结论如下:(1)研究周期内,安徽省产业数字化与绿色发展综合得分整体呈上升趋势。产业数字化综合得分长期滞后于绿色发展

体系,但时序维度上差距逐年收敛。(2)全省产业数字化与绿色发展耦合度由最初的磨合阶段上升至后期的高水平耦合阶段。截至2021年,除淮南、池州仍处于磨合阶段,其余14市均实现高水平耦合,表明省内多数城市两系统交互作用持续增强。(3)耦合协调度时序演变呈现单调递增趋势,整体水平由轻度失调升至勉强协调。截至2021年,空间格局呈现三级梯度分化:合肥、马鞍山、芜湖3市构成中南部核心区,达到良好协调水平;东西部城市群形成勉强协调过渡带;南北部边缘区仍处于轻度失调状态,整体呈现“中南部核心区—东西部过渡带—南北边缘区”的圈层式空间分布格局。(4)耦合协调度在空间上呈现正相关性,但空间关联强度较弱。局部空间自相关主要表现为“高-高”(HH)或“低-低”(LL)集聚类型,整体尚未形成全域协同发展格局。

2. 建议

提高产业数字化与绿色发展的耦合协调度,实质是促进经济与环境的协调发展,为落实“双碳”目标,现基于前文分析并结合安徽省实际情况,提出如下建议:

其一,构建绿色城市示范发展范式,激活城市转型动能。安徽省政府可将宣城、池州等绿色发展体系综合得分增幅显著的城市建设成为全省绿色城市示范点。围绕两市在生态保护、低碳产业等优势领域,制定可复制的示范标准,明确空气质量优良率、再生资源利用率等具体指标,确保标准可落地、可考核。同时安徽省政府可设立省级专项资金,构建激励机制,对主动借鉴示范标准且年度绿色发展指标提升率较高的城市给予专项资金支持,以有效激发省内其他城市绿色转型的内生动力。

其二,核心城市赋能边缘区域产业数字化转型。产业数字化转型作为系统性长期工程,

安徽省内南北部边缘城市的高效推进需依赖核心城市在技术研发、成果转化等方面的支撑。安徽省政府可以核心城市(合肥、芜湖、马鞍山)的数字技术研发中心为支点,建立跨区域技术共享平台,推动人工智能、工业互联网等数字工具向周边城市的传统产业集聚区渗透;同时搭建人才交流机制,定向引进关联企业并输送数字化专业人才,破解边缘城市传统产业的技术与人才瓶颈问题。

其三,多元主体协同助力产业数字化与绿色发展耦合协调。随着安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调度不断提升,迈向良好协调阶段不仅需要政府层面发挥引导与推动作用,亦需企业与个人多方主体积极参与。企业作为核心主体,应加大数字技术投入,研发或引进适配技术,并探索其在产品创新中的应用,实现减排与增效双赢目标;个人作为微观主体,可优先选择经数字化认证的绿色产品,以消费偏好推动企业将数字技术融入绿色生产。通过多元主体协同,形成数字化绿色生产生活方式,推动数字经济与绿色发展深度融合。

参考文献:

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗 在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[M]. 北京:人民出版社,2022:23.
- [2] 中国信息通信研究院. 中国数字经济发展研究报告(2024年)[EB/OL]. (2024-08-27)[2024-12-25]. http://www.caiet.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202408/t20240827_491581.htm.
- [3] 祝合良,王春娟.“双循环”新发展格局战略背景下产业数字化转型:理论与对策[J]. 财贸经济,2021,42(3):14-27.
- [4] 付雅梅,任保平. 中国产业数字化的理论逻辑、特征事实及突破路径[J]. 经济体制改革,2024(6):5-13.
- [5] Carlota P. Technological revolutions and techno-

- economic paradigm [J]. Cambridge Journal of Economics,2010,34(1):185-202.
- [6] 肖旭,戚聿东. 产业数字化转型的价值维度与理论逻辑[J]. 改革,2019(8):61-70.
- [7] Adner R. Match your innovation strategy to your innovation system[J]. Harvard Business Review,2006,84(4):98-107.
- [8] Hallegatte S. An exploration of the link between development, economic growth, and natural risk [J]. Policy Research Working Paper Series,2012,1(3):1-27.
- [9] 韩永楠,葛鹏飞,周伯乐. 中国市域技术创新与绿色发展耦合协调演变分异[J]. 经济地理,2021,41(6):12-19.
- [10] 李旭辉,王经纬. 共同富裕目标下中国城乡建设绿色发展的区域差距及影响因素[J]. 自然资源学报,2023,38(2):419-441.
- [11] 曾刚,胡森林. 技术创新对黄河流域城市绿色发展的影响研究[J]. 地理科学,2021,41(8):1314-1323.
- [12] Davies R A, Donald B, Gray M, et al. Sharing economies: Moving beyond binaries in a digital age [J]. Cambridge Journal of Regions Economy and Society,2017,10(2):209-230.
- [13] 李明月. 数字化转型对中国国有企业高质量发展的影响研究[D]. 长春:吉林大学,2023:61.
- [14] Chen J D, Gao M, Cheng S L, et al. County-level CO₂ emissions and sequestration in China during 1997—2017[J]. Scientific Data,2020(7):1-12.
- [15] 韩晶,陈曦. 数字经济赋能绿色发展:内在机制与经验证据[J]. 经济社会体制比较,2022(2):73-84.
- [16] 王婧,杜广杰. 中国城市绿色创新空间关联网及其影响效应[J]. 中国人口·资源与环境,2021,31(5):21-27.
- [17] 王琳,陈梦媛,牛璐. 企业绿色创新路径构建及动态演化研究[J]. 中国软科学,2021(3):141-154.
- [18] 于法稳,林珊.“双碳”目标下企业绿色转型发展的促进策略[J]. 改革,2022(2):144-155.
- [19] 王馨,王莹. 绿色信贷政策增进绿色创新研究[J]. 管理世界,2021(6):173-188.
- [20] Liu Z, Tang Y, Wilson J, et al. Influence of government attention on environmental quality: an a-

- analysis of 30 provinces in China[J]. Environmental Impact Assessment Review, 2023, 100:107084.
- [21] 程刚,刘昊昱. 中国数字化与绿色化耦合协调发展的演变特征研究[J]. 河北工程大学学报(社会科学版), 2024, 41(2):36-46.
- [22] 尚英仕,刘曙光. 中国东部沿海三大城市群的科技创新与绿色发展耦合协调关系[J]. 科技管理研究, 2021, 41(14):46-55.
- [23] 曾彬绮,曾顺洋,肖维鸽. 长三角产业数字化与高质量发展测度与耦合协调研究[J]. 经营与管理, 2024(7):233-240.
- [24] 郝智娟,文琦,施琳娜,等. 黄河流域城市群社会经济与生态环境耦合协调空间网络分析[J]. 经济地理, 2023, 43(12):181-191.
- [25] 朱媛媛,汪紫薇,罗静,等. 中国中部重点农区新型城镇化与粮食安全耦合协调发展研究:以河南省为例[J]. 地理科学, 2021, 41(11):1947-1958.
- [26] 吴儒练. 旅游业高质量发展与乡村振兴耦合协调测度、演化及空间效应研究[D]. 南昌:江西财经大学, 2022:39.
- [27] 王彬燕,田俊峰,程利莎,等. 中国数字经济空间分异及影响因素[J]. 地理科学, 2018, 38(6):859-868.
- [28] 徐维祥,周建平,刘程军. 数字经济发展对城市碳排放影响的空间效应[J]. 地理研究, 2022, 41(1):111-129.
- [29] 何琨玟,张文彬,张楠. 数智赋能与中国节能降碳效率:机制与效应[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2025, 25(1):82-99.
- [30] 周茜. 数字经济对制造业绿色发展的影响与机制研究[J]. 南京社会科学, 2023(11):67-78.
- [31] Yang X, Xu Y, Razza Q A, et al. Roadmap to achieving sustainable development: does digital economy matter in industrial green transformation? [J]. Sustainable Development, 2024, 32(3):2583-2599.
- [32] Zhong M R, Cao M Y, Zou H. The carbon reduction effect of ICT: a perspective of factor substitution [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2022, 181:121754.
- [33] 许晓冬,秦续天,刘金晶. 新发展格局下我国区域绿色技术创新能力评价研究[J]. 价格理论与实践, 2022(3):165-168, 205.
- [34] 杨千龙,陈慧媛,文琦. 黄河上游地区市域数字经济与绿色发展耦合协调度及提升路径[J]. 经济地理, 2024, 44(5):22-32.
- [35] 薛贺香. “双碳”背景下制造业数字化转型与绿色发展耦合协调研究[J]. 区域经济评论, 2023(3):101-110.
- [36] 宋宝琳. 数字经济与高质量发展耦合度的时空演化及驱动因素[J]. 河北大学学报(哲学社会科学版), 2024, 49(1):147-160.
- [37] 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.

[责任编辑:刘凤霞 梁文化]



引用格式:沈翩翩,龙海. “双碳”目标下安徽省产业数字化与绿色发展耦合协调时空演化分析[J]. 郑州轻工业大学学报(社会科学版), 2026, 27(4):37-46.