

数字经济对区域创新能力提升的影响效应

——基于长三角城市群的实证研究

熊励 蔡雪莲¹

(上海大学 管理学院, 上海 200444)

【摘要】: 数字经济逐渐成为提升区域创新、推动经济社会高质量发展的新引擎。文章基于 Cobb-Douglas 生产函数和向量自回归模型, 以长三角城市群 2010-2018 年的面板数据为样本, 实证分析数字经济分别对技术创新和产品创新的影响效应。结果表明: 数字经济发展能有效推动技术创新和产品创新, 对技术创新的作用更为显著; 资本投入、人才投入和民众数字素养对技术创新有显著的正面效应, 资本和人才投入的推动作用更加突出; 产品创新主要与基础设施、资本投入和数字应用相关, 数字技术应用对产品创新具有长期稳定的促进作用。

【关键词】: 数字经济 创新能力 向量自回归模型 影响效应

【中图分类号】: F127; F062.5; F124.3 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1007-5097 (2020) 12-0001-08

一、引言

城市群是城市发展成熟阶段的最高空间组织形式。党的十九大报告指出, 中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段, 以城市群为主体的新一轮城市化进程, 是经济发展、质量变革、效率变革、动力变革的重要驱动因素^[1]。长三角作为我国经济发展最活跃、开放程度最高、创新能力最强的区域, 经济总量约占全国的 23.6%, 拥有 8 所“双一流”大学, 占全国的 20%, 拥有国家重点实验室 74 个, 科研经费投入总量相当于全国的 1/3, 专利申请量占全国专利申请总量的 32.4%, 成为全国名副其实的技术创新策源地。2016 年, 国务院通过《长江三角洲城市群发展规划》, 提出培育更高水平的经济增长极, 建成具有全球影响力的世界级城市群。2018 年 11 月, 长三角一体化发展上升为国家战略。2019 年 12 月, 《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》要求将长三角地区打造成集交通、创新、产业、机制、绿色生态全面一体化的城市群。这一系列政策规划, 充分体现了国家对长三角高质量发展的重视。

经济社会的高质量发展离不开科技进步。随着互联网和新兴科学技术的快速普及和渗透, 数据成为关键生产要素, 实体经济逐渐步入数字经济时代。据《中国互联网发展报告 2019》指出, 2018 年中国数字经济规模达 31.3 万亿元, 占 GDP 比重达 34.8%, 位居全球第二^[2]。其中, 长三角地区达到 8.63 万亿元, 占全国的 28%, 上海的数字经济占 GDP 比重更是超过了 50%。数字经济成为经济增长的重要驱动力, 也成为长三角城市群经济转向创新驱动的核心力量。

长远来看, 城市群的竞争力和发展潜力根本上是由创新能力构成的内生发展动力决定的, 而数字经济的发展为区域创新能力的提升提供了丰厚的沃土。一方面, 数字技术的发展为城市群互联互通提供了基础支持, 城市群内部多元创新主体间的交流

¹作者简介: 熊励 (1966-), 女, 湖北武汉人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 数字经济与数字贸易, 电子商务;

蔡雪莲 (1996-), 女, 安徽合肥人, 硕士研究生, 研究方向: 数字经济, 创新管理。

基金项目: 2019 上海高校智库内涵建设项目“世界级城市群构建与上海核心城市辐射作用研究项目”(2019 宣传 1-2-37)。

与合作更加紧密，资本、人才、技术等资源的流动更加自由。2019年，长三角三省一市技术市场相互间合同输出共计14128项，合同金额近431.93亿元。数字要素“边际成本低”的特性使得创新成本大大降低，创新成果的应用和共享进一步强化。另一方面，数字技术的变革式发展赋予传统产业更广泛的创新空间。传统产业的转型升级依赖于技术创新，数字化生产和管理对高度信息化和智能化的需求不断推动技术的创新和突破。此外，数字经济的创新更多体现在对资源配置方式、生产方式、组织管理模式和商业模式的变革^[3]。通过重构消费者与企业之间的关系，倡导个性化研发设计，促进产品和服务的个性化创新。总之，在数字经济时代，信息资源的集成共享使得知识在经济社会领域内加速流动和扩散，从而推动区域创新加速，提升创新效率。

二、文献综述

在创新成为驱动经济社会发展的核心力量的今天，加快提升城市群创新能力是推动长三角高质量一体化的重要举措。一般认为，城市群在地理、经济、技术和制度等方面具有邻近性特征，区域主体间的创新共享与合作在区域协同发展方面扮演着重要的作用^[4]。创新主要通过集聚效应与扩散效应对周边地区产生影响，借助区域间的人员流动、经济合作、产业关联等多种渠道产生扩散效应，共同推动区域创新能力提升，从而对整个区域内的经济发展产生积极影响^[5]。一些学者从创新的影响要素出发，探讨提升区域创新能力的路径。李琳(2020)等利用空间计量模型对长三角城市群和长江中游城市群进行对比研究，得出创新要素流动对城市群协同创新存在正面效应，并且对不同城市群的效应存在差异^[6]。高丽娜等(2020)通过对长三角城市群创新环境的分析，认为城市的金融支持、产业基础等条件对区域创新能力存在显著的正向影响^[7]。一般来说，区域创新能力受到创新政策环境、人才流动、资本流动、技术水平、产业发展等多种因素共同影响。

而数字经济的崛起为区域创新中要素流动、协同发展、产业升级等提供了新的技术支撑。数字经济诞生于20世纪90年代美国新经济时期，该时期，美国的经济呈现快速发展态势，知识和技术创新被认为是经济发展的直接动力。Tapscott在其著作《数字经济：网络智能时代的承诺与危机》中最早提出“数字经济”的概念，他强调人类通过技术建立网络，将智能、知识和创造力结合起来，从而在财富创造和社会发展方面取得突破^[8]。早期Moulton等(2000)将数字经济概括为信息技术和电子商务两大类^[9]。而随着数字技术渗透到经济社会各个领域，更多人对数字经济的理解突破了信息通信和电子商务的局限性，从广义上将其定义为一种由数字技术带来的新型经济形态^[10]，数字化、信息化是其典型特征。曹玉娟(2019)认为数字化与区域创新具有高度耦合性，区域主体间的数字化“共情”和“去中心化”协同打破了在线与离线世界的创新“藩篱”，重构区域创新框架，加速区域科技创新变革^[11]。一些学者试图从定量角度研究数字经济与创新之间的关系，譬如温琨等(2019)从数字经济基础设施和渗透程度两个方面构建数字经济发展水平评价体系，采用OLS+稳健标准误方法进行回归估计，得出数字经济发展能够有效促进区域创新能力的提升^[12]。

由于数字经济的虚拟性和渗透性，数字经济的发展往往难以具体量化，蔡跃洲(2018)虽提出了基于增长核算和常规核算的数字规模与贡献度测算框架，但也没有对其进行实证^[13]。因此，数字经济对创新的影响效应研究大多基于定性分析视角，少数定量研究也存在指标不够全面或不够深入等问题。数字经济对区域创新呈现怎样的影响？具体的影响过程是怎样的？不同指标的影响效应是否相同？这些问题仍有待进一步探索。

本文将基于以上的问题，探索数字经济对区域创新的具体影响效应。首先，参考已有研究并结合本文研究目的，从多个维度选取合适的指标衡量数字经济发展水平和区域创新能力；其次，以长三角城市群面板数据为实证对象，运用Cobb-Douglas生产函数评估数字经济与区域创新之间的关系。在此基础上，用向量自回归模型(Vectorautoregressivemodel, VAR)的脉冲响应分析和方差分解显示数字经济与长三角创新能力之间的具体作用过程和效应大小；最后，基于研究结果，从政府和企业的角度提出相应的对策建议，以期为我国数字经济发展和区域创新能力提升提供一定的思路和方向，助力长三角城市群高质量发展。

三、研究设计

(一) 指标和样本选取

1. 指标选取

为衡量数字经济规模和发展状况，国内外专家学者和组织机构提出了不同的统计指标和测度方法。欧盟数字经济与社会指数（DESI）从宽带接入、人力资本、互联网应用、数字技术应用以及公共服务数字化程度 5 个一级指标着手^[14]；经济合作与发展组织（OECD）从智能化基础设施、创新能力、赋权社会以及 ICT 促进经济增长与增加就业岗位四个方面衡量数字经济发展状况^[15]；上海社科院从基础设施、数字产业、数字创新和数字治理四个角度评价全球数字经济竞争力^[16]。综合来看，不同机构和学者在评价数字经济时各有侧重点，但大多包括了数字经济的基础设施、ICT 技术、数字人才、数字产业、数字治理和服务等几个方面。

本文的重点不在于评价数字经济的综合发展水平，而在于探讨数字经济不同层面对创新的影响效应，因此，无须构建指标体系，而选择每一维度具有代表性的指标进行计算。借鉴 DESI 指标体系，聚焦数字技术，以互联网宽带接入用户数作为基础设施的衡量指标。人力资本包括基本数字能力和高级技能，本文以科研人员数量来衡量高级技能的发展状况，命名为人才投入，以大学生数量作为基本数字能力的体现，命名为数字素养。DESI 指数中数字技术应用以企业数字化程度来衡量，但数据较难获取，而高技术企业是持续进行研发和成果转化的实体经济，是数字技术应用的重要体现。因此，本文以高技术企业数量作为数字应用的指标。此外，从创新的角度考虑，数字资本投入对于区域创新也具有重要影响，因此，补充资本投入这一维度，并以科学技术支出作为测度指标。综上，本文分别对数字经济基础设施（INF）、资本投入（CIN）、人才投入（LIN）、数字素养（QUA）和数字应用（APP）五个指标进行分析，各变量说明见表 1 所列。

表 1 各变量说明

变量类型	变量名称	变量代号	衡量指标
被解释变量	技术创新	TIN	专利授权量
	产品创新	PIN	新产品产值
解释变量	基础设施	INF	互联网宽带接入数
	资本投入	CIN	科学技术支出
	人才投入	LIN	科研人员数量
	数字素养	QUA	大学生数量
	数字应用	APP	高技术企业数量

创新包括思维创新、产品或服务创新、技术创新、制度创新、管理创新、知识创新等多种类型，其本质在于是否能创造新的市场价值、驱动经济增长和提高生活质量。而技术创新和产品创新是最普遍也是最直接的两种创新方式，是提升企业竞争力和国家综合实力的关键所在。因此，本文从技术创新（TIN）和产品创新（PIN）两个角度对创新能力进行衡量。Arundel 和 Kabla 认为专利数是评价区域创新能力最合适的指标之一，专利授权量是技术创新最常见和可靠的衡量指标^[17]。Brouwer 和 Kleiniknecht 提出新产品销售总额是评价创新能力的常用指标之一，且其与发明专利数之间存在着一定关联^[18]。新产品产值主要是指采用新技术、新设计在性能方面显著改进的产品或全新产品的生产总值，这与产品创新的概念和要求在很大程度上相契合。因此，本文分别选择专利授权量和新产品产值作为技术创新和产品创新的指标。

2. 样本选取和数据来源

由于数字经济在我国兴起不过数十年，时间序列数据难以满足统计分析对于样本量的要求，因此，本文选取面板数据来进行实证研究。长三角城市群作为国内经济、科技最发达的地区，无论是数字经济发展水平还是创新能力均引领全国，但长三角城市群不同城市间数字经济水平和创新能力仍有较大差异，根据 21 世纪经济研究院与阿里研究院共同发布的《2019 长三角数字

经济指数报告》^[19]，数字经济指数排名前十的城市分别为杭州、上海、苏州、南京、宁波、金华、合肥、嘉兴、常州、台州、湖州、无锡、芜湖、绍兴、南通。选取这 15 个城市 2010-2018 年的面板数据作为样本，数据主要来自各城市的统计年鉴、统计公报和统计网站。

(二) 模型构建

1. Cobb-Douglas 生产函数

Cobb-Douglas 生产函数最初主要用于测定生产过程中资本和劳动投入量对产出量的影响，后来引入了技术要素，测定技术进步、资本和劳动力增长对产出增长的贡献率。本文借鉴 Cobb-Douglas 生产函数，将数字经济发展水平对创新的影响效应模型构建如下：

$$Y = A_{(t)}L^{\alpha}K^{\beta} \quad (1)$$

其中，Y 表示创新能力；L、K 分别表示劳动力和资本投入，本文中具体代表数字人才投入和资本投入； α 、 β 分别代表人才和资本投入的产出弹性系数； $A_{(t)}$ 表示除资本和人才以外的数字经济发展水平。

借鉴 Hu 等 (2005)^[20]和吴延兵 (2008)^[21]的研究成果，令

$$A_{(t)} = Ae^{f(\text{INF}, \text{QUA}, \text{APP}) + \varepsilon} \quad (2)$$

其中，A 为常数； ε 为随机干扰因素。

$$f(\text{INF}, \text{QUA}, \text{APP}) = \lambda_1 \ln \text{INF} + \lambda_2 \ln \text{QUA} + \lambda_3 \ln \text{APP} \quad (3)$$

其中， λ_1 、 λ_2 、 λ_3 分别为 $\ln \text{INF}$ 、 $\ln \text{QUA}$ 、 $\ln \text{APP}$ 的系数。

将 (2) 式、(3) 式代入 (1) 式中，等式两边同时取对数，并令 $\ln A = C$ (C 为常数)，得

$$\ln Y = C + \lambda_1 \ln \text{INF} + \lambda_2 \ln \text{QUA} + \lambda_3 \ln \text{APP} + \alpha \ln \text{LIN} + \beta \ln \text{CIN} + \varepsilon \quad (4)$$

2. 向量自回归模型

向量自回归 (VAR) 模型可用于刻画相互有影响的变量间的动态联系，描述不同变量冲击给整个系统带来的影响。其相对联立方程组模型的优势在于，将所有变量都看作内生变量，从而简化内生变量与外生变量划分带来的复杂性，减小误差^[22]。数字经济发展推动了技术和产品的创新，而技术和产品创新反过来也会促进数字经济水平的提升，解释变量与被解释变量间存在复杂的相互关联。因此，选择 VAR 模型对数字经济发展与区域创新增长之间的动态关系进行分析，从而减小变量间的内生性偏差。

四、实证分析

（一）平稳性检验和协整检验

由于各变量之间量纲不同，数据值差异较大，无法进行直接比较分析，需先进行预处理，以提高分析的精确度。根据构建的生产函数模型特点，本文对收集的原始数据进行对数处理，减小数据的波动性，且不会改变变量间的关联关系。

平稳性检验和协整检验是所有分析的基础，只有在变量序列平稳且相互之间存在长期均衡关系时，进一步的回归和模型分析才有实际意义。为防止发生“伪回归”现象，首先对各变量进行平稳性分析，本文采用面板数据单位根检验的六种方法，分别为 LL&C、Breitung、IPS、Fisher-ADF、Fisher-PP 以及 Hadri。一般认为，只要在六种检验方式中，每个变量在大多数检验方式下都是平稳的，即可认为该变量是平稳的。经过检验，各变量在一阶差分下的六种检验结果见表 2 所列，其中每个变量在大多数检验方式下都是平稳的，因此可以认为，每个变量都是一阶单整，序列是平稳的。

表 2 数字经济各变量单位根检验结果

变量	lnTIN	lnPIN	lnINF	lnCIN	lnLIN	lnQUA	lnAPP
LL&C	-10.84 (0.00)*	-21.22 (0.00)*	-18.08 (0.00)*	-9.48 (0.00)*	-12.18 (0.00)*	-5.71 (0.00)*	-9.58 (0.00)*
Breitung	-4.02 (0.00)*	-0.30 (0.38)	0.16 (0.56)	-0.81 (0.21)	-2.95 (0.00)*	0.57 (0.71)	0.95 (0.83)
IPS	-0.33 (0.37)	-1.10 (0.14)	-1.12 (0.13)	-3.59 (0.00)*	-0.71 (0.24)	-1.31 (0.09)*	-0.59 (0.28)
Fisher-ADF	37.51 (0.01)*	48.77 (0.01)*	52.61 (0.01)*	69.58 (0.00)*	46.10 (0.03)*	42.83 (0.06)*	45.33 (0.03)*
Fisher-PP	74.26 (0.00)*	85.40 (0.00)*	83.48 (0.00)*	89.36 (0.00)*	94.99 (0.00)*	57.10 (0.00)*	90.53 (0.00)*
Hadri	30.97 (0.00)*	28.47 (0.00)*	23.66 (0.00)*	27.33 (0.00)*	32.92 (0.00)*	21.31 (0.00)*	13.79 (0.00)*
结果	平稳	平稳	平稳	平稳	平稳	平稳	平稳

注：括号外的值为 t 统计量值，括号内的值为 p 值；*表明在 10%水平下拒绝原假设。

面板数据针对不同的类型有多种检验方式，基于残差的面板协整检验通常采用 Kao 检验，其中 Kao 检验包含了 DF 和 ADF 两种类型的检验。本文采用 ADF 类 Kao 检验对创新与数字经济各变量进行面板数据协整检验，原假设为解释变量与被解释变量之间不存在协整关系。结果显示，技术创新与各解释变量间的残差 t 值为-6.01，对应 p 值为 0.000，产品创新与各解释变量间残差 t 值为-5.40，对应 p 值为 0.000，均拒绝原假设，表明数字经济基础设施、资本投入、人才投入、数字素养和数字应用与技术创新和产品创新间均存在协整关系。

（二）生产函数回归分析

目前，很多文章倾向于采用定性分析判断面板数据模型的特征，这可能会导致分析偏差。本文分别在固定效应和随机效应情形下对模型进行检验，经过对个体异方差、时点异方差的 chow 检验和 Hausman 检验，得出技术创新（以下称为模型一）为个

体随机效应、时点固定效应模型，产品创新（以下称为模型二）为随机效应模型。分别在这两种情况下对两个模型进行回归分析，结果见表3所列。

表3 技术创新、产品创新回归结果

回归变量	模型一		模型二	
	系数	T 值	系数	T 值
lnINF	-0.2098	-1.0124	0.4368***	5.4846
lnCIN	0.6204***	3.2619	0.2584***	3.1257
lnLIN	0.3057*	2.4370	0.0279	1.0976
lnQUA	1.1179***	3.3846	-0.0604	-0.6415
lnAPP	0.1426	0.9890	0.2133***	3.5990
C	5.9873***	6.9807	3.5179***	10.6604

注：***、**、*分别表示在 1%、5%和 10%的显著性水平下显著。

模型一的 R^2 为 94.15%，模型二的 R^2 为 85.09%，且均通过 F 检验，说明模型拟合效果较好。从表 3 的回归结果可以看出，技术创新与基础设施、数字应用之间未能通过显著性检验，而与资本投入、人才投入和民众的数字素养通过显著性检验，且系数均为正，表明此三项指标与技术创新呈显著正相关关系。其中，数字素养系数达 1.1179，与技术创新的相关性最强。模型二中，数字经济基础设施、资本投入和数字应用均在 1%显著性水平通过检验，并且系数分别为 0.4368、0.2584 和 0.2133，表明这三个变量与产品创新具有显著正相关性，均在一定程度上推动了产品创新的发展，其中，基础设施建设的相关性较强。

（三）VAR 模型分析

利用生产函数进行回归分析，侧重对指标间相关关系和因果关系的研究，却无法进一步探讨具体的影响效应和作用过程。因此，利用向量自回归模型，对回归分析中具有显著相关关系的指标进行趋势分析，探讨不同指标对区域创新能力的影响过程。根据上述生产函数分析结果，资本投入、人才投入、数字素养与技术创新之间具有显著的相互关系，以技术创新为被解释变量，资本投入、人才投入、数字素养为解释变量构建模型一。同理，以产品创新为被解释变量，基础设施、资本投入、数字应用为解释变量构建模型二。

1. 数字经济对技术创新的影响效应分析

在单位根检验和协整检验均通过的前提下，确定合适的滞后阶数。在不同标准下计算模型的最优滞后阶数，表 4 显示了模型一技术创新的滞后阶数判断结果，当滞后阶数为 3 时，模型在多数准则下是最优的，因此，模型一的滞后阶数为 3。

表 4 模型一滞后阶数判断结果

滞后阶数	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-173.1059	NA	0.030804	7.871375	8.031967	7.931242
1	128.7198	536.57920	9.40e-08	-4.831993	-4.029032*	-4.532657
2	145.7623	27.26798	9.14e-08	-4.878326	-3.432996	-4.339522
3	183.7431	54.01711*	3.60e-08*	-5.855250	-3.767551	-5.076976*

4	195.6466	14.81328	4.73e-08	-5.673184	-2.943116	-4.655442
5	218.9105	24.81479	4.00e-08	-5.996022*	-2.623586	-4.738812

注：*表示在该标准下的最优滞后阶数。

当滞后期数为 3 时，采用单位根图法对模型的稳定性进行检验，当所有单位根都落在单位圆内，表明该模型是稳定的。图 1 中的点均落在单位圆内，因此，模型一稳定，模型设计和滞后阶数的选择都满足分析的要求。

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial

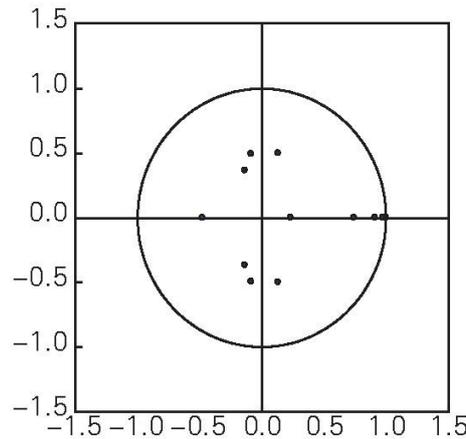


图 1 模型一 AR 多项逆根检验

(1) 脉冲响应函数。脉冲响应函数用于考察模型中的被解释变量（创新）对解释变量（数字经济）不同时期冲击的响应程度。图 2 显示了模型一中技术创新对于数字经济资本投入、人才投入和数字素养的响应函数。横轴表示所选择的冲击作用期数，纵轴表示技术创新能力的变量值，中间实线表示实际的脉冲响应函数变化，上下两条虚线表示脉冲响应可能的范围。图 2a 显示了技术创新产出对资本投入的响应曲线，在 10 个响应期内，曲线先呈上升趋势，在第三期达到最大值，然后有所下降并趋于平缓，表明资本投入在一开始对技术创新具有较强的正面效应，冲击作用不断增强，但长期来说会维持稳定的促进作用；图 2b 显示了技术创新对人才投入的响应曲线，在响应期内先呈缓慢上升趋势，然后逐渐趋于平稳，表明人才投入对于技术创新具有一定的正面效应，这种效应较为平稳，不会产生剧烈的波动；图 2c 表达了技术创新对民众数字素养的响应曲线，曲线一开始呈负面作用，第 2 期负面冲击达到最大，后负向逐渐减弱，在第六期响应值变为正向，且正面效应逐渐增强，曲线呈发散趋势，表明居民数字素养前期具有一定的负面效应，但从长期来看，较高的数字素养能持续有效地推动技术创新的发展。

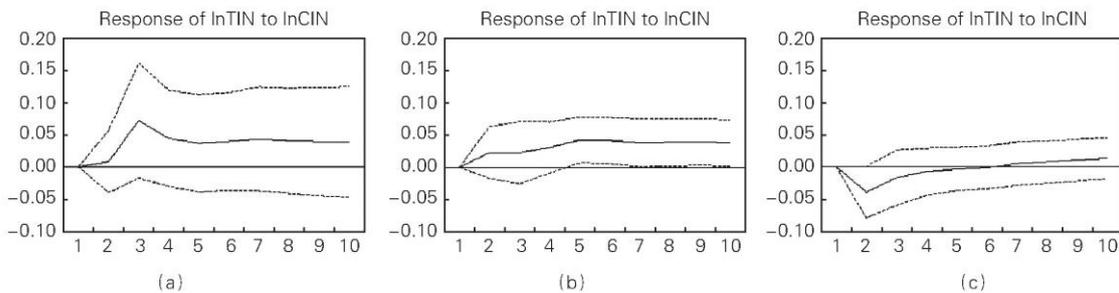


图 2 技术创新产出对 CIN、LIN、QUA 冲击的响应曲线

(2) 方差分解。方差分解的意义在于探索每个变量在多大程度上解释了创新能力的波动。表 5 显示了技术创新的方差分解结果，从中可以发现，数字经济在一定程度上解释了技术创新的波动，并且贡献度越来越大，最高达 23.2143%。

表 5 模型一 方差分解结果

时期	lnCIN	lnLIN	lnQUA	Sum
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.1062	0.9031	2.6826	3.6919
3	7.3097	1.3458	2.5595	11.2150
4	8.5654	1.4691	2.2549	12.2894
5	8.7532	1.9004	1.9588	12.6124
6	9.2729	3.0826	1.7559	14.1114
7	10.0696	5.8753	1.6258	17.5707
8	10.6384	7.6469	1.5553	19.8406
9	11.1311	9.3999	1.5431	22.0741
10	11.5934	10.0331	1.5878	23.2143

由表 5 可知，资本投入对技术创新波动的解释程度最大，且在整个冲击响应期内，贡献度持续增加，但前期增加较为迅速，由第二期的 0.11% 上升到第三期的 7.3097%，而后期较为平缓。其次是人才投入，对技术创新的解释最大达 10.0331%，总体不如资本对技术创新的贡献度大，但不同在于，人才投入后期的增加更为明显。表明从短期来看，资本投入对技术创新能力波动的解释作用更强，但从长远角度来看，人才投入更能解释技术创新的提升。最后是民众数字素养，其对技术创新波动解释程度较小，但在初期的解释程度最大，在第二期达 2.6825% 后开始下降，最终维持在一个相对稳定的水平，表明数字素养在早期的解释程度较大，后期有所减小。这与现实是一致的，当一个社会大学生数量较多，表明整体的科技创新潜力较强，对技术的需求和应用拉动技术创新提升，但基本数字应用能力无法长期推动创新，要实现长期的技术创新，需要拥有高级技能的科研人员投入和资本投入。

2. 数字经济对产品创新的影响效应分析

(1) 脉冲响应函数。以同样的方式确定模型二的滞后阶数，结果显示模型二的最优滞后阶数是 3 阶，且在滞后 3 阶的情况下，特征根检验通过，模型稳定。对模型二产品创新增长因素进行分析，得到如图 3 所示的脉冲响应函数曲线。

从图 3 可以看出，相对技术创新来说，产品创新对各要素的响应程度较小。数字经济基础设施、资金投入和数字技术应用对产品创新均具有正向效应。其中，图 3a 显示了产品创新对基础设施的冲击响应程度，前期呈上升趋势，在第三期达到峰值后开始下降并趋于 0，曲线整体呈收敛状态，表明基础设施只能在短期提升产品创新能力；图 3b 显示了产品创新对资金投入的冲击响应程度，曲线也呈先上升后下降趋势，表明资金投入的前期冲击作用较为明显，但时间越长，冲击作用越来越小；图 3c 显示了产品创新对数字应用的响应曲线，曲线先上升，第三期后维持稳定，表明数字技术应用对产品创新具有持续稳定的冲击作用，能持续推动产品创新发展。

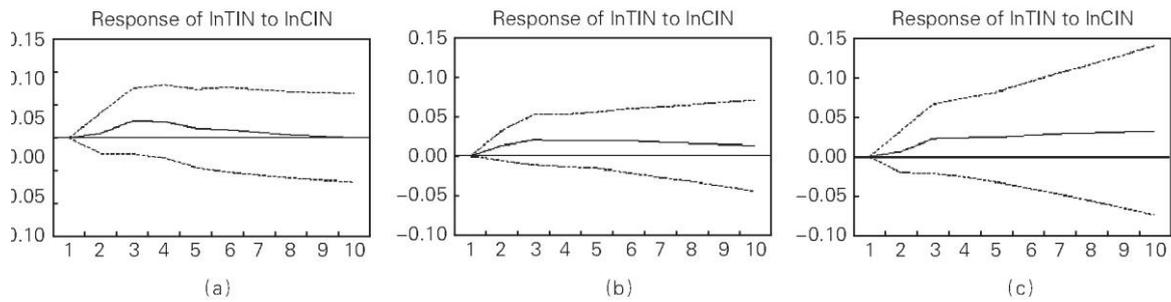


图 3 产品创新对 INF、CIN、APP 冲击的响应曲线

(2) 方差分解。对产品创新产出进行方差分解，结果见表 6 所列。总体来说，数字经济对产品创新的解释程度不及对技术创新的解释程度，最大贡献度仅为 5.7831%。其中，数字技术应用对产品创新的贡献度最大，并且始终呈增长趋势，最大值达 3.2810%。其次是资本投入，呈现先上升后缓慢下降，整体变化并不显著。最后是基础设施建设，在第四期达到最大值 2.2513% 后开始下降。由于数字技术应用由高技术企业数量来表示，当高技术企业数量越多，表明该区域技术研发和应用越强，能持续向市场输出高技术的创新型产品，产品创新能力也就越强。而无论是资金投入还是基础设施建设，对产品创新都起到基础支撑作用，存在一个阈值，当达到一定程度，对于产品创新的解释能力将下降。

表 6 模型二方差分解结果

时期	lnINF	lnCIN	lnAPP	Sum
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0905	0.6737	0.1628	0.9270
3	1.5905	1.3708	1.2968	4.2581
4	2.2513	1.5798	1.8561	5.6871
5	2.0623	1.6737	2.1356	5.8716
6	1.8476	1.7032	2.4086	5.9593
7	1.6568	1.6575	2.6748	5.9891
8	1.4415	1.5812	2.8913	5.9140
9	1.2504	1.4964	3.0914	5.8382
10	1.0994	1.4028	3.2810	5.7831

五、结论与建议

根据实证分析可以得出，数字经济对长三角区域创新能力提升具有显著的促进作用，但数字经济的各要素对于不同创新形式产生的效果有所差异，具体表现如下：

第一，数字经济对技术创新和产品创新有促进作用，其中资本投入、人才投入和民众数字素养对于技术创新的推动作用较为显著。表明资本和人才等传统生产要素在技术创新中仍占据重要地位，政府和企业应加强对技术的资本和人才投入。而产品创新主要与基础设施、资本投入和数字应用显著相关。因此，政府应不断完善数字经济基础设施建设，加快网络和信息通信的部署，推动高新技术企业的培育和发展，重视科技成果的转化和应用。

第二，对于技术创新，资本投入和人才投入对其都具有较强的正面影响，资本投入在达到最大值后下降直至趋于平缓。而民众数字素养对于技术创新一开始具有负面影响，后逐渐减弱并趋于正向，表明民众数字素养对于技术创新来说存在一个滞后期，虽然不能马上显示出促进作用，但从长远来看，提高社会整体教育水平，提升民众数字素养对于技术创新具有重要意义，有助于形成一个全民创业、万众创新的时代。

第三，对于产品创新，基础设施建设和科学技术投入的贡献度在前期较为显著，但随着设施的不断完善、投资的饱和，其冲击作用逐渐减小。原因在于基础设施和资金投入都是产品创新的基础性支撑，当达到一定程度，其作用会受到限制。而产品创新的核心在于充分利用各项技术，数字技术应用对于产品创新的冲击作用始终处于较高的水平。因此，在完善基础设施建设、保证资金投入充足的前提下，政府机构应将发展的重点方向放在数字应用上，加大对高技术企业的政策、资金、人才支持，不断推进技术创新和产品创新，提升经济效益。

第四，相比于产品创新，数字经济对技术创新的推动作用更大。这一方面由于目前我国数字经济的发展正处于上升期，数字技术的研发力度和直接产出较高，但很多数字技术专利成果仍未形成产品进行规模生产。另一方面，产品创新在很大程度上依赖技术创新和市场需求的双重支持，数字经济对其推动作用存在部分非直接关系。因此，作为政府和企业，在提升技术创新能力的同时，应重视对专利成果转化率的提高，将创新的技术转化成产品投入市场，以促进经济增长和社会发展。

本文综合利用了 Cobb-Douglas 生产函数模型和 VAR 模型，基于长三角区域面板数据，从多个角度分析了数字经济对区域创新能力的影响效应，并根据研究结果提出相应的对策和建议。在理论方面，为数字经济与区域创新之间的效应研究提供了新的方法；在实践方面，为我国进一步发展数字经济、提升区域创新能力提供了思路，助力长三角城市群的高质量发展。但仍存在不足之处，譬如数字经济的指标选取仅聚焦数字技术，数字产业的数据较难获取，因此没有对其进行评估，未来可进一步考虑数字产业对区域创新能力的影响。

参考文献：

- [1]沈坤荣,赵倩.世界级城市群国际比较与区域高质量发展路径选择——以江苏为例[J].江海学刊,2018(2):102-107,238.
- [2]中国网络空间研究院.中国互联网发展报告(2019)[R].乌镇:中国网络空间研究院,2019.
- [3]张昕蔚.数字经济条件下的创新模式演化研究[J].经济学家,2019(7):32-39.
- [4]李燕.粤港澳大湾区城市群 R&D 知识溢出与区域创新能力——基于多维邻近性的实证研究[J].软科学,2019,33(11):138-144.
- [5]翟婧彤,张军涛.城市规模、创新能力与空间溢出效应——以长江三角洲城市群为例[EB/OL].(2020-09-15)[2020-09-20].
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1356.F.20200914.1836.004.html>.
- [6]李琳,刘瑞.创新要素流动对城市群协同创新的影响——基于长三角城市群与长江中游城市群的实证[J].科技进步与对策,2020,37(16):56-63.
- [7]高丽娜,华冬芳.创新环境、网络外部性与城市群创新能力——来自长三角城市群的经验研究[J].华东经济管理,2020,34(9):55-60.
- [8]TAPSCOTT D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence[M]. New York: McGraw-Hill,

1996.

[9]MOULTON B R, THANK I, LANDEFELD S, et al. GDP and the Digital Economy: Keeping Up with the Changes Understanding the Digital Economy: Data, Tools, and Research[M]. Cambridge and London: MIT Press, 2000.

[10]李长江. 关于数字经济内涵的初步探讨[J]. 电子政务, 2017(9):84-92.

[11]曹玉娟. 数字化驱动下区域科技创新的框架变化与范式重构[J]. 学术论坛, 2019, 42(1):110-116.

[12]温珺, 阎志军, 程愚. 数字经济与区域创新能力的提升[J]. 经济问题探索, 2019(11):112-124.

[13]蔡跃洲. 数字经济的增加值及贡献度测算: 历史沿革、理论基础与方法框架[J]. 求是学刊, 2018, 45(5):65-71.

[14]EUROPEAN COMMISSION. DESI 2015: Digital Economy and Society Index. Methodological Note[R]. Brussels: European Commission, 2015.

[15]OECD. Measuring the Digital Economy: A New Perspective[R]. Paris: OECD Publishing, 2014.

[16]上海社会科学院经济研究所. 全球数字经济竞争力发展报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2017.

[17]ARUNDEL A, KABLA I. What Percentage of Innovations Are Patented? Empirical Estimates for European Firms[J]. Research Policy, 1998, 27:127-141.

[18]BROUWER E, KLEINKNEEHT A. Innovation Output, and a Firm's Propensity to Patent. An Exploration of CIS Micro Data[J]. Research Policy, 1999, 28:615-624.

[19]21世纪经济研究院, 阿里研究院. 2019长三角数字经济指数报告[R]. 上海: 21世纪经济研究院, 2019.

[20]HU A G Z, JEFFERSON G H, QIAN J C. R&D and Technology Transfer: Firm-Level Evidence from Chinese Industry[J]. The Review of Economics and Statistics, 2005, 87(4):780-786.

[21]吴延兵. 自主研发、技术引进与生产率——基于中国地区工业的实证研究[J]. 经济研究, 2008(8):51-64.

[22]蒋明华, 吴运建. 创新驱动视角的智慧城市成长机制研究——基于深圳市时间序列的实证研究[J]. 工程管理学报, 2015, 29(3):76-81.