

数字基础设施对出口三元边际的影响： 来自微观层面的证据

施震凯^{1,2} 张能静³

(1. 江南大学, 江苏 无锡 214122; 2. 东南大学, 江苏 南京 211189;
3. 南开大学, 天津 300071)

摘要: 本文基于 2002~2019 年 222 个国家的 HS-6 位产品出口数据估计了各国出口三元边际, 进而通过 Heckman 两阶段模型探讨数字基础设施对出口三元边际的影响。研究发现, 数字基础设施抑制了出口扩展边际的增长, 但对价格边际和数量边际产生了积极作用。虽然三者耦合的总效应为负, 但这一现象主要发生在发展中国家, 数字基础设施改善对发达国家出口贸易发挥了积极作用, 且这种影响也因产品异质性存在一定的差异。进一步讨论发现, 全要素生产率、经济自由度和创新能力在数字基础设施影响出口三元边际过程中发挥了中介作用, 并重点体现在集约边际上。

关键词: 数字基础设施; 三元边际; Heckman 两阶段模型; 中介效应

中图分类号: F746 / F753 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-1894 (2022) 05-0086-12

在新冠肺炎疫情反复、世界格局动荡等外部冲击下, 我国出口贸易增长空间不断受到挤压, 既面临国际国内市场格局重塑, 又面临新技术、新产业和新业态的快速发展, 外向型经济发展遇到的约束日益加剧。面对大变局背景下经济全球化退潮、产业链供应链深度调整的现实, 构建对外贸易的新竞争优势, 推动出口贸易迈向高质量发展阶段, 是我国需要直面的发展难题。

自 Tapscott (1995) 提出“数字经济”以来, 对数字经济的研究大致经历了信息经济、互联网经济、新经济 3 个阶段 (Brent and Steven, 1999; 张化尧等, 2020), 包含数字基础设施建设、数字信息、数字技术等核心内容, 但其内涵尚未有统一标准 (陈晓红等, 2022)。作为数字经济发展的载体, 数字基础设施始终内嵌于数字经济的研究中。数字基础设施区别于传统基础设施, 必将成为全新的产业投资与发展方向。数字基础设施的改善能否成为出口贸易高效有序增长的重要基础和前提保障, 有待展开深入研究。

本文聚焦数字基础设施和出口三元边际之间的内在关系, 重点探讨以下 3 个问题: 一是在当前国际局势不稳定的背景下, 数字基础设施促进还是抑制了一国的出口三

作者简介: 施震凯, 江南大学商学院副教授, 博士, 东南大学数字经济研究中心特约研究员, 研究方向: 国际贸易; 张能静 (通信作者), 南开大学经济学院硕士研究生, 研究方向: 国际贸易。

基金项目: 2019 年国家自然科学基金青年项目“‘中国制造’质量声誉对我国出口贸易转型升级的影响及声誉提升引导性贸易政策研究” (项目编号: 71903084); 2020 年江苏省社会科学基金青年项目“疫情后世界贸易格局变化对江苏外贸的冲击及应对策略研究” (项目编号: 20EYC003)。

元边际？二是这种影响是否因经济发展水平、产品异质性而存在差异？三是其中存在哪些传导机制？

一、文献综述与理论机制

（一）文献综述

与本文研究密切相关的文献主要涉及两大类。第一类是出口边际影响因素的研究。既有文献从多方面研究了出口二元边际的影响因素，经济发展水平、贸易成本、产业结构等因素都是学界关注的对象。例如，贸易成本对出口二元边际有显著影响，其中对扩展边际的影响更大（钱学锋，2008；Martina，2010；钱学锋和熊平，2010；Eaton，2011）；贸易制度对扩展边际有显著的正效应（Felbermayr and Kohler，2007）；贸易便利化促进企业出口的扩展边际，抑制企业出口的集约边际（段文奇和刘晨阳，2020）；产业结构的优化（张鹏杨等，2019）和产业集聚（白东北等，2021）是企业出口二元边际增长的有利因素。三元边际作为二元边际的拓展，一些学者提出经济政策的不确定性（曲丽娜和刘钧霆，2002）、贸易便利化和贸易壁垒（吕波和黄惠，2019）、互联网（张奕芳，2017）、交通基础设施建设（韩宏钻和胡晓丹，2020）都对出口三元边际产生影响。基于这类研究，探讨数字基础设施对出口三元边际的影响是较新颖的视角。第二类是关于数字基础设施的研究。随着近年来数字基础设施建设蓬勃发展，学界逐渐对其关注，研究涉及金融、国际贸易、公共卫生等多个学科领域（李津等，2020；靳景等，2020）。既有文献发现，以互联网为代表的数字基础设施不仅可以促进经济增长（Datta and Agarwal，2004；郑世林等，2014；叶初升和任兆柯，2018），还可以通过网络效应发挥空间溢出作用（曹玉平，2020），引致更充分的市场竞争（闫先东和朱迪星，2017），显著提升全要素生产率（王勇和黎鹏，2019；黄群慧等，2019）。

已有研究主要围绕以互联网为代表的信息通信技术展开，但数字基础设施具有新特征，学界对数字基础设施的定义也在不断完善。作为多因素有机结合的数字基础设施与单一技术模块的互联网发展之间存在非常显著的差异（钞小静等，2020），只有等大量知识和信息的生产也到了数字化阶段，而且消费者也习惯于通过网络获取的数字化知识和信息以后，其经济效应才逐渐显现（孙杰，2020）。国际贸易相关领域的文献也为本文提供了借鉴思路，既有研究发现，数字基础设施在推动对外贸易升级过程中具有更明显的促进作用（钞小静等，2020），能够通过提升新知识溢出效率和创新效率等渠道提升一国的全球价值链地位（李津等，2020）。也有文献发现，进口国数字基础设施的发展能够显著降低中国和低收入国家出口效率的损失，但也带来了出口贸易的不确定性（范鑫，2020）。

（二）理论机制

以5G、人工智能、物联网等新兴科技融合发展构成的数字基础设施正在成为新

一轮科技革命和高水平开放型经济的强劲动力。数字基础设施打破原有时空限制，拓展信息和数据传递的媒介，加快外贸企业供需匹配，有效扩大对外贸易市场广度。同时，新型数字基础设施作为新技术推动世界范围内的创新活动，促进全球价值链扩张，带来技术溢出，为国际贸易和价值链重构注入活力。笔者认为，全要素生产率、经济自由度和创新渠道是数字基础设施影响出口三元边际的作用机制。

1. 全要素生产率渠道。一方面，数字基础设施水平的提高降低了信息沟通成本、市场成本和出口成本，并有效消除了信息贸易壁垒，提高了企业生产、储存、流通和交换的效率。数字化水平的提高伴随着新一轮科技革命，推动企业技术进步，人工智能、5G、云计算等技术带动制造业高质量发展，推动产业结构转型优化。另一方面，数字基础设施本身也带动了基础设施部门全要素生产率的提高，而基础设施对企业全要素生产率的促进作用已被大量文献证实（施震凯等，2018）。随着企业技术进步和效率提升，出口产品由原来的低技术、低附加值、低效益向高技术、高附加值、高效益转变。为了汲取先进技术经验，拥有庞大市场的进口国扩大进口量，进而给出口国带来出口产品质量提升和数量增长，这些都是出口三元边际的重要体现。

2. 经济自由度渠道。数字技术打破了政府原有的治理体系框架，随着信息革命的深入发展，大数据等技术的应用加速政府信息流动、数据透明，数字化政府有利于维护高效稳定的市场秩序、创造公开透明的市场环境。因此，数字基础设施显著增加了一国的经济自由度。经济自由度越高的国家意味着更少的政府管控、更稳定的投资环境和更高的经济增长速度。根据自由贸易理论，政府减少对进出口贸易的限制，使得商品、服务和生产要素的国际流通更为自由。在市场环境较为宽松的国家，出口国为寻求更广阔的市场和更优的资源配置，往往提高其出口规模，这对出口三元边际带来冲击。

3. 创新渠道。数字基础设施作为发展信息化、智能化、数字化的重要载体，有利于实施创新驱动战略，加快由“制”到“智”的转变过程。数字基础设施广泛应用于各产业经济部门，带来知识溢出效应和技术扩散效应（李津等，2020），为创新活动提供便利平台，全面提高创新发明的质量和效率。创新给社会带来新的发展动力，在国际贸易领域，信息技术改变了国际贸易的传统方式，跨境电子商务的作用日益突出，有利于开发出口贸易的新渠道、新平台和新市场。创新产品促进出口产品种类多样化，有利于提高产品国际竞争力，而且其往往处于产品生命周期的导入期，因此可以制定较高的价格，提高了价格边际，这些都对出口三元边际产生了影响。

基于上述分析，本文可能存在以下边际贡献：第一，虽然部分学者认为国际贸易呈现数字化特征，但鲜有文献从数字基础设施这一视角进行诠释，本文系统研究了数字基础设施对出口三元边际的影响。第二，通过构建全要素生产率、经济自由度和创新渠道的传导机制模型，为研究数字基础设施影响出口贸易提供理论依据。第三，从现实意义看，将数字基础设施引入出口贸易发展的相关理论和实证研究，可以为政策落地提供更明晰的启示。

二、模型构建与数据说明

为规避自选择效应引起的内生性问题,本文基于 Heckman 两阶段模型,将数字基础设施对出口三元边际的影响分为两个阶段:第一阶段为出口决策的 Probit 模型,并借鉴 Helpman 等(2008)、Bao 和 Qiu(2012)的研究,选用是否具有共同语言(*comlang*)作为模型估计所需的外生变量;第二阶段是加入逆米尔斯比率(Inverse Mills Ratio)的出口表现模型(IMR_{ijt}),从而修正自选择问题,具体如下:

$$Pr(dum=1)=\Phi(\alpha+\beta di_{ijt}+\gamma X_{ijt}+v_t+\varepsilon_{ijt}) \quad (1)$$

$$Y_{ijt}=\alpha+\beta di_{ijt}+\gamma X_{ijt}+\theta IMR_{ijt}+v_t+\varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

式(1)中, dum 表示是否出口的虚拟变量,当出口额为正时取值为1,否则为0; di 为数字基础设施。综合来看,数字基础设施是评价数字经济的重要变量,且均涉及互联网、固定电话、移动电话等多个因素。本文参考施震凯等(2021)的评价指标,选取WDI数据库中的互联网用户数、固定电话用户数、移动电话用户数、固定宽带用户数4个指标分别赋予权重,通过全局主成分分析法(GPCA)评价数字基础设施。其中,全局数据变量间的偏相关检验(KMO)为0.7450,表明各变量间存在较强的相关关系。主成分提取方差分解分析结果显示,除第一主成分外,其余主成分的特征均小于1,且第一主成分的累计贡献率达到73.94%,故选取第一主成分作为数字基础设施的代理变量。

式(2)中,被解释变量 Y 为三元边际涉及的5个变量,即扩展边际(em)、集约边际(im)、价格边际(pm)、数量边际(qm)以及总效应(R),均通过CEPII-BACI数据库测算得到。时间固定效应为 v_t ,随机扰动项为 ε_{ijt} 。参考Hummels和Klenow(2005)关于三元边际的分解方法,分成扩展边际(em)、价格边际(pm)和数量边际(qm),其中价格边际和数量边际的乘积为集约边际。本文从产品层面测算贸易国家的出口三元边际,扩展边际表现为出口产品类别的变动,数量边际和价格边际分别体现为出口产品数量和价格的变化。计算出口国别层面扩展边际的公式如下:

$$em_{ij}=\frac{\sum_{m \in I_j} p_{kis} \times x_{kis}}{\sum_{m \in I_k} p_{kis} \times x_{kis}} \quad (3)$$

i 表示出口国, j 表示进口国, k 表示除出口国外的所有样本国家, s 表示出口产品。 p 为产品价格, x 为出口数量。 em_{ij} 为出口国 i 的扩展边际, I_{ij} 为出口国 i 出口到进口国 j 的所有产品种类的集合, I_{kj} 为除出口国 i 以外的其余国家出口到进口国 j 的所有产品种类的集合。因此, em_{ij} 表示 i 国对 j 国出口种类相同的产品所占的比重,衡量的是 i 国对 j 国出口产品种类的多样性, em_{ij} 增加表明扩展边际增长。 i 国对 j 国出口的集约边际可以表示为价格边际和数量边际的乘积:

$$im=pm \times qm \quad (4)$$

im 为出口国的集约边际, im 增加表明 i 国对 j 国出口增加,即集约边际增长。

出口的价格边际和数量边际可以表示为：

$$pm = \prod_{m \in I_{ij}} \left[\frac{x_{ij}}{x_{kis}} \right]^{W_{im}} \quad (5)$$

$$qm = \prod_{m \in I_{ij}} \left[\frac{p_{ij}}{p_{kis}} \right]^{W_{im}} \quad (6)$$

pm 为出口国的价格边际, qm 为出口国的数量边际, x_{kis} 和 p_{kis} 分别表示世界出口 i 类商品的总数量和平均价格, W_{im} 衡量 i 国出口 m 类商品的权数, 其定义为:

$$W_{im} = \frac{\frac{S_{im} - S_{km}}{\ln S_{im} - \ln S_{km}}}{\sum_{i \in I_{ij}} \frac{S_{im} - S_{km}}{\ln S_{im} - \ln S_{km}}} \quad (7)$$

S_{im} 和 S_{km} 分别表示对 i 国和世界来说第 m 种商品出口额所占比例, 其定义为:

$$S_{im} = \frac{p_{im} \times x_{im}}{\sum_{m \in I_{ij}} p_{im} \times x_{im}} \quad (8)$$

$$S_{km} = \frac{p_{km} \times x_{km}}{\sum_{m \in I_{ij}} p_{km} \times x_{km}} \quad (9)$$

虽然可以通过集约边际 (im) 判断一国在商品出口上的国际竞争力, 但无法判断竞争力是来自产品的价格还是数量, 因此需要加入数量边际和价格边际进一步判断。将式 (3) 与式 (4) 相乘可得到出口份额指标式 (10)。出口商品种类越多, 或者某种商品出口量越大, 或者某种商品出口价格越高, 都可以导致较高的世界出口份额。

$$R = em \times im = em \times pm \times qm \quad (10)$$

X 为控制变量, 主要包括: ①两国人均 GDP 差距 ($pgdp$), 选取两国人均 GDP 差距作为贸易需求的评价指标, 根据重叠需求理论可知该变量是影响两国贸易合作的重要因素; ②两国产业结构差距 ($stra$), i 国的产业结构以三大产业所占比重加权求和 ($first_i + 2 \times second_i + 3 \times third_i$) 来衡量, 产业内贸易理论指出, 两国产业结构越相似, 相互贸易的倾向就越强; ③两国人口密度差距 ($popdes$), 人口密度会影响一国的信息流动、需求相似度等, 进而对出口边际造成影响, 故将其纳入基准模型; ④是否签订自贸协定 (rta), 自贸协定通过降低贸易壁垒, 有效地促进商品、服务和生产要素在两国间的自由流动。 $pgdp$ 、 $stra$ 和 $popdes$ 指标均来源于 WDI 数据库, rta 由笔者根据 WTO 网站整理得到, 样本时间跨度为 2002~2019 年。

三、回归结果及分析

(一) 基准回归结果

表 1 列 (1) 的检验结果表明, 随着数字基础设施的改善, 一国出口的概率显著提升, 列 (2)~列 (6) 的逆米尔斯比率基本上都具有显著性, 证实 Heckman 两阶

段的合理性。基准回归结果显示数字基础设施与出口扩展边际之间呈现显著的负相关关系,说明数字基础设施发展水平提高抑制了出口产品种类增长。原因可能是:一是随着数字基础设施改善,出口国逐步转向以服务业为主的业态,制造业比重下降,导致出口商品种类减少;二是数字基础设施欠发达的国家大多是发展中国家,一般处于全球价值链的低端加工环节,实行出口导向型贸易政策,出口产品种类较多,而数字经济发展提高了其生产技术水平,加速众多中高端生产环节向其转移,极大减少了其中间产品出口的种类,造成出口扩展边际下降。在集约边际中, di 系数为正值,意味着数字基础设施产生了积极效应,且在价格边际和数量边际中均得到体现。数字基础设施加速信息在国际贸易各个环节中传递,有效促进产品和生产要素在国际间的流动,同时数字基础设施推动数字产业化、产业数字化,大幅增加技术改革和创新活动效率,有利于提高商品和服务的附加值。以上结果表明,虽然数字基础设施改善降低了出口扩展边际,但促进了价格边际和数量边际的影响,并在三者的耦合作用下抑制了出口市场份额的增长。

通过控制变量发现,两国间人均 GDP 差距和人口密度差距越大,或者签订了自贸协定,都有助于贸易的产生;而两国间产业结构差距越大,两国发生贸易的可能性就越低。具体来讲,两国间产业结构和人口密度差距越大,或者签订自贸协定,越有利于出口扩展边际增长,且抑制出口集约边际。人均 GDP 差距抑制了贸易份额增长,在出口扩展边际和集约边际中均得到体现,结合需求相似理论可知,两国间经济差距越大,越容易导致居民需求偏好不相似,降低了贸易发生的可能性。

表 1 基准回归结果

变量	Heckman					
	第一阶段	第二阶段				
	是否出口	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
di	0.1633*** (0.0017)	-0.0045*** (0.0002)	0.0099*** (0.0003)	0.0004*** (0.0001)	0.0145*** (0.0004)	-0.0035*** (0.0002)
$pgdp$	0.0883*** (0.0016)	-0.0005*** (0.0001)	-0.0002 (0.0002)	0.0011*** (0.0000)	-0.0027*** (0.0003)	-0.0001 (0.0001)
$stra$	-0.4647*** (0.0137)	0.0036*** (0.0006)	-0.0022*** (0.0008)	-0.0042*** (0.0002)	-0.0005 (0.0016)	0.0017*** (0.0006)
$popdes$	0.0031** (0.0015)	0.0003*** (0.0000)	-0.0006*** (0.0001)	0.0001*** (0.0000)	-0.0006*** (0.0001)	0.0004*** (0.0000)
rta	0.4312*** (0.0077)	0.0072*** (0.0004)	-0.0117*** (0.0007)	0.0018*** (0.0001)	-0.0167*** (0.0010)	0.0068*** (0.0005)
$comlang$	0.0134* (0.0073)					
IMR		-0.0441*** (0.0024)	0.0009 (0.0043)	0.0109*** (0.0009)	0.0339*** (0.0065)	-0.0317*** (0.0029)
$_{-cons}$	0.0943*** (0.0153)	0.0243*** (0.0017)	0.9642*** (0.0031)	0.9883*** (0.0006)	0.9657*** (0.0046)	0.0163*** (0.0021)
观测量	378,700	378,700	324,327	324,327	378,699	324,327
Wald chi2		5,198.47***	17,250.86***	2,003.57***	8,801.02***	4,781.57***

注: *、** 和 *** 分别表示在 10%、5% 和 1% 统计水平上显著,括号内为标准误。下表同。

（二）稳健性检验 I：变量替换

为验证稳健性，本文采用网络就绪指数（*nri*）作为 *di* 的替代变量进行回归分析。该指标由世界经济论坛（WEF）编制，涵盖了信息通信技术的环境、就绪程度以及应用 3 个方面，从宏观和微观角度较全面地反映了一国的数字基础设施状况，得到广泛应用（Samoilenko and Osei-Bryson, 2019；董有德和米筱筱，2019；李津等，2020；范鑫，2020）。*nri* 数据来源于历年 Global Information Technology Report，时间段为 2009~2016 年，与本文构建的 *di* 指标的相关系数达到了 0.8926，表明两者之间具有较高的相关性。观察表 2 可知，网络就绪指数（*nri*）对出口贸易有显著的积极影响，促进集约边际增长，抑制扩展边际增长，表明替换变量后主要结论仍具有稳定性。控制变量基本上与基准回归结果保持一致，产业结构差距、人口密度差距和贸易伙伴关系对出口扩展边际仍具有促进作用。综合来看，核心结论仍然成立，表明模型具有较高的稳健性。

表 2 稳健性检验的回归结果

变量	Heckman					
	第一阶段	第二阶段				
	是否出口	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>nri</i>	0.2771*** (0.0049)	-0.0065*** (0.0003)	0.0144*** (0.0003)	0.0010*** (0.0001)	0.0178*** (0.0008)	-0.0061*** (0.0004)
<i>pgdp</i>	0.0857*** (0.0025)	-0.0005*** (0.0001)	0.0007*** (0.0001)	0.0009*** (0.0001)	-0.0042*** (0.0003)	-0.0006*** (0.0002)
<i>stra</i>	-0.5096*** (0.0201)	0.0052*** (0.0009)	-0.0069*** (0.0007)	-0.0035*** (0.0003)	0.0048** (0.0019)	0.0054*** (0.0010)
<i>popdes</i>	-0.0046** (0.0023)	0.0004*** (0.0001)	-0.0003*** (0.0001)	-0.0000 (0.0000)	-0.0006*** (0.0001)	0.0004*** (0.0001)
<i>rta</i>	0.4661*** (0.0113)	0.0065*** (0.0005)	-0.0119*** (0.0006)	0.0022*** (0.0002)	-0.0227*** (0.0012)	0.0042*** (0.0008)
<i>comlang</i>	0.0544*** (0.0111)					
<i>IMR</i>		-0.0452*** (0.0036)	-0.0035 (0.0039)	0.0132*** (0.0015)	-0.0270*** (0.0082)	-0.0455*** (0.0051)
<i>_cons</i>	-0.7586*** (0.0227)	0.0454*** (0.0033)	0.9069*** (0.0035)	0.9859*** (0.0013)	0.9349*** (0.0074)	0.0449*** (0.0046)
观测量	200,404	167,793	167,793	200,403	167,793	324,327
Wald chi2		2,115.39***	16,958.43***	381.33***	4,858.0***	1,176.93***

（三）稳健性检验 II：动态面板模型

上一期贸易可能对当期贸易存在滞后效应，因此采用动态面板回归进行稳健性检验（表 3）。可以发现，大部分模型通过了 AR 检验和 Sargan 检验，虽然在采用动态面板模型估计后，*di* 对扩展边际影响的显著性有所下降，但依然为负值，在一定程度上验证了核心结论的稳健性。在集约边际方面，数字基础设施促进了价格边际和数量边际增长，两者耦合对集约边际产生了积极作用，与基准回归结果基本一致。虽然数字基础设施对总效应的影响产生了一定的变化，但 *di* 系数不显著，这个差异并未对核心结论造成显著冲击。

表 3 动态面板回归结果

变量	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>di</i>	-0.0001 (0.0001)	0.0010*** (0.0002)	0.0002*** (0.0001)	0.0004 (0.0004)	0.0001 (0.0001)
<i>pgdp</i>	-0.0001 (0.0001)	0.0005*** (0.0002)	-0.0001 (0.0000)	0.0025*** (0.0005)	-0.0001 (0.0001)
<i>stra</i>	-0.0001 (0.0008)	-0.0012 (0.0017)	-0.0003 (0.0005)	0.0127*** (0.0049)	-0.0008 (0.0008)
<i>popdes</i>	0.0000 (0.0001)	0.0001 (0.0003)	0.0000 (0.0001)	-0.0018 (0.0012)	0.0000 (0.0001)
<i>rta</i>	-0.0002 (0.0003)	-0.0007 (0.0006)	-0.0001 (0.0001)	0.0017 (0.0022)	0.0002 (0.0005)
滞后项	0.2012*** (0.0169)	0.3857*** (0.0329)	0.0005 (0.0509)	-0.0009 (0.0098)	0.1892*** (0.0200)
<i>_cons</i>	0.0051*** (0.0007)	0.5857*** (0.0313)	1.0015*** (0.0510)	0.9399*** (0.0118)	0.0048*** (0.0008)
观测量	242,271	160,055	160,055	242,267	160,055
<i>Wald chi2</i>	147.89***	662.37***	16.40***	44.88***	95.18***
<i>AR(1)</i>	-9.4122***	-18.663***	-7.7137***	-28.49***	-7.6346***
<i>AR(2)</i>	1.8914*	1.4621	-1.4545	0.9425	1.0444
<i>Sargan</i>	169.4256***	327.9478***	284.0934***	665.771***	121.0198

四、进一步讨论

(一) 进一步讨论 I：异质性检验

数字基础设施对出口三元边际的影响可能因国家的经济发展水平、产品要素密集度的不同而呈现差异。结合现实来看，发展中国家的数字基础设施大多落后于发达国家，无论是信息通信技术发展指数（国际电信联盟，ITU）还是网络就绪指数（世界经济论坛，WEF）的排名普遍落后于发达国家，处在不同发展水平的数字基础设施对出口三元边际的影响可能存在差异，对不同要素密集度的产品出口边际也存在差异。因此，有必要从国别和产品的异质性等方面进一步展开分析。本文将研究样本划分为发达国家和发展中国家，并按照谢建国（2003）的方法将产品划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型 3 个子样本进一步进行异质性检验（表 4）。

结果显示，数字基础设施改善对发达国家和发展中国家的出口均有显著的促进作用。对发达国家而言，数字基础设施改善促进了扩展边际增长，不利于集约边际增长，抑制效应主要来源于数量边际，但总体上有利于市场份额增长。对发展中国家而言，数字基础设施对出口扩展边际的负效应大于集约边际的正效应，总效应为负。总体来看，数字基础设施改善对发达国家的正向效应更显著。用产品生命周期理论可以解释为，随着数字基础设施迈向高水平发展，发达国家凭借科技优势不断研发具有高技术、高附加值的新型产品，拓展了出口产品种类，而处于成长期和成熟期的产品逐渐转移到发展中国家生产，从而促进发展中国家出口产品数量增长。

根据产业结构分样本发现，数字基础设施对发达国家全部类型的产品出口份额都具有促进作用，而对发展中国家都具有负效应。其中，数字基础设施发展对发达

国家劳动密集型产品出口的影响最为显著，这可能因为发达国家劳动力成本较高，数字基础设施建设极大减少了劳动密集型产品的出口成本。相反，数字基础设施抑制了发展中国家全部类型产品的扩展边际增长，却促进了集约边际增长，相比劳动密集型产品，对资本密集型和技术密集型产品出口的正向促进效应更大。究其原因，发展中国家进行数字化改革，能够催生更多资本密集型和技术密集型企业，提高资本和技术要素禀赋的比重，实现资源高效配置，摆脱产业链低端的窘境。

表 4 异质性检验结果

样本		Heckman					
		第一阶段	第二阶段				
		是否出口	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
发达国家	全部类型	0.1298*** (0.0073)	0.0050*** (0.0012)	-0.0008*** (0.0003)	0.0002*** (0.0000)	-0.0045*** (0.0013)	0.0025*** (0.0006)
	劳动密集型	0.1751*** (0.0063)	0.0086*** (0.0028)	-0.0022 (0.0015)	-0.0012* (0.0006)	-0.0011 (0.0008)	0.0103** (0.0041)
	资本密集型	0.1499*** (0.0066)	0.0090*** (0.0028)	-0.0041*** (0.0015)	0.0004*** (0.0001)	-0.0052*** (0.0017)	0.0090*** (0.0028)
	技术密集型	0.1525*** (0.0069)	0.0076*** (0.0022)	-0.0023** (0.0009)	0.0001* (0.0001)	-0.0073*** (0.0025)	0.0046*** (0.0013)
发展中国家	全部类型	0.1354*** (0.0023)	-0.0042*** (0.0002)	0.0125*** (0.0004)	0.0001 (0.0001)	0.0117*** (0.0007)	-0.0041*** (0.0003)
	劳动密集型	0.1199*** (0.0023)	-0.0079*** (0.0004)	0.0197*** (0.0007)	0.0003*** (0.0001)	0.0192*** (0.0006)	-0.0073*** (0.0005)
	资本密集型	0.1825*** (0.0023)	-0.0110*** (0.0005)	0.0290*** (0.0006)	-0.0003*** (0.0001)	0.0298*** (0.0006)	-0.0089*** (0.0004)
	技术密集型	0.1795*** (0.0023)	-0.0111*** (0.0005)	0.0343*** (0.0007)	0.0016*** (0.0001)	0.0317*** (0.0007)	-0.0091*** (0.0005)

注：限于篇幅，这里仅报告了 di 项的回归结果。

(二) 进一步讨论 II：传导机制

上文从国别和产品异质性角度重点分析了数字基础设施对出口三元边际的直接影响效应，为进一步寻找前者对后者作用的传导路径，采用中介效应模型探讨数字基础设施能否通过全要素生产率、经济自由度、创新能力等途径对出口三元边际产生影响。中介效应模型的具体形式如下：

$$Y_{it} = \alpha_1 + \alpha_2 di_{it} + \alpha_3 X_{it} + \varepsilon_1 \quad (11)$$

$$Chanel_{it} = \beta_1 + \beta_2 di_{it} + \beta_3 X_{it} + \varepsilon_2 \quad (12)$$

$$Y_{it} = \gamma_1 + \gamma_2 di_{it} + \gamma_3 Chanel_{it} + \gamma_4 X_{it} + \varepsilon_3 \quad (13)$$

其中， $Chanel$ 为中介变量，包括全要素生产率（ TFP ）、经济自由度（ EFI ）和创新能力（ GII ）等指标。 TFP 数据来源于 PWT 数据库^①， EFI 数据来源于《华尔街日报》和全球经济自由度指数（ EFI ）， GII 数据来源于世界知识产权组织（ $WIPO$ ）发布的全球创新指数（ GII ）。在估计中介效应模型时，采用温忠麟等（2004）的方

① <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/>.

法逐步估计解释变量 (di) 通过中介变量 ($Chanel$) 影响被解释变量 (Y) 的传导路径, 表 5 报告了结果。

表 5 中介模型检验结果

变量	中介效应	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
di		-0.0001*** (0.0000)	0.0030*** (0.0001)	0.0002*** (0.0000)	0.0002** (0.0000)	-0.0001** (0.0000)
渠道 1	TFP	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
di	0.0005** (0.0002)	-0.0000 (0.0000)	0.0008*** (0.0000)	0.0001*** (0.0000)	-0.0007*** (0.0002)	-0.0001*** (0.0000)
TFP		-0.0004 (0.0004)	0.0021*** (0.0004)	0.0008*** (0.0002)	0.0029 (0.0031)	-0.0008** (0.0004)
渠道 2	EFI	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
di	0.0114*** (0.0001)	-0.0001** (0.0000)	0.0025*** (0.0001)	0.0002*** (0.0000)	-0.0000 (0.0003)	-0.0001* (0.0000)
EFI		-0.0002 (0.0011)	0.0076*** (0.0016)	0.0027*** (0.0005)	0.0152** (0.0066)	-0.0010 (0.0011)
渠道 3	GII	扩展边际	集约边际	价格边际	数量边际	总效应
di	0.0051*** (0.0197)	0.0001 (0.0001)	0.0010*** (0.0002)	0.0001 (0.0001)	-0.0025*** (0.0009)	0.0001 (0.0001)
GII		0.0001 (0.0016)	0.0131*** (0.0025)	0.0023** (0.0009)	-0.0109 (0.0135)	-0.0008 (0.0016)

注: 限于篇幅, 这里仅报告了 di 项和中介变量的回归结果。

表 5 第 2 行是式 (11) 的回归结果, 可以发现, di 在各模型中均发挥了显著作用且影响方向与上文一致, 意味着数字基础设施对出口三元边际的各指标均存在显著的直接效应, 即主效应存在, 具备中介效应的检验条件。表 5 第 2 列为式 (12) 的回归结果, 可以发现, di 对 3 个中介变量均存在显著影响, 表明 TFP 、 EFI 和 GII 能够成为数字基础设施发挥作用的中介渠道。在出口三元边际涉及各指标中, 3 个渠道对扩展边际的影响并不显著, 表明数字基础设施未能通过它们对出口扩展边际产生影响。在集约边际的相关模型中, di 系数均显著为正且系数比直接效应模型均有所减少, 而各中介变量的系数均显著为正, 表明数字基础设施能够通过 3 个渠道对出口集约边际发挥影响作用。进一步结合价格边际和数量边际的结果可知, 数字基础设施在 3 个渠道中主要通过影响价格边际对出口集约边际产生影响。

五、结论与政策建议

本文通过全局主成分法估计了 222 个国家 2002~2019 年的数字基础设施发展指标, 并计算了基于微观产品层面的出口三元边际, 进而探讨数字基础设施对出口三元边际的影响。研究发现, 数字基础设施主要促进出口集约边际增长, 通过价格边际和数量边际两条渠道实现, 但数字基础设施抑制了出口扩展边际的增长。按国别和产品层级划分样本进行深入探讨发现, 数字基础设施改善促进发达国家扩展边际和价格边际的增长, 促进发展中国家集约边际增长, 但抑制其扩展边际增长; 其中, 数字基础设施发展水平对发达国家劳动密集型产品出口的影响最为显著, 而对发展中国家资本密集型产品出口的正向促进效应更大。此外, 基于中介效应模型发现,

全要素生产率、经济自由度和创新能力在数字基础设施影响出口三元边际过程中发挥中介作用，并主要体现在集约边际上。

基于以上结论，本文提出以下政策建议。数字基础设施凭借其开放共享、互联互通的特性，成为发达国家和发展中国家出口贸易产生的有利因素，为世界经济发展提供活力，因此加快推进数字基础设施建设成为我国推动高水平开放的迫切需要。研究表明，发达国家享受数字基础设施带来的红利更大，发展中国家应努力弥补与发达国家之间的“数字鸿沟”，提高数字基础设施建设水平。此外，我国应强化创新发展驱动战略，引导企业通过研发创新、技术变革推动传统产业结构转型升级，鼓励和培养创新型人才，加强自主创新能力。这对于改变我国制造业长期处于全球价值链中低端的窘境，培育高科技领域的竞争优势，实现经济高质量发展具有重要意义。最后，应强化数字经济在全球范围内的互利合作。扩大我国在数字化领域的话语权，同时拓展互利合作空间，充分发挥数字基础设施战略作用，积极推动经济全球化朝更加包容并进、互利共赢的方向发展。

参考文献：

- [1] 白东北等. 产业集聚与中国企业出口：基于创新要素流动视角 [J]. 国际贸易问题, 2021, (2).
- [2] 曹玉平. 互联网普及、知识溢出与空间经济集聚——理论机制与实证检验 [J]. 山西财经大学学报, 2020, 42(10).
- [3] 钞小静等. 新型数字基础设施如何影响对外贸易升级——来自中国地级及以上城市的经验证据 [J]. 经济科学, 2020, (3).
- [4] 陈晓红等. 数字经济理论体系与研究展望 [J]. 管理世界, 2022, 38(2).
- [5] 董有德, 米筱筱. 互联网成熟度、数字经济与中国对外直接投资——基于 2009~2016 年面板数据的实证研究 [J]. 上海经济研究, 2019, (3).
- [6] 段文奇, 刘晨阳. 贸易便利化、企业异质性与多产品企业出口 [J]. 国际贸易问题, 2020, (5).
- [7] 范鑫. 数字经济发展、国际贸易效率与贸易不确定性 [J]. 财贸经济, 2020, 41(8).
- [8] 韩宏钻, 胡晓丹. “一带一路”交通基建项目带来了沿线地区出口贸易增长吗？——基于三元边际视角 [J]. 投资研究, 2020, 39(12).
- [9] 黄群慧等. 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).
- [10] 靳景等. 数字基础设施创新的模块化共演路径——基于公共卫生应急治理的案例研究 [J]. 科学学研究, 2020, (10).
- [11] 李津等. 数字基础设施与全球价值链升级：机制与效用 [J]. 学习与探索, 2020, (10).
- [12] 吕波, 黄惠. 贸易便利化、贸易壁垒与出口贸易发展关系研究——基于三元边际视角的分析 [J]. 价格理论与实践, 2019, (6).
- [13] 钱学锋. 企业异质性、贸易成本与中国出口增长的二元边际 [J]. 管理世界, 2008, (9).
- [14] 钱学锋, 熊平. 中国出口增长的二元边际及其因素决定 [J]. 经济研究, 2010, 45(1).
- [15] 曲丽娜, 刘钧霆. 经济政策不确定性对中国出口三元边际的影响——来自高技术产品的证据 [J]. 国际经贸探索, 2020, 36(5).
- [16] 施震凯等. 交通基础设施改善与生产率增长：来自铁路大提速的证据 [J]. 世界经济, 2018, 41(6).
- [17] 施震凯等. 数字基础设施对就业变动的影响——来自制造业的证据 [J]. 河海大学学报 (哲学社会科学版), 2021, 23(5).
- [18] 孙杰. 从数字经济到数字贸易：内涵、特征、规则与影响 [J]. 国际经贸探索, 2020, 36(5).
- [19] 王勇, 黎鹏. 信息通信基础设施对东盟全要素生产率的影响 [J]. 亚太经济, 2019, (2).
- [20] 温忠麟等. 中介效应检验程序及其应用 [J]. 心理学报, 2004, (5).

- [21] 谢建国. 外商直接投资与中国的出口竞争力——一个中国的经验研究[J]. 世界经济研究, 2003, (7).
- [22] 闫先东, 朱迪星. 基础设施投资的经济效率: 一个文献综述[J]. 金融评论, 2017, 9(6).
- [23] 叶初升, 任兆柯. 互联网的经济增长效应和结构调整效应——基于地级市面板数据的实证研究[J]. 南京社会科学, 2018, (4).
- [24] 张化尧等. 数字经济的演进: 基于文献计量分析的研究[J]. 燕山大学学报(哲学社会科学版), 2020, (3).
- [25] 张鹏杨等. 产业政策如何影响企业出口二元边际[J]. 国际贸易问题, 2019, (7).
- [26] 张奕芳. 互联网内生贸易、网址链接数据与增长边际效应——理论模型及来自中国的经验证据[J]. 当代财经, 2017, (9).
- [27] 郑世林等. 电信基础设施与中国经济增长[J]. 经济研究, 2014, 49(5).
- [28] Bao, X., Qiu, L. How Do Technical Barriers to Trade Influence Trade? [J]. Review of International Economics, 2012, 20(4).
- [29] Brent, R. M., Steven, L. GDP and the Digital Economy: Keeping up with the Changes [J]. Understanding the Digital Economy Data, 1999, 4(5).
- [30] Datta, A., Agarwal, S. Telecommunications and Economic Growth: A Panel Data Approach [J]. Applied Economics, 2004, 36(15).
- [31] Eaton, J., et al. An Anatomy of International Trade: Evidence from French Firms [J]. Econometrica, 2011, 79(5).
- [32] Felbermayr, G. J., Kohler, W. Exploring the Intensive and Extensive Margins of World Trade [J]. Review of World Economics, 2006, 142(4).
- [33] Helpman, E., et al. Estimating Trade Flows: Trading Partners and Trading Volumes [J]. Quarterly Journal of Economics, 2018, 123(2).
- [34] Hummels, D., Klenow, P. J. The Variety and Quality of a Nation's Exports [J]. American Economic Review, 2005, 95(3).
- [35] Martina, L. Deconstructing Gravity: Trade Costs and Extensive and Intensive Margins [J]. Canadian Journal of Economics, 2010, 43(4).
- [36] Samoilenko, S., Osei-Bryson, K. Representation Matters: An Exploration of the Socio-economic Impacts of ICT-enabled Public Value in the Context of Sub-Saharan Economies [J]. International Journal of Information Management, 2019, 49.
- [37] Tapscott, Don. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence [M]. New York: McGraw-Hill, 1996.

The Impact of Digital Infrastructure on the Three Margins of Export : Evidence from the Micro Level

SHI Zhenkai ZHANG Nengjing

Abstract: Based on the export data of HS-6 products from 222 countries from 2002 to 2019, this paper estimates the three margins of export of each country, and then uses the Heckman two-stage model to explore the impact of digital infrastructure on the three margins of export. It is found that digital infrastructure inhibits the growth of export extensive margin, but has a positive effect on price margin and quantity margin. Although the overall effect of the three coupling factors is negative, this phenomenon mainly occurs in developing countries, and the improvement of digital infrastructure plays a positive role in the export trade of developed countries, and this effect is also different due to the heterogeneity of products. Further discussion shows that total factor productivity, economic freedom and innovation ability can play a mediating role in the process of digital infrastructure influencing the triple margin of export, and the intensity margin is mainly reflected in the process.

Keywords: digital infrastructure; the three margins; Heckman two-stage model; the mediation effect

(责任编辑: 梁丽华)