

互联网对制造业出口技术复杂度影响研究

李晓钟, 李蓉

(杭州电子科技大学 经济学院, 浙江 杭州 310018)

[摘要] 文章基于2008—2017年40个国家的面板数据,构建固定效应、中介效应和门槛效应模型,实证检验并探讨了互联网对制造业出口技术复杂度的影响及内在机制。研究发现,互联网发展水平能显著促进制造业出口技术复杂度的提升,且存在异质性,互联网对高收入国家和技术密集型制造业出口技术复杂度的提升作用更大;同时,互联网发展水平还能通过扩大经济规模和激励研发创新两种间接效应对制造业出口技术复杂度产生积极作用。此外,互联网对制造业出口技术复杂度的影响还存在“边际效应”非线性递增的特点。文章最后探讨了相应的对策建议,以期为我国基于互联网、大数据等新一代信息技术发展提升制造业出口技术复杂度提供有益的思路。

[关键词] 互联网; 制造业; 出口技术复杂度; 中介效应; 门槛效应

[中图分类号] F746.12; F49

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-6973(2023)01-0035-15

一、问题提出与文献回顾

随着工业互联网的蓬勃发展,新一代信息技术与制造业深度融合,国际产业分工格局也正在重塑。近年来,美欧等发达国家都把互联网等信息技术产业发展纳入国家战略,鼓励信息技术和制造业融合升级,以谋求抢占制高点、强化新优势。我国也高度重视互联网等数字技术在制造业转型升级中的重要作用。2020年5月,李克强总理在《政府工作报告》中进一步强调,要推动制造业转型升级和新兴产业发展,深入推进“互联网+先进制造业”的融合发展模式,为实现中国智造打下坚实基础。但是,由于研发创新不足等原因,中国企业仍处于全球价值链中低端,整体的出口技术复杂度较低。在中国经济步入高质量发展的背景下,研究互联网对一国制造业出口技术复杂度的影响机理对于推动制造业向信息化和智能化转型升级具有重要的现实意义。

近年来国内外学者围绕互联网发展对进出口贸易的影响展开了一系列的研究,例如:Lin采用200多个国家16年间的双边贸易数据,分析了互联网对国际贸易的影响,发现互联网可以降低交易者的信息成本,并显著促进出口额的提升^[1];温珺等利用修正引力模型发现互联网的使用能够促进我国进出口额的整体增长,其中发达国家最为明显^[2];潘申彪和王剑斌研究发现互联网发展差距对

[收稿日期] 2022-07-27

[基金项目] 国家社会科学基金重大项目“互联网融合产业经济理论与政策研究”(17ZDA054)。

[作者简介] 李晓钟(1964—),女,江苏无锡人,浙江大学博士、博士后,杭州电子科技大学经济学院院长、教授、博士生导师,主要研究方向为数字经济、国际贸易、产业发展;李蓉(1999—),女,安徽合肥人,杭州电子科技大学经济学院硕士研究生,主要研究方向为国际贸易、数字经济。

中国与“一带一路”沿线主要国家出口贸易的发展存在一定制约^[3];张奕芳和刘富华认为互联网是提高我国出口效率的主要因素,且不同类型商品的出口效率存在差异^[4];岳云嵩和李兵基于阿里巴巴大数据研究发现,网络电商平台能够显著提高企业进入出口市场的概率,并且促进国家和产品广延边际的提升^[5]。

有关互联网发展水平的评价目前尚没有官方的统一标准。一种是利用互联网普及率或者网民数等单一指标反映互联网通信能力。单一指标测算法的弊端在于研究结果可能因指标选取具有主观性和片面性而无法全面反映出互联网的综合水平,于是许多学者开始在单一指标的基础上采用多个指标同时反映一国互联网的能力。卢福财和金环采用衡量互联网使用情况的网民人口比例(每百人)作为互联网发展的代理变量,发现互联网水平通过出口贸易这一中介机制促进制造业升级^[6]。刘德学和吴旭梅基于互联网发展数量和质量两个角度,采用固定宽带订阅量和固定宽带速度考察互联网发展对全球价值链参与度的影响^[7]。另一种是通过构建指标体系或者模型来衡量互联网的发展水平。韩先锋等从互联网普及、互联网基础设施、互联网信息资源、互联网商务应用和互联网发展环境五个角度构建互联网发展水平的指标体系^[8]。李晓钟和王欢从基础设施、产业技术、知识支撑以及应用消费四个方面组成互联网水平评价指标体系,探究互联网水平对我国经济发展影响的地区差异^[9]。

出口技术复杂度作为衡量一国制造业高质量发展的重要指标,近年来学者们从国家宏观层面到行业中观层面再到企业微观层面对其进行了较为全面的探讨。其一,对出口技术复杂度的影响因素展开了丰富的研究。盛斌和毛其淋从企业和行业两个层面进行经验研究,发现进口贸易自由化显著提高了企业出口技术复杂度,且中间品关税减让对企业出口技术复杂度的促进作用大于最终品关税减让^[10]。卓乘风和邓峰将互联网技术的发展纳入异质性企业贸易模型,研究发现互联网发展可以通过改善资源配置效率进而显著提升中国制造业出口技术水平^[11]。杨亚平和张侠认为在“一带一路”倡议提出前后,中国对外直接投资对沿线国家出口技术复杂度的作用由不明显转变为正向促进,且随着其经济发展水平呈“U”型^[12]。此外,还有学者认为基础设施、金融发展、制度质量、外商投资等对出口技术复杂度产生影响。其二,对一国出口技术复杂度的测算,目前主要是基于 Hausmann 等提出的两步法来测算:第一步先测算出各贸易子项下每一种出口品的技术复杂度,第二步则利用出口产品的技术复杂度计算一国出口商品结构的总体复杂度^[13]。杜修立和王维国认为要以产品的生产分布为基础计算出口技术复杂度^[14]。Wang 和 Wei 利用出口差异指数衡量出口技术复杂度,发现中国与日本、欧盟多国的出口比例有明显差异,出口结构却趋于相似^[15]。代中强基于地区层面出口数据和地区层面人均 GDP,将出口技术复杂度的计算扩展到中国省际层面^[16]。陈虹和王蓓将增加值贸易理论扩展到产业领域出口技术复杂度的测度,研究发现制造业生产性服务化可以通过提升企业全要素生产率和降低成本等机制来提升制造业出口技术复杂度^[17]。

本文从理论机制上分析了互联网与制造业出口技术复杂度的内在联系。在互联网时代背景下,企业将区域“碎片化”知识相互融合创造新知识,形成全面的、开放的创新框架,降低创新过程中的交易成本,在推动产品创新的同时,实现供应链持续发展。本文从实证角度验证了互联网会促进制造业出口技术复杂度提升的假说,渠道分析表明,互联网会通过扩大一国经济规模和研发投入强度来提升微观主体的创新活力,进一步推动制造业出口技术复杂度的提升,门槛检验得出,当一国经济规模和研发投入跨越门槛值,互联网提升效应更为明显。此外,异质性研究发现,互联网更有

利于高收入国家、技术密集度高的行业的出口技术复杂度的提升。本文通过多次稳健性检验,验证了结论的可靠性。

本文的边际创新和贡献在于以下三个方面:其一,梳理了互联网水平对制造业出口技术复杂度的理论机制,不仅分析了互联网水平对制造业出口技术复杂度的直接传导机制,也从扩大经济规模和激励研发创新两个渠道分析其间接影响机制;其二,与既有文献相比,本文还利用门槛模型进一步探讨了互联网对制造业出口技术复杂度提升的正向非线性递增效应;其三,基于国家类型和商品类型验证了互联网水平对制造业出口技术复杂度影响效应的异质性,以期为我国基于互联网更好地促进制造业出口技术复杂度的提升提供有益思路。

二、理论分析与研究假设

(一)互联网影响制造业出口技术复杂度的内在机制

近年来,互联网、大数据、区块链等新一代信息技术在扩大市场需求、淘汰落后产能、加快研发创新等方面发挥了较大作用,从而推动传统制造业向智能制造转型迈进。首先,互联网的发展会激发产品的多样化需求,促进产品市场数量和种类的变化,这是推动产业高度化、智能化的关键因素;其次,对于制造业等传统企业来说,互联网平台凭借其便捷的信息交流,为企业决策提供信息来源和信息基础,这在很大程度上优化了商品交易流程和改善成本能耗;最后,随着数字化技术的发展,信息通信网络等基础设施不断完善,以互联网的大数据和云计算等优势,进一步实现生产要素的合理配置,传统制造业可以将更多资源投入到研发创新环节,使得出口技术复杂度得到提升。因此,本文提出如下研究假设。

H1:互联网发展可以有效提升制造业的出口技术复杂度。

(二)互联网影响制造业出口技术复杂度的主要路径

目前国内外学者试图从多个角度探究互联网对制造业的影响。互联网与制造业的融合不仅为国际贸易增添了创新活力,同时还可以快速、高效地传递信息,最大限度地降低各环节的成本。随着互联网与实体经济的融合,制造业产业链的上、中、下游各个环节开始出现信息不对称的问题。互联网作为一种技术,一方面可以提高信息的透明度,为商品和服务贸易提供交换空间,促进贸易额的增加;另一方面,互联网的应用打破了地理时空的限制,增加了出口商进入国际市场的机会,极大地推动了信息跨国界的传递和效率变化。李金城和周咪咪认为互联网的发展加强了市场主体获取、处理和传递信息的能力,进一步降低了信息成本,使企业的单位产出成本实现节约,进而对贸易模式和出口复杂度产生影响^[18]。谭用等提出互联网深化会影响信息交流成本,进而影响贸易成本^[19]。也有文献将贸易成本划分为固定成本和可变成本,如 Melitz 基于异质性贸易理论模型研究发现,互联网可以降低企业的固定成本和可变成本,进而提升国际贸易的扩展边际和集约边际^[20]。鞠雪楠等利用中小企业跨境电商平台“敦煌网”的跨境出口数据,发现跨境电商能够有效降低国际贸易中的固定成本(如市场规模),但对可变成本(如关税)更加敏感^[21]。

互联网作为一种资源投入要素,还可以通过促进产品和流程创新提升一国制造业的全要素生产率,进而增强出口技术复杂度。互联网的发展一方面降低了企业获取新技术、新知识的难度,为企业间的沟通和协作提供了机会,促进了企业生产率和创新绩效的提升。黄群慧等提出互联网有利于全球资源的充分利用以及制造业的分工协作,进而推动制造业技术创新及转型升级^[22]。郭然

等认为互联网具有加快企业技术创新和知识扩散的内在性,从而能够有效降低创新成本和提高创新效率^[23]。另一方面,互联网的发展极大地促进了劳动分工和人才流动,提升了制造业生产的专业化水平。因此,本文提出如下研究假设。

H2:互联网水平可以通过扩大经济规模、激励研发创新两种路径推动制造业出口技术复杂度的提升。

(三)互联网对制造业出口技术复杂度影响的非线性效应

新经济的驱动力量是网络经济,计算机网络先驱梅特卡夫曾提出,一个网络的价值和这个网络节点数的平方成正比,因而网络上的“节点”即用户越多,网络的整体价值越大。随着新节点的接入,网络价值非线性增长,对原来的节点而言,从网络获得的价值也会越大。网络效应的存在意味着企业若能在市场竞争中快速占领市场、获得足够多的客户,企业就会吸引更多的客户或供应商创造出更大的价值;反之,负反馈机制就会发生作用^[24]。随着大数据、云计算等技术的发展,多方参与者的加入使得各部门之间联动的边际成本持续下降,参与者从中获取的收益呈几何式增长,且这种趋势随着数字经济的发展而愈发明显^[25]。惠宁和刘鑫鑫实证发现互联网发展对区域创新能力存在边际报酬递增的正向非线性影响^[26]。

经济发展较好、市场较发达的国家拥有比较完整的产业链和基础设施,其低成本竞争优势更明显。党琳等提出 ICT 基础设施是触发工业互联网网络效应的必要条件,企业间广泛深入的网络连接为多元创新主体的交汇提供了可能^[27]。与此同时,互联网的发展对技术创新能力提出了更高要求,一国的研发投入强度直接影响互联网对其制造业出口技术复杂度的提升作用。具体而言,研发投入强度的提高能够加速知识和技术在不同国家间的扩散,创新示范效应和竞争效应得以强化,推动了互联网与制造业生产经营各环节各领域的深度融合应用。因此,当一个地区经济规模和研发投入强度较为领先时,互联网对制造业出口技术复杂度产生的积极作用更强。为此,本文提出如下研究假设。

H3:互联网对制造业出口技术复杂度的提升具有边际递增的非线性特征,且经济规模和研发投入强度在互联网对制造业出口技术复杂度的影响中存在门槛效应。

三、研究设计与数据说明

(一)模型构建

1. 基准模型

为检验上述假设,首先进行豪斯曼检验,结果显示模型 P 值近乎接近 0,故选择构建固定效应模型如式(1)所示。

$$\text{Inexpy}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \text{Innet}_{it} + \alpha_c Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

上式中, expy_{it} 表示制造业的出口技术复杂度, net_{it} 表示各个国家的互联网水平, Z_{it} 为控制变量,模型中还加入个体效应 μ_i 和时间效应 δ_t , ϵ_{it} 为残差项,下标 i 和 t 分别表示国家和时间。

2. 中介效应模型

基于上文分析,除了上式(1)所体现的直接效应,还应考虑互联网水平对制造业出口技术复杂度的间接效应,对此本文采用逐步回归的中介效应模型检验其传导机制,构建模型如下:

$$\text{Meditor}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Innet}_{it} + \beta_c Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

$$\text{Inexpy}_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \text{Innet}_{it} + \gamma_2 \text{Meditor}_{it} + \gamma_c Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \epsilon_{it} \quad (3)$$

其中, Meditor_{it} 为中介变量, 包括经济规模 (pgdp) 和研发投入 (rd), 具体的检验思路如下: 首先对式 (1) 进行估计, 在变量互联网发展水平系数 α_1 显著性通过检验的基础上, 分别构建式 (2) 和式 (3), 通过系数 β_1 、 γ_1 和 γ_2 等回归系数显著性判断中介效应是否存在。

3. 门槛模型

对于间接传导机制的实证检验除了中介效应模型以外, 还可以考虑互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的非线性动态溢出效应。因此, 本文基于 Hansen 提出的非动态面板门槛模型^[28], 构建模型如式 (4) 所示。

$$\text{Inexpy}_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \text{Innet}_{it} * I(\text{Adj}_{it} \leq \theta) + \varphi_2 \text{Innet}_{it} * I(\text{Adj}_{it} > \theta) + \varphi_c Z_{it} + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (4)$$

上式中, Adj_{it} 为经济规模 (pgdp) 和研发投入 (rd) 等门槛变量, θ 为门槛值, $I(\cdot)$ 为指示函数, 括号内条件满足时取 1, 否则取 0, 其他变量含义同上。式 (4) 考虑的都是单门槛的情形, 可以根据实际情况扩展为多门槛情形。

(二) 变量测度与数据说明

1. 被解释变量: 制造业出口技术复杂度

出口技术复杂度最早是由 Hausmann 等^[13]提出。本文引用王直等通过产业部门的前向联系构建的“新 RCA 指数”^[29], 该指数的计算公式如式 (5) 所示。

$$\text{NRCA}_i^k = \frac{(\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k) / \sum_i (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k)}{\sum_k (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k) / \sum_k \sum_i (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k)} \quad (5)$$

上式中, NRCA_i^k 代表 k 国 i 行业的新 RCA 指数, vax_f_i^k 代表 k 国 i 行业生产增加值以最终产品和中间品形式出口且被国外吸收的部分, rdv_i^k 代表生产增加值以中间产品形式出口, 但最终返回国内的部分, 分子表示某国家该行业出口增加值占该国总出口增加值的比例, 分母表示所有国家该行业出口增加值占全球总出口增加值的比例。

本文对该指标的权重进行修正, 以消除引进国外技术的影响。修订后的出口技术复杂性指数为

$$\text{PRODK}_i = \sum_k \frac{(\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k) / \sum_i (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k)}{\sum_k (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k) / \sum_k \sum_i (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k)} Y^k \quad (6)$$

上式中, PRODK_i 为 i 行业的出口技术复杂度, Y^k 为 k 国的人均 GDP, 通过计算 PRODK_i , 可以得到 k 国的出口技术复杂度 (EXPY_k), 如式 (7) 所示。

$$\text{EXPY}_k = \sum_i \frac{(\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k)}{\sum_i (\text{vax_f}_i^k + \text{rdv}_i^k)} \text{PRODK}_i \quad (7)$$

在与出口技术复杂度相关的研究中, 大多数学者都使用 WIOD 数据库所发布的世界投入产出表。但由于 WIOD 数据并不是很全面, 不适合本文的分析需求, 故本文选用 UIBE 全球价值链数据库中的出口增加值数据, 并借鉴樊茂清和黄薇的行业分类^[30], 按不同要素密集度把制造业划分为劳动密集型产业、资本密集型产业和技术密集型产业^①。

① 劳动密集型产业: 食品、饮料制造及烟草业、纺织品及服装制造业、皮革毛皮羽毛及鞋类制品、木材加工及木制品。资本密集型产业: 造纸、印刷及出版业、石油精炼及核燃料、化工原料及化学制品、橡胶与塑料制品、非金属矿物制品。技术密集型产业: 金属冶炼及压延加工业、机械制造业、电子电气及光学设备、交通运输设备制造业、其他制造业及资源再循环利用、电力燃气水的生产及供应。

2. 核心解释变量:互联网发展水平

现有文献中关于互联网的度量标准尚未统一,且涉及测度互联网的研究大多停留在省市级层面。世界银行近年来采用互联网用户数、固定电话用户数、移动电话用户数三个指标来衡量全球各国互联网发展的差距,这类指标更好地反映了近年来互联网使用从一般互联网到固定宽带和手机移动互联网三种不同阶段的技术变迁。本文根据世界银行全球宏观数据库提供的数据,借鉴韩剑等构造的互联网发展综合指数^[31],选取每百人固定宽带用户数($\text{net}_{it,1}$)、每百人移动电话用户数($\text{net}_{it,2}$)以及每百人互联网用户数($\text{net}_{it,3}$)三个指标的几何加权平均数来衡量一国或地区互联网的发展和使用水平。互联网发展综合指数测算方法如式(8)所示。

$$\ln \text{net}_{it} = (\text{net}_{it,1} \times \text{net}_{it,2} \times \text{net}_{it,3})^{1/3} \quad (8)$$

3. 其他控制变量

考虑到数据的可得性,本文选取的样本为40个主要贸易国家^①,这些国家2008—2017年的年均制造业出口增加值占全球制造业出口增加值总额的比例超过80%,其中,2017年这些国家制造业出口增加值占比高达91.92%。借鉴现有文献,本文选取的控制变量如下:贸易开放度(open),用一国进出口贸易总量占GDP(国内生产总值)的比例来衡量;基础设施总体质量(fra),用世界经济论坛发布的全球竞争力指数报告中各国基础设施总体质量指数来衡量;进口贸易(import)和外商直接投资(fdi),两者带来的技术溢出效应能够促进一国企业的自主研发和创新,其中进口贸易用制造业进口占商品进口比例来衡量,外商直接投资用外商投资净流入来衡量;制度环境(free),借鉴唐海燕和张会清的研究^[32],用Fraser Institute发布的经济自由度指数作为样本国制度环境的代理变量;经济规模(pgdp),用一国人均国内生产总值来衡量;研发投入(rd),用一国专利申请数来衡量。除基础设施总体质量(fra)和制度环境(free)变量外,其他数据均来自世界银行。考虑到平稳性问题和变量量纲的影响,本文对各变量均取对数,主要变量描述性统计特征如表1所示。

表1 主要变量描述性统计

变量	变量名称	观察值	中间值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	lnexpy	400	10.5484	1.7416	6.0886	13.8157
解释变量	lnnet	400	3.9023	0.5670	1.1865	4.4027
	lnopen	400	4.3531	1.1242	2.4862	8.2911
	lnfra	400	1.5794	0.2119	0.9073	1.9128
控制变量	lnfdi	400	1.6660	1.2655	-4.8423	4.6052
	lnfree	400	4.2052	0.1212	3.9080	4.4200
	lnimport	400	4.1838	0.1535	3.6513	4.4373
中介变量	lnpgdp	400	9.9076	1.0093	6.8648	11.6854
	lnrd	400	7.4931	2.5798	0.6931	14.0352

① 40个国家为澳大利亚、奥地利、比利时、保加利亚、巴西、加拿大、瑞士、中国、塞浦路斯、捷克共和国、德国、丹麦、西班牙、爱沙尼亚、法国、英国、希腊、匈牙利、印度尼西亚、印度、意大利、日本、韩国、立陶宛、卢森堡、拉脱维亚、墨西哥、马耳他、荷兰、波兰、葡萄牙、俄罗斯联邦、斯洛伐克共和国、斯洛文尼亚、瑞典、土耳其、美国、泰国、哈萨克斯坦、巴基斯坦。

四、互联网对制造业出口技术复杂度影响的实证检验

(一)基准回归分析

表 2 显示了互联网水平对制造业出口技术复杂度的基准回归结果:第(1)列为随机效应模型,结果显示一国制造业出口技术复杂度与互联网水平呈显著正相关关系,互联网对制造业出口起到了促进作用;第(2)列加入控制变量后互联网水平仍正向显著;第(3)列和第(4)列控制了国家和年份效应,结果显示互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的影响同样显著为正,加入控制变量后且在其他条件不变的情况下,互联网水平每提高 1%,平均意义上将使国家的制造业出口技术复杂度提高约 0.3079%。上述分析验证了假设 1。

表 2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnexpy	lnexpy	lnexpy	lnexpy
lnnet	0.3003*** (0.0375)	0.3143*** (0.0414)	0.3639*** (0.0443)	0.3079*** (0.0468)
lnopen		0.0417 (0.0677)		-0.1196* (0.0628)
lnfra		0.0270 (0.1009)		-0.1107 (0.0786)
lnfdi		-0.0048 (0.0071)		0.0201*** (0.0076)
lnfree		0.4754* (0.2830)		0.3709* (0.2089)
lnimport		-0.2608** (0.1161)		0.3055*** (0.1035)
个体效应			YES	YES
时间效应			YES	YES
观测值	400	400	400	400
R ²	0.1513	0.1891	0.5040	0.5481
F-statistic			35.56	27.90

注: *、** 和 *** 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平,括号内数值为稳健标准误

(二)稳健性检验

1. 工具变量法

为有效规避可能存在的内生性问题,本文借鉴黄群慧等的研究方法^[22],选取各国 1998 年每百万人固定电话数量与上一年互联网普及率(与时间相关)的交叉项,作为本年互联网水平的工具变量,基于面板工具变量模型对互联网发展水平与出口技术复杂度之间的关系进行检验。表 3 第(1)列显示了 2SLS 回归结果,Wald F 检验拒绝原假设,LM 统计量对应 P 值在 1% 的水平下显著,表明在一定程度上控制内生性问题后,互联网对制造业出口技术复杂度仍有正向影响。同时,本文还选取互联网发展水平滞后一期作为另一个工具变量,回归结果见表 3 第(2)列,结果依然稳健。

2. 替换变量法

为检验上述结果稳健性,本文参照刘德学和吴旭梅的研究^[7],将互联网发展水平指标分别替换

为固定宽带的订阅量(每百人)和固定宽度速度,这两个指标较为全面真实地反映了一国信息通信技术发展水平。回归结果见表3第(3)(4)列所示,lnnet的系数均在1%的水平下显著为正,与基准回归结果相同。

3. 剔除特殊样本

考虑到部分样本国家的经济发展水平较低,导致其互联网发展水平远远落后于其他国家,为保证检验结果的稳健性,此处剔除互联网发展水平后5%的国家来研究互联网对制造业出口技术复杂度的影响效果,由表3第(5)列可知,结果显示lnnet系数的显著性仍保持一致。

表3 稳健性检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	lnexpy	lnexpy	lnexpy	lnexpy	lnexpy
lnnet	0.2015*** (0.0557)	0.2509*** (0.0606)	0.1590*** (0.0346)	0.0344*** (0.0104)	0.2433*** (0.0528)
lnopen	-0.1701*** (0.0637)	-0.1470** (0.0624)	-0.1961*** (0.0624)	-0.1895*** (0.0656)	-0.1373** (0.0653)
lnfra	-0.1364* (0.0779)	-0.0475 (0.0782)	-0.1273 (0.0811)	-0.1472* (0.0821)	-0.1000 (0.0884)
lnfdi	0.0204*** (0.0075)	0.0135* (0.0077)	0.0218*** (0.0078)	0.0219*** (0.0079)	0.0200*** (0.0076)
lnfree	0.4363** (0.2069)	0.3053 (0.2085)	0.4415** (0.2147)	0.4673** (0.2180)	0.3528 (0.2167)
lnimport	0.2728*** (0.1026)	0.3190*** (0.1039)	0.2586** (0.1061)	0.2380** (0.1074)	0.2848*** (0.1048)
个体效应	YES	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES	YES
观测值	400	360	400	400	380
R ²	0.5414	0.5805	0.5208	0.5070	0.5254
F-statistic	25.48	29.32	25.00	23.65	24.14

注: *、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平,括号内数值为稳健标准误

(三)中介效应模型

上述基准回归结果验证了互联网水平对制造业出口技术复杂度存在正向影响作用,基于此,为检验假说2的影响机制,本文构建中介效应模型进行回归,结果如表4所示,其中第(1)(2)列是以经济规模为中介变量得出的估计结果,第(3)(4)列是以研发投入作为中介变量得出的估计结果。由于第一步基准回归结果在上文中已经验证,可以看到在表4第(1)(3)列中,互联网发展水平(lnnet)的系数均在1%的水平下显著为正,说明互联网发展水平能够促进一国经济发展,提升研发创新水平。接下来将互联网发展水平和中介变量同时加入回归模型,第(2)和(4)列结果显示经济规模(lnpgdp)和研发投入(lnrd)的系数都正向显著,表明经济发展水平和研发创新水平的提高均能促进制造业出口技术复杂度的提升,互联网水平的系数通过显著性检验,中介效应占总效应的比例分别为42.54%和11.38%,以上检验说明中介效应显著,假说2得以验证。

表 4 中介效应检验回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnpgdp	lnexpy	lnrd	lnexpy
lnnet	0.2365*** (0.0354)	0.1769*** (0.0452)	0.4333*** (0.1117)	0.2729*** (0.0470)
lnpgdp		0.5538*** (0.0646)		
lnrd				0.0809*** (0.0222)
lnopen	-0.6424*** (0.0476)	0.2362*** (0.0706)	-0.4641*** (0.1500)	-0.0821 (0.0626)
lnfra	-0.0293 (0.0595)	-0.0944 (0.0715)	0.0005 (0.1876)	-0.1107 (0.0772)
lnfdi	-0.0006 (0.0058)	0.0204*** (0.0069)	0.0165 (0.0181)	0.0188** (0.0075)
lnfree	0.8758*** (0.1583)	-0.1141 (0.1982)	0.4818 (0.4986)	0.3320 (0.2056)
lnimport	0.1167 (0.0784)	0.2409** (0.0944)	-0.1066 (0.2471)	0.3141*** (0.1018)
个体效应	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES
观测值	400	400	400	400
R ²	0.6670	0.6277	0.1447	0.5650
F-statistic	46.07	36.24	3.89	27.92

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平，括号内数值为稳健标准误

为检验上述结果的稳健性，将互联网发展水平指标替换为固定宽带的订阅量（每百人）进行实证检验，结果如表5所示，互联网水平系数和显著性与原检验基本一致，验证了假设2成立。

表 5 中介效应稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnpgdp	lnexpy	lnrd	lnexpy
lnnet	0.1234*** (0.0262)	0.0853*** (0.0318)	0.2112** (0.0810)	0.1391*** (0.0341)
lnpgdp		0.5976*** (0.0635)		
lnrd				0.0945*** (0.0224)
lnopen	-0.7007*** (0.0473)	0.2226*** (0.0713)	-0.5773*** (0.1463)	-0.1416** (0.0623)
lnfra	-0.0416 (0.0614)	-0.1024 (0.0724)	-0.0274 (0.1901)	-0.1247 (0.0792)
lnfdi	0.0007 (0.0059)	0.0214*** (0.0070)	0.0188 (0.0183)	0.0200*** (0.0076)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnpgdp	lnexpy	lnrd	lnexpy
lnfree	0.9292*** (0.1626)	-0.1137 (0.2005)	0.5905 (0.5033)	0.3857* (0.2100)
lnimport	0.0810 (0.0804)	0.2102** (0.0949)	-0.1765 (0.2488)	0.2752*** (0.1037)
个体效应	YES	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES	YES
观测值	400	400	400	400
R ²	0.6467	0.6190	0.1246	0.5443
F-statistic	42.11	34.93	3.27	25.68

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平，括号内数值为稳健标准误

(四)门槛效应

为验证假设3,本文以经济规模和研发投入为门槛变量,互联网发展水平为解释变量,对相关数据进行实证检验。首先进行面板门槛存在性检验,采用“自抽样法”反复抽样300次,依此进行单一门槛和双重门槛检验。

表6 互联网发展水平对制造业出口复杂度的门槛效果检验

门槛变量	模型	F值	P值	10%临界值	5%临界值	1%临界值	BS次数
lnpgdp	单一门槛	58.92	0.0000	29.4886	32.9994	39.6440	300
	双重门槛	27.05	0.2367	35.3364	40.1949	48.5375	300
lnrd	单一门槛	34.99	0.0500	29.5998	34.6652	47.0086	300
	双重门槛	17.55	0.3933	30.3864	42.6750	64.9054	300

由表6可知,当门槛变量为经济规模(lnpgdp)和研发投入(lnrd)时,双重门槛P值不显著,单一门槛通过显著性检验。由表7可知,经济规模的单一门槛值为9.2820,研发投入的单一门槛门限值为7.1959。

表7 门槛估计值结果

门槛变量	门槛值	估计值	95%置信区间下界	95%置信区间上界
lnpgdp	门槛值 γ_1	9.2820	9.2780	9.2960
lnrd	门槛值 γ_2	7.1959	7.1716	7.1982

表8 门槛回归结果

变 量	(1)	(2)
	门槛变量为 lnpgdp	门槛变量为 lnrd
lnnet (lnpgdp $\leq\gamma_1$)	0.2735*** (0.0374)	
lnnet (lnpgdp $>\gamma_1$)	0.3503*** (0.0370)	
lnnet (lnrd $\leq\gamma_2$)		0.2820*** (0.0385)
lnnet (lnrd $>\gamma_2$)		0.3748*** (0.0389)

变 量	(1)	(2)
	门槛变量为 lnpgdp	门槛变量为 lnrd
lnopen	0.2230*** (0.0644)	0.2270*** (0.0664)
lnfra	-0.0607 (0.0902)	-0.0280 (0.0924)
lnfdi	-0.0013 (0.0063)	-0.0069 (0.0065)
lnfree	0.6815*** (0.2536)	0.6000** (0.2603)
lnimport	-0.1919* (0.1036)	-0.1687 (0.1066)
cons	6.2983*** (1.2546)	6.4957*** (1.2886)
R ²	0.3038	0.2646
F-statistic	22.01	18.14

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平,括号内数值为稳健标准误

进一步回归结果如表8所示,当门槛变量为经济规模(lnpgdp)时,门槛面板模型中两个区间互联网系数存在差异,表明并不是简单的线性关系。当 $\lnpgdp \leq 9.2820$ (即 $pgdp \leq 10742.8962$)时,互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的作用系数为0.2735,通过1%的显著性检验;当 $\lnpgdp > 9.2820$ (即 $pgdp > 10742.8962$)时,互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的作用系数为0.3503,通过1%的显著性检验。

当门槛变量为研发投入(lnrd)且 $\lnrd \leq 7.1959$ (即 $rd \leq 1333.9503$)时,互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的作用系数为0.2820;当 $\lnrd > 7.1959$ (即 $rd > 1333.9503$)时,互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的作用系数为0.3748,均在1%的水平下显著。可以看出,研发水平会影响互联网水平对制造业出口技术复杂度的作用效应,在不同的研发水平下,互联网对制造业出口技术复杂度的影响效应有所差异。因此,互联网发展水平对制造业出口技术复杂度的提升不仅存在直接效应,而且还受经济规模和研发投入调节影响,假设3得以验证。

为检验上述结果的稳健性,本文通过增加控制变量一国总人口数(lnpop),以及将控制变量制造业进口占比(lnimport)替换成一国总人口数(lnpop)进行实证检验,结果如表9所示,可以看到门槛值没有发生变化。门槛模型中不同区间互联网系数存在差异,且主要解释变量互联网水平的符号和显著性水平与原检验基本一致,进一步验证了假设3成立。

表9 门槛回归稳健性检验

门槛变量	原门槛模型		增加控制变量		替换控制变量	
	门槛区间	变量系数	门槛区间	变量系数	门槛区间	变量系数
lnpgdp	(0,9.2820]	0.2735***	(0,9.2820]	0.3880***	(0,9.2820]	0.3880***
	(9.2820, +∞]	0.3503***	(9.2820, +∞]	0.4624***	(9.2820, +∞]	0.4624***
lnrd	(0,7.1959]	0.2820***	(0,7.1959]	0.3979***	(0,7.1959]	0.3973***
	(7.1959, +∞]	0.3748***	(7.1959, +∞]	0.4864***	(7.1959, +∞]	0.4871***

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平

(五)异质性分析

1. 基于国家类型的异质性检验

本文根据世界银行收入国家分类,将40个国家总样本划分为30个高收入国家和10个中收入国家(中收入国家包括中高收入国家和中低收入国家),分组检验互联网水平对一国制造业出口技术复杂度的作用效应。由表10可知,互联网水平的发展显著提升了高收入国家的出口技术复杂度,而对于中收入国家的影响并不明显。这可能是因为高收入国家拥有更先进的研发技术和更完善的治理体系,为互联网的发展和制造业的出口提供了优良的环境。

表10 基于国家类型的异质性检验

变 量	(1)高收入国家	(2)中收入国家
	lnexpy	lnexpy
lnnet	0.4677*** (0.1340)	0.0311 (0.1374)
lnopen	0.0679 (0.0661)	-0.5770*** (0.1621)
lnfra	-0.1025 (0.0929)	-0.1452 (0.1716)
lnfdi	0.0192*** (0.0065)	0.0468 (0.0480)
lnfree	0.8825*** (0.2117)	-0.2492 (0.5207)
lnimport	0.3068*** (0.0941)	-0.0825 (0.3974)
个体效应	YES	YES
时间效应	YES	YES
观测值	300	100
R ²	0.5634	0.6498
F-statistic	21.94	9.28

注: *、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平,括号内数值为稳健标准误

2. 基于制造业要素密集度的异质性检验

基于行业异质性特征,本文将制造业划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型三个类别,分别检验互联网水平对制造业出口技术复杂度的影响。由表11可知,互联网水平对技术密集型和资本密集型制造业出口技术复杂度的提升作用更大,对劳动密集型制造业出口技术复杂度的影响最小。究其原因,相对于劳动密集型产品,资本密集型和技术密集型产品需要更高的研发创新水平,同时对资本和技术的要求也较高,存在大量可被ICT资本替代的设备和人力。

表11 基于制造业要素密集度的分组回归

变量	(1)劳动密集型	(2)资本密集型	(3)技术密集型
	lnexpy	lnexpy	lnexpy
lnnet	0.2263*** (0.0732)	0.2714*** (0.0544)	0.3345*** (0.0505)
lnopen	-0.1130 (0.0983)	-0.0697 (0.0731)	-0.1486** (0.0679)

变量	(1)劳动密集型	(2)资本密集型	(3)技术密集型
	lnexpy	lnexpy	lnexpy
lnfra	-0.0552 (0.1230)	-0.1318 (0.0915)	-0.1399 (0.0849)
lnfdi	0.0178 (0.0119)	0.0156* (0.0088)	0.0221*** (0.0082)
lnfree	0.8537*** (0.3270)	0.2862 (0.2431)	0.5176** (0.2257)
lnimport	0.5904*** (0.1621)	0.3500*** (0.1205)	0.2161* (0.1118)
个体效应	YES	YES	YES
时间效应	YES	YES	YES
观测值	400	400	400
R ²	0.3434	0.3782	0.4320
F-statistic	12.03	13.99	17.49

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平，括号内数值为稳健标准误

五、结论与政策建议

基于“互联网+制造业”融合发展的背景,本文利用2008—2017年40个国家的数据,利用固定效应模型、中介效应模型和门槛模型探讨了互联网对制造业出口技术复杂度的影响效应。研究发现:(1)互联网发展水平显著促进了制造业出口技术复杂度的提升,该结论在分样本回归及采用工具变量进行内生性检验后依然稳健;(2)互联网对制造业出口技术复杂度提升的影响存在非线性递增的特点,在经济规模和研发投入跨越门槛值的国家,互联网对制造业出口技术复杂度的提升作用更大;(3)互联网发展不仅对制造业出口技术复杂度提升产生直接影响,而且还可以通过扩大经济规模和激励研发创新两种路径推动制造业出口结构优化和协调发展。

基于上述研究结论,我国要进一步加快互联网、大数据、云计算、区块链等新一代信息技术的发展,并把其作为提高出口技术复杂度、优化出口商品结构的重要抓手。一是要发扬“两弹一星”的精神,聚力突破核心关键技术。健全新型举国体制,加强有组织科研,持续优化创新体系,不断攻坚克难,持续提升自主创新能力。二是要优化营商环境,引导企业创新创业。深化资源配置市场化改革,完善知识产权保护,优化创新环境,通过协助融资、税收减免或财政补贴等方式,引导企业不断加大研发投入力度,鼓励支持企业开展技术创新、平台建设等各类研发创新活动,促进创新要素向企业集聚,提升企业技术创新能力,加快推动数字产业化、产业数字化,进一步做大企业规模、提高市场竞争力。三是要全面推动互联网与制造业的融合发展。支持并鼓励互联网相关产业与制造业行业间的分工协作,激发制造业创新活力,通过互联网技术赋能制造业的产品设计、生产、销售等环节,提高智能化和大规模定制化生产能力,促进生产型制造向服务型制造转变,实现制造业“高效、安全、节能、环保”的“管、控、营”一体化,加快推进传统制造业转型升级,从而推动制造业高质量发展。

[参 考 文 献]

[1] Lin F. Estimating the effect of the internet on international trade[J]. The Journal of International Trade &

- Economic Development, 2015, 24(3-4): 1-20.
- [2] 温琨, 王健, 尤宏兵. 电子商务能否促进外贸增长——来自我国的证据[J]. 国际贸易问题, 2015(06): 43-52.
- [3] 潘申彪, 王剑斌. 互联网发展差距对“一带一路”沿线主要国家出口贸易的影响研究[J]. 国际商务(对外经济贸易大学学报), 2018(03): 70-84.
- [4] 张奕芳, 刘富华. 互联网贸易、出口效率改进及经济增长效应——基于随机前沿模型的新理论解释[J]. 经济问题探索, 2018(08): 115-124.
- [5] 岳云嵩, 李兵. 电子商务平台应用与中国制造业企业出口绩效——基于“阿里巴巴”大数据的经验研究[J]. 中国工业经济, 2018(08): 97-115.
- [6] 卢福财, 金环. 互联网对制造业价值链升级的影响研究——基于出口复杂度的分析[J]. 现代经济探讨, 2019(02): 89-97.
- [7] 刘德学, 吴旭梅. 互联网对服务业嵌入全球价值链的影响——基于互联网发展数量和质量的检验[J]. 经济问题探索, 2021(05): 124-135.
- [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(07): 119-136.
- [9] 李晓钟, 王欢. 互联网对我国经济发展影响的区域差异比较研究[J]. 中国软科学, 2020(12): 22-32.
- [10] 盛斌, 毛其淋. 进口贸易自由化是否影响了中国制造业出口技术复杂度[J]. 世界经济, 2017, 40(12): 52-75.
- [11] 卓乘风, 邓峰. 基础设施投资与制造业贸易强国建设——基于出口规模和出口技术复杂度的双重视角[J]. 国际贸易问题, 2018(11): 104-119.
- [12] 杨亚平, 张侠. 中国对外直接投资和出口对“一带一路”沿线国家出口技术复杂度的影响[J]. 国际商务研究, 2020, 41(05): 96-108.
- [13] Hausmann R, Hwang J, Rodrik D. What you export matters[J]. Journal of Economic Growth, 2007, 12(1): 1-25.
- [14] 杜修立, 王维国. 中国出口贸易的技术结构及其变迁: 1980—2003[J]. 经济研究, 2007(07): 137-151.
- [15] Wang Z, Wei S. What accounts for the rising sophistication of China's exports? [R]. NBER Working Paper, 2008, No. 13771.
- [16] 代中强. 知识产权保护提高了出口技术复杂度吗? ——来自中国省际层面的经验研究[J]. 科学学研究, 2014, 32(12): 1846-1858.
- [17] 陈虹, 王蓓. 生产性服务化对制造业出口技术复杂度提升的影响研究——来自中国的经验分析[J]. 经济问题探索, 2021(09): 117-129.
- [18] 李金城, 周咪咪. 互联网能否提升一国制造业出口复杂度[J]. 国际经贸探索, 2017, 33(04): 24-38.
- [19] 谭用, 孙浦阳, 胡雪波, 等. 互联网、信息外溢与进口绩效: 理论分析与经验研究[J]. 世界经济, 2019, 42(12): 77-98.
- [20] Melitz M J. The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity[J]. Econometrica, 2003, 71(6): 1695-1725.
- [21] 鞠雪楠, 赵宣凯, 孙宝文. 跨境电商平台克服了哪些贸易成本? ——来自“敦煌网”数据的经验证据[J]. 经济研究, 2020, 55(02): 181-196.
- [22] 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(08): 5-23.
- [23] 郭然, 原毅军, 张涌鑫. 互联网发展、技术创新与制造业国际竞争力——基于跨国数据的经验分析[J]. 经济问题探索, 2021(01): 171-180.
- [24] 李晓华. 数字经济新特征与数字经济新动能的形成机制[J]. 改革, 2019(11): 40-51.
- [25] 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.
- [26] 惠宁, 刘鑫鑫. 互联网发展与区域创新能力非线性关系研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(12): 28-35.

- [27] 党琳,李雪松,申烁. 制造业行业数字化转型与其出口技术复杂度提升[J]. 国际贸易问题,2021(06):32—47.
- [28] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. Journal of Econometrics, 1999,93(2):345—368.
- [29] 王直,魏尚进,祝坤福. 总贸易核算法:官方贸易统计与全球价值链的度量[J]. 中国社会科学,2015(09):108—127.
- [30] 樊茂清,黄薇. 基于全球价值链分解的中国贸易产业结构演进研究[J]. 世界经济,2014,37(02):50—70.
- [31] 韩剑,冯帆,姜晓运. 互联网发展与全球价值链嵌入——基于 GVC 指数的跨国经验研究[J]. 南开经济研究,2018(04):21—35.
- [32] 唐海燕,张会清. 产品内国际分工与发展中国家的价值链提升[J]. 经济研究,2009,44(09):81—93.

(责任编辑:蒋 萍)

Research on the Impact of Internet on Manufacturing Export Technology Complexity

LI Xiao-zhong, LI Rong

(School of Economics, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou, Zhejiang 310018)

Abstract: Based on the panel data of 40 countries from 2008 to 2017, this paper builds fixed effect, intermediary effect and threshold effect models to empirically test and discuss the impact of the internet on the technological complexity of manufacturing exports and the internal mechanism. The research finds that the development level of the internet can significantly promote the improvement of the export technology complexity of manufacturing industry, and there is heterogeneity. The internet plays a greater role in improving the export technology complexity in high-income countries and technology intensive manufacturing industries. At the same time, the development of the internet can also play a positive role in the complexity of manufacturing export technology by promoting economic development and stimulating a country's R&D investment. In addition, the impact of the internet on the technological complexity of manufacturing exports also has the characteristics of "marginal effect" non-linear increase. Finally, the paper discusses the corresponding countermeasures and suggestions in order to provide useful ideas for the development of new generation information technology such as internet and big data to improve the technical complexity of manufacturing export.

Key words: internet; manufacturing; export technology complexity; intermediary effect; threshold effect