

数字经济发展能改善空气质量吗？

——基于空间杜宾模型的实证研究

高展鑫, 藏 媛, 马 畅, 宋雨欣

天津商业大学理学院, 天津

收稿日期: 2025年4月29日; 录用日期: 2025年5月21日; 发布日期: 2025年5月30日

摘 要

基于2011至2021年中国30个省份的面板数据, 运用双向固定效应模型与空间杜宾模型进行实证研究, 探讨数字经济发展对空气质量的影响及其空间溢出效应。研究结果表明: 数字经济发展与空气质量之间存在正相关关系, 在空间上具有明显的溢出效应, 数字经济对改善空气质量的促进作用受到区域创新能力、城市化水平、政府干预、经济发展水平、绿化覆盖率、能源结构和产业结构的约束。进一步研究发现, 数字经济的空间溢出效应通过技术扩散和环境规制等中介机制实现。地方行政部门与企业需共同努力, 创建一个支持数字经济发展的政策框架和公众环境。通过推动数字经济的发展, 并采纳定制化的发展策略, 可以更有效地应对大气污染的挑战, 并促进空气质量的改善。

关键词

数字经济发展, 空气质量, 空间杜宾模型, 空间溢出效应, 中介效应

Can the Development of the Digital Economy Improve Air Quality?

—An Empirical Study Based on the Spatial Durbin Model

Zhanxin Gao, Yuan Zang, Chang Ma, Yuxin Song

School of Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin

Received: Apr. 29th, 2025; accepted: May 21st, 2025; published: May 30th, 2025

Abstract

Based on the panel data of 30 provinces in China from 2011 to 2021, an empirical study using two-way fixed effects model and spatial Durbin model is conducted to explore the impact of digital

economic development on air quality and its spatial spillover effect. The results show that there is a positive correlation between digital economy development and air quality, with obvious spatial spillover effects, and that the promotion of digital economy to improve air quality is constrained by regional innovation capacity, urbanization level, government intervention, economic development level, greening coverage, energy structure and industrial structure. Further research found that the spatial spillover effects of the digital economy are realized through intermediary mechanisms such as technology diffusion and environmental regulation. Local administrations and businesses need to work together to create a policy framework and public environment that supports the development of the digital economy. By promoting the development of the digital economy and adopting customized development strategies, the challenges of air pollution can be addressed more effectively and air quality improvement can be promoted.

Keywords

Digital Economy Development, Air Quality, Spatial Durbin Model, Spatial Spillover Effect, Intermediary Effect

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

建设数字中国与实现绿水青山都是推动中国现代化建设的重要战略举措。《数字中国建设整体布局规划》强调优化数字发展环境,建设绿色智慧的数字生态文明。数字经济是推动数字中国建设的重要力量,与生态文明建设密切联系,为改善生态指标提供新方案,有助于实现经济发展与生态保护的良性互动。在此背景下,空气质量是衡量生活环境和可持续发展能力的重要指标,关乎人类身心健康。

作为现代经济体系的重要组成部分,数字经济的测度方法一直是学术界关注的焦点。李勇[1]等从数字经济高质量发展的内涵出发,参考《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》,在其原有的两大分类基础上,增加了数字基础和数字创新,同时严格遵循相关性、代表性和可获得性原则,构建了数字经济发展评价指标体系。沈洋和周鹏飞[2]从数字化基础、数字化应用、数字化创新和数字化效益四个维度评价了数字经济发展水平。这些研究为数字经济的测度提供了有效的参考,但随着数字经济的不断发展与内涵的不断丰富,其测度方法仍需完善和优化,以便更全面、准确地反映数字经济的发展趋势。

数字经济能否改善空气质量在当前的学术和实践领域中都具有重要价值。作为现代经济体系的创新分支,其本质在于对数据资产的深度挖掘与有效利用。通过精准采集、分析和应用数据,数字经济促进了资源的高效配置和循环利用,为经济的可持续升级提供了动力。在这个过程中,它不仅促进了生产方式的变革,提高了生产效率,还创新了社会治理,提高了治理效能,为空气质量改善提供了新思路、新方法。然而,数字经济发展与空气质量之间的关系是多维度和复杂的。邓荣荣和张翱翔[3]构建了固定效应面板数据模型等,发现数字经济有利于城市环境污染改善。孙耀武和胡智慧[4]采用相关模型,证实数字经济显著抑制二氧化硫等污染物排放,提升环境质量。Song *et al.*等[5]基于 2015 至 2020 年 228 个城市的面板数据,运用面板回归方法,验证了数字经济对城市空气质量的改善作用,尤其在数字经济水平高和城镇化率高的城市,这种改善作用更显著。

现有研究对数字经济与空气质量的关系有了初步认识,但忽视了空间效应的影响,没有深入探讨不同区域间的相互作用。有鉴于此,本文利用 2011 至 2021 年中国 30 个省份的面板数据,引入双向固定效

应模型和空间杜宾模型，深入探讨数字经济发展对空气质量的影响及其空间溢出效应。

2. 机制分析与假说提出

数字经济的发展在改善空气质量方面发挥着重要作用，主要体现在产业结构优化、环保技术创新、公众环保意识提升和环境监管强化等层面。首先，其促进了产业结构升级，使传统高污染产业向数字密集型产业转型，企业在转型中更注重环保，采用更清洁的生产技术，提高了生产效率和资源利用率，减少了资源浪费和污染排放。其次，数字经济的发展促进了清洁能源和绿色技术的创新和应用，减少了对化石能源的依赖，降低了污染物排放。胡淑娟等[6]通过空间杜宾模型等研究，发现数字经济能改善本地生态环境质量。此外，数字平台和媒体推广绿色环保理念，引导公众践行绿色环保行为，提升环保意识。最后，数字经济推动了环保监督和管理的数字化。助力政府和企业更加有效地监测和管理环境污染源，及时采取措施保护环境。基于此，提出假设：

假设 1：数字经济发展有助于改善空气质量。

根据孙国锋等[7]与芦婷婷等[8]的研究表明，数字经济的发展常伴随跨区域资源流动，数字技术加强地区间信息共享，促进政府与环境规制上协同合作，推动人才流动与技术和管理经验传播。但传统产业转移可能带来污染物排放的空间再分布，导致污染物跨区传输，使部分地区环境改善的同时影响周边地区环境状况。崔佳宁等[9]建立动态空间杜宾模型，检验了技术进步与产业结构变迁趋同对区域经济增长的影响。黄馨郁和李建军[10]的研究表明数字经济对碳排放效率的影响存在显著的空间溢出效应。郭炳南等[11]提出了数字经济的发展不仅推动了本地空气质量的改善，而且对降低相邻城市的空气污染也具有激励作用。基于此，提出假设：

假设 2：数字经济发展对空气质量的影响存在空间溢出效应。

数字技术的跨区域扩散(如人工智能、大数据在环保领域的应用)能够提升周边地区污染治理效率，降低单位产出的污染物排放强度，形成技术溢出的空间联动效应[12]。同时，数字经济发展可能强化区域环境规制的协同性，进而推动整体空气质量的提升。这一中介机制既体现了数字技术的赋能作用，也反映了环境治理模式的创新，因此提出数字经济通过技术扩散与环境规制影响空气质量的假设。

假设 3：数字经济发展对空气质量的影响存在技术扩散与环境规制的中介效应。

3. 模型、变量和数据

3.1. 模型设定

3.1.1. 固定效应模型

本文建立如下的固定效应模型，为验证数字经济发展对空气质量的影响：

$$API_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DiEc_{i,t} + \alpha_2 Control_{i,t} + u_i + v_i + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中， $API_{i,t}$ 表示省份 i 在年份 t 时的空气质量， $DiEc_{i,t}$ 表示省份 i 在年份 t 时的数字经济发展， $Control_{i,t}$ 表示一系列控制变量， u_i 表示个体固定效应， v_i 表示年份固定效应， $\varepsilon_{i,t}$ 表示随机误差项。

3.1.2. 空间杜宾模型

各省份经济行为相互影响，异地数字经济发展可能影响邻近地区空气质量。为探究其空间溢出效应，本文采用空间杜宾模型分析。

$$API_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 DiEc_{i,t} + \alpha_2 Control_{i,t} + \alpha_3 \sum_{j=1}^n W_{i,j} API_{j,t} + \alpha_4 \sum_{j=1}^n W_{i,j} DiEc_{j,t} + u_i + v_i + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

其中， $W_{i,j}$ 表示空间权重矩阵， $\sum_{j=1}^n W_{i,j} API_{j,t}$ 表示被解释变量的空间滞后项，反映了区域 i 的被解释变量受

到周边区域 j 的被解释变量的影响,体现了被解释变量的空间相关性。 $\sum_{j=1}^n W_{i,j} DiEc_{j,t}$ 表示核心解释变量的空间滞后项,反映了区域 i 的核心解释变量受到周边区域 j 的核心解释变量的影响,体现了核心解释变量的空间相关性。

3.2. 变量选取

3.2.1. 被解释变量

基于城市空气污染指数数据的可获得性,本文选定了三项关键的污染物排放指标,包括二氧化硫的释放量、氮氧化物排放量和烟(粉)尘与颗粒物排放量。最后,通过客观赋权法中的熵值法将以上三个指标合成,得到空气污染指数(API)。

3.2.2. 解释变量

本文的核心解释变量为数字经济发展(Digital Economy),借鉴了李英杰和韩平(2022)的测度方法[13],具体指标体系见表 1。

Table 1. Evaluation index system of digital economy development level
表 1. 数字经济发展水平评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位	指标属性
数字 经济 发展 水平	数字化基础	光缆密度	公里/万人	+
		域名数	万个	+
		电话普及率	%	+
	数字化应用	有线广播电视普及率	%	+
		互联网宽带接入用户	万户	+
		快递量	万件	+
		新产品开发项目数	项	+
	数字化创新	普通高等学校在校学生数	万人	+
		地方财政科学技术支出	亿元	+
		电信业务总量	亿元	+
	数字化效益	软件业务收入	亿元	+
		电子商务销售额	亿元	+
		电子商务采购额	亿元	+

3.2.3. 控制变量

为了确保研究结果的准确性,本文在评估数字经济发展对空气质量影响的同时,控制了一系列可能影响空气质量的其他因素。这些控制变量包括政府干预、人口密度、经济发展水平、绿化覆盖率、产业结构和能源结构。

3.2.4. 中介变量

为深入探讨数字经济空间溢出效应的具体机制,本文引入人均专利申请受理量作为中介变量,用于衡量区域间技术扩散能力;并以能源消费总量占 GDP 比重作为中介变量,反映环境规制对单位经济产出的能源消耗约束力度。

3.3. 数据来源

本研究选用 2011 至 2021 年间，中国(其中不包括西藏自治区、香港及澳门特别行政区)30 个省份的相关统计数据，研究数字经济发展对空气质量的影响。其中空气质量数据来自《中国环境统计年鉴》，而数字经济发展数据和控制变量均来自于《中国统计年鉴》，中介变量中产业结构数据来自《中国能源统计年鉴》，环境规制数据根据 GDP 与能源消费总量计算得出。相关变量的测度如表 2 所示。

Table 2. Variable definition table
表 2. 变量定义表

变量类别	变量符号	变量名称	测度方法
被解释变量	API	空气质量	
核心解释变量	DiEc	数字经济发展水平	
解释变量	DF	数字化基础	利用客观赋权法中的熵权法
	DA	数字化应用	
	DI	数字化创新	
	DB	数字化效益	
控制变量	GI	政府干预	公共财政支出占 GDP 的比重
	PD	人口密度	年末总人口与行政区土地面积之比
	ED	经济发展水平	外商直接投资实际使用金额占比
	GCR	绿化覆盖率	建成区绿地面积与建成区面积之比
	ISA	产业结构	第三产业与第二产业增加值的比值
	ES	能源结构	煤炭消费量与能源消费总量之比
中介变量	TI	技术扩散	用人均专利申请受理量来表示
	ER	环境规制	能源消费总量占 GDP 的比重

4. 实证分析

表 3 中列(1)是数字经济发展对空气质量的回归结果，列(2)是加入六个控制变量后的数字经济发展对空气质量的回归结果，列(3)至列(6)是数字经济发展的四个维度(数字化基础、数字化应用、数字化创新和数字化效益)对空气质量的回归结果。总体来看，基准回归结果大多数为负，这表明数字经济的发展减少了污染物的排放，从而改善了空气质量。

Table 3. Benchmark regression results
表 3. 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DiEc	-0.313*** (0.078)	-0.880*** (0.165)				
DF			-0.455*** (0.111)			
DA				-1.103*** (0.241)		

续表

DI					-0.242 (0.129)	
DB						-0.474 (0.251)
控制变量	NO	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Cons	0.337*** (0.018)	-0.083 (0.065)	0.026 (0.072)	-0.007 (0.065)	-0.024 (0.071)	-0.078 (0.068)
Obs	330	330	330	330	330	330
R ²	0.052	0.436	0.412	0.447	0.386	0.394

注：用***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著；在括号内为稳健标准误。

通过列(1)和列(2)对比发现控制变量后，数字经济发展系数绝对值扩大了，显著性进一步增强，说明控制变量有效缓解了遗漏变量偏误。进一步分析数字经济的四个维度发现，数字化基础与数字化应用的系数均为负，且在 1%水平显著，表明二者通过完善基础设施和普及在线活动，显著减少了传统能源消耗与交通污染排放，从而改善空气质量。而数字化创新与数字化效益的系数虽为负，但未通过显著性检验，可能因其作用路径更依赖技术研发与经济结构优化的长期效应，短期内尚未充分显现。

5. 进一步分析

5.1. 空间相关性检验

莫兰指数(Moran's I)是一种用于衡量空间自相关性的统计量，鉴于其能够量化空间自相关性，识别空间聚集模式以及辅助决策与规划的重要作用，本文选择莫兰指数作为主要方法，以评估所研究的各变量在空间分布上是否存在显著的相关性。

5.1.1. 全局莫兰指数

从表 4 中可以看出，从 2011 年到 2021 年，莫兰指数的波动变化，2021 年达到最高值 0.1541，这表明空间正相关性有所增强。但所有年份的 P 值均大于 0.05，意味着在统计学上这些年份的空间自相关性均未达到显著水平，因此考虑使用局部莫兰指数深入探究空间依赖性。

Table 4. Global Moran index

表 4. 全局莫兰指数

年份	莫兰指数	P 值
2011	0.0995	0.2811
2012	0.0050	0.7516
2013	0.0081	0.7326
2014	0.0330	0.5879
2015	0.0535	0.4799
2016	-0.0274	0.9545

续表

2017	-0.0072	0.8273
2018	-0.0059	0.8192
2019	0.0028	0.7648
2020	0.1079	0.2547
2021	0.1541	0.1281

5.1.2. 局部莫兰指数

为了能够较好地反映研究对象在时间序列上的变化趋势, 选择了涵盖研究期间的起始年(2011 年)、中间年份(2014 年和 2018 年)以及结束年(2021 年)进行局部莫兰指数分析。

如图 1 所示, 数字经济和空气质量的空间集聚现象在这些年份呈现先减弱后增强的动态变化, 且二者关系在空间上存在异质性。

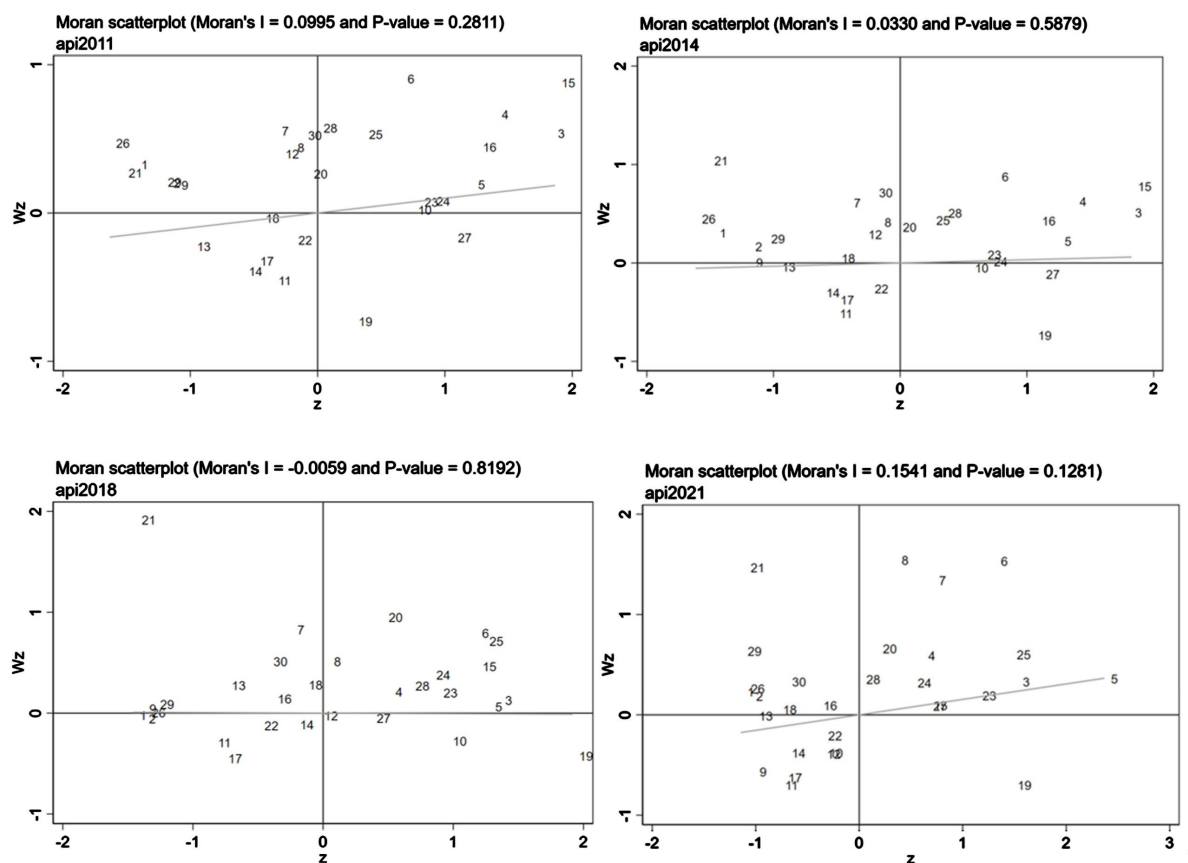


Figure 1. Local Moran index scatter

图 1. 局部莫兰指数散点图

5.2. 空间分析与模型选择

针对数字经济发展与空气质量关联的空间效应识别问题, 本研究采用多阶段检验框架确定适用的空间计量模型。基于地理邻接特征构建的空间权重矩阵, 依次实施三类统计检验: LM 检验、LR 检验和 Wald 检验, 检验结果如表 5 所示。

Table 5. Benchmark regression results
表 5. 空间计量模型检验结果

检验类型	统计量名称	统计量值	P 值
LM 检验	莫兰指数	2.108	0.035
	拉格朗日乘数(SEM)	64.140	0.000
	稳健拉格朗日乘数(SEM)	3.651	0.056
	拉格朗日乘数(SAM)	80.271	0.000
	稳健拉格朗日乘数(SAM)	19.781	0.000
LR 检验	空间杜宾模型(SDM)与空间滞后模型(SAR)比较	24.76	0.0008
	空间杜宾模型(SDM)与空间误差模型(SEM)比较	23.16	0.0016
Wald 检验	检验统计量	24.39	0.0010

首先，通过 LM 检验判断空间计量模型的基本适用性，莫兰指数统计量为 2.108，在 5%显著性水平上拒绝“无空间自相关”的原假设，表明数据存在显著的空间依赖性。进一步分解检验显示，拉格朗日乘数统计量在 SEM 和 SAM 中均显著，支持空间计量模型的选择。

为找出最优模型形式，采用 LR 检验进行嵌套模型比较，发现由于 SDM 中包含的额外解释变量对模型有显著贡献，故空间杜宾模型不能简化为空间滞后模型。同时，由于 SDM 中额外的变量设定对模型解释能力有显著提升，所以空间杜宾模型也不能简化为空间误差模型。此外，Wald 检验针对 SDM 模型的空间溢出效应检验统计量达 24.39，在 1%水平上显著，这证实了解释变量与被解释变量的空间交互效应不可忽略。

综上，空间杜宾模型(SDM)在所有检验中均显著，能同时考虑空间滞后和空间误差效应，更全面捕捉数字经济对空气质量影响的空间溢出效应，因此最终选择 SDM 进行分析。

5.3. 空间效应分析

5.3.1. 空间权重矩阵

本文选取邻接空间权重矩阵进行分析。邻接空间权重矩阵的权重选择二进制权重，如果两个空间单元是邻接的，即它们共享一个边界，那么它们之间的权重赋值为 1；若非邻接，则权重赋值为 0。式(3)如下：

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{两个空间单元 } i, j \text{ 是邻接的} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

5.3.2. 空间溢出结果分析

由表 6 可知，数字经济发展水平(DiEc)对空气质量具有显著的正向影响，且这种影响不仅局限于本地区，还能通过空间溢出效应改善周边地区的空气质量。政府干预(GI)对本地区空气质量具有显著的负向影响，而绿化覆盖率(GCR)对本地区和周边地区的空气质量均有一定的负向影响。产业结构(ISA)对本地区空气质量具有一定的正向影响，但总体效应有限。其他变量(如人口密度、经济发展水平、能源结构)的影响不显著。

5.3.3. 空间效应分解

如表 7 所示，数字经济发展水平(DiEc)对空气质量具有显著的正向影响，且这种影响不仅局限于本地区，还能通过空间溢出效应显著改善周边地区的空气质量。政府干预(GI)对本地区空气质量具有显著的负

向影响，但总体效应不显著。绿化覆盖率(GCR)对本地区和周边地区的空气质量均有一定的负向影响，且具有一定的空间溢出效应。产业结构(ISA)对本地区空气质量具有显著的正向影响，但总体效应有限。人口密度(PD)和经济发展水平(ED)对空气质量的影响较小，且总体效应不显著。能源结构(ES)对空气质量的影响不显著。

Table 6. Spatial Dobbin model results
表 6. 空间杜宾模型结果

变量名称	核心解释变量系数	空间滞后解释变量系数
DiEc	0.364*** (3.02)	0.596** (2.31)
GI	-0.809*** (-3.38)	0.201 (0.37)
PD	0.029 (1.43)	0.013 (0.39)
ED	-0.000*** (-3.85)	0.000 (0.12)
GCR	-0.011* (-1.73)	-0.022* (-1.86)
ISA	0.103** (2.52)	0.090 (1.03)
ES	-0.001 (-0.74)	-0.000 (-0.09)
rho	0.291*** (3.75)	
sigma2_e	0.005*** (12.56)	
Obs	330	

Table 7. Spatial effect decomposition
表 7. 空间效应分解

变量	直接效应	间接效应	总效应
DiEc	0.422*** (3.47)	0.927*** (2.92)	1.349*** (4.01)
GI	-0.820*** (-3.34)	-0.017 (-0.02)	-0.837 (-0.96)
PD	0.032* (1.71)	0.028 (0.65)	0.061 (1.30)
ED	-0.000*** (-3.92)	-0.000 (-0.51)	-0.000* (-1.88)
GCR	-0.012** (-1.98)	-0.033** (-1.97)	-0.045** (-2.19)
ISA	0.114*** (2.61)	0.159 (1.22)	0.273* (1.71)
ES	-0.001 (-0.69)	-0.001 (-0.14)	-0.002 (-0.34)

5.4. 中介效应检验

为验证技术扩散和环境规划的中介作用，采用两步法模型[12]。中介效应模型检验如表 8 所示，模型(1)和(2)为第一步。数字经济对技术扩散具有显著的正向影响，且这种影响主要通过直接影响实现。其次数字经济对环境规制具有显著的负向影响，且这种影响不仅局限于本地区，还通过空间溢出效应影响周边地区。模型(3)为第二步，技术扩散和环境规制对空气质量具有显著的正向影响，表明它们在数字经济与空气质量之间可能起到了中介作用。

Table 8. Intermediary effect test results
表 8. 中介效应检验结果

变量	(1)		(2)		(3)	
	核心解释 变量系数	空间滞后 解释变量系数	核心解释 变量系数	空间滞后 解释变量系数	核心解释 变量系数	空间滞后 解释变量系数
DiEc	60.576*** (9.13)	-14.335 (-0.93)	-0.346*** (-3.63)	-0.598*** (-2.86)	0.135 (1.03)	0.336 (1.06)
GI	-23.606* (-1.79)	82.256*** (2.75)	0.353* (1.85)	-0.781* (-1.82)	0.005*** (4.77)	0.002 (0.83)
PD	3.968*** (3.59)	0.956 (0.52)	0.066*** (4.21)	0.043 (1.57)	0.138** (2.06)	-0.257 (-1.61)
ED	-0.000* (-1.65)	0.000* (1.84)	0.000*** (5.64)	0.000 (0.02)	-0.848*** (-3.61)	-0.237 (-0.45)
GCR	-0.078 (-0.23)	-3.474*** (-5.37)	0.012** (2.40)	-0.013 (-1.37)	-0.005 (-0.23)	0.019 (0.53)
ISA	8.034*** (3.57)	11.343** (2.35)	0.104*** (3.15)	-0.342*** (-4.82)	-0.000*** (-3.96)	0.000 (0.67)
ES	-0.254*** (-3.56)	-0.544*** (-3.37)	-0.002* (-1.74)	-0.013*** (-5.82)	-0.013** (-2.19)	-0.002 (-0.18)
TI					0.135 (1.03)	0.002 (0.83)
ER					0.005*** (4.77)	-0.257 (-1.61)
rho	0.270*** (3.64)		0.032 (0.38)		0.271*** (3.52)	
sigma2_e	15.344*** (12.73)		0.003*** (12.84)		0.005*** (12.61)	
R ²	0.084		0.002		0.241	

6. 结论与建议

本文基于 2011 至 2021 年中国 30 个省份的面板数据，采用双向固定效应模型和空间杜宾模型，深入研究了数字经济发展对空气质量的影响及其空间溢出效应，得出以下主要结论：

第一，数字经济发展显著改善本地空气质量。数字经济通过产业结构升级、环保技术创新等机制，有效降低了二氧化硫、氮氧化物及颗粒物等污染物的排放，推动空气质量改善。其中，数字化应用和数字化效益的贡献最为显著。第二，数字经济发展对空气质量的影响存在正向空间溢出效应。由模型分析我们可以得到空气质量随数字经济水平正向发展而不断提高，且存在空间溢出效应。而数字经济对绿色发展的促进作用受到区域创新能力和城市化水平政府干预、经济发展水平、绿化覆盖率、产业结构和能源结构的约束，其中绿化覆盖率更多的是对邻近地区的影响。第三，数字经济发展通过技术扩散和技术扩散改善了空气质量。

综上所述，针对中国数字经济产业的发展现状，提出以下建议：

一是强化数字经济。政府应加强引导，制定有助于数字经济发展的相关政策，营造有利于数字经济发展的制度环境和社会氛围，大力推进数更好地发挥数字经济高水平地区的示范作用来引导邻近地区数

字经济发展,地区间共享数字经济推动绿色发展的成果[14],加强数字经济基础设施建设,助推企业生产绿色化转型以提高空气质量指数;企业应培育新型人才,要保障优秀人才供给,把人才作为社会治理的第一资源,充分发挥优秀人才的优势,使数字型人才将自身价值最大化,积极参与到数字经济发展建设中,驱动企业做出合理决策、优化产业生产模式[15]。二是实施差异化地数字经济发展战略。当前中国各区域的数字经济发展水平仍存在较大差异,要根据各地具体情况因地制宜的实施差异化发展战略,要充分发挥数字经济的空间溢出效应,助力区域整体绿色发展水平的提高。从区域合作出发,充分发挥数字经济对绿色发展的推动作用,各地区不仅要着眼于提高自身的数字经济发展水平,而且要加强地区间合作以形成完整的数字经济产业链条[14]。三是促进技术扩散与环境规制协同。搭建跨区域数字技术交易平台,定向推送环保专利至邻近省份,对技术输出方给予税收优惠;建立区域环境数据共享系统,推动邻近省份联合制定污染物排放标准,避免“逐底竞争”。

致谢

我们衷心感谢藏老师的细心指导。从选题、构思到撰写和修改,都得到了藏老师的无私帮助与专业指导,使得论文得以顺利完成。同时,感谢我们团队的成员,是他们的努力和合作让论文更加完善。我们还要感谢所有为我们提供技术支持和帮助的人。

基金项目

天津商业大学 2021 级大学生创新创业训练计划基金项目,项目编号:202310069150。

参考文献

- [1] 李勇, 蒋蕊, 张敏, 骆琳. 中国数字经济高质量发展水平测度及时空演化分析[J]. 统计与决策, 2023(4): 90-94.
- [2] 沈洋, 周鹏飞. 中国数字经济发展水平测度及时空格局分析[J]. 统计与决策, 2023, 39(3): 5-9.
- [3] 邓荣荣, 张翔祥. 中国城市数字经济发展对环境污染的影响及机理研究[J]. 南方经济, 2022(2): 18-37.
- [4] 孙耀武, 胡智慧. 数字经济、产业升级与城市环境质量提升[J]. 统计与决策, 2021, 37(23): 91-95.
- [5] Song, B.L., Shi, H.Z., Wang, M.X. and Gu, R. (2022) The Research on the Effect of Digital Economy Development on Urban Air Quality. *Frontiers in Environmental Science*, **10**, Article 993353. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.993353>
- [6] 胡淑娟, 龙佩林, 别凡. 数字经济、健康产业与生态环境质量[J]. 统计与决策, 2022, 38(21): 15-18.
- [7] 孙国锋, 潘珊珊, 徐瑾. 制造业投入数字化对绿色技术创新的影响: 基于静态和动态的空间杜宾模型研究[J]. 中国软科学, 2022(10): 30-40.
- [8] 芦婷婷, 祝志勇. 人工智能对劳动收入份额影响的空间溢出效应: 基于静态空间杜宾模型和动态空间杜宾模型的分析[J]. 经济问题探索, 2022(5): 65-78.
- [9] 崔佳宁, 史丽媛, 谢博婕. 技术与产业趋同能否带动区域经济发展: 基于动态空间杜宾模型的分析[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2022(2): 15-25.
- [10] 黄馨郁, 李建军. “双碳”背景下数字经济发展水平的碳减排效应研究[J]. 兰州财经大学学报, 2024, 40(6): 82-95.
- [11] 郭炳南, 王宇, 张浩. 数字经济发展改善了城市空气质量吗: 基于国家级大数据综合试验区的准自然实验[J]. 广东财经大学学报, 2022, 37(1): 58-74.
- [12] 何盈颖. 中国数字经济对产业结构升级的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北大学, 2021.
- [13] 李英杰, 韩平. 中国数字经济发展综合评价与预测[J]. 统计与决策, 2022, 38(2): 90-94.
- [14] 余少龙, 石虹. 数字经济促进绿色发展的机制研究: 基于空间杜宾模型的实证分析[J]. 福建商学院学报, 2023(2): 33-41.
- [15] 张书琪. 数字经济发展对大气污染的影响效应研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北大学, 2023.