

全球价值链数字化转型中的数字产品异质性贡献

——基于产业和产品的双重视角

夏炎, 孙一凡, 王会娟

[摘要] 数字技术的飞速发展推动了产业的生产结构转变,以多样化的数字产品生产参与全球价值链数字化转型进程,成为推动经济高质量发展的重要因素。现有的全球价值链核算方法难以全面涵盖各产业数字产品生产所创造的价值。为此,本文基于产业的产品结构视角,从供给使用表出发,构建了全球价值链数字化转型的分析框架,并重点讨论了数字产品异质性及其贡献。对比发现,在相同口径下,基于单一产业维度的传统测算方法低估了全球价值链数字化转型程度20%左右,尤其在中低收入经济体和传统产业中,数字产品异质性已成为全球价值链数字化转型中不可或缺的一环。进一步研究发现,数字产品异质性有助于推动国内价值链数字化转型,并为全球价值链的专业化分工奠定基础。从产品类型看,数字中间品和数字服务异质性在改变全球价值链分工模式、重塑各国比较优势基础等方面成为推动全球价值链向数字化、服务化重构的核心力量。同时,虽然数字产品专业化对异质性贡献存在替代效应,但是随着经济发展,替代效应的持续削减将催生协同创新,共同推动中国贸易结构转型。本文的研究拓展了全球价值链的核算框架,为中国更好地参与全球价值链的数字化转型提供了新的视角。

[关键词] 数字产品异质性; 全球价值链; 数字化转型; 供给使用表

[中图分类号] F424 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2025)09-0061-19

一、引言

随着数字经济迅速发展,数字技术正在成为重组全球要素资源、重构全球产业链分工、重塑全球竞争格局的关键力量。在全球价值链数字化转型的浪潮中,各国普遍聚焦数字核心技术的专业化突破,如高性能芯片研发、人工智能算法优化、量子通信技术突破等方面,部分发达经济体甚至通过技术垄断、标准制定以及产品制裁等方式试图巩固自身的价值链高端地位。然而,数字技术的不断突破尤其人工智能的兴起正逐步模糊原有的产业边界,数字技术在各行各业的持续渗透,突出表

[收稿日期] 2025-03-03

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目“突破性技术创新驱动产业链重构的理论、机制与对策”(批准号72433005)。

[作者简介] 夏炎,中国科学院科技战略咨询研究院研究员,中国科学院大学公共政策与管理学院教授,管理学博士;孙一凡,中央财经大学统计与数学学院硕士研究生;王会娟,中央财经大学统计与数学学院教授,管理学博士。通讯作者:王会娟,电子邮箱:huijuan-wang@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,文责自负。

现在产业的生产结构即数字产品类型上。数字产品是数字化转型的根本载体之一,不同产业的数字产品异质性成为全球价值链数字化转型的重要特征,但数字产品异质性的关键作用尚未得到充分重视。事实上,无论是制造业通过生产异质性的数字中间品以提升自主创新能力,还是服务业依托多样化的数字服务以拓展数字应用场景,数字产品异质性都为全产业链发展提供了巨大动力。例如,植保无人机、农业大数据平台等工具用以满足农业复杂生产需求,工业互联网通过差异化解决方法适配不同的制造场景,服务业的数字形态创新重构了贸易与消费模式。当前,全球范围内数字产业化发展正在由规模扩张到质量提升转变,同时传统产业面临更为严峻的数字化转型挑战。在发达国家“制造业回归”、贸易保护主义政策继续推行等诸多因素影响下,应该如何保持“中国制造”的全球竞争力?又该如何抓住全球数字化调整的战略窗口期,补齐短板,打造更高附加值的产业链?面对这些亟待解决的问题,以数字产品异质性为重点的发展思路或许能提供可参考的方向。这种多样的数字产品供给,既是后发国家突破技术壁垒、嵌入全球价值链的重要路径,也为中国出口企业和跨国企业能够更好适应全球产业链重构格局、在不确定性风险增加的全球经贸环境中保持竞争力和稳定性提供了决策支撑。

此外,现有研究对全球价值链数字化转型的分析与测度长期以来存在视角局限。在传统国际分工模式下,发展中国家承接来自发达国家的产业转移,发达国家凭借其掌握的技术、标准、品牌、资本和渠道等优势,在国际产业分工中始终处于主导地位,并将发展中国家参与国际分工锁定在中低端环节。新古典贸易理论和新贸易理论都认为,一个国家或地区参与国际分工,进行国际贸易,应选择更具有竞争优势的产业或者产业环节来发展,而以数字产品异质性为表征的技术创新是一个国家参与国际分工的关键因素。但是,受限于全球产业链上数字产品价值的核算困难,目前学术界仅有基于产业视角的全球价值链拆分的核算方法(Wang et al., 2017a),其基于单一产业维度,聚焦数字核心产业的专业化发展,难以捕捉产业内部数字产品的异质性特征。例如,机械制造等传统产业生产的数字控制组件、物流服务中的数字化调度系统等数字产品,其创造的价值往往被淹没在产业的整体核算中。在此核算框架下,以数字产品异质性为表征的技术创新尚未被系统纳入全球价值链的分析框架。这会导致两个关键问题:一是传统测度方法可能低估全球价值链的实际数字化转型程度,无法准确反映数字技术在各产业的渗透情况;二是数字产品异质性对不同经济体、产业及价值链环节的差异化影响被忽视,难以支撑针对性的政策制定。因此,有必要立足产业和产品的双重视角,构建包含数字产品异质性的全球价值链数字化转型分析框架。这不仅是全球价值链数字化转型这一理论研究的必要拓展,更是指导中国更好地参与全球价值链重构、提升产业链竞争力的现实需求。

综合看,与本文相关的研究文献主要包括全球价值链测度方法、数字产品异质性和全球产业链数字化转型三个方面的研究。尽管这些研究丰富和扩展了相关的研究视角和方法,但仍存在如下改进空间:

首先,全球价值链测度方法包括国家、产业和企业三个维度。在企业维度,已有文献提出了考虑产品异质性的测度方法。对国家和产业层面的全球价值链研究,基于投入产出表的全球价值链测度方法从总值贸易发展至增加值贸易体系(Koopman et al., 2014; 王直等, 2015),并进一步延伸至区分内外资的要素收入贸易(Xing, 2020; 李鑫茹等, 2021; 祝坤福等, 2022)。围绕全球价值链的宏观测度指标,如参与度(Wang et al., 2017a)、上下游度(Antràs et al., 2012; Fally, 2012)、生产长度(Wang et al., 2017b)等已较为成熟。然而,由于数据可得性问题,对企业参与全球价值链的研究常常使用产业层面的信息代替(王飞等, 2024),部分文献引入产品异质性的设定(李小平等, 2024)。

Chor et al.(2014)利用单国投入产出表,测度了企业在全球价值链中的位置。倪红福和王海成(2022)在此基础上,利用全球投入产出表测算了产品部门的位置并匹配到企业的进出口产品,以此确定多产品出口企业在全球价值链中的具体位置。上述研究将宏观的测度结果拓展至企业层面,但无法将企业的产品异质性特征延伸至产业,因此没有真正做到宏微观测度方法的统一。而供给使用表记录了宏观产业和微观产品间的详细联系,为推动全球价值链核算的宏微观测度方法融合提供了可能。

其次,产品异质性的研究主要围绕多产品企业展开,涉及数字产品异质性的文献相对较少。Panzar and Willig(1977)、Johnson and Myatt(2003)分别从供需两侧讨论了多产品企业存在的原因,大量文献对美国、中国、印度等国的多产品企业特点及影响因素展开研究(吕越和邓利静,2020)。细化至国际贸易领域,相关研究主要从企业出口产品异质性(张鹏杨等,2023)和进口产品异质性(彭水军和李之旭,2024;Şeker et al.,2024)两方面进行分析。聚焦到数字产品上,近年来数字产品异质性逐渐成为衡量企业进出口产品质量的重要因素(Zhang et al.,2023;吕越等,2024)。姚树洁和孙振亚(2023)探究了数字产品进口多样性对于企业出口韧性的影响;盛斌和刘宇英(2024)发现,数字技术创新对企业出口产品质量具有显著影响,但总体而言,关于数字产品异质性的研究尚且不足。此外,以上研究均建立在多产品企业视角之上,鲜有从产业维度探讨数字产品异质性的研究,而随着数字供给使用表的定义、编制等讨论不断增加(张美慧,2021;张美慧和许宪春,2024),产业的数字产品结构逐渐成为重要的研究话题。

最后,尽管全球价值链数字化转型的测算框架研究受到较多关注,但从定量测度方法角度仍缺少对产品异质性的考虑。早期的研究通常将数字化转型效应分为数字产业化和产业数字化两部分,其中,数字产业化直接使用数字核心产业的增加值来度量(王彬等,2023),产业数字化则需要构造完全消耗系数或数字产品投入系数等指标(马丹等,2022;郭进等,2024),对于全球价值链整体的数字化转型并没有一个完善的测算框架。之后,虽然吕延方等(2020)引入数字化渗透系数测算各国在数字全球价值链中的参与度、位置等指标,但该方法没有体现数字技术在中间品流通环节的赋能。马丹和唐佳琦(2023)对中间品贸易进一步细分,将数字化分工、传统分工以及融合分工价值链纳入统一的生产分解模型之中,形成了一套完整的数字全球价值链核算体系。在此基础上,Guo et al.(2023)引入前后向生产的概念,从最终产出角度对中国参与全球价值链的数字化转型效应做了详细分析,近期研究进一步细化至制造业、服务业等领域(Gao et al.,2023;Bian and Fan,2024)。然而,现有研究均从数字和非数字产业的划分出发,甚至在宏观研究中不区分产业和产品的概念,这在产业呈现复杂化发展的趋势下会产生较大测算误差,因此,本文引入产业的产品异质性设定,在此基础上研究全球价值链的数字化转型特点。

本文的边际贡献主要有以下三个方面:①研究方法上,提出了基于产业和产品双重维度的全球价值链数字化转型测度方法。不同于以往文献的是,本文从供给使用表出发,将宏观产业数据与微观产品信息相融合,不仅拓展了数字化转型的测度体系,创新性地设计了数字产品异质性指标,更丰富了全球价值链的分解理论,是推动全球价值链研究方法向宏微观一体化方向迈进的一次新尝试。②研究视角上,立足产业的多元化生产结构,聚焦数字产品异质性生产视角。本文突破了传统仅关注单一产业维度的局限,深入剖析了数字产品在传统产业和数字核心产业内部的异质性表现,为理解全球价值链数字化转型提供了更为精细和全面的观察窗口。尤其是,当前传统产业数字化转型趋势日益凸显,仅仅基于单一产品生产的传统产业研究视角,可能低估数字产品异质性所代表的技术创新在全球价值链数字化转型中的赋能程度,因此,有必要引入产业的产品异质性视角进行

分析。③研究内容上,深化了数字产品异质性在全球价值链数字化转型中的贡献分析。本文通过分国家、分产业、分价值链环节、分产品类型以及考虑数字产品专业化的影响,系统剖析了数字产品异质性对全球价值链数字化转型的贡献差异及其与数字产品专业化的动态关系,拓宽了全球价值链数字化转型的研究边界。

二、理论模型与数据

本部分提出了基于供给使用表的新的全球价值链数字化测度方法,并通过全球价值链分解模型定义了数字产品异质性、数字产品专业化等指标。

1. 构建区分数字产品的供给表、使用表基础分析框架

假设共有 n 个产业,每个产业都可能生产 m_1 种不同的数字产品以及 m_2 种不同的非数字产品,在生产中都可能使用 m_1 种不同的数字产品以及 m_2 种不同的非数字产品,从而形成如表1所示区分数字产品的供给表和使用表。为统一符号含义,本文使用下标 $i, j (i, j = 1, 2, \dots, n)$ 表示产业, $p (p = 1, 2, \dots, m_1)$ 表示数字产品, $q (q = 1, 2, \dots, m_2)$ 表示非数字产品。

表1 区分数字产品的供给表和使用表

区分数字产品的供给表				区分数字产品的使用表				
投入		产业投入	产品总投入	产出		产业产出	最终需求	产品总产出
		1, 2, ..., n				1, 2, ..., n		
数字产品产出	1, 2, ..., m ₁	(S _{d, ip})'	Q _{d, p}	数字产品投入	1, 2, ..., m ₁	U _{d, pj}	F _{d, p}	Q _{d, p}
非数字产品产出	1, 2, ..., m ₂	(S _{n, iq})'	Q _{n, q}	非数字产品投入	1, 2, ..., m ₂	U _{n, qi}	F _{n, q}	Q _{n, q}
				增加值		Va _j		
产业总产出		(X _i)'		产业总投入		(X _j)'		

(1)供给表的数字产品和非数字产品划分。在表1中, S_d 和 S_n 分别代表数字产品和非数字产品的供给矩阵, Q_d 和 Q_n 分别代表数字产品和非数字产品的总产出列向量, X 代表产业的总产出列向量。具体而言, $S_{d, ip}$ 表示产业 i 生产数字产品 p 的数量, $Q_{d, p}$ 表示数字产品 p 的总产出, X_i 表示产业 i 的总产出。定义产业的数字产品市场份额系数矩阵 $D_d = S_d \widehat{Q_d}^{-1}$, 同理定义非数字产品市场份额系数矩阵 D_n 。从供给表垂直方向看,得到产业的产品结构方程:

$$D_d Q_d + D_n Q_n = X \tag{1}$$

(2)使用表的数字产品和非数字产品划分。在表1中, U_d 和 U_n 分别代表数字产品和非数字产品的中间使用矩阵, F_d 和 F_n 分别代表数字产品和非数字产品的最终需求列向量, Va 代表产业的

增加值行向量,其余符号和供给表中含义相同。具体而言, $U_{d,pj}$ 表示产业 j 在生产过程中使用数字产品 p 的数量, $F_{d,p}$ 表示数字产品 p 的最终需求量, Va_j 表示产业 j 在生产过程中投入初始要素的数量。定义产业的数字产品投入系数矩阵 $C_d = U_d \hat{X}^{-1}$,同理定义非数字产品投入系数矩阵 C_n 。从使用表水平方向看,得到产品的分配方程:

$$\begin{bmatrix} C_d X \\ C_n X \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_d \\ F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_d \\ Q_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

(3)基于供给表、使用表构建产业需求驱动的Leontief模型。从表1所示区分数字产品的供给表、使用表出发,到构建产业需求驱动的Leontief模型,涉及技术假定的选择问题,主要分为产品技术假定(Product Technology Assumption)和产业技术假定(Industry Technology Assumption)两类。产品技术假定是指某一产品由各个产业生产的投入系数相同,产业技术假定是指某一产业生产各个产品的投入系数相同。^①为了避免产生无法解释的负数,本文在产业技术假定下,结合式(1)和式(2),构建由产业需求驱动的Leontief模型:

$$X = [I - (D_d C_d + D_n C_n)]^{-1} (D_d F_d + D_n F_n) \quad (3)$$

(4)分离产业间的数字产品和非数字产品贸易。从供给使用表出发,得到包含数字产品和非数字产品信息的产业 $\times$ 产业投入产出表,^②在形式上与传统的投入产出表并无差异,但可以将产业间的贸易分解为多层产品贸易之和。在第一象限,中间流量矩阵可以分为数字产品和非数字产品的中间流量矩阵 $D_d U_d$ 和 $D_n U_n$ 两部分。在第二象限,最终需求列向量可以分为数字产品和非数字产品的最终需求 $D_d F_d$ 和 $D_n F_n$ 两部分。当然,这里虽然仅划分了数字产品和非数字产品,但实际上各类产品的贸易信息均可作为一层,所有产品贸易层的加和便构成了产业间贸易总流量。

简便起见,记中间流量矩阵为 $Z_d = D_d U_d$ 、 $Z_n = D_n U_n$,最终需求列向量为 $Y_d = D_d F_d$ 、 $Y_n = D_n F_n$ 。进一步,记 $A_d = D_d C_d$ 、 $A_n = D_n C_n$,则直接消耗系数矩阵 A 可以表示为数字产品的直接消耗系数矩阵 A_d 和非数字产品的直接消耗系数矩阵 A_n 两部分之和。

2. 扩展基础分析框架至多区域供给使用表

(1)多区域供给使用表的数字产品和非数字产品划分。假设共有 g 个国家,每个国家有 n 个产业,每个产业都可能生产 m_1 种不同的数字产品以及 m_2 种不同的非数字产品。同样的为统一符号含义,本文使用上标 $r, s(r, s = 1, 2, \dots, g)$ 表示国家,其余符号含义与前文相同。

表2中, $U_{d,pj}^s$ 表示 s 国产业 j 在生产过程中使用 r 国数字产品 p 的数量, $S_{d,ip}^r$ 表示 r 国产业 i 生产数字产品 p 的数量, $F_{d,p}^s$ 表示 s 国对 r 国数字产品 p 的最终需求量, $Q_{d,p}^r$ 表示 r 国数字产品 p 的总产出,非数字产品生产和使用的表示与之类似。此外, Va_j^s 表示 s 国产业 j 在生产过程中投入初始要素的数量, X_i^s 表示 s 国产业 i 的总产出或总投入。需要注意的是,为了与上文保持一致,记 $F_{d,p}^r = F_{d,p}^{r1} + F_{d,p}^{r2} + \dots + F_{d,p}^{rg}$,则 $F_{d,p}^r$ 表示各国对 r 国数字产品 p 的最终需求量之和,由此构成的 F_d 和 F_n 分别代表数字产品和非数字产品的最终需求列向量。同样地,定义数字产品的市场份额系数矩阵 D_d 和数字产品的投入系数矩阵 C_d ,非数字产品的市场份额系数矩阵 D_n 和非数字产品的投入系数矩阵 C_n 同理。

① 详细的技术假定分析及选择依据参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 编制包含数字产品和非数字产品信息的产业 $\times$ 产业投入产出表步骤参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

表2 区分数字产品的多区域供给使用表

投入 \ 产出				产品						产业			最终需求			总产出
				数字产品			非数字产品									
				1, 2, ..., m ₁			1, 2, ..., m ₂			1, 2, ..., n						
				国家 1	...	国家 g	国家 1	...	国家 g	国家 1	...	国家 g	国家 1	...	国家 g	
产品	数字产品	1, 2, ..., m ₁	国家 1							U^{rs}_{d, pj}			F ^{rs} _{d, p}			Q ^r _{d, p}
		...														
		国家 g														
	非数字产品	1, 2, ..., m ₂	国家 1							U^{rs}_{n, qj}			F ^{rs} _{n, q}			Q ^r _{n, q}
		...														
		国家 g														
产业	1, 2, ..., n	国家 1	S^r_{d, ip}			S^r_{n, iq}			A_d = D_dC_d A_n = D_nC_n			Y_d = D_dF_d Y_n = D_nF_n			X ^r _i	
		...														
		国家 g														
增加值										Va ^s _j						
总投入				Q ^{s, 'r} _{d, p}			Q ^{s, 'r} _{n, q}			X ^{s, 'r} _j						

注:以3国家、3产业、3产品为例的详细多区域供给使用表形式参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

(2)分离产业间的国内和跨国贸易。多区域框架下,在式(3)基础上进一步区分国内和国家间的技术联系。以 A_d 为例,可以将 A_d 拆分为两部分:

$$A_d = \begin{bmatrix} D_d^1 C_d^{11} & & & \\ & D_d^2 C_d^{22} & & \\ & & \ddots & \\ & & & D_d^g C_d^{gg} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & D_d^1 C_d^{12} & \cdots & D_d^1 C_d^{1g} \\ D_d^2 C_d^{21} & 0 & \cdots & D_d^2 C_d^{2g} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ D_d^g C_d^{g1} & D_d^g C_d^{g2} & \cdots & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中, A_d 的主对角线分块矩阵代表各国对其国内数字产品的直接消耗,记为 $A_d^D = D_d C_d^D$,其余非对角线的分块矩阵代表各国对其他国家数字产品的直接消耗,记为 $A_d^F = D_d C_d^F$,即有 $A_d = A_d^D + A_d^F$ 。于是最终可以将直接消耗系数矩阵 A 拆分为四部分: $A = A_d^D + A_d^F + A_n^D + A_n^F$,同理 $Y_d^D = D_d F_d^D$, $Y_d^F = D_d F_d^F$,最终可以将产业的最终需求列向量拆为四部分: $Y = Y_d^D + Y_d^F + Y_n^D + Y_n^F$ 。

(3)基于多区域供给使用表构建产业需求驱动的 Leontief 模型。将上述关于 A 和 Y 的分解,即国内数字产品贸易 A_d^D 、跨国数字产品贸易 A_d^F 、国内非数字产品贸易 A_n^D 、跨国非数字产品贸易 A_n^F 四部分,代入式(3),可得产业需求驱动的 Leontief 模型:

$$X = [I - (A_d^D + A_d^F + A_n^D + A_n^F)]^{-1} (Y_d^D + Y_d^F + Y_n^D + Y_n^F) \quad (5)$$

记 $B = [I - (A_d^D + A_d^F + A_n^D + A_n^F)]^{-1}$, 为全球 Leontief 逆矩阵。进一步分解以提取出纯非数字产品贸易或纯国内贸易的部分。如果记非数字 Leontief 逆矩阵为 $B_n = (I - A_n)^{-1}$, 国内 Leontief 逆矩阵为 $B^D = (I - A^D)^{-1}$, 国内非数字 Leontief 逆矩阵为 B_n^D , 则存在如下关系式:

$$B = B_n + B_n A_d B = B^D + B^D A^F B \quad (6)$$

$$B_n = B_n^D + B_n^D A_n^F B_n \quad (7)$$

3. 全球价值链需求侧分解及数字化转型测度

(1) 基于数字产品需求的全球价值链需求侧分解。广义上, 本文从多区域供给使用表出发的全球增加值路径分解, 代表全球价值链测度, 而狭义上, 全球价值链仅与产品的跨境生产有关, 是一个强调“跨境”以及“生产”的概念。这里先从广义全球价值链入手, 根据式(5)中最终产出 Y 的分解, 以及式(6)中全球 Leontief 逆矩阵 B 的分解, 可以将全球价值链增加值 VC 分解为如下四部分:

$$VC = \underbrace{\hat{V}B_n Y_d}_{①} + \underbrace{\hat{V}B_n A_d B Y_d}_{②} + \underbrace{\hat{V}B_n A_d B Y_n}_{③} + \underbrace{\hat{V}B_n Y_n}_{④} \quad (8)$$

其中, 第①—③部分为数字产品需求拉动的全球价值链增加值, 第④部分表示非数字产品需求拉动的全球价值链增加值。进一步, 数字产品需求分为两方面: 一方面是数字最终品的消费投资需求, 另一方面是各产业在生产过程中对数字中间品的使用需求, 二者共同拉动了全球价值链的数字化转型。具体地, 第①部分 $\hat{V}B_n Y_d$ 表示仅由数字最终品需求拉动的全球价值链增加值, 这部分增加值在经历一系列不涉及数字产品的中间生产过程后, 最终用于满足数字最终品的生产。第②部分 $\hat{V}B_n A_d B Y_d$ 表示数字中间品和最终品需求共同拉动的全球价值链, 这部分增加值不仅用于满足产业对数字中间品投入的需求, 而且会以数字最终品的形态进入最终消费投资市场。第③部分 $\hat{V}B_n A_d B Y_n$ 表示仅由数字中间品需求拉动的全球价值链, 这部分增加值虽然最终以非数字最终品的形态存在, 但是在中间生产过程中会以数字中间品投入的形式参与生产过程。

(2) 全球价值链数字化转型程度 DT(Digital Transformation) 测度。基于数字产品需求拉动的全球价值链增加值即第①—③部分, 本文定义全球价值链的数字化转型程度为: 数字产品需求拉动的全球价值链增加值占全球价值链总增加值的比例, 具体公式如下:

$$DT = \frac{\hat{V}B_n Y_d + \hat{V}B_n A_d B Y_d + \hat{V}B_n A_d B Y_n}{\hat{V}B Y} \quad (9)$$

其中, 分子部分为式(8)中的第①—③部分, 为了方便后续分析, 本文称分子部分为全球价值链的数字经济增加值, 分母部分表示各个国家各个产业的增加值。这一指标不仅衡量了国家或产业的数字化程度, 也代表其在全球价值链中的竞争能力。

4. 全球价值链生产侧分解及数字产品异质性测度

(1) 基于数字产品生产的全球价值链生产侧分解。通过进一步分解全球价值链, 得到全球价值链数字化转型进程中的数字产品增加值。在式(8)基础上, 将第①—③部分按数字产品增加值和非数字产品增加值进行分解:

$$VC = \underbrace{\hat{V}Y_d}_{①_D} + \underbrace{\hat{V}A_d B Y_d}_{②_D} + \underbrace{\hat{V}A_d B Y_n}_{③_D} + \underbrace{\hat{V}A_n B_n Y_d}_{①_N} + \underbrace{\hat{V}A_n B_n A_d B Y_d}_{②_N} + \underbrace{\hat{V}A_n B_n A_d B Y_n}_{③_N} + \underbrace{\hat{V}B_n Y_n}_{④} \quad (10)$$

其中, ①_D、②_D、③_D 部分表示数字产品增加值, ①_N、②_N、③_N 部分表示数字产品需求

拉动的非数字产品增加值,④表示非数字产品需求拉动的非数字产品增加值。以①_D和①_N为例,①_D表示数字最终品需求拉动的数字产品增加值,①_N表示数字最终品需求拉动的非数字产品增加值,二者之和等于式(8)中的第①部分,其余各部分同理。

(2)全球价值链各生产环节划分。根据Wang et al.(2017a)提出的全球价值链分解方法,全球增加值贸易可以区分为国内贸易、传统国际贸易、简单全球价值链及复杂全球价值链四部分,这里的“全球价值链”是狭义上的全球价值链,代表仅与跨境生产相关的增加值贸易。具体可得:

$$VC = \underbrace{\hat{V}B^D Y^D}_{DVC} + \underbrace{\hat{V}B^D Y^F}_{RT} + \underbrace{\hat{V}B^D A^F B^D Y^D}_{GVC_S} + \underbrace{\hat{V}B^D A^F (BY - B^D Y^D)}_{GVC_C} \quad (11)$$

其中, DVC 为国内价值链, RT 为传统国际贸易, GVC_S 为简单全球价值链, GVC_C 为复杂全球价值链。以国内价值链环节 DVC 为例,①利用式(7)对非数字Leontief逆矩阵 B_n 的分解,可以从式(10)中提取出国内价值链的部分:

$$\begin{aligned} DVC = & \underbrace{\hat{V}Y_d^D}_{DVC_①_D} + \underbrace{\hat{V}A_d^D B^D Y_d^D}_{DVC_②_D} + \underbrace{\hat{V}A_d^D B^D Y_n^D}_{DVC_③_D} + \underbrace{\hat{V}A_n^D B_n^D Y_d^D}_{DVC_①_N} + \underbrace{\hat{V}A_n^D B_n^D A_d^D B^D Y_d^D}_{DVC_②_N} \\ & + \underbrace{\hat{V}A_n^D B_n^D A_d^D B^D Y_n^D}_{DVC_③_N} + \underbrace{\hat{V}B_n^D Y_n^D}_{DVC_④} \end{aligned} \quad (12)$$

其中, $DVC_①_D$ 、 $DVC_②_D$ 、 $DVC_③_D$ 部分表示国内价值链中的数字产品增加值。下面利用式(10)——(12)构造数字产品异质性指标。

(3)国内价值链的数字产品异质性HET(Digital-product Heterogeneity)测度。在传统投入产出分析中,通常假定一个产业只生产一种产品,而前文从供给使用表出发的分析框架则刻画了产业生产多于一种产品的情况。因此,对于一个产业而言,其产出中既存在一种主要产品,也存在多种其他产品,这些其他产品产出占比代表了产业生产结构的多元化特点。聚焦到数字产品,对于每一个数字产业而言,其产出包括三部分:一种主要数字产品、多种其他数字产品和其他非数字产品。对于每一个非数字产业而言,其产出也包括三部分:一种主要非数字产品、多种其他非数字产品和其他数字产品,因此,其他数字产品产出占比就代表了产业的数字产品异质性。

将数字产品的市场份额系数矩阵 D_d 拆分为主要数字产品的市场份额系数 D_{md} 和其他数字产品的市场份额系数 D_{od} 两部分,即 $D_d = D_{md} + D_{od}$, D_{od} 的每一个元素 $D_{od,ip}$ 代表产业 i 生产的其他数字产品 p 占该产品总产出的比例。于是,国内价值链的数字产品异质性 DVC_HET 定义为:国内价值链引起的其他数字产品增加值占国内价值链总增加值的比例,具体公式如下:

$$DVC_HET = \frac{\hat{V}D_{od}F_d^D + \hat{V}D_{od}C_d^D B^D Y_d^D + \hat{V}D_{od}C_d^D B^D Y_n^D}{\hat{V}B^D Y^D} \quad (13)$$

其中,分子是从式(12)中的 $DVC_①_D$ 、 $DVC_②_D$ 、 $DVC_③_D$ 部分减去主要数字产品增加值,即国内价值链中的其他数字产品增加值,分母为式(11)中的 DVC 部分即国内价值链增加值。同样地,可以得到传统国际贸易、简单全球价值链、复杂全球价值链中的数字产品异质性。进一步,在具体产业划分的基础上,可以刻画不同类型产业的数字产品异质性特点,如数字产业、高技术制造业等的数字产品特点。^②

根据上述分析,数字产品异质性指的是产业在生产过程中输出数字产品类型的多样化程度,与之相对,数字产业专业化SPE(Digital-product Specialization)则是指产业在数字产品生产中对一种

① 价值链不同环节的定义、分解公式及指标构建参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 具体产业层面的数字产品异质性测度指标参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

或几种核心数字产品的集中程度,用主要数字产品增加值占总增加值的比例来衡量。^①因此,数字产品专业化强调集中与深度,数字产品异质性则强调多样与广度。

5. 数据说明

本文使用的数据来自欧盟统计局的FIGARO表(2024年版),其中包含2010—2022年欧盟27国及其最主要的18个非欧盟贸易伙伴间的供给使用表。数据中产业部门采用了国际标准行业分类代码A—U,并细分为64部门,产品也同样分为64类,但和产业间并非一一对应关系。参照许宪春和张美慧(2020)对数字产品的相关定义,将数字产品划分为数字化赋权基础设施、数字化媒体、数字化交易以及数字经济交易产品四类。^②为了避免数字经济交易产品和数字化赋权基础设施、数字化媒体、数字化交易之间的重复计算,不考虑数字经济交易产品所带来的数字化效应,这样得到的窄口径测度结果具有较好的国际横向可比较性。因此,本文将64类产品划分为数字货物(计算机、电子和光学产品)、数字服务(批发中的电子商务部分;零售中的电子商务部分;电影录像活动、电台电视广播;电信服务;计算机程序设计、咨询及信息服务活动)以及非数字产品三大类,其中数字货物和数字服务共同构成数字产品。考虑到数字化交易即电子商务在数字经济中的重要作用,本文从批发、零售中将电子商务部分拆分出来,按照联合国贸易和发展会议(UNCTAD)数据库中可数字化交付的服务贸易占总服务贸易的百分比进行拆分。

三、全球价值链数字化转型与数字产品异质性特征分析

本部分通过对比产业×产品交叉维度的测算方法和单一产业维度的传统测算方法结果,证实本文提出的全球价值链测算方法能有效捕捉各个产业尤其是传统产业的数字产品生产。此外,基于本文提出的测算方法,这里还将从不同经济体、产业、全球价值链分工形式、数字产品类型等视角分析全球价值链数字化转型中的数字产品异质性贡献差异。

1. 基于产品异质性的数字化转型测度结果

基于产业维度的传统投入产出测算方法,^③由于忽略了数字产品异质性特点而低估了全球价值链的数字化转型程度,可见,数字产品异质性在全球价值链数字化转型进程中的重要贡献。如图1所示,基于本文提出的交叉维度测度方法,在绝对量上,2022年中国参与全球价值链获得的数字经济增加值为2.42万亿欧元,高于传统方法的测算结果1.87万亿欧元;在相对量上,2022年中国参与全球价值链的数字化转型程度为15.01%,高于传统方法所测得的11.61%,传统方法的低估程度为22.64%。放眼全球,传统测算方法对于各国参与全球价值链的数字经济增加值和数字化转型程度均有低估,低估程度在20%左右。由此可见,数字产品异质性在全球价值链数字化转型中具有重要作用,由于数字产品异质性特点被忽略,进而导致数字化转型程度被低估。这种低估本质上源于传统方法无法捕捉产业的内部结构:一方面,数字核心产业(如ICT制造业)的非数字产品产出被错误归类;另一方面,传统产业(如机械制造)的多元化生产结构被系统性遗漏。

2. 各经济体数字化转型中的数字产品异质性贡献

相较于发达经济体,数字产品异质性对中低收入经济体数字化转型的贡献相对更高。对于多

① 数字产品专业化的详细定义及指标构建参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 数字产品分类标准及测度口径说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③ 基于投入产出表的全球价值链数字化转型的传统测度方法参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

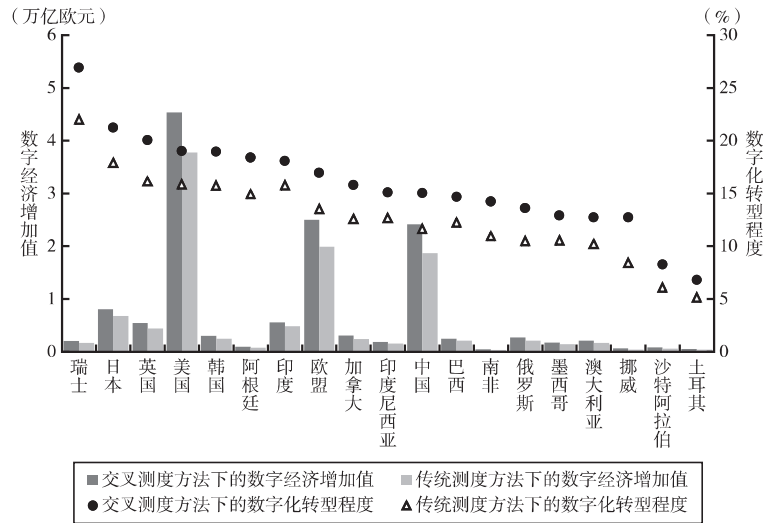


图1 2022年全球价值链数字经济增加值及数字化转型程度

数中低收入经济体,虽然其数字化转型程度明显低于发达经济体,^①但其数字产品异质性的贡献逐步增强,而发达经济体数字产品异质性的贡献则逐渐减弱。图2(a)展示了中国、墨西哥和其他中低收入经济体的数字产品异质性在数字化转型中的贡献,分别从2010年的12.89%、28.73%和18.18%上升至2022年的13.26%、33.82%和19.39%。图2(b)展示了美国、欧盟、日本的数字产品异质性在数字化转型中的贡献,分别从2010年的16.77%、19.09%和19.65%下降至2022年的12.78%、17.70%和18.32%。这种不同收入水平经济体间出现的鲜明对比,主要源于其各自所处阶段的产业基础和发展需求差异。对于多数新兴经济体,数字基础设施覆盖不均衡、企业数字化水平参差、应用场景有待挖掘,因此多样化的数字产品能有效满足多层次、多样化的市场接入需求。而发达经济体大多已建立起较为成熟的数字基础设施网络,其数字化转型的重点已从技术普及转向优势产业的深度整合。

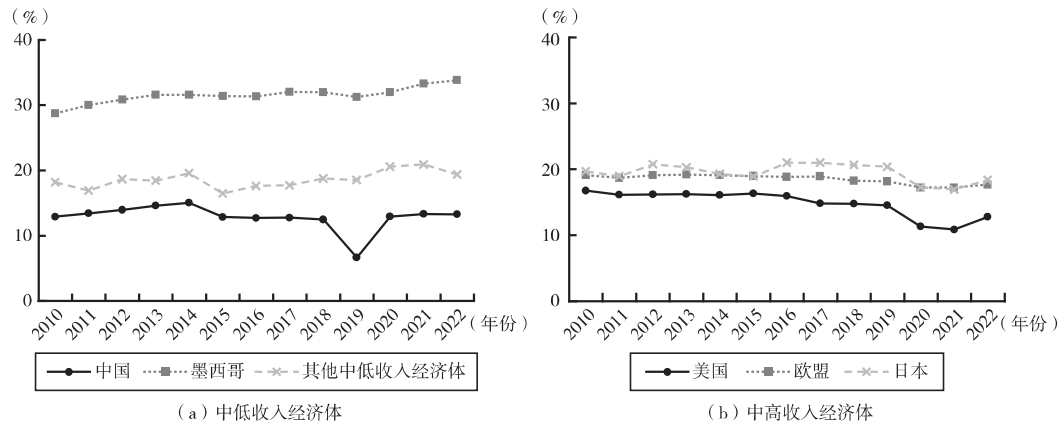


图2 数字产品异质性在全球价值链数字化转型中的贡献

① 各经济体的全球价值链数字经济增加值及数字化转型程度参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

3. 各产业数字化转型中的数字产品异质性贡献

本文参照倪红福等(2024)对制造业和服务业的划分方式,将制造业划分为低技术制造业、中技术制造业和高技术制造业三类,将服务业划分为知识密集型服务业、非知识密集型服务业两类。这种产业划分相较于数字、非数字产业的划分更具优势,^①因为更细致的产业划分,能够揭示数字产品异质性在多种不同类型产业内部的差异化分布规律。

传统产业的数字化转型不足已成为制约中国整体数字化转型进程的重要原因,^②而相比于高技术制造业和知识密集型服务业,数字产品异质性在传统产业的数字化转型进程中发挥更为重要的作用,尤其对低技术制造业和非知识密集型服务业的数字化转型贡献较大。因此,以数字产品异质性为抓手是实现传统产业数字化转型的重要途径。如图 3(b)所示,从数字产品异质性角度看,2022 年非知识密集型服务业的数字产品异质性最高,达 4.77%;从数字产品异质性在数字化转型中的贡献看,非知识密集型服务业、低技术制造业的数字产品异质性贡献较大,分别达 42.50% 和 18.95%,可见,对于以非知识密集型服务业、低技术制造业为代表的传统产业,数字产品异质性在其数字化转型进程中贡献更大。这一现象背后的经济学逻辑在于:首先,传统产业大多依赖规模经济下的成本控制,即使较为简单的数字产品创新,也能够借助规模经济实现大范围降本增效,因此,以数字技术普及推广为核心的数字产品异质性,通过现成解决方案的规模经济,显著降低了中小企业的技术适配成本。其次,非知识密集型服务场景高度分散,多样化的数字产品创新能够匹配个性化需求,解决场景“碎片化”问题。

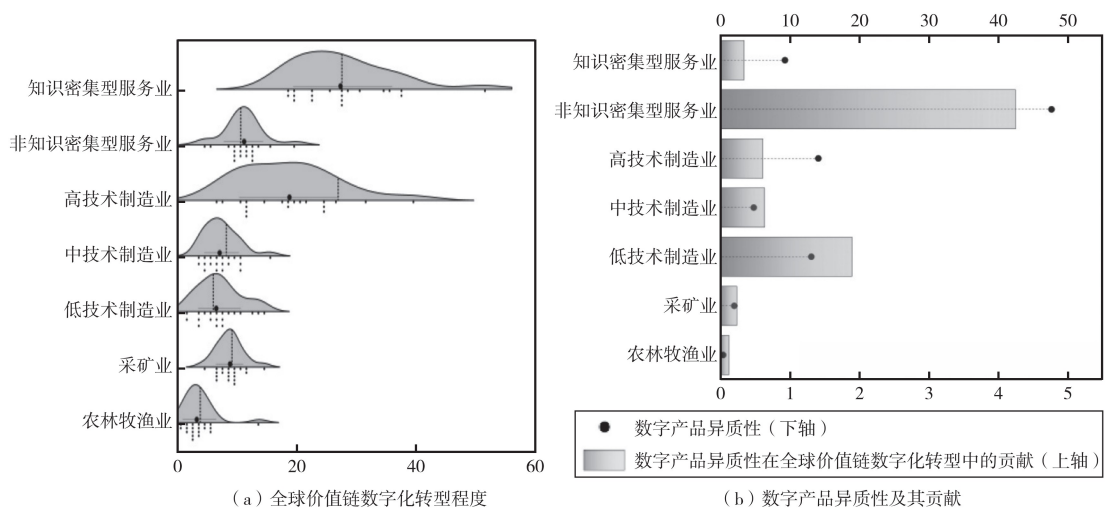


图 3 2022 年各产业的数字化转型程度及数字产品异质性贡献(单位:%)

注:图(a)中虚线对应的横坐标表示中国各产业参与全球价值链的数字化转型程度。

4. 区分价值链不同环节的数字产品异质性分析

下面将全球价值链按照 Wang et al.(2017a)分解为国内价值链、传统国际贸易、简单全球价值链、复杂全球价值链四个环节。为方便说明,这里所说的“全球价值链 GVC”均指传统国际贸易 RT、简单全球价值链 GVC_S 和复杂全球价值链 GVC_C 之和,与国内价值链 DVC 相对应。

全球价值链的数字化转型程度明显高于国内价值链,但后者的数字产品异质性对其数字化转

① 具体产业划分参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。
② 各产业的全球价值链数字经济增加值及数字化转型程度参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

型的贡献更为明显。如图4所示,2022年国内价值链的数字化转型程度为13.67%,远低于传统国际贸易的22.85%、简单全球价值链的26.75%和复杂全球价值链的36.89%。与之形成对比的是数字产品异质性贡献。尽管国内价值链的数字产品异质性水平较低(2022年为2.39%,低于复杂全球价值链的3.84%),但其对数字化转型的贡献(17.49%),显著高于传统国际贸易的13.33%、简单全球价值链的12.52%和复杂全球价值链的10.42%。

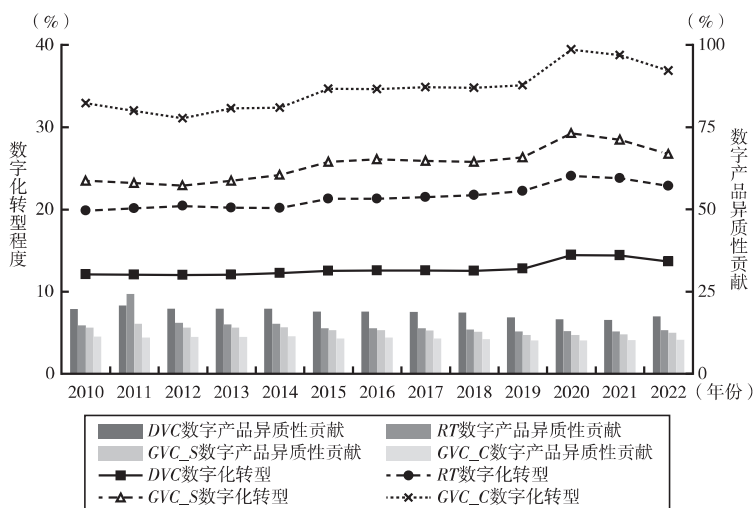


图4 全球价值链不同环节的数字化转型程度及数字产品异质性

这一显著差异反映出,在DVC数字化向GVC专业化发展过程中,数字产品异质性所扮演的训练场和孵化器的关键角色。①在国内价值链中,中国企业依托国内超大规模且需求多元的市场,通过多样化的数字产品进行技术迭代和商业模式试错。这为企业后续在特定细分领域构建专业化优势,并以其为核心竞争力切入全球复杂价值链环节奠定了基础。②在全球价值链中,随着成本优势变化和科技竞争加剧,中国的竞争力正转向在特定高科技、高附加值环节建立绝对优势(如新能源电池、无人机、5G设备、部分AI应用)。这表明,中国正从GVC的“组装者”向“核心技术和组件提供者”升级。可见,中国国内大循环正有效培育其参与国际大循环的能力,其全球价值链角色呈现从“量的集成”向“质的核心”转变的清晰路径。

5. 区分产品类型的数字产品异质性分析

(1)区分数字货物和数字服务。数字服务产品异质性对全球价值链数字化转型的贡献远大于数字货物产品。本文测算了各类数字产品异质性对全球价值链数字化转型的贡献,^①结果表明,数字服务尤其是电子商务的异质性在全球价值链数字化转型中发挥主要作用。对比数字货物和数字服务的增加值总量,2022年数字货物增加值合计1.31万亿欧元,数字服务增加值合计8.27万亿欧元,可见,数字服务在全球价值链数字产品生产占据极为关键的地位。在数字服务内部的具体分类上,2022年的数字服务产品异质方面,批发、零售中的电子商务活动分别占到50%、35%。这表明,多元的电子商务模式(如B2B、B2C、跨境、社交电商等)通过重塑贸易网络、提升交易效率、降低参与门槛,对全球价值链的数字化转型起着最广泛的推动作用。

(2)区分数字最终品和数字中间品。相较于数字最终品,数字中间品异质性对全球价值链数字

① 区分产品类型的数字产品异质性结构参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

化转型的贡献不断增加,并形成了明显的区域化分布特征。^① ①从全球数字中间品和数字最终品异质性均值看,2022年数字中间品异质性为1.43%,数字最终品异质性为1.16%,并且2010—2022年全球数字最终品异质性持续下降,而数字中间品异质性则不断上升。这反映了全球价值链数字化转型的核心驱动力正从消费端向生产端深化,多样化的数字中间品通过嵌入价值链的研发、设计、制造、物流等各环节,极大提升了全链条生产效率。②从各国数字中间品和数字最终品的区域化特征看,2022年亚太多数经济体的数字中间品异质性占比均大于60%,其中,中国的数字中间品异质性占比高达80.67%,与北美、欧洲形成鲜明差异。这种区域格局的形成主要是由亚太地区在全球价值链特别是中间制造环节的深度嵌入驱动,以中国为代表的亚太经济体正通过大力发展和应用多样化的数字中间品技术,强化在全球生产链条中的核心地位。

数字服务和数字中间品异质性的快速发展标志着全球价值链正在经历一场基于数据和数字技术的根本性重构。①在贸易格局上,数字服务异质性重塑了国家间比较优势基础。当前,全球贸易正从货物贸易主导转向“货物+服务+数据”三元融合的立体化格局,数字服务尤其是电子商务异质性极大降低了服务贸易壁垒,使得原本不可贸易的服务流动起来,一国在全球竞争中的地位不再仅取决于自然资源或劳动力,更取决于其数字基础设施、数据要素治理等(杨翠红等,2023)。②在生产方式上,数字中间品异质性改变了全球价值链分工模式。数字中间品如工业AI算法、嵌入式软件、云平台服务等多元化发展,使得全球价值链的基础正从传统的物理中间品分工,转向以数字中间品为核心的数字分工,价值链的竞争基础向数字赋能能力的高地转移。

四、数字产品专业化和异质性贡献的替代效应分析

前文分析了全球价值链数字化转型及数字产品异质性的总量及结构特征,为进一步探究随着经济发展,数字产品异质性的变化以及数字产品专业化与异质性的动态关系,本部分聚焦数字产品专业化对异质性贡献的替代效应进一步分析。

1. 研究假说

经济发展初期,后发国家往往通过数字产品异质性突破技术壁垒,以差异化优势嵌入全球价值链数字化转型中,通过模仿创新和功能适配满足不同市场的初级数字需求,此时异质性是打开全球市场的关键动力。然而,随着经济发展水平提升,国家的技术积累与竞争力逐渐增强,创新策略会从广度扩张转向深度发展。一方面,发达经济体对数字产品的精度、效率与核心技术提出更高要求,以技术垄断、标准制定权等维持价值链高端地位;另一方面,经济发展带来的资本密集度上升与研发投入强度提高,也为专业化领域的持续创新提供了资源支撑。

事实上,数字创新策略的转向源于创新资源的稀缺性约束。在资源有限条件下,国家或企业需在多元化探索与单一领域深耕间进行权衡。向数字产品专业化方向的深入发展,意味着资源向核心领域集中,这可能挤占异质性创新的投入,从而对数字产品异质性产生替代效应。然而,随着经济水平发展,资源约束逐渐放宽,资本和技术积累足以支撑专业化与异质性协同创新,并且不断细分的市场可能催生二者间的互补需求,使得数字产品专业化对异质性贡献的替代效应逐渐减弱。当然,外部环境改变也可能缓解专业化与异质性的替代压力,如数字基础设施的完善可降低异质性创新的边际成本,产业结构优化开拓了数字新场景、新业态,政府效率提高可通过精准政策支持减少创新资源错配等。基于以上分析,本文提出:

① 数字中间品和数字最终品异质性及其结构占比参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

假说1:数字产品专业化对数字产品异质性在全球价值链数字化转型中的贡献存在替代效应,但随着经济发展,替代效应会逐渐减弱。

假说2:数字基础设施发展、产业结构优化、政府效率提高均会削弱数字产品专业化对异质性的替代效应。

2. 计量模型设定

为了分析在全球价值链数字化转型进程中,数字产品专业化对数字产品异质性贡献的替代效应,以及影响二者替代关系的影响因素等问题,本文建立如下计量模型:

$$HETC_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 SPE_{it} + \alpha_2 X_{it} + \alpha_3 SPE_{it} \times X_{it} + \beta C_{it} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

其中, i 和 t 分别表示国家或经济体 i 、年份 t 。被解释变量 $HETC_{it}$ 表示国家 i 第 t 年数字产品异质性在全球价值链数字化转型中的贡献,核心解释变量 SPE_{it} 表示国家 i 第 t 年数字产品专业化程度。 C 表示可能影响数字产品异质性贡献的控制变量。 μ_i 和 μ_t 分别表示年份和时间固定效应, ε_{it} 为误差项。在基准回归中,令 $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$,以此检验数字产品专业化对数字产品异质性贡献的替代效应。为验证假说1,令 X_{it} 表示经济发展水平,如用人均GDP表示;为验证假说2, X_{it} 可以分别表示数字基础设施水平、产业结构、政府效率等外生变量。

3. 变量说明

(1)被解释变量:数字产品异质性在全球价值链数字化转型中的贡献($HETC$),由前文构造的数字产品异质性程度 HET 和全球价值链数字化转型程度 DT 组合而来,具体而言, $HETC = HET/DT$ 。进一步,将数字产品异质性贡献分为数字产业和非数字产业,即 $HETC_D$ 和 $HETC_N$ 两部分,用以探究数字产品专业化的替代效应是否具有行业差异。

(2)核心解释变量:数字产品专业化程度(SPE)。 SPE 与 HET 相对应,均是衡量国家技术创新能力的重要指标,但数字产品专业化与异质性是数字创新能力的两个不同发展方向,且二者间存在一定的替代效应,权衡二者间关系是数字经济研究的重要课题。

(3)控制变量。①经济发展水平,包括经济增长和结构两方面,其中,经济增长用GDP年增长率衡量,经济结构用工业增加值与GDP比值衡量;②技术创新能力,包括创新投入和创新产出两方面,其中,创新投入用研发支出与GDP比值衡量,创新产出用居民和非居民的专利申请数衡量;③人力资本教育,包括教育投入和劳动力素质两方面,其中,教育投入用政府教育支出与GDP比值衡量,劳动力素质用未接受教育或培训的青年比例衡量;④跨境资本流动,包括资本流入和资本流出两方面,分别用外国直接投资净流入和净流出与GDP比值衡量。

4. 基准回归结果

基准回归结果如表3所示。第(1)列仅包含核心解释变量和国家、年份固定效应,第(2)列加入控制变量。结果显示,不同的模型设定下数字产品专业化的估计系数均在1%的水平上显著为负,从而验证了假说1。第(3)、(4)列区分数字和非数字产业的数字产品异质性贡献。结果显示,数字产品专业化的替代效应主要作用于数字产业,而对非数字产业的数字产品异质性没有显著影响。这可能是由于数字技术在传统产业应用存在适配成本和技术距离,导致其专业化发展的技术扩散存在衰减效应,难以直接影响非数字产业。

引入经济发展水平,用人均GDP对数值 $\ln(GDPpc)$ 表示。第(5)列结果显示, $\ln(GDPpc)$ 的估计系数在5%水平上显著为负,说明数字产品异质性贡献随经济水平发展而降低,类似地,数字产品专业化贡献也随经济水平发展而增加。鉴于此,为了保证经济发展水平作为调节变量时的相对外生,本文取人均GDP滞后期作为调节变量,如第(6)列所示。结果显示,交互项系数在1%水平上显

表 3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	HETC	HETC	HETC_D	HETC_N	HETC	HETC
<i>SPE</i>	-2.0793*** (0.0763)	-2.0742*** (0.0794)	-0.3454*** (0.0649)	0.0070 (0.0111)		-10.6467*** (0.3897)
$\ln(GDP_{pc})$					-0.1023** (0.0444)	-0.0548** (0.0247)
$SPE \times \ln(GDP_{pc})$						2.0449*** (0.0935)
控制变量	否	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	598	585	585	585	585	540
调整后的 R ²	0.7854	0.8019	0.8840	0.7653	0.5457	0.9106

注:括号内为标准误;“是”表示控制相关变量;*、**和***分别表示 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

著为正,与 *SPE* 的系数符号相反,揭示出随着经济发展,数字产品专业化的替代效应逐渐减弱,从而进一步验证假说 1。在此基础上,进一步引入二次项,可以发现,随着数字产品专业化提高,二者间替代效应减弱、协同关系显现。这说明,虽然短期内数字产品专业化会对异质性产生替代,但长期看,随着经济水平发展,异质性探索 and 专业化深耕间将形成协同效应,数字产品异质性及考虑数字产品异质性的全球价值链数字化转型测度依然重要。

在稳健性检验中,本文采取:①调整样本范围。一方面,剔除数字化转型前沿国家的子样本重新估计;另一方面,对被解释变量和核心解释变量进行上下 1% 的缩尾处理。②增加控制变量。纳入 ICT 相关论文发表、ICT 前沿技术准备度、政府决策透明度等潜在遗漏变量后,结论仍保持稳健。在内生性讨论中,核心解释变量数字产品专业化与被解释变量数字产品异质性贡献之间可能存在双向因果问题。鉴于此,本文采用工具变量法处理可能的内生性问题。第一个工具变量参考李小平等(2024)的设置方法,将内生变量数字产品专业化程度 *SPE* 的滞后二期作为工具变量。第二个工具变量采用 Bartik 工具变量的构造方法,由于双向因果的核心在于数字产品增加值中的主要产品和其他产品占比存在此消彼长的关系,因此,考虑初始年份各国行业的主要数字产品增加值份额与全球(除本国外)行业的主要数字产品增加值增长率的内积,并在进一步得到各国主要数字产品增加值预测的基础上,除以各国当期总增加值,得到由国家初始产业结构和全球产业趋势驱动的外生数字产品专业化程度。结果显示,上述两个工具变量不存在弱工具变量和识别不足问题,且第二阶段数字产品专业化估计系数均显著为负,从而为数字产品专业化对异质性贡献的替代效应提供了更为可靠的因果证据。①

5. 调节效应分析

在全球价值链数字化转型进程中,既然数字产品专业化会对异质性产生替代效应,如何进一步降低二者间的替代效应,成为经济高质量发展的重要议题。接下来从数字基础设施、产业结构、政府效率三方面分析。

(1)数字基础设施。推动数字基础设施建设能够削弱数字产品专业化对异质性贡献的替代。本文选取固定宽带普及率、移动网络覆盖率作为调节变量,分别纳入式(14)。②结果表明,无论采用哪种调节变量, *SPE* 与数字基础设施的交互项系数均显著为正,说明随着数字基础设施的完善,

① 内生性检验结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。
② 调节效应结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

数字产品专业化的负向影响逐渐衰减。可能的原因在于,数字基础设施的发展不仅为专业化技术提供算力支持,也降低了数字产品异质性创新的边际成本。企业能够在深耕数字核心技术的同时,以更低成本拓展异质性的应用,使得二者间的资源竞争强度下降,替代关系得以缓解。

(2)产业结构。产业结构优化,尤其是知识密集型服务业发展,能够削弱数字产品专业化对异质性贡献的替代。本文选取GDP中服务业占比、服务出口中的通信计算机产业占比作为调节变量。实证结果显示, SPE 与产业结构的交互项系数均显著为正,说明随着产业结构向服务化、数字化转型时,数字产品专业化的负向影响逐渐减弱。背后的机制在于:一方面,生产性服务业发展能够有效提高制造效率,从而在有限的资源约束下缓解数字产品专业化和异质性间的资源竞争;另一方面,生活性服务业尤其是数字服务对定制化、场景化的需求更强,专业化的技术需要通过异质性的应用实现价值落地,新场景、新业态的出现使得专业化的替代效应减弱。

(3)政府效率。政府效率提高能够缓解数字产品专业化的替代压力。本文选取世界银行计算的政府效率指数、政府效率百分比排名作为调节变量。结果表明,数字产品专业化 SPE 与政府效率的交互项系数均显著为正,说明高效的行政有利于缓解数字产品专业化的替代效应。一方面,精准的研发补贴与政策支持可以保障数字产品专业化的持续投入,助力攻关核心技术难题;另一方面,构建知识产权保护体系、营造公平竞争营商环境有利于激励企业在产品类型、商业模式上的异质性创新。这种双向赋能不仅为专业化深耕提供了支持,又避免了资源的过度集中,有利于形成专业化基础支撑异质性创新的动态平衡。

五、结论与启示

全球价值链正在经历一场基于数字技术的结构性重构,数字产品生产不断融入各行各业,数字技术的产业边界也逐渐模糊。在此背景下,虽然大量文献讨论了全球价值链的数字化转型,但受制于投入产出表形式,没有充分考虑到数字产品的异质性问题,进而无法准确反映全球价值链的数字化重构特点。

鉴于此,本文使用欧盟统计局编制的FIGARO表,从全球多区域供给使用表出发,通过价值链分解构建产业与产品双重视角的分析框架,揭示了数字产品异质性在全球价值链数字化转型中不可或缺的作用。结果显示,传统测算方法因忽略产业的数字产品异质性,系统性地低估了全球价值链数字化转型程度约20%,这种低估尤其体现在中低收入经济体及传统产业中,这意味着数字产品异质性已经成为全球价值链数字化转型进程中极为重要的一环。进一步研究表明:①数字产品异质性是国内价值链的重要活力源泉,为参与全球价值链专业化分工奠定基础。数字产品异质性在国内价值链的高贡献率表明,通过满足国内超大规模市场的多元化需求,为企业提供宝贵的“试错”空间和创新场景,异质性成为孕育和锤炼专业化能力的训练场与孵化器。②全球贸易格局正在经历数字化、服务化的结构性重组,数字服务和中间品异质性在重塑比较优势和分工模式等方面,成为重构进程中的关键力量。在数据要素加速融入传统贸易的背景下,数字服务异质性打破服务贸易壁垒,重塑各国比较优势基础;数字中间品异质性则推动全球价值链分工模式从物理集成迈向数字融合,这标志着以数据和数字技术为核心的全新国际贸易时代的到来。③在全球价值链数字化转型进程中,数字产品专业化对数字产品异质性的贡献存在替代效应,但随着经济发展及数字基础设施完善、产业结构优化和政府效率提升,异质性探索 and 专业化深耕间将形成协同创新局面,赋予中国在全球贸易格局中的新角色和比较优势的转变,有望共同推动中国从“贸易大国”向“贸易强国”转型。基于以上研究结论,本文提出如下政策启示:

(1)以数字产品异质性激活传统产业转型与落后产能升级。本文研究发现,数字产品异质性对

中低收入经济体和传统产业的数字化转型贡献较大,因此,以数字产品异质性为导向,鼓励多样化的数字产品探索有助于传统产业数字化转型。通过核心产业主导、传统产业配套的模式开展关键共性技术研发,尤其在高端芯片、关键材料等高投入、长周期、广应用领域,以核心技术突破推动上下游传统产业从生产到生活的全链条应用场景探索,形成多样化的数字产品成果。

(2)构建国内价值链与全球价值链的差异化数字战略,形成“以内促外”的协同发展路径。由于数字产品异质性在国内价值链的贡献率较高,因此,对内应破除数据壁垒和行政分割,鼓励企业依托国内多元市场进行异质性创新试错,将国内价值链打造为专业化能力的“孵化器”;对外则应聚焦数字产品专业化突破,推动国产数字产品标准与国际接轨,支持成熟的专业化数字方案出海,实现从“国内异质性孵化”到“全球专业化竞争优势”的转化。

(3)重塑数字服务产品结构,引导数字服务多元化发展。本文研究表明,全球贸易格局正在经历数字化、服务化的结构性重组,但是当前仍存在电子商务占比过高而高端计算机服务异质性薄弱的问题,需系统性优化数字服务供给结构。政策扶持应从规模扩张转向质量提升,设立数字服务创新试验区,重点激励云服务、工业软件、数据服务等高附加值业态。同时,吸引海外高端数字服务人才参与本土技术攻关,从根本上扭转数字服务的“低端锁定”困局。

(4)建立数字产品异质性与专业化的动态协同机制,形成阶段性政策工具箱。根据本文的研究结论,在发展初期,数字产品专业化对异质性存在较强的替代效应。因此,异质性的数字产品能够激发创新和竞争。在地区发展初期,企业通过提供不同的产品或服务来争夺新兴市场份额。随着资源不断投入,技术和产品升级将推动整个地区数字产业进步。同时,应通过并购重组、专利池共享等方式平衡异质性与专业化的资源配置,发挥异质性和专业化的协同效应。

(5)深化国内数字监管改革,积极参与全球数字贸易规则制定。不同于WTO框架下的货物贸易,异质性的数字产品贸易涉及大量的数据跨境流动、数字知识产权、平台责任等新问题。数字贸易的壁垒不再是传统的关税,而是各国的国内监管政策,这种“边境后”措施成为大国竞合的焦点。因此,对内应继续深化市场改革,鼓励基于数据的多样化创新;对外应积极参与全球数字贸易规则的制定,从国际规则的“接受者”转向“制定者”,以保障在全球贸易中形成的专业化竞争优势。

〔参考文献〕

- 〔1〕郭进,徐盈之,白俊红.产业数字化与大城市工资增长溢价:数字要素规模弹性视角[J].中国工业经济,2024,(11):118-136.
- 〔2〕李小平,余远,袁凯华,高翔.出口企业的价值链长度、结构变化与新发展格局[J].经济研究,2024,(6):107-125.
- 〔3〕李鑫茹,陈锡康,段玉婉,杨翠红.经济全球化和国民收入视角下的双边贸易差额核算——基于国际投入产出模型的研究[J].中国工业经济,2021,(7):100-118.
- 〔4〕吕延方,方若楠,王冬.中国服务贸易融入数字全球价值链的测度构建及特征研究[J].数量经济技术经济研究,2020,(12):25-44.
- 〔5〕吕越,邓利静.全球价值链下的中国企业“产品锁定”破局——基于产品多样性视角的经验证据[J].管理世界,2020,(8):83-98.
- 〔6〕吕越,张昊天,高恺琳.人工智能时代的中国产业链“延链补链”——基于制造业企业智能设备进口的微观证据[J].中国工业经济,2024,(1):56-74.
- 〔7〕马丹,唐佳琦.全球数字价值链增加值的测算及变动因素分析[J].统计研究,2023,(6):3-19.
- 〔8〕马丹,唐佳琦,何雅兴.投入产出框架下中国产品部门投入数字化程度的测算、分解及质量效应研究[J].统计研究,2022,(12):3-21.

- [9]倪红福,王海成.企业在全球价值链中的位置及其结构变化[J].经济研究,2022,(2):107-124.
- [10]倪红福,钟道诚,范子杰.中国产业链风险敞口的测度、结构及国际比较——基于生产链长度视角[J].管理世界,2024,(4):1-26.
- [11]彭水军,李之旭.外部需求与企业上游供应链调整:稳链保供还是扩链强链[J].世界经济,2024,(2):64-92.
- [12]盛斌,刘宇英.走出产品“舒适区”:企业数字化与出口产品转换[J].中国工业经济,2024,(8):61-79.
- [13]王彬,高敬峰,宋玉洁.数字经济对三重价值链协同发展的影响[J].统计研究,2023,(1):18-32.
- [14]王飞,姜佳彤,裴建锁.全球价值链贸易研究:现状和展望[J].国际贸易问题,2024,(4):12-27.
- [15]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,(9):108-206.
- [16]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,(5):23-41.
- [17]杨翠红,王小琳,王会娟,夏炎.开放与保护的平衡:数字服务贸易的监管同质化[J].中国工业经济,2023,(12):80-98.
- [18]姚树洁,孙振亚.有形数字产品进口多样性与企业出口韧性[J].世界经济研究,2023,(9):16-134.
- [19]张美慧.数字经济供给使用表:概念架构与编制实践研究[J].统计研究,2021,(7):3-18.
- [20]张美慧,许宪春.数字供给使用表研究的国际进展、挑战和建议[J].当代经济科学,2025,(1):44-59.
- [21]张鹏杨,刘维刚,唐宜红.贸易摩擦下企业出口韧性提升:数字化转型的作用[J].中国工业经济,2023,(5):155-173.
- [22]祝坤福,余心珂,魏尚进,王直.全球价值链中跨国公司活动测度及其增加值溯源[J].经济研究,2022,(3):136-154.
- [23]Antràs, P., D. Chor, T. Fally, and R. Hillberry. Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows [J]. *American Economic Review*, 2012, 102(3):412-416.
- [24]Bian, R. M., and Z. B. Fan. Digitalization of Services, Innovation and Manufacturing GVC Upstreamness [J]. *Technology in Society*, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2024.102660>, 2024.
- [25]Chor, D., K. Manova, and Z. H. Yu. The Global Production Line Position of Chinese Firms [R]. *Industrial Upgrading and Urbanization Conference*, Stockholm, 2014.
- [26]Fally, T. Production Staging: Measurement and Facts [R]. *Mimeo*, University of Colorado Boulder, 2012.
- [27]Gao, Y. N., M. Li, A. Q. Yu, and H. Y. Pan. Digital Global Value Chains: An Analysis from the Perspective of a Value-Added Decomposition [J]. *Journal of Digital Economy*, 2023, 2:162-174.
- [28]Guo, X. F., D. Y. Xu, and K. F. Zhu. Measuring Digitalization Effects in China: A Global Value Chain Perspective [J]. *China Economic Review*, <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2023.102021>, 2023.
- [29]Johnson, J. P., and D. P. Myatt. Multiproduct Quality Competition: Fighting Brands and Product Line Pruning [J]. *American Economic Review*, 2003, 93(3):748-774.
- [30]Koopman, R., Z. Wang, and S. J. Wei. Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports [J]. *American Economic Review*, 2014, 104(2):459-494.
- [31]Panzar, J. C., and R. D. Willig. Economies of Scale in Multi-Output Production [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1977, 91(3):481-493.
- [32]Şeker, M., M. F. Ulu, and J. D. Rodríguez-Delgado. Imported Intermediate Goods and Product Innovation [J]. *Journal of International Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2024.103927>, 2024.
- [33]Wang, Z., S. J. Wei, X. D. Yu, and K. F. Zhu. Measures of Participation in Global Value Chains and Global Business Cycles [R]. *NBER Working Paper*, 2017a.
- [34]Wang, Z., S. J. Wei, X. D. Yu, and K. F. Zhu. Characterizing Global Value Chains: Production Length and Upstreamness [R]. *NBER Working Paper*, 2017b.
- [35]Xing, Y. Q. Global Value Chains and the “Missing Exports” of the United States [J]. *China Economic Review*, <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2020.101429>, 2020.
- [36]Zhang, H. S., Q. Q. Liu, and Y. L. Wei. Digital Product Imports and Export Product Quality: Firm-Level Evidence from China [J]. *China Economic Review*, <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2023.101981>, 2023.

The Contribution of Digital Product Heterogeneity to the Digitalization of Global Value Chains: A Dual Perspective Based on Industry and Product Dimensions

XIA Yan¹, SUN Yi-fan², WANG Hui-juan²

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences;

2. School of Statistics and Mathematics, Central University of Finance and Economics)

Abstract: Global value chains (GVCs) are reshaped by digital technology, as the production of digital products becomes increasingly integrated into various sectors, blurring traditional industrial boundaries. In this process, digital products act as core vehicles of digital transformation. However, their heterogeneous nature—the diversified production of different types of digital products within the same industry—has not been systematically incorporated into the GVC analytical framework. As a result, existing research struggles to accurately capture the full scope and underlying mechanisms of digital transformation. This paper develops a new accounting framework for GVCs that integrates supply-use tables (SUTs), aiming to uncover the critical role of digital product heterogeneity in the digital transformation of GVCs.

Theoretically, this paper transcends the limitations of traditional industry-centric approaches to GVC measurement. By distinguishing between digital and non-digital products in SUTs, this paper establishes a multi-regional, multi-product analytical model. Using global multi-regional SUTs from the EU FIGARO database, this paper decomposes inter-industry trade flows into digital and non-digital product layers. Furthermore, this paper constructs measures of digital product heterogeneity (HET) and specialization (SPE), and assesses the varying contributions of digital product heterogeneity across different dimensions.

The findings reveal that conventional industry-based methods for measuring GVC digital transformation systematically underestimate the extent of digital transformation by approximately 20%, particularly in low- and middle-income economies and traditional industries, which implies that digital product heterogeneity has become an integral component of the digital transformation in GVCs. Further analysis demonstrates: ① From the digital transformation of domestic value chains to participation in vertical specialization within GVCs, digital product heterogeneity serves as both a training ground and an incubator for cultivating and refining specialized capabilities. Digital product heterogeneity facilitates the digital transformation of domestic value chains and provides a foundation for firms to engage in specialization within GVCs. ② The heterogeneity of digital intermediate goods shifts the mode of GVC division from physical integration to digital convergence, thereby driving the digital transformation of GVCs. Meanwhile, the heterogeneity of digital services reshapes the foundation of comparative advantages among countries and promotes the restructuring of global trade patterns toward servitization, while introducing challenges related to “behind-the-border” digital regulation. ③ Digital product specialization has a substitution effect on the contribution of digital product heterogeneity. However, as economic development progresses, digital infrastructure improves, industrial structure optimizes, and government efficiency increases, this substitution effect gradually diminishes while synergies strengthen, enabling digital product specialization and heterogeneity to jointly drive China’s transition from a “major trader” to a “strong trading nation”.

The marginal contributions of this paper are as follows. First, methodologically, this paper pioneers the incorporation of product heterogeneity into the measurement framework of GVC digital transformation, effectively integrating macro-level industry data with micro-level product information via SUTs. Second, theoretically, this paper moves beyond the constraints of a single industry or product dimension, anchoring the analysis in the diversified production structures of industries and focusing on the characteristics of digital product production within sectors. Third, in terms of content, this paper explores the dynamic relationship between digital product heterogeneity and specialization, examining their shift from substitution to synergy, thereby expanding the research frontier of GVC digital transformation.

Based on the findings, we propose the following policy implications. First, we should leverage digital product heterogeneity to revitalize traditional industries. Second, we should construct a “domestic-driven global” digital GVC strategy. Third, we should promote diversification in digital service structures. Fourth, we should establish a dynamic coordination mechanism between heterogeneity and specialization. Fifth, we should actively participate in formulating global digital trade rules. These measures will provide theoretical support and policy guidance to help China gain a competitive edge in the new round of international competition driven by digital transformation.

Keywords: digital product heterogeneity; global value chains; digital transformation; supply-use table

JEL Classification: C67 F10 F14

[责任编辑:覃毅]