

数字经济、空间溢出与高技术产业绿色创新效率

孙海燕

(河南工学院 管理学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 基于 2012—2021 年中国 269 个地级及以上城市面板数据, 借助空间杜宾模型检验数字经济对高技术产业绿色创新效率的影响。研究结果显示: 数字经济对本地区高技术产业绿色创新效率具有显著推动作用, 且这一影响存在空间溢出效应; 数字经济对不同等级城市高技术产业绿色创新效率的促进作用具有异质性, 对一二三线城市高技术产业绿色创新效率的促进作用更显著。对此, 提出切实提高创新策源能力、积极推动跨地区创新合作的建议。

关键词: 数字经济; 高技术产业绿色创新效率; 空间计量模型

中图分类号: F205

文献标志码: A

文章编号: 2096-7772-(2025)04-0036-07

0 引言

作为国民经济的先导产业, 高技术产业不仅是国际竞争的主阵地, 更是培育发展新动能、获取未来技术新优势的关键领域。然而, 高技术产业在创新发展过程中仍存在技术再创新能力不足、环境污染严重等问题^[1,2]。这意味着高技术产业发展要兼顾创新水平提升与绿色化发展, 逐步提高绿色创新效率。

伴随数字技术不断融入生产生活各个领域, 数字经济成为重塑产业生态、重组绿色创新要素资源、打造经济发展新优势的制高点^[3]。那么, 数字经济能否促进高技术产业绿色创新效率提升? 如果能, 其又以何种路径影响高技术产业绿色创新效率? 此影响是否在地区及城市等级方面存在异质性? 回答上述问题, 对于推动高技术产业向纵深发展、提高国际竞争力具有重要意义。为此, 本文基于 2012—2021 年我国 269 个地级及以上城市面板数据, 运用空间杜宾模型探讨数字经济对高技术产业绿色创新效率的影响机制和异质性, 为提升高技术产业绿色创新水平、推动经济高质量发展提供参照。

1 理论基础与研究假设

1.1 数字经济对高技术产业绿色创新效率提升的直接影响

数字经济快速发展能够推动产业结构转型升级, 带动生产模式向清洁化、高效化变革, 有效提升高技术产业绿色创新效率。其一, 数字经济能够通过大数据、云计算等数字技术, 为高技术产业绿色创新提供技术支撑。借助大数据技术, 高技术产业能够及时分析市场需求, 合理配置绿色创新要素, 从而突破绿色关键核心技术, 以最大限度提升绿色创新效率^[4]。其二, 数字经济能够大幅降低高技术产业的信息搜寻成本, 提高资源利用率, 为提升高技术产业绿色创新效率赋能。细言之, 数字经济具有较强的市场调节作用, 可通过数字技术大幅弱化高技术产业绿色创新过程中的信息不对称问题, 激活产业绿色创新意愿, 进而提升高技术产业绿色创新效率^[5]。其三, 数字经济通过数字技术丰富要素资源, 通过优化生产流程与智能化生产模式, 完善产品供应链, 提升高技术产业绿色创新效率。基于此, 提出如下研究假设:

收稿日期: 2024-11-21

基金项目: 新乡市政府决策研究招标课题 (B24327)

作者简介: 孙海燕 (1986—), 女, 湖北咸宁人, 讲师, 硕士, 主要从事区域发展管理、投资管理研究。

假设 H1：数字经济对高技术产业绿色创新效率具有正向推动作用。

1.2 数字经济对高技术产业绿色创新效率提升的空间溢出效应

数字经济快速发展能够助推高技术产业绿色创新突破时空限制，与各行各业互嵌融合，实现绿色创新成果向相邻地区扩散。一方面，数字经济可通过要素流动实现空间溢出效应。数字经济所依托的数字技术不仅会大幅降低传输与处理传统要素的边际成本，还会促进技术、资本等关键要素在区域间自由流动，提高要素流动效率^[6]。这能加快知识传播与绿色创新知识的迁移速度，进而强化区域间绿色创新活动关联度。在此过程中，要素流动也能够激发相邻地区绿色创新活力，实现空间溢出效应。另一方面，数字经济可通过示范效应实现空间溢出效应。在高技术产业发展过程中，部分地区较早实现了数字经济对高技术产业绿色创新的赋能作用，这具有示范效应，能够带动相邻地区大力发展数字经济，推动高技术产业绿色创新效率的提升。基于上述分析，提出如下研究假设：

假设 H2：数字经济可通过空间溢出效应提高相邻地区高技术产业绿色创新效率。

2 研究设计

2.1 空间计量模型

为检验数字经济能否提升高技术产业绿色创新效率，借鉴王晶晶等^[7]的研究，构建如下空间计量模型：

$$HGIE_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 X + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中， $HGIE_{it}$ 代表高技术产业绿色创新效率， α_0 为常数项， Dig_{it} 表征数字经济， α_1 为数字经济的系数， X 为可能影响高技术产业绿色创新效率的控制变量集， i 表示城市， t 表示年份， ε_{it} 代表随机扰动项。

假设 H2 指出，数字经济赋能高技术产业绿色创新效率过程中存在空间溢出效应。为此，基于式（1）构建空间杜宾模型，以验证该假设：

$$HGIE_{it} = \alpha_0 + \rho \sum_{j \neq i}^N w_{ij} HGIE_{jt} + \alpha_1 Dig_{it} + \alpha_2 X + \beta_1 \sum_{j \neq i}^N w_{ij} Dig_{jt} + \beta_2 \sum_{j \neq i}^N w_{ij} X + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中， ρ 代表空间自回归系数， w_{ij} 为空间权重矩阵（此处选用经济距离权重矩阵）， $\beta_i (i=1-2)$ 表示空间交互项系数， $\sum_{j \neq i}^N w_{ij} HGIE_{jt}$ 、 $\sum_{j \neq i}^N w_{ij} Dig_{jt}$ 分别

代表高技术产业绿色创新效率与数字经济的空间滞后项， $\sum_{j \neq i}^N w_{ij} X$ 为控制变量集的空间滞后项， μ_i 、 ν_t 分别代表空间效应与时间效应，其余变量定义不变。

2.2 变量选取

2.2.1 被解释变量

高技术产业绿色创新效率（ $HGIE$ ）。一定程度上，高技术产业绿色创新效率能够反映资源环境约束下技术创新活动的产出与投入比，效率值越高，表示高技术产业绿色创新能力越强。参照相关学者的研究成果^[8,9]，构建高技术产业绿色创新效率评价指标体系（见表1）。

表1 高技术产业绿色创新效率评价指标体系

一级指标	二级指标	单位
投入	高技术产业 R&D 人员全时当量	人/年
	R&D 经费内部支出	万元
	能源消耗总量	吨
期望产出	专利申请数	项
	技术市场成交额	万元
	新产品销售收入	万元
非期望产出	环境污染指数	-
	二氧化硫排放量	吨

进一步以 Super-SBM 模型测算表1，得到高技术产业绿色创新效率值。具体公式如下：

$$\rho^* = \min \rho = \min \frac{1 - \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \frac{S_r^x}{x_r^{k^*}}}{1 + \frac{1}{T+Q} \left(\sum_{t=1}^T \frac{S_t^y}{y_t^{k^*}} + \sum_{q=1}^Q \frac{S_q^b}{b_q^{k^*}} \right)} \quad (3)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{k=1}^K z_y^k y_t^k - s_t^y = y_t^{k^*}, t=1, \dots, T \\ \sum_{k=1}^K z_b^k b_q^k + s_q^b = b_q^{k^*}, q=1, \dots, Q \\ \sum_{k=1}^K z_x^k x_r^k + s_r^x = x_r^{k^*}, n=1, \dots, N \\ z_k^x \geq 0, s_t^y \geq 0, s_q^b \geq 0, s_r^x \geq 0, \\ k=1, \dots, K \end{cases}$$

ρ^* 式中，表征研究期内高技术产业绿色创新效率值。通过 Super-SBM 模型测算结果可知，高技术产业绿色创新效率较高的城市主要集中于北上广深及沿海地区城市。这是由于此类城市经济发展水平较高，能够对绿色技术研发进行大量投入，为绿色创新效率的提高提供基础支撑。

2.2.2 解释变量

数字经济（DIG）。《数字经济及其核心产业统计分类（2021）》中，将数字经济分为数字产业化与产业数字化两大部分，并详细阐述了具体涵盖的产业类型。基于政策指引，结合相关研究^[10,11]，构建了数字经济评价指标体系（见表2）。进一步

借助熵权法对指标进行客观赋权，计算数字经济综合指数，以衡量城市数字经济发展状况。根据2021年数字经济发展水平测度结果可知，数字经济发展较好的城市大多为东部沿海城市以及省会城市。这是由于这些城市的政府监管相对宽松，能够为数字经济试点工作提供充分空间。

表 2 数字经济评价指标体系

一级指标	二级指标	指标衡量方式
数字基础设施建设	长途光缆建设水平	每平方公里长途光缆线路长度
	互联网宽带接入端口	互联网宽带接入端口数
	互联网普及率	互联网用户数与人口总数的比值
	移动通信行业	移动电话普及率
数字产业化	互联网行业	移动电话交换机容量
		企业每百人使用计算机台数
	电信业、软件和信息技术行业	互联网网页数
		互联网应用使用比率
产业数字化	工业	软件业务收入
		信息化发展基础设施指数
	农业	工业增加值
		农林牧副渔增加值
	第三产业	数字产品服务业增加值
		外资技术转让
		数字普惠金融指数

2.2.3 控制变量

为避免其他因素对高技术产业绿色创新效率产生影响，参考现有研究，控制如下变量：（1）政府干预（GOV），通过地方财政支出占GDP的比重衡量；（2）贸易开放度（TRA），利用进出口总额与GDP比值表示；（3）市场化程度（MAR），采用非国有企业就业人数与总就业人数比值表征；（4）人力资本（EDU），使用各地人口平均受教育年限衡量；（5）经济发展水平（PGDP），采

用人均GDP表示。

2.3 数据来源

选取2012—2021年269个地级及以上城市作为样本数据，数据主要源于《中国城市统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国环境统计年鉴》，以及国泰安数据库和RESSET数据库。针对缺失数据，采用插值法予以补齐，同时对所有变量采取对数化处理。变量描述性统计如表3所示。

表 3 变量描述性统计

变量	代码	均值	标准差	最小值	最大值
高技术产业绿色创新效率	HGIE	0.203	0.057	0.106	0.334
数字经济	DIG	0.305	0.101	0.153	0.559
政府干预	GOV	1.040	0.660	0.372	3.011
贸易开放度	TRA	0.113	0.141	0.000	0.565
市场化程度	MAR	0.366	0.094	0.218	0.594
人力资本	EDU	8.669	1.376	6.512	12.015
经济发展水平	PGDP	0.537	0.095	0.395	0.774

3 空间计量分析

3.1 空间相关性检验

借助 Moran's I 指数检验城市高技术产业绿色创新效率的空间自相关性，具体公式如下所示：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (4)$$

式中， w_{ij} 代表空间权重矩阵， $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$ 表征样本方差， x_i 与 x_j 分别为地区 i 与地区 j 的观测值，Moran's I 指数取值范围为 $[-1, 1]$ ，若 Moran's I > 0 ，意味着城市间存在正向空间自相关关系；若 Moran's I < 0 ，说明城市间具有负向空间自相关关系；若 Moran's I $= 0$ ，则说明各城市间相互独立，不存在空间自相关关系。

值得一提的是，空间权重矩阵涵盖地理距离矩阵、反距离矩阵与经济距离矩阵，可充分反映空间依赖性特征。地理距离矩阵会忽略不同地区经济发展差异对相邻城市的影响，而经济距离矩阵能够补足这一缺陷。基于此，本文在空间相关性检验上选

取经济距离矩阵 (w_e) 作为空间权重矩阵，计算公式如下：

$$w_e = \frac{1}{|\bar{G}_i - \bar{G}_j|}, i \neq j \quad (5)$$

式中， $\bar{G}_i$ 与 $\bar{G}_j$ 分别代表城市 i 、 j 的人均 GDP。经济距离矩阵所表现的距离越小，意味着城市之间经济发展关联性越强。

通过经济距离矩阵测度城市高技术产业绿色创新效率的全局 Moran's I 指数，结果如表 4 所示。分析数据可知，2012—2021 年高技术产业绿色创新效率的 Moran's I 指数均通过 5% 的显著性检验，且数值为正。这说明各城市高技术产业绿色创新效率存在较强的空间正相关关系。进一步分析可知，2012—2016 年高技术产业绿色创新效率呈稳步上升趋势。从 2017 年之后，高技术产业绿色创新效率 Moran's I 指数开始大幅上升，且显著性也由 5% 上升至 1%。因此可以认为，样本城市之间高技术产业绿色创新效率存在显著空间关联性。此结果为进一步采用空间计量模型进行检验提供了支持。

表 4 2012—2021 年高技术产业绿色创新效率 Moran's I 指数

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Moran's I	0.034	0.036	0.037	0.039	0.042	0.049	0.059	0.064	0.068	0.073
p 值	0.021	0.016	0.014	0.015	0.012	0.009	0.003	0.000	0.000	0.000

3.2 基准回归分析

为便于比较及检验稳健性，分别以空间自回归模型 (SAR)、空间误差模型 (SEM)、空间杜宾模型 (SDM) 检验数字经济对高技术产业绿色创新效率的影响，结果如表 5 所示。结果显示，在三种空间计量模型下，数字经济的本地效应及空间溢出效应均在 1% 水平上显著为正，说明其不仅能提升本地高技术产业绿色创新效率，对相邻城市高技术产业绿色创新效率也具有正向促进作用。

为避免估计造成的溢出效应偏误，借鉴 LeSage 等^[12]的研究方法，通过偏微分法分解空间杜宾模型。表 6 列 (1) 与列 (2) 代表直接效应，显示解释变量对本地被解释变量的作用强度；列 (3) 与列 (4) 为间接效应，表征解释变量对相邻区域的空间溢出影响；总效应则是综合评估数字经济发展对本地区以及相邻地区高技术产业绿色创新效率所产生的整体空间影响。直接效应中，数字经济的影响系数为 0.116，通过 1% 水平上的显著性检验，说明其可显著促进本城市高技术产业绿色创新效率

提升。究其原因，数字经济通过要素整合与数字技术提升绿色创新活动的信息透明度与研发效率，其数字化共享模式进一步强化了技术创新基础，从而增强了数字经济对绿色创新效率的赋能效应。由此，假设 H1 得到验证。间接效应结果指出，数字经济的空间溢出效应同样在 1% 水平上显著为正，说明数字经济还能显著影响相邻地区高技术产业绿色创新效率。由此，假设 H2 得到验证。

分析控制变量可知，政府干预的直接效应通过 5% 的显著性水平，而间接效应不显著，说明政府干预对本地高技术产业绿色创新效率的提升效应更强，而对相邻地区的影响不显著。这是由于政府可以通过制定一系列政策，降低企业绿色创新成本，激发企业创新活力，加速绿色技术成果转化和应用，从而提高了当地绿色创新效率。而不同城市之间政策不同，使得本城市政府干预难以影响到相邻城市。贸易开放度、人力资本对高技术产业绿色创新效率的直接效应与间接效应均通过 5% 显著性水平，说明贸易开放度与人力资本均能提升本地及相邻地区

高技术产业绿色创新效率。细究其因，贸易开放度有利于高技术产业通过国际贸易渠道获取国外先进的技术和知识，且此类知识具有溢出效应，能够加速技术创新和产业升级，提升当地及相邻城市高技术产业绿色创新效率。高水平的人力资本有助于形成高效的团队协作机制，促进不同领域知识的融合与创新，从而加速绿色技术创新进程，提高本地及相邻城市高技术产业绿色创新效率。市场化程度与经济发展水平对高技术产业绿色创新效率的直接效应与间接效应均在 1% 水平上显著，意味着市场化程度与经济发展水平越高，越有利于提升本地及相邻城市的高技术产业绿色创新效率。事实上，随着

市场化程度提高，高技术产业面临更加激烈的市场竞争。这种竞争压力迫使企业不断增加研发投入，以保持竞争优势。因此，市场化程度有助于推动高技术产业绿色创新效率的提升。同时，通过市场竞争和合作，相邻城市高技术产业能够更快地获取和应用新技术，从而提高绿色创新效率。随着经济发展，企业有更多的资金和资源投入到研发和创新中，从而推动绿色创新效率提升。同时，经济发展水平较高的地区通常具有更强的国际合作能力，这些地区通过与国际先进企业和研究机构合作，能快速引进先进技术，并带动相邻城市更快地获取和应用新技术，从而提高绿色创新效率。

表 5 基准空间计量结果

变量	(1) SAR	(2) SEM	(3) SDM
<i>DIG</i>	0.135*** (3.623)	0.126*** (3.515)	0.118*** (3.482)
<i>GOV</i>	0.063** (2.312)	0.061** (2.296)	0.058** (2.225)
<i>TRA</i>	0.087** (2.582)	0.084** (2.365)	0.085** (2.393)
<i>MAR</i>	0.103*** (2.845)	0.115*** (2.934)	0.111*** (2.897)
<i>EDU</i>	0.054** (2.253)	0.056** (2.278)	0.053** (2.147)
<i>PGDP</i>	0.127*** (2.952)	0.136*** (2.847)	0.127*** (3.032)
ρ	0.064***	0.085***	0.062***
$w * DIG$			0.089*** (3.048)
$w * GOV$			0.011** (2.232)
$w * TRA$			0.094** (2.423)
$w * MAR$			0.126*** (2.947)
$w * EDU$			0.064** (2.162)
$w * PGD$			0.136*** (3.245)
<i>log-lik</i>	261.055	239.420	226.751
R^2	0.301	0.307	0.305

注：**、*** 分别代表在 5%、1% 水平上通过显著性检验，（）内数值为 t 值，下同。

表 6 空间杜宾模型的分解结果

变量	直接效应		间接效应		总效应	
	(1) 系数	(2) <i>p</i> 值	(3) 系数	(4) <i>p</i> 值	(5) 系数	(6) <i>p</i> 值
<i>DIG</i>	0.116*** (3.213)	0.002	0.213*** (3.652)	0.000	0.329*** (3.775)	0.000
<i>GOV</i>	0.063** (2.356)	0.012	0.034** (1.064)	0.056	0.097** (1.857)	0.026
<i>TRA</i>	0.091** (2.663)	0.031	0.113** (2.364)	0.024	0.204** (2.173)	0.027
<i>MAR</i>	0.114*** (3.324)	0.005	0.126*** (3.265)	0.003	0.240*** (3.627)	0.000
<i>EDU</i>	0.056** (2.365)	0.011	0.053** (2.443)	0.013	0.109** (2.482)	0.015
<i>PGDP</i>	0.130*** (3.064)	0.002	0.142*** (3.328)	0.000	0.272*** (3.365)	0.000

3.3 稳健性检验

借鉴何育静等^[13]的相关研究，重新构建空间距离矩阵，对基准回归结果进行稳健性检验。具体计算公式如下所示：

$$w_{ij} = \begin{cases} e^{-d_{ij}/d_{\max}} d_{ij} \neq 0 \\ 0 & d_{ij} = 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$d_{ij} = R \times \arccos(\sin \alpha_i \sin \alpha_j + \cos \alpha_i \cos \alpha_j \cos(\beta_j - \beta_i)) \quad (7)$$

式中，城市间距离以 d_{ij} 表示，城市间距离最大值为 $d_{\max}$ ，城市经纬度分别用 β 、 α 、表征，地球半径用 R 代替。以空间距离矩阵重新构建空间杜宾模型，以验证数字经济赋能高技术产业绿色创

新效率的效应，结果如表 7 所示。由表 7 可知，在替换权重矩阵之后，数字经济仍能在 1% 水平上显著提升高技术产业绿色创新效率，这与基准回归结果一致，说明模型估计结果稳健性较强。

表 7 稳健性检验

变量	(1) SDM	(2) 总效应	(3) 直接效应	(4) 间接效应
DIG	0.125*** (3.174)	0.181** (2.142)	0.119*** (3.626)	0.062** (2.283)
$W*DIG$	1.365*** (3.513)			
ρ	0.936***			
控制变量	控制	控制	控制	控制
R^2	0.317	0.306	0.293	0.268

4 异质性检验

基于第一财经发布的《2020 城市商业魅力排行榜》，并结合徐晓书等^[14]的研究内容，将全样本划分为一二三线城市与四五线城市两大类，以探究不同城市等级下数字经济影响高技术产业绿色创新效率的差异。分析表 8 数据不难看出，数字经济对不同城市等级高技术产业绿色创新效率的影响均显著，但对一二三线城市的促进作用更强。这是由于一二三线城市环保水平更高、专利申请量更多，

高技术产业能够更好地吸收数字经济带来的创新要素，盘活企业绿色技术创新意愿，进而整体提升了绿色创新效率。四五线城市数字经济对本城市高技术产业绿色创新效率的影响在 5% 水平上显著为正，对相邻城市的影响仅在 10% 水平上显著为正，虽然显著性水平相对较低，但仍然表明四五线城市数字经济在促进本地区高技术产业绿色创新效率的同时，对相邻地区存在空间溢出效应。综上所述，H2 得到验证。

表 8 城市等级异质性检验结果

变量	一二三线城市			四五线城市		
	SDM	直接	间接	SDM	直接	间接
DIG	0.115*** (3.283)	0.103*** (3.128)	0.085** (1.992)	0.089** (2.164)	0.086** (2.157)	0.034* (1.735)
$W*DIG$	-0.103* (1.682)			0.059* (1.764)		
ρ	-0.076**			0.031**		
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
R^2	0.293	0.293	0.293	0.257	0.257	0.257

5 结论与建议

5.1 结论

本文基于 2012—2021 年中国 269 个城市面板数据，借助空间杜宾模型阐释数字经济对高技术产业绿色创新效率的影响机制。得到研究结论如下：其一，高技术产业绿色创新效率具有较强正向空间自相关特征；其二，数字经济可显著提高本地及相邻地区高技术产业绿色创新效率；其三，针对不同等级城市，数字经济对高技术产业绿色创新效率的影响具有明显异质性，在一二三线城市中数字经济

能够更有效地提升高技术产业绿色创新效率。

5.2 建议

第一，切实提高创新策源能力。如前所述，数字经济可以显著提升高技术产业绿色创新效率。为此，相关部门要全面激活数据要素潜能，加速提高创新策源能力，为高技术产业绿色创新效率提升提供内生动力。一方面，行业协会要积极探索数据要素市场化机制，建立数据产品和服务价格、收益分配等制度，全面激活数据要素潜能，促使数据采集、数据治理、数据应用、数据中介等全产业链协同发展，推动高技术产业绿色创新。另一方面，产学研

各主体需携手开展关键核心技术研发攻关,在新技术领域进行基础理论、核心算法及关键共性技术研究,以此提高创新策源能力,赋能数字经济高质量发展,进而带动高技术产业绿色创新效率提升。

第二,积极推动跨地区创新合作。异质性检验表明,数字经济对高技术产业绿色创新效率的驱动作用在一二三线城市更显著。为此,各地政府应积极助推跨城市高技术产业合作,强化绿色创新能力,进而提升高技术产业绿色创新效率。一方面,各地政府应组建高技术产业绿色创新联合体,加大对绿色创新项目的资金投入,引导社会资本参与绿色创新,推动绿色产业发展。同时,各地政府需完善高技术产业绿色创新联合体融资渠道,为提升高技术产业绿色创新效率奠定资金基础,以强化产学研之间的创新交流与合作,形成一批具有竞争力的绿色创新成果。另一方面,各地政府应搭建跨城市合作的平台,为企业提供便捷的合作渠道,共同促进绿色技术创新成果转化,进而提升高技术产业绿色创新效率。

参考文献:

- [1] 杨修,刘霞.技术服务进口视角下我国高技术产业发展的问题与对策[J].国际贸易,2023,42(2):28-36.
- [2] 熊万,高凯,汪泓等.长三角地区高技术产业集聚的环境污染效应[J].生态经济,2020,36(10):173-178.
- [3] 胡汉辉,申杰.数字经济如何赋能高质量发展:国内国际双循环视角[J].现代财经(天津财经大学学报),2023,43(5):3-18.
- [4] 刘和东,张珺.数字经济促进高技术产业绿色创新的黑箱解构:基于有为政府与有效市场的门槛效应分析[J].南京工业大学学报(社会科学版),2024,23(1):96-112,114.
- [5] 张大为,黄秀丽,罗永华.数字经济发展与高端制造业绿色创新效率:基于空间溢出与门槛效应实证检验[J].管理现代化,2023,43(2):161-168.
- [6] 吕德胜,王珏,唐青青.数字经济实现了绿色创新“增量提质”吗:基于异质环境关注视角[J].山西财经大学学报,2023,45(5):55-68.
- [7] 王晶晶,杨奕晨,陈金丹.数字服务业集聚对城市创新效率的影响:本地效应与空间溢出[J].科技进步与对策,2023,40(20):42-52.
- [8] 韩艳旗,吕惠,史金平.互联网发展、环境规制与高技术产业绿色创新效率:以长江经济带为例[J].长江流域资源与环境,2022,31(11):2382-2392.
- [9] 李健,李宁宁,苑清敏.高新技术产业绿色创新效率时空分异及影响因素研究[J].中国科技论坛,2021,37(4):92-101.
- [10] 赵平.数字经济、技术市场发展与高技术企业创新[J].现代管理科学,2023,27(2):152-162.
- [11] 魏峰,殷文星.数字经济、技术创新与中国省域经济韧性[J].工业技术经济,2023,42(6):36-47.
- [12] LESAGE J P,PACE R K. Introduction to Spatial Econometrics[M].Boca Raton: CRC Press,2009:17-19.
- [13] 何育静,张臣臣.空间视角下数字经济对新型城镇化质量影响研究[J].区域经济评论,2023,38(3):53-63.
- [14] 徐晓书,吴小东,姚清宇.智慧城市建设与区域创新:时空效应与机制检验[J].工业技术经济,2023,42(5):10-19.

Digital Economy, Spatial Spillover and Green Innovation Efficiency in High-tech Industry

SUN Haiyan

(School of Management, Henan Institute of Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: Based on the panel data of 269 prefecture-level and above cities in China from 2012 to 2021, the spatial Durbin model is used to empirically test the impact of digital economy on the green innovation efficiency of high-tech industries. The results of the study show that the digital economy has a significant role in promoting the green innovation efficiency of high-tech industries in the region, and there is a spatial spillover effect of this effect; the promotion effect of the digital economy on the green innovation efficiency of high-tech industries in different levels of cities is heterogeneous, and the promotion effect on the green innovation efficiency of high-tech industries in the first, second and third-tier cities is more significant. In this regard, it is proposed to effectively improve the ability of innovation sources, actively promote cross-regional innovation cooperation.

Key words: digital economy ; green innovation efficiency of high-tech industry ; spatial econometric model

(责任编辑 陈秀娟)