

李光勤, 金玉萍, 何仁伟. 基于社会网络分析的 ICT 出口贸易网络结构特征及影响因素 [J]. 地理科学, 2022, 42(3): 446-455. [Li Guangqin, Jin Yuping, He Renwei. Structural characteristics and influencing factors of ICT export trade network based on social network analysis. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(3): 446-455.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2022.03.009

基于社会网络分析的 ICT 出口贸易 网络结构特征及影响因素

李光勤¹, 金玉萍¹, 何仁伟²

(1. 安徽财经大学国际经济贸易学院, 安徽 蚌埠 233030; 2. 北京市社会科学院市情调查研究中心, 北京 100101)

摘要: 利用联合国贸发数据库中 2000—2018 年的信息通信技术 (Information and Communication Technology, ICT) 贸易数据, 采用二元和加权 2 个方法构建世界制造设备和电子元件出口贸易网络, 在综合分析 ICT 贸易网络结构特征的基础上, 采用 QAP 方法对 ICT 出口贸易网络进行结构演化解释。结果表明: ① 制造设备和电子元件出口贸易的网络密度很高, 世界各国 (地区) ICT 贸易关系密切; ② 中国成为制造设备出口贸易网络的核心节点, 发达经济体依旧占据主要市场; 电子元件出口贸易网络中存在投资带动发展以及“抱团”现象, 中国的电子元件在出口贸易网络中也占据着重要地位; ③ 多维距离因素能够解释制造设备和电子元件出口贸易网络的结构变化的 18% 和 15%。这一结论为中国 ICT 产业参与全球贸易制定相关政策提供依据。

关键词: 制造设备; 电子元件; 社会网络; QAP 分析法

中图分类号: F752.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2022)03-0446-10

随着科技的发展, 数据成为关键的生产要素, 数字经济正推动全球经济不断发展。信息通信技术 (Information and Communication Technology, ICT) 作为数字经济的基础, 迅速崛起, 占据了全球高技术产业贸易的半壁江山, ICT 贸易也成为衡量全球经济发展水平的重要指标。自从 2020 年 5 月份美国宣布对华为公司供应半导体芯片的企业必须要有美国政府颁发的出口许可证, 以美国为首的欧美发达国家开始了对中国高新技术行业的打压从国内价值链上游技术的断供升级为全球价值链的封锁。全球 ICT 贸易结构呈现多元化、复杂化与网络化, 技术进步等因素使得 ICT 贸易网络结构发生巨大改变, 单边或多边贸易已不能解释现阶段 ICT 贸易格局的变化。因此, 本文从网络化角度以制造设备和电子元件为例分析 ICT 出

口贸易的结构特征, 并研究其影响因素。

在信息时代和网络经济的驱动下, 以 ICT 为重要组成部分的数字经济得到了学术界的关注和重视。ICT 产业链垂直分化特征突出, 使其形成全球生产网络分工模式和地方集群网络生产形态, 中国 ICT 产业集群处于地方生产网络和全球贸易网络的双重网络中^[1]。在全球视角下, ICT 产业贸易发展不平衡, 无法带来穷国和富国的共赢, 在最不发达国家 (地区) 中, 大部分国家 (地区) 获得信息和通信技术非常困难。发达国家 (地区) 利用自身优势和信息通讯技术的特点进行技术垄断, 在信息技术和软件服务贸易方面占据主导地位^[2]。美国在高端芯片的设计和基础软件的专利权上处于优势, 日本掌握着 ICT 产业上游材料, 韩国在存储设备领域拥有强势地位, 欧盟拥有传感器的先

收稿日期: 2021-05-13; **修订日期:** 2021-07-28

基金项目: 浙江省自然科学基金项目 (LY18G030014)、安徽财经大学校级科研重点项目 (ACKYA20002)、安徽财经大学研究生科研创新基金项目 (ACYC2021178) 资助。[Foundation: Zhejiang Natural Science Foundation Project (LY18G030014), Key Scientific Research Projects of Anhui University of Finance & Economics (ACKYA20002), Postgraduate Research & Innovation Fund Project of Anhui University of Finance & Economics (ACYC2021178).]

作者简介: 李光勤 (1979—), 男, 四川泸县人, 博士, 副教授, 硕导, 研究方向为数字经济与贸易。E-mail: zjfcigq@126.com

通讯作者: 何仁伟。E-mail: herenweiyan@163.com; 316272054@qq.com

进技术^[3]。就中国 ICT 产业来说, 随着中国经济的快速发展, ICT 产业在劳动力成本和整机装备方面的比较优势逐渐显现, 但由于 ICT 制造业缺乏自主创新能力, 高技术产业拥有十分明显的低端“锁定”效应^[4]。中国 ICT 产业仍处于产业和价值链中低端^[5], 产业地区间竞争格局分化较为严重, 东部地区的 ICT 发展明显优于中西部地区^[6]。尽管近几年中国 ICT 产品的出口呈现数量增长和价格提升并重的特征, 但是中国 ICT 产业仍然面临着核心技术被西方“卡脖子”的问题。

在地方视角下, 众多同行企业通过地理集聚产生的外部性作用于各种生产要素, 集聚技术、零部件等要素资源, 共享中间投入和劳动力市场^[7], 实现基础设施、有效信息和市场网络的集中化、专业化^[8], 保持合作对象的稳定, 有效地降低了企业的成本支出以及交易风险, 并且形成企业的低成本优势, 提高产品核心竞争力, 促进企业出口扩张^[9,10]; 而且, 外资溢出效应促进了企业的技术创新, 增强了企业的出口竞争力^[11,12]。就中国 ICT 企业来说, 地理集聚显著提高了民营企业的出口倾向^[13], 区域创新方式会对同技术转移类型企业产生正向的协同作用^[14], 技术转移提高了上下游企业的出口产品质量^[15]; 中国高技术企业利用劳动生产率和土地成本优势, 采用多元化的经营战略与创新战略^[16], 通过在 ICT 产业贸易网络中位置的差异深化企业的合作创新意识, 有针对性地建立与不同组织之间的合作^[17]。因此, 在全球化的进程中, 有必要对提升中国 ICT 产业在世界 ICT 贸易网络中的地位以及促进中国 ICT 产品出口进行研究。

本文研究框架基于社会网络分析方法展开。从 Wattas 和 Strogatz^[18] 提出小世界网络开始, Barabasi^[19]、Kleinberg^[19]、Watts^[20] 等人随后提出了无标度网络模型、Kleinberg 模型、层次数结构模型等复杂网络模型^[21]。部分学者将贸易网络与拓扑结构二者结合, 研究贸易网络的拓扑结构特征^[22,23]。由于二次指派程序 (Quadratic Assignment Procedure, QAP) 可以用于估计矩阵与矩阵之间的关系^[24], 在区域经济的空间联系网络和国际贸易网络中广泛运用^[25], 本文利用 QAP 方法探究 ICT 出口贸易双边的诸多距离如何影响双边的贸易网络结构。与现有研究相比, 本文可能的边际贡献在于: 第一, 将网络分析方法运用于 ICT 产业的国际贸易中,

可以丰富 ICT 贸易研究的方法论; 第二, 基于社会网络的方法, 将贸易网络通过组成部件细分为制造设备网络和电子元件网络, 以二元和加权相结合的 2 个视角分析出口贸易网络的结构特征, 对于分析和理解 ICT 出口贸易网络特征具有重要的意义; 第三, 使用 QAP 考察影响出口贸易网络矩阵的因素, 为优化 ICT 出口贸易网络结构提供可选的对策。

1 数据、方法与模型

1.1 数据来源及处理说明

本文数据主要来源于联合国贸发会议数据库 (UNCTADSTAT) (<http://unctadstat.unctad.org/EN/>), 后文展开 QAP 分析的影响因素数据分别来自于 CEPII 数据库 (http://www.cepii.fr/CEPII/en/bdd_modele/bdd.asp)、WDI 数据库 (<https://www.ceibs.edu/world-bank-wdi-database>) 和 WGI 数据库 (<http://info.worldbank.org/governance/wgi/>)。由于制造设备和电子元件自身生产和出口条件的差异, 根据数据的可得性和可信性, 本文分别构建了 2000—2018 年由 63 个经济体以及 54 个经济体构成的制造设备和电子元件贸易往来数据平衡面板, 前者的制造设备出口贸易总额在全球制造设备出口总贸易额的占比超过 95%, 后者的电子元件出口贸易额占比超过 97%, 二者经济体的选取都具有一定的代表性。

数据处理过程: ① 对数据进行分类和整理, 将计算机及外围设备、通信设备和消费电子设备整合成制造设备, 然后选取制造设备的总出口贸易额以及电子元件的出口贸易额; ② 基于各年份各经济体的出口贸易额在二元、加权视角下, 利用 UCINET 软件构建制造设备出口贸易网络以及电子元件出口贸易网络, 测算本文所需要的网络结构指标; ③ 文将一国(地区)与另一国(地区)之间存在出口贸易额交易的矩阵元素值赋值为 1, 构建二元出口贸易网络, 将双边出口贸易额看作加权后的研究数据, 构建加权出口贸易网络。

1.2 贸易网络特征度量指标

本文从整体结构、节点特征、网络聚类性和中心性 4 个方面度量 ICT 出口贸易网络特征, 具体分析如下。

1) ICT 贸易网络的整体结构。整体结构由密度 (Density) 来衡量, 用来反映网络中各节点之间

关联关系的疏密情况,体现 ICT 出口贸易网络中各国(地区)的关联程度。网络密度越大,说明网络中各经济体拥有的关联数量越多,联系越紧密。

2) ICT 贸易网络的节点特征。节点特征由连通性来衡量,二元和加权视角下 ICT 出口贸易网络中的连通性分别由节点度(Node Degree, ND)和节点强度(Node Strength, NS)来衡量,反映各经济体发展 ICT 出口贸易过程中与新的国家(地区)建立贸易伙伴联系或选择扩大其出口贸易额。

3) ICT 贸易的网络聚类性。网络聚类性(Clustering)指的是网络中节点的集群程度,衡量了出口贸易全局的聚集性,即各国(地区)出口贸易伙伴之间联系的紧密程度,二元和加权视角下,分别使用聚类系数(CC)和加权聚类系数(WCC)作为衡量指标。

4) ICT 贸易网络的中心性。它反映的是网络中的节点是否处于中心位置,可用来衡量各节点在网络中的地位和作用,越处于中心位置的节点,其影响力越大,影响范围也越广。本文采用一种综合测量方法,避免了单个指标刻画节点中心度的片面性,根据于会等^[26]的研究,基于 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution)多属性决策节点重要性综合评价(Multi-attribute Decision-making Method, MDM)方法系统分析各经济体在 ICT 贸易网络中的地位。

1.3 贸易网络结构演变的 QAP 模型

QAP 回归分析研究的是特定关系矩阵与多个属性矩阵之间的回归关系,并通过对系数 R^2 显著性的判定,验证模型的准确性,有效地规避了多重共线性等问题。本文选取地理距离、制度距离、技术距离、经济距离、趋同性和殖民关系建立多维距离矩阵。为了克服异方差问题,本文将前 4 种距离取对数研究,分别对 2018 年制造设备和电子元件出口贸易网络做 QAP 回归分析,模型设定如下:

$$\log W^i = f\left(\begin{matrix} \log Dis_cap, \log Dis_ins, \log Dis_tech, \\ \log Dis_gdp, Group, Colonize \end{matrix}\right)$$

式中, W^i 为制造设备和电子元件双边出口贸易额矩阵,当 i 为 1 时,表示制造设备, i 为 2 时,表示电子元件; Dis_cap 为地理距离; Dis_ins 为制度距离; Dis_tech 为技术距离; Dis_gdp 为经济距离; $Group$ 为趋同性; $Colonize$ 为殖民关系。

2 ICT 贸易网络结构分析

2.1 网络整体结构分析

从制造设备和电子元件出口贸易网络密度的变化趋势来看,二者的网络密度都维持在较高水平(均大于 0.9995),演化进程保持着相对稳定,世界各国(地区)ICT 出口贸易在研究期内的贸易关系密切。尽管欧美发达国家针对中国进行技术封锁,希望与中国实行“脱钩”,但是无论是处于全球价值链下游的加工贸易还是中游的电子元件出口均需要世界各国(地区)的参与。由此可见,ICT 贸易的全球化是不可逆的,不可能出现某个国家(地区)与其他国家(地区)脱钩的现象。同时,相较于制造设备出口贸易的成本及劳动力优势,代加工产业量随时间推移逐渐由中国向其他东南亚国家分流变化,电子元件出口贸易的产业链结构并没有明显改变,欧美国家在电子元件生产网络中仍处于技术高端位置。值得说的是,2008 年的全球金融危机并没有给 ICT 贸易网络造成很大的影响,反而通过重组实现了移动和固定电信网的一网融合,企业间不断并购,市场整合加剧,这是数字经济浪潮推动 ICT 这种新兴产业不断发展的开始。

2.2 网络节点特征分析

本文分别使用节点度和节点强度分析二元视角以及加权视角下 ICT 贸易中制造设备和电子元件出口贸易网络的节点特征。

从二元视角下分析制造设备出口贸易的节点度特征。从节点度的核密度估计分布(图 1a)可以看出,① 节点度核密度分布的峰值随时间变化越来越高,2018 年的波峰核密度值达到最大,接近 0.03,说明更多的国家(地区)开始重视制造设备出口,这使越来越多的经济体增加贸易往来;② 核密度分布的波峰有右倾的趋势,即大部分国家(地区)的节点度将越来越大,大值节点度越来越多,这也说明在整个制造设备出口贸易网络中越来越多的经济体能够得到相对平等的地位;③ 节点度的最大值在 2000—2006 年增长较快,而后几年的节点度最大值变化不大,说明制造设备出口贸易的网络结构开始确定下来,随着制造设备产业的不断壮大,积极参与全球化的经济体不断加入,并且利用自身优势发展产业。2000 年节点度前 3 位分别是法国、德国、美国,中国排在第 10 位(全文对中国的分析均未含港澳台数据);中国于 2012

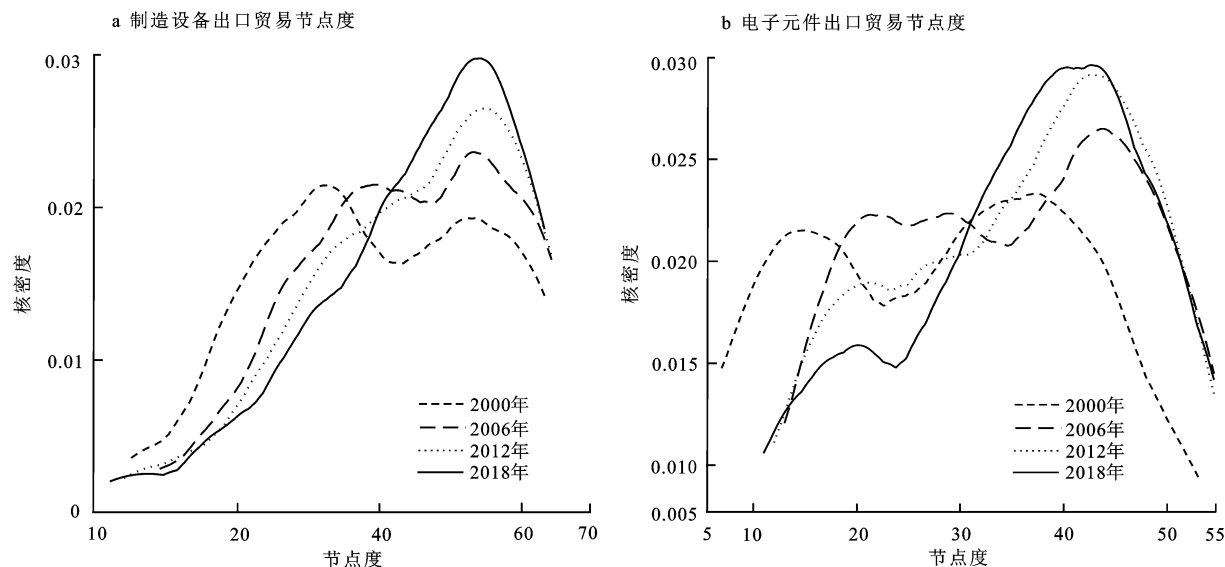


图1 ICT 出口贸易节点度核密度估计

Fig.1 Kernel density estimation of ICT export trade node degree

年开始位于榜首,美国在前5之外。排名前20经济体中,只有中国是发展中国家,而且处于重要地位,这说明制造设备主产区仍然在中国,而并没有转移到东南亚国家,而且发达经济体在制造设备贸易上也具备出口优势。

从节点强度的数值分布来看,大多数国家(地区)的制造设备贸易强度很低,大值节点强度越来越多,而且节点强度的最大值越来越大。这说明随着时间的增加,制造设备出口贸易联系数量不断增加,贸易强度也在不断增强,国家(地区)间制造设备出口流量不断增加。具体来看,2000年美国的节点强度位居第1,制造设备出口额为世界第一,达到832.61亿美元;节点强度第2的是日本,出口额为583.95亿美元,其次是荷兰、德国、英国;中国的节点强度排名第8,制造设备出口总额仅为350.97亿美元。从2006年开始,中国的节点强度均处于榜首,其他高节点强度经济体有美国、中国香港、荷兰、德国、日本、韩国和英国。2018年,中国制造设备出口贸易总额达到5346.17亿美元;美国制造设备出口总额为931.21亿美元。在2001年之后,一些如美国和日本等世界发达国家(地区)将ICT产业的生产环节向中国转移,利用中国低工资的劳动力优势实现代工生产,导致了中国的ICT产业规模得到较快扩张。但是这也使得ICT产业的发展质量并不高。

先看图1b中的二元视角下电子元件出口贸

易结构特征。和制造设备出口贸易核密度分布的结果一致,越来越多的国家(地区)加入到电子元件的出口贸易中,主要国家(地区)在网络中的地位越来越重要;电子元件出口贸易网络结构由发达欧美国家(地区)主导架构在2000—2006年已形成。2000年节点度前5位有德国、美国、中国台湾、法国和奥地利,其次就是中国。2006年德国保持着霸主地位,美国的节点度排名降为第7,奥地利、中国的地位均有所上升。2012年和2018年,中国排名升至第1,奥地利也凸显出其重要地位。在奥地利高研发投入和其他优势吸引下,伊顿、惠普等企业在奥地利设立国际研发中心,研发生产的创新性产品又反过来带动奥地利ICT产业发展。

同制造设备出口贸易节点强度的分布趋势一致,电子元件出口贸易联系数量和联系强度均在增强,大额电子元件出口贸易越来越多。2000年美国的节点强度占据榜首,日本、新加坡紧随其后,中国仅在第9。这一年美国的电子元件进出口额均位居世界第一,贸易顺差高达202亿美元;日本、新加坡和韩国的电子元件出口贸易额都大于200亿美元;中国的电子元件出口贸易额只有66.45亿美元,仅为美国出口贸易额的1/10,进口额达到161.29亿美元,中国的电子元件贸易存在逆差。2006—2018年,中国和中国香港一直占据前2位,韩国、菲律宾、墨西哥的节点强度排名在上升,美

国、日本、新加坡的排名不断下降。2018年,中国的电子元件出口贸易额位于世界之首,韩国、新加坡、日本是中国电子元件主要的进口伙伴,中国台湾也是输入中国的主要地区。但是中国的电子元件贸易逆差高达1413.66亿美元,存在巨大的电子元件缺口。墨西哥是拉丁美洲最大的电商市场之一,在线零售平台如亚马逊和沃尔玛都在近些年加大了对墨西哥市场的投资力度;菲律宾正处于电商爆发性发展的关键时期,为了抢占这一电商版图,各国(地区)更是斥巨资进入这一市场。以上2个国家的电子元件发展都有其他国家(地区)进行投资,带动其市场发展。

2.3 网络聚类性分析

本文利用聚类性反映国家(地区)的聚集程度。二元视角下,各年份的ICT出口贸易整体聚类系数大于0.7,数值较高,网络整体属于强聚类,存在很强的集聚现象。相较于制造设备出口贸易逐渐上升的整体聚类系数,电子元件的整体聚类系数存在些许变动,并在2017年降到最低点。2017年是全球电子市场并购重组的一年,全球第二大晶圆代工厂芯片制造商格罗方德在中国投资建厂,富士康的8寸晶圆厂卖给美国安森美半导体,韩国投资上亿美元推动半导体计划,戴尔投入10亿美元研发物联网,博通企图收购陷入苹果起诉案中的高通。加权视角下,各年份的ICT出口贸易加权聚类系数在波动中增长,并在2017年快速上升,这是由于2017年的电子市场结构重组,加大了市场供给,电子元件出口量增加。

通过研究相关性的变化更好地理解节点和网络间的联系差异。二元视角下,图2b中制造设备和电子元件出口贸易的节点度和聚类系数之间显著负相关,相关系数波动范围-1~-0.85,这说明ICT出口贸易网络中聚类系数越高的节点其节点度越低,即拥有较多制造设备出口贸易关系的国家(地区)其贸易伙伴之间开展贸易的可能性越小,也就是所说的“核心-边缘”结构,边缘国家(地区)之间不会建立贸易关系,而是选择和核心国家(地区)建立贸易关系,核心国家(地区)越来越聚集,外围国家(地区)越来越边缘化。二者中电子元件的相关系数波动较大,其相关性降低的2个节点分别是2001年和2017年。

加权视角下,ICT出口贸易的节点强度-加权聚类系数呈现负相关趋势,且相关性呈现下降趋势,制造设备节点强度-加权聚类系数值减为-0.089,电子元件的相关系数降至-0.29,而且后者的相关性明显高于前者,这说明拥有电子元件出口贸易强度越低的国家(地区)其贸易伙伴之间开展贸易的可能性越大,但是在制造设备出口市场上,这种依据交易流量聚类的现象正在逐渐消失,该市场上的经济体贸易之间将会越来越均衡。

2.4 网络中心性分析

本文利用中心性反映各经济体在ICT贸易网络中的地位。从表1看出,中国的制造设备MDM指数由2000年的0.3835升至2018年的0.4838,排名上升至第5,和第1名相差0.3左右,并不具备很强的制造优势,近些年由于代工产业发展的

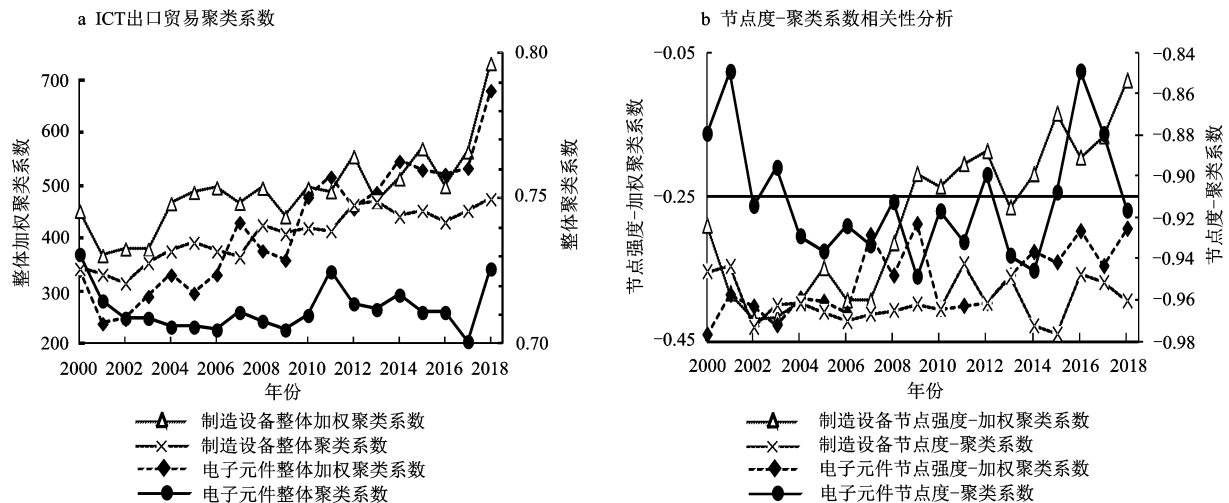


图2 ICT出口贸易网络聚类性分析

Fig.2 Clustering analysis of ICT export trade network

表 1 制造设备和电子元件的出口贸易 MDM 前 10 国家(地区)

Table 1 Top10 MDM countries(regions) in manufacturing equipment and electronic components export trade

2000年制造设备		2018年制造设备		2000年电子元件		2018年电子元件	
经济体	MDM	经济体	MDM	经济体	MDM	经济体	MDM
美国	0.9091	美国	0.8425	美国	0.9867	德国	0.9809
德国	0.8999	荷兰	0.8352	德国	0.7703	美国	0.8783
英国	0.6340	中国香港	0.5990	法国	0.5177	中国	0.6497
法国	0.5244	德国	0.5524	英国	0.4210	中国香港	0.5794
荷兰	0.4157	中国	0.4838	意大利	0.3351	荷兰	0.5463
意大利	0.4022	匈牙利	0.4144	奥地利	0.3185	奥地利	0.5380
奥地利	0.3972	法国	0.4087	中国台湾	0.3184	法国	0.5091
比利时	0.3855	瑞典	0.3755	中国	0.2821	意大利	0.4711
中国	0.3835	以色列	0.3686	芬兰	0.2551	中国台湾	0.4359
芬兰	0.3736	奥地利	0.3650	日本	0.2530	英国	0.4295

注: MDM为多属性决策节点重要性综合评价; 中国的数据不含港澳台数据。

东南亚国家并没有在制造设备出口贸易网络中拥有位置。而欧美发达国家在制造设备出口贸易网络中占据了主要地位, 美国、德国、法国等欧美发达国家具有较强的工业基础和制造技术, 他们在制造设备出口贸易网络中占据核心地位, 特别是美国, MDM 指数位于排名榜首, 成为整个制造设备出口贸易网络中的重要枢纽, 在贸易网络中扮演了重要的“桥梁”角色, 德国、中国香港等发达经济体成为关键节点。在电子元件出口贸易网络中, 中国的 MDM 指数由 0.2821 增加到 0.6497, 超越荷兰等欧美发达国家, 排名第 3; 德国和美国依旧占据电子元件出口市场的中心地位, 2018 年 MDM 指数均超过 0.8500, 德国的 MDM 指数更是达到 0.9809, 具有绝对优势。2000 年, 美、德在电子元件生产网络中处于技术高端位置, 连接着荷兰、英国等几个次级核心, 而中国参与电子元件全球分工的程度较低。2018 年随着经济全球化的推进, 电子元件产业的全球生产分工已经逐渐融合, 中国成为网络的关键节点国家(地区), 连接着中国香港等其他关键节点经济体。

3 ICT 贸易网络结构的影响因素

3.1 影响因素的变量选择

本文选取地理距离、制度距离、技术距离、经济距离、殖民关系和趋同性等变量, 实证检验这些双边因素对 ICT 出口贸易网络的影响。

1) 地理距离(*Dis_cap*)。依据地理距离提出的贸易引力模型证实双边贸易流量与国家(地区)的地理距离之间呈现反向影响, 因此, 本文利用 CEPII 数据库中 2 国首都间的实际距离计算差值表示。

2) 制度距离(*Dis_ins*)。国家(地区)间的制度差异会引发国际贸易风险从而增加交易成本^[27], 因此, 本文选择了 WGI 数据库中话语权和问责制、政治稳定和预防暴力、政府效能、管制质量、法治以及控制腐败 6 个维度, 采用 Kogut 和 Singh^[28]所提供的差异加权平均公式, 计算得出国家(地区)间的制度距离。

3) 技术距离(*Dis_tech*)。ICT 产业属于技术密集型产业, 致力于技术创新, 技术水平越高的国家(地区)越处于网络的中心。本文利用 WDI 数据库中各经济体的专利申请数量衡量 2 国的技术差距。

4) 经济距离(*Dis_gdp*)。经济水平高的国家(地区)为了本国的 ICT 产业发展必然会加大研究资金投入, 因此, 本文使用 WDI 数据库中各经济体的 GDP 增速度量 2 国的经济距离。

5) 趋同性(*Group*)。从前文可知, 国家(地区)具有一定的“抱团”贸易现象。因此, 本文研究 CEPII 数据库中经济体隶属的大洲分布, 将属于同一大洲的双边经济体趋同性赋值为 1, 否则为 0。

6) 殖民关系(*Colonize*)。殖民关系可能会影响贸易社群的形成, 因此推测经济体间的历史殖

民关系对 ICT 出口贸易有一定影响。本文采用 CEPII 数据库中的殖民关系,将具有殖民关系的双方数值赋值为 1,反之为 0。

3.2 QAP 回归分析

根据前文介绍的网络结构演变模型,我们对 2018 年 ICT 贸易网络数据进行 QAP 回归分析。其中,制造设备和电子元件出口贸易的样本数分别为 $63 \times 62 = 3906$ 、 $54 \times 53 = 2862$ 。从表 2 的制造设备出口贸易回归结果中可以看出,地理距离和制度距离的回归系数均在 5% 的水平上显著为负,表明地理距离对双边的制造设备出口贸易具有较强的阻碍作用,运费在成本中占了一定比例;制度环境越接近的国家(地区)之间越有可能建立制造设备出口贸易联系。技术距离、趋同性和殖民关系都在 1% 水平上显著为正,这说明国家(地区)间的技术水平差距可以促进制造设备出口贸易联系的建立,而且技术距离对制造设备出口贸易网络的影响效应较大;隶属于某大洲的经济体在选择制造设备出口贸易伙伴时倾向于具有同一隶属关系的国家(地区),二者之间形成依赖关系;殖民关系和制造设备贸易网络是相互促进的,其对制造设备出口贸易关系的形成起到促进作用。经济距离的回归系数为正不显著,而且数值较小,这可能跟网络中的关键连接节点有关,制造设备贸易水平相近的“中间”国家(地区)会相互建立联系,从而使得经济距离对制造设备的出口贸易联系不呈现显著影响。

电子元件出口贸易呈现的回归结果和制造设备出口贸易的结果有很大的区别。地理距离、制度

距离和经济距离均对电子元件的出口贸易影响不显著,电子元件的运输条件较为苛刻,多为航空运输,在地理距离上并没有什么限制;制度环境差异对电子元件出口贸易的影响并不显著;经济距离不显著的原因同上。技术距离和趋同性的回归系数在 1% 水平上显著为正,相较于制造设备,电子元件生产需要的技术更加高深,技术含量更高,因此技术差距越大的国家(地区)之间越可能出现技术溢出、学习现象,越可能进行出口贸易;趋同性说明电子元件的生产更容易进行集群效应,也就是前面出现的集团“抱团”现象。殖民关系的回归系数在 10% 水平上显著为正,殖民国家对殖民地存在一定的产业结构影响,因此,殖民关系对电子元件出口贸易起到促进作用。

4 结论与启示

4.1 结论

本文利用联合国贸发数据库(UNCTADSTAT)中 2000—2018 年的 ICT 贸易数据,采用二元和加权 2 个方法构建世界制造设备和电子元件出口贸易网络,在综合分析 ICT 贸易网络结构特征的基础上,采用 QAP 方法对 ICT 出口贸易网络进行结构演化解释。本文的主要结论:

1) 制造设备和电子元件出口贸易的网络密度都维持在高水平,世界各国(地区)的 ICT 贸易关系密切。

2) 中国成为制造设备出口贸易网络的核心节点,发达经济体依旧占据主要市场;电子元件出口贸易网络中存在投资带动发展以及“抱团”现象,亚洲经济体开始发展,中国在电子元件出口贸易网络也占据着重要地位。

3) 制造设备和电子元件出口贸易网络的聚类性较强,电子元件出口市场上存在依据交易流量聚类的现象,但是在制造设备出口市场上,这种现象正在逐渐消失,经济体贸易之间将会越来越均衡。

4) 美国成为整个制造设备出口贸易网络中的重要枢纽,在贸易网络中扮演了重要的“桥梁”角色,德国、中国香港、荷兰等发达经济体成为关键节点;中国成为电子元件出口贸易网络的关键节点国家(地区),连接着中国香港等其他关键节点经济体。

5) 地理距离、制度距离、技术距离、趋同性和殖民关系对制造设备出口贸易网络的形成具有显

表 2 ICT 出口贸易网络的 QAP 回归结果

Table 2 QAP regression results of ICT export trade network

变量	制造设备		电子元件	
	系数	P值	系数	P值
Log Dis_cap	-0.131	0.032	0.075	0.190
Log Dis_ins	-0.059	0.040	0.028	0.257
Log Dis_tech	0.385	0.000	0.361	0.000
Log Dis_gdp	0.001	0.470	0.031	0.290
Group	0.101	0.006	0.240	0.000
Colonize	0.045	0.009	0.028	0.082
调整后R ²	0.180		0.150	

注: Dis_cap 为地理距离; Dis_ins 为制度距离; Dis_tech 为技术距离; Dis_gdp 为经济距离; Group 为趋同性; Colonize 为殖民关系。

著影响; 技术距离、趋同性和殖民关系对电子元件出口贸易网络的结构发展具有显著影响。

4.2 启示

本文对如何促进中国 ICT 出口贸易提出如下政策启示。

1) 继续深化 ICT 贸易国际合作, 加强 ICT 贸易的多元化, 倡导多边主义。中国不仅要与美国、德国等发达国家建立贸易关系, 更需要同 ICT 贸易发展较弱的国家(地区)开展贸易联系, 积极与各友好国家(地区)建立合作机制, 从而提升市场的连接程度, 这样才能使得中国的产品能够输入这些市场, 进而提升自身水平, 减少出口依赖。

2) 加强制度环境管理, 积极引进外资。政府应该完善本地市场体系, 加大对本地企业的扶持, 同时加强对外资企业的吸引, 获取外部信息资源, 充分利用集群外部性和信息溢出的正向效应, 学习外资和国际企业的出口经验, 推动中国高新技术产业出口贸易蓬勃发展。

3) 进一步加快 ICT 行业技术创新, 提升中国 ICT 产业的国际竞争力和影响力。QAP 回归结果表明, 技术是显著影响 ICT 贸易网络的重要因素, 这就需要中国政府打造区域集群网络, 例如美国的硅谷、印度班加罗尔、中国台湾新竹, 通过建立学习型网络体系, 进行科技创新活动。

参考文献(References):

- [1] 谢玉欢, 贺灿飞. 地方集群网络、信息溢出效应与中国 ICT 产品出口地理网络扩张[J]. 地理研究, 2021, 40(3): 689-707. [Xie Yuhuan, He Canfei. Local cluster network, information spillover effect and geographic network expansion of China's ICT exports. Geographical Research, 2021, 40(3): 689-707.]
- [2] Ciriani S, Perin P. Trends in global ICT trade[J]. Digi World Economic Journal, 2017(107): 17-47.
- [3] 蔡跃洲, 牛新星. 中国信息通信技术产业的国际竞争力分析——基于贸易增加值核算的比较优势及技术含量测算[J]. 改革, 2021(4): 24-44. [Cai Yuezhou, Niu Xinxing. Analysis on the international competitiveness of China's information and communication technology industry—Based on the comparative advantage and technology content calculation of trade value added accounting. Reform, 2021(4): 24-44.]
- [4] 王岚. 融入全球价值链对中国制造业国际分工地位的影响[J]. 统计研究, 2014, 31(5): 17-23. [Wang Lan. The influence of integration into global value chain on the international division of labor status of China's manufacturing industry. Statistical Research, 2014, 31(5): 17-23.]
- [5] 尹伟华. 中国高技术产业参与全球价值链程度和地位研

- 究[J]. 世界经济研究, 2016(7): 64-72+86+136. [Yin Weihua. Research on the degree and status of China's high-tech industry participation in global value Chain. World Economy Studies, 2016(7): 64-72+86+136.]
- [6] 范鑫. 数字经济与出口: 基于异质性随机前沿模型的分析[J]. 世界经济研究, 2021(2): 64-76+135. [Fan Xin. Digital economy and export: Based on the heterogeneity of stochastic frontier model analysis. World Economy Studies, 2021(2): 64-76+135.]
- [7] 赵璐. 中国产业空间格局演化与空间转型发展态势[J]. 地理科学, 2021, 41(3): 387-396. [Zhao Lu. Spatial pattern evolution and spatial transformation of China's industrial development. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(3): 387-396.]
- [8] 宣烨, 宣思源. 产业集聚、技术创新途径与高新技术企业出口的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2012(5): 136-146. [Xuan Ye, Xuan Siyuan. An empirical study on industrial agglomeration, technological innovation approach and high-tech enterprise export. International Trade Issues, 2012(5): 136-146.]
- [9] Scott A J, Storper M. High technology industry and regional development: A theoretical critique and reconstruction[J]. International Social Science Journal, 1987(112): 215-328.
- [10] 夏昕鸣, 贺灿飞. 中国出口导向型外资企业时空演化与出口增衰机制[J]. 地理科学, 2021, 41(4): 588-597. [Xia Xinming, He Canfei. The spatial-temporal evolution of China's export-oriented foreign enterprises and the mechanism of export growth and decline. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(4): 588-597.]
- [11] Caves R E. Multinational firms, competition, and productivity in host-country markets[J]. Economica, 1974, 41(162): 176-193.
- [12] Aitken B, Hanson G, Harrison A. Spillovers, foreign investment and export behavior[J]. Journal of International Economics, 1997, 43(1-2): 103-132.
- [13] 佟家栋, 刘竹青. 地理集聚与企业的出口抉择: 基于外资融资依赖角度的研究[J]. 世界经济, 2014, 37(7): 67-85. [Tong Jiadong, Liu Zhuqing. Geographical agglomeration and enterprises' export choice: Based on the perspective of foreign financing dependence. World Economy, 2014, 37(7): 67-85.]
- [14] 周勇, 陈金月, 鲁硕. ICT 产业技术转移对区域二元创新能力的影响[J]. 地理与地理信息科学, 2020, 36(6): 55-63. [Zhou Yong, Chen Jinyue, Lu Shuo. The impact of ICT industrial technology transfer on regional dual innovation capability. Geography and Geo-Information Science, 2020, 36(6): 55-63.]
- [15] 徐美娜, 彭羽. 外资垂直溢出效应对本土企业出口产品质量的影响[J]. 国际贸易问题, 2016(12): 119-130. [Xu Meina, Peng Yu. The effect of vertical spillover of foreign investment on the quality of domestic enterprises' export products. International Trade Issues, 2016(12): 119-130.]
- [16] 柳卸林, 张伟捷, 董彩婷. 企业多元化、所有制差异和创新持续性——基于 ICT 产业的研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2021, 42(1): 76-89. [Liu Xieli, Zhang Weijie, Dong Caiting.

- Corporate diversity, ownership differences and innovation sustainability: A study based on ICT industry. *Science of Science and Management of Science and Technology*, 2021, 42(1): 76-89.]
- [17] 郭建杰, 谢富纪. 企业合作网络位置对创新绩效的影响——以ICT产业为例[J]. *系统管理学报*, 2020, 29(6): 1124-1135. [Guo Jianjie, Xie Fuji. The impact of the location of the collaborative network on innovation performance: A case study of ICT industry. *Journal of System Management*, 2020, 29(6): 1124-1135.]
- [18] Watts D J, Strogatz D H. Collective dynamics of “Small-world” networks[J]. *Nature*, 1998, 393(6684): 440-442.
- [19] Barabasi A L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. *Science*, 1999, 286(5439): 509-512.
- [20] Watts D J, Dodds P S, Newman M E J. Identity and search in social networks[J]. *Science*, 2002, 296(5571): 1302-1305.
- [21] 许和连, 孙天阳, 成丽红. “一带一路”高端制造业贸易格局及影响因素研究——基于复杂网络的指数随机图分析[J]. *财贸经济*, 2015, 409(12): 76-90. [Xu Helian, Sun Tianyang, Cheng Lihong. One belt, one road, high-end manufacturing industry, and its influencing factors: An index random graph analysis based on complex networks. *Finance and Trade Economics*, 2015, 409(12): 76-90.]
- [22] 王兆峰, 刘庆芳. 中国省域旅游效率空间网络结构演化及其影响因素[J]. *地理科学*, 2021, 41(3): 397-406. [Wang Zhaofeng, Liu Qingfang. The evolution of spatial network structure of provincial tourism efficiency and its influencing factors in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(3): 397-406.]
- [23] 计启迪, 刘卫东, 陈伟, 等. 基于产业链的全球铜贸易网络结构研究[J]. *地理科学*, 2021, 41(1): 44-54. [Ji Qidi, Liu Weidong, Chen Wei et al. Study on the structure of global copper trade network based on industrial chain. *Scientia Geographica Sinica*, 2021, 41(1): 44-54.]
- [24] 饶悦, 沈丽珍, 汪侠. 基于大型科研基础设施共享的区域创新网络研究——以山东省为例[J]. *地理研究*, 2021, 40(6): 1840-1856. [Rao Yue, Shen Lizhen, Wang Xia. Regional innovation network based on large-scale scientific research infrastructure sharing: A case study of Shandong Province. *Geographical Research*, 2021, 40(6): 1840-1856.]
- [25] 王雪微, 赵梓渝, 曹卫东, 等. 长三角城市群网络特征与省际边界效应——基于人口流动视角[J]. *地理研究*, 2021, 40(6): 1621-1636. [Wang Xuewei, Zhao Ziyu, Cao Weidong et al. Network characteristics and provincial boundary effect of urban agglomeration in the Yangtze River Delta: Based on the perspective of population mobility. *Geographical Research*, 2021, 40(6): 1621-1636.]
- [26] 于会, 刘尊, 李勇军. 基于多属性决策的复杂网络节点重要性综合评价方法[J]. *物理学报*, 2013, 52(2): 54-62. [Yu Hui, Liu Zun, Li Yongjun. Multi-attribute decision-making method for synthetic evaluation of nodes in complex networks. *Acta Physica Sinica*, 2013, 52(2): 54-62.]
- [27] 杨晨, 王海鹏, 韩庆满. 基于SNA方法的国际服务贸易网络结构特征及其影响因素识别——来自亚太地区的经验证据[J]. *国际商务*, 2017(6): 65-75. [Yang Chen, Wang Haipeng, Han Qingxiao. International service trade network structure characteristics and influencing factors identification based on SNA method: Empirical evidence from Asia-Pacific Region. *International Business*, 2017(6): 65-75.]
- [28] Kogut B, Singh H. The effect of national culture on the choice of entry mode[J]. *Journal of International Business Studies*, 1988, 19(3): 411-432.

Structural Characteristics and Influencing Factors of ICT Export Trade Network Based on Social Network Analysis

Li Guangqin¹, Jin Yuping¹, He Renwei²

(1. *School of International Economics and Trade, Anhui University of Finance and Economics, Bengbu 233030, Anhui, China;*

2. *City Situation Survey Research Center, Beijing Academy of Social Sciences, Beijing 100101, China*)

Abstract: With the rapid development of information and communication technology (ICT) trade, the composition of trade presents a growing trend of diversification, complexity and networking. Therefore, it is necessary for us to conduct a study in a systematic way on the structure of ICT trade network. On account of the ICT trade data from the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) database from 2000 to 2018, this article constructs the global export trade network for manufacturing equipment (Computers and peripheral equipment, communication equipment and consumer electronic equipment) and electronic components using binary and weighted methods. On the basis of the comprehensive analysis of the structural characteristics of the ICT trade network, this article uses the QAP method to explain the structural evolution and the influencing factors of the ICT export trade network. The results show that: 1) The network densities of the export trade of manufacturing equipment and electronic components are both very high, which shows that ICT trade is closely related to countries (regions) around the world; 2) China has become the core node of the manufacturing equipment export trade network, what's more, developed economies still occupy the main market; In the electronic components export trade network, there are investment-driven development. 'Agglomeration' is another phenomenon emerging in the electronic component export trade network. China also occupies an important position in the electronic components export trade network; 3) The multi-dimensional distance factor can explain 18% of the structural change of the export trade network of manufacturing equipment; The explanatory power of multidimensional distance factor to the change of electronic component export trade structure can reach 15%. The conclusions of this paper can provide a basis for China's ICT industry to participate in global trade policies.

Key words: manufacturing equipment; electronic components; social network; QAP Method