

数字金融能促进工业绿色发展吗

——基于空间计量模型的分析

王敏^{1,2}, 张博文^{2*}, 李兆伟³

(1. 西安外国语大学 人文社科研究中心, 陕西 西安 710128; 2. 西安外国语大学 商学院, 陕西 西安 710128;
3. 北京外国语大学 国际商学院, 北京 100081)

摘要:基于中国30个省份2012—2019年的空间面板数据,采用超效率SBM模型测算各省的工业绿色发展效率,并构建空间误差模型研究数字金融对工业绿色发展的影响。结果表明:1)我国工业绿色发展效率存在显著的正向空间相关性;2)数字金融对工业绿色发展存在着一定程度的空间溢出效应,其对区域内和相邻区域工业绿色发展有正向促进作用;3)数字金融覆盖广度对工业绿色发展的影响不够显著,而数字化程度与工业绿色发展联系紧密。因此,提出应加强省域之间绿色技术和人才的空间流动,充分发展和利用数字金融,推动数字化技术与工业绿色发展深度融合,促进产业结构转型等政策建议。

关键词:数字金融;工业绿色发展;超效率SBM模型;空间误差模型

中图分类号:X322;F404;F832 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-7192(2023)01-0056-09

改革开放以来,中国工业取得了突飞猛进的发展,但随着资源消耗、环境污染、生态恶化等问题日益严重,我国工业发展模式亟待转变,尤其需要关注能源转型与低碳工业化问题^[1],最终形成可持续、高循环、高效率的绿色模式。随着我国经济进入到高质量发展阶段,五大发展理念应运而生,表明我国经济发展需要多维联动、共同促进^[2]。绿色发展理念作为经济高质量发展的基础,将对各个产业和行业产生深刻影响。在国家层面,“四个全面”生态文明建设、《中国制造2025》《“十四五”工业绿色发展规划》等顶层设计与规划也凸显政府推动绿色发展,实现模式转型的强烈决心。

充分运用绿色金融和绿色财政政策,引导经济增长过程中的绿色生产和绿色消费是促进绿色发展的重要方式^[3]。作为市场配置的重要手段,金融资源的充分流动和优化配置有利于推动技术进步和结构升级,从而促进工业绿色发展^[4-5]。此外,工业企业所处的外部环境也能够帮助其实现绿色发

展,其内在提升机理以市场主体与地区环境为主线,与企业创新能力、地区间交互作用以及区域政策环境关联密切^[6]。谭卫华等^[7]研究指出城市创新能力是城市工业绿色发展的内生动力,新金融发展能通过推动提高城市创新能力驱动工业绿色发展。工业绿色发展的环境支持还包括所需的劳动力资源、基础设施等资源和要素,推动绿色人才供给、改善区域基础设施建设、给予绿色政策支持是促进工业经济绿色发展的另一途径。

当前,学界对工业绿色发展的研究涉及定义、影响因素、评价和测度。T E Greadel等^[8]提出,工业绿色发展的内涵是要最大化利用全部生产环节的资源,从而减少工业废物的产生;苏利阳等^[9]指出工业绿色发展是在促进工业经济持续较快增长和提供更多、更好工业产品和服务的同时,通过绿色化工艺系统生产绿色低碳产品以及发展绿色新兴产业,最终协调工业发展与资源环境容量有限之间的矛盾。现有研究表明,能源消耗、环境规制、技术

收稿日期:2022-05-24

基金项目:陕西省软科学研究计划一般项目“数字普惠金融赋能陕西省乡村振兴的作用机制与实现路径研究”(2023-CX-RKX-154);陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目“陕西省数字金融对居民消费的诱导效应研究:区域异质性、群体异质性与阶段时变性”(2022KRM122);西安外国语大学校级专项项目“乡村振兴与新型城镇化融合发展机制的动态建模分析”(21XWF03)

作者简介:王敏(1979-),女,西安外国语大学商学院教授,博士,研究方向为经济计量;张博文(2000-),男,西安外国语大学商学院本科生,研究方向为数字经济。E-mail: zhangpaul137@163.com

*通讯作者:张博文

创新、开放程度、人才供给、产业结构等是影响工业绿色发展的重要因素^[10-11]。在理解绿色经济内涵的基础上,对工业绿色发展进行科学、可靠且准确的量化是极为重要的,也是当前研究关注度较高的话题,总体上可分为工业绿色发展指数评价体系的构建和工业绿色生产效率的测算两大类,具体的方法有基于模糊综合评价法^[12]、层次分析法^[13]、网络评价法^[14]等的主观方法以及基于灰色关联法^[15]、数据包络分析^[16-17]、随机前沿分析法^[18]等客观方法。对于工业绿色发展水平的评价,学者从不同层面、不同角度出发构建了评价体系,但主观性较强,测度结果不一致;而对于工业绿色生产效率的测算,学者已经关注到行业和区域层面生产效率的测算,主流方法为各类数据包络分析模型,关注的投入因素也从资本、资源、劳动力拓展到市场、技术创新等因素、产出因素也从单一的期望产出拓展到考虑环境绩效等的非期望产出,大部分研究结果显示当前中国工业绿色发展效率存在下降趋势,且区域差异明显。当前阶段,工业绿色发展是实现工业高质量发展的必由之路和战略决策,数字化时代下的创新技术与传统金融的结合催生了数字金融等新模式,对实体经济发展产生了深刻影响,其包容性、普惠性、创新性的特性进一步放大了金融服务的作用,并将对工业转型升级及绿色可持续发展产生积极作用。

总体而言,当前研究更多基于纵向的时间角度发现数字金融对工业绿色发展具有显著的促进作用,但较少学者关注空间层面的效率测算与效应,并从空间视角下探究不同因素于区域间工业绿色发展水平的影响。同时,中国工业因经济发展、资源分布等因素存在不均衡、不充分的现象,而数字金融是否能够依托数字技术特性,发挥辐射效应和溢出效应打破地域空间限制,进一步推动工业绿色发展?基于此,在工业发展转型的重要时期,本文基于空间误差模型,实证数字金融对工业绿色发展效率的空间效应,并为研究工业绿色发展提供新的视角。

一、模型原理与研究设计

1. 熵权法

作为客观评价方法,熵权法首先需要进行无量

纲化和标准化,通过计算得到各个指标的信息熵来确定权重。首先进行数据标准化。构建原始数据矩阵 $P = (P_{ij})_{m \times n}$,并运用极值处理法进行标准化处理,得到规范化矩阵 X 。标准化公式如下:

$$\text{正向指标: } x_{ij} = \frac{p_{ij} - \min p_j}{\max p_j - \min p_j} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } x_{ij} = \frac{\max p_j - p_{ij}}{\max p_j - \min p_j} \quad (2)$$

其次确定熵值。计算第 j 个指标下,第 i 个被评价对象的指标特征权重 n_{ij} ,并得出第 j 个指标的熵值 e_j 。

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}^n}{\sum_{i=1}^n x_{ij}^n} \quad (3)$$

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^n n_{ij} \ln(n_{ij}) \quad (4)$$

最后计算指标权重。计算指标效用值 g_i ,并得出第 j 项指标的权重 w_i 。

$$g_i = 1 - e_j \quad w_j = \frac{g_i}{\sum_{j=1}^n g_i} \quad (5)$$

2. 超效率 SBM 模型

参考 Tone^[19]提出的方法,使用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型对我国工业绿色发展效率进行测度,从而更加精准地得出各省域工业绿色发展效率,模型如下:

$$\text{Minp}^* = \frac{\frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i / x_{ik}}{\frac{1}{\beta} \sum_{r=1}^s \bar{y}_r / y_{rk}} \quad (6)$$

$$s. t. \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - \bar{x}_i \leq 0; \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j - \bar{y}_r \geq 0 \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j = 1, \bar{x} \geq x_{ik}, \bar{y} \leq y_{rk} \\ i = 1, 2, \dots, m; r = 1, 2, \dots, s; j = 1, 2, \dots, n; (j \neq k) \\ \bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (7)$$

式中: s 表示松弛变量, λ 是权重向量, x 、 y 分别代表投入和产出变量, α 、 β 分别代表投入、产出变量个数, x_{ij} 是第 j 个决策单元的第 i 项投入, y_{rj} 是第 j 个决策单元的第 r 项产出, s^- 、 s^+ 分别代表投入、产出松弛变量。 ρ^* 表示效率值,若其 < 1 ,说明决策单元相对无效率,若其 > 1 ,说明决策单元相对有效, ρ^* 值越大,代表区域工业绿色发展效率越高。

3. 空间计量模型

常见的空间计量模型有空间滞后模型(SLM)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM)等,三种模型的一般形式如下所示:

$$Y_{it} = \delta w Y_{it} + \alpha X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$Y_{it} = \alpha X_{it} + \delta w \mu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$Y_{it} = \delta w Y_{it} + \alpha X_{it} + \theta w X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

式中: i 表示地区, t 表示年份, Y 为被解释变量, X 为自变量, w 表示空间权重矩阵, δ 为空间自回归系数, α 为解释变量的系数, θ 为空间滞后自变量的系数, ε_{it} 表示随机误差项。

4. 变量指标与数据来源

(1)被解释变量:工业绿色发展效率(GID)。当

前主流的工业绿色发展测度方法有基于DEA模型的效率分析和基于各类评价方法的指数测算,在现有研究基础上,构建考虑能源投入、劳动力投入和资本投入,包含非期望产出、非径向非角度的超效率SBM模型来测度工业绿色全要素生产率。其中,能源投入以单位为万吨标准煤的工业能源消耗量表示,劳动力投入以工业行业平均就业人数表示,资本投入参考张军等^[20]的思路,利用永续盘存法对资本存量进行估算;期望产出为工业增加值,非期望产出利用工业废水排放量、工业二氧化硫排放量、工业烟(粉)尘排放量,基于熵权法建立污染综合指数。具体投入产出要素见表1。

表1 投入产出要素

要素维度	类别	具体指标	指标单位
投入要素	能源投入	工业能源消耗	万吨标准煤
	劳动力投入	工业平均就业人数	万人
	资本投入	资本存量	亿元
产出要素	期望产出	工业增加值	亿元
	非期望产出	污染综合指数	

(2)解释变量:数字金融指数。北京大学数字金融研究中心发布的中国数字普惠金融指数相对科学和全面地反映了我国当前数字金融的发展状况,被学术界广泛采用。本文选取该指标测度数字金融发展,包括综合指数(DFI)、覆盖广度(BRE)、使用深度(DEP)和数字化程度(DIG)。

(3)控制变量:从现有研究来看,以下变量均能够影响工业绿色发展。①人均GDP(GDP)。地区经济发展情况是影响工业绿色发展的重要因素,其快速发展能够促进资源要素流动和生产效率提升,因此,该指标用各省人均生产总值表示,单位为万元。②工业化水平(IL)。工业化水平不同的区域工业绿色发展的程度不一致,为减少工业规模对研究结果造成的影响,选取第二产业产值占GDP比值为代理变量。③产业高级化(IA)。干春晖等^[21]指出产业结构高级化实际上是产业结构升级的一种衡量,能够反映出经济结构的服务化倾向,产业高级化在一定程度上能够影响工业结构向绿色化方向发展。该指标参考其做法,用第三产业产值与第

二产业产值之比表示。④政府干预(GOV)。工业行业绿色转型的动力一方面来自自身发展需求,另一方面来自外部监管与政策要求,因此政府干预也发挥着重要影响,参考目前大多数研究,选取公共预算支出占GDP比值表示政府干预强度为代理变量。⑤城镇化水平(URB)。城镇化进程加快了工业化进程,而随着生态意识增强,可持续发展理念成为经济发展的主题,这有利于工业化朝着绿色、环保、可持续的方向发展,因此选取各省城镇化率为代理变量。⑥外商直接投资(FDI)。中国工业的高速发展既存在内生动力也需要外部条件的支持,在其中,外商直接投资作为促进工业转型发展的因素之一不可被忽视,因此选取实际利用外商总额占GDP比值为代理变量。

本文变量的描述性统计如表2。研究中,考虑到数据的平稳性,对数据进行对数化处理。

考虑数据的可得性与完整性,选择30个省份作为研究样本(因西藏地区数据缺乏,不作为实证研究样本),所用数据主要来自2012—2019年《中国

统计年鉴》《中国环境统计年鉴》以及各省统计年鉴。

表2 变量描述性统计

变量	样本量	最大值	最小值	平均值	标准差
<i>GID</i>	240	1.317	0.327	0.718	0.246
<i>DFI</i>	240	410.28	61.47	223.678	75.262
<i>BRE</i>	240	384.656	32.86	200.592	77.843
<i>DEP</i>	240	439.912	51.85	215.753	78.896
<i>DIG</i>	240	462.228	107.07	307.398	89.034
<i>GDP</i>	240	16.422	1.971	5.656	2.654
<i>IL</i>	240	0.577	0.162	0.427	0.085
<i>IA</i>	240	5.234	0.611	1.326	0.72
<i>GOV</i>	240	0.758	0.12	0.266	0.115
<i>URB</i>	240	0.917	0.228	0.569	0.134
<i>FDI</i>	240	0.194	0	0.033	0.029

二、实证结果与分析

1. 工业绿色发展效率的测度

表3报告了2012—2019年30个省份工业绿色发展效率的测度结果。可以看到,工业绿色发展效率呈现明显的地域差异性,上海、广东等省份在样本区间的工业绿色发展效率总体上较高,其中上海多年位居第一,2014、2017和2018年分别达1.317、1.309和1.313,其他年份也均大于1,说明其工业结构合理,产业绿色化程度高,这得益于区域经济条件和产业布局优势。吉林、黑龙江、青海等省份的数据并不高,说明这些地区的工业绿色转型面临极大挑战,经济发展与资源、环境的矛盾较为突出。整体看,2012—2019年,工业经济发展效率呈现逐步下降的态势,可能是前期经济高速增长给工业绿色转型带来过多环境和资源压力。

表3 30个省份的工业绿色发展效率

省份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
北京	0.752	1.042	1.054	1.068	1.080	1.055	1.038	1.051
天津	0.633	0.612	0.603	0.572	0.602	0.539	0.546	0.555
河北	0.522	0.496	0.493	0.463	0.473	0.444	0.421	0.430
山西	0.727	0.615	0.567	0.482	0.459	0.550	0.559	0.586
内蒙古	0.513	0.495	0.492	0.554	0.599	0.585	0.569	0.584
辽宁	0.569	0.544	0.519	0.535	0.524	0.510	0.523	0.533
吉林	0.445	0.443	0.449	0.497	0.501	0.471	0.451	0.459
黑龙江	0.584	0.542	0.516	0.441	0.409	0.358	0.342	0.347
上海	1.238	1.174	1.317	1.032	1.064	1.309	1.313	1.104
江苏	1.060	1.065	1.051	1.065	1.072	1.106	1.089	1.083
浙江	1.001	0.869	0.894	0.866	1.000	1.084	0.907	0.898
安徽	1.002	1.001	0.858	0.763	0.761	0.740	0.749	0.757
福建	0.906	1.010	1.005	1.010	1.025	1.038	1.026	1.031
江西	1.005	1.011	1.016	1.001	0.829	0.792	0.767	0.785
山东	0.668	0.681	0.669	0.637	0.625	0.596	0.568	0.572
河南	0.669	0.663	0.655	0.637	0.643	0.635	0.610	0.624
湖北	0.905	0.894	0.898	0.887	0.898	0.856	0.875	0.895
湖南	0.773	0.809	0.820	0.837	0.819	0.772	0.746	0.811
广东	1.116	1.151	1.197	1.317	1.027	0.933	1.067	1.098
广西	0.516	0.498	0.514	0.524	0.523	0.516	0.522	0.534
海南	0.592	0.517	0.515	0.523	0.512	0.498	0.484	0.481
重庆	0.752	0.818	0.863	0.884	0.895	0.870	0.841	0.873
四川	0.733	0.766	0.749	0.718	0.693	0.669	0.670	0.683
贵州	0.540	0.564	0.574	0.616	0.613	0.578	0.562	0.565
云南	0.588	0.610	0.609	0.627	0.605	0.580	0.603	0.633
陕西	1.185	1.233	1.213	1.154	1.140	1.125	1.145	1.192
甘肃	0.605	0.587	0.581	0.502	0.473	0.436	0.449	0.462
青海	0.347	0.340	0.327	0.350	0.384	0.382	0.375	0.375
宁夏	0.530	0.510	0.473	0.484	0.501	0.501	0.452	0.442
新疆	0.662	0.589	0.599	0.548	0.531	0.564	0.585	0.578

东、中、西三个区域工业绿色发展效率测度结果见表4。从分区域结果来看,东部地区依然领先于中部和西部地区,2012—2019年东部地区工业绿色发展效率平均为0.825,而中部和西部地区分别

为0.660和0.626,区域差异较大,资源禀赋、生产要素与区位条件等因素。从发展态势上看,东部地区较为平稳,中部和西部地区呈现先下降再增长的态势,区域间差距有进一步扩大的趋势。

表4 不同区域的工业绿色发展效率

区域	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	平均
东部	0.823	0.833	0.847	0.826	0.819	0.828	0.817	0.803	0.825
中部	0.714	0.697	0.679	0.662	0.644	0.628	0.619	0.638	0.660
西部	0.649	0.650	0.641	0.625	0.618	0.604	0.605	0.616	0.626

2. 空间自相关分析

空间权重矩阵是进行空间自相关和进一步研究分析的基础,本文对邻接矩阵和逆距离矩阵进行模型建立,如下所示:

$$w_{1ij} = \begin{cases} 1 & \text{区域 } i \text{ 与区域 } j \text{ 相邻} \\ 0 & \text{区域 } i \text{ 与区域 } j \text{ 不相邻} \end{cases} \quad (11)$$

$$w_{2ij} = \begin{cases} 1/d_{ij}^2, i \neq j \\ 0, i = j \end{cases} \quad (12)$$

式中: w_{ij} 为矩阵的元素, d_{ij} 表示区域*i*和区域*j*之间的地理距离,具体研究中对矩阵进行标准化

处理。

对被解释变量工业绿色发展效率和主要解释变量数字金融指数进行空间自相关分析,邻接矩阵和逆距离矩阵下2012—2019年我国30个省份工业绿色发展效率和数字金融指数的莫兰指数(Moran's I)见表5。可以看出,样本期间两个变量的莫兰指数均大于0,并且都通过了显著性检验,表明2012—2019年我国30个省份工业绿色发展效率和数字金融指数存在显著的正向空间相关性,这是本文开展进一步实证研究的基础。

表5 工业绿色发展效率与数字金融的空间莫兰指数

年份	工业绿色发展效率		数字金融指数	
	邻接矩阵	逆距离矩阵	邻接矩阵	逆距离矩阵
2012	0.388 ***	0.359 ***	0.433 ***	0.401 ***
2013	0.263 ***	0.254 ***	0.408 ***	0.378 ***
2014	0.263 ***	0.236 ***	0.397 ***	0.380 ***
2015	0.219 **	0.201 ***	0.369 ***	0.326 ***
2016	0.281 ***	0.263 ***	0.400 ***	0.365 ***
2017	0.359 ***	0.306 ***	0.457 ***	0.374 ***
2018	0.268 ***	0.241 ***	0.509 ***	0.396 ***
2019	0.229 **	0.218 ***	0.509 ***	0.407 ***

注:***、**、*分别表示在5%和1%水平下显著。

3. 空间计量模型的选择

对于模型的选择,参考Anselin^[22]223~252的做法,分别进行LM等检验,选择最佳的空间计量模型。具体结果见表6。LM检验结果均通过1%的显著性水平检验,空间误差模型的LM检验大于空间滞后

模型的LM检验,空间误差模型的稳健LM检验显著,而空间滞后模型的稳健LM检验不显著,因此采用空间误差模型;其次,不同的模型Hausman检验结果不同,本文根据模型实际情况选择固定或随机效应的空间误差模型。

表6 模型检验结果

方法		LM-lag	LM-err	R-LM-lag	R-LM-err	Hausman	模型选择
邻接	模型 1	147.024 ***	186.384 ***	0.244	39.604 ***	16.550 *	固定效应
	模型 2	144.902 ***	185.190 ***	0.160	40.448 ***	11.610	随机效应
矩阵	模型 3	145.335 ***	183.020 ***	0.277	37.962 ***	13.160	随机效应
	模型 4	145.847 ***	181.162 ***	0.579	35.895 ***	22.080 ***	固定效应
逆距离	模型 1	129.795 ***	191.490 ***	0.562	56.825 ***	11.960	随机效应
	模型 2	128.747 ***	184.604 ***	0.566	56.423 ***	9.680	随机效应
矩阵	模型 3	128.600 ***	183.224 ***	0.554	55.177 ***	10.650	随机效应
	模型 4	128.393 ***	181.819 ***	0.789	54.215 ***	14.640	随机效应

注:***、**、*分别表示在10%、5%、1%水平下显著。下同。

设置空间误差模型进一步分析数字金融对工业绿色发展效率的影响,具体形式如下:

$$\begin{aligned} LNGID_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 LNDFI_{it} + \beta_2 LNIL_{it} + \beta_3 LNIA_{it} + \\ & \beta_4 LNGDP_{it} + \beta_5 LNGOV_{it} + \beta_6 LNURB_{it} + \\ & \beta_7 LNFDI_{it} + \delta \sum_{j=1}^n W_{ij} \mu_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned} LNGID_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 LNBRE_{it} + \beta_2 LNIL_{it} + \beta_3 LNIA_{it} + \\ & \beta_4 LNGDP_{it} + \beta_5 LNGOV_{it} + \beta_6 LNURB_{it} + \\ & \beta_7 LNFDI_{it} + \delta \sum_{j=1}^n W_{ij} \mu_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned} LNGID_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 LNDEP_{it} + \beta_2 LNIL_{it} + \beta_3 LNIA_{it} + \\ & \beta_4 LNGDP_{it} + \beta_5 LNGOV_{it} + \beta_6 LNURB_{it} + \\ & \beta_7 LNFDI_{it} + \delta \sum_{j=1}^n W_{ij} \mu_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned} LNGID_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 LNDIG_{it} + \beta_2 LNIL_{it} + \beta_3 LNIA_{it} + \\ & \beta_4 LNGDP_{it} + \beta_5 LNGOV_{it} + \beta_6 LNURB_{it} + \\ & \beta_7 LNFDI_{it} + \delta \sum_{j=1}^n W_{ij} \mu_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \tag{16}$$

4. 空间效应分析

邻接矩阵下数字金融综合指数、覆盖广度、使用深度及数字化程度对工业绿色发展的影响如表 7 所示。

表 7 邻接矩阵下分维度回归结果

变量	邻接矩阵			
	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
<i>LNDFI</i>	0.150*** (3.84)			
<i>LNBRE</i>		0.020 (0.74)		
<i>LNDEP</i>			0.057* (1.80)	
<i>LNDIG</i>				0.084*** (3.87)
<i>LNIL</i>	-0.080 (-1.08)	-0.181** (-2.38)	-0.143* (-1.83)	-0.130* (-1.85)
<i>LNIA</i>	-0.631*** (-11.04)	-0.590*** (-9.64)	-0.605*** (-10.1)	-0.600*** (-10.96)
<i>LNGDP</i>	0.149*** (3.19)	0.188*** (3.88)	0.163*** (3.29)	0.179*** (4.14)
<i>LNGOV</i>	-0.072 (-1.07)	-0.133* (-1.88)	-0.130* (-1.84)	-0.084 (-1.26)
<i>LNURB</i>	-0.771*** (-2.81)	0.006 (0.03)	0.008 (0.04)	-0.388* (-1.78)
<i>LNFDI</i>	-0.024** (-2.36)	-0.019*** (-1.82)	-0.017 (-1.56)	-0.030*** (-3.10)
<i>C</i>		-1.102*** (-4.17)	-1.207*** (-4.78)	
<i>lambda</i>	0.180* (1.93)	0.138 (1.39)	0.175* (1.74)	0.152 (1.58)
<i>sigma2_e</i>	0.003*** (10.92)	0.004*** (9.98)	0.003*** (10.40)	0.003*** (10.93)
<i>Log-likelihood</i>	360.881	255.700	257.125	360.957
<i>R-sq</i>	0.527	0.493	0.499	0.530
<i>obs</i>	240	240	240	240

空间误差系数仅在模型(1)和模型(3)中较为显著,说明数字金融对工业绿色发展的影响存在一定程度的空间溢出效应。除数字金融覆盖广度以

外,其他解释变量的系数分别为 0.150、0.057 和 0.084,其中数字金融综合指数和数字金融数字化程度通过了 1% 水平的显著性检验,数字金融使用深

度通过了10%水平的显著性检验,表明整体上数字金融对工业绿色发展有显著的正向促进作用,但数字金融覆盖广度对工业绿色发展的支持力度不够充分。数字金融数字化程度的系数相比其他解释变量高,说明数字金融、数字技术与工业的融合更加能够发挥其对实体经济的推动作用,工业企业利用现代金融手段,进行生产流程再造与生产模式升级,淘汰落后机器设备,逐步实现智能生产、精益制造,符合近年来“工业互联网+金融”和数字化转型的大趋势。数字金融使用深度对工业绿色发展的显著性水平有限,说明当前阶段工业经济未能充分且深度地利用数字金融,对于个人用户而言,数字金融具有的天然优势普惠个人消费与创新创业,但对于行业而言,进一步深度挖掘数字金融的潜在价值并加以利用是有必要的。

逆距离矩阵下数字金融综合指数、覆盖广度、使用深度及数字化程度对工业绿色发展的影响如

表8所示。空间误差系数仅在模型(3)中显著,通过5%的显著性水平检验,说明数字金融使用深度对工业绿色发展存在空间溢出效应,整体上,数字金融及各具体指标对工业绿色发展的影响与邻接矩阵类似,数字金融在一定程度上能够支持工业绿色发展,但数字金融覆盖广度的系数显著性水平依然不高。

无论是邻接矩阵还是逆距离矩阵,控制变量人均GDP($LN\text{GDP}$)与工业绿色发展显著正相关,表明经济增长有利于推动工业绿色发展,较高的经济发展水平能够吸引更多劳动力、技术与资本,工业企业可以从中受益,其他控制变量与工业绿色发展负相关。其中,产业高级化($LN\text{IA}$)与工业绿色发展呈现显著负相关,在产业结构升级的过程中,生产要素向其他行业的流动可能抑制了工业绿色发展,部分研究结果与当前研究结论一致,其他因素可能受样本区间影响而不同。

表8 逆距离矩阵下分维度回归结果

变量	逆距离矩阵			
	模型(1)	模型(2)	模型(3)	模型(4)
$LN\text{DFI}$	0.074 ^{**} (2.00)			
$LN\text{BRE}$		0.018 (0.65)		
$LN\text{DEP}$			0.063 [*] (1.88)	
$LN\text{DIG}$				0.071 ^{***} (2.97)
$LN\text{IL}$	-0.143 [*] (-1.82)	-0.194 ^{**} (-2.54)	-0.152 [*] (-1.93)	-0.144 [*] (-1.93)
$LN\text{IA}$	-0.616 ^{***} (-10.12)	-0.600 ^{***} (-9.64)	-0.623 ^{***} (-10.21)	-0.599 ^{***} (-10.03)
$LN\text{GDP}$	0.146 ^{***} (2.95)	0.185 ^{***} (3.86)	0.155 ^{***} (3.14)	0.146 ^{***} (3.18)
$LN\text{GOV}$	-0.144 ^{***} (-2.03)	-0.143 ^{**} (-1.97)	-0.146 ^{**} (-2.02)	-0.170 ^{**} (-2.44)
$LN\text{URB}$	-0.073 (-0.33)	0.055 (0.26)	0.042 (0.22)	0.003 (0.01)
$LN\text{FDI}$	-0.017 (-1.59)	-0.020 [*] (-1.87)	-0.016 (-1.57)	-0.019 [*] (-1.84)
C	-1.336 ^{***} (-4.69)	-1.079 ^{***} (-4.14)	-1.229 ^{***} (-4.76)	-1.345 ^{***} (-5.56)
λ	0.191 (1.57)	0.189 (1.51)	0.254 ^{**} (2.02)	0.203 (1.62)
σ^2_e	0.003 ^{***} (9.91)	0.004 ^{***} (9.97)	0.003 ^{***} (9.98)	0.003 ^{***} (10.02)
Log-likelihood	257.685	255.843	257.527	260.478
$R\text{-sq}$	0.509	0.491	0.497	0.518
obs	240	240	240	240

三、结论与建议

基于30个省份2012—2019年的空间面板数据,首先利用超效率SBM模型测算了各省的工业绿色发展效率,其次构建空间邻接矩阵和逆距离矩阵,通过空间误差模型分维度研究了数字金融及其具体指标对工业绿色发展的影响,得到如下主要结论:(1)我国工业绿色发展存在显著的正向空间相关性。东部地区工业绿色发展效率显著高于中西部地区,区域间差距有进一步扩大的态势;(2)整体而言,数字金融对工业绿色发展存在着一定程度的空间溢出效应,其对工业绿色发展具有正向促进作用;(3)数字金融覆盖广度对工业绿色发展的影响不够显著,其普惠性作用未能充分发挥,而数字金融数字化程度与工业绿色发展联系紧密且推动能力较强,工业经济的数字化转型趋势明显。

基于结论,提出以下建议:(1)加强省域之间的交流合作,积极推动绿色创新技术的外溢与扩散,促进空间流动,实现优势互补。东部地区工业绿色发展水平和经济水平较高,可以通过搭建技术共享平台、知识产权转移等方式促进区域发展不均衡的状况,从而共同推动中国绿色经济的进一步发展;(2)各区域应提高数字金融发展水平,尤其是数字金融的覆盖广度。政府应通过政策引导和激励,减小区域金融发展水平差异对工业经济绿色发展的不良影响,充分发挥其改善融资约束的积极作用,贯彻绿色发展理念,从顶层设计和政策制定上给予支持,帮助工业企业实现绿色技术创新和绿色模式转型;(3)市场主体应充分利用数字金融各维度的支持,将金融手段与企业生产、运营等环节深度结合。在工业企业绿色转型发展的过程中,绿色发展和数字化转型能够相辅相成,通过科技创新与数字赋能,降低能源消耗,实现资源充分利用与合理配置,从而获得新的经济增长动力。

参 考 文 献

- [1] 史丹. 中国工业绿色发展的理论与实践——兼论十九大深化绿色发展的政策选择[J]. 当代财经, 2018(1): 3-11.
- [2] 陈金龙. 五大发展理念的多维审视[J]. 思想理论教育, 2016(1): 4-8.
- [3] 胡鞍钢, 周绍杰. 绿色发展: 功能界定、机制分析与发展战略[J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(1): 14-20.
- [4] 李荣锦, 杨阳. 环境规制、金融资源配置与绿色发展效率[J]. 生态经济, 2020, 36(5): 147-152.
- [5] 李凯风, 夏勃勃. 环境规制、金融资源配置与工业绿色发展耦合协调研究[J]. 金融与经济, 2020(7): 11-19.
- [6] 黄磊, 吴传清. 长江经济带城市工业绿色发展效率及其空间驱动机制研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(8): 40-49.
- [7] 谭卫华, 舒银燕. 新金融发展与工业绿色转型——基于系统GMM模型的实证分析[J]. 经济地理, 2020, 40(11): 149-157.
- [8] GRAEDEL T E, ALLENBY, COMRIE P R, et al. Matrix approaches to abridged life cycle assessment[J]. Environmental Science & Technology, 1995, 29(3): 134-139.
- [9] 苏利阳, 郑红霞, 王毅. 中国省际工业绿色发展评估[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(8): 116-122.
- [10] 陈超凡. 中国工业绿色全要素生产率及其影响因素——基于ML生产率指数及动态面板模型的实证研究[J]. 统计研究, 2016, 33(3): 53-62.
- [11] 蔺雪芹, 郭一鸣, 王岱. 中国工业资源环境效率空间演化特征及影响因素[J]. 地理科学, 2019, 39(3): 377-386.
- [12] 朱春红, 马涛. 区域绿色产业发展效果评价研究[J]. 经济与管理研究, 2011(3): 64-70.
- [13] 薛珑. 绿色经济发展测度体系的构建[J]. 统计与决策, 2012(18): 21-24.
- [14] 尹艳冰. 基于ANP的绿色产业发展评价模型[J]. 统计与决策, 2010(23): 65-67.
- [15] 孙丽文, 曹璐, 吕静韦. 基于DPSIR模型的工业绿色转型评价研究——以河北省为例[J]. 经济与管理评论, 2017, 33(4): 120-127.
- [16] 张江雪, 朱磊. 基于绿色增长的我国各地区工业企业技术创新效率研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2012, 29(2): 113-125.
- [17] 岳鸿飞, 徐颖, 周静. 中国工业绿色全要素生产率及技术创新贡献测评[J]. 上海经济研究, 2018(4): 52-61.
- [18] 杨振兵, 邵帅, 杨莉莉. 中国绿色工业变革的最优路径选择——基于技术进步要素偏向视角的经验考察[J]. 经济动态, 2016(1): 76-89.
- [19] TONE K. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32-41.
- [20] 张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J]. 经济研究, 2004(10): 35-44.
- [21] 干春晖, 郑若谷, 余典范. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响[J]. 经济研究, 2011, 46(5): 4-16, 31.
- [22] ANSELIN L. Spatial econometrics: methods and models [M]. Dordrecht: Springer Netherlands, 1988.

The Promotion of Digital Finance to Industrial Green Development ——An empirical analysis based on spatial econometric model

WANG Min¹, ZHANG Bo-wen², LI Zhao-wei²

(1. Humanities and Social Sciences Research Center, Xi'an International Studies University,
Xi'an 710128, China; 2. Business School, Xi'an International Studies University,
Xi'an 710128, China; 3. Beijing Foreign Studies University International Business School,
Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the spatial panel data of 30 provinces in mainland China from 2012 to 2019, this paper calculates the efficiency of industrial green development in each province by means of the super-efficient SBM model, and constructs a spatial error model to study the impact of digital finance on industrial green development. The results show that 1) there is a significant positive spatial correlation between China's industrial green development efficiency; 2) digital finance has a certain spatial spillover effect on industrial green development, which plays a positive role in promoting industrial green development in the region and neighboring regions; 3) the impact of digital finance coverage on industrial green development is not significant, and the degree of digitization is closely related to industrial green development. Therefore, this paper proposes that it is necessary to strengthen the spatial mobility of green technologies and talents between provinces, make full use of digital finance, enhance the deep integration of digital technology and industrial green development, and promote the adjustment of industrial structuring.

Key words: digital finance; green industrial development; super-efficient SBM model; spatial error model

【编辑 王思齐】

=====

(上接第9页)

On Marx's Thought about the Legal Nature

SUN Quan-sheng

(New China Historical Experience Research Center, Chinese Academy of Social Sciences,
Beijing 100732, China)

Abstract: With historical materialism, Marx examined the generation, nature and function of law and turned legal philosophy towards materialism, which changes its settled development direction and establishes a systematic view of the nature of law. Essentially, the law is determined by material production conditions, and it is the product of the ruling class to elevate the collective will of its class into the national will, merely to make the law the universal value form of the state. In terms of the driving force for development, the class nature of law means that only the interests of the ruling class can be maintained, which inevitably leads to a conflict of fundamental interests between the ruling class and the ruled classes. It is therefore crucial for the proletariat to overthrow the existing social systems and laws through revolutionary struggle. From the perspective of the evolutionary logic of the rule of law, the evolution of the law is determined by material production, and the progress of the productive forces will promote the political revolution, which surely changes not only the productive relations but also the form and contents of the law. The legal reform movement promoted by the class struggle epitomizes the substitution of proletarian laws for bourgeois laws and the civilization progress of the rule of law. The proletariat should break the law of bourgeoisie by violent revolution and establish the law of socialism, and adapt it to the pursuit of freedom and equality in the age of globalization as well.

Key words: Marx; class struggle; private ownership; evolution of the rule of law; construction of the rule of law

【编辑 高婉炯】