

收稿日期:2023-05-05

经济赶超、产业数字化与绿色发展

——基于中国省级面板数据的实证分析

金飞^{1,2}

(1. 东方大学, 菲律宾 马尼拉 1008; 2. 南通大学 经济与管理学院, 江苏 南通 226019)

摘要: 高质量绿色发展是全面实现建设社会主义现代化强国的内在要求, 经济赶超和产业数字化是影响绿色发展的重要因素。基于2012—2021年中国省际面板数据, 根据新经济增长理论与复合生态系统理论构建以经济、社会和生态系统为核心的绿色发展质量评价指标体系, 并运用核密度估计方法对其时空分布特征及演变趋势进行分析; 在此基础上采用空间杜宾模型, 从产业数字化视角深入探究经济赶超行为对区域绿色发展水平的影响。结果表明: (1) 整体上中国绿色发展水平在不断提升, 但存在较大的区域差异; (2) 经济赶超行为对“本地-邻地”绿色发展的影响呈非线性关系, 到达一定水平会形成天花板效应压缩其提升空间; (3) 产业数字化与“本地-邻地”绿色发展水平的影响为非线性, 较高或较低的产业数字化水平均不利于区域绿色发展水平的提升; (4) 经济赶超与产业数字化的交互项对本地绿色发展具有正向作用, 但对邻近地区绿色发展具有负向作用。因此, 应当进一步完善政府官员考核激励机制, 发挥经济赶超和产业数字化对本地绿色发展的互补作用, 同时打破行政壁垒, 推动地区间形成绿色发展战略的联动机制。

关键词: 经济赶超; 产业数字化; 绿色发展; 空间杜宾模型

中图分类号: F424; F124

文献标识码: A

文章编号: 1003-6873(2023)06-0035-13

基金项目: 国家社科基金重大项目“新时代实施区域协调发展战略研究”(22ZDA054)。

作者简介: 金飞(1982—), 男, 江苏盐城人, 菲律宾东方大学博士研究生, 南通大学经济与管理学院副教授、硕士生导师, 主要从事产业经济与区域创新等研究。

DOI: 10.16401/j.cnki.ysxb.1003-6873.2023.06.079

近年来, 中国经济正逐步由追求速度和数量的粗放式发展向追求绿色和质量的内涵式发展模式转变^[1], 但仍未有效摆脱对能源和环境的严重依赖^[2-3]。在“双碳”目标提出后, 高质量的绿色低碳发展逐渐成为未来中国经济社会发展的“主旋律”, 也是相关政府部门关注的重点。继党的十九大将绿色发展理念上升到国家战略层面之后, 党的十九届六中全会通过的《中共中央关于党的百年奋斗重大成就和历史经验的决议》明确指出, 要更加自觉地推进绿色发展、循环发展、低碳发展。党的二十大报告指出, 尊重自然、顺应自然、保护自然, 是全面建设社会主义现代化国家的内在要求。必须牢固树立和践行绿水青山就是金山银山的理念, 站在人与自然和谐共生的高度谋划发展。基于党的二十大提出的发展目标, 在中国现行经济体制下, 各区域经济体间必然会形成相应的数字化发

展规划,以完成全面建设社会主义现代化强国的目标,这种在数字技术上的规划和投入是导致各区域数字化水平发展差异的重要因素,因此也形成本文所讨论的经济赶超这一现象。当下的经济赶超是指各省份为实现党的二十大明确的数字中国战略目标进行的投入以及产生的实际产出结果,通过一个指标体系来衡量各省份之间数字发展水平的差异。经济赶超和产业数字化作为中国区域经济增长的驱动力量和典型事实^[2,4],能够从政府和市场层面优化资源要素配置,提升要素生产率,最终提升地区绿色发展水平。但是,晋升机制下形成的经济赶超所引致的地方保护主义和市场分割^[5]以及产业数字化带来的“拥挤效应”,则会对中国整体绿色发展水平的提升产生负向影响。那么,经济赶超和产业数字化对区域绿色发展的作用方向如何?其作用路径又是如何?厘清这些问题,探寻推动绿色发展的有效路径,对中国实现高质量绿色发展具有一定的现实意义。

随着绿色发展战略的不断推进,学术界围绕绿色发展的一系列研究主要包括概念界定、水平测度与影响因素三个方面。关于绿色发展的概念和内涵,学者们普遍认为,绿色发展是一种更具包容性和可持续的经济发展模式,其核心宗旨是在考虑人类和社会福祉的情况下,实现人类社会的不同系统之间和谐共生,追求高效、清洁、全面和可持续发展^[6]。鉴于对绿色发展的内涵和基本特征理解上的差异,现有研究关于如何判定绿色发展并未达成一致。部分学者基于生态效率理论,利用投入-产出模型测算绿色全要素生产率作为绿色发展水平的代理变量^[2];还有部分学者从社会发展、生态环境、增长效率和资源利用等方面构建评价指标体系,利用综合指标评价法测算绿色发展指数^[7-9],但不同研究所构建的指标体系差异较大;也有部分学者利用投影寻踪模型或成本收益模型,以绿色GDP指数作为绿色发展水平的代理变量^[10]。

关于绿色发展水平的影响因素,以往研究多集中在产业结构、地区资源禀赋、市场化水平、城镇化水平和人口密度等方面^[11-13]。其中,关于经济赶超和产业数字化对绿色发展影响的相关研究主要从三个方面展开:

(1)经济赶超和绿色发展。近年来,数字经济在中国GDP占比日益增加,有些区域甚至超过50%,地方经济增长目标与方式会影响地方政府对市场经济的干预行为^[14]。鉴于地方政府在中国经济发展方式转型过程中具有重要作用^[4],不同地区之间的经济赶超行为与中国绿色发展转型息息相关。由于地方政府考核目标和考核方式的导向,学界关于经济赶超对绿色发展的作用方向的研究并不多。在以数字经济增长目标为主要实现工具的晋升体制下,数字追赶水平的提升会刺激地方政府之间争夺人才、技术以及资本等资源要素,降低对能源消耗和环境污染的约束,以换取本区域经济利益的迅速上升,导致数字发展水平落后区域发展低水平产业从而加重环境污染,因此有学者认为数字追赶并不利于整体区域绿色发展水平的提升^[15]。也有学者认为适度的经济赶超才有利于地区绿色发展水平的提升^[16]。还有学者进一步发现,基于不同的测算角度^[17],不同政绩考核体系^[18],经济赶超与绿色发展的关系存在区域异质性。

(2)产业数字化和绿色发展。基于现有研究,产业数字化对绿色发展的影响是十分复杂的,在不同的产业中既存在线性正向促进^[19]、线性负向抑制特征^[20-21],又存在非线性特征^[1,22-23]。二者的关系之所以出现不同的情况,一方面是因为产业数字化对本区域绿色发展存在正向规模效应,同时对非产业数字化区域存在负向虹吸效应,产业数字化对绿色发展的作用方向取决于正负两种效应的相对大小;另一方面是因为研究方法、研究时间范围以及研究角度等的选取有差异。

(3)经济赶超、产业数字化与绿色发展。产业数字化可以通过要素流动、创新扩散和产业转移等机制带动区域的经济的发展,缓解地方政府在经济上的压力,从而有可能削弱经济赶超对区域绿色发展的负向抑制作用,即产业数字化会对经济赶超的绿色发展效应产生影响。与此同时,产业数字化的绿色发展效应也会受到地方政府对市场经济环境的介入程度的影响。已有研究表明,产业数字化的绿色发展效应还会受到经济赶超行为的调节作用^[24]。

综上可得,前期关于产业数字化与绿色发展关系的研究已取得较为丰硕的成果,为后续研究奠定了坚实的基础,但对经济赶超与二者之间的关系研究较少,仍存在一些不足之处:一是在对绿色发展的界定方面,学术界尚未达成一致;二是学术界关于经济赶超与产业数字化对绿色发展的作用特点及方向这一问题尚未深入研究;三是现有研究多单一聚焦于产业数字化或经济赶超对绿色发展的影响,鲜有文献将经济赶超、产业数字化和绿色发展纳入统一框架进行分析。不同于已有研究,本文利用 2012—2021 年中国 30 个省市的相关数据,首先基于新经济增长理论、复合生态系统理论,构建绿色发展质量评价指标体系,对中国绿色发展水平进行测度;其次运用空间杜宾模型,将经济赶超、产业数字化和绿色发展纳入统一分析框架,深入探讨经济赶超和产业数字化以及两者交互项对绿色发展的影响并分析其成因,拓展经济赶超和产业数字化对区域绿色发展的现有研究,以期为中国继续推进绿色发展进程提供一定的政策依据和参考。

一、理论分析

(一)经济赶超影响绿色发展的机理分析

以 GDP 增长为核心的政绩考核机制,一方面会导致地方政府对经济发达地区或同等经济水平地区的追赶或超越,其主要目的在于获取经济和政治利益^[16],另一方面会刺激地区之间形成经济增长和政治晋升锦标赛格局。为获得经济增长和政治晋升,地方政府会采取一定手段干预市场经济,这种干预不仅会对本地区经济发展产生影响,还会通过地区之间的竞争行为影响邻近地区的资源空间配置效率^[15]。在较小的竞争“压力”下,处于竞争优势的经济发达地区更加倾向于大规模投入数字经济,走高质量发展道路,继而形成对欠发达区域发展的技术壁垒^[25];为快速获得经济和政治利益,处于竞争劣势的经济欠发达地区会主动引入污染和劳动密集型产业,以提升规模效率的方式实现对经济增长的追赶^[26],难以发展绿色环保和高技术相关产业。总而言之,经济追赶或超越的空间越大,邻近地区之间的互补性越强,对欠发达区域的绿色发展抑制作用就越大。随着经济追赶或超越空间的缩小,不同地区之间的同质竞争逐渐增强,地方政府会放松对环境污染和外资引进的管制标准,从而压缩其绿色发展提升的空间。由此,本文提出假说 1。

假说 1:经济赶超对“本地-邻地”绿色发展的影响为非线性,经济追赶或超越空间越大,其对区域绿色发展的促进作用越强,达到一定水平会形成天花板效应压缩其提升空间。

(二)产业数字化影响绿色发展的机理分析

在经济发展过程中,产业数字化的本质就是处在特定区域内的资源要素在地理空间上进行优化配置^[19]。产业数字化通过提升规模收益推动地区经济增长,在一定程度上对地区环境质量产生影响。基于地理学第一定律,产业数字化会对邻近地区存在空间溢出效应^[20]。适度的产业数字化能够有效发挥共享、匹配、学习等机制,形成优势共享的产业发展布局,提升资源要素在空间上的配置效率,降低运输和生产成本,并有利于邻近地区之间形成良性互动发展格局,最终有助于提升地区绿色发展水平,有利于通过“标杆协同效应”带动邻近地区的绿色发展水平。较高的产业数字化水平往往伴随产能扩张和平台垄断,对地区能源和环境产生的压力激增,不利于共享、匹配、学习等机制的发挥,制约地区绿色发展水平的提升^[27]。过度数字化也会抢占邻近地区的资源要素,使得资源要素在空间上配置失衡形成垄断,抑制邻近地区的经济超速发展,进而对邻近地区绿色发展产生负向影响^[28]。较低产业数字化水平导致无法形成合理的产业分工格局,容易激发地区之间形成同质竞争,缩减地区绿色发展水平提升的空间。产业数字化也具有网络效应,这种网络效应可以推动绿色发展,例如共享经济可以提高资源利用率、减少浪费。但产

业数字化也可能产生负面外部性,如过度依赖数字技术可能导致电力消耗增加、产生电子废物等。产业数字化对本地和邻地的影响可能会因地理、文化、经济等因素而异,对于缺乏相应基础设施或人才的邻地来说,这种影响可能会较小或延迟出现。由此,本文提出假说2。

假说2:产业数字化对“本地-邻地”绿色发展的影响为非线性,产业数字化水平的高低对不同区域的绿色发展水平有异质性影响。

(三)经济赶超与产业数字化交互项影响绿色发展的机理分析

经济赶超与产业数字化的不同发展水平对不同地区绿色发展的影响存在复杂的互相抵消效应。一方面,经济赶超引致的地方政府竞争对区域经济发展互补性产生推动作用,弥补产业数字化对绿色发展的负向影响^[4-5];另一方面,产业数字化加剧了区域经济发展的异质性,拉大了地区之间经济追赶或超越的空间,从而增强了经济赶超对地区绿色发展的正向影响^[9,18]。但是,由于地区之间存在一定的市场分割和行政壁垒,经济赶超与产业数字化在不同时期发展水平的交互项无法产生正向空间溢出效应,从而对邻近地区绿色发展产生负向影响。据此,本文提出假说3。

假说3:经济赶超与产业数字化对绿色发展存在相互抵消效应,即对本地区存在正向交互效应,对邻近地区绿色发展存在负向交互效应。

二、研究设计

(一)研究方法

不同地区之间的绿色发展水平、产业数字化和经济赶超存在一定的关联,即存在空间溢出效应^[29]。因此,本文在对经济赶超和产业数字化的绿色发展效应进行估计时,需要在模型中引入经济赶超、产业数字化以及绿色发展水平的空间滞后项,基于空间视角,建立空间杜宾模型:

$$\begin{aligned} quality_{it} = & \rho Wquality_{it} + \beta_0 + \alpha_1 agg_{it} + \alpha_2 agg_{it}^2 + \alpha_3 ecu_{it} + \alpha_4 ecu_{it}^2 + \sum_{n=1}^5 \beta_n Z_{nit} \\ & + \alpha_1' Wagg_{it} + \alpha_2' Wagg_{it}^2 + \alpha_3' Wecu_{it} + \alpha_4' Wecu_{it}^2 + \sum_{n=1}^5 \beta_n' WZ_{nit} + \epsilon_{it} \quad (1) \end{aligned}$$

其中, W 为空间邻接权重矩阵,即当省份*i*与省份*j*相邻时,其元素取值为1,否则为0; $quality_{it}$ 、 ecu_{it} 和 agg_{it} 分别为第*t*年省份*i*的绿色发展水平、经济赶超程度和产业数字化水平, $Wquality_{it}$ 、 $Wecu_{it}$ 和 $Wagg_{it}$ 分别为其对应的空间滞后项;经济赶超和产业数字化的二次项用以检验两者对绿色发展的非线性影响;表示一系列控制变量。

为进一步探究经济赶超和产业数字化对区域绿色发展的交互效应,本文在公式(1)的基础上,引入经济赶超和产业数字化的交互项,构建如下模型:

$$\begin{aligned} quality_{it} = & \rho Wquality_{it} + \beta_0 + \alpha_1 agg_{it} + \alpha_2 agg_{it}^2 + \alpha_3 ecu_{it} + \alpha_4 ecu_{it}^2 + \alpha_5 (ecu_{it} \times agg_{it}) + \sum_{n=1}^5 \beta_n Z_{nit} \\ & + \alpha_1' Wagg_{it} + \alpha_2' Wagg_{it}^2 + \alpha_3' Wecu_{it} + \alpha_4' Wecu_{it}^2 + \alpha_5' W(ecu_{it} \times agg_{it}) + \sum_{n=1}^5 \beta_n' WZ_{nit} + \epsilon_{it} \quad (2) \end{aligned}$$

其中, $ecu_{it} \times agg_{it}$ 和 $W(ecu_{it} \times agg_{it})$ 分别表示经济赶超和产业数字化的交互项及其空间滞后项,用以检验经济赶超和产业数字化对区域绿色发展的交互效应,其他符号的含义同公式(1)。

(二)变量说明与数据来源

1. 被解释变量为绿色发展指数($quality$)

准确、全面地衡量中国绿色发展水平是进行相关分析的重中之重。产生于20世纪80年代

的复合生态系统理论就已经明确指出,人类社会是一个由社会、经济、自然三大系统耦合形成的复合系统,妥善处理好该系统内部亚系统之间的关系是解决社会重大问题的关键所在^[30]。社会、经济、自然是构成人类社会的基本系统,实现绿色发展必须考虑社会、经济、自然三系统的协调共生。因此,依据绿色发展的概念及内涵特征,本文综合复合生态系统理论、可持续发展指标体系以及相关研究成果^[31],从经济、生态和社会三个维度构建绿色发展水平评价指标体系(表 1),并运用面板数据熵值法测算相关指标的权重,从而以各指标的加权总和作为地区绿色发展指数。关于指标层相关变量的选择,利用频度分析法对同类指标体系进行对比分析,基于科学性、系统性以及数据的可得性等原则,选取其中使用频度较高的指标。

表 1 绿色经济发展水平评价指标体系

系统层	准则层	指标层	单位	作用方向
绿色发展	经济系统	GDP 增长率	%	正向
		人均 GDP	元	正向
		数字经济增速	%	正向
		专利申请数	件	正向
	生态系统	单位产出工业废水排放量	万吨/亿元	负向
		单位产出二氧化硫排放量	吨/亿元	负向
		单位产出烟(粉)尘排放量	吨/亿元	负向
		绿化覆盖率	%	正向
		人均第一产业产值	元	正向
	社会系统	城乡消费泰尔指数	%	负向
		城乡收入泰尔指数	%	负向
		人均教育经费	元	正向
		每 10 万人在校大学生数	人	正向
		人均最低生活保障	元	正向

2. 核心解释变量为经济赶超(*ecu*)和产业数字化(*agg*)

在现有政绩考核体制下,地方政府往往以数字发展水平地区或邻近地区为标杆,实施对区域内的资源要素、资本、人才等的吸引和竞争,以缩小与数字发展水平较高地区之间的差距,最终实现经济和政治利益最大化。因此,借鉴经济赶超的设计指标^[32]和现有研究^[4,18],本文综合考虑地区自身与相邻地区、全国层面的数字发展差距,对经济赶超进行量化,即

$$ecu_i = \frac{\text{相邻省份最高数字发展水平}_i}{\text{本省数字发展水平}_i} \times \frac{\text{全国省份最高数字发展水平}_i}{\text{本省数字发展水平}_i}$$

其中, ecu_i 为省份 i 第 t 年的经济赶超水平,其数值越大表示经济追赶或超越空间越大,即省份 i 的数字追赶和超越目标越高。本文借鉴刘波等构建的产业数字化指标体系^[33],以及产业数字化测算的已有研究^[17],从产业数字化的投入、应用、能力以及基础等方面构建评价指标体系。

3. 控制变量

为增强经济赶超和产业数字化的绿色发展效应估计结果的可靠性,综合考虑已有相关研究中选用频率较高的控制变量,本文选取产业结构(*ind*)、政府干预(*gov*)、对外开放程度(*open*)、人力资本水平(*edu*)和城镇化率(*urb*)作为控制变量。产业结构为第二产业增加值占 GDP 比重,政府干预的代理变量为地方政府财政支出占 GDP 比重,对外开放程度利用货物进出口总额占

GDP 比重表示,人力资本水平采用各省市人均受教育年限衡量,城镇化率采用城镇人口与总人口比重衡量。

本文研究范围为中国除港澳台和西藏以外的 30 个省份,数据主要来源于 2012—2022 年《中国统计年鉴》《中国统计摘要》《中国区域统计年鉴》以及历年各地区统计年鉴。对于少数缺失的数据,采取插值法进行填补。考虑到数据的平稳性和异方差,所有变量进行加 1 之后取自然对数处理。此外,上述用货币表示的指标均以 2012 年为基期利用 GDP 平减指数进行平减。主要变量的基本情况见表 2。

表 2 变量的描述性统计

变量符号	变量含义	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
lnquality	绿色发展水平	300	0.236	0.050	0.123	0.475
lndigcp	经济赶超	300	1.173	0.407	0.096	2.456
lnagg	产业数字化	300	0.621	0.164	0.336	1.006
lnind	产业结构	300	3.747	0.233	2.823	4.072
lnopen	对外开放程度	300	2.885	0.877	0.567	4.977
lninv	固定资产投资	300	4.338	0.403	3.091	5.004
lnfd	政府干预	300	0.394	0.123	0.141	0.658

(三)空间相关性检验

为了检验绿色发展水平是否存在空间效应,本文利用全局 Moran's I 指数计算空间相关性,具体公式如下:

$$Global\ Moran's\ I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (3)$$

其中, X_i 表示省份 i 的绿色发展水平, W_{ij} 为空间邻接权重矩阵。若全局 Moran's I 指数取值大于 0,则不同地区绿色发展水平在空间上存在正相关性;若全局 Moran's I 指数取值小于 0,则绿色发展水平在空间上存负相关性;若全局 Moran's I 指数取值为 0,则不同地区的绿色发展水平在空间上不存在相关性。

对 2012—2021 年中国 30 个省份的绿色发展水平全局莫兰指数进行计算,结果如表 3 所示。由表 3 可得,中国绿色发展水平的全局莫兰指数为 0.23 左右,且均通过 1% 显著性检验,即中国绿色发展水平在空间上具有显著正相关性。因此,在对其影响因素进行分析时,应采用空间计量模型。

表 3 2012—2021 年中国绿色发展水平全局莫兰指数

年份	Moran's I	Z 值	p 值	年份	Moran's I	Z 值	p 值
2012	0.235	2.674	0.004	2017	0.208	2.545	0.005
2013	0.23	2.624	0.004	2018	0.205	2.519	0.006
2014	0.221	2.554	0.005	2019	0.192	2.452	0.007
2015	0.221	2.598	0.005	2020	0.191	2.374	0.007
2016	0.21	2.547	0.005	2021	0.189	2.300	0.000

(四)空间计量模型选择

由于中国不同省份的绿色发展水平存在显著的空间正相关性,故相对于传统面板计量模型,空间计量模型能够更加准确地估计经济赶超、产业数字化对区域绿色发展的影响。空间计量模型主要包括空间滞后模型、空间误差模型以及空间杜宾模型三种,为选择更加合适的模型需要进行系列检验,具体结果见表 4。根据 LM、LR 和 Wald 检验结果可得,空间杜宾模型优于其他两种空间计量模型。同时,Hausman 检验结果通过 1% 显著性检验,故固定效应模型优于随机效应模型。因此,本文选用固定效应的空间杜宾模型进行估计。

表 4 空间计量模型检验结果

检验	统计值	p 值	检验	统计值	p 值	检验	统计值	p 值
LM-spatial lag	82.011	0.000	Wald-spatial lag	67.100	0.000	Robust LM-spatial error	0.285	0.593
LM-spatial error	59.950	0.000	Hausman 检验	30.270	0.000	LR-spatial error	75.260	0.000
LR-spatial lag	109.010	0.000	Robust LM-spatial lag	22.346	0.000	Wald-spatial error	37.670	0.000

三、中国绿色发展水平的时空动态演变趋势

非参数核密度估计方法可以基于数据本身的特征对其概率密度进行估计,揭示目标对象的分布特征及其随时间的演变趋势。本文运用核密度估计方法对中国绿色发展水平数据进行拟合,以判断绿色发展水平在 2012—2021 年期间的分布形态和演变趋势(图 1)。

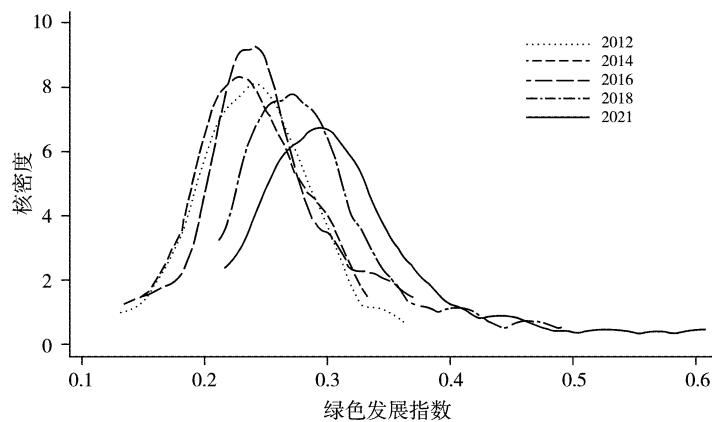


图 1 中国绿色发展指数核密度曲线

从分布位置看,随着时间的推移,绿色发展水平的核密度分布曲线持续向右移动,表明中国绿色发展有向更高水平提升的趋势,绿色发展战略取得显著成效;从分布形态看,绿色发展水平分布曲线的主峰高度在 2016 年之前逐渐上升,在 2016 年达到最高,2016 年之后急剧下降,且曲线宽度先减小后增大,表明中国绿色发展水平内部差异经历了先缩小后扩大的过程,总体上表现为扩大的趋势;从分布延展性来看,中国绿色发展水平分布曲线存在显著的右拖尾现象,主要原因在于上海、北京和广东等省份的绿色发展水平始终远高于整体均值。此外,绿色发展水平的核密度估计曲线的分布延展性有所拓展,主要是由于绿色发展水平较高的上海市和北京市仍在持续以较高的速度发展,即“优者更优”效应使得延展性有所扩展,这也是中国绿色发展水平内部差异进一步扩大的直接原因;从极化趋势看,中国绿色发展水平分布具有显著的梯度效应,其分布除具有一个主峰以外,还存在一些较小的侧峰,且主峰和侧峰之间的距离始终保持在较高水平,

表明在中国绿色发展水平提升的过程中存在较大的内部差异和较强的集聚效应。

四、实证结果分析

(一)经济赶超和产业数字化对绿色发展的估计结果

基于 2012—2021 年中国 30 个省份的面板数据,根据前文构建的空间杜宾模型,采用极大似然估计方法估计经济赶超、产业数字化对绿色发展的影响,结果见表 5。模型(1)(2)用以考察经济赶超、产业数字化对区域绿色发展的影响,模型(3)在前者的基础上引入两者的交互项,以探究经济赶超和产业数字化对区域绿色发展的交互效应。为了对比,表 5 同时列出了面板 OLS 估计结果。对比传统面板 OLS 和空间杜宾模型估计结果可得,经济赶超、产业数字化以及两者交互项的系数方向基本一致,在一定程度上验证了估计结果的稳健性。同时,变量估计系数的大小及显著性差异反映了利用传统面板回归模型进行估计所产生的偏误。经济赶超和产业数字化交互与绿色发展之间显著性不明显反映二者的相互抵消作用。

表 5 经济赶超和产业数字化对绿色发展水平的估计结果

变量	空间杜宾模型			OLS
	(1)	(2)	(3)	(4)
$Indigcp$	0.056*** (0.006)	0.040*** (0.007)	0.043*** (0.007)	0.027*** (0.010)
$Indigcp^2$	-0.020*** (0.007)	-0.010 (0.007)	-0.011 (0.007)	-0.010 (0.010)
$lnagg$	—	-0.117*** (0.029)	-0.108*** (0.029)	-0.048 (0.048)
$lnagg^2$	—	-0.474*** (0.096)	-0.501*** (0.115)	-0.534*** (0.170)
$\ln(digcp \times agg)$	—	—	-0.024 (0.032)	0.075 (0.052)
$W \times Inquality/Cons$	0.530*** (0.108)	0.388*** (0.122)	0.372*** (0.123)	0.661*** (0.065)
$W \times Indigcp$	-0.134*** (0.025)	-0.134*** (0.026)	-0.096*** (0.031)	—
$W \times Indigcp^2$	-0.040* (0.023)	-0.032 (0.022)	0.008 (0.025)	—
$W \times lnagg$	—	-0.115 (0.165)	-0.095 (0.168)	—
$W \times lnagg^2$	—	-1.485*** (0.518)	-1.299** (0.525)	—
$W \times \ln(digcp \times agg)$	—	—	0.523*** (0.173)	—
log-likelihood	802.695	822.029	826.765	—
R^2	0.785	0.813	0.819	0.521
N	300	300	300	300

注:括号内的数据为标准误,*、**和***分别表示在10%、5%和1%水平下显著,下同。

(二)经济赶超和产业数字化的绿色发展直接效应和空间溢出效应

由于绿色发展水平的空间滞后项估计系数显著不为 0,故采用空间杜宾模型估计系数衡量经济赶超和产业数字化对绿色发展的影响会存在系统性偏误。因此,进一步采用偏微分法对经济赶超和产业数字化对区域绿色发展的点估计结果进行直接效应和空间溢出效应分解(表 6)。

表 6 经济赶超、产业数字化对绿色发展的直接和空间溢出效应分解

模型	$\ln digcp$	$\ln digcp^2$	$\ln agg$	$\ln agg^2$	$\ln(digcp \times agg)$	
直接效应	(1)	0.051*** (0.006)	-0.023*** (0.006)	—	—	—
	(2)	0.036*** (0.007)	-0.012* (0.006)	-0.120*** (0.034)	-0.515*** (0.107)	—
	(3)	0.040*** (0.007)	-0.011* (0.006)	-0.111*** (0.035)	-0.538*** (0.138)	-0.013 (0.037)
间接效应	(1)	-0.219*** (0.061)	-0.114*** (0.041)	—	—	—
	(2)	-0.198*** (0.057)	-0.058 (0.038)	-0.250 (0.292)	-2.673*** (0.887)	—
	(3)	-0.128** (0.057)	0.010 (0.047)	-0.222 (0.325)	-2.420** (1.128)	0.859** (0.345)
总效应	(1)	-0.167*** (0.061)	-0.137*** (0.042)	—	—	—
	(2)	-0.162*** (0.058)	-0.070* (0.040)	-0.370 (0.304)	-3.188*** (0.934)	—
	(3)	-0.087 (0.059)	-0.001 (0.050)	-0.333 (0.340)	-2.958** (1.218)	0.846** (0.352)

由模型(1)的效应分解结果可得,经济赶超对“本地-邻地”绿色发展的影响是非线性的,经济追赶或超越空间越大,其对区域绿色发展的促进作用越强,达到一定水平后会形成天花板效应压缩其提升空间,假说 1 成立。当经济赶超水平处于初始发展阶段时,地方政府的数字追赶行为促使区域形成错位分工的产业分布格局,有利于提升资源要素在空间上的配置效率,从而进一步促进发达地区的经济发展方式转型,除此之外,经济发达地区也会通过辐射示范效应促进邻近地区绿色发展水平的提升^[16]。对于经济赶超处于曲线拐点附近的地区,经济赶超水平过大区域易产生虹吸效应,出于对经济发达地区的追赶或超越的目的,地方政府会介入市场经济的运行,对资源要素在空间上的配置进行干预,而这种以“增长”为导向的行为一方面会因追求短期经济利益而放松对环境治理、外资引进等方面的约束,在此过程中难免会对生态环境造成破坏,进而不利于区域绿色发展水平的提升,另一方面也会引致对发达地区发展方式的盲目效仿,从而加剧资源要素错配程度,由此对区域绿色发展产生制约作用。这一发现也在一定程度上再次验证了地方政府之间存在的“同群效应”^[34]。由模型(2)效应分解结果可得,产业数字化对“本地-邻地”绿色发展的影响为非线性,较高或较低的产业数字化水平均不利于区域绿色发展水平的提升,这一结论与孙慧等^[23]的发现基本一致,也验证了假说 2。过高或过低的产业数字化水平不利于发挥其

共享、学习和匹配机制,使得产业数字化对区域绿色发展的抑制效应大于促进效应,从而对区域绿色发展产生负向影响。由模型(3)效应分解结果可得,经济赶超与产业数字化对绿色发展的交互效应不显著,根据假说1和2的结论,可能的原因是经济赶超与产业数字化对绿色发展的影响为非线性,表明经济赶超和产业数字化对地区内部绿色发展的影响存在“互补”关系,对邻近地区绿色发展的影响存在“互斥”关系,假说3得以验证。对经济发展水平较高的地区而言,适度的产业数字化水平可以通过吸引高端技术、知识等资源要素推动本地区经济发展方式转型,从而强化经济赶超对地区绿色发展水平的正向促进作用;对经济发展水平较低的地区而言,地方政府在经济方面的追赶或超越行为推动区域内不同地区之间的产业转移,加快要素在空间上的再配置,弱化产业数字化对本地区绿色发展的负向影响。除此之外,由于不同地区之间存在一定的市场分割和行政壁垒,经济赶超和产业数字化对邻近地区绿色发展的影响目前无法形成“互补”关系,即经济赶超无法缓解产业数字化对邻近地区绿色发展的负向影响。

五、稳健性检验^①

为进一步验证以上估计结果的稳健性,本文分别以替换空间权重矩阵和滞后关键解释变量的方式进行稳健性检验,结果见表7。

表7 稳健性检验结果

变量	直接效应			间接效应		
	(5)	(6)	(7)	(5)	(6)	(7)
<i>ecu</i>	-0.017*** (0.004)	-0.017*** (0.004)	-0.015*** (0.004)	0.003 (0.012)	0.007 (0.010)	0.006(0.009)
<i>ecu</i> ²	0.009*** (0.003)	0.007*** (0.003)	0.007*** (0.003)	0.0025*** (0.008)	0.022*** (0.008)	0.024*** (0.008)
<i>agg</i>	-0.035*** (0.011)	-0.002 (0.011)	-0.017* (0.010)	-0.017 (0.028)	-0.109*** (0.031)	-0.146*** (0.033)
<i>agg</i> ²	-0.215*** (0.040)	-0.237*** (0.038)	-0.346*** (0.040)	-0.510*** (0.141)	-0.470*** (0.089)	-0.652*** (0.100)
<i>ecu</i> × <i>agg</i>	0.062*** (0.013)	0.039*** (0.012)	0.022* (0.011)	-0.155*** (0.022)	-0.101*** (0.024)	-0.119*** (0.023)

在模型(5)中,基于空间经济距离权重矩阵对公式(3)进行估计;对模型(6)(7)而言,考虑到经济赶超、产业数字化与绿色发展存在互为因果的关系,借鉴已有研究的做法^[35-37],分别将关键解释变量滞后一期和滞后二期进行估计,以此在一定程度上缓解模型的内生性问题。综合模型(5)(6)(7)的效应分解结果可得,估计结果与前文所得结论基本一致,证明了研究结果的稳健性和可靠性。

六、结论与建议

随着绿色发展战略的不断推进,如何有效提升中国整体绿色发展水平成为重点话题。利用2012—2021年中国30个省市的面板数据,首先,基于复合生态系统理论,构建绿色发展评价指

① 考虑到篇幅问题,本文未报告更换空间权重和被解释变量的估计结果,仅展示了部分效应分解结果。

标体系,对中国绿色发展水平进行测算,并运用核密度估计方法对其时空分布特征及演变趋势进行分析;其次,运用空间杜宾模型探究了经济赶超、产业数字化以及两者交互项对绿色发展的直接效应、空间溢出效应。研究表明:第一,中国绿色发展水平在时间维度表现出向高水平集聚的趋势,而在空间上较大的内部差异成为中国整体绿色发展水平进一步提升的障碍;第二,绿色发展水平具有显著空间正相关性,经济赶超、产业数字化分别与“本地-邻地”绿色发展之间存在非线性关系,其影响作用对不同区域具有异质性;第三,经济赶超和产业数字化的交互作用在不同区域存在“互补”与“互斥”关系,应根据不同区域的特点进行设计与规划。

基于以上研究结论,本文提出以下政策启示:(1)继续加强绿色发展相关政策和数字中国发展战略的引导。应根据不同地区情况形成适度的产业数字化水平和合理的产业分布格局。对于经济先发省份,应加强数字技术产业的发展;对于经济后发省份,利用产业数字化带来的规模效应,通过实施数字技术逐渐淘汰高耗能、高污染和高排放的产业。(2)持续推进区域绿色发展一体化战略,并充分利用绿色发展水平较高地区的示范效应。加强各地在绿色发展方面的合作与交流,打破行政壁垒并统筹集聚区产业规划以实现区际间互通有无。这样可以协同推进绿色发展并共同践行“绿水青山就是金山银山”的理念。(3)处理好经济赶超和产业数字化之间关系。必须完善地方政府考核和激励机制,并构建以绿色发展为基础导向的考核体系。降低经济增长总量所占权重,逐渐提高生态环境类指标的权重。通过数字技术的发展应用,使得地方政府在环境治理方面的“逐底竞争”转为“逐顶竞争”,引导其关注经济高质量、绿色发展而非对经济增长数量的盲目追赶或超越。这样可以形成适度的产业分配格局和有效的经济赶超良性互动,促进区域资源有效配置和产业结构优化升级,并实现建设美丽中国目标。

参考文献

- [1] 费威,于宝鑫,王维国.数字经济发展与碳减排:理论推演与实证检验[J].经济学家,2022(11):74-83.
- [2] 林伯强,谭睿鹏.中国经济集聚与绿色经济效率[J].经济研究,2019,54(2):119-132.
- [3] WU H T, LI Y W, HAO Y, et al. Environmental decentralization, economic catching-up, and regional green development: Evidence from China[J]. The Science of the Total Environment, 2020, 708(3):1-15.
- [4] 何爱平,安梦天.地方政府竞争、环境规制与绿色发展效率[J].中国人口·资源与环境,2019,29(3):21-30.
- [5] 罗富政,罗能生.政府竞争、市场集聚与区域经济协调发展[J].中国软科学,2019(9):93-107.
- [6] 朱东波.习近平绿色发展理念:思想基础、内涵体系与时代价值[J].经济学家,2020(3):5-15.
- [7] 王勇,李海英,俞海.中国省域绿色发展的空间格局及其演变特征[J].中国人口·资源与环境,2018,28(10):96-104.
- [8] 滕堂伟,孙蓉,胡森林.长江经济带科技创新与绿色发展的耦合协调及其空间关联[J].长江流域资源与环境,2019,28(11):2574-2585.
- [9] 徐晓光,樊华,苏应生,等.中国绿色经济发展水平测度及其影响因素研究[J].数量经济技术经济研究,2021,38(7):65-82.
- [10] 范金,万伟,袁小慧,等.改革开放40年中国绿色增加值演化趋势与结构分解[J].中国人口·资源与环境,2019,29(10):79-89.
- [11] 黄磊,吴传清.外商投资、环境规制与长江经济带城市绿色发展效率[J].改革,2021(3):94-110.
- [12] FERNÁNDEZ E, RAFAELA Pérez, JESÚS Ruiz. Optimal green tax reforms yielding double dividend[J]. Energy Policy, 2011, 39(7):4253-4263.
- [13] RÜSTEMOĞLU Hasan. Factors affecting Germany's green development over 1990-2015: a comprehensive environmental analysis[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2019, 26(9):1-16.
- [14] 余泳泽,刘大勇,龚宇.过犹不及事缓则圆:地方经济增长目标约束与全要素生产率[J].管理世界,2019,35(7):

26-42.

- [15] 邓晓兰,刘若鸿,许晏君. 经济分权、经济赶超与城市全要素生产率[J]. 财政研究,2019(4):23-41.
- [16] 杜宇,吴传清,邓明亮. 政府竞争、市场分割与长江经济带绿色发展效率研究[J]. 中国软科学,2020(12):84-93.
- [17] 林妍. 产业数字化与绿色技术创新耦合协调测度与分析[J]. 中国流通经济,2023,37(2):68-78.
- [18] 汪克亮,赵斌,丁黎黎. 经济赶超、结构转型与绿色全要素生产率[J]. 山西财经大学学报,2021,43(1):15-26.
- [19] 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.
- [20] 张可,汪东芳. 经济集聚与环境污染的交互影响及空间溢出[J]. 中国工业经济,2014(6):70-82.
- [21] VERHOEF E T, NIJKAMP P. Externalities in urban sustainability: Environmental versus localization-type agglomeration externalities in a general spatial equilibrium model of a single-sector monocentric industrial city [J]. *Ecological Economics*, 2002, 40(2):157-179.
- [22] 孙慧,朱俏俏. 中国资源型产业集聚对全要素生产率的影响研究[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(1):121-130.
- [23] BRULHART M, SBERGAMI F. Agglomeration and growth: cross-country evidence[J]. *Journal of Urban Economics*, 2009, 65(1):48-63.
- [24] LIN S W, BEN T M. Impact of government and industrial agglomeration on industrial land prices: A Taiwanese case study[J]. *Habitat International*, 2009, 33(4):412-418.
- [25] DIJKSTRA B R, MATHEW A J, MUKHERJEE A. Strict environmental policy: An incentive for FDI[J]. *Faculty Working Papers*, 2011.
- [26] 高琳,高伟华. 竞争效应抑或规模效应:辖区细碎对城市长期经济增长的影响[J]. 管理世界,2018,34(12):67-80.
- [27] 李治国,王杰,王叶薇. 经济集聚扩大绿色经济效率差距了吗?:来自黄河流域城市群的经验证据[J]. 产业经济研究,2022(01):29-42.
- [28] 孙克,聂坚,游细斌,等. 长江中游城市群生产性服务业的分工特征及空间效应分析[J]. 经济地理,2018,38(2):123-132.
- [29] TOBLER W R. A computer movie simulating urban growth in the detroit region[J]. *Economic Geography*, 2016, 46:234-240.
- [30] 马世骏,王如松. 社会-经济-自然复合生态系统[J]. 生态学报,1984(1):1-9.
- [31] 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.
- [32] BRETON A. *Competitive governments: an economic theory of politics and public finance*[M]. New York: Cambridge University Press, 1996.
- [33] 刘波,洪兴建. 中国产业数字化程度的测算与分析[J]. 统计研究,2022,39(10):3-18.
- [34] 邓慧慧,赵家羚. 地方政府经济决策中的“同群效应”[J]. 中国工业经济,2018(4):59-78.
- [35] 肖周燕. 政府调控、市场机制与城市发展[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(4):40-47.
- [36] ZHAO X, LIU C, YANG M. The effects of environmental regulation on China's total factor productivity: An empirical study of carbon-intensive industries[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 179:325-334.
- [37] 黄伟华,祁春节,方国柱,等. 农业环境规制促进了小麦绿色全要素生产率的提升吗? [J]. 长江流域资源与环境,2021,30(2):459-471.

Economic Catching-up, Industrial Digitalization and Green Development: An Empirical Analysis Based on Provincial Panel Data in China

JIN Fei^{1, 2}

(1. University of the East, Manila, 1008, Philippines;

2. School of Economics and Management, Nantong University, Nantong, Jiangsu, 226019, China)

Abstract: High-quality green development is the internal requirement of building a socialist modern power in an all-round way. Economic catching-up and industrial digitalization are important factors affecting green development. Based on the inter-provincial panel data of China from 2012 to 2021, the new economic growth theory and composite ecosystem theory are used to construct the green development quality evaluation index system with the economic, social and ecological system as the core, and the kernel density estimation method is used to analyze its space-time distribution characteristics and evolution trend. On this basis, the spatial Dubin model is used to explore the impact of economic catching-up on the regional green development level from the perspective of industrial digitalization. The research results show that: (1) the overall level of green development in China is constantly improving, with significant regional differences; (2) The impact of economic catching-up on the “local-neighborhood” green development is non-linear, while a ceiling effect will be formed to compress its space for improvement after reaching a certain level; (3) The impact of industrial digitalization on the “local-neighborhood” green development level is non-linear, the higher or lower level of which is not conducive to the promotion of regional green development level; (4) The interaction between economic catching-up and industrial digitalization has a positive effect on local green development, but a negative one on the green development of neighboring areas. Therefore, we should improve the assessment and incentive mechanism for government officials, giving full play to the complementary role of economic catching-up and industrial digitalization in local green development, and breaking administrative barriers to promote the formation of a linkage mechanism for green development strategies among regions.

Key words: economic catching-up; industrial digitalization; green development; spatial Dubin model

〔责任编辑:陈济平〕