

数字经济、绿色技术创新协同赋能地区低碳发展

郭子榕

重庆理工大学经济金融学院, 重庆

收稿日期: 2024年10月23日; 录用日期: 2024年11月1日; 发布日期: 2024年12月12日

摘要

数字经济是我国贯彻新发展理念, 推进实现“双碳”目标的重要引擎。文章基于2011~2022年中国大陆30个省(区、市)的面板数据, 建立评价指标体系并测度地区数字经济与低碳发展水平, 通过构建基准回归模型、空间杜宾模型实证探究数字经济对地区低碳发展的影响, 以调节效应模型实证检验绿色技术创新在数字经济助力地区低碳发展中产生的作用。研究发现: 数字经济对地区低碳发展存在显著促进作用且存在空间溢出效应; 同时, 绿色技术创新在数字经济赋能地区低碳发展的过程中起到积极的调节作用。研究结论为数字经济有效推动地区低碳发展提供一定证据支撑及政策启示。

关键词

数字经济, 低碳发展, 绿色技术创新

Digital Economy, Green Technology Innovation Synergize to Enable Regional Low-Carbon Development

Zirong Guo

School of Economics and Finance, Chongqing University of Technology, Chongqing

Received: Oct. 23rd, 2024; accepted: Nov. 1st, 2024; published: Dec. 12th, 2024

Abstract

Digital economy is an important engine for China to implement the new development concept and realize the goal of “double carbon”. Based on the panel data of 30 provinces (autonomous regions and municipalities) in mainland China from 2011 to 2022, the article establishes an evaluation

index system and measures the level of regional digital economy and low-carbon development, and empirically investigates the impact of digital economy on regional low-carbon development by constructing a baseline regression model and spatial Durbin model, and empirically examines the role of green technological innovation in the digital economy's contribution to regional low-carbon development by means of a moderating effect model. The study finds that the digital economy has a significant impact on regional low-carbon development. The study finds that: the digital economy has a significant role in promoting regional low-carbon development and there is a spatial spillover effect; at the same time, green technological innovation plays a positive regulatory role in the process of digital economy-enabled regional low-carbon development. The findings of the study provide certain evidence support and policy inspiration for the effective promotion of regional low-carbon development by the digital economy.

Keywords

Digital Economy, Low Carbon Development, Green Technology 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

2024年3月,由国际能源总署发布的《2023年全球碳排放报告》中提到:2023年全球二氧化碳的排放量延续了去年的上升趋势,增加了4.1亿吨,较2022年增长了1.1%。同时,报告指出,我国二氧化碳排放量目前仍居全球首位,达到了126亿吨,约占全球二氧化碳排放量的34%。如今,由碳排放量增加引起的全球气候变化问题愈演愈烈,极端天气、土地干旱等自然灾害问题频发,为有效缓解这一困境,世界各国开始积极实施各类相关政策,我国也于2020年提出了“碳达峰”、“碳中和”的“双碳”目标。我国已迈入高质量发展的新阶段,迫切需要推进“双碳”目标的达成,以此突破资源环境瓶颈,实现可持续发展。综上,如何持续、有效地实现地区低碳转型发展,推进“双碳”目标实现的进程是当下亟需关注的重要问题。

在寻求助力地区低碳转型发展的有效驱动时,我国发展迅速的数字经济开始备受瞩目。据国家数据局发布的《数字中国发展报告(2023年)》显示,我国数字经济规模已超过55万亿元,其中数字经济核心产业增加值约占国内生产总值的10%。近年来,数字经济活力日益澎湃,已成为我国经济社会发展的新引擎。作为一种新型经济形态,数字经济将深度融合绿色创新与减排增效的双重诉求,为地区低碳发展提供新路径。那么数字经济究竟能否有效推动地区低碳发展?其影响在不同地区间是否存在差异性 & 溢出性?绿色技术创新是否为数字经济作用低碳发展的一种方式?本文通过实证研究探讨以上问题,以期 为数字经济更有效赋能地区低碳发展提供可靠理论依据。

2. 文献综述

近年来,学术界围绕数字经济与低碳发展两个主题展开了广泛的讨论,研究成果丰硕,相关的研究内容主要包括以下三个方面:首先是对数字经济发展水平的测度及其影响,目前学者们对数字经济发展水平的测算大多基于构建多个维度的指标,选取支出法GDP、熵权法、纵横向拉开档次法等不同方法通过多指标综合测算数字经济的发展水平[1]-[3]。在数字经济的影响效应方面,学者们探究了数字经济对区域技术创新[4] [5]、产业结构升级[6] [7]以及经济高质量发展[8] [9]等多方面的影响;其次是有关低碳发

展的影响因素如环境规制[10] [11]、技术创新[12]、结构转型[13] [14]等的分析;最后是数字经济与低碳发展的关系分析,部分学者的研究结果均表明数字经济与碳排放显著负相关,即数字经济的发展具有显著的减排效应[15] [16]。还有学者得出数字经济对碳排放强度的影响存在非线性特征[17] [18]。

总体来看,已有文献对数字经济与低碳发展的碳减排效应已展开了广泛的探讨与研究,这为本研究提供了丰富坚实的理论基础。但一方面,已有研究大多直接通过碳排放量或碳排放强度这些单一变量衡量地区低碳发展;另一方面,目前对数字经济与地区碳排放的直接关系探讨较多,对其内在影响效应以及空间效应的分析讨论还较少。基于以上总结,文章从碳排放量、碳排放强度以及能源消耗强度三方面综合考量,构建低碳发展这一变量,重点从绿色技术创新角度探究数字经济赋能地区低碳发展的影响效应,丰富现有研究对内在影响效应的探究;同时,考虑到数字经济以及区域低碳发展或具有空间关联特征,文章还将通过构建空间计量模型探讨数字经济赋能区域低碳发展中可能存在的空间溢出效应,为各地区相关部门在区域间低碳发展提供一定的政策建议。

3. 理论分析与研究假设

依托于云计算、大数据等技术的数字经济自身并不依赖传统化石能源的消耗,这种绿色属性能够使其在促进经济发展的同时兼顾环境效益,因此可促使目前技术进步、市场需求等更偏向于向节能减排方向转变。并且数字经济的发展为生产和服务等活动带来了数字化、智能化的先进技术,这些技术极大地开发了能源生产端以及消费端的节能环保、绿色低碳的发展潜力。其在生产端以及消费端的运用将有效减少碳排放量,降低能源及碳排放强度,促进地区的低碳转型。根据前述分析,提出假设:H1:数字经济能促进地区的低碳发展。

绿色技术创新是通过研发和应用新技术,减少环境污染、提高资源利用效率,并促进可持续发展的过程,因此其在地区实现低碳发展过程中是不可或缺的因素。一方面,绿色技术创新催生出的绿色低碳技术可有效替代原有技术,加快对更清洁、更可持续的能源形式如光伏、风电等的开发,逐步减轻对传统的化石燃料能源的依赖程度;另一方面,绿色技术创新可实现生产活动中能源消耗、碳排放数据的精准捕捉与采集,在此基础上通过提供的能源消费数据监控、分析及决策系统可优化生产各个环节的资源调度,进而促进要素的优化配置,进一步提高能源利用效率,减少环境污染,并促进低碳发展的过程。根据前述分析,提出假设:H2:绿色技术创新在数字经济影响地区低碳发展过程中发挥积极的调节作用。

一方面,数字经济削弱了地理位置对信息流动以及资源整合的制约,加速了各空间范围内知识、技术和数据的流动,进而实现溢出效应,为跨地区的技术交流与合作创造了有利条件,促使不同地域之间数字经济发展的空间关联更加紧密。另一方面,在各地区低碳发展过程中,相邻地区往往具有地形、能源和资源条件的相似性。因此数字经济还可以在区域间形成积极的示范效应,使得一个地区的低碳发展成果辐射到相邻地区,影响周边地区的低碳发展效果,从而形成空间上的溢出效应。根据前述分析,提出假设:H3:数字经济对地区低碳发展的影响具有空间溢出效应。

综上,提出本文理论分析与研究假设框架图见图1。

4. 实证研究设计

4.1. 变量选取

4.1.1. 被解释变量

低碳发展水平(CT)。由于能源是碳排放的最主要来源,因而本文在构建地区低碳发展变量时,将能源消耗也纳入了衡量地区低碳转型水平的范围内。具体地,本文从碳排放总量、碳排放强度以及能源消

耗强度三个维度构建综合指标评价体系, 详见表 1。将上述各指标进行标准化处理后, 采用熵权法进行赋权, 线性加权计算后得到各地区低碳发展水平。

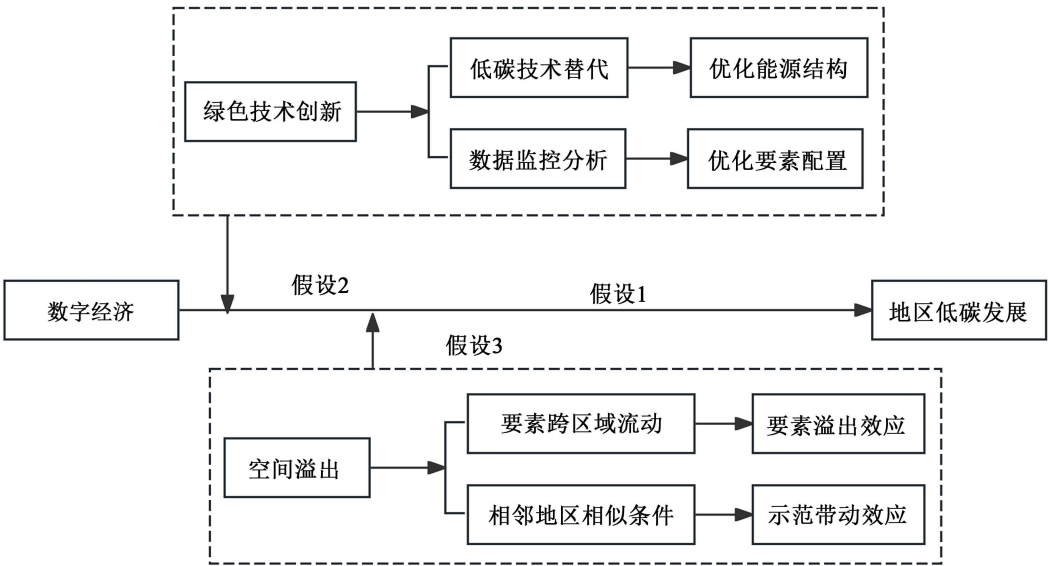


Figure 1. Framework diagram of theoretical analysis and research hypotheses
图 1. 理论分析与研究假设框架图

其中, 根据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)提供的测算方法, 本文对于碳排放总量的测算 是利用各类能源的消耗数据进行测度的, 具体公式如下:

$$Eco_2 = \sum_{i=1}^8 E_i \times LCV_i \times CCV_i \times COR_i \times \frac{44}{12} = \sum_{i=1}^8 E_i \times C_i \tag{1}$$

其中, E_i 为第 i 种能源的消耗量(单位为吨或立方米), 这里将终端能源消耗种类划分为原煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油及天然气 8 种。 LCV_i 为各能源低位发热量, CCV_i 为各能源单位热值含碳量, COR_i 为各能源碳氧化率, 经过上述计算可得到 C_i , 即第 i 种能源的二氧化碳排放系数。

Table 1. Regional low carbon development level evaluation index system
表 1. 地区低碳发展水平评价指标体系

维度指标	指标说明	指标属性
碳排放总量	根据各类化石燃料的消耗数据进行测度	负向
碳排放强度	碳排放总量占地区 GDP 比重	负向
能源消耗强度	能源消耗总量占地区工业增加值比重	负向

4.1.2. 核心解释变量

数字经济发展水平(DE)。作为一种新兴经济形态, 数字经济的内涵极其丰富, 发展也受到诸多因素的影响。因此对于数字经济发展水平的测度, 要综合考虑数字经济的各方各面。依据现有的对数字经济发展水平测度的相关研究[19] [20], 本文将从数字化基础、数字产业化以及产业数字化三个维度构建指标体系, 并同样通过熵权法测算各地区数字经济发展水平。其中, 三个维度对应十个二级指标, 具体指标含义及衡量标准详见表 2。

Table 2. Indicator system for evaluating the level of development of the digital economy
表 2. 数字经济发展水平评价指标体系

维度指标	二级指标	指标说明	指标属性
数字化基础	光缆线路密度	光缆线路长度占省域面积比重	正向
	人均互联网宽带接入端口	互联网宽带接入端口数占常住人口数比重	正向
数字产业化	移动电话普及率	每百人拥有移动电话数	正向
	软件产业发展	软件业务收入占 GDP 比重	正向
	信息技术服务产业发展	信息技术服务收入占 GDP 比重	正向
产业数字化	电信产业发展	电信业务总量占 GDP 比重	正向
	企业数字化发展	企业拥有网站数	正向

4.1.3. 调节变量

绿色技术创新(GI)。对于绿色技术创新这一变量，选取各地区年度绿色专利授权数量的对数值进行表征。相比于一般专利授权数量，绿色专利授权量更能体现出与本文研究相关的绿色技术创新。

4.1.4. 控制变量

基于现有的学者们对低碳发展影响因素探究的研究成果，本文选取以下控制变量：1) 经济发展水平(ED)采用各省地区人均生产总值衡量；2) 政府干预(GF)采用各省财政支出与地区生产总值的比值衡量；3) 环境规制(ER)采用工业污染治理投资额与第二产业增加值的比值衡量；4) 人口规模(PS)采用地区年末总人口数的对数衡量；5) 外商投资水平(FI)采用实际利用外商投资额与地区生产总值的比值衡量；6) 城镇化水平(UL)采用各省城镇人口数与年末总人口数的比值衡量。

4.2. 模型设定

4.2.1. 固定效应模型

为分析数字经济发展水平对地区低碳发展的影响，首先构建如下面板基准回归模型：

$$CT_i = \alpha_0 + \alpha_1 DE_{it} + \alpha_2 X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \tag{2}$$

其中， i 和 t 分别代表地区和年份； CT 代表地区低碳发展水平； DE 代表地区数字经济发展水平，是本文的核心解释变量； X 代表一系列控制变量； μ_i 表示地区固定效应， ν_t 表示时间固定效应； ε_{it} 表示误差项。在式(2)中， α_1 是本文关注的估计系数，即自变量的回归系数，若为正且显著，则表明数字经济发展水平可以有效促进地区的低碳发展。

4.2.2. 调节效应模型

为进一步验证绿色技术创新是否调节了数字经济促进地区低碳发展这一过程，在基准回归模型中加入数字经济发展水平与绿色技术创新的交互项，构建调节效应模型如下：

$$CT_{it} = \beta_0 + \beta_1 DE_{it} + \beta_2 GI_{it} + \beta_3 DE_{it} \times GI_{it} + \beta_4 X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \tag{3}$$

其中， i 和 t 分别代表地区和年份； GI 代表绿色技术创新； $DE_{it} \times GI_{it}$ 代表数字经济与绿色技术创新的交互项。

4.2.3. 空间杜宾模型

根据假设 3，数字经济对地区的低碳发展可能存在空间溢出效应，因此构建空间杜宾模型如下：

$$CT_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 W \times CT_{it} + \gamma_2 DE_{it} + \gamma_3 W \times DE_{it} + \gamma_4 X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

其中， i 和 t 分别代表地区和年份； γ_1 代表地区低碳发展的空间滞后项系数； γ_3 代表数字经济发展水平的空间滞后项系数； γ_2 、 γ_4 分别代表解释变量与控制变量的系数。

4.3. 数据来源说明

本文选取 2011~2022 年中国 30 个省、直辖市及自治区(为确保数据可获得性，不包括西藏及港、澳、台地区)的面板数据进行实证研究，数据主要来源为各地区历年统计年鉴、以及国泰安数据库，数字普惠金融指数由北京大学金融研究中心编制。对于个别数据缺失采用线性插值法进行补充。

5. 实证分析

5.1. 基础回归结果分析

通过 Hausman 方法对面板模型进行检验，结果显示 P 值低于 0.01，证实了拒绝采用随机效应模型的原假设，因此本文采用固定效应模型进行基准回归分析，并在参数计算过程中对时间效应和个体效应进行了控制，最终得到的模型回归结果如表 3 所示。表 3 中第(1)列表示未纳入一系列控制变量时的回归结果，第(2)列的回归结果纳入了一系列控制变量。

回归结果显示，在纳入一系列控制变量前后，数字经济发展水平的回归系数分别为 0.2217、0.1315 并且结果均显著，说明数字经济与地区的低碳发展存在显著的正相关关系，即数字经济发展水平能够有效促进地区的低碳发展，假设 H1 得到验证。同时，从控制变量的回归结果来看，ED、GF、ER、UL 的回归系数均显著为正，说明经济发展、政府干预、环境规制、城镇化水平会促进地区的低碳发展。而 PS、FI 的回归系数均显著为负，说明人口规模、外商投资水平会抑制地区的低碳发展，这可能是由于人口规模的扩大会导致生产、生活的碳排放增加，进而对地区低碳发展产生负向作用；而外商投资水平的提高，会使各地区为满足别国消费者需求时，促进各地区碳排放的增加，从而导致抑制地区的低碳发展。

Table 3. Fixed effects model regression results
表 3. 固定效应模型回归结果

	(1)	(2)
	CT	CT
DE	0.2217*** (0.0639)	0.1315** (0.0543)
ED		0.2383*** (0.0364)
GF		0.3766*** (0.0879)
ER		0.0525*** (0.0160)
PS		-0.3465*** (0.0745)
FI		-0.6393*** (0.0977)
UL		0.2204* (0.1153)

续表

Constant	0.6538*** (0.0160)	-0.2116 (0.5145)
N	360	360
个体固定	YES	YES
时间固定	YES	YES
R-squared	0.2673	0.5611

注：***表示在 1%的显著性水平上拒绝原假设；**表示在 5%的显著性水平上拒绝原假设；*表示在 10%的显著性水平上拒绝原假设，括号内为稳健标准误，下同。

5.2. 稳健性检验

5.2.1. 滞后变量回归

考虑到数字经济发展对地区低碳发展的影响可能存在时间滞后效应，因此通过将滞后一期的数字经济变量纳入回归模型的方式进行稳健性检验。结果如表 4 的第(1)列所示，当被解释变量为地区低碳发展时，滞后一期的数字经济估计系数在 5%的水平上仍显著，与基准回归结论一致，证实了以上基础回归结果的稳健性。

5.2.2. 更换计量模型

由于数字经济、低碳发展两个变量均通过熵权法测算得到，因此两变量数据均是介于[0, 1]的截尾数据，故采用 Tobit 模型重新估计，结果如表 4 的第(2)列所示，可以看出更换计量模型后的估计结果中，数字经济的估计系数仍显著为正，进一步验证了基础回归结果的可靠性。

综上可知，数字经济对地区低碳发展水平的正向促进作用在稳健性检验中依然成立，基础回归结果具有较强的可信度。

Table 4. Robustness test results
表 4. 稳健性检验结果

	滞后变量回归	更换计量模型
	CT	CT
L.DE	0.1295** (0.0567)	-
DE	-	0.2611*** (0.0511)
Controls	控制	控制
Constant	-0.3079 (0.5607)	-0.2716 (0.2241)
个体固定	YES	YES
时间固定	YES	YES
R-squared	0.5273	-

6. 进一步分析

6.1. 绿色技术创新的调节作用分析

根据前述理论分析，绿色技术创新在数字经济促进地区低碳发展中可能起到调节作用。表 5 给出了绿色技术创新的调节作用结果，其中数字经济与绿色技术创新的交互项系数为 0.0444 显著为正，这表明绿色技术创新加强了数字经济对地区低碳发展的促进作用，在此过程中存在一定的正向调节作用，假设 H2 得以验证。

Table 5. Results of moderating effects

表 5. 调节效应结果

	CT
DE	0.1392*** (0.0502)
DE × GI	0.0444** (0.0228)
Controls	控制
Constant	0.9393* (0.5087)
个体固定	YES
时间固定	YES
R-squared	0.5657

6.2. 空间溢出效应分析

6.2.1. 空间相关性检验

在使用空间计量模型探究之前，需对数字经济与低碳发展两变量进行空间自相关检验。本文选取空间地理距离矩阵，计算我国 30 个省(市、自治区)在 2011~2022 年的全局莫兰指数值(Moran's I)，结果如表 6 所示。结果显示，全研究年份的低碳发展与数字经济的全局莫兰指数值均显著为正，表明二者均存在显著的空间依赖性，因此可选择空间计量模型进行空间效应估计。

Table 6. Global Moran Index values for digital economy, low carbon development

表 6. 数字经济、低碳发展的全局莫兰指数值

	CT		DE	
年份	Moran's I	P 值	Moran's I	P 值
2011	0.092***	0.000	0.072***	0.002
2012	0.096***	0.000	0.066***	0.003
2013	0.100***	0.000	0.046**	0.017
2014	0.102***	0.000	0.047**	0.015
2015	0.100***	0.000	0.049**	0.015
2016	0.092***	0.000	0.044**	0.020

续表

2017	0.095***	0.000	0.039**	0.029
2018	0.099***	0.000	0.033**	0.042
2019	0.105***	0.000	0.066***	0.003
2020	0.100***	0.000	0.062***	0.003
2021	0.087***	0.001	0.053***	0.005
2022	0.074***	0.003	0.063***	0.002

6.2.2. 空间计量模型选择

为进一步筛选合适的空间计量模型，本文首先依次采用了 LM 检验、LR 检验以及 Wald 检验方法得到表 7 所示结果，其中 LM 检验的结果中 LM_err、R-LM_err 结果均显著说明采用空间误差模型(SEM)合适；而 LM_lag、R-LM_lag 系数均显著说明采用空间滞后模型(SAR)合适，综上初步判断，应采用二者结合的空间杜宾模型(SDM)。再结合 LR 检验以及 Wald 检验结果，SDM 模型无法退化为 SEM 或 SAR 模型，因此本文选择 SDM 模型。其次，对 SDM 模型进行豪斯曼检验，得到 p 值为 0.0044，结果显著，进而选择固定效应模型。最终，通过计算得到，个体、时间、双固定效应下的最大似然估计值(Log-Likelihood)分别为 826.76、263.64、846.60，由结果可知，双固定效应下模型拟合效果最佳，因此本文最终选择双固定效应下的空间杜宾模型探究数字经济对地区低碳发展的空间溢出效应。

Table 7. Results of correlation tests for spatial measurement model selection
表 7. 空间计量模型选择的相关检验结果

检验方法	系数	检验方法	系数
LM_err	16.179***	LM_lag	8.709***
R-LM_err	26.717***	R-LM_lag	19.246***
LR (err)	27.22***	LR (lag)	33.46***
Wald (err)	29.06***	Wald (lag)	35.20***

6.2.3. 空间溢出效应分解

采用双固定效应下的空间杜宾模型对空间效应进行分解，直接效应表示区域内的解释变量对本地区被解释变量的影响，间接效应表示周边地区解释变量对本地区被解释变量的影响，得到结果如表 8 所示。由表可知，数字经济的直接效应系数为 0.1235 显著为正，说明数字经济能显著促进本地区的低碳发展；数字经济的间接效应系数为 0.5069 显著为正，说明相邻地区的数字经济发展也会促进本地区的低碳发展。因为相邻地区在地形、能源和资源条件的相似性，数字经济在影响一个地区的同时，也会将该地区的低碳发展成果辐射到相邻地区，带动周边地区的低碳发展。综上，数字经济不仅可以促进本地区低碳发展还能推动相邻地区的低碳发展，即数字经济对地区的低碳发展的促进作用产生了显著的空间溢出效应，假设 H3 得以验证。

Table 8. Decomposition results of spatial spillover effects
表 8. 空间溢出效应分解结果

变量	直接效应	间接效应	总效应
DE	0.1235** (0.0523)	0.5069*** (0.1715)	0.6304*** (0.1765)

续表

控制变量	YES	YES	YES
个体固定	YES	YES	YES
时间固定	YES	YES	YES
Overall R-sq	0.0922	0.0922	0.0922

7. 结论与对策建议

本文基于 2011 年~2022 年中国 30 个省(市、自治区)的面板数据,运用面板双固定模型、调节效应模型、空间杜宾模型,重点研究数字经济对地区低碳发展的促进作用、溢出效应以及绿色技术创新在其促进过程中发挥的调节作用。主要得到以下结论:第一,数字经济发展可以显著促进地区低碳发展,且这种促进作用存在空间溢出特征,即还可以促进邻近地区的低碳发展;第二,绿色技术创新在数字经济发展推动地区低碳发展的过程中起到正向的调节作用。基于以上结论,文章提出以下对策建议:1) 深挖数字经济在碳排放领域的应用,利用数字技术预测分析各地区未来碳排放活动趋势,精准分析各地区具体减碳需求,促进数字经济在低碳发展领域的精确应用。2) 发挥溢出效应,建立地区协作机制,促进生产要素、知识信息跨区域流动,推动区域间低碳发展方案的协调对接,鼓励绿色型企业的跨区域合作,合力推动各地区的低碳发展。

基金项目

重庆理工大学校级全额资助研究生创新项目“我国碳排放交易政策效应评估”(gzlcx20232079)。

参考文献

[1] 夏炎,王会娟,张凤. 数字经济对中国经济增长和非农就业影响研究——基于投入占用产出模型[J]. 中国科学院院刊, 2018, 33(7): 707-716.

[2] 王军,朱杰. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 26-42.

[3] 钞小静,沈路,薛志欣. 基于形态属性的中国省域数字经济发展水平再测算[J]. 经济问题, 2023(2): 23-34.

[4] 梁琦,肖素萍,李梦欣. 数字经济发展、空间外溢与区域创新质量提升——兼论市场化的门槛效应[J]. 上海经济研究, 2021, 33(9): 44-56.

[5] 李江,吴玉鸣. 数字经济与区域自主创新和模仿创新——基于省级面板数据的实证分析[J]. 经济体制改革, 2023(4): 70-78.

[6] 陈晓东,杨晓霞. 数字经济发展对产业结构升级的影响——基于灰关联熵与耗散结构理论的研究[J]. 改革, 2021(3): 26-39.

[7] 周霞,曾爱花. 数字经济中互联网发展对产业结构升级的区域异质性影响机制[J]. 科技管理研究, 2022, 42(20): 121-127.

[8] 荆文君,孙宝文. 数字经济促进经济高质量发展: 一个理论分析框架[J]. 经济学家, 2019(2): 66-73.

[9] 葛和平,吴福象. 数字经济赋能经济高质量发展: 理论机制与经验证据[J]. 南京社会科学, 2021(1): 24-33.

[10] 徐盈之,杨英超. 环境规制对碳减排的作用路径及效应——基于中国省级数据的实证分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(10): 135-146.

[11] 孙少岩,王笑音. 绿色信贷能发挥碳减排效应吗? [J]. 中国人口·资源与环境, 2023, 33(8): 37-47.

[12] 周键,刘阳. 制度嵌入、绿色技术创新与创业企业碳减排[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(6): 90-101.

[13] 陈浩,郑洁. 技术进步和产业结构调整对中国碳排放强度的影响[J]. 商业研究, 2022(6): 1-12.

[14] 洪竞科,黄河. 经济结构转型的碳减排效应[J]. 资源科学, 2023, 45(11): 2103-2116.

[15] 余群芝,吴柳. 数字经济发展的碳减排效应[J]. 经济经纬, 2022, 39(5): 14-24.

- [16] 谢文倩, 高康. 数字经济、产业结构升级与碳排放[J]. 统计与决策, 2022, 38(17): 114-118.
- [17] 金飞, 徐长乐. 数字经济发展对碳排放的非线性影响研究[J]. 现代经济探讨, 2022(11): 14-23.
- [18] 常皓亮. 数字经济、绿色技术创新与碳排放强——基于我国城市面板数据的经验研究[J]. 商业研究, 2023(2): 73-80.
- [19] 王军, 刘小凤. 数字经济能否推动区域经济高质量发展? [J]. 中国软科学, 2023(1): 206-214.
- [20] 潘为华, 贺正楚. 中国数字经济发展的时空演化和分布动态[J]. 理论·方法与案例, 2021(10): 137-147.