

DOI:10.3969/j.issn.1674-8131.2024.04.006

# 数字产业发展、资源配置与 绿色全要素生产率提升

姚树俊<sup>1,2</sup>,王霞<sup>1</sup>,许俊宝<sup>1</sup>

(1. 西安财经大学 公共管理学院, 陕西 西安 710010; 2. 西安统计研究院, 陕西 西安 710010)

**摘要:**数字产业发展能够产生规模效应、推动技术进步、提高要素使用效率、优化经济结构、促进绿色化转型,同时还能改善市场信息环境,缓解要素价格扭曲,减少资本和劳动力错配,提高要素配置效率,从而促进绿色全要素生产率增长。以我国30个省份2010—2021年的数据为研究样本,分析发现:数字产业发展显著提高了绿色全要素生产率,资本和劳动力配置在其中发挥了显著的中介作用,即数字产业能够通过改善资本错配和劳动力错配来提高绿色全要素生产率;在绿色全要素生产率较高地区、产业结构高级化水平较高地区,数字产业发展对绿色全要素生产率的提升作用更为显著,表明发展质量的提高有利于数字产业发展对绿色全要素生产率的提升作用发挥。因此,应积极推动数字产业发展,以数字化转型促进绿色化转型,强化数字平台建设以提高资源要素配置效率,并加快产业结构升级,有效促进绿色全要素生产率持续增长。

**关键词:**数字产业;资源配置;绿色全要素生产率;资本错配;劳动力错配;要素扭曲

**中图分类号:**F062.9;F207 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-8131(2024)04-0082-12

**引用格式:**姚树俊,王霞,许俊宝.数字产业发展、资源配置与绿色全要素生产率提升[J].西部论坛,2024,34(4):82-93.

YAO Shu-jun, WANG Xia, XU Jun-bao. Digital industry development, resource allocation and green total factor productivity improvement[J]. West Forum, 2024, 34(4): 82-93.

\* 收稿日期:2024-01-27;修回日期:2024-04-22

**基金项目:**国家社会科学基金一般项目(19BTJ056);全国统计科学研究项目(2023LY081);陕西省软科学研究计划项目(2022KRM019;2019KRM096);陕西省哲学社会科学研究专项(2022HZ1488;2022HZ1936);榆林市科技计划项目(2023-CXY-187)

**作者简介:**姚树俊(1981),男,山东巨野人;教授,硕士生导师,主要从事管理系统工程、绿色治理和数字治理研究;E-mail: yaoshujun521@163.com。王霞(1999),女,陕西商洛人;硕士研究生,主要从事数字治理研究;E-mail: 2643040073@qq.com。许俊宝(2000),男,陕西西安人,硕士研究生,主要从事数字经济、创新治理研究;E-mail: xujunbao12@126.com。

## 一、引言

随着数字经济的快速发展和资源环境约束的日益增强,数字化与绿色化双转型成为经济高质量发展的必由之路。经济发展绿色化转型注重资源节约与环境保护,通过发展绿色低碳产业推动发展方式转变,提高绿色全要素生产率(Green Total Factor Productivity, GTFP),从而实现经济持续健康发展;经济发展数字化转型注重数字技术和数据资源的驱动作用,通过数字产业化和产业数字化优化要素配置,提高生产效率,从而以新技术新产业新业态新模式催生出新的经济形态。从理论上讲,数字经济不仅可以通过技术进步提高生产效率,而且能够通过提高资源配置效率和推动经济结构优化促进经济绿色化转型(荆文君等,2020)<sup>[1]</sup>,赋能绿色发展(韩晶等,2022;魏丽莉等,2023)<sup>[2-3]</sup>。数字经济对要素配置的优化、生产效率的提升、绿色化转型的促进等积极作用最终体现在绿色全要素生产率的增长上,因此,深入探究数字经济影响绿色全要素生产率的机制,并细致考察数字经济实践对绿色全要素生产率的具体影响,对于进一步推动数字化与绿色化双转型具有重要意义。

近年来,数字经济对绿色全要素生产率的影响受到学界广泛关注,一些文献采用我国城市(地区)层面数据进行的实证分析也验证了数字经济发展具有显著的绿色全要素生产率提升效应。数字经济发展可以通过优化资源要素配置(周晓辉等,2021;朱喜安等,2022;杨友才等,2022;邹静等,2024)<sup>[4-7]</sup>、促进技术进步和效率提升(张帆等,2022;蔡玲等,2022;朱喜安等,2022;张建等,2023)<sup>[8-9][5][10]</sup>、优化产业结构及人才结构(杨友才等,2022;张建等,2023;笪远瑶等,2023;邹静等,2024)<sup>[6][10-11][7]</sup>等路径提高绿色全要素生产率,并具有显著的空间溢出效应(朱喜安等,2022;杨友才等,2022;张圆,2022)<sup>[5-6][12]</sup>。当然,也有一些研究发现,数字经济发展水平与城市绿色全要素生产率之间呈现U型关系(张英浩等,2022)<sup>[13]</sup>,数字经济对绿色全要素生产率具有非线性影响(李占风等,2023)<sup>[14]</sup>。

数字经济涉及经济社会发展的方方面面,包括众多领域和维度,因而有必要进一步研究数字经济各领域、各维度对绿色全要素生产率的影响。已有文献关注到数字金融(田杰等,2021;孙学涛等,2022;余进韬等,2022;徐伟呈等,2023)<sup>[15-18]</sup>、数字基础设施(刘备等,2023;张东玲等,2023;吴玉鸣等,2024)<sup>[19-21]</sup>等对绿色全要素生产率的影响,但还缺乏关于数字产业对绿色全要素生产率的影响研究。数字产业以互联网、大数据、信息技术等为基础,为社会提供数字化产品和服务,主要包括计算机、通信和其他电子设备制造业以及信息传输、软件和信息技术服务业等产业,是数字经济发展的主要载体。随着数字产业的发展壮大,其对经济增长的驱动作用逐渐增强,必然也会对绿色全要素生产率产生影响。

鉴于上述,本文在已有研究的基础上,探讨数字产业发展对绿色全要素生产率的影响及其机制,并采用我国30个省区市2010—2021年的数据进行实证检验。与已有文献相比,本文的边际贡献主要在于:一是从数字产业发展影响绿色全要素生产率的角度,拓展了数字经济的生产率效应研究,有助于深入、全面地认识数字经济对高质量发展的驱动作用,并为数字产业发展的绿色全要素生产率提升效应提供了经验证据;二是探讨了资源配置在数字产业发展影响绿色全要素生产率中的中介作用,并从生产率和产业结构两个方面分析了数字产业发展影响绿色全要素生产率的异质性,为进一步充分发挥数字产业发展对绿色发展的积极作用,以数字化与绿色化双转型推动经济高质量发展提供了经验借鉴与政策启示。

## 二、理论分析与研究假说

### 1. 数字产业发展对绿色全要素生产率的影响

全要素生产率反映了资源要素开发利用的效率,绿色全要素生产率则强调在效率提升的同时减少对资源的消耗和对环境的污染。因此,绿色全要素生产率增长的来源不仅包括技术进步、要素使用效率提升、结构优化、规模效应等,还包括生产和消费方式的绿色化转型。从技术进步来看,数字产业的形成和发展本身就是先进技术应用的结果,代表了先进的社会生产力。同时,数字产业的集聚和壮大,还会通过数据资本扩散、技术溢出、产业渗透、空间溢出等路径促进企业技术创新和产业技术水平提升(袁歌骋等,2023;刘维林等,2023)<sup>[22-23]</sup>,从而推动全社会的技术进步。从要素使用效率来看,作为创新和应用新技术的新兴产业,数字产业不仅本身具有较高的要素使用效率,而且其提供的数字化设备、产品和服务能够提高其他产业的要素使用效率。比如,随着数字产业的发展壮大,大数据、云计算、智能技术以及信息共享平台不断发展完善,促使各种信息的传播渠道增加、沟通效率提高,不仅有利于资本的高效流动,而且有助于劳动力素质的提升,从而提高投资效率和劳动生产率。与此同时,数字经济的快速发展使数据成为新的驱动经济增长的核心生产要素(王静田等,2020;李直等,2021)<sup>[24-25]</sup>,数字产业的发展则会不断增加数据要素的数量、提高数据要素的质量、促进数据要素市场的完善,从而提高数据要素的使用效率(戴魁早等,2023)<sup>[26]</sup>。从结构优化来看,数字产业发展壮大本身就是产业结构升级的重要表现,也是产业结构现代化的重要驱动力(宋培等,2024)<sup>[27]</sup>。同时,数字产业发展还可以促进传统产业的数字化转型(任保平,2023)<sup>[28]</sup>,进而推动各产业内的结构升级。从规模效应来看,除了数字产业发展本身实现的经济规模增长外,数字产业与现代物流的融合促进了供应链创新,打破了传统营销模式的时空局限,通过电子商务等数字平台拓宽了销售渠道,刺激了消费增长和升级,进而带动了整体经济规模增长。从绿色化转型来看,数字产业发展和集聚可以推进颠覆式技术创新,并推动居民生活方式线上化转型和工业生产方式集约化转型,从而赋能绿色经济效率提升(辛璐璐,2023;焦焯等,2023)<sup>[29-30]</sup>。此外,数字产业与制造业协同集聚可以通过人力资本外部性、知识溢出效应等机制促进企业绿色创新(阳立高等,2024)<sup>[31]</sup>,数字产业技术发展能够通过优化产业结构和能源消费结构等路径降低碳排放强度(易子榆等,2022)<sup>[32]</sup>,数字产业协同创新可以通过促进相关企业数字化转型、数字依赖行业发展以及相关产业创新等来减小碳排放强度(张元庆等,2023)<sup>[33]</sup>。

由此,本文提出假说1:数字产业发展能够显著提升绿色全要素生产率。

### 2. 数字产业发展、资源配置优化与绿色全要素生产率增长

除了通过技术进步实现生产效率的提高外,通过生产要素的重新组合实现资源配置效率的提高也是绿色全要素生产率增长的重要路径。数字技术的应用改变了传统的资源配置方式,使得资源配置更加高效和智能化;数字经济的发展通过网络迅速聚集劳动力和资本等生产要素,将简单劳动转变为具有复杂效用的劳动,使资源配置更加有效(王娟,2019)<sup>[34]</sup>。具体到数字产业,其发展有利于打破知识积累和信息传播的时空约束,提高资源配置效率,进而提升绿色全要素生产率。首先,数字产业会推动数字技术与传统产业融合,通过产业数字化改善传统产业的生产方式,并提高传统产业的资源配置效率,进而促进绿色全要素生产率增长(Kohli et al., 2019)<sup>[35]</sup>。其次,数字产业的发展促使数字资源成为新的生产要素,产业和企业的数字化程度越高,生产效率越高,同样的要素投入能够实现更多的产出,从而提高资源配置效率(刘亦文等,2022)<sup>[36]</sup>。最后,信息不对称是导致资源错配的重要原因之一(杜群

阳等,2022)<sup>[37]</sup>,而数字产业发展拓宽了信息沟通渠道,并提高了信息沟通质量。作为数字经济与实体经济深度融合的重要载体,数字产业的发展提高了整个经济系统的数字化水平,并生产出大量的数据资源(商品),这将大大改善资本、劳动力、技术等生产要素市场及原材料市场的信息状况,进而促进要素资源的自由流动和高效配置。进一步具体到资本和劳动力这两种流动性较高的传统生产要素上,在信息不对称较为严重的情景下,由于经济主体获得的信息不完全,难以通过市场机制实现最优配置,从而普遍存在资本错配和劳动力错配现象。借助大数据、人工智能、云计算、数字平台等技术优势,数字产业的发展有效缓解了各类市场的信息不对称问题,使各经济主体能够及时获取、识别和利用更多更精准的信息和知识,并做出更有效率的投资和流动决策,从而减轻资本和劳动力的错配程度,最终体现为绿色全要素生产率的提升。

由此,本文提出假说2:优化资源配置是数字产业发展提升绿色全要素生产率的重要机制,其中存在改善资本错配和改善劳动力错配两条路径。

### 三、实证研究设计

#### 1. 模型构建

为检验地区数字产业发展能否显著提高绿色全要素生产率,构建如下基准模型:

$$Gtfp_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Digiti_{i,t} + \alpha Control_{i,t} + \sum Pro + \sum Year + \varepsilon_{i,t}$$

其中, $i$ 和 $t$ 分别代表省份和年份,被解释变量( $Gtfp_{i,t}$ )“GTFP”为 $i$ 地区 $t$ 年的绿色全要素生产率,核心解释变量( $Digiti_{i,t}$ )“数字产业”为 $i$ 地区 $t$ 年的数字产业发展水平, $Control$ 表示控制变量, $Pro$ 表示省份固定效应, $Year$ 表示年份固定效应, $\varepsilon_{i,t}$ 为残差项。

为检验资源配置的中介作用,在基准模型的基础上构建如下中介效应模型(温忠麟等,2004)<sup>[38]</sup>:

$$Dist_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digiti_{i,t} + \beta Control_{i,t} + \sum Pro + \sum Year + \varepsilon_{i,t}$$

$$Gtfp_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 Digiti_{i,t} + \gamma_2 Dist_{i,t} + \gamma Control_{i,t} + \sum Pro + \sum Year + \varepsilon_{i,t}$$

其中,中介变量( $Dist_{i,t}$ )反映 $i$ 地区 $t$ 年的资源配置效率,采用“资本错配”和“劳动力错配”两个变量来衡量。

#### 2. 变量选取与测度

(1)被解释变量“GTFP”。基于Oh(2010)<sup>[39]</sup>构造的GML指数,采用SBM-DEA方法测算样本地区的绿色全要素生产率,投入指标为年末从业人员数量、资本存量和电力消费量,期望产出为实际地区生产总值,非期望产出为二氧化硫排放量。

(2)核心解释变量“数字产业”。借鉴王俊豪和周晟佳(2021)<sup>[40]</sup>、李娟和刘爱峰(2022)<sup>[41]</sup>、江剑敏(2023)<sup>[42]</sup>的研究,依据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,并结合数据的可得性,从基础设施、收入、服务、创新、产业集聚五个维度构建数字产业发展水平评价指标体系(见表1)。由于各指标计量单位不同,先对原始数据进行无量纲化处理<sup>①</sup>,再采用熵权法计算各个指标的权重,进而计算得到各样本地区的数字产业发展水平综合指数。

① 数据标准化方法为: $X_{ij} = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$ ,其中, $X_{ij}$ 为标准值, $X$ 为原始值, $X_{max}$ 、 $X_{min}$ 分别为最大值和最小值。

表 1 地区数字产业发展水平评价指标

维 度	具体指标
数字基础设施	互联网宽带接入用户数(万户)
	移动电话年末用户数(万户)
	光缆线路长度(公里)
	移动电话交换机容量(万户)
数字产业收入	计算机、通信和其他电子设备制造业主营业务收入(万元)
	电信主营业务收入(万元)
	软件与信息技术产业收入(万元)
数字产业服务	计算机、通信和其他电子设备制造业就业人员(万人)
	交通运输、仓储和邮政业就业人员(万人)
	信息传输、软件和信息技术服务业就业人员(万人)
数字产业创新	专利申请受理量(项)
	规模以上工业企业 R&D 经费(万元)
数字产业集聚	$(\text{信息传输、软件和信息技术服务业城镇单位就业人员} / \text{该行业总就业人员}) \div (\text{城镇单位就业人员} / \text{总就业人员})$

(3)控制变量。参考赵巍和徐筱雯(2023)<sup>[43]</sup>、张建和王博(2023)<sup>[10]</sup>的研究,选取以下6个控制变量:一是“城镇化水平”,采用城镇人口占总人口的比重来衡量;二是“经济规模”,采用GDP的自然对数值来衡量;三是“财政支出水平”,用政府财政支出与GDP之比来衡量;四是“产业结构”,通过“(第一产业产值×0.1+第二产业产值×0.2+第三产业产值×0.3)/GDP”计算得到;五是“金融发展水平”,采用银行业金融机构各项存贷款总额与GDP的比值来衡量;六是“外商投资水平”,采用外商直接投资额的自然对数值来衡量。

(4)中介变量。参考Hsieh和Klenow(2009)<sup>[44]</sup>、陈永伟和胡伟民(2011)<sup>[45]</sup>的方法,基于GDP、从业人员数量和资本存量计算地区资本和劳动力错配指数,通过要素扭曲程度来反向衡量资源配置效率。 $i$ 地区的资本错配指数( $\tau_{K_i}$ )和劳动力错配指数( $\tau_{L_i}$ )计算公式为: $\gamma_{K_i} = \frac{1}{1+\tau_{K_i}}, \gamma_{L_i} = \frac{1}{1+\tau_{L_i}}$ 。其中, $\gamma_{K_i}$ 和 $\gamma_{L_i}$ 表示资源相对没有扭曲时的加成情况,在实际测算中用资本和劳动力价格相对扭曲系数( $\hat{\gamma}_{K_i}$ 和 $\hat{\gamma}_{L_i}$ )代替: $\hat{\gamma}_{K_i} = \left(\frac{K_i}{K}\right) / \left(\frac{S_i \beta_{K_i}}{\beta_K}\right), \hat{\gamma}_{L_i} = \left(\frac{L_i}{L}\right) / \left(\frac{S_i \beta_{L_i}}{\beta_L}\right)$ 。 $\frac{K_i}{K}$ 为*i*地区使用的资本占资本总量的实际比例, $\frac{S_i \beta_{K_i}}{\beta_K}$ 为资本有效配置时*i*地区使用资本的理论比例; $\frac{L_i}{L}$ 为*i*地区使用的劳动力占劳动力总量的实际比例, $\frac{S_i \beta_{L_i}}{\beta_L}$ 为劳动力有效配置时*i*地区使用劳动力的理论比例。由于资本错配指数和劳动力错配指数存在负值,在模型回归时对其进行取绝对值处理,值越大则错配程度越高。

### 3. 样本选择与数据处理

本文以我国30个省份(不包括港澳台地区和西藏自治区)为研究样本,样本期间为2010—2021年,所用数据来自《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及国家统计局数据库,部分

缺失数据通过线性插值法填补。表 2 为本文主要变量的描述性统计结果,可以发现,样本地区之间的绿色全要素生产率、数字产业发展水平以及资本和劳动力错配程度均存在较大差异。

表 2 主要变量的描述性统计结果

	变 量	标准差	样本量	中位数	均值	最小值	最大值
被解释变量	GTFP	0.828	360	1.551	1.735	0.608	7.826
核心解释变量	数字产业	0.084	360	0.295	0.303	0.174	0.474
中介变量	资本错配(未取绝对值)	0.503	360	-0.195	-0.034	-0.580	2.858
	劳动力错配(未取绝对值)	0.352	360	-0.068	-0.001	-0.591	1.438
控制变量	经济规模	0.878	360	9.863	9.820	7.209	11.73
	财政支出水平	0.102	360	0.223	0.246	0.106	0.643
	产业结构	0.130	360	2.361	2.371	2.127	2.797
	城镇化水平	0.125	360	0.573	0.589	0.338	0.896
	金融发展水平	1.152	360	3.023	3.236	1.518	8.131
	外商投资水平	1.738	360	5.883	5.417	-1.575	7.722

#### 四、实证结果分析

##### 1. 基准回归、内生性处理与稳健性检验

基准模型回归结果如表 3 所示,“数字产业”对“GTFP”的回归系数显著为正,表明数字产业发展水平的提高对绿色全要素生产率具有显著的正向影响,即数字地区产业的发展能够显著提高本地的绿色全要素生产率,验证了本文提出的假说 1。

表 3 基准回归结果

变 量	GTFP	GTFP
数字产业	0.439*** (10.144)	0.489** (2.589)
经济规模		-1.290*** (-2.661)
财政支出水平		-6.669*** (-3.245)
产业结构		-1.261 (-1.185)
城镇化水平		-4.693** (-2.316)
金融发展水平		0.147 (0.930)
外商投资水平		0.058 (0.912)

续表 3

变 量	GTFP	GTFP
常数项	0.402*** (2.938)	19.519*** (3.482)
年份固定效应	控制	控制
省份固定效应	控制	控制
样本量	360	360
adj. R <sup>2</sup>	0.221	0.614

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著,括号内数值为t值,下表同。

为缓解模型可能存在的反向因果关系、遗漏变量等内生性问题,借鉴肖土盛等(2022)<sup>[46]</sup>的研究,采用滞后一期的数字产业发展水平综合指数年度均值作为“数字产业”的工具变量进行2SLS检验,结果见表4的Panel A。第一阶段估计结果显示,工具变量对“数字产业”的回归系数显著为正;第二阶段估计结果显示,拟合的“数字产业”对“GTFP”的回归系数显著为正。上述结果表明在缓解模型内生性问题后,数字产业发展能够显著提升绿色全要素生产率的结论依然成立。

表 4 内生性处理和稳健性检验结果

变 量	Panel A:工具变量法(2SLS)		Panel B:稳健性检验	
	第一阶段	第二阶段	剔除直辖市样本	解释变量滞后处理
工具变量	0.327*** (7.30)			
数字产业		0.844** (2.41)	0.456*** (3.462)	
L <sub>1</sub> 数字产业				0.539** (2.531)
常数项	0.774 (0.50)	8.874 (1.26)	7.044** (2.280)	24.774** (3.756)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
省份固定效应			控制	控制
样本量	360	360	312	330
adj. R <sup>2</sup>	0.978	0.716	0.597	0.602
K-P rk LM statistic		7.21		
C-D Wald F statistic		71.40		

为进一步验证基准模型检验结果的可靠性,进行以下稳健性检验:一是剔除直辖市样本。考虑到直辖市的特殊性,剔除直辖市样本后重新进行模型检验。二是解释变量滞后处理。考虑到数字产业发展对绿色全要素生产率的影响可能存在滞后性,将核心解释变量“数字产业”进行滞后一期处理后重新进行模型检验。稳健性检验结果见表4的Panel B,核心解释变量的回归系数均显著为正,表明本文的分析

结果是稳健的。

## 2. 机制分析

中介效应检验结果见表5。从改善资本错配的路径来看(Panel A):“数字产业”对“资本错配”的回归系数显著为负,表明数字产业发展显著降低了资本错配程度;“资本错配”对“GTFP”的回归系数显著为负,表明资本错配程度的提高会显著抑制绿色全要素生产率增长。从改善劳动力错配的路径来看(Panel B):“数字产业”对“劳动力错配”的回归系数显著为负,表明数字产业发展显著降低了资本劳动力错配程度;“劳动力错配”对“GTFP”的回归系数显著为负,表明劳动力错配程度的降低会显著促进绿色全要素生产率增长。由此可知,数字产业发展能够通过改善资本错配和改善劳动力错配的路径来提高绿色全要素生产率。进一步的Sobel-Goodman检验结果显示,“资本错配”和“劳动力错配”的中介效应显著。由此,本文提出的假设2也得到验证。

表5 机制检验结果

变 量	Panel A:改善资本错配路径			Panel B:改善劳动力错配路径		
	GTFP	资本错配	GTFP	GTFP	劳动力错配	GTFP
数字产业	0.487** (2.578)	-0.129*** (-3.229)	0.007 (0.064)	0.487** (2.578)	-0.386* (-1.669)	0.002 (0.021)
资本错配			-0.281* (-1.801)			
劳动力错配						-0.853*** (-3.428)
常数项	18.776*** (3.574)	5.002*** (4.282)	10.843*** (3.432)	18.776*** (3.574)	-0.132*** (-0.179)	9.937*** (3.218)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	360	360	360	360	360	360
adj. R <sup>2</sup>	0.458	0.500	0.645	0.458	0.971	0.806
Soble 检验		0.254**			-0.121*	
Z 值		2.544			-1.632	

## 3. 进一步的讨论:异质性分析

在不同的地区,数字基础设施、数字产业的发展水平存在显著差异,实际的绿色全要素生产率也各有不同,因而数字产业发展对绿色全要素生产率的影响程度可能存在异质性。总体上讲,当一个地区的发展质量较高时,一方面数字产业的发展条件较好,数字产业的成长较快,可以通过自身的规模扩张和结构升级对经济系统的绿色全要素生产率产生较大的影响;另一方面,经济系统中的各领域、各主体之间的联系更为紧密,数字产业发展对传统产业的改造更为有效,从而可以通过更大的溢出效应对绿色全要素生产率提升产生更强的促进作用。考虑到生产效率和产业结构是反映发展质量的两个重要方面,



本文采用分组检验的方法进行以下异质性分析:

一是全要素生产率异质性。参考杨慧梅(2021)<sup>[47]</sup>的做法,根据“GTFP”的中位数将样本划分为“GTFP 较高”和“GTFP 较低”两组,分别进行模型检验,回归结果见表6的Panel A。在“GTFP 较高”组,“数字产业”对“GTFP”的回归系数显著为正;而在“GTFP 较低”组,“数字产业”对“GTFP”的回归系数为正但不显著。

二是产业结构异质性。采用第三产业增加值与第二产业增加值之比来衡量产业结构高级化水平,进而依据中位数将样本划分为“产业结构水平较高”和“产业结构水平较低”两组,分别进行模型检验,回归结果见表6的Panel B。在“产业结构水平较高”组,“数字产业”对“GTFP”的回归系数显著为正;而在“产业结构水平较低”组,“数字产业”对“GTFP”的回归系数为正但不显著。

上述结果表明,数字产业发展显著促进了绿色全要素生产率较高地区、产业结构高级化水平较高地区的绿色全要素生产率增长,而对绿色全要素生产率较低地区、产业结构高级化水平较低地区的绿色全要素生产率增长没有显著影响。由此可见,相比发展质量较低的地区,发展质量较高地区的数字产业发展具有更为显著的绿色全要素生产率提升效应。

表6 异质性分析结果

变 量	Panel A:GTFP 异质性		Panel B:产业结构异质性	
	GTFP 较高	GTFP 较低	产业结构水平较高	产业结构水平较低
数字产业	1.653*** (4.156)	0.011 (0.274)	1.251** (2.580)	0.107 (0.989)
常数项	26.715** (2.072)	0.635 (0.926)	69.382*** (4.151)	-3.057** (-2.132)
控制变量	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
省份固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	180	180	180	180
adj. R <sup>2</sup>	0.549	0.256	0.524	0.879

## 五、结论与启示

作为数字经济与实体经济深度融合的重要载体,数字产业逐步成为推动经济发展方式转变和高质量发展的关键力量。数字产业的发展壮大不仅能够产生规模效应、推动技术进步、提高要素使用效率、优化经济结构,而且可以促进绿色化转型,从而显著提升绿色全要素生产率。数字产业发展还使得资源配置更加高效和智能化,并改善市场信息环境,缓解要素价格扭曲,减少资本和劳动力错配,从而通过提高要素配置效率来促进绿色全要素生产率提升。本文采用我国30个省份2010—2021年的数据分析发现:数字产业发展显著促进了地区绿色全要素生产率提升,并可以通过改善资本错配和劳动力错配两条路径来提高绿色全要素生产率;在绿色全要素生产率较高地区、产业结构高级化水平较高地区,数字产业发展显著提高了绿色全要素生产率,而在绿色全要素生产率较低地区、产业结构高级化水平较低地区,数字产业发展对绿色全要素生产率的影响不显著。

根据以上研究结论,本文得到以下启示:一是积极发展数字产业,加快经济发展方式的数字化转型。

要加强数字基础设施建设,优化数字产业发展环境,以数字产业的发展壮大推动经济高质量发展。各地政府应因地制宜,根据自身发展条件,采取积极措施,有效激励和扶持数字产业发展。二是优化数字资源配置,以数字化转型促进绿色化转型。要鼓励数字技术创新,并推动数字技术在各领域的广泛应用,尤其要加快绿色发展领域的数字化转型,在提高生产效率的同时实现绿色发展。三是强化数字平台建设,助力资源要素配置优化。要深度挖掘数据要素的积极功效,运用数字技术整合产业链资源,优化要素配置,提升资源利用效率;要充分发挥数字平台的信息交流与资源整合作用,降低信息不对称及价格扭曲导致的要素错配程度,提高要素配置效率。四是加快产业结构升级,促进绿色全要素生产率持续增长。要着力于经济发展质量的提升,提高生产效率,优化经济结构,以充分发挥数字经济发展对绿色全要素生产率的提升作用。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 魏丽莉,侯宇琦.数字经济赋能绿色发展:理论变革、内在逻辑与实现路径[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2023,52(3):94-106.
- [4] 周晓辉,刘莹莹,彭留英.数字经济发展与绿色全要素生产率提高[J].上海经济研究,2021(12):51-63.
- [5] 朱喜安,马樱格.数字经济对绿色全要素生产率变动的的影响研究[J].经济问题,2022(11):1-11.
- [6] 杨友才,王玉聪,魏涛.数字经济是否提高了绿色全要素生产率? [J].学习与探索,2022(12):114-123.
- [7] 邹静,王强,郝慧丽,等.数字经济如何影响绿色全要素生产率?——来自中国地级市的证据[J].软科学,2024,38(3):44-52.
- [8] 张帆,施震凯,武戈.数字经济与环境规制对绿色全要素生产率的影响[J].南京社会科学,2022(6):12-20+29.
- [9] 蔡玲,汪萍.数字经济与城市绿色全要素生产率:影响机制与经验证据[J].统计与决策,2022,38(9):11-16.
- [10] 张建,王博.数字经济发展与绿色全要素生产率提升[J].审计与经济研究,2023,38(2):107-115.
- [11] 笕远瑶,罗丹.数字经济、结构红利与绿色全要素生产率[J].西南民族大学学报(人文社会科学版),2023,44(3):107-118.
- [12] 张圆.城市数字经济对绿色全要素生产率的空间效应研究——理论机理与实证检验[J].经济体制改革,2022(4):43-50.
- [13] 张英浩,汪明峰,崔璐明,等.数字经济水平对中国市域绿色全要素生产率的影响[J].经济地理,2022,42(9):33-42.
- [14] 李占风,粟文元.数字经济对绿色全要素生产率的影响研究[J].西安财经大学学报,2023,36(6):58-69.
- [15] 田杰,谭秋云,陈一明.数字普惠金融、要素扭曲与绿色全要素生产率[J].西部论坛,2021,31(4):82-96.
- [16] 孙学涛,田杨.数字金融对县域绿色全要素生产率的影响[J].山东社会科学,2022(4):156-163.
- [17] 余进韬,张蕊,龚星宇.数字金融如何影响绿色全要素生产率?——动态特征、机制识别与空间效应[J].当代经济科学,2022,44(6):42-56.
- [18] 徐伟呈.数字金融、异质型环境规制与绿色全要素生产率[J].财经科学,2023(11):1-16.
- [19] 刘备,黄卫东.新型数字基础设施的绿色全要素生产率提升效应研究[J].求是学刊,2023,50(1):96-106.
- [20] 张东玲,焦宇新,刘敏.数字经济推动了城市绿色全要素生产率提升吗?——基于“宽带中国”试点的证据[J].现代财经(天津财经大学学报),2023,43(7):38-56.
- [21] 吴玉鸣,李睿楠.数字基础设施建设能够促进城市绿色全要素生产率提升吗?——来自“宽带中国”试点政策的准自然实验[J].华东理工大学学报(社会科学版),2024,39(1):133-148.
- [22] 袁歌骋,潘敏,覃凤琴.数字产业集聚与制造业企业技术创新[J].中南财经政法大学学报,2023(1):146-160.
- [23] 刘维林,程倩.数字产业渗透、全球生产网络与非对称技术溢出[J].中国工业经济,2023(3):96-114.

- [24] 王静田,付晓东. 数字经济的独特机制、理论挑战与发展启示——基于生产要素秩序演进和生产力进步的探讨[J]. 西部论坛,2020,30(6):1-12.
- [25] 李直,吴越. 数据要素市场培育与数字经济发展——基于政治经济学的视角[J]. 学术研究,2021(7):114-120.
- [26] 戴魁早,王思曼,黄姿. 数据要素市场发展与生产率提升[J]. 经济管理,2023,45(6):22-43.
- [27] 宋培,白雪洁,李琳,等. 数字产业创新对产业结构现代化的影响研究[J]. 科学学研究,2024,42(1):170-182.
- [28] 任保平. 以产业数字化和数字产业化协同发展推进新型工业化[J]. 改革,2023(11):28-37.
- [29] 辛璐璐. 数字产业集聚、颠覆式技术创新与城市绿色经济效率[J]. 学习与实践,2023(10):71-80.
- [30] 焦焯,郭金花,赵国浩. 数字产业集聚、地方政府竞争与城市绿色经济效率[J]. 经济经纬,2023,40(6):51-60.
- [31] 阳立高,邬佩云,韩峰. 数字产业与制造业协同集聚对企业绿色创新的影响研究[J]. 财经理论与实践,2024,45(3):131-138.
- [32] 易子榆,魏龙,王磊. 数字产业技术发展对碳排放强度的影响效应研究[J]. 国际经贸探索,2022,38(4):22-37.
- [33] 张元庆,刘烁,齐平. 数字产业协同创新发展对碳排放强度影响研究[J]. 西南大学学报(社会科学版),2023,49(3):114-128.
- [34] 王娟. 数字经济驱动经济高质量发展:要素配置和战略选择[J]. 宁夏社会科学,2019(5):88-94.
- [35] KOHLI R, MELVILLE N P. Digital innovation: a review and synthesis [J]. Information Systems Journal, 2019, 29(1): 200-223.
- [36] 刘亦文,谭慧中,陈熙钧,等. 数字经济发展对实体经济投资效率提升的影响研究[J]. 中国软科学,2022(10):20-29.
- [37] 杜群阳,周方兴,战明华. 信息不对称、资源配置效率与经济周期波动[J]. 中国工业经济,2022(4):61-79.
- [38] 温忠麟,张雷,侯杰泰,等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报,2004(5):614-620.
- [39] OH D H. A global malmquist-luenberger productivity index[J]. Journal of Productivity Analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [40] 王俊豪,周晟佳. 中国数字产业发展的现状、特征及其溢出效应[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(3):103-119.
- [41] 李娟,刘爱峰. 中国区域数字产业发展的平衡性分析[J]. 统计与信息论坛,2022,37(1):3-12.
- [42] 江剑敏. 数字产业如何高质量发展? ——数字产业劳动密集型依赖及其突破视角[J]. 人口与经济,2023(4):22-40.
- [43] 赵巍,徐筱雯. 数字经济、空间效应与经济高质量发展——以长江经济带 110 个城市为例[J]. 华东经济管理,2023,37(8):42-49.
- [44] HAIHEH C T, KLENOW P J. Misallocation and manufacturing TFP in China and India[J]. Quarterly Journal of Economics, 2009, 124(4): 1403-1448.
- [45] 陈永伟,胡伟民. 价格扭曲、要素错配和效率损失:理论和应用[J]. 经济学(季刊),2011,10(4):1401-1422.
- [46] 肖土盛,孙瑞琦,袁淳,等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J]. 管理世界,2022,38(12):220-237.
- [47] 杨慧梅,江璐. 数字经济、空间效应与全要素生产率[J]. 统计研究,2021,38(4):3-15.

## Digital Industry Development, Resource Allocation and Green Total Factor Productivity Improvement

YAO Shu-jun<sup>1,2</sup>, WANG Xia<sup>1</sup>, XU Jun-bao<sup>1</sup>

(1. School of Public Administration, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710010, Shaanxi, China;

2. Xi'an Statistical Research Institute, Xi'an 710010, Shaanxi, China)

**Abstract:** With the application of digital technology, the digital industry has become a crucial engine driving industrial structure upgrading and high-quality economic development. At the same time, the increasing global

resource and environmental pressure calls for environmental protection and sustainable economic and social development. Countries are committed to accelerating technological innovation, promoting the transformation and upgrading of economies, energy, and industrial structures, and improving green total-factor productivity, so as to achieve green production. In this context, the relationship between the digital industry and green total factor productivity has become one of the current research hotspots. Yet, most existing research focuses on the impact of the digital economy and digital technology on economic growth and industrial structure. Little research has been conducted on the relationship between the digital industry and green total factor productivity.

This paper uses data from the China Statistical Yearbook, China Environmental Statistics Yearbook, and China Urban Statistical Yearbook compiled by the National Bureau of Statistics of China. The entropy weighting method is used to measure the comprehensive indexes of the development level of digital industries in 30 provinces in China. The level of green total factor productivity is calculated by constructing a super-efficiency model and using the SBM-DEA method. The relationship between digital industry development and green total factor productivity is empirically investigated using the panel fixed effect model and the mediation effect model. It is found that the development of the digital industry significantly promotes green total factor productivity, and resource allocation plays a transmission role between the two. That is, the development of the digital industry optimizes the factor allocation mode and improves the efficiency of traditional resource allocation, which in turn promotes the optimization and upgrading of industrial structure and green transformation, thus promoting green total factor productivity. Moreover, there are differences in the degree of impact of digital industry development on green total factor productivity under different productivity levels and industrial structure levels.

This paper contributes to the existing literature in two aspects. Firstly, it investigates how the development of digital industries promotes green total factor productivity from an industrial perspective, unlike existing studies that focus on the digital economy level. Secondly, it not only explores the impact of resource allocation on green total factor productivity but also investigates the effect of the conduction mechanism that resource allocation produces between the development of digital industries and green total factor productivity. This paper further discusses the effects of different levels of productivity and industrial structure on green total factor productivity.

Based on the existing “digital divide” and the reality of unbalanced regional development in China, this paper discusses the relationship between digital industry development and green total factor productivity. It provides theoretical support and policy recommendations for promoting the green transformation and green development of the digital industry and helps to promote the sustainable development of the economy.

**Key words:** digital industry; resource allocation; green total factor productivity; capital misallocation; labor misallocation; factor distortion

**CLC number:** F062.9; F207

**Document code:** A

**Article ID:** 1674-8131(2024)04-0082-12

(编辑:刘仁芳)