

数字经济对江苏城市绿色高质量发展的影响研究

——基于有调节的中介效应模型

季爽, 王若雨菡

江苏大学财经学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2024年9月12日; 录用日期: 2024年9月29日; 发布日期: 2024年11月11日

摘要

新发展阶段下, 数字经济作为经济社会发展的新动能, 对推动城市绿色高质量发展起着重要作用。本文基于2016~2023年江苏省13个地级市的面板数据, 使用熵值法测度各城市数字经济指数及绿色高质量发展指数, 运用双固定效应模型、中介效应模型、调节效应模型等方法实证检验数字经济对江苏城市绿色高质量发展的影响及路径。研究发现: 数字经济对城市绿色高质量发展具有显著的带动作用; 数字经济能够通过提高科技创新水平促进城市绿色高质量发展; 绿色创新在科技创新对绿色高质量发展影响中起正向调节作用; 数字经济对城市绿色高质量发展存在显著的分区域、分水平、分指标异质性效应。基于以上结论, 本文认为企业政府及相关部门应积极推动数字经济基础设施建设, 同时应实施区域发展战略, 以促进区域间协同发展。除此以外, 还需重视绿色创新这一调节机制、科技创新这一中介机制, 推动数字经济赋能城市绿色高质量发展。

关键词

数字经济, 绿色高质量发展, 科技创新, 绿色创新

Research on the Impact of Digital Economy on the Green and High Quality Development of Jiangsu Cities

—Based on the Mediated Effect Model

Shuang Ji, Ruoyuhan Wang

School of Finance and Economics, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

Received: Sep. 12th, 2024; accepted: Sep. 29th, 2024; published: Nov. 11th, 2024

Abstract

In the new development stage, digital economy, as a new kinetic energy of economic and social development, plays an important role in promoting the green and high-quality development of cities. Based on the panel data of 13 prefecture-level cities in Jiangsu Province from 2016 to 2023, this paper uses entropy method to measure the digital economy index and green high-quality development index of each city, and empirically tests the influence and path of digital economy on green high-quality development of Jiangsu cities by using the methods of double fixed effect model, intermediary effect model and adjustment effect model. It is found that the digital economy plays a significant role in promoting the green and high-quality development of cities; digital economy can promote the green and high-quality development of cities by improving the level of scientific and technological innovation; green innovation plays a positive regulatory role in the influence of scientific and technological innovation on green and high-quality development; the digital economy has significant heterogeneous effects on the green and high-quality development of cities in different regions, levels and indicators. Based on the above conclusions, this paper holds that enterprise governments and relevant departments should actively promote the infrastructure construction of digital economy, and at the same time implement regional development strategies to promote coordinated development among regions. In addition, we need to pay attention to the adjustment mechanism of green innovation and the intermediary mechanism of scientific and technological innovation, so as to promote the green and high-quality development of digital economy.

Keywords

Digital Economy, Green Quality Development, Scientific and Technological Innovation, Green Innovation

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

改革开放以来,我国经济取得了举世瞩目的成就。然而,在大力发展经济的同时,也产生了一系列环境和能源消耗的问题。2021年,中国碳排放总量达到105.23亿吨,比2020年上涨5.21%;能源消费总量高达52.4亿吨标准煤,比2020年增长5.2%。面对日益严峻的资源环境问题,走绿色高质量发展之路是改善区域环境质量、建设美丽中国的关键[1]。十八届五中全会首次提出绿色发展理念,进入新发展阶段,“十四五规划”再次强调了绿色发展在我国现代化建设全局中的战略地位,党的二十大报告中提出,要加快发展方式绿色转型,推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式。近年来,我国高度重视数字经济的发展,在“十四五规划”中提出加快建设数字经济、加强关键数字技术创新应用、加快推动数字产业化,推进产业数字化转型、并把数字经济核心产业增加值占GDP的比重作为“十四五时期”经济社会发展的主要指标之一。作为我国重要的战略性新兴产业,数字经济已成为推动地区实现绿色化转型的重要力量,是区域推进科技创新、培育新的增长点、发展形成新动能、实现绿色发展的重要机遇[2]。

江苏省是经济强省,是我国第二大经济体,同时也是碳排放与能源消耗大省。2021年,江苏省数字经济规模超5.1万亿元,位居全国第二。近年来,江苏先后出台了发展互联网经济、大数据、人工智能、工业互联网等一系列政策,推动增长方式从要素驱动向创新驱动转变,呈现出数字新基建全面推进,新业态、

新模式日益成熟, 数据流通服务创新加快, 数字化治理走向深入等发展趋势[3]。江苏省大力推动高质量发展, 但在这过程中也发现一系列问题, 例如生态环境仍然是高质量发展的短板、环境风险依然突出、生态文明制度还需进一步改革等。绿色是实现高质量发展的必然要求, 江苏省应以数字经济作为推动绿色高质量发展的新引擎, 应该发挥先行示范作用, 把数字经济推动绿色高质量发展的成功经验传授给其他省份。

为验证数字经济对江苏城市绿色高质量发展是否有促进作用以及数字经济影响江苏城市绿色高质量发展的方式或路径主要有哪些, 本文基于江苏省 2016~2023 年 13 个地级市的面板数据研究数字经济与绿色高质量发展的关系, 利用双固定效应模型、中介效应模型及调节效应模型, 实证分析数字经济对江苏城市绿色高质量发展的影响及路径, 最后提出相应的政策建议, 以期为中国政府发展数字经济、全面推动绿色转型、实现“双碳”目标提供科学依据, 为数字经济驱动绿色高质量发展提供更为充分的理论指导。

2. 文献回顾

2.1. 数字经济：内涵与测度方法

随着大数据、云计算等数字技术的高速发展, 我国数字经济发展势头迅猛。2021 年中国信通院发布的《中国数字经济发展白皮书》显示, 2020 年我国数字经济的规模达到 39.2 万亿元, 在 GDP 中的占比达到了 38.6%。最早提出数字经济概念的是 TapScott [4], 他认为数字经济是经济的新形态, 是知识经济的一种。Nitescu [5]认为数字经济由生产者与消费者在新型分销网络下、使用新的资金创造出的电子商务市场。祝合良和王春娟[6]认为数字经济包括数字产业化和产业数字化, 这两个方面的深入发展是中国国民经济发展的重要支撑。黄健中认为数字经济发展是数据要素不断参与传统资本、劳动、土地、信息、技术等生产要素重新优化组合形成新产品和新服务的过程[7]。针对数字经济的测度方法, 李晓钟和吴甲戌[8]构建了数字经济发展水平和产业结构转型升级水平为一级指标, 数字经济基础设施水平、数字经济应用水平等二级指标的指标体系, 采用动态多指标评价方法评估数字经济动态发展水平。李慧泉等[9]构建的数字经济的测度的一级指标包括产业数字化、数字产业化和数字金融水平等, 使用主成分分析法对各类数据进行分析, 来测度数字经济发展水平。

2.2. 数字经济推动城市绿色高质量发展的内在机制

现有文献探究数字经济和城市绿色高质量发展关系的较少, 大部分只集中于研究数字经济与绿色高质量发展某一方面的关系。例如李金克等[10]对数字经济和绿色竞争力的关系展开了实证探究, 运用 SBM-GML 模型对近 50 家上市企业的绿色竞争力进行了测度, 指出数字经济发展推动大数据技术完善, 刺激企业绿色竞争能力的提升。利用大数据技术, 工业资源利用率得到提高, 推动生态绿色生产社会的构建[11]。云计算、物联网等大数据技术的创新发展推动数字经济在一定空间范围内的传播转移和扩散, 使得城市间的经济交易更加便利化。在推动企业绿色创新方面, 随着数字经济的发展, 企业融资约束有所缓解, 内部治理水平得到提升, 企业本身的绿色创新能力得到增强[12]。在推动绿色经济发展方面, 胡士华等[13]认为数字产业化为绿色产业化打造了新的理念、路径和模式。数字发展观又衍生了绿色发展观, 因而阐明了绿色经济的完整体系。Zhang 等[14]发现产业结构与技术创新是数字经济促进绿色经济发展的重要渠道。韩晶等[15]指出数字经济作为一种新的要素被纳入了生产要素体系, 为绿色发展打牢了坚实的基础。Tian 等[16]指出, 数字技术充分赋能了金融业的转型升级, 推动了传统金融业向绿色金融发展。Thanh [17]发现数字公共服务发展水平越高, 绿色商品出口额也就越高, 且存在长期协整的关系。2020 年我国明确提出了“碳达峰”“碳中和”目标, 双碳政策的提出引发了很多学者对数字经济与绿色高质量发展融入新政策的讨论与思考。史丹和孙光林认为促进绿色发展要使制造业突破“低端锁定”, 要大力发展服务型制造业, 而技术创新却是产业融合的必然结果, 也是绿色发展的核心动力[18]。

综上所述, 现有文献对数字经济与城市绿色高质量发展已经有了许多有价值的探讨和研究, 但仍有可补充之处。鉴于此, 本文将从以下几方面进行创新: 第一, 本文不同于现有文献基于绿色全要素生产率衡量的绿色高质量发展, 而是创新性地构建绿色高质量发展指标体系, 包括经济活力、社会民生等多方面的一级指标; 绿色生活、环境治理等更具体的二级指标; 三级指标也更为细化。第二, 本文创新性地引入绿色创新这一调节变量, 说明了它在科技创新和绿色高质量发展中的调节作用。

3. 理论分析与研究假说

随着数字经济的发展, 数字技术已经融合到社会发展的各个方面, 深刻影响着城市的经济发展。城市之间的合作更加便利化, 城市之间可以依托数字技术建立虚拟数字平台进行互动交流合作, 打破了之前的地域隔离限制。企业也在数字经济发展的背景下建立起了绿色发展机制, 依托大数据技术, 企业对能源的使用和损耗减少, 对环境的污染排放减少, 为城市绿色发展打好了坚实的基础。大数据技术的应用下, 环境污染排放也能被更具体更实时地被监测到, 相应政府和监管局能够及时应对给出解决政策, 提高城市绿色经济发展效率。数字技术发展衍生出来的一系列产业对传统产业造成巨大冲击, 它们在倒逼下进行产业结构的改变和升级, 为城市绿色经济发展做出巨大贡献。总之, 数字经济的发展对城市绿色经济高质量发展有着明显的推动作用, 鉴于此, 本文提出以下假设:

假设 1: 数字经济对城市绿色高质量发展具有显著的促进作用。

大力推动创新是刺激发展的核心思路。科学技术创新是在当前资源背景下实现城市绿色高质量发展的根本途径。数字经济的发展伴随云计算、物联网等大数据技术的广泛应用, 整个生产社会的创新水平得到提升, 又由于数字技术的共用性特点, 大多数研发机构可以利用数字技术进行更深一步的创新与应用。再者, 数字技术本身就具有绿色的属性, 它的应用使得资源配置得到优化, 效率得到提升, 对能源的消耗也减少, 污染排放会降低, 同时刺激共享交通、废弃物回收等绿色循环模式的持续开发。数字技术的应用强调信息的融合和互通, 创新主体之间的信息交流增强, 整合信息的渠道也能得到拓展, 推动绿色技术的创新。数字经济也使得用户行为数据化、可视化, 降低了企业获取信息的成本, 对产品的创新决策更新为数据驱动, 提升了企业的创新能力, 推动绿色创新发展。数字技术通过科技创新促进城市绿色高质量发展, 鉴于此, 本文提出如下假设:

假设 2: 数字经济能够通过提升科技创新水平来促进城市绿色高质量发展。

绿色创新是在考虑当前环境负担的条件下, 应用新理念和新技术, 采用新环保和低碳材料的新型技术创新产出。绿色创新意味着企业对高污染高耗能资源的应用减少, 意味着支持环保节能项目资金的大量流入, 企业扩大再生产的能力得到提升, 大量支持资金投入科技创新领域, 进而推动城市绿色经济的高质量发展。相反, 若绿色创新不足, 给环境施加的压力加大, 背离党的十八大提出的“生态文明建设”, 在环境监管的压力下, 企业不进行绿色创新的机会成本和合规成本也会增加, 导致其对科技创新投资力度减弱, 抑制城市绿色高质量发展。总之, 绿色创新能正向调节科技创新和城市绿色高质量发展之间的关系, 鉴于此, 本文提出如下假设:

假设 3: 绿色创新在科技创新对绿色高质量发展影响中起正向调节作用。

4. 研究设计

4.1. 模型设定

4.1.1. 基准回归模型

为验证上文假设, 首先使用双固定效应模型来研究数字经济对城市绿色高质量发展的影响, 设定基准模型(1):

$$GreenHD_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 DE_{it} + \sum \alpha_j Control + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 表示省份, t 表示年份, $GreenHD_{it}$ 表示城市 i 在 t 时期的绿色高质量发展指数, DE_{it} 表示城市 i 在 t 时期的数字经济指数, λ_i 、 μ_t 分别表示个体固定效应和时间固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。

4.1.2. 中介效应模型

模型(1)反映了数字经济对绿色高质量发展的直接影响机制, 为了检验数字经济是否能够通过科技创新水平的提升来促进绿色高质量发展, 引入中介变量科技创新 $Science$, 构建中介效应模型如下:

$$GreenHD_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 DE_{it} + \sum \alpha_j Control + \lambda_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$Science_{it} = \gamma_1 + \gamma_2 DE_{it} + \sum \gamma_j Control + \lambda_i + \mu_t + \eta_{it} \quad (3)$$

$$GreenHD_{it} = \delta_1 + \delta_2 DE_{it} + \delta_3 Science_{it} + \sum \delta_j Control + \lambda_i + \mu_t + \omega_{it} \quad (4)$$

其中, ε_{it} 、 η_{it} 、 ω_{it} 均为随机扰动项, $Science$ 表示科技创新, 其他变量含义与模型(1)相同。

4.1.3. 调节效应模型

为检验绿色创新是否对科技创新与绿色高质量发展起调节作用, 引入调节变量绿色创新 $\ln GreenInn$, 构建调节效应模型如下:

$$GreenHD_{it} = \beta_1 + \beta_2 Science_{it} + \sum \beta_j Control + \lambda_i + \mu_t + v_{it} \quad (5)$$

$$GreenHD_{it} = \varphi_1 + \varphi_2 Science_{it} + \varphi_3 \ln GreenInn + \varphi_4 Science * GreenInn + \sum \varphi_j Control + \lambda_i + \mu_t + \tau_{it} \quad (6)$$

其中, v_{it} 、 τ_{it} 为随机扰动项, $\ln GreenInn$ 表示绿色创新, 其他变量含义与模型(1)相同。

4.2. 数据来源与变量说明

本文以江苏省 13 个地级市 2016~2023 年的面板数据为研究样本, 数据来源于《中国城市统计年鉴》《江苏统计年鉴》以及各城市统计年鉴, 少量缺失数据以插值法补齐。

4.2.1. 被解释变量

绿色高质量发展($GreenHD$)是本文的被解释变量, 依据绿色高质量发展的内涵, 坚持系统性、科学性、全面性的评价原则, 结合杨新梅等[19]、邹磊等[20]的研究, 从经济活力、社会民生、生态环境和绿色生产四个方面构建了绿色高质量发展指标体系, 并使用熵值法进行测度, 具体指标及权重见表 1。

Table 1. Green high-quality development index system and its weight

表 1. 绿色高质量发展指标体系及权重

一级指标	二级指标	三级指标	方向	权重
经济活力	经济增长	人均 GDP	+	0.05357
		城市常住居民人均可支配收入(元)	+	0.03982
		GDP 增长率(%)	+	0.01665
	产业结构	产业结构合理化(二、三产业产值占总产值比重)	+	0.05552
		产业结构高级化(第三产业 GDP/第二产业 GDP)	+	0.05692
		第三产业从业人数占比	+	0.04371

续表

		环卫机械(辆)	+	0.12639
	绿色生活	每万人拥有公共交通工具(标台)	+	0.03027
社会民生		人均道路面积(平方米)	+	0.04934
		年末城镇登记失业人员数(人)	-	0.07988
	社会保障	卫生, 社会保障和社会福利业从业人员数(万人)	+	0.08216
		教育从业人员数(万人)	+	0.02911
生态环境		建成区绿化覆盖率(%)	+	0.18142
	生态保护	园林绿化面积(公顷)	+	0.02172
		人均公园绿地面积(平方米)	+	0.01210
		生活垃圾无害化处理率(%)	+	0.00909
	环境治理	污水处理率(%)	+	0.00718
		工业烟(粉)尘排放量和工业固体废物综合利用率(%)	+	0.04936
绿色生产		工业废水排放量(万吨)	-	0.00281
	污染排放	工业氮氧化物排放量(吨)	-	0.00999
		工业烟(粉)尘排放量(吨)	-	0.01470
		水资源总量(亿立方米)	+	0.01517
	资源利用	液化石油气供气总量(吨)/GDP(亿元)	-	0.00882
		工业用电量(亿千瓦时)/GDP(亿元)	-	0.00433

4.2.2. 核心解释变量

本文以数字经济(DE)作为核心解释变量。近年来, 随着数字经济的飞速发展, 构建指标体系衡量数字经济发展情况已成为普遍做法。但受限于量化指标数据的获取情况, 已有研究多从省级层面展开且尚未形成权威统一的测度体系, 从地级市展开的相关研究较少。鉴于此, 本文综合考虑数字经济内涵以及数据的可获得性, 从数字基础设施与数字化应用两个层面构建了城市层面的数字经济指标体系, 同样使用熵值法进行测度, 具体指标及权重见表 2。

Table 2. Digital economy indicator system and weights

表 2. 数字经济指标体系及权重

一级指标	二级指标	三级指标	方向	权重
	互联网基础设施	互联网宽带接入用户数	+	0.05357
数字基础设施		移动电话用户数	+	0.03982
		固定电话用户数	+	0.01665
	通信业基础设施	移动电话普及率	+	0.05552
		固定电话普及率	+	0.05692

续表

	信息传输、软件和信息技术服务业增加值	+	0.04371
软件和信息技术服务业	信息传输、软件和信息技术服务业就业人员	+	0.12639
	信息传输、软件和信息技术服务业贷款额	+	0.03027
	城镇常住居民家庭交通通信支出	+	0.04934
通信业	农村常住居民家庭交通通信支出	+	0.07988
	快递数	+	0.08216
	计算机台数	+	0.02911
数字化应用	计算机、通信和其他电子设备制造业总产值	+	0.18142
电子信息业	电子阅览室终端数	+	0.02172
	电信业务总量	+	0.01210
	电信业务收入	+	0.00909
	邮政业务总量	+	0.00718
	邮政业务收入	+	0.04936

4.2.3. 控制变量

考虑到影响城市绿色高质量发展的因素较多, 本文进一步控制了影响城市绿色高质量发展的相关变量, 包括城市发展(*City*)、人口规模(*lnPopulation*)、金融发展水平(*Finance*)、对外开放(*lnFDI*)、城镇化水平(*Urbanization*)、市场自由度(*Market*)。其中城市发展水平以各城市 GDP 占江苏省 GDP 总量衡量; 人口规模以各城市常住人口的对数表示; 金融发展水平以各城市金融机构贷款余额占 GDP 比重测度; 对外开放以各城市实际利用外商直接投资额的对数衡量; 城镇化水平以城镇化率表征; 市场自由度以城市 GDP 与公共预算支出的差额占 GDP 比重测度。

4.2.4. 中介变量

本文以科技创新(*Science*)作为中介变量。科技创新常以专利授权量和专利申请量衡量, 但由于内生的技术进步依赖于科技投入, 研发投入强度愈大, 对先进技术的消化吸收能力也就愈强。鉴于此, 本文采用科技支出占财政支出的比例来衡量城市科技创新能力。

4.2.5. 调节变量

本文以绿色创新(*lnGreenInn*)作为调节变量。本文以绿色发明专利个数衡量各城市绿色创新水平。

5. 实证结果与分析

5.1. 基准回归

通过豪斯曼检验发现, 使用固定效应模型效果更好, 建立如表 3 所示的基准回归模型。列(1)将数字经济变量纳入模型, 并同时控制了时间效应与个体效应; 列(2)将数字经济变量以及各控制变量纳入模型, 但尚未控制时间效应与个体效应; 列(3)在列(2)的基础上控制了时间效应与个体效应。列(1)至列(3), 模型拟合优度不断提高, 且数字经济指数的估计系数始终在 1% 的水平下显著为正, 表明数字经济对城市绿色高质量发展具有显著的促进作用, 假设 1 得到了验证。

控制变量回归结果与预期基本一致。列(3)显示, 城市发展水平(*City*)与金融发展水平(*Finance*)的估计系数在 1%的水平下显著为正; 外商直接投资(*lnFDI*)与城镇化水平(*Urbanization*)的估计系数在 5%的水平下显著为正, 说明城市经济发展、金融发展、对外开放以及城镇化发展均能显著提升当地绿色高质量发展水平, 而市场自由度(*Market*)对地区绿色高质量发展的促进作用并不显著。常住人口数(*lnPopulation*)的估计系数在 10%的水平下显著为负, 说明人口数量对绿色高质量发展具有一定负面影响。

Table 3. Regression results
表 3. 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
<i>DE</i>	0.394*** (10.17)	0.361*** (6.02)	0.462*** (9.69)
<i>City</i>		-0.665*** (-3.25)	0.530*** (3.51)
<i>lnPopulation</i>		0.109*** (6.44)	-0.116* (-1.99)
<i>Finance</i>		0.0778*** (5.62)	0.0684*** (4.07)
<i>lnFDI</i>		-0.0166** (-2.10)	0.0119** (2.14)
<i>Urbanization</i>		0.722*** (7.42)	0.302** (2.16)
<i>Market</i>		0.399*** (4.71)	0.0831 (1.44)
常数项	0.231*** (39.07)	-1.201*** (-7.46)	0.580 (1.65)
城市固定	是	否	是
时间固定	是	否	是
R ²	0.950	0.955	0.964

注: ***, **, *分别表示在 1%、5%、10%水平下显著, 括号内数据为 t 统计量, 下同。

5.2. 稳健性检验

为进一步证实实证结果的可靠性, 本文进行了内生性检验与稳健性检验, 检验结果见表 4。

5.2.1. 内生性检验

尽管本文尽可能控制了影响城市绿色高质量发展的变量, 但其仍可能受到一些还未被观测到的其他因素的影响。基于此, 本文使用滞后一期的数字经济指数($DE_{i,t-1}$)和江苏省数字经济指数一阶差分($\Delta DE_{i,t-1}$)的乘积($DE_{i,t-1} * \Delta DE_{i,t-1}$)构建了工具变量 *IV*, 采用两阶段最小二乘法进行估计。列(1)显示, 在第一阶段回归中,

工具变量系数在 10%的水平下显著为正, 不可识别检验在 5%的水平下显著, 说明工具变量选择合理。列(2)显示, 在考虑了内生性问题后, 数字经济指数依然为正且在 1%的水平下显著, 与基准回归结论相同。

5.2.2. 稳健性检验

为进一步证实实证结果的稳健性, 本文通过替换被解释变量、替换核心解释变量、对所有变量采取 2.5%的 Winsorize 缩尾处理以及纳入时间趋势变量与控制变量的交乘项等方式, 进行稳健性检验。

第一, 考虑到熵值法对指标赋权时常会因指标的无序性过大而出现极端权重的情况, 而反熵值法恰恰避免了极端权重的产生。鉴于此, 本文使用反熵权法测度绿色高质量发展指数($rGreenHD$)以及数字经济指数(rDE), 分别替换原来的被解释变量与核心解释变量。列(3)中数字经济估计系数仍然在 1%的水平下显著为正; 列(4)中其估计系数同样在 1%的水平下显著为正。第二, 考虑到回归结果可能受到极端值和异常值的影响, 进一步对所有变量进行 2.5%的 Winsorize 缩尾处理后, 回归结果如列(5)所示, 数字经济指数估计系数同样显著为正。第三, 在实证模型中加入控制变量与时间趋势变量的交互项, 能够有效地缓解其他因素随时间变动而引致的估计偏误[21]。因此, 本文在基准模型的基础上纳入时间趋势变量与控制变量的交互项, 回归结果如列(6)所示, 数字经济指估计系数在依然显著为正。列(3)~(6)回归结果与基准模型结果一致, 实证结果通过稳健性检验。

Table 4. Endogenous test and robustness test results

表 4. 内生性和稳健性检验结果

变量	内生性检验			稳健性检验		
	第一阶段	第二阶段				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>DE</i>	<i>GreenHD</i>	<i>rGreenHD</i>	<i>GreenHD</i>	缩尾处理	交互项
<i>IV</i>	2.531* (1.99)					
<i>DE</i>		0.610*** (2.89)	0.322*** (4.08)		0.499*** (8.58)	0.621* (1.81)
<i>rDE</i>				1.284*** (9.61)		
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
Anderson	5.211**					
LMstatistic	[0.0224]					
常数项	-2.615*** (-3.35)	1.389** (2.19)	1.129* (1.94)	0.562 (1.59)	1.193*** (2.88)	1.857** (2.56)
t × Controls						是
城市固定	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是
R ²	0.984	0.994	0.897	0.963	0.952	0.982

注: []内代表 p 值, 下同。

5.3. 异质性分析

5.3.1. 分样本回归

为考察不同区域以及数字经济不同发展程度地区对城市绿色高质量发展的影响, 先进行分样本回归, 回归结果见表 5 的第 1 列至第 6 列。

Table 5. Heterogeneity analysis

表 5. 异质性分析

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	苏南	苏中	苏北	高发达	较发达	欠发达	Economic	Society	Ecological	Production
<i>DE</i>	0.492*** (6.96)	0.326 (0.90)	0.728** (2.10)	0.321*** (7.23)	-0.636 (-1.13)	-0.287 (-0.42)	0.110*** (5.30)	0.346*** (9.42)	-0.0374 (-1.59)	0.0442*** (5.12)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-0.489 (-0.36)	0.391 (0.17)	2.060** (2.47)	-0.814 (-1.52)	1.434* (2.04)	-0.450 (-0.45)	0.251 (1.64)	0.0748 (0.28)	0.198 (1.14)	0.0569 (0.89)
城市固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定	是	是	是	是	是	是	是	是	是	是
<i>R</i> ²	0.972	0.988	0.969	0.998	0.971	0.974	0.947	0.911	0.801	0.848

由于资源禀赋和发展阶段的不同, 无论是数字经济发展水平或是绿色高质量发展水平, 在区域分布上均存在显著的异质性特点, 那么, 江苏省不同区域数字经济对城市绿色高质量发展必然也存在着异质性特征。基于此, 本部分将江苏省 13 个地级市按照地理位置的不同, 划分为苏南地区(苏州市、无锡市、常州市、镇江市、南京市)、苏中地区(扬州市、泰州市、南通市)、苏北地区(徐州市、连云港市、淮安市、盐城市、宿迁市)三个地区。列(1)显示, 苏南地区数字经济指数估计系数在 1% 的水平下显著为正, 即苏南地区数字经济能提升带动城市绿色高质量发展水平; 列(2)中数字经济指数估计系数为正但并不显著, 这说明在苏中地区, 数字经济对城市高质量发展的带动作用并未完全体现出来。列(3)显示, 数字经济新动能指数估计系数在 1% 的水平下显著为正, 且估计系数较列(1)更大, 说明在苏北地区数字经济同样能显著地带动城市绿色高质量发展, 且带动能力较苏南地区更强。

基于 2016~2023 年江苏省 13 个地级市数字经济指数的平均值, 将江苏省分为数字经济高发达地区(苏州市、南京市、无锡市、南通市)、较发达地区(常州市、徐州市、扬州市、盐城市、泰州市)以及欠发达地区(镇江市、淮安市、连云港市、宿迁市), 以研究不同数字经济发展水平地区数字经济对城市绿色高质量发展的影响。列(4)显示, 在高发达地区, 数字经济指数估计系数在 1% 的水平下显著为正, 数字经济能显著促进城市绿色高质量发展; 列(5)、列(6)数字经济指数估计系数均为负但都不显著, 说明较发达及欠发达地区, 数字经济并未赋能城市高质量发展。

5.3.2. 分指标回归

为研究数字经济对城市绿色高质量发展各分项指数——经济活力(Economic)、社会民生(Society)、生态环境(Ecological)和绿色生产(Production)的影响, 进行回归。列(7)显示, 数字经济指数估计系数在 1% 的水平下显著为正, 即数字经济促进着城市经济活力的提升; 列(8)表明, 数字经济指数估计系数在 1% 的水平下显著为正, 即数字经济带动着城市社会民生水平的提升; 列(9)中, 数字经济指数的估计系数为负但

不显著, 这说明数字经济的发展对城市生态环境可能存在一定的负面影响。列(10)显示, 数字经济指数的估计系数在 1% 的水平下显著为正, 即数字经济显著带动着城市的绿色生产。

5.4. 中介效应检验

为了检验假设 2 是否成立, 本文以科技创新作为中介变量进行中介效应检验, 检验结果如表 6 所示。列(1)至列(3)显示, 一方面, 数字经济在 1% 的水平上对城市绿色高质量发展和科技创新均具有正向的促进作用; 另一方面, 数字经济和科技创新也分别在 1% 和 10% 的水平上对城市绿色高质量发展起着正向的促进作用, 中介效应成立, 即数字经济能够通过提升科技创新水平来促进城市绿色高质量发展。为了检验中介效应的稳健性, 本文采用 Sobel 检验, 结果显示中介效应显著, 假设 2 成立。

Table 6. Regression results of intermediary effect test

表 6. 中介机制检验

指标	(1)	(2)	(3)
	<i>GreenHD</i>	<i>Science</i>	<i>GreenHD</i>
<i>DE</i>	0.462*** (9.69)	0.142*** (8.40)	0.361*** (4.60)
<i>Science</i>			0.580* (1.76)
控制变量	控制	控制	控制
常数项	0.580 (1.65)	0.00635 (0.05)	1.192*** (2.79)
Sobel_z		3.016*** [0.002]	
城市固定	是	是	是
时间固定	是	是	是
R ²	0.964	0.618	0.950

5.5. 调节效应检验

为检验假设 3 是否成立, 进行了如表 7 所示的调节效应检验。列(1)显示, 科技创新估计系数在 1% 的水平下显著, 即科技创新显著推动着城市绿色高质量发展, 主效应得到了验证。列(2)显示, 科技创新与绿色创新的交互项的估计系数在 1% 的水平下显著为正, 即绿色创新正向调节着科技创新与绿色高质量发展之间的关系, 假设 3 得到了验证。

为进一步明晰科技创新与绿色创新的交互效应, 进行简单倾斜检验, 检验结果如图 1 所示。在低绿色创新水平下, 科技创新对绿色高质量发展的积极影响在 10% 的水平下显著 ($\beta = 0.767, p = 0.083$); 在高绿色创新水平下, 科技创新对绿色高质量发展的影响在 1% 的水平下显著 ($\beta = 2.126, p = 0.000$), 且对绿色高质量发展的促进作用更强。

Table 7. Moderating effect test regression results
表 7. 调节效应检验回归结果

指标	(1)	(2)
<i>Science</i>	1.724*** (6.05)	1.446*** (4.96)
<i>lnGreenInn</i>		0.00607 (0.98)
<i>Science × lnGreenInn</i>		0.520*** (2.84)
控制变量	控制	控制
常数项	-0.187 (-0.46)	-0.173 (-0.43)
城市固定	是	是
时间固定	是	是
R ²	0.945	0.951

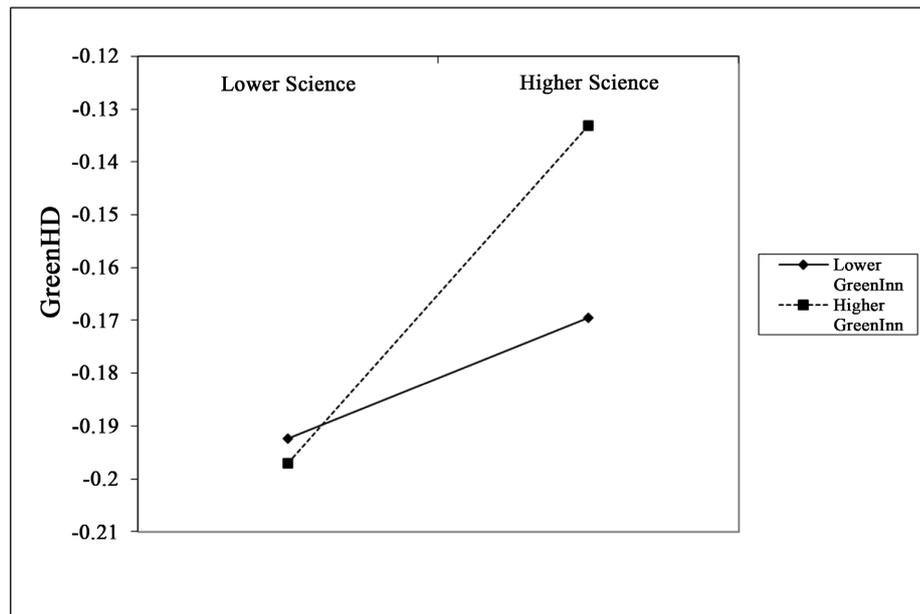


Figure 1. The moderating effect of green innovation on the relationship between “scientific and technological innovation-green high-quality development”

图 1. 绿色创新对“科技创新 - 绿色高质量发展”关系的调节作用

6. 结论与政策建议

本文基于江苏省 13 个地级市 2016~2023 年的面板数据, 构建了数字经济与绿色高质量发展的指标体系, 综合应用双固定效应模型、中介效应模型、调节效应模型研究了江苏省数字经济对城市绿色高质量

发展的影响及作用机理。研究发现：第一，数字经济对城市绿色高质量发展水平具有显著的提升作用。第二，数字经济对绿色高质量发展的提升作用存在明显的区域性差异，苏北地区的数字经济对绿色高质量发展的带动作用最强，苏南地区也有显著的提升作用，苏中地区的数字经济未能有效赋能城市绿色高质量发展。第三，不同数字经济发展水平区域也存在显著的异质性。在高发达地区，数字经济能显著促进城市绿色高质量发展，然而在较发达及欠发达地区，数字经济并未赋能城市绿色高质量发展。第四，数字经济能够通过提升城市科技创新水平赋能城市绿色高质量发展，且绿色创新正向调节着科技创新与绿色高质量发展之间的关系。

本文的研究对于加快实现“双碳”目标，推动经济社会全面绿色转型有一定的政策启示，基于上述研究结果，本文提出以下政策建议：

首先，推动数字经济基础设施建设，赋能城市绿色高质量发展。数字经济在推动产业结构升级、推进全面绿色转型、提升科技创新水平等方面起着很重要的作用。政府应搭建数字技术与绿色高质量发展的桥梁，加快将5G技术、人工智能、大数据、区块链等数字技术应用到低碳产业中，推动传统产业绿色低碳转型；同时应加快推动数字产业化，鼓励企业将数字技术应用到研发、生产、销售等各个环节中，促进数据要素和数字技术的进一步融合；进一步推进产业数字化转型，用数字技术武装传统企业，加快传统产业、重点产业转型升级，从而实现数字经济与绿色高质量发展的深度融合。

其次，对于区域间发展不平衡的问题，应当实施区域发展战略，因地制宜，促进区域间协同发展。江苏省数字经济虽然处于蓬勃发展中，但仍然存在着地区发展不均衡的问题，政府应当鼓励高发达地区率先发展，充分发挥高发达地区对其他地区的带动示范作用；加大对较发达及欠发达地区的政策扶持，引导各地区探索适宜的发展模式，推进数字经济基础设施建设，助力绿色高质量发展；加强地区间的合作，高发达地区应主动分享经验，欠发达地区积极学习探索新的发展模式。

最后，提升科技创新能力和绿色创新水平，赋能城市绿色高质量发展。应当重视科技创新这一中介机制，重视绿色创新对科技创新的调节作用，进而更好地发挥科技创新对绿色高质量发展的提升作用。政府应当认识到科技创新对绿色高质量发展的促进作用，充分发挥科技创新对于数字经济和绿色高质量发展的连接作用，加大研发投入，给予企业充足的资金和政策支持，鼓励企业进行绿色创新活动。企业应当响应国家号召，注重研发绿色科技产品，积极采用先进的生产技术和方法，进行绿色生产。还应站在全局立场上，减少高耗能高污染资源的应用，科学合理地利用自然资源，承担起可持续发展和节约资源的社会责任。

参考文献

- [1] 张旭, 魏福丽, 袁旭梅. 中国省域高质量绿色发展水平评价与演化[J]. 经济地理, 2020, 40(2): 108-116.
- [2] 魏丽莉, 侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(8): 60-79.
- [3] 汤长安, 张丽家. 数字经济下江苏制造业转型升级现状分析及对策研究[J]. 江苏理工学院学报, 2022, 28(1): 47-54.
- [4] Tapscott, D. (1996) *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence*. Mc Graw Hill.
- [5] Nitescu, A. (2016) Trends and Dimensions of Digital Economy. *Analele Universitatii Constantin Brancusi din Targu Jiu: Seria Economie*, 1, 103-107.
- [6] 祝合良, 王春娟. 数字经济引领产业高质量发展: 理论、机理与路径[J]. 财经理论与实践, 2020, 41(5): 2-10.
- [7] 黄建忠, 赵玲, 何茜茜. 加快中国特色数字经济发展的若干理论思考与政策建议——基于马克思主义政治经济学的视角[J]. 宏观经济研究, 2023(4): 4-13, 82.
- [8] 李晓钟, 吴甲戌. 数字经济驱动产业结构转型升级的区域差异[J]. 国际经济合作, 2020(4): 81-91.
- [9] 李慧泉, 简兆权, 林青宁. 数字经济发展能否改善中国资源错配[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(16): 22-31.

-
- [10] 李金克, 张荣, 李伯钧. 环境动态性视角下大数据能力对制造业绿色竞争力的影响机制研究——基于 SBM-GML 指数模型[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(23): 67-75.
- [11] 孔芳霞, 刘新智. 数字经济发展对工业绿色转型的影响研究——基于中国城市的经验证据[J]. 软科学, 2023, 37(4): 27-35.
- [12] 韦琳, 马梦茹. 数字经济发展与企业绿色创新——基于“智慧城市”试点建设的准自然实验研究[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(8): 24-40.
- [13] 胡士华, 黄天鉴, 王楷. 数字经济与绿色经济协同发展: 时空分异、动态演进与收敛特征[J]. 现代财经(天津财经大学学报), 2022, 42(9): 3-19.
- [14] Zhang, Z., Fu, W.K. and Ma, L. (2022) The Impact of Digital Economy on Green Development in China. *Frontiers in Environmental Science*, **10**, Article 991278. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.991278>
- [15] 韩晶, 陈曦, 冯晓虎. 数字经济赋能绿色发展的现实挑战与路径选择[J]. 改革, 2022(9): 11-23.
- [16] Tian, X., Zhang, Y. and Qu, G. (2022) The Impact of Digital Economy on the Efficiency of Green Financial Investment in China's Provinces. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 8884. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148884>
- [17] Ha, L.T. and Thanh, T.T. (2022) Effects of Digital Public Services on Trades in Green Goods: Does Institutional Quality Matter? *Journal of Innovation & Knowledge*, **7**, Article ID: 100168. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100168>
- [18] 史丹, 孙光林. 数字经济、产业融合的绿色效应分析[J]. 福建论坛(人文社会科学版), 2023, 4(4): 67-82.
- [19] 杨新梅, 黄和平, 周瑞辉. 中国城市绿色发展水平评价及时空演变分析[J]. 生态学报, 2023, 43(4): 1353-1365.
- [20] 邹磊, 刘慧媛, 王飞宇, 陈婷, 董怡. 长江中游城市群绿色发展水平的地区差异及其影响因素[J]. 中国科学: 地球科学, 2022, 52(8): 1462-1475.
- [21] Angrist, J.D. and Pischke, J.S. (2009) *Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.