

数据要素对区域绿色低碳发展的非线性影响研究*

■ 杨金龙^{1**} 王改变² 杨艳艳^{3,4} 李加莲^{5**}

1. 金风科技股份有限公司 北京 100176

2. 中国科学院昆明分院 昆明 650201

3. 昆明理工大学管理与经济学院 昆明 650093

4. 昆明理工大学财务处 昆明 650093

5. 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190

摘要:数字经济的崛起,使数据要素成为新的生产要素。实现碳达峰、碳中和是我国的重大战略需求。针对数据要素如何影响区域绿色低碳发展的问题,本研究基于数据要素理论框架,从数据供给、流通和应用3个维度设立指标体系,对区域数据要素综合发展水平进行测度及评价,并采用2013~2021年中国省级面板数据,实证分析了数据要素对区域绿色低碳发展的非线性影响效应,为数据要素更好赋能区域绿色低碳发展提供了政策建议。

关键词:数据要素 绿色低碳 非线性影响 异质性

DOI:10.11842/chips.20231127001

0 引言

数据要素正高速辐射影响着全球生产要素投入结构、产业结构、能源结构和发展格局,也为中国区域绿色低碳转型发展提供了强劲臂力。发挥数据要素在区域绿色低碳转型发展的引领作用成为我国施政的重要着力点,对此问题深入研究将为数据要素更好赋能区域绿色低碳发展提供参考。一些学者研究数据要素与生产效率或经济发展的关系。Ghasemaghaei等^[1]指出数据要素需要经过数据处理、分析的过程提升员工工作效率,进而提高企业生产效率。谢康等^[2]指出数据要素不仅意味着要素种类的增加,更表现出对传统生产要素发挥的“搭桥”作用,形成推动高质量发展的动力。蔡跃洲等^[3]

理论探讨了数据要素提升企业生产经营效率、实现应用创造能力倍增,支撑高质量发展的微观基础。王德祥^[4]发现数据要素显著促进制造业高质量发展。李亚红^[5]发现数据要素提升了我国开放发展水平,地区间差异较为明显。徐翔等^[6]认为数据要素的深度挖掘有利于搜寻创新网络中新知识,进而提高社会生产效率,影响经济增长潜力。丁煌等^[7]认为数据要素作为数字经济中的核心要素会促使技术创新以适应该要素发展需要,形成循环累积的发展态势。刘嘉琪等^[8]深入探讨了企业数字化转型实现的路径与机制。

关于数据要素与绿色低碳发展的文献较少,大多集中于数字经济或数字技术与低碳发展或绿色发展的研

* 2023年国家自然科学基金重大项目(T2293774):国家和社会数据安全治理的智能方法,负责人:李建平。

** 杨金龙,博士,高级经济师,副总经理,研究方向:风险管理;李加莲(通讯作者),博士,助理研究员,研究方向:数据安全。

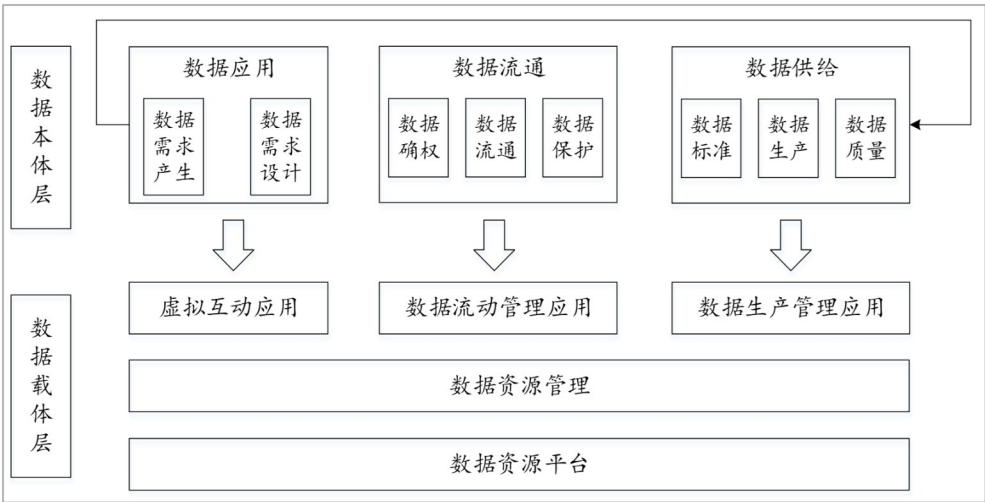


图1 数据要素理论框架

表1 数据要素发展水平指数指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	权重
数据要素	数据要素供给	互联网宽带接入端口	统计年鉴
		每百人移动电话用户数	统计年鉴
		计算机服务和软件从业人员占比	统计年鉴
		域名数	统计年鉴
		网页数	统计年鉴
	数据要素流通	互联网普及率	统计年鉴
		淘宝村数量	阿里研究院
		地方政府数字关注度	政府网站
		互联网宽带接入用户	统计年鉴
		有电子商务交易活动企业数	统计年鉴
	数据要素应用	数字普惠金融指数	北京大学数字普惠金融指数
		人均电信业务总量	统计年鉴
		软件和信息技术服务业收入	统计年鉴
		电子商务采购额	统计年鉴
		电子商务销售额	统计年鉴

究。赵巍^[9]、李金林等^[10]发现数字经济能够促进绿色全要素生产率的提高。韩晶等^[11]认为数字经济对绿色转型发展具有促进作用。刘津^[12]、Roller等^[13]、Greenstein等^[14]认为互联网技术的发展有利于区域绿色经济效率提升。Moyer等^[15]、许宪春等^[16]、姚璐等^[17]、庞瑞芝等^[18]发现数字技术带动了中国的绿色发展。刘平峰等^[19]、Brynjolfsson等^[20]发现数字技术抑制了全要素增长率的提升。Chakpitak^[21]等发现数字技术在泰国还没有得到最大程度的运用,对泰国经济的影响仍有很大的空间。Aghion等^[22]认为数字技术对绿色经济的增长具有时滞性,短期内无法实现。Acemoglu等^[23]认为自动化水平过

高不利于资源的充分利用,将导致资源浪费和劳动力错配,从而抑制绿色全要素生产率的增長。有一些学者从非线性视角对影响作用进行研究。王帅龙^[24]发现数字经济对城市碳排放的影响呈现倒U型特征。郭家堂等^[25]研究发现互联网对中国全要素生产率的影响呈非线性特征。刘强等^[26]认为通过使用数字技术与技术创新,数字经济对绿色经济效率的影响具有非线性效应。Pan等^[27]认为数字经济与绿色全要素生产率呈非线性正相关关系。

随着物联网、云计算、人工智能等新一代信息技术的快速发展和政策的引导推进,我国数字经济加速发



表2 绿色低碳发展指标体系

目标层	准则层		指标层	单位
绿色全要素生产率	投入指标	劳动投入	年末单位从业人数	万人
		资本投入	资本存量	万元
		能源投入	能源消费总量	万吨
	产出指标	期望产出	地区生产总值	万元
			建成区绿化覆盖率	%
		非期望产出	工业废水排放量	万吨
			二氧化碳排放量	万吨

表3 控制变量

控制变量名称	含义
工业化程度 <i>ind</i>	工业增加值与地区生产总值的比值
城市化水平 <i>urb</i>	区域总人口与行政区面积比值的对数
环境基础设施 <i>infra</i>	人均公园面积的对数
研发投入强度 <i>rd</i>	研发经费投入占GDP比重的相对指标
环境保护程度 <i>epr</i>	地方财政环境保护支出与一般预算支出的比重

表4 主要变量描述性统计结果

变量类型	变量名称	变量含义	平均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>Glc</i>	绿色低碳发展	1.029	0.096	0.437	1.462
解释变量	<i>dat</i>	数据要素	0.123	0.121	0.011	0.680
	<i>das</i>	数据供给	0.038	0.041	0.005	0.264
	<i>daf</i>	数据流通	0.036	0.043	0.004	0.301
	<i>dav</i>	数据价值	0.048	0.052	0.001	0.318
控制变量	<i>ind</i>	工业化程度	0.323	0.074	0.100	0.510
	<i>urb</i>	城市化水平	7.912	0.391	6.965	8.620
	<i>infra</i>	环境基础设施	2.588	0.202	1.960	3.047
	<i>rd</i>	研发强度	0.011	0.006	0.002	0.032
	<i>epr</i>	环境保护程度	0.029	0.009	0.012	0.068

展。大量研究着重讨论数字经济、数字技术产生的各种社会经济影响,然而数据要素才是影响经济社会发展的根源。国家自然科学基金委员会设立了重大项目:国家和社会数据安全治理的智能方法,本研究在该项目研究框架指导下,针对绿色低碳发展领域,研究数据要素起到的关键作用,建立了数据要素理论框架,从数据供给、流通和应用3个维度构建数据要素指标体系,对数据要素综合发展水平进行测度;首次把数据要素纳入区域绿色低碳发展的分析框架;基于异质非线性角度剖析数据要素影响区域绿色低碳发展的客观规律和作用机制。

1 研究假设

假设1:数据要素凭借自身优势直接促进区域绿色低碳发展。(1)数据收集、传递、处理、分析、共享、开放、交易及应用,都蕴含着绿色低碳发展的重要信息。利用基于数据的信息生产,能够更清晰地定位绿色低碳发展的难题,并采取更有力的对策;(2)数据要素改变了传统模式下规模经济、范围经济、长尾效应下的约束,提高企业生产效率,显著降低经济发展过程中对资源环境要素的过度依赖。移动互联网等新一代信息通信技术商业应用程度的加深,通过精准匹配交易双方的供给和需求信息,简化交易流程,降低交易费用,提高要素资源利用率。数据要素与传统产业融合导致低污染、低能耗新产业诞生,加快高污染与高耗能产业的淘汰,推动区域绿色低碳发展;(3)数据要素发展提高政府监管能力,促进区域绿色低碳发展。通过大数据、云计算以及遥感技术,气象部门可以实现对空气质量、河流水质、生态环境的实时监测,从而根据监测数据进行及时管控;信息传播效率的提升提高国民对高污染事件关注程度,通过舆论监督促使政府和企业加大对生态环境的治理力度。

假设2:数据要素对绿色低碳发展的影响具有非线性效应。数字经济时代,消费者对产品和服务的需求日益多元化,更多产业部门和创新部门参与到绿色发展建设中,在更大范围内享受到数字红利和绿色发展的正向激励,促进绿色经济效率提升。数据要素的发展使得各部门间重构主体关联模式和产业链关系,优化资源配

表5 数据要素影响绿色低碳发展的直接效应估计结果

变量	glc	glc	glc	glc	glc	glc
dat	0.1162***	0.1108***	0.1194***	0.1025***	0.1116***	0.1147***
	(0.0301)	(0.0301)	(0.0302)	(0.0309)	(0.04)	(0.0396)
ind		-0.0969**	-0.1218**	-0.1457***	-0.1313**	-0.1459**
		(0.0489)	(0.0502)	(0.0509)	(0.0649)	(0.0645)
urb			0.0193**	0.0302***	0.0294***	0.0316***
			(0.0097)	(0.0107)	(0.011)	(0.0109)
infra				0.0470**	0.0455**	0.0596***
				(0.0207)	(0.0211)	(0.0216)
rd					-0.3131	-0.5302
					(0.8761)	(0.8714)
epr						-0.9911**
						(0.39)
_cons	1.0034***	1.0354***	0.8897***	0.6911***	0.6992***	0.6820***
	(0.0052)	(0.0169)	(0.0748)	(0.1146)	(0.117)	(0.116)
省份 固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份 固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	270	270	270	270	270	270
R ²	0.053	0.066	0.08	0.098	0.098	0.12

注:*表示 $p<0.1$,**表示 $p<0.05$,***表示 $p<0.01$ 。括号内数值为标准误

置,提高自身运行效率;为创新部门提供更广、更优质的交流平台,使得创新部门获取信息和技术的成本下降,产业联动的边际成本持续降低,参与者获取收益持续增加;受到“梅特卡夫法则”支配,即网络的价值等于其节点数的平方,呈现边际效益递增特性。

2 数据要素测算与评价

在数据要素市场的“供给—需求”经济分析框架基础上,以数据需求为驱动,健全数据要素制度规则,激励数据供给侧健康发展,推动数据中间环节有序流通,实现数据价值高效应用。本研究以数据本体、数据载体两个层面构建基于“数据供给-数据流通-数据应用”的数据要素理论框架,如图1所示。

图1中,数据本体层联结着物质世界和精神世界,承载和呈现着人类意识及思维的过程或结果^[28];数据载体层分别结合数据供给、数据流通和数据应用提供相应技术服务保障,满足数据本体层的承载需要。基于图1构建指标体系如表1所示。

表1从数据要素供给、流通与应用3个维度构建数据要素发展水平指数指标体系,权重设置依据主要来自

统计年鉴、阿里研究院、政府网站、北京大学数字普惠金融指数。

3 模型构建与变量选取

3.1 基准模型

为检验假设1,采用最小二乘法建立面板数据的基准回归模型:

$$Glc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 dat_{it} + \alpha_c X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式(1)中, Glc_{it} 为*i*省份在*t*时期的绿色低碳发展水平指标, dat_{it} 为*i*省份在*t*时期的数据要素综合发展水平指标, X_{it} 为影响区域绿色低碳发展的一系列控制变量, u_i 为个体固定效应, v_t 为时间固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。

3.2 非线性模型

为检验假设2,构建双向固定效应模型:

$$Glc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 dat_{it} + \alpha_2 dat_{it}^2 + \alpha_c X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式(2)中, dat_{it}^2 为核心解释变量的平方项, α_2 是平方项的估计参数,其它变量与式(1)相同。若 α_1 为正,则数据要素对区域绿色低碳发展存在正向的促进作用,否则存在负向抑制作用;若 α_2 为正,则数据要素对绿色低碳



表6 数据要素结构影响区域绿色低碳发展的直接效应估计结果

变量	数据供给	数据流通	数据应用
das	0.2522** (0.1092)		
daf		0.0877 (0.1094)	
dav			0.3631*** (0.0894)
urb	0.0359*** (0.0109)	0.0341*** (0.0111)	0.0276** (0.0108)
infra	0.0708*** (0.021)	0.0724*** (0.022)	0.0523** (0.0213)
rd	0.1018 (0.7964)	0.6888 (0.8343)	-1.0148 (0.8388)
epr	-1.1399*** (0.3999)	-0.9307** (0.3968)	-0.9102** (0.3842)
_cons	0.6263*** (0.1151)	0.6483*** (0.119)	0.7158*** (0.1149)
省份固定	Yes	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes	Yes
N	270	270	270
R ²	0.11	0.094	0.145

注：*表示 $p < 0.1$ ，**表示 $p < 0.05$ ，***表示 $p < 0.01$ 。括号内数值为标准误

发展的影响存在“正U型”关系，否则存在“倒U型”关系。

3.3 变量选取与数据来源

3.3.1 变量选取

如表2所示，采用基于方向距离函数(Directional Distance Function, DDF)-松弛测度模型(Slack Based Measure, SBM)-全局马尔奎斯特-卢恩贝格指数(Global Malmquist_Luenberger, GML)计算的全要素生产率，表示被解释变量绿色低碳发展水平指标 Glc ，SBM-ML指数作替代变量进行稳健性检验。

使用全局熵值法测算解释变量数据要素 $data$ 。借鉴郑丽琳^[29]、许宪春^[30]等学者的研究，设定如表3所示的控制变量。

表7 数据要素及结构对区域绿色低碳发展的非线性影响估计结果

变量	数据要素	数据供给	数据流通	数据应用
dat	0.3515*** (0.1023)			
(dat) ²	-0.4259** (0.17)			
das		0.177 (0.3034)		
(das) ²		0.3697 (1.3919)		
daf			0.6912** (0.2794)	
(daf) ²			-2.6191** (1.1161)	
dav				0.8576*** (0.217)
(dav) ²				-1.9462** (0.7798)
_cons	0.6875*** (0.1149)	0.6206*** (0.1173)	0.6918*** (0.1194)	0.7395*** (0.1141)
省份固定	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	270	270	270	270
R ²	0.14	0.11	0.113	0.165

注：*表示 $p < 0.1$ ，**表示 $p < 0.05$ ，***表示 $p < 0.01$ 。括号内数值为标准误

3.3.2 数据来源

考虑到西藏及香港、澳门、台湾的数据严重缺失、电子商务数据始于2013年，本研究以中国除西藏、香港、澳门、台湾以外的30个省级行政区2013~2021年的面板数据为研究样本，主要来自《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《北京大学数字普惠金融指数》、《中国审计年鉴》以及各省级行政区统计年鉴、审计署网站、中国碳核算数据库(China Emission Accounts and Datasets, CEADs)。运用线性差值或均值插值法补齐缺失数据。如表4所示，本研究进行描述性统计分析的数据均为未经过缩尾处理和标准化处理的原始数据。

如表4所示，基于SBM-GML模型的绿色低碳发展均值为1.029，最大值为1.462，最小值为0.437，标准差为0.096，表明不同区域间绿色低碳发展水平存在差异，但

表8 稳健性检验结果估计

变量	替换 被解释变量	替换 解释变量	改变样本 数据	剔除极端值
dat	0.2220*** (0.0605)	0.1390*** (0.0472)	0.1006** (0.0439)	0.1142*** (0.0396)
ind	-0.1877* (0.0985)	-0.1757*** (0.0604)	-0.0417 (0.0834)	-0.1393** (0.0641)
urb	0.0332** (0.0166)	0.0428*** (0.0111)	0.0219* (0.0131)	0.0307*** (0.0107)
infra	0.0697** (0.0330)	0.0872*** (0.0209)	0.0482* (0.0258)	0.0558*** (0.0214)
rd	1.7851 (1.3309)	-0.3378 (0.8252)	-1.5815 (1.0720)	-0.5674 (0.8659)
epr	-1.5093** (0.5956)	-1.0203*** (0.3901)	-0.8964** (0.4349)	-0.8817** (0.3900)
_cons	0.6443*** (0.1772)	0.5319*** (0.1190)	0.7734*** (0.1386)	0.6939*** (0.1140)
省份 固定	Yes	Yes	Yes	Yes
年份 固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	270	270	210	270
R ²	0.168	0.121	0.068	0.114

注:*表示 $p < 0.1$, **表示 $p < 0.05$, ***表示 $p < 0.01$ 。括号内数值为标准误

差异不大;数据要素发展均值为0.123,最大值为0.680,最小值为0.011,说明各区域数据要素平均发展水平较低,差异较大。控制变量存在明显差异。

4 实证结果分析

4.1 基准回归结果

基于固定效应模型,采用广义最小二乘估计方法(Generalized Least Squares, GLS)、white-period稳健方法估计模型,以期尽可能校正时期异方差及各省份异方差带来的不良影响。实证结果见表5,第2列为未加入控制变量的回归结果,数据要素对区域绿色低碳发展的回归系数为0.1162,在1%统计水平上显著,即数据要素发展能够有效促进区域绿色低碳发展水平的增长;第3到7列逐步加入控制变量的结果,数据要素的回归系数均为正,在1%统计水平上显著,表明数据要素仍然显著促进了区域绿色低碳发展。回归结果符合我国2013~2021年的实际发展状况。

表9 动态GMM模型检验结果估计

变量	SBM-GML	SBM-GML	SBM-ML	SBM-ML
L.glc	0.3386*** (0.0709)	0.3106*** (0.0712)	0.3448*** (0.0712)	0.3219*** (0.0717)
dat	0.0756** (0.0304)	0.0955** (0.0406)	0.0605* (0.0307)	0.0649* (0.0415)
ind		-0.0735 (0.0717)	-0.0804 (0.0717)	(0.0725)
urb		0.0219* (0.0117)	(0.0118)	0.0207* (0.0118)
infra		0.0432* (0.0231)	(0.0226)	0.0381* (0.0226)
rd		-0.9423 (0.9351)	(0.9443)	-0.3948 (0.9443)
epr		-0.6772* (0.4021)	-1.693*** (0.4021)	(0.5123)
_cons	0.6708*** (0.0712)	0.4651*** (0.1374)	0.4559*** (0.1374)	(0.1384)
省份 固定	Yes	Yes	Yes	Yes
年份 固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	240	240	240	240
R ²	0.122	0.156	0.113	0.135

注:*表示 $p < 0.1$, **表示 $p < 0.05$, ***表示 $p < 0.01$ 。括号内数值为标准误

数据供给、数据流通和数据应用对绿色低碳发展的不同影响共同引致了数据要素与绿色低碳发展间的关系。表6数据供给估计系数为0.2522,通过了5%的显著性水平检验;数据应用估计系数为0.3631,通过了1%的显著性水平;数据流通估计系数为0.0877,未通过显著性水平检验。表明数据应用影响效应最明显,数据供给次之,数据流通效果最差。

4.2 非线性影响分析

表7中,数据要素系数为正,其平方项系数为负,通过了1%和5%显著性水平检验,说明数据要素对区域绿色低碳发展的影响表现出“倒U型”特征,验证了假设2。数据要素的平均水平为0.123,远小于临界值0.4126,且大部分省级行政区数据要素发展水平处于“倒U型”曲线的上升阶段,仅有江苏、浙江、广东和北京达到临界值。我国数据要素发展处于起步阶段,发展空间较大。

表7中,数据供给对绿色低碳发展影响不显著,说明它们之间不存在非线性关系;数据流通和数据应用对区

表 10 工具变量检验回归结果

变量	第一阶段回归	第二阶段回归
	数据要素(data)	绿色低碳发展(glc)
PostIV	0.0483*** (0.0065)	
dat		0.4079*** (0.1281)
ind	-0.6541*** (0.0820)	0.0676 (0.1350)
urb	0.0190 (0.0186)	0.0221* (0.0137)
infra	0.1785*** (0.0334)	0.0131 (0.0389)
rd	7.7540*** (1.7813)	-4.6216*** (1.9137)
epr	-0.3351 (0.4067)	-1.0789** (0.4625)
_cons	-1.2146*** (0.2097)	0.8207*** (0.1740)
F 值	38.66	
省份固定	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes
N	270	270
R ²	0.5937	0.5844

注: *表示 $p < 0.1$, **表示 $p < 0.05$, ***表示 $p < 0.01$ 。括号内数值为标准误

域绿色低碳发展的影响呈现“倒U”型关系,拐点值分别是0.1355和0.1647,通过了显著性水平检验。广东和江苏的数据流通和数据应用达到拐点值;浙江和山东的数据流通达到拐点值;上海和北京的数据应用达到拐点值。其他区域都处于拐点值的左侧,说明数据流通和数据应用对绿色低碳发展的影响处于促进阶段。

4.3 稳健性检验

采用替换被解释变量法、解释变量法和改变样本的方法对基准回归结果进行稳健性检验。用SBM-Malquist指数计算的绿色全要素生产率表征绿色低碳发展,表8显示数据要素对绿色低碳发展的影响显著为正,通过了1%显著性水平检验;参考黄群慧等^[31]的做法,采用软件业务收入占第三产业增加值的比重替代数据要素发展水平指数再次进行回归,实证结果见表8,数据要素对区域绿色低碳发展的影响显著为正;考虑到2015年是大数据顶层设计年,选择2015~2021年的样本数据进行回归分析。表8结果显示,数据要素对绿色低碳发展

表 11 数据要素直接效应的区域异质性回归结果

变量	全国	东部	中部	西部
dat	0.1147*** (0.0396)	0.1338*** (0.0506)	0.7107*** (0.1585)	0.3293 (0.2022)
ind	-0.1459** (0.0645)	-0.0693 (0.1019)	0.0820 (0.0930)	-0.1159 (0.1716)
urb	0.0316*** (0.0109)	0.0045 (0.0207)	-0.0305* (0.0155)	0.0684*** (0.0232)
infra	0.0596*** (0.0216)	-0.0199 (0.0405)	0.0039 (0.0401)	0.1744*** (0.0439)
rd	-0.5302 (0.8714)	-1.3302 (1.4402)	-5.1264** (2.0977)	-2.2869 (3.2380)
epr	-0.9911** (0.3900)	-0.7152 (0.6075)	0.8151 (0.7019)	-1.6007* (0.8160)
_cons	0.6820*** (0.1160)	1.0733*** (0.2173)	1.2059*** (0.1704)	0.0932 (0.2460)
省份固定	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes	Yes	Yes
N	270	99	72	99
R ²	0.120	0.127	0.341	0.296

注: *表示 $p < 0.1$, **表示 $p < 0.05$, ***表示 $p < 0.01$ 。括号内数值为标准误

的积极影响存在;剔除极端值影响,对所有变量进行双边1%缩尾处理,表8第5列显示数据要素对绿色低碳发展的影响显著为正。检验结果表明,基准回归结果是稳健的。

4.4 内生性分析

为消除遗漏重要解释变量、数据要素与绿色低碳发展互为因果等原因所产生的内生性问题,采用系统高斯混合模型(Generalized Method of Moments, GMM)法和工具变量法对基准回归结果进行修正。

(1) 系统 GMM 法,在式(1)中加入滞后一期的 Glc_{it-1} ,得

$$Glc_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Glc_{it-1} + \alpha_2 dat_{it} + \alpha_c X_{it} + u_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式(3)中, Glc_{it-1} 为绿色低碳发展的滞后一期项,其它符号含义同式(1)。回归结果如表9所示, Hansen 检验表明模型不存在过度识别性问题, AR(2)表明不存在自相关问题。因此,系统 GMM 设定的工具变量可在一定程度上缓解内生性问题。无论是否加入控制变量,绿色低

碳发展滞后一阶(L.Green)影响都显著为正,通过了1%显著性水平检验,回归系数都大于0.3,说明绿色低碳发展的滞后项影响作用较为明显。数据要素的回归系数在10%水平上显著为正,说明数据要素显著推动了区域绿色低碳发展。

(2)工具变量法。借鉴Nunn等^[32]的做法,将1984年各地区电话机拥有量和上一年度全国互联网用户数交互项作为数据要素的工具变量(IV),然后进行两阶段最小二乘法(Two-Stage Least Squares, 2SLS)。回归结果如表10所示,第2列中,工具变量(PostIV)的回归系数在1%水平上通过了显著性检验, F 统计量的值为38.66,远大于10,排除了弱工具变量问题。第3列给出了当因变量为绿色低碳发展时第二阶段的回归结果。数据要素的估计系数在1%水平下显著为正,与基准回归结果一致。

4.5 区域异质性分析

中国数据要素发展表现出“东高、中平、西低”的地域分布格局。基于总体样本回归会掩盖区域特性,因此,将样本划分为东部、中部和西部进行分样本回归,分析数据要素对绿色低碳发展的区域异质性影响。如表11所示,东部和中部数据要素对绿色低碳发展具有显著的正向促进作用,通过了1%显著性水平检验,而西部数据要素对绿色低碳发展的影响并不显著。东部地区估计系数为0.1338,中部地区估计系数为0.7107,均高于全国层面估计系数0.1147,数据要素对区域绿色低碳发展的赋能效应表现为“中部>东部>西部”的影响作用。东中部数据要素发展水平较高,赋能红利能够较好地发挥出来,显著促进了区域绿色低碳发展,而西部区域数据

要素发展水平较低,对绿色低碳发展的影响效应尚不明显。

5 结论与建议

5.1 主要结论

(1)中国省域数据要素发展有较大空间,呈现“东高、中平、西低”的区域分布格局。

(2)数据要素显著促进了区域绿色低碳发展的提升,数据要素“结构”对绿色低碳发展具有异质性,数据应用影响最为显著,数据供给次之,数据流通不明显。

(3)数据要素对区域绿色低碳发展具有“倒U型”非线性影响,且除了江苏、浙江、广东和北京,其他区域都处于“倒U”型曲线的上升阶段。

(4)数据要素对东中西部区域的影响具有异质性,影响作用为中部>东部>全国>西部。

5.2 政策建议

(1)大力加强数据要素建设,东北地区省份需要加快数据领域“卡脖子”关键技术研发,中西部地区省份要加快数字基础设施建设。

(2)政府、企业、社会等经济主体营造良好的数据要素发展环境,充分利用数字化技术提升绿色全要素生产率。

(3)根据数据要素特征及对绿色低碳发展的影响规律,充分发挥数据要素与区域绿色低碳发展的联动作用,优化数据要素结构。

(4)各省根据数据要素发展状况,制定符合本区域的数据要素发展政策。

参考文献:

- [1] GHASEMAGHAEI M, CALIC G. Does Big Data Enhance Firm Innovation Competency? The Mediating Role of Data-Driven Insights[J]. Business Research, 2019, 104: 69-84.
- [2] 谢康,夏正豪,肖静华.大数据成为现实生产要素的企业实现机制:产品创新视角[J].中国工业经济, 2020(5): 42-60.
- [3] 蔡跃洲,马文君.数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J].数量经济技术经济研究, 2021, 38(3): 64-83.
- [4] 王德祥.数字经济背景下数据要素对制造业高质量发展的影响研究[J].宏观经济研究, 2022(9): 51-63+105.
- [5] 李亚红.数据要素对开放发展的影响研究[D].南京邮电大学, 2022.
- [6] 徐翔,厉克奥博,田晓轩.数据生产要素研究进展[J].经济学动态, 2021, 722(4): 142-158.
- [7] 丁煌,马小成.数据要素驱动数字经济发展的治理逻辑与创新进路——以贵州省大数据综合试验区建设为例[J].理论与改革, 2021, 242(6): 128-139.
- [8] 刘嘉琪,刘冠宇.我国国有企业数字化转型的机制与特点基于中国移动的案例研究[J].科技促进发展, 2023, 19(3): 130-140.
- [9] 赵巍.数字经济与城市绿色全要素生产率:作用机制与门槛效应[J].中国流通经济, 2022, 36(11): 15-26.



- [10] 李金林,陈立泰,刘梅.互联网发展对中国区域绿色经济效率的影响[J].中国人口·资源与境,2021,31(10):149-157.
- [11] 韩晶,陈曦.数字经济赋能绿色发展:内在机制与经验证据[J].经济社会体制比较,2022,(2):73-84.
- [12] 刘津.数字化水平、资源依赖对绿色全要素生产率影响的实证研究[J].中国经贸导刊(中),2020,(2):121-123.
- [13] RÖLLER L H, WAVERMAN L. Telecommunications infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach [J]. American economic review,2001,91(4):909-923.
- [14] GREENSTEIN S, MCDEVITT R C. The Broadband Bonus: Estimating Broadband Internet's Economic Value[J]. Telecommunications Policy, 2011, 35(7): 617-632.
- [15] MOYER J D, HUGHES B B. ICTs: Do They Contribute to Increased Carbon Emissions?[J]. Technological Forecasting & Social Change,2012,79(5):919-31.
- [16] 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.
- [17] 姚璐,王书华,王小腾.数字赋能中国经济绿色转型研究——基于“宽带中国”试点政策的准自然实验[J].中南财经政法大学学报,2023,(2):131-145.
- [18] 庞瑞芝,张帅,王群勇.数字化能提升环境治理绩效吗?——来自省际面板数据的经验证据[J].西安交通大学学报(社会科学版),2021,41(5):1-10.
- [19] 刘平峰,张旺.数字技术如何赋能制造业全要素生产率?[J].科学学研究,2021,39(8):1396-1406.
- [20] BRYNJOLFSSON E, ROCK D, SYVERSON C. Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics[R]. Chicago: University of Chicago Press,2018:23-57.
- [21] CHAKPITAK N, MANEEJUK P, CHANAIM S, et al. Thailand in the Era of Digital Economy: How Does Digital Technology Promote Economic Growth?[C]. Predictive Econometrics and Big Data, Switzerland: Springer International Publishing,2018:350-362.
- [22] AGHION P, JONES B F, JONES C I. Artificial intelligence and economic growth[M]//AJAY A, JOSHUA G, AVI G. The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda. Chicago:University of Chicago Press,2018:237-282.
- [23] ACEMOGLU D, RESTREPO P. The Race between Man and Machine: Implications of Technology For Growth, Factor Shares, and Employment[J]. American Economic Review,2018,108(6):1488-1542.
- [24] 王帅龙.数字经济之于城市碳排放:“加速器”抑或“减速带”? [J].中国人口·资源与环境,2023,33(6):11-22.
- [25] 郭家堂,骆品亮.互联网对中国全要素生产率有促进作用吗?[J].管理世界,2016,(10):34-49.
- [26] 刘强,马彦瑞,徐生霞.数字经济发展是否提高了中国绿色经济效率? [J].中国人口·资源与环境,2022,32(3):72-85.
- [27] PAN W, XIE T, WANG Z, et al. Digital Economy: An Innovation Driver for Total Factor Productivity[J]. Business Research,2022,139:303-311.
- [28] 倪钢.数据本体的概念及意义解析[J].岭南学刊,2020(06):117-122.
- [29] 郑丽琳,姚永络.碳市场对地区经济高质量发展影响研究——基于市场机制视角[J/OL].软科学,1-13[2023-12-22]http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1268.G3.20230516.1443.002.html.
- [30] 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.
- [31] 黄群慧,余泳泽,张松林.互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J].中国工业经济,2019(8):5-23.
- [32] NUNN N, QIAN N. US Food Aid and Civil Conflict[J]. American Economic Review,2014,104(6):1630-1666.

Research on the Nonlinear Influence of Data Elements on Regional Green and Low-Carbon Development



YANG Jinlong¹, WANG Gaibian², YANG Yanyan^{3,4}, LI Jialian⁵

1. Goldwind Science & Technology Co. , Ltd. , Beijing 100176

2. Kunming Branch Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201

3. Faculty of Management and Economics, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093

4. Finance Department, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093

5. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: The rise of the digital economy has made data elements a new factor of production. Achieving carbon peak and carbon neutrality is a major strategic demand in China. In response to the issue of how data elements affect regional green and low-carbon development, based on the theoretical framework of data elements, this study established an index system from the three dimensions of data supply, circulation and application, measured the development level of regional data elements, and used China's regional panel data from 2013 to 2021 to empirically analyze the nonlinear impact of data elements on regional green and low-carbon development. Policy recommendations have been provided to better empower regional green and low-carbon development with data elements.

Keywords: data elements; green and low-carbon; nonlinear influence; heterogeneity

(责任编辑:何岸波 侯琚; 责任译审:毛子英 周阿剑)