

全球数字产品贸易网络结构与启示

汪木子涵

哈尔滨商业大学经济学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2025年8月24日; 录用日期: 2025年9月4日; 发布日期: 2025年9月28日

摘要

本文基于社会网络分析方法, 利用联合国贸易和发展会议数据库(UNCTAD STAT) 2007~2021年全球30个国家的双边ICT贸易数据, 构建全球数字产品贸易网络, 从网络中心性、联系强度和异质性三个维度系统考察了数字贸易的结构特征及其演化规律。研究发现: (1) 全球数字产品贸易网络呈现显著的“核心-边缘”结构, 少数发达国家占据枢纽地位, 新兴国家参与度提升但网络权力分配不均衡; (2) 贸易联系强度呈现两极分化, 少数国家通过“超级连接”主导关键贸易流量, 而2015年后地缘经济重构促使中等强度国家增多; (3) 网络异质性整体增强, 表明多数国家贸易伙伴趋于多元化, 全球价值链分工进一步深化。本研究为理解数字贸易网络的结构特征提供了新的分析框架, 并为各国优化数字贸易政策、提升全球价值链地位提供了实证依据。

关键词

数字产品贸易, ICT, 贸易网络结构

Analysis of the Global Digital Product Trade Network Structure and Its Implications

Muzihan Wang

School of Economics, Harbin University of Commerce, Harbin Heilongjiang

Received: Aug. 24th, 2025; accepted: Sep. 4th, 2025; published: Sep. 28th, 2025

Abstract

Based on social network analysis (SNA) methods, this paper utilizes bilateral ICT trade data for 30 countries from the UNCTAD STAT database (2007~2021) to construct a global digital product trade network. It systematically examines the structural characteristics and evolution patterns of digital trade from three dimensions: network centrality, connection strength, and heterogeneity. The findings reveal that: (1) The global digital product trade network exhibits a significant “core-periphery”

structure, with a few developed countries occupying hub positions. While participation from emerging economies has increased, the distribution of network power remains uneven. (2) The strength of trade connections shows polarization, where a handful of countries dominate key trade flows through “super connections”. However, geopolitical and economic restructuring post-2015 has led to an increase in countries with medium-strength connections. (3) Overall network heterogeneity has increased, indicating that most countries’ trade partners have become more diversified, and the division of labor within global value chains (GVCs) has further deepened. This study provides a new analytical framework for understanding the structural features of the digital trade network and offers empirical evidence for countries to optimize digital trade policies and enhance their positions in global value chains.

Keywords

Digital Product Trade, ICT, Trade Network Structure

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言及文献回顾

在全球数字经济快速发展的背景下，数字贸易已成为推动经济结构转型和国际贸易格局重塑的关键力量。尽管数字贸易的重要性日益凸显，但其定义和范围在国际上尚未形成统一标准。美国国际贸易委员会(USITC, 2013)将数字贸易界定为依托网络开展的商业活动，涵盖数字内容、服务和实体产品；而OECD与WTO(2017)进一步提出“数字交付”的概念[1]；在此基础上，盛斌和高疆(2020)将数字贸易分为狭义的数字服务和广义的数字化货物贸易。此外，《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》从产业视角将数字产品定义为数字制造产品，为研究提供了新的分类依据。

社会网络分析法突破了传统贸易理论的局限，明晰了国家(地区)之间复杂的贸易关联关系特征，为理解全球贸易体系提供了全新视角，在国际贸易领域的应用十分广泛。斯奈德(Snyder D)等在1979年最早将社会网络分析法运用在贸易网络的结构的研究中。近年来，国内学者的研究多聚焦于传统货物贸易网络[2]，部分学者也将网络分析的方法运用在服务贸易上[3]，但是对数字产品贸易的结构特征及其动态变迁的分析仍显不足[4]，针对数字产品贸易的网络中心性、联系强度与异质性的综合研究尚未深入。

基于此，本文依据《数字经济及其核心产业统计分类(2021)》，利用联合国贸易和发展会议数据库中2007~2021年全球30个国家的双边ICT贸易数据，构建数字产品贸易网络[5]，从以下三个维度展开分析：一是网络中心性，揭示各国在贸易网络中的枢纽地位；二是联系强度，刻画关键贸易关系的演化；三是异质性，探讨贸易伙伴分布的多元化趋势。通过这一研究框架，本文旨在回答以下问题：全球数字产品贸易网络的结构特征如何？不同国家的网络地位是否存在分化？其演化趋势受哪些因素驱动？

本研究不仅为理解数字贸易的网络化特征提供了新的分析视角，也为各国优化数字贸易政策、提升全球价值链分工地位提供了实证依据。本文接下来的结构如下：第二部分构建全球贸易网络并进行量化分析，第三部分针对一国的贸易网络特征进行分析，第四部分总结研究结论与政策启示。

2. 全球数字产品贸易网络

(一) 数字产品贸易网络构建方法

全球数字产品贸易体系构成了一张高度复杂的交互网络，其复杂性不仅源于以国家为单位的多元贸

易主体，更在于这些主体之间形成的多层次、非线性的动态关联结构。本文所构建的数字产品贸易网络是以 30 个国家(地区)为节点，以各地区相互之间的 ICT 产品贸易关系为边构成的网络。为全面考察数字产品贸易网络的动态演进，并考虑到数据的可得性与可比性，本文选取联合国商品贸易统计数据库中 2007~2021 年 30 个国家及地区的双边 ICT 贸易数据。未来研究可进一步对 ICT 产品进行细分，构建多层网络，以揭示更精细化的结构特征。

(二) 整体国家数字产品贸易网络的描述性分析

为了更加清晰地观察全球数字贸易网络的整体结构特征，本文选取网络密度来刻画网络的联系紧密程度。网络密度是指网络中实际存在的边数与具有相同节点数的完全网络边数的比值。在国际数字产品贸易网络领域，它能够用于衡量各个国家(地区)之间数字产品贸易联系的紧密程度。当网络密度趋近于 1 时，表明网络的稠密程度越高；反之，当网络密度越趋近于 0 时，则越稀疏。

表 1 列出了 2007 年到 2021 年全球数字产品贸易网络密度。首先，全球数字产品贸易网络密度在 2007 年到 2021 年尽管呈现出一定程度的波动，但总体呈上升趋势，因此网络中各国的数字产品贸易日渐紧密。2017 年到 2019 年处于高位盘整期，增长的动能减弱。2020 年显著下降为 0.6806，可能是受到公共卫生事件的冲击。而 2021 年快速反弹为 0.7045，恢复至疫前水平。

Table 1. Global digital product trade network density table (2007~2021)
表 1. 2007~2021 年全球数字产品贸易网络密度表

时间	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
密度	0.6581	0.6682	0.6657	0.6740	0.6723	0.6841	0.6910	0.6864
时间	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
密度	0.6937	0.7042	0.7084	0.7084	0.7043	0.6806	0.7045	

3. 一国数字产品贸易网络的描述性分析

关于一国 ICT 产品贸易在全球 ICT 产品贸易网络中的位置，本文主要借鉴 Freeman (1979)的方法，通过测算点度数、强度和异质性等指标反映一国数字产品贸易网络特征及其与他国的数字产品贸易的紧密程度或关系强度。

(一) ICT 产品贸易网络的中心性

本文用标准化总度中心性来衡量数字产品贸易网络的中心性。先计算入度中心性，衡量目标国家 i 从其他国家的 ICT 产品进口总量，其中 d_{ij} 表示国家 i 从国家 j 的进口额，反映该国作为 ICT 产品进口中心的地位。后计算出度中心性，衡量目标国家 i 向其他国家的 ICT 产品出口总量，其中 d_{ji} 表示国家 i 向国家 j 的出口额，反映该国作为 ICT 产品出口中心的地位。最后标准化总度中心性($degree_i$)综合入度和出度的整体网络中心性指标，衡量该国在 ICT 贸易网络中的综合枢纽地位。其中 n 表示网络中的节点总数。

$$\begin{cases} C_i^{in} = \sum_j d_{ij}, i \neq j \\ C_i^{out} = \sum_j d_{ji}, i \neq j \end{cases}$$
$$degree_i = \frac{C_i^{in} + C_i^{out}}{2(n-1)}$$

由于篇幅受限，表 1 中列出 2010 年以及 2015 年到 2021 年的全球数字产品贸易网络中心度排名前十

的经济体。2010 年，德国、美国、法国等在网络中占据突出位置，德国位居前列，展现出较强的贸易网络枢纽作用。2015 年，美国、英国、法国等成为关键节点，美国跃居首位，体现其贸易影响力的提升。2020 年，英国、荷兰、美国等领衔，英国持续展现强大贸易网络影响力。2021 年，德国、英国、荷兰等重回前列，德国再次成为关键枢纽，整体来看，不同年份各经济体在数字产品贸易网络中心性排名波动，反映全球数字产品贸易格局随时间的动态演变，核心经济体交替引领，体现贸易关系、市场需求及政策等因素对网络中心性的综合影响。

Table 2. Top 10 economies in global digital product trade network centrality ranking (2010, 2015~2021)
表 2. 2010 年、2015~2021 年全球数字产品贸易网络中心度排名前十的经济体

2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
德国	美国	法国	荷兰	英国	英国	英国	德国
美国	英国	美国	英国	美国	美国	荷兰	英国
法国	法国	英国	美国	法国	法国	美国	荷兰
英国	加拿大	德国	法国	新加坡	德国	德国	美国
加拿大	荷兰	新加坡	德国	加拿大	加拿大	加拿大	新加坡
荷兰	中国	加拿大	中国	中国	荷兰	中国	法国
中国	德国	荷兰	加拿大	德国	中国	新加坡	加拿大
韩国	新加坡	中国	新加坡	荷兰	新加坡	法国	西班牙
瑞典	丹麦	丹麦	瑞典	丹麦	丹麦	丹麦	中国
丹麦	瑞典	瑞典	意大利	西班牙	印度	西班牙	丹麦

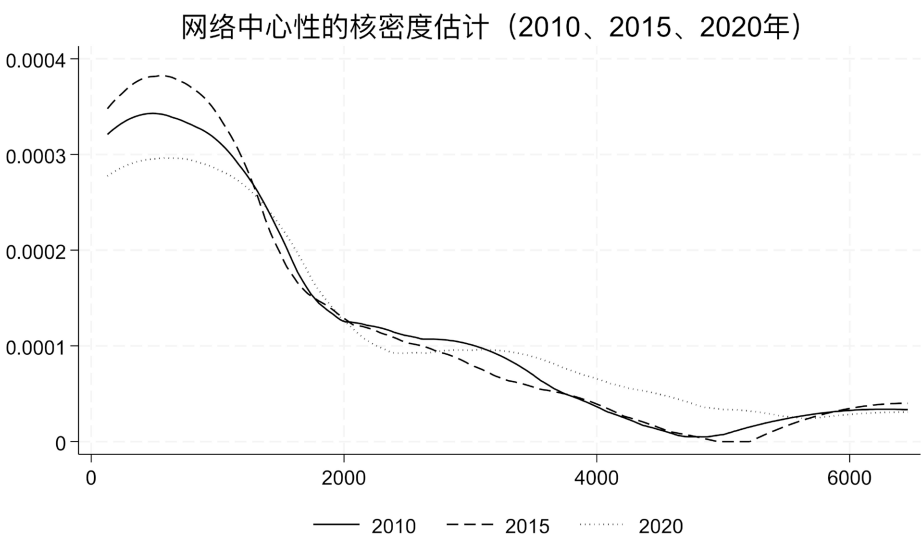


Figure 1. Kernel density distribution of centrality in the digital product trade network
图 1. 数字产品贸易网络的中心性核密度分布

为了更全面的揭示中心性的整体分布特征，核密度估计结果如图 1 所示，(1) 核密度图呈右偏分布，说明多数国家的中心性较低，少数“枢纽国家”形成右侧长尾，数字产品贸易呈现“核心 - 边缘”结构，

少数发达国家主导贸易流量。(2) 峰值从 2010 年到 2020 年右移，更多的国家进度中等中心性区间，但是低中心性国家仍占主体，新兴国家的数字产品贸易参与度提升，但网络权利分配仍不均衡。(3) 网络中心性从 2010 年到 2020 年整体分布右移，所有国家的中心性绝对值普遍上升，右尾变厚、峰值降低，反映了“强者愈强”的马太效应。

(二) ICT 产品贸易网络的联系强度

贸易网络联系强度考虑了该节点与近邻之间的权重，是从纵向衡量了国家 i 与其他国家之间的贸易强度，反映对外数字产品贸易的深度[6]。采用点强度(strength)衡量贸易网络的联系强度，测算公式如下：

$$\text{strength}_i = \sum_j W_{ij}$$

在全球数字产品贸易网络联系强度方面，2010~2021 年呈现出鲜明特征。中国与美国长期稳居联系强度排名前两位，成为网络联系的核心支柱，突显出二者在全球数字产品贸易中深厚且稳定的贸易关联，是推动网络运转的关键力量。新加坡、墨西哥、韩国等经济体也频繁跻身前十，如新加坡在不同年份多次上榜，墨西哥、韩国也凭借活跃的贸易互动，成为网络联系中重要的连接节点，在区域乃至全球数字产品贸易流转中扮演关键角色。日本、德国、马来西亚、荷兰等同样是网络联系强度排名前十的常客，它们与其他经济体间持续的贸易往来，编织起紧密的贸易网络脉络，不同年份虽有位次变动，但始终保持着较高的贸易联系活跃度，共同构建起全球数字产品贸易网络复杂且多元的联系格局，反映出全球数字产品贸易在核心力量引领、多元主体参与下，形成了动态且紧密的贸易关联体系，这些经济体间的贸易联系强度变化，也从侧面展现出全球数字产品贸易格局随时间演变的轨迹与活力。

Table 3. Top 10 economies in global digital product trade network connection strength ranking (2010, 2015~2021)
表 3. 2010 年、2015~2021 年全球数字产品贸易网络联系强度排名前十的经济体

2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国
美国	美国	美国	美国	美国	美国	美国	美国
新加坡	墨西哥	墨西哥	墨西哥	韩国	墨西哥	韩国	韩国
墨西哥	新加坡	新加坡	韩国	墨西哥	韩国	新加坡	新加坡
日本	韩国	韩国	新加坡	新加坡	新加坡	墨西哥	越南
韩国	德国	德国	德国	德国	德国	越南	墨西哥
德国	日本	日本	日本	日本	越南	德国	德国
马来西亚	荷兰	荷兰	越南	越南	日本	日本	马来西亚
荷兰	马来西亚	马来西亚	荷兰	马来西亚	荷兰	荷兰	日本
英国	越南	越南	马来西亚	荷兰	马来西亚	马来西亚	荷兰

为了更全面地揭示联系强度的整体分布特征，核密度估计结果如图 2 所示。(1) 核密度图整体呈右偏分布，右尾随时间不断延长，说明少数关键国家形成“超级连接”，形成正反馈循环，因已有强连接吸引了更多的贸易流量。(2) 峰值右移，说明更多的中等联系强度国家出现。(3) 网络联系强度从 2010 年到 2015 年处于全球化深化阶段，峰值上升；2015 年到 2020 年期间处于地缘经济重构的阶段，峰值下降。

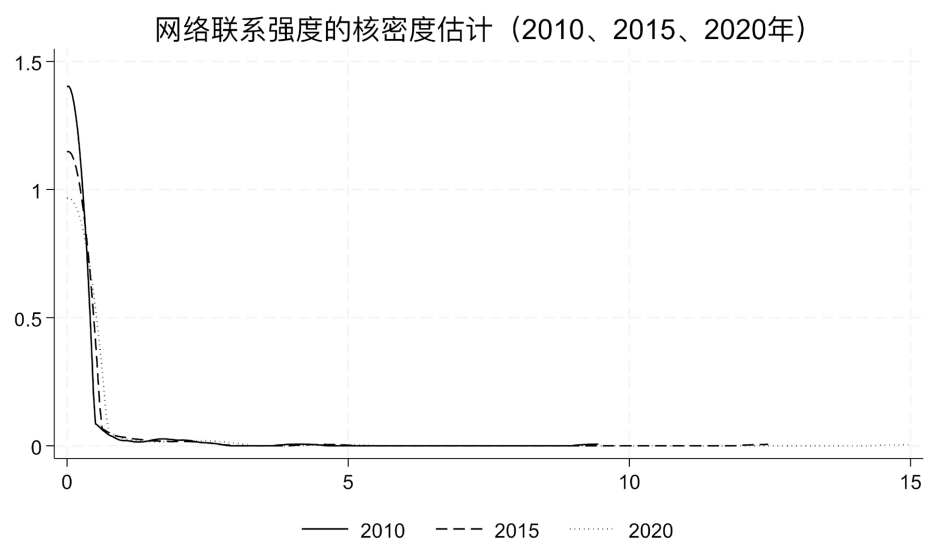


Figure 2. Kernel density distribution of connection strength in the digital product trade network
图 2. 数字产品贸易网络联系强度核密度分布

(三) ICT 产品贸易网络的异质性

贸易网络异质型是指一个国家在对外进行数字产品贸易时的集中的分散度，反映的是一国对外数字产品贸易在不同国家的分布特征(即地理集中度)。采用节点的异质性来衡量数字产品贸易网络异质性，描述的是与节点 i 相连的边上权重分布的离散程度。测算公式如下：

$$disparity_i = \frac{(N-1) \sum_j (w_{ij}/S_i)^2 - 1}{N-2}$$

Table 4. Bottom 10 economies in global digital product trade network heterogeneity ranking (2010, 2015~2021)
表 4. 2010 年、2015~2021 年全球数字产品贸易网络异质性排名倒十的经济体

2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
瑞典	匈牙利	匈牙利	匈牙利	匈牙利	匈牙利	匈牙利	匈牙利
匈牙利	爱尔兰	瑞典	荷兰	荷兰	荷兰	荷兰	荷兰
爱尔兰	荷兰	荷兰	菲律宾	爱尔兰	菲律宾	菲律宾	菲律宾
德国	瑞典	菲律宾	马来西亚	菲律宾	德国	马来西亚	马来西亚
新加坡	菲律宾	马来西亚	瑞典	德国	意大利	意大利	意大利
马来西亚	马来西亚	越南	德国	马来西亚	马来西亚	德国	中国
荷兰	越南	意大利	意大利	意大利	越南	法国	法国
芬兰	德国	德国	越南	越南	瑞典	中国	瑞典
意大利	意大利	新加坡	泰国	泰国	中国	瑞典	德国
泰国	新加坡	泰国	新加坡	瑞典	新加坡	新加坡	爱尔兰

表 4 中列出部分年份全球数字产品贸易网络异质性低的经济体。不同年份低异质性的经济体存在差

异，却也有规律可循。匈牙利从 2015 年起连续多年稳居前列，成为网络异质性的典型代表，其贸易网络在结构、伙伴关系或产品流动模式上，展现出与其他经济体明显不同的独特性。荷兰、菲律宾、马来西亚、意大利等也频繁上榜，荷兰在 2015 年后长期处于靠前位置，菲律宾、马来西亚等持续现身，说明它们在数字产品贸易中，贸易伙伴多元且差异大、贸易产品结构独特。整体而言，全球数字产品贸易网络中，各经济体因自身贸易生态差异，在异质性维度上呈现出动态变化、多元分布的格局，既有人长期领跑展现贸易独特性，也有主体随环境调整，折射出全球数字产品贸易网络复杂且活跃的互动特征。

为了更全面地揭示异质性的整体分布特征，核密度估计结果如图 3 所示。(1) 核密度估计呈现左偏分布主导，说明大多数国家的数字产品贸易分散于其他各国家，长尾表示少数国家具有极端异质性。(2) 随时间变化，整体分布右移，说明异质性整体增强。

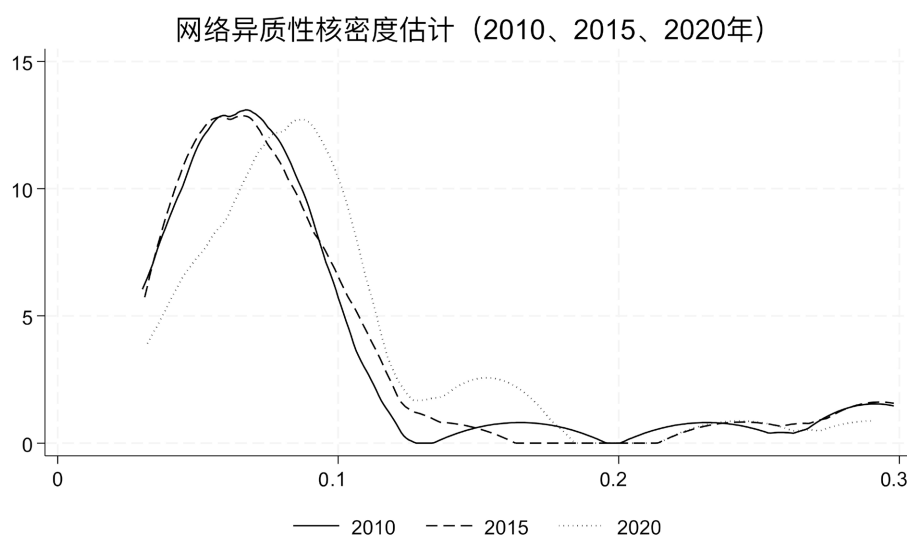


Figure 3. Kernel density distribution of heterogeneity in the digital product trade network
图 3. 数字产品贸易网络异质性核密度分布

4. 结论与启示

(一) 结论

在全球数字贸易发展的影响下，不同经济体系加速融合，新型贸易方式与贸易产品迅速兴起。这些变革共同构成了未来国际贸易发展的新兴动能与核心驱动要素[7]。数字贸易不仅能为贸易规模的扩张提供持续动力支撑，更有望成为衡量国际竞争力的关键表征维度[8]。本文基于社会网络分析方法，对 2007~2021 年全球数字产品贸易网络的结构特征进行了系统研究，得出以下结论。

第一，全球数字产品贸易网络呈现显著的“核心 - 边缘”结构，权力分配不均。少数发达国家凭借高标准化总度中心性占据贸易网络枢纽地位，主导全球数字产品贸易流量，呈现“强者愈强”的马太效应。新兴国家数字产品贸易参与度逐步提高，但整体仍处于网络边缘，全球数字产品贸易网络权力分配不均衡问题突出。

第二，贸易联系强度呈现两极分化，地缘经济影响显著。少数关键国家通过高强度贸易联系形成“超级连接”，吸引更多贸易流量，呈现正反馈循环，主导全球数字产品贸易的关键流量。2010~2015 年全球化深化阶段，中等联系强度国家数量有所增加；2015 年后受地缘经济重构影响，中等强度国家数量增长态势改变，网络联系强度峰值下降。

第三,网络异质性整体增强,价值链分工深化。多数国家数字产品贸易伙伴分布趋于分散,网络异质性核密度分布整体右移,表明全球数字产品贸易伙伴多元化趋势明显。网络异质性增强反映出各国在全球数字产品贸易中更广泛地与不同国家开展合作,推动了全球价值链分工的进一步深化。

(二) 政策建议

基于以上研究结论,通过分析一国双边信息部门的贸易网络特征,为发展数字产品贸易提供有益的参考。

第一,强化技术创新,提升网络中心性。加大在数字技术领域的研发投入,提高本国在数字产品贸易中的技术竞争力,通过技术创新增强作为 ICT 产品进口和出口中心的地位,进而提升在全球数字产品贸易网络中的综合枢纽地位。未来研究可进一步结合全球价值链分工,探讨数字贸易网络的福利效应与政策启示。

第二,深化与核心国家战略合作,嵌入关键节点。加强与数字产品贸易核心国家在技术研发、标准制定、市场准入等方面的战略合作,积极嵌入全球数字贸易关键节点,提升在全球数字产品贸易网络中的资源配置能力和话语权。

第三,推进贸易伙伴多元化,优化贸易结构。积极拓展与不同发展水平、不同地区国家的数字产品贸易合作,降低对少数核心国家的依赖,提高贸易伙伴的分散度,优化数字产品贸易的地理分布结构,增强贸易网络的稳定性和抗风险能力。

参考文献

- [1] 盛斌,高疆.超越传统贸易:数字贸易的内涵、特征与影响[J].国外社会科学,2020(4):18-32.
- [2] 何佳佳,李庭辉.ICT贸易依赖网络结构的演化特征及影响因素研究[J].统计研究,2025,42(5):62-76.
- [3] 叶田阳.全球出口贸易网络结构动态演变与中国角色变迁分析[J].价格月刊,2025(7):72-84.
- [4] 陈光达,贺胜兵,周华蓉.“一带一路”沿线数字产品贸易偏好网络的内生演化机制研究[J].世界地理研究,2025,34(2):38-54.
- [5] 金玉萍,李光勤,刘雪燕.数字产品贸易如何影响全球价值链地位——基于 ICT 贸易网络结构的视角[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2023(6):22-40.
- [6] 赵文霞,席艳玲,杨经国.数字产品贸易网络结构特征与合作态势研究[J].中国科技论坛,2023(2):146-158.
- [7] 陈丽娴.全球生产服务贸易网络特征及其对全球价值链分工地位的影响——基于社会网络分析的视角[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2017(4):60-72.
- [8] 马述忠,任婉婉,吴国杰.一国农产品贸易网络特征及其对全球价值链分工的影响——基于社会网络分析视角[J].管理世界,2016(3):60-72.