

【综合研究】

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

胡士华 黄天鉴 王 楷

【摘要】数字经济与绿色经济协同发展已成为中国经济高质量发展与可持续发展的内在要求和必然选择。本文在系统梳理数字经济与绿色经济协同发展内在机理的基础上,基于中国30省2010–2020年的面板数据构建了数字经济与绿色经济协同发展指标体系,并运用Dagum基尼系数及分解、Kernel核密度估计和空间收敛模型进行实证研究。研究发现:(1)中国数字经济与绿色经济得到了有效协同,两者的协同发展水平呈现逐年递增的良好发展态势,三大区域呈现出“东高西低”的空间格局;(2)中国数字经济与绿色经济协同发展水平仍存在较大的区域差异,但总体上呈现波动下降趋势,区域间差异是其主要来源;(3)中国数字经济与绿色经济的协同发展水平处于上行轨道,两极分化现象正逐渐改善;(4)长期来看,中国数字经济与绿色经济协同发展度将趋于一个稳态水平。建议政府重点关注各区域数字经济与绿色经济协同发展的平衡性、动态把握数字经济与绿色经济协同发展的规律与进程、因地制宜地出台相关政策措施。

【关键词】数字经济;绿色经济;协同效应;时空分异

【作者简介】胡士华,男,西南大学经济管理学院教授,博士,博士生导师,主要从事金融理论与政策研究;黄天鉴,男,西南大学经济管理学院硕士生,主要从事数字金融与普惠金融研究;王楷,男,西南大学经济管理学院硕士生,主要从事金融投资与风险管理研究(重庆 400715)。

【原文出处】《现代财经(天津财经大学学报)》,2022.9.3~19

【基金项目】国家哲学社会科学基金项目(19AJY015);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(SWU1909033)。

一、引言

近年来,随着大数据、云计算等技术的迅速发展,数字经济已成为引领我国经济高质量发展的重要引擎。党的十八大提出要大力发展数字经济,并先后出台了网络强国、宽带中国、“互联网+”行动等一系列政策措施促进数字经济蓬勃发展;2017年数字经济又先后出现在政府工作报告和党的十九大报告中;《中国互联网发展报告(2021)》显示,2020年我国数字经济增加值已经达到39.2万亿元,占GDP的比重高达38.6%,同比增长9.7%,可见数字经济在我国经济发展中的战略地位。与此同时,随着我国经济发展向集约化、效率化和生态化模式进行转变,绿色发展已成为当前中国经济发展的必然选择,也成为满足人民日

益增长的优美生态环境需要的必由之路。绿色经济强调兼顾环保与效益,而数字技术通过培育更为灵活、高效的新经济、新业态、新动能^[1],能够在保障一定环保的前提下大幅提高效率。因此,提高数字经济与绿色经济发展的协调性,对我国进一步实现经济高质量发展具有重要的理论及现实意义。

绿色经济已被许多学者所定义^[2],总的来讲,这一概念不仅涵盖了经济效益与环境保护,还与百姓福祉息息相关,如何有效平衡发展、公平和可持续的“不可能三角”、回答新时代的“诺德豪斯之问^①”成为亟待解决的问题。目前学界还未形成绿色经济指标的统一度量标准,但在某些原则与方法上已达成共识。徐晓光等(2021)^[3]从影响因素角度选取社会发

展、经济效率、创新驱动、生态建设、惠民公平5个一级指标并下设20个二级指标,利用熵值法构建绿色经济综合发展指数。张薇(2021)^[4]秉承“创新、协调、绿色、开放、共享”的理念,从经济发展、社会发展和资源环境三方面利用因子分析法构建绿色经济综合指数。张乃明等(2019)^[5]围绕“效率、和谐、生态、持续”四个方面,遵循整体性、可操作性、动态性和科学性原则,利用层次分析法构建绿色经济发展综合指标。上述关于绿色经济指标与体系的构建反映了其评价指标体系研究正在逐步发展,如何更加科学地提升指标体系的稳定性与灵活性等问题依然有待深入研究。已有研究表明,企业规模、经济收益、企业协作和环境规制都是影响绿色发展与创新的重要因素^[6-9],其中环境规制对绿色发展的影响尤为突出。绿色发展需要处理人与自然以及人与人之间的交互影响,这与人类有限理性特征所导致的“认知偏差”和“禀赋特征”相悖,此时就需要政府通过环境规制或征收碳税等方式进行规制和约束^[10]。然而,理想的绿色经济发展模式并非政府主导型而是市场主导型^[11],绿色经济应顺应市场发展规律,进而逐步实现“政府主导型—政府引导型—全民自觉型”的转变。绿色发展通过将抽象的意识形态渗透为人们的自觉行动,重塑人们的价值取向,进而产生社会经济效应:绿色经济发挥资本集聚和资本分配功能使大量资金、技术和人力等资源要素涌入绿色产业^[12],推动产业结构升级与企业低碳转型的同时^[13],对人们的就业与消费产生深远影响^[14-15]。绿色经济现已深度融入社会发展体系之中,为一国经济持续健康发展保驾护航。

数字经济最早由Tapscott在1996年提出^[16],其定义目前在学界还未达成共识。在我国,在2016年G20杭州峰会上数字经济被习总书记首次提及,2017年被正式写入我国政府工作报告,2019年中国信息通信研究院发布《中国数字经济发展与就业白皮书》,从数字产业化和产业数字化对我国数字产业的发展状况进行了分类统计,2021年6月国家统计局发布最新《数字经济及其核心产业统计分类》,从二元结构、三元要素、五大分类^②对数字经济进行严格划分,这成为度量数字经济的官方参考依据。围绕以上定义和测量方法,学界对数字经济展开了广

泛讨论:在宏观层面,数字经济能促进经济高质量发展已在世界范围内达成共识^[17-18]。在中观层面,数字经济通过金融支撑、技术赋能和劳动力禀赋有效推动了传统产业结构转型与升级^[19],进而带动各产业进化到以大数据、云计算和人工智能等信息技术作为核心驱动力的智能新阶段,数字技术进步促使生产效率急剧提高^[20],智能化生产作为产业变革和产业创新的主要方式,在对传统服务业带来挑战的同时,也为实现其创新升级带来契机^[21]。在微观层面,数字经济有助于实现金融普惠并促进家庭增收^[22]、降低城乡收入差距并缓解农民相对贫困^[23]、缓解信息不对称并改变人们的消费方式与行为模式^[24]、影响居民投资理财行为与资产配置^[25]等。除上述影响外,数字经济的环境效应同样值得关注:一方面,数字技术通过优化产业结构并提升能源使用效率^[26]、突破资本固有物化限制并减少企业占地需求^[27]、搭建数字公共平台为居民分享绿色生活理念与方式^[28]等途径发挥了“绿色效应”,有利于经济低碳、健康和可持续发展;另一方面,数字产业作为能源密集型产业,其本身所固有的能源消耗不容忽视^[29],同时数字经济对居民的增收作用也会极大地提升人们对能源消费和使用的需求^[30],不利于经济的绿色发展。

协同发展是指两个及以上主体相互协作完成同一目标,以达到共同发展的双赢效果。数字经济与绿色经济同为中国经济高质量发展的重要推力和目标函数,其在各自发展过程中都形成了相应的发展特点、模式与理念,若能将数字经济与绿色经济发展相结合,实现两者的双轮协同驱动,将对中国经济进一步发展意义重大。钱立华等(2020)^[31]从宏观政策层面阐述了协同发展数字经济与绿色经济的重要性。郑晓云等(2021)^[32]通过构建修正耦合模型测度和分析了我国30个省份的绿色经济与数字经济协调发展水平。可见,有关数字经济与绿色经济协同发展的研究,国内仍处于起步阶段,尚缺少文献系统阐述和分析两者协同发展的内在机理、区域差异和时空特征。

上述文献为本文研究数字经济与绿色经济协同发展提供了理论基础与逻辑起点,但他们的研究仍存在较大拓展空间:第一,既有文献过多地关注数字

经济或绿色经济的单向效应^[28,33],而缺乏对两者关系的整体把握。尽管部分学者^[31-32]已经关注到数字经济与绿色经济协同发展的重要性并尝试进行研究,但他们的研究仍未形成一个完整且系统的研究框架。本文将尝试从协同发展视角出发,系统梳理数字经济与绿色经济的协同发展机理,为推动两者协同发展提供理论支撑;第二,既有文献还缺乏数字经济与绿色经济协同发展水平综合指标体系的构建,相应地,关于两经济协同发展水平的时空特征描述更为稀缺。本文测算了2010-2020年中国各省两经济的协同发展水平,在此基础上利用Dagum基尼系数及分解、Kernel核密度估计和空间收敛模型分析了中国数字经济与绿色经济协同发展的区域差异、时空演进以及空间收敛特征,为推动两者协同发展提供微观数据支持。

二、数字经济与绿色经济协同发展的机理分析

数字经济与绿色经济的发展关系既不是完全独立或平行发展的,也不是相互矛盾或水火不容的,而是彼此融合且互相促进的。数字经济与绿色经济可从产业、技术和观念三个方面协同促进经济高质量和可持续发展。

(一)产业协同发展

数字经济与绿色经济在各自发展过程中的外延含义、涉及产业和基础设施建设三方面都存在着一定相似之处^[31],说明数字产业与绿色产业之间存在着协同发展的可能性。第一,数字经济与绿色经济都在发展自身产业的基础上,对传统产业加以改造和融合。数字产业以传统的电子信息业、通讯业、互联网业等为基础,通过产业数字化促进产业升级与转型,形成5G通讯、生物信息技术等新兴产业;同时,绿色经济也通过对传统产业的“绿色化”改造形成了新能源、新材料等众多新型节能环保产业。第二,绿色经济和数字经济均涉及大量技术密集型产业,是国家重点扶植对象。在我国科技部发布的八大国家重点支持的高新技术领域中,直属于数字产业与绿色产业的占据了其中之三,包括电子信息技术领域、新能源领域、节能技术领域,并且其他领域也都离不开数字要素与绿色要素的参与。第三,绿色经济和数字经济的发展都受益于其各自的基础设施建设。数

字经济发展涉及光缆线路、移动电话、通讯基站等基础设施建设,绿色经济发展同样涉及新能源基站、绿色能源发电站、绿色轨道建设等基础设施。

数字经济通过数字产业化为传统产业带来新技术、新业态、新动力,绿色经济则通过绿色产业化为传统产业带来新理念、新路径、新模式,两者协同赋能传统产业结构升级与转型。数字与绿色要素在对资本、劳动力、土地和知识技术等传统生产要素进行优化配置的同时,通过技术创新、模式创新促进了产业的跨界融合,使得传统产业既有了技术支撑、数据支持和算法赋能,又有了绿色化、合理化、高端化特征,既催生了以数字技术为基础的零污染、绿色环保的新型IT产业,又催生了新能源汽车等新兴绿色产业,新产业的发展需求又倒逼数字创新与绿色创新,进而形成良性循环与经济倍增效应。

(二)技术协同发展

数字技术通过产业数字化提升了传统产业效率、降低了产品成本、缓解了信息不对称,绿色技术则通过产业绿色化提升了能源效率、降低了污染排放、促进了资源合理配置。数字技术是与大数据、云计算、人工智能等信息技术相关的一切产品和服务^[34],而绿色技术是有利于减少环境污染和节约资源的新技术、新工艺、新产品的总称,它涵盖了节能环保、城乡绿色基础设施、生态农业、清洁能源等领域,是绿色发展的第一动力^[35]。数字技术和绿色技术优化和改造了供应链的诸多环节,一方面通过为传统产业提供技术支撑、数据支持和算法赋能提高了整个供应链中的生产、分配和消费效率,使产业层级更具合理性和可持续性,同时催生了3D打印、农业机器人、智能灌溉等新型技术,这些技术运用于生产经营中极大地提高了资源的利用效率和可持续利用率、替代并减少了有害气体的排放、提升并改进了废物的回收利用;另一方面通过搭建虚拟产品和服务平台实现人类活动和互动的非物质化,物理等价物被全部或部分替代,进而在提供更加优质服务的同时减少人类对资源的占用与需求,已有报告^③指出,应用现有数字技术可减少70%左右的碳排放。此外,大数据、人工智能技术还可以广泛用于生态环境信息的获取,改善污染者、受害者和监管者三方之

间的信息不对称,并能精准匹配消费者的绿色产品需求,实现产品资源配置优化、促进市场供需对接、释放潜在消费。

(三)观念协同发展

新古典主义经济学家假设人造资本和自然资本是可以相互替代的^[36],依靠一定的技术手段,经济增长和资源的可持续利用可以同时实现。而传统经济学强调资源的合理配置和最大利用,以获取经济利益的最大化。受这一思潮的影响,数字经济与绿色经济在发展过程中都出现了各自的偏激观点:一方面,数字经济在发展过程中曾将经济增长作为技术存在的唯一目的和诉求,而将环境作为生产过程中的外部因素不纳入经济考核体系^[37]。受这种思潮影响,数字经济发展过程中仍伴随着一定的能源消耗和环境污染。然而,中国经济发展已进入新时代,人民日益增长的对美好生活向往已成为我国主要矛盾,过去依靠资源投入的粗放增长模式已不能再继续,绿色化和低碳化不仅契合了世界经济发展趋势,而且也成为中国经济向高质量发展和可持续发展转型的内在要求和必然选择。另一方面,绿色经济在发展过程中也曾出现“浅绿色”发展观念,这种观念是对绿色发展的机械化、片面化和极端化看待。受这种思潮影响,绿色经济发展过程中曾一味地追求环境效益而太过于抑制经济增长。显然两种偏激观念都是不可取的,要实现经济的高质量 and 可持续发展,需达成数字观念与绿色观念的有机统一、相互协调与相互渗透。

随着数字观念与绿色观念的交织碰撞,两者共

同对经济高质量发展提出更高要求。首先,绿色理念作为一种国家大力弘扬的意识形态正在逐渐将人们的发展观由“增长无极限”重塑为“发展有极限”。绿色理念认为人与自然是交互存在而非相互独立的,环境与人类是一个共生系统,在这一系统中增长和发展是有区别的,增长的本质是量的提高,而发展则更强调质的提升^[37]。其次,绿色技术正引领数字经济实现从“价格导向”到“价值导向”的绿色转向。数字经济发展过程中面临着“安全、速度和能耗”的三角选择问题,安全、速度和能耗不可能同时达到最优,而解决方案往往都是以高能耗作为代价平衡前两者^[32]。绿色技术作为环境友好型的技术融入数字经济,它既关注经济体系本身所追求的价格目标,又考虑了该体系所处的自然环境^[38],能够克服单纯地将技术纳入市场,以价格作为导向的弊端。最后,随着绿色模式逐渐渗透进企业供应链各个环节,生产端正发生由“生产合理性”到“生态合理性”的转变,绿色发展观念在实践中深入人心,人们的环保意识和素养都得到提升,“绿色的观念”正逐渐转变为“观念的绿色”。

综上所述,数字经济与绿色经济从多方面实现协同发展,其机理如图1所示。

三、研究设计

(一)研究方法选择

1. 协同发展水平测度

参考张欢等(2019)^[39]的研究方法,引入协同发展模型来度量数字经济与绿色经济的协同发展情况,该模型基于物理学中的容量耦合模型,被广泛用于

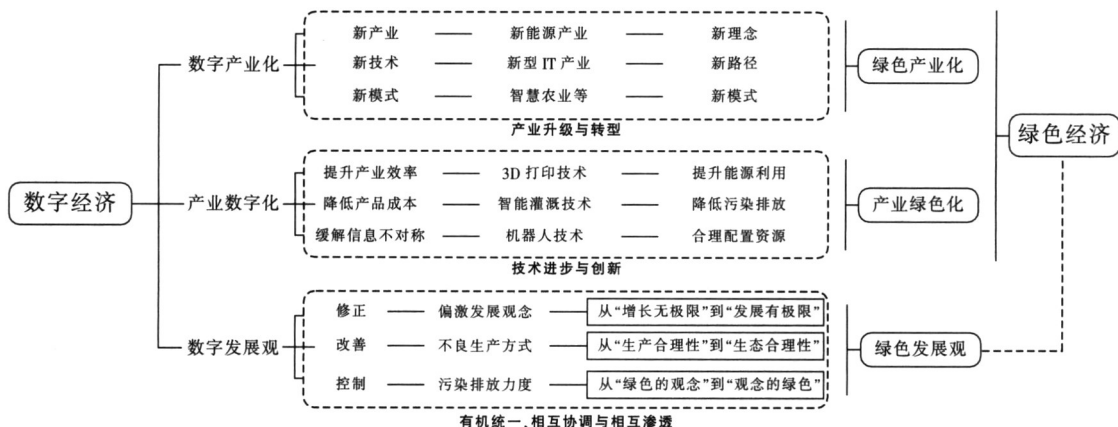


图1 数字经济与绿色经济协同发展的内在机理

研究经济社会、地区发展、资源环境、产业结构等系统的协同、均衡以及融合分析。

$$C = \frac{2\sqrt{W_1 \times W_2}}{W_1 + W_2} \quad (1)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (2)$$

其中, C 为数字经济与绿色经济的耦合度; W_1 和 W_2 分别代表数字经济与绿色经济两个子系统的综合发展状况; D 为数字经济与绿色经济的协同发展水平, D 是 0 到 1 之间的正向指标, 其值越大, 表明数字经济与绿色经济协同发展程度越高, 反之越低; T 为两个子系统的协同体系得分, $T = \beta_1 W_1 + \beta_2 W_2$, 其中, β_1 和 β_2 为待定参数, 其值大小取决于数字经济与绿色经济协同发展的重要程度。参考已有文献^[40], 结合当前中国对数字经济与绿色经济的重视程度, 认为数字经济与绿色经济两者同样重要, 因此令 $\beta_1 = \beta_2 = 0.5$ 。

2. Dagum 基尼系数及分解

采用 Dagum 基尼系数及其分解^④来测算我国数字经济与绿色经济协同发展水平的区域内差异、区域间差异及其来源。根据 Dagum(1997)^[41]所提出的理论, 将总体基尼系数 G 分解成区域内差异贡献(G_w)、区域间差异贡献(G_{nb})与超变密度^⑤贡献(G_i)三部分, 即 $G = G_w + G_{nb} + G_i$ 。首先是总体基尼系数(G)的计算公式

$$G = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{2n^2 \bar{y}} \quad (3)$$

其中, $y_{ji}(y_{hr})$ 是 $j(h)$ 地区内 $i(r)$ 省份的数字经济与绿色经济协同发展情况; n_j 和 n_h 是 j 地区和 h 地区内包含的省份数量; $\bar{y}$ 是各地区数字经济与绿色经济协同发展水平的均值。

第 j 个区域的基尼系数 G_{ji} 和区域内差异贡献 G_w 的计算公式为

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{ji} p_j s_j \quad (4)$$

$$G_{ji} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{jr}|}{2Y_j n_j^2} \quad (5)$$

j, h 区域间基尼系数 G_{jh} 和区域间差异贡献 G_{nb} 的计算公式为

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) H_{jh} \quad (6)$$

$$G_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}|}{n_j n_h (\bar{Y}_j + \bar{Y}_h)} \quad (7)$$

超变密度贡献 G_i 可表示为

$$G_i = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) (1 - H_{jh}) \quad (8)$$

其中, $p_j = \frac{n_j}{n}$, $s_j = \frac{n_j \bar{Y}_j}{n \bar{Y}}$; H_{jh} 表示 j, h 区域间的数字经济与绿色经济协同发展度的相对影响, 用公式表示为 $H_{jh} = \frac{(d_{jh} - p_{jh})}{(d_{jh} + p_{jh})}$; d_{jh} 和 p_{jh} 为 j 和 h 区域中符合 $(y_{ji} - y_{hr}) > 0$ 及 $(y_{ji} - y_{hr}) < 0$ 的所有样本值加总的数学期望。

3. Kernel 密度估计

采用 Kernel 密度估计^⑥来分析全国及三大区域数字经济与绿色经济协同发展水平的分布态势、分布延展性以及极化趋势。常用的核估计函数式为

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x_i - \bar{x}}{h}\right) \quad (9)$$

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \quad (10)$$

其中, n 为观测值的数量, 本文中表示观测的省份个数; x_i 为独立同分布的观测值, 在本文中表示每个省份的数字经济与绿色经济的协同发展度; $\bar{x}$ 为观测值的均值, 本文中表示 30 个省份的数字经济与绿色经济的协同发展度的平均值; $K(\cdot)$ 为高斯核密度函数; h 为带宽。

4. 收敛模型

为了进一步探讨数字经济与绿色经济协同发展的收敛性特征, 本文从 σ 收敛和 β 收敛两个层面来进行分析。

σ 收敛是指离差随着时间推移不断降低的过程, 可以理解为不同区域数字经济与绿色经济协同发展的离散程度随着时间推移不断下降的过程。本文主要采用变异系数法来进行分析, 其计算公式为

$$\sigma_j = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (D_{ij} - \bar{D}_{ij})^2 / N_j}}{\bar{D}_{ij}} \quad (11)$$

其中 j 表示区域, i 表示区域内所含省份, N_j 表示

区域j包含的省份数量, D_{ij} 表示j区域内i省份的数字经济与绿色经济协同发展水平, $\bar{D}_{ij}$ 表示j区域内i省份的数字经济与绿色经济协同发展水平的均值。

β 收敛是指在落后地区的数字经济与绿色经济协同发展水平的增长率高于发达地区的增长率,随着时间的推移,会逐步赶上发达地区,从而达到以同样增长率收敛的状态。 β 收敛分为绝对 β 收敛和条件 β 收敛。绝对 β 收敛仅考虑数字经济与绿色经济协同发展本身的收敛状态,而条件 β 收敛则在绝对 β 收敛的基础上控制了一系列影响因素。传统绝对 β 收敛模型为

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (12)$$

其中,i表示地区,t表示时间; β 为收敛系数,若 $\beta<0$ 即说明当地数字经济与绿色经济协同发展呈收敛趋势,收敛速度 $\psi=-\frac{\ln(1-|\beta|)}{T}$,反之则呈发散趋势; $D_{i,t+1}$ 和 $D_{i,t}$ 分别表示i地区在时间t+1和时间t的数字经济与绿色经济协同发展水平; $\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)$ 表示数字经济与绿色经济协同发展水平在i地区从时间t到t+1的增长率; u_i 表示地区效应, v_t 表示时间效应, $\varepsilon_{i,t}$ 表示服从独立同分布的随机干扰项。

同时,考虑到地区间存在显著的空间相关性,采用空间滞后模型(SAR)、空间误差模型(SEM)、空间杜宾模型(SDM)等空间计量模型分析 β 收敛问题,基于空间依赖的绝对 β 收敛模型分别为

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+\rho\sum_{j=1}^Nw_{ij}\times\ln\left(\frac{D_{j,t+1}}{D_{j,t}}\right)+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (13)$$

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (14)$$

$$\varepsilon_{i,t}=\lambda\sum_{j=1}^Nw_{ij}\varepsilon_{j,t}+\sigma_{it} \quad (14)$$

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+\rho\sum_{j=1}^Nw_{ij}\times\ln\left(\frac{D_{j,t+1}}{D_{j,t}}\right)+\theta\sum_{j=1}^Nw_{ij}\ln(D_{j,t})+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (15)$$

其中, ρ 为空间滞后系数, λ 为空间误差系数, θ 为基期数字经济与绿色经济协同水平空间滞后值对被解释变量的影响, w_{ij} 为空间权重矩阵第i行第j列

元素。

传统条件 β 收敛模型和空间条件 β 收敛模型(SAR模型、SEM模型和SDM模型)分别为

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+\gamma\ln X_{i,t+1}+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (16)$$

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+\rho\sum_{j=1}^Nw_{ij}\times\ln\left(\frac{D_{j,t+1}}{D_{j,t}}\right)+\gamma\ln X_{i,t+1}+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (17)$$

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+\gamma\ln X_{i,t+1}+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (18)$$

$$\varepsilon_{i,t}=\lambda\sum_{j=1}^Nw_{ij}\varepsilon_{j,t}+\sigma_{it} \quad (18)$$

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{i,t}}\right)=\alpha+\beta\ln(D_{i,t})+\rho\sum_{j=1}^Nw_{ij}\times\ln\left(\frac{D_{j,t+1}}{D_{j,t}}\right)+\theta\sum_{j=1}^Nw_{ij}\ln(D_{j,t})+\gamma\ln X_{i,t+1}+u_i+v_t+\varepsilon_{i,t} \quad (19)$$

其中, $X_{i,t+1}$ 为控制变量集合, γ 为系数项。后续将逐步通过LM检验、LR检验、Wald检验和豪斯曼检验来判断使用哪一模型。

(二)指标选择与计算

1. 指标体系构建

本文遵循科学性、全面性、代表性、实用性和可操作性原则来构造数字经济与绿色经济各自发展水平的评价指标体系。数字经济方面,参考国家统计局发布的《数字经济及其核心产业统计分类》,从信息化发展程度、互联网发展程度和数字化发展程度三个方面来构造包含12个具体指标的数字经济发展综合评价指标体系;绿色经济方面,本文在已有文献^[3]的基础上,从社会发展、经济效率、绿色创新、生态建设和绿色惠民五个维度来构造包含23个具体指标的绿色经济综合评价指标体系(具体见表1)。

2. 指标计算方法

首先将整理好的数据进行标准化,采用修正后的最大最小值法来处理,正向指标的计算公式为

$$S_{ij}=\frac{X_{ij}-\min(X_{ij})}{\max(X_{ij})-\min(X_{ij})}+1 \quad (20)$$

负向指标的计算公式为

$$S_{ij}=\frac{\max(X_{ij})-X_{ij}}{\max(X_{ij})-\min(X_{ij})}+1 \quad (21)$$

其中, S_{ij} 为标准化值,其值越大表示该指标对综合指数的贡献度越大。 X_{ij} 为各指标的实际值, $\max(X_{ij})$

表 1 数字经济与绿色经济的评价指标体系

总指标	一级指标	二级指标	度量方法
数字经济发展水平指数	信息化发展程度	信息化基础设施	光缆线路密度
			移动电话基站数量
			邮政营业网点密度
		信息化经济效益	邮政业务量
			电信业务量
	互联网发展程度	固定端基础设施	互联网接入端口数
		移动端互联网影响	移动电话普及率
	数字化发展程度	数字交易基础	企业拥有网站数
			信息传输、软件和信息技术服务行业城镇从业人数
		数字交易效益	电子商务交易活动企业比重
绿色经济发展水平指数	社会发展	第三产业占比	第三产业产值/实际 GDP
		泰尔指数	反映个人或地区间的收入差距,计算方法备案
		收入水平	居民可支配收入总额/总人口数
		城乡消费比	城市消费总量/乡村消费总量
	经济效率	资本效率	实际 GDP/固定资产投资额
		劳动效率	实际 GDP/就业人数
		能源效率	实际 GDP/能源消费总量
		土地效率	实际 GDP/耕地面积
	绿色创新	研发投入强度	研发费用/研发人员全时当量
		绿色专利产出率	绿色专利获得数/研发人员全时当量
		绿色发明申请率	绿色发明申请数/研发人员全时当量
	生态建设	人均用水量	用水总量/总常住人口数
		人均天然气消费量	天然气消费总量/总常住人口数
		人均工业废水气水治理设施数	工业废水气水治理设施数/总常住人口数
		人均工业污染治理投资	工业污染治理完成投资额/总常住人口数
		人均工业废物排放量	工业固体及危险废物排放总量/总常住人口数
		工业废物利用率	废物利用率
		生活无害化垃圾处理率	废水和无害物处理率
	绿色惠民	城区绿化覆盖率	建成区绿化面积/建成区总面积
		森林覆盖率	森林面积/土地总面积
		人均环境基础设施投资	城镇环境基础设施建设投资总额/非农人口数
		人均环保支出	环保支出总额/总常住人口数
		人均农林水事务支出	农林水事务支出总额/总常住人口数

注:实际 GDP 是以 2010 年为基期,通过平减指数计算得到。

和 $\min(X_{ij})$ 分别表示当年所有 i 样本中第 j 个指标的最大值和最小值。

采用熵权法确定每个指标对应的权重。熵权计算公式为

$$\lambda_i = \frac{1 - F_i}{m - \sum_{i=1}^m F_i} \tag{22}$$

式中 λ_i 为第 i 个指标的权重, $F_i = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{j=1}^n K_{ij} \ln(K_{ij})$, 表示信息熵; $K_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum_{j=1}^n S_{ij}}$, 表示指标的特征比重。

数字经济与绿色经济的综合发展水平计算公式为

$$W=\sum_{i=1}^n\lambda_iS_i-1 \quad (23)$$

其中 λ_i 为第*i*个指标的权重, $\sum_{i=1}^n\lambda_i=1$ 。

(三)变量选择和数据来源

1. 变量选择

此处只对收敛模型中所涉及的控制变量进行说明,其他不再赘述。一是经济发展水平(Gdp),使用各省实际GDP来衡量。一定的经济发展水平是支撑数字经济与绿色经济发展的基础所在,区域经济发展水平不同会导致数字经济与绿色经济发展水平存在差异。二是城市化水平(Urb),使用各省人口密度来衡量。城市作为地区经济中最具有活力场所,能够汇聚大量的资金、产业和劳动力,为数字经济与绿色经济协同发展提供了必要的经济和社会条件。三是外商投资水平(For),使用各省外商投资企业投资总额来衡量。外商直接投入能够带来资本、技术与人才,为数字经济与绿色经济协同发展提供关键要素支撑。四是文化发展水平(Edu),使用各省学历在大专及以上的就业人员占比来衡量。文化发展水平能反映地区的人才储备与居民素养情况,进而影响技术创新与观念渗透。五是财政透明程度(Fis),使用各省财政透明度衡量。财政透明度能有效降低信息不对称,与数字经济与绿色经济协同发展的政策落实息息相关。六是交通发展水平(Fac),使用各省公路里程来衡量。便捷的交通能够加强区域间的联系与协作,有助于经济要素集聚。七是政府环境规制强度(Ers),通过构建综合指标^⑦进行衡量。当前绿色经济与数字经济的协同发展还离不开政府的约束与限制。

2. 数据来源

本文使用2010–2020年中国30省(除香港特别行政区、澳门特别行政区和西藏自治区)的面板数据

作为样本,数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国工业统计年鉴》和上海财经大学公布的中国省级《财政透明度报告》,其中部分缺失值使用插值法进行了补充,控制变量的描述性统计见表2。

四、数字经济与绿色经济协同发展的实证分析

(一)协同发展度分析

数字经济与绿色经济的协同发展水平测算结果见表3。从全国及东中西三大区域来看,我国数字经济与绿色经济协同发展水平的均值由2010年的0.41增长到2020年的0.59,年均增长率为3.9%;东部地区数字经济与绿色经济协同发展水平高于全国平均水平,由2010年的0.47增长到2020年0.64,年均增长率为3.4%;中部地区数字经济与绿色经济协同发展水平均值略低于全国平均水平,由2010年的0.39增长到2020年的0.58,年均增长率为4.5%;西部地区数字经济与绿色经济协同发展水平均值远低于全国平均水平,由2010年的0.38增长到2020年的0.56,年均增长率为4.2%。可能的原因为:东部地区作为我国数字经济与绿色经济发展先行区,发展数字经济与绿色经济的基础设施、应用渠道、机制和条件更为成熟,且受到政府的高度重视,存在一定的资源禀赋和“虹吸效应”。事实上,早在2011年国家发改委就发布了《关于开展碳排放交易试点工作的通知》,正式批准北京、天津、上海等7个省市启动碳排放交易试点;2013年至2014年上海、北京、广东、天津、湖北、重庆碳市场相继成立。而中西部地区相对东部地区而言,虽然自身经济基础较为薄弱,但受到西部大开发、中部崛起等政策的大力扶持,因而其发展的边际效果更为显著。当然,中西部地区数字经济与绿色经济协同发展水平与东部地区仍存在明显

表2 控制变量描述性统计

变量	单位	平均值	标准差	最小值	最大值	观测值
Gdp	万亿元	2.0919	1.7227	1.1442	9.0788	300
Urb	千人每万平方公里	2.8613	1.1632	0.7640	5.8210	300
For	千亿美元	1.6324	2.6711	0.0235	19.5325	300
Edu	百分比	18.1116	9.8401	6.4894	62.1852	300
Fis	百分比	35.0890	15.2724	14.0000	77.7000	300
Fac	万公里	14.7639	7.7932	1.1974	33.7095	300
Ers	无	10.7529	5.2980	3.6865	54.7927	300

表3 中国数字经济与绿色经济协同发展水平(部分年份)						
区域	省份	2010	2013	2016	2020	均值
东部	北京	0.5289	0.6143	0.6654	0.7079	0.6357
	天津	0.4082	0.4444	0.4728	0.5210	0.4615
	上海	0.4830	0.5652	0.6155	0.6718	0.5937
	河北	0.4052	0.4642	0.5209	0.5930	0.5008
	山东	0.4499	0.5196	0.5840	0.6450	0.5553
	江苏	0.5167	0.5776	0.6329	0.7010	0.6112
	浙江	0.5292	0.5893	0.6546	0.7290	0.6337
	福建	0.4558	0.5206	0.5646	0.6082	0.5450
	广东	0.5585	0.6346	0.6977	0.7803	0.6725
	海南	0.3837	0.4615	0.4938	0.5220	0.4707
	辽宁	0.4178	0.4803	0.5522	0.5967	0.5177
	均值	0.4670	0.5338	0.5868	0.6433	—
中部	内蒙古自治区	0.3879	0.4432	0.4743	0.5550	0.4676
	吉林	0.3717	0.4261	0.4772	0.5476	0.4592
	黑龙江	0.3790	0.4266	0.4886	0.5694	0.4697
	河南	0.3980	0.4752	0.5526	0.6113	0.5153
	山西	0.3791	0.4408	0.4844	0.5316	0.4644
	湖南	0.4056	0.4880	0.5417	0.6123	0.5202
	湖北	0.4121	0.4810	0.5464	0.6046	0.5175
	安徽	0.3776	0.4655	0.5370	0.6077	0.5075
	江西	0.3865	0.4531	0.5039	0.5904	0.4915
	均值	0.3886	0.4555	0.5118	0.5811	—
西部	四川	0.4179	0.5044	0.5892	0.6575	0.5485
	重庆	0.4005	0.4642	0.5161	0.5769	0.4967
	贵州	0.3830	0.4482	0.4952	0.5550	0.4763
	云南	0.3964	0.4693	0.5238	0.5957	0.5012
	广西壮族自治区	0.3968	0.4602	0.5263	0.5961	0.4998
	陕西	0.4033	0.4884	0.5425	0.6089	0.5153
	甘肃	0.3527	0.3972	0.4528	0.5035	0.4357
	青海	0.3469	0.3805	0.4200	0.4969	0.4118
	宁夏回族自治区	0.3538	0.4118	0.4655	0.4707	0.4272
	新疆维吾尔自治区	0.3501	0.4007	0.4463	0.4929	0.4287
	均值	0.3801	0.4425	0.4978	0.5554	—
全国	均值	0.4145	0.4799	0.5346	0.5933	—

差距,未来仍应积极缩小地区之间的差距。

(二)区域差异及来源

1. 总体差异

我国数字经济与绿色经济协同发展水平的差异总体呈波动性下降趋势,2010–2017年基尼系数呈波动性上升趋势,并于2017年达到最大值0.07,2017–2020年基尼系数呈现明显下降趋势,这表明随着我

国东部现代化、西部大开发、中部快崛起等区域协调发展政策的落实^[43],数字经济与绿色经济协同发展水平的区域非均衡问题有所缓解。值得注意的是,2017–2020年基尼系数虽然有所下降,但其绝对值依旧较大,这表明我国数字经济与绿色经济协同发展水平的各地区不均衡发展问题依旧显著,缩小区域发展不均衡问题应成为未来相关政策的方向。

2. 区域内差异

在样本考察期内,东部地区数字经济与绿色经济协同发展水平的区域内差异最大但较为平稳,西部和中部地区数字经济与绿色经济协同发展水平的区域内差异不高,但都需要进一步稳固。这再次印证了我国数字经济与绿色经济协同发展水平的各地区不均衡发展问题,区域协调发展政策的落实需进一步到位。

3. 区域间差异

在样本考察期内,东西部地区间数字经济与绿色经济协同发展水平差异最大、东中部地区间差异次之、中西部地区间差异最小。从纵向比较来看,东西部和东中部地区间数字经济与绿色经济协同发展水平差异总体上呈波动下降趋势,这与前文分析保持一致。而中西部地区间差异总体上呈现上涨趋势,这表明中西部地区数字经济与绿色经济的政策实施力度和效果不一致,需进一步根据中部地区和西部地区各自发展特点制定更有针对性的政策措施,以促进中西部地区数字经济与绿色经济协同发展水平的区域间差异进一步缩小。

4. 区域差异的来源

在样本考察期内,地区间差异对总差异的贡献率最大但有下降趋势,表明地区间差异是造成数字经济与绿色经济协同发展水平呈现非均衡特征的主要原因,但正逐步改善。地区内差异和超变密度对总差异的贡献率不高,但近年来有上升趋势,这意味着国家降低地区内差异的相应政策效应得到了有效发挥,对重

大战略区域的划分方式也较为合理,但仍需继续保持。

(三)动态趋势与演进

从分布位置来看,全国及三大地地区的主峰分布在曲线的右侧,说明区域内部数字经济与绿色经济协同发展水平较高的省份居多,同时核密度曲线均表现出整体右移趋势,表明我国大部分省份数字经济与绿色经济的协同发展水平处于上行轨道,数字经济与绿色经济得到了有效协同。

从分布形态和极化现象来看,全国地区较为稳定。东部地区主峰高度上升,宽度缩小,且单峰趋势越来越明显,说明东部地区数字经济与绿色经济协同发展水平保持稳定上升趋势,表明经济更为发达、资源更为禀赋的东部地区存在“虹吸效应”,能够吸引全国范围内的资金与人才竞相涌入。中部地区从2014年开始由单峰变为双峰,主峰峰值经历“高一低一高”的变化,这表明中部地区数字经济与绿色经济协同发展水平不稳定,且两极分化现象越来越明显。其可能的原因为从2014年起碳排放交易试点在中部地区的湖北率先启动,这进一步加剧了中部地区数字经济与绿色经济协同发展不平衡现象;西部地区从2012年开始由双峰变为单峰,主峰高度不断上升,但近几年有下降趋势,这表明国家对西部地区数字经济与绿色经济的扶持政策得到了有效发挥,两极分化现象有所减缓,但需进一步强化和稳定。

(四)收敛性分析

1. σ 收敛

图3展示了2010-2020年中国及三大地区数字

表4 总体基尼系数及三大区域分解结果

年份	基尼系数	区域内差异			区域间差异			贡献率(%)		
		东部	中部	西部	东中	东西	中西	区域内	区域间	超变密度
2010	0.0694	0.0695	0.0186	0.0367	0.0936	0.1051	0.0327	22.8076	69.8309	7.3614
2011	0.0650	0.0666	0.0189	0.0364	0.0857	0.0974	0.0322	23.5626	68.3253	8.1122
2012	0.0660	0.0694	0.0243	0.0384	0.0867	0.0950	0.0337	24.8437	63.6119	11.5444
2013	0.0699	0.0674	0.0272	0.0512	0.0845	0.1000	0.0441	25.2366	62.7822	11.9812
2014	0.0691	0.0688	0.0263	0.0516	0.0821	0.0982	0.0442	25.7403	60.8062	13.4535
2015	0.0704	0.0707	0.0291	0.0522	0.0815	0.0993	0.0478	26.0574	58.6400	15.3026
2016	0.0695	0.0683	0.0330	0.0554	0.0803	0.0947	0.0489	26.8351	55.2364	17.9285
2017	0.0722	0.0697	0.0312	0.0623	0.0782	0.1006	0.0543	26.8377	55.9035	17.2588
2018	0.0706	0.0723	0.0340	0.0589	0.0778	0.0951	0.0519	27.8278	51.7500	20.4222
2019	0.0702	0.0709	0.0322	0.0607	0.0755	0.0951	0.0535	27.7350	52.6222	19.6428
2020	0.0668	0.0705	0.0278	0.0592	0.0705	0.0907	0.0510	28.1693	50.6650	21.1657

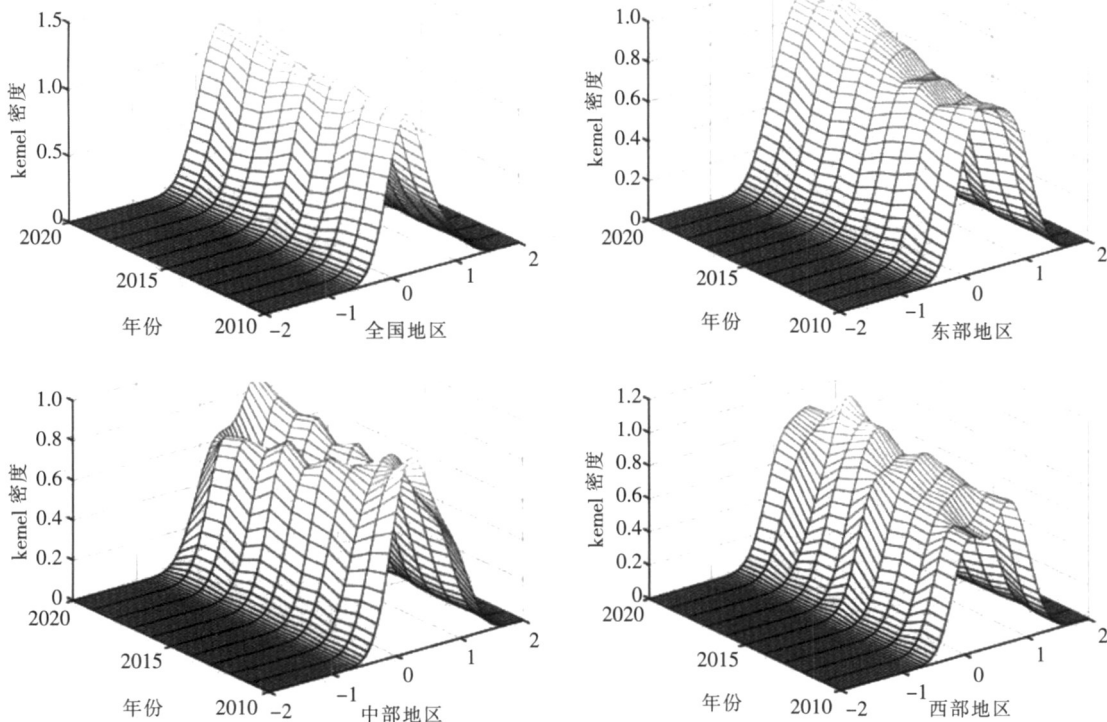


图2 2010-2020年中国及三大区域数字经济与绿色经济协同发展的三维密度估计图

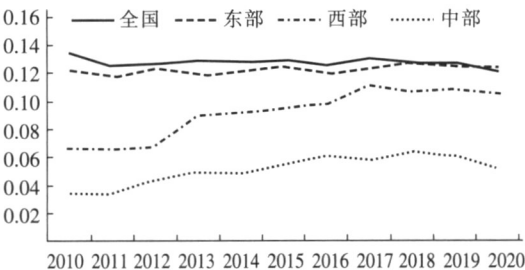


图3 2010-2020年中国及三大地区数字经济与绿色经济协同发展变异系数的动态变化趋势

经济与绿色经济协同发展变异系数的动态变化趋势。从演变态势来看,样本期内我国数字经济与绿色经济协同发展水平的变异系数从2010年的0.13下降至2020年的0.12,呈现出波动下降趋势,自2017年以后变化较为平稳。总体上看,我国数字经济与绿色经济协同发展水平总体上呈良好发展态势,内部差异正逐渐缩小。东部地区数字经济与绿色经济协同发展水平的变异系数从2010年的0.12下降至2016年的0.11,虽然最终上升至2020年的0.12,但整个样本期间都表现较为平稳,说明东部地区数字经济与绿色经济协同发展水平一直保持稳定态势。中部地区呈现“稳步上升—逐渐回落”的变化过程,变

异系数从2010年的0.03稳步上升至2018年的0.06,最后回落至2020年的0.05。西部地区呈现“剧烈上升—缓慢回落”的变化过程,变异系数从2010年的0.07急剧上升至2017年的0.11,随后回落至2020年的0.11。说明中西部地区数字经济与绿色经济协同发展水平还存在着明显的两极分化现象,但在近几年得到了缓解,表明中西部地区数字经济与绿色经济协同发展态势良好但还需进一步深化。

2.β收敛

表5展示了全国及东、中、西部地区数字经济与绿色经济协同发展的绝对β收敛结果。结果表明:第一,全国及三大区域数字经济与绿色经济协同发展水平均在1%的显著性水平下存在绝对β收敛,结合前文协同发展度、区域差异和动态演进的分析结果,表明我国数字经济与绿色经济协同发展水平正呈现良好发展态势,最终将收敛于一个稳态水平。第二,全国及三大区域数字经济与绿色经济协同发展水平的收敛速度从快到慢依次为西部、全国、中部、东部,仅西部地区的收敛速度高于全国水平,这与图2的结果相符,说明国家对西部地区数字经济与绿色经济的扶持政策得到了有效发挥,两极分化现

区域	全国	东部	中部	西部
模型选择	双固定 SDM	地区固定 SAR	地区固定 SEM	双固定 OLS
β	-0.2998*** (0.0394)	-0.0781*** (0.0141)	-0.0823*** (0.0129)	-0.3865*** (0.0893)
θ	0.0461 (0.0932)	—	—	—
ρ/λ	0.1667*** (0.1048)	0.2014** (0.0989)	0.2744** (0.1107)	—
ψ	0.0357	0.0081	0.0086	0.0488
R^2	0.3028	0.3519	0.4357	0.3811
Hausman 检验	39.20 0.0000	11.84 0.0006	17.08 0.0000	18.55 0.0000
LM spatial lag	2.268 0.132	6.233 0.013	6.850 0.009	0.166 0.684
Robust LM spatial lag	9.288 0.002	10.336 0.001	0.997 0.318	1.799 0.180
LM spatial error	7.476 0.006	14.552 0.000	8.296 0.004	0.035 0.852
Robust LM spatial error	14.495 0.000	18.655 0.000	2.443 0.118	1.668 0.196

注:括号内为标准误,*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的水平下显著;Hausman 检验和 LM 检验结果中统计值下方为对应的 P 值,下同。

象减缓明显,同时可能得益于西部地区丰富的绿色资源。第三,全国及三大区域呈现不同的空间集聚效应。全国的空间滞后系数在 1%的水平下显著为正,东部和中部地区的空间滞后系数均在 5%的水平下显著为正,表明全国及东中部地区数字经济与绿色经济协同发展水平存在空间集聚效应,即当地数字与绿色经济协同发展水平受到周围地区数字与绿色经济协同发展水平及变化率的正向空间溢出影响。西部地区适用传统收敛模型(OLS),因此不存在空间效应,西部地区应强化区域空间协同发展意识,加强与周边地区数字经济与绿色经济的交流与合作,充分发挥数字经济与绿色经济协同发展的空间溢出效应。

表 6 展示了全国及东、中、西部地区数字经济与绿色经济协同发展的条件 β 收敛结果。结果表明,第一,全国及东西部地区数字经济与绿色经济协同发展水平均在 1%的显著性水平下存在条件 β 收敛,中部地区数字经济与绿色经济协同发展水平在 5%的显著性水平下存在条件 β 收敛,即在加入了控制变量后,全国及三大区域数字经济与绿色经济协同发展水平仍在未来将收敛于一个稳态水平。第二,

在加入了控制变量后,全国及三大区域的收敛速度明显加快,收敛速度从高到低依次为西部、全国、东部、中部,同样只有西部地区的收敛速度高于全国平均水平;全国及三大区域所呈现的空间集聚效应与绝对 β 收敛也保持了一致性。第三,在控制变量方面,经济发展水平、城市化水平、外商投资水平、文化发展水平、财政透明水平对数字经济与绿色经济协同发展都具有显著的正向效应,而政府环境规制强度对数字经济与绿色经济协同发展具有显著的负向效应。说明一定的经济发展水平是支撑数字经济与绿色经济发展的基础所在;城市化和外资投入有利于为数字经济与绿色经济协同发展汇聚大量的资金、产业、人才与劳动力;文化发展水平能够为数字经济与绿色经济协同发展提供良好的人才储备并提升居民的数字素养与绿色素养,进而影响技术创新与观念渗透;财政透明度能有效降低信息不对称,有利于数字经济与绿色经济协同发展的政策落实;适度的政府环境规制强度有利于数字经济与绿色经济协同发展。值得说明的是,经济发展水平、城市化水平、外商投资水平、文化发展水平、财政透明水平与政府环境规制强度对数字经济与绿色经济协同发展

表6 条件β收敛检验结果

区域	全国	东部	中部	西部
模型选择	双固定 SDM	地区固定 SAR	地区固定 SEM	双固定 OLS
β	-0.4197*** (0.0474)	-0.2044*** (0.0383)	-0.0894** (0.0377)	-0.6751*** (0.1159)
θ	-0.1223 (0.1221)	—	—	—
ρ/λ	0.2294** (0.1065)	0.3277*** (0.0901)	0.2626*** (0.2054)	—
ψ	0.0543	0.0228	0.0093	0.1124
Gdp	1.62e-07 (1.32e-07)	7.99e-07*** (2.66e-07)	1.04e-07 (1.19e-07)	2.55e-07 (6.35e-07)
Urb	1.31e-06*** (3.60e-07)	5.01e-07 (3.06e-07)	-3.31e-07 (7.27e-07)	5.71e-06* (3.01e-06)
For	-1.63e-07 (2.32e-06)	1.25e-05*** (3.87e-06)	-3.72e-07 (3.58e-06)	4.39e-07 (4.91e-06)
Edu	2.86e-06*** (1.04e-06)	4.16e-07 (7.89e-07)	6.85e-06 (7.39e-06)	2.56e-05 (1.86e-05)
Fis	1.13e-03* (5.76e-04)	1.26e-03** (5.56e-04)	1.16e-03** (8.33e-04)	-3.87e-03** (1.57e-03)
Fac	-4.21e-05 (7.82e-05)	-1.15e-04 (9.47e-05)	-4.05e-05 (9.06e-05)	2.82e-04 (2.17e-04)
Ers	-3.48e-04* (1.99e-04)	-3.94e-05 (3.00e-04)	-9.43e-05 (1.87e-04)	9.89e-04 (6.43e-04)
R ²	0.2735	0.4773	0.4849	0.4946
Hausman 检验	42.91 0.0000	11.84 0.0006	30.05 0.0000	22.34 0.0043
LM spatial error	0.021 0.884	1.606 0.205	5.139 0.023	1.122 0.289
Robust LM spatial error	6.351 0.012	9.616 0.002	0.748 0.387	0.943 0.331
LM spatial lag	0.887 0.346	7.636 0.006	4.439 0.035	1.851 0.174
Robust LM spatial lag	7.216 0.007	15.646 0.000	0.049 0.825	1.673 0.196

水平的影响具有显著的区域异质性,即在不同的区域内某些因素可能不显著。

五、结论与建议

本文在系统梳理数字经济与绿色经济协同发展内在机理的基础上,基于中国 30 省 2010–2020 年的面板数据构建了数字经济与绿色经济协同发展指标体系,并运用 Dagum 基尼系数及分解、Kernel 核密度估计和空间收敛模型对中国数字经济与绿色经济协同发展的时空分异、动态演进及收敛性特征展开研究,具体结论如下。

第一,从协同发展度来看,整体上中国数字经济与绿色经济的协同发展水平呈现逐年递增的良好发展态势,三大区域呈现出“东高西低”的空间格局。

第二,从区域差异来看,中国数字经济与绿色经济协同发展水平仍存在较大的区域差异,但总体上呈现波动下降趋势,区域间差异是其主要来源,区域间差异从大到小依次为东西部地区、东中部地区、中西部地区。

第三,从动态演进来看,中国数字经济与绿色经济的协同发展水平处于上行轨道,数字经济与绿色经济得到了有效协同。东部地区数字经济与绿色经济协同发展水平保持稳定上升趋势;中部地区数字经济与绿色经济协同发展水平不稳定,且两极分化现象越来越明显;西部地区数字经济与绿色经济协同发展水平保持稳定上升趋势,且两极分化现象正逐渐改善。

第四,从收敛特征来看,中国数字经济与绿色经济协同发展度将在未来趋于一个稳态水平。全国及东、中、西部地区数字经济与绿色经济的协同发展水平平均存在 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛。

基于上述研究结论,提出以下政策建议。

第一,关注各区域数字经济与绿色经济协同发展的平衡性,降低局部地区的两极分化现象。东中部与中西部数字经济与绿色经济协同发展水平的区域间差异较大,这与我国各区域数字经济与绿色经济发展不平衡有关。一方面要巩固好东部地区现有的发展成果与优势,继续加大对中西部地区的政策扶持力度。注重区域间协同发展水平提升速度的协调性,不断强化区域空间协同发展意识,打破“虹吸效应”,积极发挥中心省份对周边省份的协同带动作用,充分发挥两者协同发展的空间溢出效应,强化对周边地区的辐射,实现以点到线再到面的范围影响。同时,应正确认识数字经济与绿色经济协同发展的非均衡性,均衡发展是目标,不均衡发展是常态,实现两者的完全均衡发展并不现实,其意义在于保障各地区,特别是弱势地区平等发展的机会。

第二,因地制宜地出台促进数字经济与绿色经济协同发展的有关政策。国家应充分认识我国各地区数字经济与绿色经济协同发展现状,制定合适的发展战略并找准各地区促进两者协同发展水平提升的核心因素,不仅要实现数字经济与绿色经济各自发展,更要实现两者之间的协同发展。在经济与科技更为领先发达的东部地区,应注重环境规制、加强绿色理念的宣传、倡导绿色低碳行为;在绿色资源更为丰富的中西部地区,应加大中西部地区的经济建设、提升科研经费投入、大力发展数字经济与绿色经济相关的基础设施、构建发达的交通网络。

第三,动态把握数字经济与绿色经济协同发展规律与进程,根据实际情况及时调整相关政策措施。数字经济与绿色经济协同发展是一个动态变化过程,从政策的颁布到政策的落实具有一定滞后性,因此各地应建立数字经济和绿色经济相关信息共享与监控机制,对国家新颁布的相关政策予以积极响

应、落实与反馈。

注释:

①“诺德豪斯之问”由2018年诺贝尔经济学奖获得者诺德豪斯提出,他主张人类应兼顾经济增长速度和环境保护,走可持续的低碳发展之路。

②二元结构即数字产业化和产业数字化;三元要素即数据资源、现代信息网络和信息通信技术;五大分类即数字产品制造业、数字产品服务业、数字技术应用业、数字要素驱动业和数字化效率提升业五大类。

③根据2022年初全球能源管理和数字化转型专家施耐德电气与CNBC Catalyst联合发布的《开启可持续未来:数字解决方案成为可持续转型关键》报告。

④Dagum基尼系数及其分解^[41]是研究空间非均衡现象的一种常用方法。

⑤超变密度是划分子群体时,由于交叉项的存在而对总体差距产生的影响贡献。

⑥Kernel密度估计是一种非参数估计方法,其特点是稳健性强、不依赖模型,常被用于研究不均匀分布。

⑦参考原毅军和陈喆(2019)^[42]的做法,利用工业固体废物综合利用率、工业废气治理设施运行费与工业废气排放量比值和工业废水治理设施运行费与工业废水排放量比值来合成各省环境规制综合指数。

参考文献:

- [1]钟春平,刘诚,李勇坚.中美比较视角下我国数字经济发展的对策建议[J].经济纵横,2017(4):35-41.
- [2]LOISEAU E, SAIKKU L, ANTIKAINEN R, et al. Green economy and related concepts: an overview[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 139: 361-371.
- [3]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.
- [4]张薇.我国绿色经济评价指标体系的构建与实证[J].统计与决策,2021,37(16):126-129.
- [5]张乃明,张丽,卢维宏,等.区域绿色发展评价指标体系研究与应用[J].生态经济,2019,35(12):185-189.
- [6]ETZION D. Research on organizations and the natural environment, 1992-present: a review[J]. Journal of Management, 2007, 33(4): 637-664.
- [7]CRETI A, SANIN M E. Does environmental regulation create merger incentives?[J]. Energy Policy, 2017, 105: 618-630.
- [8]BORGHESI S, COSTANTINI V, CRESPI F, et al. Environmental innovation and socio-economic dynamics in institutional and policy contexts[J]. Journal of Evolutionary Economics,

2013, 23(2): 241-245.

[9]张小筠,刘戒骄,李斌.环境规制、技术创新与制造业绿色发展[J].广东财经大学学报,2020,172(5):48-57.

[10]陆畅.中国的绿色政策与就业:存在双重红利吗?[J].经济研究,2011,46(7):42-54.

[11]周蓉,王成,徐铁,等.绿色经济与低碳转型——市场导向的绿色低碳发展国际研讨会综述[J].经济研究,2014,49(11):184-188.

[12]刘传江,张劭辉.源头活水:绿色金融之于经济发展——基于金融理论视角的解构[J].西北师大学报(社会科学版),2022,59(3):134-144.

[13]姬新龙,杨钊.碳排放权交易是否“加速”降低了碳排放量和碳强度?[J].商业研究,2021,526(2):46-55.

[14]MORGENSTERN R D, PIZER W A, SHIH J S. Jobs versus the environment: an industry-level perspective[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2002, 43(3): 412-436.

[15]周宏春,史作廷.双碳导向下的绿色消费:内涵、传导机制和对策建议[J].中国科学院院刊,2022,37(2):188-196.

[16]TAPSCOTT D. The digital economy: promise and peril in the age of networked intelligence[J]. Educom Review, 1996.

[17]赵涛,张智,梁上坤.数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J].管理世界,2020,36(10):65-76.

[18]ZHANG W, ZHAO S Q, WAN X Y, et al. Study on the effect of digital economy on high-quality economic development in China[J]. Plos One, 2021, 16(9): 1-27.

[19]彭炳忠,易俊宇.数字经济对长江经济带产业结构升级的影响研究[J].湖南社会科学,2021(6):51-57.

[20]杨文溥.数字经济促进高质量发展:生产效率提升与消费扩容[J].上海财经大学学报,2022,24(1):48-60.

[21]曹小勇,李思儒.数字经济推动服务业转型的机遇、挑战与路径研究——基于国内国际双循环新发展格局视角[J].河北经贸大学学报,2021,228(5):101-109.

[22]张勋,万广华,张佳佳,等.数字经济、普惠金融与包容性增长[J].经济研究,2019,54(8):71-86.

[23]刘魏,张应良,王燕.数字普惠金融发展缓解了相对贫困吗?[J].经济管理,2021,43(7):44-60.

[24]马香品.数字经济时代的居民消费变革:趋势、特征、机理与模式[J].财经科学,2020(1):120-132.

[25]周光友,罗素梅.互联网金融资产的多目标投资组合研究[J].金融研究,2019(10):135-151.

[26]LANGE S, POHL J, SANTARIUS T. Digitalization and energy consumption. Does ICT reduce energy demand?[J]. Ecological Economics, 2020, 176: 106760.

[27]TOFFEL M W, HORVATH A. Environmental implications of wireless technologies: news delivery and business meetings[J]. Environmental Science & Technology, 2004, 38(11): 2961-2970.

[28]许宪春,任雪,常子豪.大数据与绿色发展[J].中国工业经济,2019(4):5-22.

[29]PENG G C A. Green ICT: a strategy for sustainable development of China's electronic information industry[J]. China: an International Journal, 2013, 11(3): 68-86.

[30]张三峰,魏下海.信息与通信技术是否降低了企业能源消耗——来自中国制造业企业调查数据的证据[J].中国工业经济,2019(2):155-173.

[31]钱立华,方琦,鲁政委.刺激政策中的绿色经济与数字经济协同性研究[J].西南金融,2020(12):3-13.

[32]郑晓云,陈金燕,苏义坤.绿色经济与数字经济协同发展研究——基于修正耦合模型的实证分析[J].价格理论与实践,2021(8):164-167+187.

[33]樊轶侠,徐昊.中国数字经济发展能带来经济绿色化吗?——来自我国省际面板数据的经验证据[J].经济问题探索,2021(9):15-29.

[34]LYYTINEN K, YOO Y, BOLAND JR R J. Digital product innovation within four classes of innovation networks[J]. Information Systems Journal, 2016, 26(1): 47-75.

[35]伦晓波,刘颜.数字政府、数字经济与绿色技术创新[J].山西财经大学学报,2022,44(4):1-13.

[36]BINA O, LA CAMERA F. Promise and shortcomings of a green turn in recent policy responses to the "double crisis"[J]. Ecological Economics, 2011, 70(12): 2308-2316.

[37]孙越.从绿色的观念到观念的绿色——浅析绿色技术的理论构成与实践转向[J].自然辩证法研究,2012,28(9):82-87.

[38]MIKULAK M. The nature of capitalism: how green can we grow?[D]. ProQuest Dissertations and Theses, 2011.

[39]张欢,汤尚颖,耿志润.长三角城市群宜业与生态宜居融合协同发展水平、动态轨迹及其收敛性[J].数量经济技术经济研究,2019,36(2):3-23.

[40]吕江林,叶金生,张澜弘.数字普惠金融与实体经济协同发展的地区差异及效应研究[J].当代财经,2021(9):53-65.

[41]DAGUM C. A new approach to the decomposition of the Gini Income Inequality Ratio[J]. Empirical Economics, 1997, 22(4): 515-531.

[42]原毅军,陈喆.环境规制、绿色技术创新与中国制造业转型升级[J].科学学研究,2019,37(10):1902-1911.

[43]郭芸,范柏乃,龙剑.我国区域高质量发展的实际测度与时空演变特征研究[J].数量经济技术经济研究,2020,37(10):118-132.