

参赛队号：

2021 年（第七届）全国大学生统计建模大赛

参赛学校：天津财经大学

论文题目：我国数字经济发展对全要素生产率的影响研究

参赛队员：罗佳玲 侯孙奥 曹颖

指导老师：周琦

目录

摘要	3
一、引言与文献述评	1
二、数据、指标与模型	1
(一) 数字经济发展指标体系构建	3
(二) 基于 DEA 方法的全要素生产率测度	6
(三) 数据说明	6
1. 数字经济发展水平 (<i>digital</i>) 的数据处理与测算	6
2. 控制变量 X_{it} 的选取	7
(四) 数字经济发展水平与全要素生产率的回归模型	7
1. 数字经济发展水平与全要素生产率的 OLS 回归模型设计	7
2. 空间权重矩阵的构建	9
3. 数字经济发展水平对全要素生产率的空间效应回归模型设计	9
4. 数字经济发展水平对全要素生产率传导路径的空间效应回归模型设计	10
三、实证分析	12
(一) 描述性统计分析	12
1. 区域数字经济发展水平	12
2. 区域全要素生产率水平	14
3. 区域数字经济发展水平与全要素生产率的统计关系	16
(二) 数字经济发展水平对全要素生产率的影响分析	16
1. 数字经济发展水平与全要素生产率的相关关系	16
2. 数字经济异质性分析	17
3. 数字经济发展水平对全要素生产率的空间效应分析	18
4. 数字经济对全要素生产率传导路径的空间效应分析	19
四、结论与建议	21
(一) 研究结论与展望	21
(二) 政策与建议	21
参考文献	1
致谢	4

表格和插图清单

表 1	数字经济发展水平指标体系.....	5
表 2	全要素生产率全局 Moran's I 双边检验结果	9
表 3	人力资本水平、产业结构升级全局 Moran's I 双边检验结果	11
表 4	OLS 回归结果	17
表 5	分组回归结果.....	18
表 6	数字经济对全要素生产率的空间回归结果	19
表 7	数字经济对全要素生产率传导路径的空间回归结果	20
图 1	2004-2019 年各省区市数字经济发展水平.....	12
图 2	2004-2019 年各省区市年均数字经济发展水平地图.....	13
图 3	2004-2019 年各省区市全要素生产率.....	14
图 4	2004-2019 年各省区市年均全要素生产率地图.....	15
图 5	数字经济发展水平与全要素生产率关系散点图	16

我国数字经济发展对全要素生产率的影响研究

摘要

在经济全球化进程中，数字经济的高质量发展已经成为国家提高全要素生产率、促进经济社会发展模式转变的重要手段。数字经济以其特点和优势吸引了越来越多国家的关注。因此，数字经济毫无疑问将成为国与国之间互惠合作的重要课题以及相互竞争的重大领域。本文旨在探究我国数字经济发展水平对全要素生产率的影响以及影响路径，首先基于 2004-2019 年我国 30 个省（自治区、直辖市）的面板数据，从“数字产业化”和“产业数字化”两个维度构建数字经济指标体系，并运用主成分分析法进行降维处理。此外，基于 DEA 方法对全要素生产率进行测算，然后通过实证分析来探讨数字经济发展水平与全要素生产率之间的关系和数字经济的异质性。进一步，我们构建了空间杜宾模型探究数字经济对全要素生产率及其传导路径的空间效应。研究结果发现：从整体上看，数字经济的高水平发展对全要素生产率的提高有促进作用，数字经济发展水平越高对全要素生产率的提升作用越明显；从区域上看，较于南方地区，这种提升作用在北方地区更为明显。此外，数字经济还存在空间溢出效应，不仅本地区数字经济发展有助于提高本地区的全要素生产率，邻近地区数字经济发展也会对本地区全要素生产率的提升产生有利影响。同时，数字经济的发展不仅会促进本地区的人力资本水平提升和产业结构升级，还有助于改善其他地区的人力资本水平和产业结构升级。根据研究结论，我们提出以下建议：一方面要大力发展信息互联行业并鼓励企业数字化协同转型，以带动数字经济发展，从而提高全要素生产率；另一方面，要加强地区间的合作，实现区域经济联动性发展。

关键词：数字经济；全要素生产率；空间杜宾模型；主成分分析法

ABSTRACT

In the process of economic globalization, the high-quality development of digital economy has become an important means for countries to improve total factor productivity and promote the transformation of economic and social development model. The characteristics and benefits of digital economy are attracting the attention of more and more countries. Therefore, digital economy will undoubtedly become an important subject of multinational interaction and cooperation and a major field of national competition. Study aims to explore the impact of the development level of China's digital economy on total factor productivity and the impact path. First, the article uses the 2004-2019 of China's 30 provinces (autonomous regions and municipalities directly under the central government) panel data, from the "digital industrialization" and "industrial digitization" two dimensions to build index system of digital economy and uses principal component analysis to reduce dimension. In addition, we measure total factor productivity basing on the DEA method, and then through the empirical analysis to explore the digital economy development level and the relationship between the total factor and heterogeneity of the digital economy. Further, we build Spatial Durbin Model to explore the digital economy in total factor productivity and its transmission path space effect. The results show that: on the whole, the high-level development of digital economy has a promotion effect on total factor productivity, and the higher the development level of digital economy is, the more obvious the promotion effect of digital economy is, and from the regional point of view, this promotion effect is more obvious in the northern region than in the southern region. In addition, digital economy has spatial spillover effect. Not only is the development of digital economy in the region conducive to the improvement of total factor productivity

in the region, but the development of digital economy in neighboring regions will also have a favorable influence on the improvement of total factor productivity in the region. At the same time, the development of digital economy will not only promote the level of human capital and industrial structure upgrading in this region, but also help to improve the level of human capital and industrial structure upgrading in other regions. Finally, according to the research conclusions, the following suggestions are put forward. On the one hand, we should vigorously develop the information interconnection industry, encourage the digital collaborative transformation of enterprises and improve the development of digital economy to drive the total factor productivity. On the other hand, we should strengthen the cooperation between regions and realize the coordinated development of regional economy.

Key words: Digital Economy; Total Factor Productivity; Spatial Durbin Model; Principal Component Analysis

一、引言与文献述评

为抓住新一轮技术革命和产业变革这一重大机遇,世界各国正致力于转变经济社会发展模式,提升全要素生产率。依靠信息技术和数字基础架构的数字经济,以其高技术性、高成长性、高融合性、高协调性等特征和巨大的经济价值吸引了各国越来越多的关注,数字经济毫无疑问将成为多国高水平合作与竞争的战略领域。疫情期间,在全球经济增速放缓之际,数字经济逆势发展,用创新驱动数字产业和传统产业发展来对冲疫情经济下行。新发展格局下,我国数字经济优势不断显现,其发展已经成为促进中国经济素质发展的重要手段。中国已在 2020 年正式签署了《区域全面经济伙伴关系协定》,将在电子商务和电信服务等数字贸易领域同各成员国高水平合作互惠。作为电商市场规模最大的国家,全球接近一半的电商交易总额都由我国输出,我国巨大的国内市场与人口红利,为发展数字经济创造了有利条件。2020 年,中国的数字经济发展迅速,与大数据、人工智能技术和互联网相关的企业数量逐渐增加^[1]。在中美贸易冲突的背景下,我国继续在数字技术方面进行创新,增加对数字技术的投资力度,为数字经济蓬勃发展创造了机遇,也为我国全要素生产率的提升创造更多可能。

数字经济对全要素生产率的影响是当前的研究热点,有的研究基于不同的视角直接探究了数字经济与全要素生产率之间的相关关系,如李治国,王杰(2021)从企业和城市两个层面来看,认为数字经济发展能够提升企业和城市整体的制造业全要素生产率,其中数字经济可以通过多维度的数据要素优化配置来促进制造业全要素生产率。有的学者也指出全要素生产率可以有效衡量技术创新,数字经济的发展可以带来技术创新,对全要素生产率的提升有显著的促进作用(肖国安,张琳,2019)。同时,邱子迅,周亚虹(2021)在研究数字经济与地区全要素生产率关系时,基于国家级大数据综合实验区这一准自然实验发现:大数据综合实验区的建立可以通过纯技术进步发挥主导作用来提高全要素生产率。

与传统经济不同，数字经济以数字化的信息和知识作为关键生产要素，其要素具有高流动、低成本、可复制等特点，这就使得数字经济可以超越地域的限制，打破空间上的束缚，由此，越来越多的数字化产业和与数字经济融合的传统产业能够实现跨地区、跨行业、跨技术的信息共享与合作。基于数字经济要素所具备的特征，数字经济对全要素生产率可能存在跨地区的影响。然而，当前对数字经济与全要素生产率相关关系的研究大多未考虑数字经济的空间效应，忽视这一效应可能会对研究结果产生影响。所以深入探究数字经济对全要素生产率的空间效应是有必要的，这能够为加快打造全要素生产率提升的新动能、促进我国经济发展提供坚实的理论基础，故本文重点从空间角度探究数字经济对全要素生产率的影响。

此外，国内有学者发现数字经济发展能通过促进科技创新最终促使产业结构不断优化升级（崔艺瑄，熊晓轶，2021）；范晓莉，李秋芳（2021）也通过理论分析得出数字经济是助推产业结构实现转型升级的关键力量。同时，由于人力资本和产业结构升级是影响全要素生产率的主要途径，故有研究发现数字经济可以通过促进人力资本的提升和产业结构升级从而提高全要素生产率（杨慧梅，江璐，2021）。同时，有学者从空间角度研究数字经济，发现数字经济对人力资本和产业结构升级存在空间效应，如陈堂，陈光（2021）基于静态和动态空间面板模型，通过实证分析验证了数字化转型对产业结构升级的空间依赖。故本文进一步探究数字经济对全要素生产率传导路径的空间效应。

然而，目前对于数字经济的测算仍是亟待解决的难点。纵观国内外对数字经济核算的研究，对于数字经济测度的研究内容和研究成果不尽相同。这种差异主要在于，对数字经济的概念未准确界定，对数字经济的统计范围和统计分类有待清晰划分，以及数字经济测度方法有待深入。由于数字经济发展与信息技术紧密相连，呈现动态发展特征，使得对于数字经济内涵的界定比较困难。许宪春和张

美慧（2020）指出国际上对于数字经济的理解存在狭义与广义的差别，各国对于数字经济内涵的诠释不一致。由此，各国政府统计机构以及学者对数字经济的统计范围和统计分类存在差异，数字经济测算方法选择各不相同。在国外，美国经济分析局（BEA）在界定数字经济统计范围的基础上，利用供给使用表对美国数字经济增加值和总产出等规模进行了测算研究（BEA，2019）。在国内，有学者在对数字经济的统计范围进行界定的基础上，以《国民经济行业分类》为依据对中国数字经济进行产业划分（许宪春和张美慧，2020）；国内也有学者聚焦重点领域，围绕数字产业的基础设施、应用和变革这三个方面来构建指标体系，并且运用熵值法和指数法进行测算（张雪玲和吴恬恬，2019）。总体来看，国际上关于数字经济发展的内涵、测算范围和测算方法未达成一致，对数字经济发展的测算结果仍存在一定的差异。国内对于数字经济核算主要基于数字经济的内涵或中国数字经济发展自身特征选取指标，故本文从数字经济发展的两大典型特征出发，即数字产业化和产业数字化两个方面，基于数字经济的行业范畴，采用层次结构的方法，分级选取相关指标。

二、数据、指标与模型

（一）数字经济发展指标体系构建

根据相关资料，我国数字经济体量不断扩大，对我国总体经济的贡献也在不断增长，占 GDP 的 36.2%，其份额同比增长 1.4%。在国民经济体系中，数字经济的地位越来越重要。随着我国数字产业化的稳步前进和蓬勃发展，数字经济的基础结构和内部结构也在得到持续、有效的改善和完备。我国数字产业的发展可以反映在产品产量、产业规模及发展状况以及网络基础设施等方面。随着我国各传统产业的产业数字化朝着更好、更广、更深的方向推进，单点应用转型也逐渐演变为连续协同转型，我国的数字经济正渗透进经济和社会的各个领域：工业、农业和服务业的数字化发展迅速，数字技术不断集成到传统的制造业、零售业、

餐饮业、金融业、医药业、教育行业和交通运输业。

综上所述，本文根据我国数字经济发展的现状，在省（自治区、直辖市）层面的基础上，从“数字产业化”和“产业数字化”这两个数字经济的主要特征出发，建立反映我国数字经济发展水平的指标体系。其中，“数字产业化”可以大致分为三个方面：电信业，软件和信息服务业，电子信息制造业；“产业数字化”主要从工业、农业和第三产业角度，同时考虑基建投资和数字化人才。各具体指标以及来源见表 1。

表 1 数字经济发展水平指标体系

目标	一级指标	二级指标	变量选取	数据来源	
数字经济 发展水平	数字产业化	电子信息 制造业规 模及主要 产品产量	通信设备、计算机及其他电子设备制造业主营业务收入	中国工业经济统计年鉴	
			移动通信手持机产量 集成电路产量 微型计算机设备产量	国家统计局	
			电信业务总量 移动电话年末用户 互联网宽带接入端口 移动电话交换机容量 长途光缆线路长度		
		软件和信 息服务业 规模、互 联网和相 关服务业 规模及发 展状况	软件业务收入 企业个数	中国电子信息产业统计 年鉴	
			信息传输、计算机服务和软件业从业人员数	中国城市统计年鉴	
	产业数字化	工业	工业增加值 国内专利申请授权量(项)与规模以上工业企业 R&D 人员 全时当量(人/年)的比值 规模以上工业企业新产品销售收入(万元)与其主营业务 收入(亿元)的比值	国家统计局	
			规模以上工业企业技术改造经费	中国科技统计年鉴	
		农业	农林牧渔业增加值 农村用电量	国家统计局	
		第三产业	第三产业增加值 原保险保费收入 艺术表演团体机构数 互联网上网人数 社会消费品零售总额 快递量 城镇居民家庭人均交通通信消费支出 城镇居民家庭人均文教娱乐服务消费支出		
			基建投资		水利、环境和公共设施管理业全社会固定资产投资 卫生、社会保障和社会福利业全社会固定资产投资 电力、燃气及水的生产和供应业全社会固定资产投资 交通运输、仓储和邮政业全社会固定资产投资 信息传输、计算机服务和软件业全社会固定资产投资
			数字化人 才		普通高等学校数 高等学校普通本、专科授予学位数

（二）基于 DEA 方法的全要素生产率测度

本文使用 DEA 方法来测算各地区的全要素生产率。通过运用 DEAP 软件，利用 DEA 模型中的 Malmquist 指数进行测算，其中，决策单元为 30 个省（自治区、直辖市），将各地区以 2004 年为基期的实际 GDP 作为产出变量；投入变量可以用资本与劳动之和表示，由于我国尚无直接公布的资本存量数据，所以本文借鉴张军等（2004）的方法，将劳动采用各省（自治区、直辖市）的就业人员数来度量；资本用资本存量度量，通过运用永续盘存法，以 2004 年的实际固定资产形成总额作为初始资本存量，以各年的实际固定资产形成总额作为当年投资额 I ，折旧率为 δ ，进而推算出每年的资本存量。其中折旧率 δ 的设定除了计算得出以外，大部分研究会采用估计的方法给出一个合理的折旧率，本文参照张军等（2004）的结果，估计折旧率 δ 为 9.6%，从而对资本存量进行推算。

（三）数据说明

本文样本数据选自 2004-2019 年我国 30 个省（自治区、直辖市），其中不包括中国的港、澳、台地区；同时在选取样本数据时，因西藏地区数据缺失严重，故本文不考虑西藏地区。其中对于一些变量¹，某些省（自治区、直辖市）存在部分年份的数据缺失，所以本文均采用年均增长率予以推算。

1. 数字经济发展水平（*digital*）的数据处理与测算

基于建立的数字经济发展水平指标体系，采用主成分分析法降维，最后得出的结果通过标准化得到数字经济发展水平 *digital*。

首先，运用 SPSS 软件将相关指标标准化，然后通过主成分分析法将多个指标转换为 7 个主成分以计算数字经济的发展水平，同时进行 KMO 和 Bartlett 检验。测试结果如下：KMO 值为 0.91， P 值小于 0.01，因此原始变量适用于主成分分析法。其次对主成分分析的结果进行 Min-Max 标准处理，使各省（自治

¹ 移动通信手持机产量、集成电路产量、微型计算机设备产量、互联网宽带接入端口、高等学校普通本、专科授予学位数、企业个数、软件业务收入、人均受教育年限、就业人员数、互联网上网人数、金融机构人民币各项贷款余额在某些省（自治区、直辖市）的某些年份存在部分数据缺失

区、直辖市)各年份的数字经济发展水平能更直观地比较,最后标准化的结果介于 0~1 之间,标准化公式见式(1)。

$$digital_{it} = \frac{odigital_{it} - odigital_{\min}}{odigital_{\max} - odigital_{\min}} \quad (1)$$

其中, $digital_{it}$ 和 $odigital_{it}$ 分别表示已标准化和未标准化的数字经济发展水平, $odigital_{\min}$ 和 $odigital_{\max}$ 表示所有省(自治区、直辖市)所有年份未标准化的数字经济发展水平的最大值和最小值, i 表示省(自治区、直辖市), t 表示年份。

2.控制变量 X_{it} 的选取

通过参考其他研究,本文最终选取了 9 个控制变量:

教育水平 edu : 用人均受教育年限来表示,并且计算得到部分数据。大部分研究表明教育作为地区内的公共物品会对全要素生产率的提高具有影响,故本文引入教育水平 edu 。

科技发展水平 $tech$: 以技术市场成交额表示,随着工业革命的发展,科学技术迅速发展,推动了全要素生产率的提升,故本文引入科技发展水平 $tech$ 。

金融发展水平 fin : 以金融机构人民币各项贷款余额占地区 GDP 的百分比表示。

财政支出 $fiscal$: 以地方政府一般预算支出占地方 GDP 的百分比来衡量。

城镇化水平 $urban$: 用年末城镇人口占年末常住人口的百分比表示。

人口密度 $popud$: 采用城市人口密度衡量。

人均道路面积 $road$: 采用人均城市道路面积衡量。

对外开放程度 $open$: 用进出口总额占地区 GDP 的百分比表示。

外商投资额 fdi : 以外商投资企业的投资总额计量。

(四) 数字经济发展水平与全要素生产率的回归模型

1.数字经济发展水平与全要素生产率的 OLS 回归模型设计

根据对已有文献中数字经济发展水平和全要素生产率关系的研究,提出假设:
数字经济发展水平对全要素生产率有正向影响。并初步建立基本模型如下:

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

其中 i 表示省(自治区、直辖市) ($i=1,2,\dots,30$), t 表示年份 ($t=1,2,\dots,16$); tfp_{it} 表示全要素生产率, $digital_{it}$ 表示数字经济发展水平, β 是反映数字经济的回归系数; X_{it} 是一组控制变量², γ 是一组控制变量的回归系数。本文还考虑到现实实际中可能存在一些不可观测的会对全要素生产率产生影响的因素,其中一些因素会在时间维度上变化,而不会由于省(自治区、直辖市)的差异而变化,因此在模型设计中考虑加入时间固定效应 δ_t 控制。此外,某些因素因省(自治区、直辖市)的差异而不同,而不随时间改变,本文又考虑加入个体固定效应 θ_p 来控制,这两个变量的加入在一定程度上可以避免不可测因素造成的结果偏差。 ε_{it} 表示随机扰动项。

为了减少共线性和异方差,使面板数据稳定,同时明确变量间的变化弹性系数,本文对变量进行对数化处理,模型进一步改进为:

$$\ln(tfp_{it}) = \alpha + \beta \ln(digital_{it}) + \gamma \ln(X_{it}) + \delta_t + \theta_p + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

其中, $\ln(\cdot)$ 表示对数化,其他变量含义同式(2)。

近年来,国家政策支持区域经济联合发展,其目的是实现区域互利共赢的交互式联合经济发展,这说明一个地区的经济发展水平高低不仅仅由于本地区的因素作用,还受到邻近地区经济因素的影响。而数字经济主要是利用数字化的知识和信息来推动生产力的发展,其不受地理距离的限制而形成跨区域的联动。所以本文在对数字经济发展水平与全要素生产率进行 OLS 回归的基础上,再从空间的角度探究数字经济跨区域对全要素生产率的影响。

² 控制变量为教育水平 *edu*、科技发展水平 *tech*、金融发展水平 *fin*、财政支出 *fiscal*、城镇化水平 *urban*、人口密度 *popud*、人均道路面积 *road*、对外开放程度 *open* 和外商投资额 *fdi*

2.空间权重矩阵的构建

① 构建全样本空间权重矩阵，进行全局的 Moran's I 双边检验。由于各地区的经济发展具有一定的区域相关性，忽略经济变量对实体空间依赖性的影响可能对结果造成一定的误差，所以本文以省（自治区、直辖市）间人均实际 GDP 差值作为经济变量，生成经济距离的空间权重矩阵 W_1 。当两个地区的人均实际 GDP 差值越小，则证明二者的经济发展水平相近，二者之间的空间权重系数就越大。其中 W_1 是具有时间和空间双维度的全样本空间权重矩阵，即 480×480 的分块矩阵。在 W_1 的基础上，对各省（自治区、直辖市）的全要素生产率进行全局的 Moran's I 双边检验，得出检验结果如表 2。*digital* 的莫兰指数为 $0.437 > 0$ ，设 $\alpha = 0.01$ ， P 值为 0.008 ，由此可以看出全要素生产率具有较强的正向空间自相关性，且在 1% 水平下显著，这说明一个地区的全要素生产率可能会受到其他地区全要素生产率的影响。根据以上结果，可以进一步对数字经济发展水平与全要素生产率进行空间效应的回归分析。

表 2 全要素生产率全局 Moran's I 双边检验结果

变量	I	$E(I)$	$sd(I)$	z	P 值
<i>tfp</i>	0.437	-0.002	0.030	2.658	0.008

② 本文参考李婧等（2010）的方法，以 2004-2019 年各省（自治区、直辖市）人均实际 GDP 的年平均值之间的差值作为经济变量，构建经济距离的空间权重矩阵 W_2 ，其中， W_2 是在空间维度上的空间权重矩阵，即 30×30 的矩阵， W_2 用作后期的空间杜宾模型回归分析。

3.数字经济发展水平对全要素生产率的空间效应回归模型设计

大部分前人的研究结果表明数字经济的发展可能可以促进全要素生产率的提高，同时由于全要素生产率具有一定的正向空间自相关性，本文再次提出假设：本地区的全要素生产率会受到邻近地区数字经济发展水平的影响。在本文中，我

们参考 LeSage 和 Pace（2009）建立了如下空间杜宾模型（SDM）：

$$\ln(tfp_{it}) = \alpha + \rho W_2 \ln(tfp_{it}) + \beta \ln(digital_{it}) + \eta W_2 \ln(digital_{it}) + \gamma \ln(X_{it}) + \delta_t + \theta_p + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中 W_2 为经济距离的空间权重矩阵； $W_2 \ln(tfp_{it})$ 和 $W_2 \ln(digital_{it})$ 是空间滞后项； ρ 为空间自回归系数；其他变量与式（3）中相同。

4. 数字经济发展水平对全要素生产率传导路径的空间效应回归模型设计

刘志超（2019）在研究中表明科学技术的发展是推动生产力发展的关键力量，技术进步对全要素生产率的提高有重要作用。并且，从本质上看，全要素生产率其实是一种资源配置效率^[20]。本部分立足于技术研发与教育经费投入和效率改善对全要素生产率的决定机制，探究数字经济发展与全要素生产率的传导路径之间的关系。

① 人力资本水平。人力资本是经济发展的目标和推动力。西奥多·舒尔茨 (Theodore W.Schultz) 指出人力资本包括劳动力所具备的知识、能力、技术等一系列属性。高文书（2021）提出，现阶段，随着数字经济的快速发展，技术更新变革的速度在提高，对于信息技术相关的资源配置的要求也在不断提高，这就使得全社会对高技能劳动力尤其是复合型人才的需求越来越多。在这一形势下，人力资本投资的持续性将更加突出。由此，不仅各种投入要素的使用效率会得到改善，创新活力也将得到激发，新产品、新工艺、新技术的开发和使用将推动技术进步。从这一意义上讲，数字经济引致的人力资本投资增加，将有助于提高全要素生产率。

② 产业结构升级。资源的重新配置驱动了各生产要素向高增长行业流动并促进了产业链延伸，它还提高了元素分配效率，并加快了技术变革从而使全要素生产率在一定程度上有所提高，而资源的重新配置则来自产业结构优化。当前，数字经济成为经济发展的重要推动力，不断推动着产业结构的优化与升级。

在全要素生产率的空间自相关性和数字经济发展过程中表现出地域典型化的基础上，将全要素生产率的主要影响途径分为人力资本水平和产业结构升级。同样，为了检验人力资本水平和产业结构升级是否有空间自相关性，在 W_1 的基础上，对二者分别进行全局的 Moran's I 双边检验，检验结果如表 3。结果表明：*huca* 的莫兰指数为 0.654，*inst* 的莫兰指数为 0.479，二者的 Moran's I 均大于 0，*P* 值均为 0.000，说明人力资本水平和产业结构升级均具有较强的正向空间自相关性，且结果显著，由此可以看出一个地区的人力资本水平和产业结构升级均会受到其他地区人力资本水平和产业结构升级的影响。

表 3 人力资本水平、产业结构升级全局 Moran's I 双边检验结果

变量	<i>I</i>	<i>E(I)</i>	<i>sd(I)</i>	<i>z</i>	<i>P</i> 值
<i>huca</i>	0.654	-0.002	0.030	21.546	0.000
<i>inst</i>	0.479	-0.002	0.030	15.831	0.000

基于以上莫兰检验结果和数字经济对全要素生产率的影响研究，本文再次提出研究假设：邻近地区的数字经济发展水平会对本地区的人力资本水平和产业结构升级产生作用，从而影响本地区的全要素生产率。由此，再对数字经济与全要素生产率传导机制的空间效应构建如下空间杜宾模型：

$$\ln(huca_{it}) = \alpha + \rho W_2 \ln(huca_{it}) + \beta \ln(digital_{it}) + \eta W_2 \ln(digital_{it}) + \gamma \ln(X_{it}) + \delta_t + \theta_p + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$\ln(inst_{it}) = \alpha + \rho W_2 \ln(inst_{it}) + \beta \ln(digital_{it}) + \eta W_2 \ln(digital_{it}) + \gamma \ln(X_{it}) + \delta_t + \theta_p + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中，*huca_{it}* 是人力资本水平,用教育经费占地区 GDP 的比重表示，*inst_{it}* 表示产业结构升级，用第三产业增加值占地区 GDP 的比重衡量,数据均来自国家统计局。未提及的其他变量的含义与式（3）一致。

三、实证分析

（一）描述性统计分析

1.区域数字经济发展水平

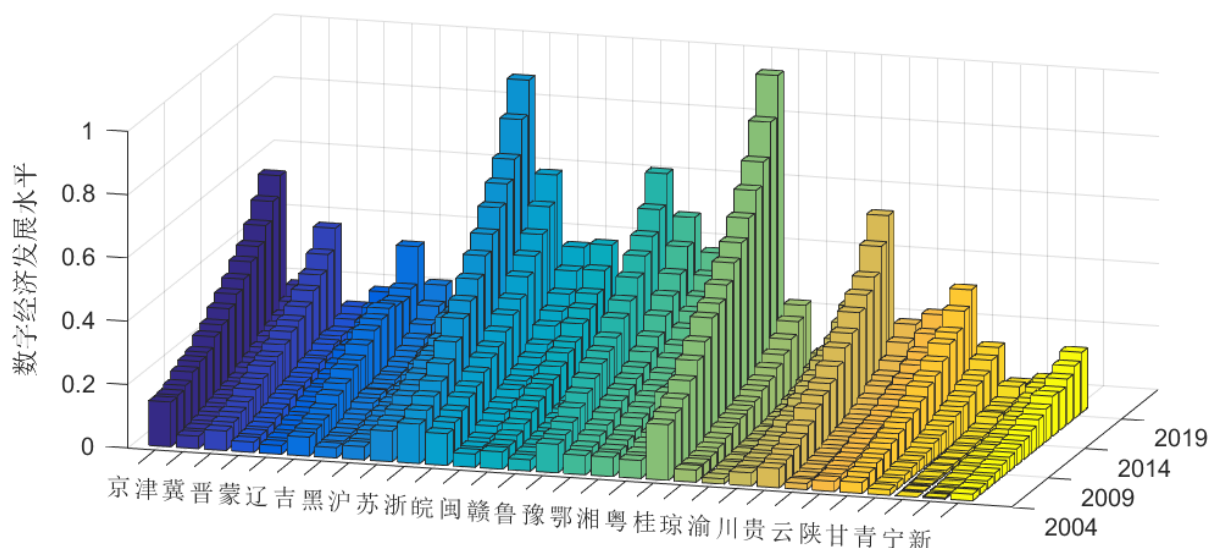


图 1 2004-2019 年各省区市数字经济发展水平

在对数字经济发展水平进行测算后，绘制如图 1 所示的 2004-2019 年各省（自治区、直辖市）数字经济发展水平的三维立体图，三个维度分别为：省（自治区、直辖市），年份和数字经济发展水平，其中，省（自治区、直辖市）采用各省区市的简称表示。图 1 显示：从 2004 到 2019 年，我国数字经济发展水平整体呈上升趋势，但发展效率有待提升；西北、西南地区发展较为缓慢，华中、华南地区稳步发展，华东、华北及东北地区发展最迅速。就省份而言，截至 2019 年，青海省和宁夏回族自治区数字经济发展最为缓慢；安徽、河北、上海、湖北、福建的数字经济稳步高效发展，到 2019 年保持在 0.416-0.429；江苏、广东两省发展最为迅猛，数字经济发展水平均超过 0.5，尤其是广东省的数字经济发展水平在 2019 年达到了峰值 1，表现出优秀的数字经济发展态势。

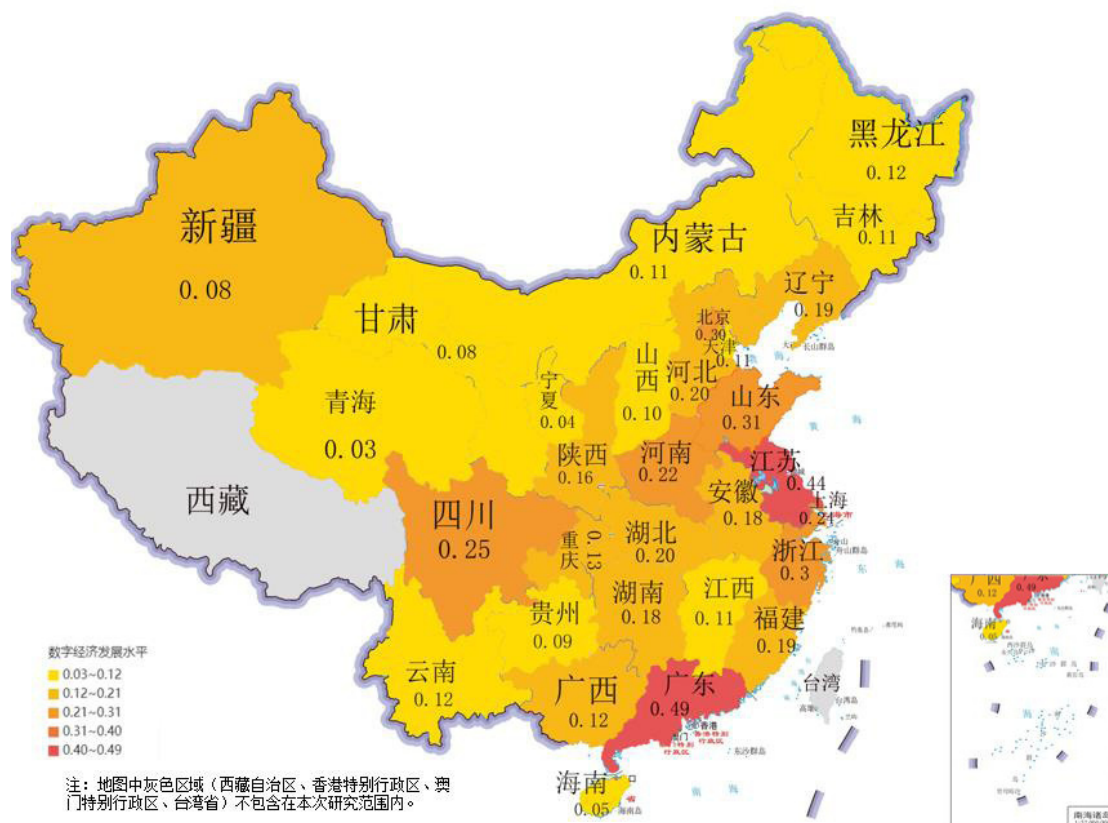


图 2 2004-2019 年各省区市年均数字经济发展水平地图

进一步地，我们从地区截面角度绘制了如图 2 所示的 2004-2019 年各省（自治区、直辖市）的年均数字经济发展水平地图，按照各省（自治区、直辖市）年均数字经济发展水平划分了五个等级（如图 2 左下角所示）。2004-2019 年全国的年均数字经济发展水平为 0.174，共有 14 个省（直辖市、自治区）在平均水平之上，其中，广东和江苏的数字经济发展水平依次位列前两名，均超过了 0.4；其次，山东、浙江、四川、北京、上海的年均数字经济发展水平在 0.241 到 0.300 之间；福建、湖北、河北、安徽、湖南和辽宁的年均数字经济发展水平略高于平均值，在 0.177-0.196 之间；陕西、重庆、广西、云南和黑龙江等 9 个省（自治区、直辖市）的年均数字经济发展水平介于 0.107-0.157 之间；山西、贵州、新疆、甘肃、海南、宁夏和青海地区的年均数字经济发展水平则低于 0.1。

整体来看，中国数字经济发展水平呈现出南高北低、东高西低的态势，东部沿海城市如广东、江苏、福建等，数字经济发展水平位居首列，西北地区如青海、

宁夏、新疆，数字经济发展水平较差。

2.区域全要素生产率水平

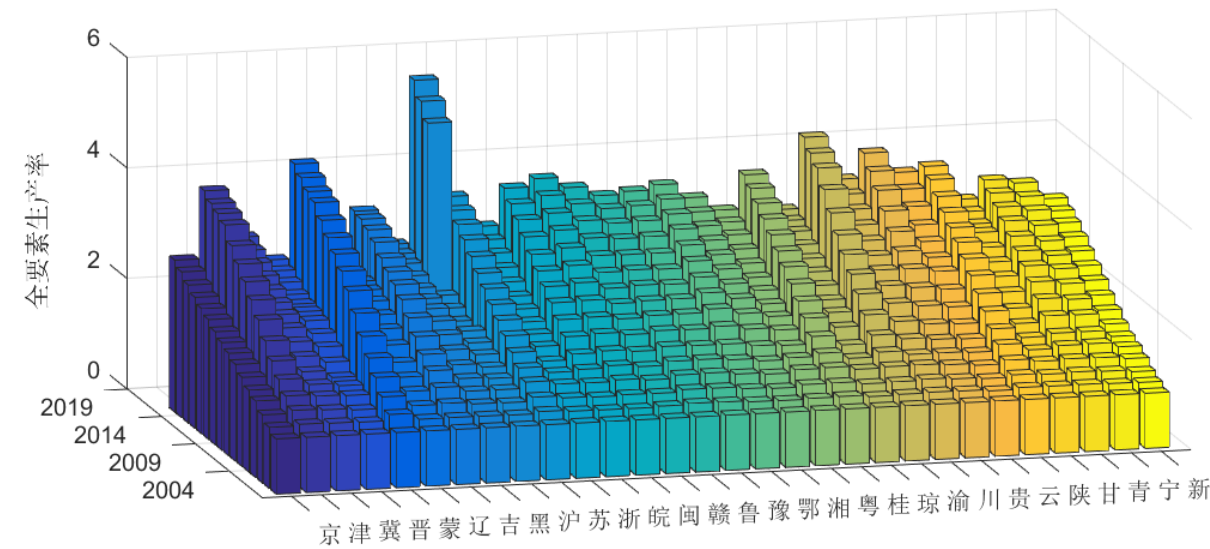


图 3 2004-2019 年各省区市全要素生产率

测算全要素生产率（ tfp ）后，我们首先绘制了如图 3 所示的 2004-2019 年各省（自治区、直辖市）全要素生产率水平的三维立体图，三个维度分别为：省（自治区、直辖市），年份和全要素生产率，其中，省（自治区、直辖市）采用各省区市的简称表示。可以直观地看出，2004-2019 年全国的全要素生产率整体稳步增长，天津、内蒙古、上海、重庆增长迅速，上海更是独占鳌头，2016-2017 年全要素生产率翻了两番并在 2017 年突破了 5，名列全国第一。其他地区对资源的利用效率也较高，表现为全要素生产率逐年增长并且趋势良好。

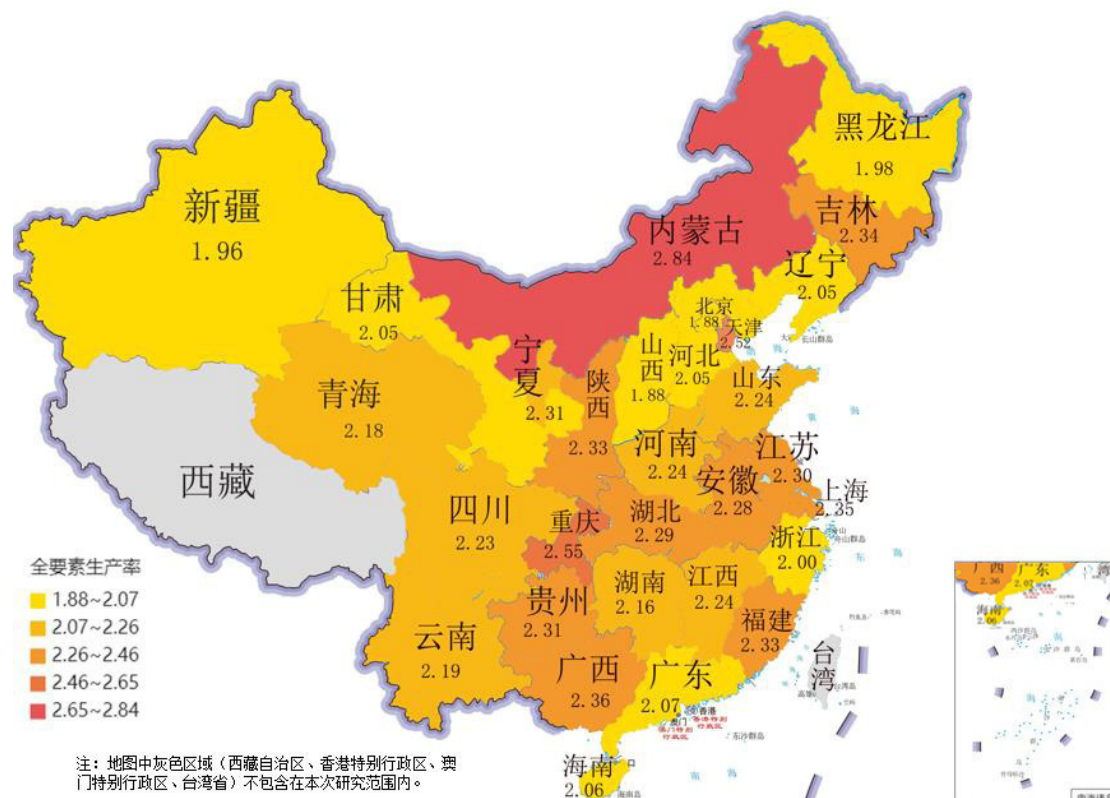


图 4 2004-2019 年各省区市年均全要素生产率地图

进一步地，我们从区域截面角度绘制了如图 4 所示的 2004-2019 年各省（自治区、直辖市）的年均全要素生产率地图，按照各省（自治区、直辖市）全要素生产率水平划分了五个等级（如图 4 左下角所示）。内蒙古处于第一梯队，年均全要素生产率最高，为 2.84；天津和重庆属于第二梯队，年均全要素生产率较高；吉林、湖北、上海、福建等 8 个东部及沿海地区年均全要素生产率在 2.26-2.46 之间，处于第三梯队；而青海、四川、云南、宁夏等部分西部地区的年均全要素生产率略低于均值 2.214，新疆、黑龙江、辽宁等北部地区及浙江、广东、海南的年均全要素生产率则在 1.88-2.17 之间，远低于最高值 2.84。

总体来说，中部及沿海地区大多数省（自治区、直辖市）的年均全要素生产率水平高，东部和南部部分地区年均全要素生产率水平较高，而西北地区，除去内蒙古外，各省（直辖市、自治区）的年均全要素生产率水平均处于较低水平。

3.区域数字经济发展水平与全要素生产率的统计关系

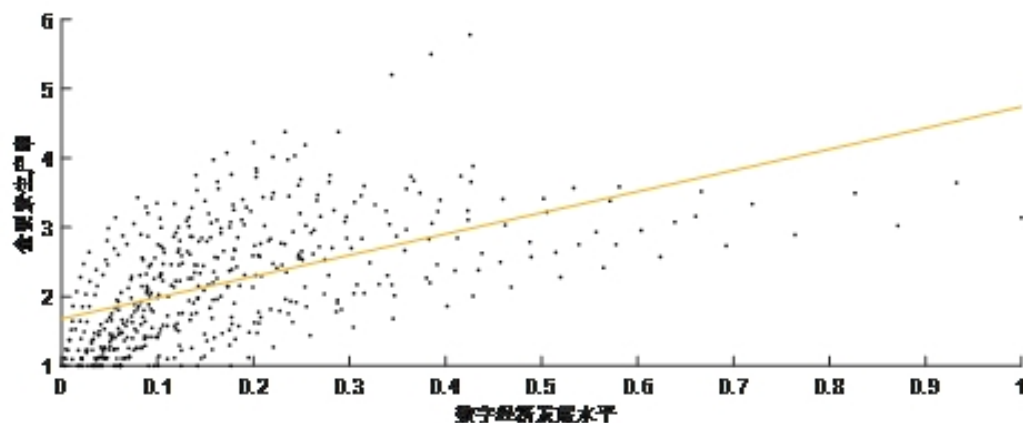


图 5 数字经济发展水平与全要素生产率关系散点图

本部分基于各地区数字经济发展水平和全要素生产率的测算结果，绘制了如上图所示的数字经济发展水平与全要素生产率的散点图及拟合曲线。由图 5 可以看出，数字经济发展水平与全要素生产率之间呈正相关性，这表明各地区数字经济发展水平的提高可以促进全要素生产率的提升。为了进一步探究两者之间的关系是否可靠，将在下文进行更严格的实证检验与分析。

（二）数字经济发展水平对全要素生产率的影响分析

1.数字经济发展水平与全要素生产率的相关关系

在前期建立的模型式（3）基础上，进行 OLS 回归分析，探究数字经济发展水平与全要素生产率的关系，回归结果见表 4。首先未考虑控制变量、时间固定效应和个体固定效应，对数字经济发展水平与全要素生产率进行第一次回归，结果见表 4 第（1）列，数字经济发展水平的回归系数为 2.476，在 1%的显著性水平下显著，可以初步判断，数字经济发展水平与全要素生产率之间存在正相关关系。然而，除 *digital* 外，存在控制变量可能会对全要素生产率产生影响，本文选取上文所提及的控制变量，在未考虑时间固定效应和个体固定效应的基础上进行第二次回归，结果显示数字经济发展水平的回归系数为 2.273，在 1%的显著性水

平上显著，可以再次判断，其与全要素生产率之间仍存在正相关关系。进一步思考，因为在现实中存在一些不可观测的因素会影响全要素生产率，如经济周期变动、不同省份之间的地理位置差异、经济结构差异等，因此，本文将模型中不可观测的因素效应，即时间固定效应和个体固定效应纳入模型，并对模型的发展水平进行了研究，第三次回归结果显示数字经济发展水平的回归系数为 1.889。数字经济发展水平对全要素生产率仍存在显著的正向影响，这说明地区数字经济发展水平的变动会给该地区带来影响，且从平均而言，地区数字经济发展水平每提高 1 个百分点，全要素生产率可能会增加 1.889 个百分点。

表 4 OLS 回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
<i>digital</i>	2.476*** (0.014)	2.273*** (0.022)	1.889*** (0.016)
控制变量	否	是	是
时间固定效应	否	否	是
个体固定效应	否	否	是
<i>R-squared</i>	0.498	0.676	0.774
<i>N</i>	480	480	480

注：*、**、***各代表 10%、5%、1%的显著性水平,括号内是标准误。（下同）

2.数字经济异质性分析

区域发展特征的差异可能是数字经济对全要素生产率产生效应差异的因素之一。因此，本文再从数字经济发展水平和区域位置这两个差异考虑，基于这两个层面做分组回归分析，探究其异质性影响。

①数字经济发展水平差异

在此次研究中，通过借助中位数将数字经济按照水平高低划分为两类，即分为数字经济发展水平高和 low 两组：数字经济发展水平高于相应年份的中位数水平

即为高水平地区，低于相应年份的中位数水平即为低水平地区。分别进行回归分析，如表 5 前两列所示：在数字经济高水平地区和低水平地区，数字经济发展水平都与全要素生产率有显著的正相关关系，但高水平和低水平地区回归系数分别为 2.476 和 2.267，系数大小存在差异，即数字经济发展水平较高的地区对全要素生产率的促进作用更大。

② 区域位置差异

当前，我国南北方地区之间的经济差异成为一个热门话题，故本文将样本划分为南、北方地区，分别进行回归分析，如表 5 后两列结果所示：南、北地区数字经济发展水平与全要素生产率之间存在正相关关系，且结果显著。其中，北方地区回归系数为 2.442，南方地区回归系数为 2.272，系数差异较小。北方地区的数字经济在提高全要素生产率中扮演者重要的角色，但是南部和北部地区的数字经济作用差异较小。

表 5 分组回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	高水平地区	低水平地区	北方地区	南方地区
<i>digital</i>	2.476** (0.017)	2.267** (0.098)	2.442** (0.012)	2.272** (0.076)
控制变量	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是
<i>R-squared</i>	0.850	0.891	0.849	0.820
<i>N</i>	480	480	480	480

3.数字经济发展水平对全要素生产率的空间效应分析

对于空间效应的研究，一般依靠总效应、间接效应和直接效应来判断。间接效应又可称为空间溢出效应，表示除本地区外其他地区的解释变量对本地区的被解释变量的影响；直接效应表示本地区的解释变量对本地区被解释变量的影响。

一般来说，总效应可以分为直接效应与间接效应，即 $TE=DE+IE$ ，可以理解为本地区的数字经济发展对邻近地区全要素生产率的平均影响。因此，为了使结果更可靠，本部分主要基于空间杜宾模型（SDM），从总效应、直接效应和间接效应三个方面对数字经济发展水平与全要素生产率的关系做出研究分析，回归结果如表 6。

表 6 数字经济发展对全要素生产率的空间回归结果

变量	直接效应	间接效应	总效应
<i>digital</i>	1.892*** (0.012)	0.007* (0.044)	1.899*** (0.049)
控制变量	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
个体固定效应	是	是	是
<i>R-squared</i>	0.8951	0.8951	0.8951
<i>N</i>	480	480	480

模型采用时间和个体双固定的空间杜宾模型，结果表明： $R^2 = 0.8951$ ， $Log-likelihood = -1.750e+04$ ，模型拟合良好，结果可靠。直接效应、间接效应和总效应系数均为正，表明本地区和邻近地区的数字经济发展都会对本地区的全要素生产率有促进作用。从总体上看，一个地区的数字经济发展会提高本地区的全要素生产率，同时数字经济有一定的空间溢出效应，但影响效果相比直接效应较小。

4.数字经济发展对全要素生产率传导路径的空间效应分析

基于全要素生产率的空间自相关性和数字经济发展的地域典型化特征，本文进一步探讨数字经济对全要素生产率的传导路径的空间效应。从本质上看，全要素生产率的提升是社会各种资源的配置效率的不断改善，技术进步也对全要素生产率的提升起着不容忽视的作用。在技术进步和效率改善对全要素生产率的决定

机制下，本文从人力资本和产业结构两个视角来探究数字经济发展与全要素生产率的传导路径关系。

在前期建立的模型式（5）、式（6）的基础上，分别进行空间效应回归分析。从表 7 可以看出，无论是对人力资本水平，还是产业结构升级，数字经济的直接效应、间接效应、总效应都有显著的正向影响，这表明本地区和邻近地区的数字经济发展都会对改善本地区的人力资本水平和产业结构升级具有积极作用。本地区和邻近地区的人力资本水平和产业结构升级均与数字经济的发展呈正相关。比较人力资本水平和产业结构升级，从总效应和直接效应来看，数字经济对产业结构升级的影响大于对人力资本水平的影响，但数字经济对人力资本水平的间接效应（空间溢出效应）要大于对产业结构升级的间接效应（空间溢出效应）影响。此外，对于人力资本水平而言，数字经济的间接效应要大于直接效应；对于产业结构升级而言，数字经济的直接效应要大于间接效应。要根据以上对传导路径的分析可以得出，人力资本和产业结构是数字经济影响全要素生产率的两个渠道，数字经济对产业结构的总效应影响比直接效应影响更大，但数字经济对人力资本的空间溢出效应更大。

表 7 数字经济对全要素生产率传导路径的空间回归结果

变量	<i>huca</i>			<i>inst</i>		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
<i>digital</i>	0.043*** (0.017)	0.195*** (0.064)	0.238*** (0.073)	0.495*** (0.077)	0.078* (0.220)	0.573** (0.229)
控制变量	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
<i>log-likelihood</i>	1879.611	1879.611	1879.611	1110.623	1110.623	1110.623
<i>N</i>	480	480	480	480	480	480
<i>R-squared</i>	0.351	0.351	0.351	0.394	0.394	0.394

四、结论与建议

（一）研究结论与展望

本文在已有研究的基础上，结合数字经济发展典型特征从两个维度构建数字经济发展指标体系来度量各省份、自治区、直辖市的数字经济发展水平，通过数据包络分析法和永续盘存法等度量各省（市、自治区）全要素生产率，并基于此对数字经济与全要素生产率进行实证分析，依次从总效应、间接效应（空间溢出效应）、传导路径和异质性几个方面研究数字经济发展对全要素生产率的影响，特别是数字经济的区域联动性对其影响作用，得出如下结论：

我国数字经济发展，包括总体数字经济、本地区的数字经济和邻近地区的数字经济，都能够一定程度上推动全要素生产率的提升。此外，数字经济发展存在空间溢出效应，本省（自治区、直辖市）的全要素生产率不仅受到当地数字经济发展的影响，而且还受到邻近省（自治区、直辖市）数字经济发展的影响。研究结果表明，这些影响都表现为二者之间有促进作用。人力资本水平和产业结构升级是邻近地区数字经济空间溢出效应的传导路径，简而言之，邻近地区数字经济的发展通过影响其自身的人力资本投资和产业结构升级，促进本区域全要素生产率的提高。数字经济的迅速发展刺激了邻近地区以及本地区对数字化人才的需求，同时人才流动导致本地区人力资本投资的增加从而对本地区全要素生产率的提升起到促进作用。此外，数字经济在社会的各个领域无处不在并且在增长，全产业链供给链的数字化发展使得传统产业向数字化转型，各地区的数字化治理与地区间的互助合作大大促进了我国数字经济的发展，数字经济的区域联动性不断增强。

（二）政策与建议

本着更好地发展我国数字经济、提高全要素生产率这一初衷，结合本文的分析结果，我们提出以下建议：

第一、在大力发展数字产业的同时，要积极引导中小企业与国有企业协调合作，推动传统企业向数字化转型，以此来促进数字经济发展。此外，各省区市加强地区间经济交流与合作，鼓励数据与其服务的流通与交易，推动大数据交易中心和平台的建立。

第二、提高基建方面的资金投入和政策支持力度，打造数字产业链，同时呼吁资本市场助力企业数字经济的发展并加大投资力度，拓宽企业融资途径，从而促进我国数字经济的发展。

第三、加快全国户籍制度改革进程，合理放宽各省（自治区、直辖市）间以及城乡户口迁移条件，消除各省以及城乡劳动力自由流动的障碍，促进跨地区的人口流动，尤其是数字化人才的流动。此外，鼓励各地区对人才计划的政策改革和人才引进的投资，来促进数字经济发展。

第四、企业保持研发投入稳增长势态，根据企业经营情况以及未来规划，确定合理比例的资金投入用于技术研发和人才引进等；政府通过科技体制改革来提高科研效率，同时出台一些优惠政策来鼓励企业进行转型和技术创新，并引导企业把握数字经济发展的机会。

第五、通过增加对教育的投入、增加接受培训人员的数量、延长受教育年限，以促进教育的平等性、包容性和普惠性来促进教育制度的改革。在加大教育投资的基础上重视高校建设，重视学校数字化课程建设和学生的数字化素质培养，普通高校是当前数字产业的重要人才来源，有助于提升人力资本。

第六、建立自由进入、退出的公平竞争机制，创造优胜劣汰、适者生存的环境，拒绝数字平台垄断市场，将监管与发展有效结合。此外，各省根据本省经济实际情况与产业基础，制定符合本区域特色的政策来监管要素市场。

参考文献

- [1] 赛迪智库数字经济形势分析课题组.2021 年中国数字经济发展形势展望[J].中国工业和信息化,2021(01):38-43.
- [2] 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(04):3-15.
- [3] 康铁祥.数字经济及其核算研究[J].统计与决策,2008(05):19-21.
- [4] 张雪玲,焦月霞.中国数字经济发展指数及其应用初探[J].浙江社会科学,2017(04):32-40+157.
- [5] 王彬燕,田俊峰,程利莎,浩飞龙,韩翰,王士君.中国数字经济空间分异及影响因素[J].地理科学,2018,38(06):859-868.
- [6] 张雪玲,吴恬恬.中国省域数字经济发展空间分化格局研究[J].调研世界,2019(10):34-40.
- [7] 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.
- [8] 洪兴建.数字经济:内涵、核算与评价[J].中国统计,2019(08):49-52.
- [9] 张焱.数字经济、溢出效应与全要素生产率提升[J].贵州社会科学,2021(03):139-145.
- [10] 李婧,谭清美,白俊红.中国区域创新生产的空间计量分析——基于静态与动态空间面板模型的实证研究[J].管理世界,2010(07):43-55+65.
- [11] 李斌,赵新华.中国全要素生产率的估算:1979~2006[J].统计与决策,2009(14):103-105.
- [12] 李平,钟学义,王宏伟,郑世林.中国生产率变化与经济增长源泉:1978~2010 年

- [J].数量经济技术经济研究,2013,30(01):3-21.
- [13] 余泳泽. 中国省际全要素生产率动态空间收敛性研究[J]. 世界经济,2015,38(10):30-55.
- [14] 钟世川,毛艳华.中国全要素生产率的再测算与分解研究——基于多要素技术进步偏向的视角[J].经济评论,2017(01):3-14.
- [15] 余泳泽.异质性视角下中国省际全要素生产率再估算:1978—2012[J].经济学(季刊),2017,16(03):1051-1072.
- [16] 罗能生,曾克强.社会资本、区域差异与全要素生产率——基于 DEA 方法的实证研究[J].河南师范大学学报(哲学社会科学版),2018,45(01):29-37.
- [17] 李英杰,韩平.数字经济发展对我国产业结构优化升级的影响——基于省级面板数据的实证分析[J].商业经济研究,2021(06):183-188.
- [18] 段平方,郭俊茂.数字经济对我国流通业发展的异质性影响——基于地级市数据的实证检验[J].商业经济研究,2021(06):15-19.
- [19] 邱子迅,周亚虹.数字经济发展与地区全要素生产率——基于国家级大数据综合试验区的分析[J/OL].财究研究,2021.
- [20] 刘志超.从全要素生产率视角浅谈中国经济高质量发展[J].经济研究导刊,2019(32):5-7+13.
- [21] 刘志超.以提高全要素生产率推动高质量发展[J].奋斗,2020(21):28-29.
- [22] 高文书.数字经济的人力资本需求特征研究[J].贵州社会科学,2021(03):114-120.
- [23] 肖国安,张琳.数字经济发展对中国区域全要素生产率的影响研究[J].合肥工业大学学报(社会科学版),2019,33(05):6-12.
- [24] James LeSage, Robert Kelley Pace. Introduction to Spatial Econometrics[M].CRC Press:2009-01-20.

- [25] 许宪春,张美慧.中国数字经济规模测算研究——基于国际比较的视角[J].中国工业经济,2020(05):23-41.
- [26] BEA. Measuring the Digital Economy: An Update Incorporating Data from the 2018 Comprehensive Update of the Industry Economic Accounts[EB/OL].https://www.bea.gov/system/files/2019-04/digital-economy-report-updateApril-2019_1.pdf,2019.
- [27] 崔艺瑄,熊晓轶.数字经济发展对我国产业结构优化升级的影响研究[J].商业经济研究,2021(21):176-179.
- [28] 范晓莉,李秋芳.数字经济对产业结构转型升级的影响——基于中国省级面板数据的实证分析[J].现代管理科学,2021(07):108-120.
- [29] 陈堂,陈光.数字化转型对产业结构升级的空间效应研究——基于静态和动态空间面板模型的实证分析[J].经济与管理研究,2021.42(08):30-51.
- [30] 李治国,王杰.数字经济发展、数据要素配置与制造业生产率提升[J].经济学家,2021(10):41-50.

致谢

首先要感谢的是我们本次研究的指导老师——周老师。从研究的选题、论文构思到最终定稿，周老师都给予了我们极大的帮助。在起初确定研究方向时，老师提供给我们很多选题并做出了指导性的建议和推荐；在论文的撰写过程中，老师及时对我们遇到的困难和疑惑给予了悉心指点，提出了很多改善性的建议，同时还请教了其他老师对我们的研究给出了更加专业的意见；最后在论文完稿后，老师对论文的细节也给出了宝贵的修改意见。周老师严谨求实的治学态度和高尚平和的为人使我们受益匪浅。

其次，此次研究我们参考翻阅了大量的文献，期间从前人学者的研究成果中学习到了很多知识，受到了很大的启发，同时也开阔了我们的思路和视野，在此向这些前人学者和专家们表示感谢！

最后，我们向百忙之中抽出时间对本文进行审阅的各位老师表示衷心的感谢！