

数字经济发展对产业结构优化升级的影响研究

——基于空间计量模型

赵梦颖, 田 发*

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年11月21日; 录用日期: 2024年12月19日; 发布日期: 2024年12月31日

摘 要

数字经济是产业结构优化升级的重要推动力量。文章通过数字化基础设施、数字产业化、产业数字化和数字经济发展环境四个维度构建了数字经济发展指数, 立于产业结构高级化和合理化两方面来衡量产业结构优化升级水平, 实证考察数字经济发展对产业结构优化升级的影响。研究表明, 数字经济发展显著促进了产业结构的优化升级, 其中数字经济的发展对产业结构的高级化回归系数为0.045, 对产业结构的合理化回归系数为1.149, 表明数字经济发展对产业结构优化升级的方式主要以促进产业结构合理化为主。进一步分析发现, 数字经济发展存在正向的空间外溢效应, 有助于邻近地区产业结构的优化升级。这一研究为评估数字经济发展对产业结构优化升级的影响提供了政策建议。

关键词

数字经济发展, 产业结构优化升级, 空间计量模型

Impact of Digital Economy Development on the Optimization and Upgrading of Industrial Structure

—Based on Spatial Metrology Model

Mengying Zhao, Fa Tian*

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Nov. 21st, 2024; accepted: Dec. 19th, 2024; published: Dec. 31st, 2024

Abstract

The digital economy is essential for driving global economic advancement and is instrumental in

*通讯作者。

文章引用: 赵梦颖, 田发. 数字经济发展对产业结构优化升级的影响研究[J]. 运筹与模糊学, 2024, 14(6): 1001-1012.
DOI: 10.12677/orf.2024.146597

transforming industry frameworks. This article presents a development index for the digital economy, focusing on four important aspects: infrastructure, digitization of industries, industrialization of digital technologies, and the development environment. By examining the impact of digital economic development on the improvement of industrial structure, this study empirically assesses the level of optimization and advancement in industrial structure through rationalization. The findings reveal that digital economic development significantly contributes to the optimization and advancement of industrial structure, particularly in promoting rationalization. The coefficient for this impact is 1.149. Furthermore, digital economic development has a positive influence on the industrial structure advancement, with a coefficient of 0.045. The analysis of the Spatial Durbin model confirms that the advancement of the digital economy not only enhances the local industrial composition but also generates beneficial spillover effects that reach neighboring regions. Even after conducting various robustness tests, the results of this study remain consistent. This research provides empirical evidence and policy recommendations for understanding and evaluating the impact of digital economic on the industrial structure upgrading.

Keywords

Digital Economy Development, Optimization and Upgrading of Industrial Structure, Spatial Econometric Model

Copyright © 2024 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

党的二十大提出的发展数字经济的目标,旨在利用数字技术的应用和创新,推动实体经济转型,实现经济发展的新突破,并促进数字经济与实体经济的深度融合。为实现这一目标,需要建立现代化产业体系,优化和升级产业结构,既要积极培育代表未来产业引领发展新质生产力。另一方面要充分发挥数字技术创新在产业升级中的引领作用,作为新质生产力持续性发展的动力。推进我国产业结构优化升级,既是构筑产业竞争优势、增强可持续性的内在发展要求,也是推进我国现代化产业建设,实现结构调整与经济发展耦合协同的逻辑必然。根据最新测算结果,我国数字经济发展规模与国民生产总值的比重已突破 40%,表明数字经济已成为经济发展的主引擎。同时,数字经济的发展也是实现我国产业结构优化升级的有力支撑点。基于互联网平台的数字经济资源配置可以有效地减少传统资源配置过程中存在的问题,从而促进新兴产业的发展,这些新兴产业凭借其平台优势,将会逐步超越传统产业,成为主导产业。同时,新兴产业在发展中会通过关联效应、技术扩散效应等倒逼传统产业自身的升级改造,如加快企业数字化转型、引进数字化平台、吸引数字人才等,进而提升传统产业的生产效率和产出水平。在优胜劣汰的市场机制下,数字经济的发展会加快产业优化升级。当前,我国正处于结构调整与升级的重要节点,探究数字经济发展与产业结构优化升级之间的关系,可以帮助理解我国在产业结构调整中涌现的问题,进一步探索升级路径和方向。

2. 文献回顾

目前,数字经济作为学术界的热点议题,研究学者对数字经济的研究多聚焦于高质量发展(赵涛等[1]; 蔡跃洲, 马文君[2])、全要素生产率(郭家堂, 骆品亮[3]; 黄群慧等[4])、人力资本结构(郭凯明[5]; 肖土盛等[6]; 何小钢等[7])以及创新效率(韩先锋等[8]; 白俊红, 蒋伏心[9])等研究论题,可以看到相关研究视角、研究结论等较为丰富,但围绕数字经济发展与产业结构优化升级的文献研究较少,这为本文的研究提供

了新的方向。

2.1. 数字经济发展水平测度

关于数字经济的测度研究,国内外研究成果丰富。在国外,美国经济分析局 BEA 围绕数字经济对经济发展的贡献度进行了测算,并使用相同值法测算其规模(Barefoot et al. [10]; BEA [11])。经济合作与发展组织 OECD 报告基于全新视角对数字经济规模测度,包括对社会发展活力的增强、对社会创新环境的刺激等视角(OECD [12])。在国内,赛迪研究院基于多项指标构建指标体系(赛迪研究院[13])。刘军等[14]围绕信息化、互联网和电子交易三个维度进行测度。杨慧梅和江璐[15]基于数字产业化和产业数字化两大方面构建数字经济指数。焦帅涛和孙秋碧[16]在以往研究的基础上考虑地区数字创新,丰富了指数维度。可以看到,现有研究多从数字经济的内涵出发,主要从数字产业化和产业数字化两大视角衡量数字经济的发展状况,或对数字经济发展规模进行定量测量等方法,而随着数字经济的发展,这些衡量方法并不能全面、准确地衡量数字经济的发展。因此,文章借鉴现有研究中的数字经济指标体系构建方法,基于数字经济发展的基础设施、数字产业化、产业数字化以及发展环境四个维度对数字经济发展进行全面的衡量。

2.2. 数字经济与产业结构关系

数字经济发展与产业结构优化升级的关系研究中,学者们的研究视角和研究结论各具特点。理论分析上,李春发等[17]认为数字经济通过产业链分工边界扩展、交易成本降低等渠道驱动中国制造业的数字化转型。丁志帆[18]提出数字经济通过数字技术的创新及应用,不仅直接有助于传统产业的数字化转型改造,而且有助于产业融合。实证分析上,刘洋和陈晓东[19]探究数字经济与产业结构升级的非线性关系,发现数字经济对产业结构升级具有显著正向作用。俞伯阳和丛屹[20]认为人力资本在数字经济推进产业升级进程中发挥着重要的中介作用。通过文献回顾发现,现有研究多为理论分析,或采用单一视角进行实证分析,因此文章聚焦在数字经济发展对产业结构优化升级的影响展开实证分析。

不容忽视的是,伴随着我国经济一体化发展,数字经济发展与产业结构优化升级在一定程度上存在着空间上的关联,比如数字经济越活跃的地区,其产业结构升级程度往往更高,也会带动其周边地区的产业结构优化升级,但鲜有文献关注这点。鉴于此,本文基于数字基础设施、产业数字化、数字产业化以及发展环境四个维度,采用熵值法测度数字经济发展指数,立于产业结构高级化和产业结构合理化来衡量产业结构优化升级水平,利用 2013~2022 年我国省际面板数据建立基础模型,实证检验数字经济对产业结构优化升级的影响效应。不容忽视的是数字经济发展与产业结构优化升级可能存在空间相关性,仅使用基础回归分析可能存在偏差,本文在进一步分析中构建空间计量模型,检验数字经济发展与产业结构优化升级的空间相关性以及是否存在空间上的溢出效应。

本文的边际贡献在于:第一,研究指标上,着眼于数字经济的基础条件、产业应用与发展环境等方面,共选取四个一级指标和 29 个基础变量,全方位测度数字经济发展水平,为数字经济的后续研究提供了更具应用性的较全面的评价体系;第二,研究视角上,本文基于经济现实,从产业结构优化升级评估角度考察数字经济的发展效果,丰富了相关研究;第三,研究内容上,本文不仅检验了数字经济发展对产业结构优化升级的基础回归效应,同时考虑到数字经济活动在产业链和空间上的联动性,构建空间杜宾模型考察数字经济发展对产业结构优化升级的空间溢出效应,在丰富研究内容的同时提升了研究深度。

3. 理论分析

科技革命与产业升级之间存在着密切的联系。伴随着数字市场化和产业化,加速了我国新兴产业的出现以及传统产业转型,进而推动我国产业结构优化升级进程。产业结构优化升级的关键就是劳动力、

技术、数据等要素能够自由有效地流向高效率生产部门。数字经济凭借其跨时空信息传播、技术高渗透性等先天优势,成为我国创新和技术进步的核心,有利于效率提升,促进产业结构优化升级。这里将主要从其影响效应、空间效应两个维度展开研究论证。所谓优化升级产业结构,指的是产业向更高级形态转变的过程,也是实现产业结构高级化和合理化的过程。产业结构的高级化表现为生产趋向集约化,合理化则强调产业间的关联性。只有实现产业结构高级化和合理化的同时进行转变,才能实现产业的优化升级(李治国等[21])。在数字经济发展过程中,核心技术是持续发展的保障,通过传统产业变革以及对新兴产业的培育,进而推动产业优化升级。实现这一目标的具体路径可以分为两个方面。第一,产业结构高级化。首先,数字经济在发展过程中,凭借自身优势模糊产业界限,加强分工合作,促进产业融合,并在此基础上进一步催生新业态,推动产业结构高级化(梁琦等[22])。其次,数字经济发展将传统产业与互联网结合,与传统产业形成联动和扩散效应,助推传统产业转向数字密集型产业,有利于产业结构高级化。第二,产业结构合理化。数字经济发展将数字技术融入生产的各个环节,提升生产部门的要素配置效率,有助于提升产业间的关联度和协调度,进而助推产业结构的合理化。

基于上述分析,提出假说 1: 数字经济发展驱动产业结构高级化和产业结构合理化,进而实现产业结构优化升级。

根据地理学定律,某一地区的产业结构优化升级会产生竞争效应与示范效应,从而促进邻近地区产业升级。此外,由于相邻地区间经济关系在空间上存在彼此依赖和互相合作,产业间存在较强关联性,即空间上相关性。然后,相较于传统资源配置方式,数字经济利用经济资源在数字平台上能够无限共享的独特优势,有利于产业间生产要素的自由流动。同时,数据要素突破了时空限制,使相邻地区间在经济活动上的关联更为紧密,有利于提升邻近地区的产出效率,进而会使得数字经济发展对产业结构优化升级的影响作用存在空间上的正向外溢效应。因此,随着数据要素快速流动的推动,数字经济的发展会影响邻近地区的产业结构的优化升级,即存在空间正向溢出效应(马晓君等[23])。

基于上述分析,提出假设 2: 数字经济发展对产业结构优化升级存在正向的空间溢出效应。

4. 研究设计

4.1. 模型构建

为了验证上述研究假设,本文首先建立了一个基本模型,具体见式(1)、式(2)。

$$indh_{it} = \alpha + \beta dig_{it} + \gamma X_{it} + \theta_p + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$indr_{it} = \alpha + \beta dig_{it} + \gamma X_{it} + \theta_p + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, i 为省份, t 为年份, dig_{it} 为数字经济发展指数, $indh_{it}$ 、 $indr_{it}$ 分别为产业结构高级化、合理化系数, β 为影响系数。 X_{it} 表示控制变量,包括政府干预程度 $govern_{it}$ 、对外开放水平 $open_{it}$ 、城乡收入差距 gap_{it} 、固定资产投资水平 $invest_{it}$ 。此外,加入省份固定效应 θ_p 和时间固定效应 δ_t ,随机扰动项为 ε_{it} 。本文重点关注系数 β ,若系数 β 显著为正,意味着数字经济发展有利于产业结构优化升级;反之,则意味着数字经济发展不利于产业结构优化升级。

为进一步检验数字经济发展对产业结构优化升级的空间效应,引入此空间交互项,构建空间计量模型,见式(3)、式(4)。

$$TL = \left[\sum_{i=1}^3 \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \cdot \ln \left(\frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) \right] indh_{it} = \alpha + \rho Windh_{it} + \beta dig_{it} + \mu Wdig_{it} + \gamma X_{it} + \theta_p + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$indr_{it} = \alpha + \rho Windr_{it} + \beta dig_{it} + \mu Wdig_{it} + \gamma X_{it} + \theta_p + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中， W 为空间权重矩阵。 $Windh_{it}$ 、 $Windr_{it}$ 分别为产业结构高级化、合理化系数的空间滞后项， ρ 代表空间自回归系数，代表产业结构优化升级系数的空间自相关性； $Wdig_{it}$ 为数字经济发展指数的空间滞后项。其他变量的含义与基础回归模型一致。

4.2. 变量测度与说明

4.2.1. 核心解释变量

数字经济的发展水平作为解释变量。本文基于数字经济的界定，着眼于数字经济发展的基本条件、产业应用与发展环境等方面，对数字经济发展水平进行指数构建。本文分别构建了四个一级指标以及九个二级指标。本文结合层次性以及数据的获取性等共选取 29 个基础变量，构建如下指标体系，见表 1。

Table 1. Digital economy development index system
表 1. 数字经济发展指标体系

一级指标	二级指标	变量	
数字经济发展指数	数字化基础设施	传统数字基础设施	互联网宽带使用数(万个)
			互联网宽带接入用户(万户)
			移动电话基站数(万个)
			每千人拥有域名数(万个)
	新型数字基础设施	电子产业投入(亿元)	
			ipv4 地址数(万个)
			移动互联网用户(万户)
		数字产业化	产业规模
			信息技术服务收入(亿元)
			电信业务总量(亿元)
产业种类		ICT 主板上市公司数量(个)	
		互联网百强企业数量(个)	
		信息技术服务业企业数(个)	
	农业数字化	农村宽带数量(万户)	
			淘宝村数量(个)
			农产品网络零售额(亿元)
	产业数字化	工业数字化	工业互联网平台应用普及率(%)
			工业企业每百人拥有计算机数(台)
			每百家企业拥有网站数(个)
			两化融合指数
	服务业数字化	商务交易额(亿元)	
			商务采购额(亿元)
			有商务交易的企业占比(%)
发展环境	政务环境	政务机构微博(个)	
			政务平台项目(个)
			政务平台投入(万元)
	创新环境	教育支出占比(%)	
		数字信息技术行业从业人数(万人)	
		R & D 经费投入强度(%)	

在确定数字经济指数的指标后，还需要对各基础指标进行赋权。本研究首先分别采用主成分分析法

和熵权法进行方法检验, 估计结果未通过主成分分析法的取样适合度检验, 因此本文使用熵值法确定权重。然后, 本文对数据进行标准化, 得到指标 X_i , 借鉴王军[24]的步骤得到指标权重 W_i , 最后加权求和得到数字经济发展指数 dig 。公式见式(5):

$$dig_i = \sum_i^m X_i * W_i \quad (5)$$

dig_i 代表 i 省的数字经济的发展指数, 取值范围为[0, 1]。根据定义, dig 越接近 1, 表明数字经济发展水平越高, 反之, 则越低。

4.2.2. 被解释变量

产业结构优化升级水平为被解释变量。国内研究对产业结构水平的测度方法大致可分为两类, 第一类方法主要为选取单一指标对产业结构升级水平测度, 如选取产值比值、结构变动度等; 第二类方法则为选取多指标进行测度, 从多维度构建指标体系。单指标测度法不能从整体上反映产业结构优化升级程度。鉴于此, 本文在现有研究的基础上, 分别选取产业结构高级化水平(indh)和产业结构合理化系数(indr)作为被解释变量。公式见式(6)~式(8):

(1) 产业结构高级化 indh

$$\sum_{n=1}^3 \frac{Y_i}{Y} \cdot \frac{Y_i}{L_i} \quad (6)$$

Y 为总产值, Y_i 、 L_i 分别为三大产业的增加值和从业人数。通过 Z-Score 方法进行标准化处理, indh 值越大, 表明产业结构的高级化水平越高。

(2) 产业结构合理化 indr

$$TL = \left| \sum_{i=1}^3 \left(\frac{Y_i}{Y} \right) \cdot \ln \left(\frac{Y_i}{L_i} / \frac{Y}{L} \right) \right| \quad (7)$$

$$indr = \ln \frac{1}{TL} \quad (8)$$

说明: TL 为经过调整的泰尔指数, 与产业结构合理化系数呈反向变动。indr 值越大, 代表产业结构越合理。

4.2.3. 控制变量

为了避免遗漏变量, 本文考虑了以下控制变量: (1) 政府干预程度(govern), 即公共财政支出占 GDP 比例。(2) 对外开放水平(open), 即进出口总额占 GDP 比例。(3) 城乡收入差距(gap), 即城镇居民可支配收入与农村人均纯收入比值。(4) 固定资产投资水平(invest), 即固定资产投资总额占 GDP 比例。

4.3. 数据来源和描述性统计

数据来源包括统计局、数字经济发展报告、国泰安。此外, 基于数据的收集难度, 本文将 2013~2022 年作为样本区间, 剔除了我国西藏地区以及港澳台地区, 并采用插值法处理缺失值, 整理得到 2013 年~2022 年 30 个省份的样本数据。

首先进行描述性统计, 见表 2。通过表 2 可看出, 数字经济发展指数的极大值为 0.7364, 极小值为 0.0143, 且平均值为 0.1741, 从侧面表明我国数字经济发展态势的省际差异较大。关于产业结构高级化系数, 极大值为 0.6943, 极小值为 0.5652, 且均值为 0.6015, 说明我国不同省份间的产业结构高级化水平差距相对较小。关于产业结构合理化系数, 极大值为 4.8412, 极小值为 0.7828, 且标准差为 0.8765, 说

明我国省份间产业结构合理化水平的差异也较明显，其中北京、浙江等地常年保持全国领先；而西部地区多个省份的产业结构合理化系数常年低于均值。此外，控制变量的省际差距均较大。

Table 2. Digital economy development index system
表 2. 变量指标的描述性统计

变量	N	均值	Std	Min	Max
dig	300	0.1741	0.1636	0.0143	0.7364
indh	300	0.6025	0.0302	0.5652	0.6943
indr	300	2.1535	0.8765	0.7828	4.8412
govern	300	0.2568	0.1549	0.1066	2.2822
open	300	0.2756	0.2947	0.0078	1.7218
gap	300	2.5068	0.3628	1.8266	3.5557
invest	300	0.8209	0.3708	0.1960	5.2570

5. 实证结果与分析

5.1. 基准回归分析

5.1.1. 数字经济发展与产业结构高级化的回归分析

表 3 报告了数字经济发展对产业结构高级化的回归结果。本文首先进行 F 检验、豪斯曼 Hausman 检验，依据检验结果选定了双向固定效应，回归结果如下。

Table 3. Regression test of digital economy development index on industrial structure upgrading
表 3. 数字经济发展指数对产业结构高级化的回归检验

	(1) indh	(2) indh
dig	0.057*** (6.01)	0.045* (1.88)
Constant	0.592*** (343.71)	0.530*** (11.97)
govern		0.010 (0.61)
open		-0.015* (-1.71)
gap		0.019 (1.14)
invest		0.006 (1.10)
省份固定效应		控制
时间固定效应		控制
R-squared	0.178	0.747

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的显著性水平下显著。

根据模型(1)，数字经济发展指数 dig 的影响系数为 0.057，在 1%显著性水平下显著，可初步证实前文的研究假设一。在模型(1)的基础上，模型(2)研究加入控制变量后对产业结构高级化产生的共同影响。研究发现，数字经济发展指数作为核心解释变量，回归系数为 0.045，在 10%水平下显著。这一结果证实了数字经济发展对产业结构的高级化具有显著促进效应。主要表现为推动产业数字化转型、在生产中引入数字技术、数字化平台的推广应用等方面。

在控制变量方面：(1) 政府干预程度(govern)对产业结构高级化的影响不显著，可能是因为产业政策多为对中小企业的保护政策，反而会助长产业惰性。(2) 对外开放水平(open)对产业结构高级化具有显著负面影响，可能原因是外资企业对我国的投资主要集中在低端产业，而核心技术和高新技术的产业投资则集中在投资国内部，因而不利于我国产业结构高级化；(3) 城乡收入差距(gap)对产业结构高级化的影响不显著，可能原因是城乡收入差距的扩大会导致传统产业面临转型或淘汰。(4) 固定资产投资水平(invest)对我国产业结构高级化的正向影响并不显著，可能原因是当前我国固定资产投资主要集中在传统产业，对新兴产业的资金投资仍较少。

5.1.2. 数字经济发展对产业结构合理化的回归分析

表 4 是基准回归的双向固定效应模型的结果，用于评估数字经济发展对产业结构合理化的影响。这些结果是通过进行 F 检验和豪斯曼 Hausman 检验后选择的。

Table 4. Regression test of digital economy development index on industrial structure rationalization
表 4. 数字经济发展与产业结构合理化检验结果

	(1) indr	(2) indr
dig	3.529*** (14.39)	1.149*** (5.01)
Constant	1.539*** (28.95)	3.653*** (46.46)
govern		0.296 (0.95)
open		1.303*** (10.30)
gap		-0.910*** (-17.17)
invest		0.051 (0.51)
省份固定效应		控制
时间固定效应		控制
R-squared	0.434	0.757

注：*、**、***分别表示在 10%、5%、1%的显著性水平下显著。

根据模型(1)，数字经济发展中指数的影响系数为 3.529，在 1%显著性水平下显著，初步证实了研究假设一。模型(2)考虑控制变量的共同影响，经过回归，数字经济发展指数的影响系数为 1.149，在 1%水平下显著，表明数字经济发展能够显著推动产业结构的合理化。这种正向影响主要表现为，随着数字技术、数字化平台等在产业生产和服务中的广泛应用，有利于产出规模和生产效率的提升，不断强化产业关联程度、实现产业间的协调发展。

在控制变量方面：(1) 政府的干预(govern)对产业结构高级化并没有明显的影响，这可能是因为政府的干预行动滞后于产业更迭的速度(韩永辉等[25])。(2) 对外开放水平(open)对产业结构优化升级有积极的影响，这可能是因为对外投资会引发技术逆向溢出，并通过产业关联效应刺激本国产业变革(赵云鹏和叶娇[26])。(3) 城乡收入差距(gap)与产业结构的合理化呈负向变化，可能原因是城乡收入差距隐含着地区经济资源本身存在差距，随着城乡差距拉大，资源配置愈加不合理，从而影响了产业结构合理化。(4) 固定资产投资水平(invest)对产业结构合理化的正向影响并不显著，可能是因为固定资产投资与既定产业结构存在滞后的因果关系，这不利于产业结构合理化的及时调整(汪菁，何大安[27])。

从上述基准模型回归结果可知，数字经济发展对产业结构高级化以及合理化均存在显著的正向影响，证实了研究假说一。又根据影响系数可知，数字经济的发展以推动产业结构合理化为主要路径助推产业结构的优化升级。

5.2. 进一步分析

通过理论分析可知，数字经济可以凭借其本身所具有的渗透性优势，在空间上产生外溢效应，从而会影响其邻近地区产业结构的优化升级。因此，本文构建空间计量模型，检验数字经济发展对产业结构优化升级的空间溢出效应。首先，本文利用莫兰指数检验考察数字经济和产业结构优化升级的空间自相关性。其次，本文通过模型检验选择最优模型并进行模型估计。

5.2.1. 空间自相关检验

在进行空间计量之前，需要先进行空间自相关检验。首先，需要构建空间权重矩阵。本文采用样本地区人均 GDP 差额来构建经济距离上的权重矩阵。其次，使用莫兰指数来检验是否存在空间相关性，指数定义见式(9)。

$$\text{Moran's I} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \tag{9}$$

其中， n 代表研究省市区的总数， Y_i 为观测值， W_{ij} 为空间权重矩阵，莫兰值的范围为-1 到 1。当大于零时，表示存在空间正相关性，反之表明呈空间负相关。结果见表 5。

从表 5 可以看出，我国产业结构高级化系数的 Moran's I 值大多数情况下都大于零，但大部分指数并不显著，这表明产业结构高级化的空间正相关性并不明显。然而，产业结构合理化的 Moran's I 值都大于零，并且所有指数都通过了显著性检验，这说明存在明显的空间正相关性。因此，后续的空间计量检验将主要关注数字经济发展与产业结构合理化之间的空间相关性。

Table 5. Moran's I index changes of China's industrial structure optimization and upgrading from 2013 to 2022
表 5. 2013~2022 年中国产业结构优化升级的 Moran's I 指数变化

Year	产业结构高级化		产业结构合理化	
	Moran's I	Z 值	Moran's I	Z 值
2013	0.178	1.365	0.602***	4.168
2014	0.169	1.312	0.572***	3.894
2015	0.202	1.532	0.533***	3.631
2016	0.159	1.276	0.500***	3.414
2017	0.233*	1.719	0.553***	3.836
2018	0.219	1.637	0.563***	3.883
2019	0.078	0.755	0.530***	3.648
2020	0.312**	2.329	0.475***	3.313
2021	0.210	1.608	0.525***	3.634
2022	0.245*	1.848	0.621***	4.215

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著。

5.2.2. 空间计量模型检验

(1) 空间计量模型的选择检验

鉴于产业结构合理化的空间自相关性，以及数字经济发展过程中呈现出的跨地区分工与合作特点，本文运用空间计量模型来探究数字经济发展对产业结构优化升级的空间效应。为了更加合理地引入空间

计量模型，将依次进行以下检验，结果如表 6、表 7 所示。

Table 6. LM test results

表 6. LM 检验结果

检验	LM-error	LM-lag	Robust-LM-error	Robust-LM-lag
Statistic	105.441	45.764	61.214	1.536
P-value	0.000	0.000	0.000	0.015

Table 7. Wald test, LR test, Hausman test results

表 7. Wald 检验、LR 检验、Hausman 检验结果

	Wald 检验		LR 检验		Hausman 检验	
	χ^2	P 值	χ^2	P 值	χ^2	P 值
SAR	3.95	0.4122	52.66	0.000		
SEM	16.31	0.0060	53.38	0.0000		
SDM					14.83	0.0111

根据检验结果，LM 检验拒绝了原假设，LR 检验通过了显著性检验。然而，Wald 检验中空间滞后模型的 P 值为 0.4122，未通过显著性检验。因此，综合考虑，本文选择空间杜宾模型作为最优模型。此外，Hausman 检验显著拒绝了原假设，表明固定效应更优。综上，本文选择固定效应的空间杜宾模型。

(2) 空间杜宾模型效应分解

本文根据 LeSage 和 Pace [28] 的偏微分法，避免使用回归系数进行分析存在偏差，将数字经济发展水平的总效应分解为直接效应与间接效应，具体见表 8。

直接效应表示数字经济发展对本地区产业结构优化升级的平均影响程度。由结果可知，数字经济发展水平每提高 1%，本地区产业结构优化升级水平相应提高 2.92%，可见数字经济发展对产业结构优化升级的贡献十分可观，佐证了研究假设一。间接效应即空间溢出效应，其影响系数代表本地区数字经济发展对邻近地区产业结构优化升级的平均影响程度。由结果可知，本地区数字经济发展水平每提高 1%，会带动邻近地区产业结构优化升级水平相应提高 2.294%。换言之，数字经济的发展在影响本地产业结构优化升级的同时，对其邻近地区产业结构的优化升级存在正向溢出效应，证实了本文的研究假设二。因此，要优化产业的空间布局，利用好数字经济发展对产业结构优化升级的空间贡献作用。

Table 8. Effect decomposition of spatial Durbin model

表 8. 空间杜宾模型的效应分解

变量	(1) 直接效应	(2) 间接效应	(3) 总效应
dig	2.920*** (15.73)	2.294*** (8.18)	5.214*** (15.10)
控制变量	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制
省份固定效应	未控制	未控制	未控制
N	300	300	300
R-squared	0.760	0.760	0.760

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著。

5.2.3. 稳健性检验

为增强结论的可信度，本文采用替换核心解释变量和缩短样本年限两种方式对所得结论加以验证。第一，替换核心解释变量。本文使用数字普惠金融指数(郭峰等[29])进行替换。第二，缩短样本年限：将样本年限缩短至 2015~2022 年。结果见表 9。从表 9 可知，分解效应在 1%的水平下显著为正值，检验结果与之前的实证结果一致，证明之前的估计结果是稳健的。

Table 9. Robustness test
表 9. 稳健性检验

变量	(1)替换数字经济发展指数：finance			(2)缩短样本年限：2015~2022 年数据		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
Finance/dig	4.799*** (11.44)	1.942*** (3.60)	6.741*** (15.50)	2.951*** (15.12)	2.267*** (7.95)	5.218*** (15.22)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著。

6. 结论与建议

根据对我国 2013~2022 年省份样本数据的研究，本文研究了数字经济发展对产业结构优化升级的影响。研究结果发现：(1) 数字经济发展对产业结构的升级有明显的积极影响，回归系数为 0.045。(2) 数字经济发展对产业结构的合理化具有显著的正向影响，回归系数为 1.149。根据回归系数可知，数字经济发展主要通过推动产业结构的合理化来实现产业结构的优化升级。(3) 进一步分析发现，数字经济发展对产业结构优化升级存在空间外溢效应，回归系数为 2.294。该估计结果在稳健性检验后仍成立。

基于上述估计结果，本文提出如下建议：(1) 加快数字经济的发展。在接下来的阶段，我国数字经济将进入创新发展的阶段，需要加大对技术研发和创新的支持，并同时鼓励商业模式创新。把产业数字化视为数字经济发展的主要推动力，为传统产业的转型升级提供动力。此外，加强数字经济在三大产业中的渗透和应用，开拓数字经济发展的新领域，推动产业结构的优化升级。(2) 发挥数字经济的辐射带动作用。数字经济活动主要依据数据要素进行信息传递，不受时空限制，对产业结构的优化升级存在空间上的正向溢出效应。因此，要借助数字经济这一典型优势，明确各地区数字经济发展优势，加强数字技术渗透，实现跨地区分工与合作。如北京、上海、广东等省份应把握好其数字经济发展态势良好的机遇，充分发挥其作为第一梯队的带动作用，充分释放其对产业结构优化升级的空间贡献作用。

基金项目

上海市哲学社科一般项目“数字经济企业的税收治理水平评估与优化策略研究”(2023BJB005)。

参考文献

[1] 赵涛, 张智, 梁上坤. 数字经济、创业活跃度与高质量发展——来自中国城市的经验证据[J]. 管理世界, 2020, 36(10): 65-76.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 郭凯明. 人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动[J]. 管理世界, 2019, 35(7): 60-77, 202-203.

- [6] 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.
- [7] 何小钢, 梁权熙, 王善骞. 信息技术、劳动力结构与企业生产率——破解“信息技术生产率悖论”之谜[J]. 管理世界, 2019, 35(9): 65-80.
- [8] 韩先锋, 宋文飞, 李勃昕. 互联网能成为中国区域创新效率提升的新动能吗[J]. 中国工业经济, 2019(7): 119-136.
- [9] 白俊红, 蒋伏心. 协同创新、空间关联与区域创新绩效[J]. 经济研究, 2015, 50(7): 174-187.
- [10] Barefoot, K., Curtis, D., Jolliff, W., *et al.* (2018) Defining and Measuring the Digital Economy. BEA Working Paper.
- [11] BEA (2019) Measuring the Digital Economy: An Update Incorporating Data from the 2018 Comprehensive Update of the Industry Economic Accounts.
https://www.bea.gov/system/files/2019-04/digital-economy-report-update-april-2019_1.pdf
- [12] OECD (2014) Measuring the Digital Economy: A New Perspective. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264221796-en>
- [13] 中国电子信息产业发展研究院. 2019 中国数字经济发展指数白皮书(2019) [EB/OL].
<https://www.ccidgroup.com/info/1096/21833.htm>, 2019-10-11.
- [14] 刘军, 杨渊璧, 张三峰. 中国数字经济测度与驱动因素研究[J]. 上海经济研究, 2020(6): 81-96.
- [15] 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.
- [16] 焦帅涛, 孙秋碧. 我国数字经济发展对产业结构升级的影响研究[J]. 工业技术经济, 2021, 40(5): 146-154.
- [17] 李春发, 李冬冬, 周驰. 数字经济驱动制造业转型升级的作用机理——基于产业链视角的分析[J]. 商业研究, 2020(2): 73-82.
- [18] 丁志帆. 数字经济驱动经济高质量发展的机制研究: 一个理论分析框架[J]. 现代经济探讨, 2020(1): 85-92.
- [19] 刘洋, 陈晓东. 中国数字经济发展对产业结构升级的影响[J]. 经济与管理研究, 2021, 42(8): 15-29.
- [20] 俞伯阳, 丛屹. 数字经济、人力资本红利与产业结构高级化[J]. 财经理论与实践, 2021, 42(3): 124-131.
- [21] 李治国, 车帅, 王杰. 数字经济发展与产业结构转型升级——基于中国 275 个城市的异质性检验[J]. 广东财经大学学报, 2021, 36(5): 27-40.
- [22] 梁琦, 肖素萍, 李梦欣. 数字经济发展提升了城市生态效率吗?——基于产业结构升级视角[J]. 经济问题探索, 2021(6): 82-92.
- [23] 马晓君, 李艺婵, 傅治, 等. 空间效应视角下数字经济对产业结构升级的影响[J]. 统计与信息论坛, 2022, 37(11): 14-25.
- [24] 王军, 朱杰, 罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 26-42.
- [25] 韩永辉, 黄亮雄, 王贤彬. 产业政策推动地方产业结构升级了吗?——基于发展型地方政府的理论解释与实证检验[J]. 经济研究, 2017, 52(8): 33-48.
- [26] 赵云鹏, 叶娇. 对外直接投资对中国产业结构影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, 35(3): 78-95.
- [27] 汪菁, 何大安. 固定资产投资与产业结构调整——基于我国 1978-2006 年情况的分析[J]. 中共浙江省委党校学报, 2008(3): 105-110.
- [28] LeSage, J. and Pace, R. (2009) Introduction to Spatial Econometrics. Chapman and Hall/CRC.
<https://doi.org/10.1201/9781420064254>
- [29] 郭峰, 王靖一, 王芳, 等. 测度中国数字普惠金融发展: 指数编制与空间特征[J]. 经济学(季刊), 2020, 19(4): 1401-1418.