

“一带一路”电子产品贸易格局演变特征及影响因素研究——基于复杂网络分析方法

姜文学 王 妍

(东北财经大学国际经济贸易学院, 辽宁 大连 116025)

摘要: 2002~2016年“一带一路”电子产品贸易的网络密度和互惠性都比较高,并且在不断地小幅增长;相对入度核密度分布曲线呈“近似正态”分布,波峰在25~35之间,而相对出度核密度由“单波峰”分布向“双波峰”分布过渡,高出度节点国家逐渐出现;中国、韩国和新加坡等亚太国家掌握着网络中主要的贸易流量;核心—边缘结构较为稳定,但核心国家的数量在逐渐减少。同时,人均收入水平差异、人口数量差异、有共同边界和共同语言会增加电子产品贸易,而通货膨胀率差异和地理距离会减少电子产品贸易。

关键词: “一带一路”; 电子产品贸易; 复杂网络; 影响因素; QAP 回归

中图分类号: F742

文献标识码: A

文章编号: 1006-1894 (2020) 05-0026-15

“一带一路”倡议的提出为“一带一路”沿线国家电子产品贸易的发展提供了一个新契机。2016年,在“一带一路”沿线国家^①中,中国电子产品的进出口额均位列第一,分别为1,477.99亿美元和1,782.83亿美元,相较于2002年的214.27亿美元和190.64亿美元,各增加了5.9倍和8.35倍;中国对“一带一路”沿线国家出口的电子产品贸易额占对世界出口电子产品贸易额的24.97%,占进口额的40.02%。同年,处于“一带一路”电子产品贸易网络核心地位的韩国,从“一带一路”国家进口的电子产品贸易额占从世界进口电子产品的60.03%,占出口额的66.88%。新加坡、泰国及马来西亚等国的电子产品贸易在本国贸易活动中也占有重要地位。因此,研究电子产品贸易网络格局演变特征,分析影响沿线国家电子产品贸易往来的关键因素,深化“一带一路”沿线国家电子产品领域的合作,将有助于实现贸易畅通,完善基础设施互联互通建设,带动中国以及其他沿线国家的电子产业发展和国民经济增长,实现互利共赢。

作者简介: 姜文学,东北财经大学国际经济贸易学院教授,研究方向:国际贸易理论与政策;王妍,东北财经大学国际经济贸易学院硕士研究生,研究方向:国际贸易。

^① 本文选取72个国家为研究样本,包括亚太15国:蒙古、韩国、新西兰、东帝汶、新加坡、马来西亚、印度尼西亚、缅甸、泰国、老挝、柬埔寨、越南、文莱、菲律宾、中国;西亚18国:格鲁吉亚、阿塞拜疆、亚美尼亚、伊朗、伊拉克、土耳其、叙利亚、约旦、黎巴嫩、以色列、巴勒斯坦、沙特阿拉伯、也门、阿曼、阿联酋、卡塔尔、科威特、巴林;南亚8国:印度、巴基斯坦、孟加拉国、阿富汗、斯里兰卡、马尔代夫、尼泊尔、不丹;中亚5国:哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、塔吉克斯坦、吉尔吉斯斯坦;东欧20国:俄罗斯、乌克兰、白俄罗斯、摩尔多瓦、波兰、立陶宛、爱沙尼亚、拉脱维亚、捷克、斯洛伐克、匈牙利、斯洛文尼亚、克罗地亚、波黑、黑山、塞尔维亚、阿尔巴尼亚、罗马尼亚、保加利亚、北马其顿;非洲及拉美6国:南非、摩洛哥、埃塞俄比亚、马达加斯加、巴拿马、埃及。

一、文献综述

近年来,复杂网络分析方法已经被广泛地应用到国际贸易的研究当中。Wilhite 和 Serrano 等学者在这方面做出了重大的贡献,如 Wilhite (2001) 通过对不同贸易网络进行研究,发现“小世界”网络的发生是必然的。Serrano 和 Boguna (2003) 发现国际贸易网络具有无标度、小世界等典型网络特征。Fagiolo 等 (2008) 利用复杂网络分析方法研究了世界贸易网的拓扑性质及其演变,证明加权网络分析结果和无权网络分析结果有很大的不同。陈银飞 (2011) 采用社会网络分析方法研究从 2002 年起近 10 年的世界贸易格局及其在次贷危机前后的变化。Nicholas 等 (2013) 则对国际贸易网络的稳定性进行了研究。

在此基础上,学者们利用复杂网络的分析方法对国际贸易的特定行业进行研究。程淑佳和王肇钧 (2011) 以复杂网络为基础,通过对无向网络的研究,勾勒了世界原油贸易空间结构。孙天阳等 (2014) 把世界高端制造业贸易网络划分为无向网络和有向网络,并对其整体拓扑情况和进出口强度进行研究。许和连等 (2015) 运用网络中心性和模体分析考察了各国在“一带一路”高端制造业贸易网络中的地位和贸易模式,并通过随机指数图模型研究了影响该网络的主要因素。Du 等 (2016) 通过构造有向的世界原油贸易网络来分析其拓扑结构特性,同时研究了节点度与中心值之间的关系。石泽浩等 (2017) 利用度分布、点强度分布以及社团划分对“一带一路”无权有向和加权有向钢铁贸易网络的格局及演变规律进行了研究。马远和徐俐俐 (2017) 通过异质性和模体分析方法对“一带一路”天然气贸易网络格局的演变进行分析,并利用 QAP 回归研究了影响该网络的主要因素。王雁斌等 (2018) 通过对无向网络的网络密度、节点、点强度以及核心度等众多指标及其指标之间的关系对 2000~2015 年技术含量较高的零部件中间品和成套机器设备等资本品的贸易空间格局进行分析。

整体而言,在 2010 年以前,学者们的研究大多聚焦于整体网络特征、加权和无权网络的区别等方法性研究;在 2010 年之后,学者们的研究开始转向应用复杂网络分析方法对特定行业的贸易网络进行分析,所研究的行业涉及原油、天然气和高端制造业等,多为资源类行业。目前复杂网络的研究尚未涉足电子产品行业且学者们对电子产品贸易的研究多以定性分析为主。本文立足于“一带一路”沿线国家,将复杂网络研究方法应用于电子产品行业,并采用定性分析与定量分析相结合的方法,以全面掌握电子产品的发展演变及现状,同时采用学术界使用较少的 QAP 模型对电子产品贸易加权和无权网络的影响因素进行探究,从网络整体考虑,研究平面对平面的影响,完全不同于以往的面板数据回归。

二、“一带一路”电子产品贸易网络的构建

借鉴已有的复杂网络分析方法,将“一带一路”沿线的 72 个国家作为电子产品

贸易网络的节点，以国家之间的电子产品贸易额为边，其中进口对应流入，出口对应流出，分别构建加权有向网络、无权有向网络、加权无向网络和无权无向网络。其中，加权有向网络能清晰地表示“一带一路”沿线国家之间的电子产品贸易流量方向以及贸易的强弱程度。无权有向网络是将边赋值为二元变量，以反映贸易流量方向和网络的拓扑结构。因此，为剔除过小的电子产品贸易额对无权有向网络的影响，在加权有向网络中阈值为 10,000，即大于 10,000 的边取值为 1，代表两个国家之间存在电子产品贸易，小于 10,000 的边取值为 0，代表两个国家之间不存在电子产品贸易，即得到加权有向网络的邻接矩阵——无权有向网络。加权无向网络反映的是国家之间是否存在贸易联系以及贸易强度如何，但是不能反映贸易流量的方向。根据本文研究的目的，将加权有向网络中两国之间进出口贸易额的均值作为加权无向网络的边，同时小于 10,000 的值为 0，从而得到加权无向网络。无权无向网络既不反映贸易联系的强弱，也不反映贸易流量的方向，它只能表示国家之间是否存在贸易联系。在加权无向网络中阈值为 0，即可得到加权无向网络的邻接矩阵——无权无向网络。具体表达如下所示：

(1) 加权有向网络

$$A_{N \times N} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1N} \\ w_{21} & w_{22} & \cdots & w_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{N1} & w_{N2} & \cdots & w_{NN} \end{bmatrix}, \text{ 其中 } N=1, 2, \dots, 72。$$

(2) 无权有向网络

$$a_{N \times N} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \cdots & a_{NN} \end{bmatrix}, \text{ 其中, } a_{ij} = \begin{cases} 1, w_{ij} \geq 10,000 \\ 0, w_{ij} < 10,000 \end{cases}, i, j, N=1, 2, \dots, 72。$$

(3) 加权无向网络

$$B_{N \times N} = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1N} \\ v_{21} & v_{22} & \cdots & v_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{N1} & v_{N2} & \cdots & v_{NN} \end{bmatrix}$$

$$\text{其中, } v_{ij} = v_{ji} = \begin{cases} \frac{1}{2}(w_{ij} + w_{ji}), \frac{1}{2}(w_{ij} + w_{ji}) \geq 10,000 \\ 0, \frac{1}{2}(w_{ij} + w_{ji}) < 10,000 \end{cases}, i, j, N=1, 2, \dots, 72。$$

(4) 无权无向网络

$$b_{N \times N} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1N} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{N1} & b_{N2} & \cdots & b_{NN} \end{bmatrix}, \text{ 其中, } b_{ij} = b_{ji} = \begin{cases} 1, v_{ij} > 0 \\ 0, v_{ij} = 0 \end{cases}, i, j, N=1, 2, \dots, 72。$$

为了解决电子产品的模糊性,以 SITC 中 Rev.3 标准分类中编号为 751(办公设备)、752(计算机)、759(办公设备零部件及附件)、761(电视接收设备)、762(无线电广播设备)、763(音像视频)、764(电子通信)、776(电子管及半导体类产品)等 8 类产品之和作为研究对象(张慧智和曹玲,2012)。数据来源于联合国贸易统计数据库(UN Comtrade)。为了使数据更加准确,以各个国家电子产品的 FOB 价格作为所构建的复杂网络的边,由于受到数据统计的限制,部分电子产品贸易流量较少的国家缺少 FOB 数据,文中以 $0.9 \times \text{CIF}$ 代替,进而构建 2002~2016 年共 15 年的“一带一路”国家电子产品贸易复杂网络。

三、“一带一路”电子产品贸易格局演变特征分析

(一) 贸易网络密度特征

在复杂网络理论中,网络密度、连线性 and 互惠性是用二值网络中各个节点之间的连通性来反映整体网络的联结程度。根据无权无向网络 $b_{N \times N}$,利用 Ucinet6.0 软件对 2002~2016 年“一带一路”电子产品贸易网络的密度值和连线数进行测算,并根据无权有向网络 $a_{N \times N}$ 计算其互惠性,具体如表 1 所示。从整体来看,密度值和互惠值都比较大,在 2002 年最低时也在 0.4 以上。除个别年份密度值和互惠值稍有下降外,一直呈现上升的趋势,而且在 2006 年之后整体网络密度值一直保持在 0.5 以上,这说明“一带一路”沿线国家之间的电子产品贸易活动比较频繁,紧密性较好。较高的互惠性水平表明两国在进行电子贸易时大多既有进口又有出口。

表 1 “一带一路”电子产品贸易网络密度值和互惠值

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
连线数	2,156	2,192	2,318	2,420	2,562	2,582	2,666	2,638
网络密度	0.4218	0.4288	0.4534	0.4734	0.5012	0.5051	0.5215	0.5160
互惠性	0.4112	0.4349	0.4511	0.4514	0.4628	0.4823	0.4968	0.5069
年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	—
连线数	2,680	2,790	2,722	2,728	2,756	2,770	2,752	—
网络密度	0.5243	0.5458	0.5325	0.5336	0.5391	0.5419	0.5383	—
互惠性	0.5025	0.4948	0.5238	0.5211	0.5121	0.4990	0.5192	—

(二) 贸易网络点度特征

入度衡量的是从其他节点指向节点 i 的边数之和,实际意义是向 i 出口电子产品的国家数量;出度衡量的是节点 i 指向其他节点的边的数量,即从 i 国进口电子产品的国家数量。分别如公式 1 所示。

$$k_i^{in} = \sum_j a_{ji} \quad k_i^{out} = \sum_j a_{ij} \quad (1)$$

网络中的入度分布和出度分布是 $p(k^{in})$ 和 $p(k^{out})$ ，分别表示网络中随机选取一个节点的入度为 k^{in} 或者出度为 k^{out} 的概率。通过对无权有向网络 $a_{N \times N}$ 进行测算，得到各年份网络的入度和出度并进行核密度估计，如图 1 和图 2 所示。

1. 入度分布

从图 1 可以看到，各个年份的波峰密度值在 0.04 上下波动，其对应的入度大约集中在 25~35 之间，而且随着时间的变化，波峰出现右移的趋势；入度小于 15 或者大于 50 的密度值均在 0.015 以下，说明在该贸易网络中电子产品进口国数量小于 15 或者大于 50 的国家非常少。

2. 出度分布

根据图 2 可知，2002~2007 年间出度核密度曲线呈“近似正态”分布，波峰在出度为 10 的位置，相较其他年份在该处的波峰密度较高，在 0.02~0.023 之间。随着出度的增加，核密度曲线在出度为 30~50 间几乎为水平直线，密度约为 0.009 左右，紧接着陡然下降。这说明在这 6 年中，该电子产品网络中大多数国家的出口伙伴国并不是很多，大多在 30 以下。而 2008~2016 年各年份的出度核密度曲线均呈现出明显的双波峰形态，第一个波峰在出度为 12 的位置，较之前的年份有轻微的右移，但是密度也略有下降，在 0.017~0.02 之间；在出度为 55~60 间出现第二个波峰，在该处的密度有所上升，在 0.012 左右，表明该网络中各个节点的联系在增加，高出度节点国家逐渐出现。

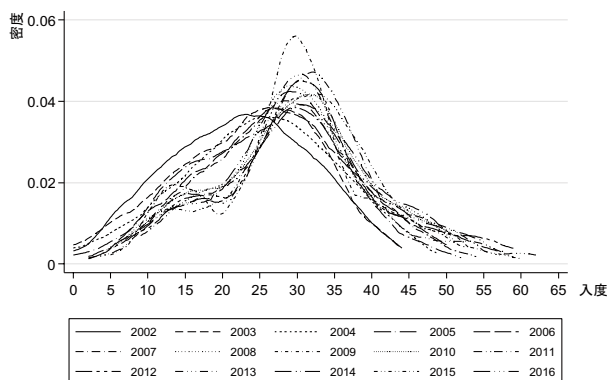


图 1 相对入度核密度估计 (2002~2016 年)

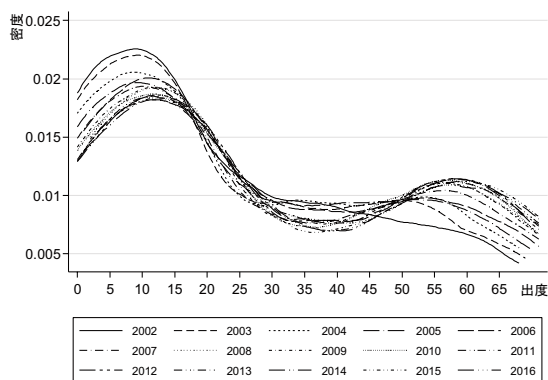


图 2 相对出度核密度估计 (2002~2016 年)

(三) 点强度和贸易额

节点 i 的点强度定义为在加权网络中与节点 i 直接相连的边所代表的权重之和。在加权有向网络中分为入强度和出强度，其中，入强度代表的是一国的进口额，出强度代表的是出口额。分别如公式 2 所示。

$$S_i^{in} = \sum_j w_{ji} \quad S_i^{out} = \sum_j w_{ij} \quad (2)$$

1. 入强度

通过对加权有向网络 $A_{N \times N}$ 的整理, 得到入强度值与出强度值及其排序表 (表 2 和表 3)。从表 2 中可以看到, 各个国家电子产品的进口额绝对值一直在增加, 其中以中国和新加坡为代表, 2002 年中国的入强度为 214.27 亿美元, 排在新加坡之后, 居第二位。除此之外, 中国电子产品的进口额在该网络中一直位居第一且呈现递增的趋势, 2016 年中国电子产品的进口额为 1,477.99 亿美元, 是 2002 年进口额的 6.9 倍。新加坡除在 2006 年以 192.07 亿美元排在第三位外, 在其余年份均排在前两名。多年来, 中国、韩国、新加坡、马来西亚、泰国和印度等国的电子产品进口额排名一直较为靠前, 说明这些国家在“一带一路”电子产品贸易网络中发挥着重要的作用。

2. 出强度

在表 3 中, 中国的电子产品出口额除在 2002 年以 190.64 亿美元位居第二外, 其余年份的出口额均位居第一。和入强度相比, 在出强度中, 韩国的出口额在大多数年份都仅次于中国, 位居第二, 而新加坡的出口额较其进口额的排名有所下降, 排在第四名和第五名。值得一提的是, 越南在 2013 年和 2016 年的出口额分别为 294.58 亿美元和 365.54 亿美元, 较之前有了大幅度的提升, 排名跃居第四。同时也可以清楚地看到, 不论是电子产品的进口额还是出口额, 大额的贸易流动都集中在少数的几个国家。

表 2 “一带一路”电子产品贸易网络入强度值与排序 (亿美元)

序号	2002 年		2008 年		2013 年		2016 年	
1	新加坡	251.71	中国	913.42	中国	1,488.31	中国	1,477.99
2	中国	214.27	新加坡	524.75	新加坡	546.59	新加坡	500.07
3	马来西亚	121.02	韩国	262.84	阿联酋	315.83	韩国	371.86
4	韩国	92.29	俄罗斯	155.38	韩国	276.4	印度	277.27
5	泰国	62.15	马来西亚	142.86	马来西亚	230.96	越南	272.83
6	菲律宾	48.92	泰国	119.55	印度	217.48	马来西亚	208.62
7	匈牙利	32.07	捷克	111.14	越南	209.91	泰国	176
8	捷克	24.97	波兰	105.84	俄罗斯	186.19	俄罗斯	136.91
9	印度	19.09	印度	95.95	泰国	184.91	捷克	136.75
10	波兰	16.48	匈牙利	84.97	捷克	128.92	阿联酋	129.72

表 3 “一带一路”电子产品贸易网络出强度值与排序 (亿美元)

序号	2002 年		2008 年		2013 年		2016 年	
1	马来西亚	249.47	中国	1,062.61	中国	1,774.82	中国	1,782.83
2	中国	190.64	韩国	593.46	韩国	1,073.63	韩国	1,041.85
3	韩国	189.57	马来西亚	468.55	马来西亚	638.93	马来西亚	562.64
4	新加坡	125.97	新加坡	271.98	越南	294.58	越南	365.54
5	菲律宾	95.21	菲律宾	238.61	新加坡	292.47	新加坡	242.14
6	泰国	71.78	泰国	224.96	泰国	214.52	泰国	228.58
7	印度尼西亚	18.03	匈牙利	104.16	菲律宾	196.86	菲律宾	202.97
8	匈牙利	9.67	印度尼西亚	62.17	阿联酋	70.18	匈牙利	37.02
9	以色列	7.48	印度	26.17	匈牙利	49.08	捷克	34.07
10	阿联酋	7.13	捷克	25.72	印度尼西亚	44.07	印度尼西亚	30.17

（四）地理方向与贸易额

为了在入强度和出强度的基础上分析强度较大的节点国家的主要贸易伙伴国，将加权有向网络 $A_{N \times N}$ 中大于 10 亿美元的边和与之相连的节点所构成的贸易网络从整体网络中提取出来，形成一个新的小型“核心贸易网络”。

从图 3 中可以看到，2002 年两国之间的贸易额超过 10 亿美元的国家一共有 8 个，包括中国、韩国、新加坡、泰国、马来西亚、菲律宾、捷克和匈牙利。这 8 个国家在所形成的小型贸易网络中几乎形成闭合网络，这表明在 2002 年“一带一路”沿线国家主要的电子产品贸易国之间的相互依赖程度较深，伙伴国之间的贸易关系相对来说较为平衡。其中，中国的电子产品主要出口新加坡（43 亿美元）、韩国（29 亿美元）、马来西亚（27 亿美元）、泰国（19 亿美元）、捷克（12 亿美元）和匈牙利（12 亿美元）。在图 3 中，最大贸易额是马来西亚对新加坡的出口额，为 130.6 亿美元。

2008 年、2013 年和 2016 年电子产品主要贸易国及其贸易额的示意图（图 4、图 5 和图 6）与 2002 年相比，节点数和连线数均有所增多。这 3 个年份中两节点国家之间的最大贸易额均为韩国对中国的出口额，分别为 338.3 亿美元、705.5 亿美元和 695.4 亿美元。图 4、图 5 和图 6 的图形大致相同，一侧是以中国为中心向外发出射线组成的图形，这主要是由于近几年中国的电子产业迅猛发展，中国的电子产品出口从亚太地区延伸至埃及、南非、匈牙利等国家；另一侧是中国、韩国、马来西亚和新加坡等国家组成的网状图形，表明大额电子产品的相互贸易仍主要集中在亚太地区。其中值得注意的是，2013 年阿联酋、印度和越南出现在网状图形中，表明阿联酋、印度和越南已经在电子产品贸易中发挥更大的作用。

（五）核心—一半边缘—边缘分析

随着世界经济的发展，“一带一路”沿线国家合作不断深化，电子产品的核心

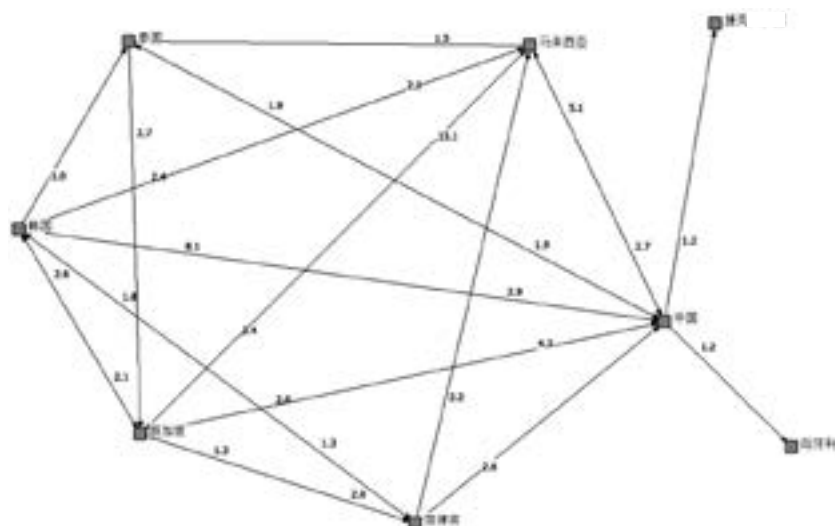


图 3 2002 年电子产品主要贸易国及其贸易额（单位：10 亿美元）

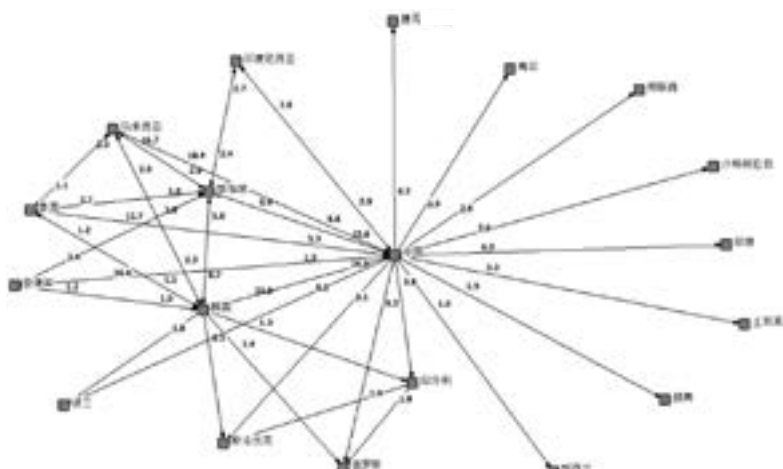


图4 2008年电子产品主要贸易国及其贸易额(单位:10亿美元)

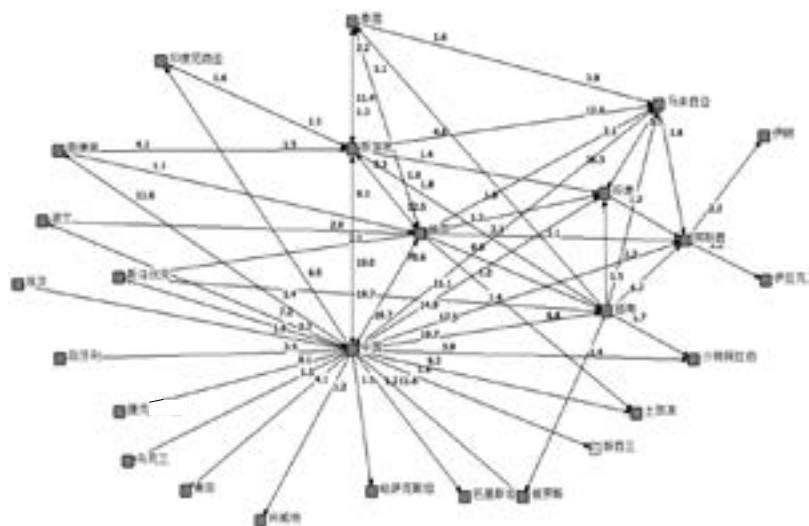


图5 2013年电子产品主要贸易国及其贸易额(单位:10亿美元)

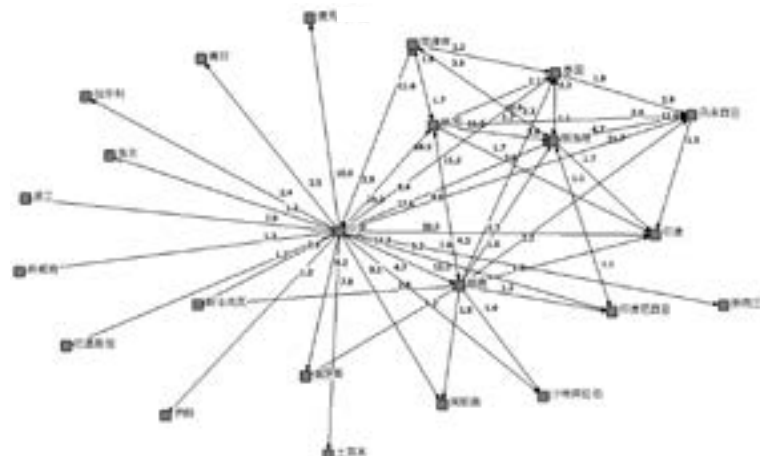


图6 2016年电子产品主要贸易国及其贸易额(单位:10亿美元)

国家也在不断地变化和重组。本文在分析“一带一路”电子产品贸易网络的核心国、半边缘国和边缘国时，在传统的核心—边缘两区分模型的基础上借鉴 Borgatti 和 Everett (2000) 的方法将复杂网络进行三区分，同时借鉴陈银飞 (2011) 在核心—半边缘—边缘分析中对所测算的各个国家的核心度划分标准，将核心度大于 0.1 的节点归为核心国家，核心度介于 0.01~0.1 之间的节点归为半边缘国家，核心度小于 0.01 的节点归为边缘国家。

为计算核心度并按照陈银飞 (2011) 划分的临界值对 72 国核心度进行分区，首先对加权无向网络 $B_{N \times N}$ 进行极差标准化处理，即 $v_{ij}^{\text{标准化}} = \frac{v_{ij} - v_{\text{最小}}}{v_{\text{最大}} - v_{\text{最小}}}$ ，得到 $B_{N \times N}^{\text{标准化}}$ 。通过对 $B_{N \times N}^{\text{标准化}}$ 中各个国家的核心度进行测算并整理，得到表 4。

表 4 “一带一路”电子产品贸易网络核心—半边缘国家统计表

年份	核心国	半边缘国
2002	马来西亚、新加坡、中国、韩国、菲律宾、泰国	匈牙利、捷克、印度、印度尼西亚、波兰、阿联酋
2008	中国、韩国、新加坡、马来西亚、泰国、菲律宾	俄罗斯、印度、捷克、波兰、印度尼西亚、匈牙利、土耳其、阿联酋、斯洛伐克、沙特阿拉伯、南非、越南
2013	中国、韩国、马来西亚、新加坡	泰国、越南、阿联酋、印度、菲律宾、俄罗斯、捷克、波兰、印度尼西亚、土耳其、沙特阿拉伯、斯洛伐克、匈牙利、南非
2016	中国、韩国、马来西亚	新加坡、越南、泰国、印度、菲律宾、捷克、阿联酋、俄罗斯、波兰、土耳其、印度尼西亚、沙特阿拉伯、南非

首先，从表 4 可以看到，每年的核心国和半边缘国之和没有超过网络节点的 25%，表明“一带一路”电子产品贸易网络中仍然是边缘国占绝大多数，在其中发挥重要作用的是少数国家。其次，核心国的个数在不断地减少，由 2002 年的 6 个国家减少到 2016 年的 3 个国家，但是中国、韩国和马来西亚一直居于核心国的重要地位，这也和点强度中得到的结论一致，菲律宾、新加坡和泰国的核心度也一直较高，处在核心国和半边缘国的临界点附近，总体而言这 3 个国家仍然在该网络中处于较为重要的地位。最后，从地理分布上看，核心国和半边缘国主要处于亚太地区，其次是东欧和西亚地区。

四、“一带一路”电子产品贸易网络影响因素分析

(一) 变量选取

考虑到数据的可得性和连续性，在现有文献的基础上，将人均收入水平 ($PGDP$)、人口数量 (POP)、通货膨胀率 ($Infla$)、两国首都之间的距离 ($Distcap$)、两国陆地是否相邻 ($Contig$) 以及两国之间是否有共同的官网语言 ($Comlang$) 这 6 个变量作为影响“一带一路”电子产品贸易网络的因素。

引力模型一直被公认为是解释双边贸易流动的经典模型，传统引力模型通常将双边贸易流量构建为进口国与出口国的一些基本特征要素如人均收入水平、距离以

及其他各种贸易扭曲性因素的函数。故将人均收入水平 ($PGDP$)、人口数量 (POP) 以及两国首都之间的距离 ($Distcap$) 作为解释变量。

另外,由购买力平价理论可知,两个国家相对通货膨胀率的大小会影响两国的汇率水平,而一国的货币相对另一国升值时,在其他因素不变的情况下,本国进口会增加,出口会减少;反之该国的进口会减少,出口会增加。因此,将数据较为连续的通货膨胀率 ($Infla$) 代替汇率作为一个解释变量。同时,考虑到两国之间的陆地接壤会促进两国在政治、经济和外交方面的关系更加紧密,而两国拥有相同的文化和语言也会使两国贸易往来更加频繁,崔琳熠 (2014) 认为文化差异会影响贸易机会选择。所以将两国陆地是否相邻 ($Contig$) 以及两国之间是否有共同的官网语言 ($Comlang$) 也纳入影响因素之中。

(二) 数据来源及说明

在获取数据的过程中,剔除数据缺失的东帝汶、伊拉克、土耳其、叙利亚、巴勒斯坦、阿富汗、黑山、塞尔维亚和罗马尼亚,将其余国家作为 QAP 回归的样本。

在此基础上,将“一带一路”电子产品贸易网络作为被解释变量,将人均 GDP 差值网、人口数量差值网、通货膨胀率差值网、地理距离矩阵、陆地 0-1 矩阵和共同语言 0-1 矩阵作为解释变量进行无权网络和加权网络 QAP 回归,所有网络均为无向网络,在 QAP 回归中无权网络和加权网络指的是被解释变量,即“一带一路”电子产品贸易网络。其中, $PGDP$ 、 POP 和 $Infla$ 的原始数据来源于世界银行,三者均为差值网,其格值 $C_{ij}=C_i-C_j$; $Distcap$ 、 $Contig$ 和 $Comlang$ 的原始数据均来源于法国国际经济研究中心 (CEPII)。同时,除二值网络之外的所有网络均进行极差标准化处理。

(三) 实证分析

对上述被解释变量和解释变量进行 QAP 回归,经过整理得到无权网络 QAP 回归结果 (表 5) 和加权网络 QAP 回归结果 (表 6)。其中,常数项只展示了回归系数,除此之外的各解释变量所展示的数值依次为回归系数、 p 值和显著性水平。

表 5 无权网络 QAP 回归探究的是人均 GDP、人口数量等网络对电子产品贸易网络中的节点国家是否建立贸易联系的影响,而表 6 加权网络 QAP 回归研究的是解释变量对电子产品贸易网络中节点之间贸易额的影响。贸易流量的大小建立在贸易联系的基础之上,能解释两国之间是否建立电子产品贸易联系的因素不一定能很好地解释两国之间的贸易流量,较贸易联系而言,影响贸易额的因素更加复杂多变。从表 5 和表 6 中可以明显看到,无权网络的回归结果不论是系数大小、显著性水平还是拟合优度都优于加权网络的回归结果。

(1) 人均收入水平差值网

在无权网络 QAP 回归结果中, $PGDP$ 变量大都显著,而在加权网络 QAP 检验中, $PGDP$ 变量只在 2009 年、2014 年、2015 年和 2016 年是显著的,显著性水平

表 5 “一带一路”电子产品贸易无权网络 QAP 回归结果

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
<i>C</i>	0.387	0.432	0.440	0.439	0.435	0.465	0.481	0.564	0.518	0.487	0.506	0.517	0.560	0.533	0.520
<i>PGDP</i>	0.331	0.312	0.301	0.270	0.235	0.231	0.178	0.386	0.241	0.215	0.188	0.174	0.300	0.406	0.440
	0.014**	0.017**	0.029**	0.058*	0.083*	0.093*	0.175	0.026**	0.107	0.122	0.179	0.176	0.069*	0.025**	0.007***
<i>POP</i>	0.538	0.517	0.539	0.559	0.562	0.513	0.509	0.545	0.502	0.505	0.492	0.489	0.483	0.482	0.485
	0.002***	0.005***	0.001***	0.000***	0.000***	0.002***	0.002***	0.000***	0.001***	0.001***	0.003***	0.003***	0.000***	0.002***	0.001***
<i>Infla</i>	-0.146	-0.296	-0.167	-0.078	-0.021	-0.165	-0.145	-0.546	-0.265	-0.030	-0.140	-0.206	-0.281	-0.395	-0.427
	0.173	0.020**	0.129	0.236	0.433	0.119	0.279	0.005***	0.078*	0.489	0.331	0.233	0.089*	0.054*	0.017**
<i>Distcap</i>	-0.093	-0.082	-0.076	-0.095	-0.003	0.043	0.035	-0.124	-0.066	-0.026	-0.043	-0.042	-0.119	-0.138	-0.087
	0.317	0.333	0.344	0.318	0.506	0.421	0.420	0.239	0.370	0.449	0.414	0.418	0.276	0.227	0.347
<i>Contig</i>	0.360	0.357	0.251	0.266	0.280	0.281	0.251	0.167	0.240	0.241	0.229	0.210	0.169	0.211	0.222
	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***	0.005***	0.000***	0.001***	0.000***	0.002***	0.005***	0.002***	0.000***
<i>Comlang</i>	0.152	0.117	0.176	0.228	0.152	0.145	0.215	0.190	0.148	0.176	0.170	0.180	0.175	0.153	0.131
	0.041**	0.068	0.019**	0.003***	0.035**	0.046**	0.006***	0.009***	0.039**	0.025**	0.026**	0.023**	0.015**	0.032**	0.060*
样本数	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906
<i>R</i> ²	0.122	0.125	0.106	0.106	0.095	0.093	0.088	0.126	0.094	0.083	0.081	0.081	0.088	0.102	0.115
<i>Adj-R</i> ²	0.121	0.124	0.105	0.105	0.094	0.092	0.087	0.125	0.093	0.082	0.080	0.080	0.087	0.101	0.114

注：***、**和*分别表示在 1%、5% 和 10% 的统计水平上显著。

表 6 “一带一路”电子产品贸易加权网络 QAP 回归结果

	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年
<i>C</i>	0.001	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
<i>PGDP</i>	0.007	0.007	0.007	0.006	0.003	0.005	0.003	0.009	0.005	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008
<i>POP</i>	0.119	0.158	0.135	0.129	0.237	0.183	0.263	0.083 [*]	0.159	0.218	0.205	0.177	0.099 [*]	0.081 [*]	0.069 [*]
	0.021	0.033	0.034	0.032	0.031	0.033	0.034	0.034	0.033	0.033	0.033	0.031	0.029	0.025	0.026
<i>POP</i>	0.014 ^{**}	0.007 ^{***}	0.009 ^{***}	0.006 ^{***}	0.013 ^{**}	0.008 ^{***}	0.010 ^{***}	0.012 ^{**}	0.017 ^{**}	0.008 ^{***}	0.007 ^{***}	0.014 ^{***}	0.018 ^{***}	0.017 ^{***}	0.022 ^{**}
	-0.003	-0.008	-0.009	-0.009	-0.007	-0.004	-0.005	-0.013	-0.005	-0.003	-0.005	-0.006	-0.010	-0.009	-0.011
<i>Infla</i>	0.337	0.094 [*]	0.080 ^{**}	0.021 ^{**}	0.051 [*]	0.213	0.223	0.020 ^{***}	0.217	0.274	0.103	0.094 [*]	0.041 ^{**}	0.038 ^{**}	0.019 ^{***}
	-0.006	-0.010	-0.009	-0.007	-0.006	-0.007	-0.006	-0.007	-0.005	-0.005	-0.005	-0.006	-0.006	-0.007	-0.007
<i>Distcap</i>	0.170	0.086 [*]	0.090 [*]	0.093 [*]	0.126	0.118	0.158	0.105	0.175	0.169	0.154	0.142	0.096 [*]	0.047 ^{**}	0.058 [*]
	0.007	0.002	0.003	-0.002	-0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003
<i>Contig</i>	0.068 [*]	0.260	0.208	0.372	0.474	0.224	0.277	0.269	0.217	0.234	0.145	0.169	0.123	0.126	0.093 [*]
	0.017	0.017	0.020	0.011	0.010	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0.009	0.008	0.006	0.006	0.005
<i>Comlang</i>	0.005 ^{***}	0.015 ^{***}	0.006 ^{***}	0.020 ^{***}	0.029 ^{***}	0.019 ^{***}	0.022 ^{***}	0.021 ^{***}	0.017 ^{***}	0.028 ^{***}	0.035 ^{***}	0.050 ^{***}	0.058 [*]	0.052 [*]	0.074 [*]
	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906	3,906
<i>R</i> ²	0.041	0.052	0.054	0.058	0.058	0.059	0.063	0.066	0.062	0.063	0.064	0.061	0.062	0.054	0.057
<i>Adj-R</i> ²	0.040	0.051	0.053	0.057	0.057	0.058	0.061	0.064	0.060	0.062	0.063	0.060	0.060	0.053	0.055

注：***、**和*分别表示在 1%、5% 和 10% 的统计水平上显著。

为 10%，但符号均为正，说明人均收入水平的差异化对建立电子产品贸易联系的影响较为显著，而且这种差异化会促进电子产品贸易联系的建立和贸易额的增加。从系数的大小来看，在无权网络中，2002~2007 年该系数从 0.331 下降到 0.231，说明这种差异化对电子产品贸易的促进效果在逐渐减小，但是在 2014~2016 年间，不论是无权还是加权检验都表明人均收入水平的差异化对电子产品贸易影响的正向作用在增加。这主要是随着科技的不断进步，电子产品正在逐渐成为人们生活的必需品。人均收入水平较高的国家正在向发展水平较低国家大量出口电子产品，这种人均收入水平不同所导致的消费结构差异在一定程度上有效地促使电子产品贸易的发生。

（2）人口数量差值网

人口数量差值网对电子产品建立贸易联系和贸易额的影响都十分显著。在无权网络和加权网络 QAP 检验中，显著性水平都非常好。在无权网络中，各个年份的系数都通过了 1% 的显著性水平检验，在加权网络中大部分时间的系数也是在 1% 水平上显著，只有少数时间的显著性水平为 5%。该系数一直为正，在无权网络中保持在 0.5 左右，在加权网络中的数据则较小，在 0.03 左右。这表明在 2012 年之前人口大国倾向于和人口小国建立电子产品贸易联系并增加电子产品贸易额，而且这种增加的幅度一直在上升，在 2012 年之后增加的幅度有所下降。

（3）通货膨胀率差值网

该变量对电子产品贸易联系和贸易额的影响均是负向作用，即通货膨胀率相近的国家更容易发生贸易联系，进行贸易活动。通货膨胀率差异化在加权网络 QAP 检验中的大部分时间都是显著的，这可能表明通货膨胀率对电子产品贸易额的影响较贸易联系的影响更为稳定，同时说明维持两个国家之间货币的相对稳定会减少电子产品贸易中的风险，从而为贸易的发生提供更多的机会。

（4）地理距离网

该变量在无权网络 QAP 中完全不显著，说明两个国家之间的距离对电子产品贸易联系几乎无影响，但是在加权网络 QAP 中，其在 2003 年、2004 年、2005 年、2014 年、2015 年和 2016 年通过了 10% 或 5% 水平的显著性检验，表明地理距离变量对电子产品贸易额有一定的影响，且从表 6 中可以看出该影响为负，即两国的地理距离越远，越不利于电子产品贸易额的增加。这主要是由于地理距离给运输造成了极大的不便，使得贸易成本在超过规模效应后会随着贸易的增加而逐渐增加。

（5）陆地 0-1 矩阵

该虚拟变量对贸易联系和贸易额的影响与地理距离变量的影响恰好相反。陆地 0-1 矩阵网变量在无权网络 QAP 检验中非常显著，在各年份均通过了 1% 显著性水平检验，且为正向影响，而在加权网络 QAP 检验中，该变量仅在 2002 年和 2016 年通过了 10% 水平的显著性检验，符号为正。这主要是由于邻国之间建立贸易联系原因有很多，有可能是政治外交或军事外交，不一定仅仅是为了经济目的。因此邻国

之间更倾向于用频繁的经济外交来实现其他目的,这种目的的贸易和两国之间的贸易额并没有太大的联系。

(6) 共同语言 0-1 矩阵

共同语言对两国之间的贸易联系和贸易额的影响均为正。从表 5 和表 6 中可知,该变量的显著性非常好,只在少数几年中显著性水平为 10%,其余年份的显著性水平则保持在 5% 或者 1%。这表明两国之间拥有相同的语言对建立电子产品贸易联系和增加电子产品贸易额有极大的促进作用。这是因为相同的语言往往更容易有相同的文化风俗和相同的制度,这种同质会在一定程度上减少贸易成本,从而更加有效地促进贸易的进行。

五、结论与建议

本文利用复杂网络分析方法,对“一带一路”沿线国家电子产品贸易网络的格局特点进行了详细的论述,并通过 QAP 回归对影响“一带一路”电子产品贸易网络的因素进行了分析,研究结果表明:(1)“一带一路”电子产品贸易网络的整体网络密度和互惠性都比较高,并且在不断地小幅增长;(2)相对入度核密度分布曲线呈“近似正态”分布,波峰在 25~35 之间,相对出度核密度由“单波峰”分布向“双波峰”分布过渡,高出度节点国家逐渐出现;(3)韩国、中国、新加坡、马来西亚、印度以及泰国等亚太国家对网络的连接性和紧密性起着重要作用并且掌握着网络中主要的贸易流量;(4)核心—边缘结构较为稳定,但是核心国家的数量在逐渐减少;(5)各解释变量在无权网络 QAP 和加权网络 QAP 中的符号是一致的,人均收入水平的差异、人口数量的差异、有共同边界和共同语言会增加电子产品贸易,而通货膨胀率的差异和地理距离则会减少电子产品贸易。

针对以上的结论,提出如下的政策建议:

(1) 积极推动韩国、新加坡和马来西亚等亚太出口大国的市场从本地区向西亚、南亚、中亚、东欧和非洲及拉美地区延伸。目前,“一带一路”电子产品出口集中在中国、韩国、马来西亚、新加坡和泰国,但是韩国、马来西亚、泰国等国家与亚太地区之外的电子产品贸易规模较小。应积极通过高层论坛、交易会等形式的活动,加强亚太地区与“一带一路”沿线其他地区的贸易,开拓较大规模的产品市场。

(2) 发挥“一带一路”电子产品贸易网络核心国和半边缘国的优势,使“一带一路”电子产品贸易网络更加紧密。核心国家和半边缘国家在维持本国原有的贸易伙伴基本稳定的同时,在选择新的贸易伙伴的时候可以适当地选择人均收入水平或者是人口数量与本国存在差异的国家,使电子产品贸易网络更加互联互通,实现互利共赢。

(3) 加快“一带一路”的“道路联通”建设,促进区域间电子产品贸易的发展。地理距离产生的贸易成本限制了电子产品贸易额的增加,积极响应并加快“一带一路”倡议的“道路联通”,进一步加快基础设施建设,将极大地减少因距离而产生的运

输成本,从而推动电子产品贸易的发展。

参考文献:

- [1] 陈银飞. 2000~2009 年世界贸易格局的社会网络分析 [J]. 国际贸易问题, 2011,(11).
- [2] 程淑佳, 王肇钧. 复杂网络理论下世界原油贸易空间格局演进研究 [J]. 地理科学, 2011,(11).
- [3] 崔琳熠. 文化差异对国家贸易的影响与应对 [J]. 人民论坛, 2014,(29).
- [4] 马远, 徐俐俐. “一带一路”沿线国家天然气贸易网络结构及影响因素 [J]. 世界经济研究, 2017,(3).
- [5] 石泽浩等. “一带一路”钢铁贸易格局及演变规律研究 [J]. 国际商务 (对外经济贸易大学学报), 2017,(4).
- [6] 孙天阳等. 基于复杂网络的世界高端制造业贸易格局分析 [J]. 世界经济与政治论坛, 2014,(2).
- [7] 王雁斌等. “一带一路”背景下全球中间品、资本品贸易空间格局分析——基于 2000~2015 年 BEC 分类贸易数据 [J]. 当代经济管理, 2018,(40).
- [8] 许和连等. “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,(12).
- [9] 张慧智, 曹玲. 中韩 FTA 对两国电子产品的贸易创造分析 [J]. 兰州学刊, 2012,(7).
- [10] Borgatti, S. P., Everett, M. G. Models of Core/Periphery Structures[J]. Social Networks, 2000 .
- [11] Du, Ruijin, et al. A Complex Network Perspective on Features and Evolution of World Crude Oil Trade[J]. Energy Procedia, 2016.
- [12] Fagiolo, G., et al. On the Topological Properties of the World Trade Web: A Weighted Network Analysis[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2008.
- [13] Nicholas, J., et al. Stability of the World Trade Web over Time—An Extinction Analysis[J]. Journal of Economic Dynamics & Control, 2013.
- [14] Serrano, M. A., Boguna, M. Topology of the World Trade Web[R]. Physical Review E, 2003.
- [15] Wilhite. A. Bilateral Trade and “Small-World” Networks[J]. Computational Economics, 2001.

Research on Structural Change Characteristics and Influencing Factors of Electronic Products Trade Network along the Belt and Road: Based on Complex Network Analysis Method

JIANG Wenxue WANG Yan

Abstract: In terms of the electronic products trade along the Belt and Road in 2002~2016, the density and reciprocity of the trade network are relatively high. At the same time, both of them have sustained a small growth; the kernel density estimation curve of relative in-degree shows itself in approximately normal distribution and the peak is between 25 and 35, and relative out-degree's takes on the distribution from “single peak” to “double peaks” and the countries whose out-degree is high are gradually emerging. Asia-Pacific countries such as China, South Korea and Singapore hold the main trade flows in the network. The core-periphery structure is relatively stable, but the number of core countries is gradually declining. At the same time, differences in per capita income levels, demographic differences, common border and common language have a positive effect on electronic product trade. Differences in inflation rates and geographical distances have a negative effect.

Keywords: the Belt and Road; electronic product trade; complex network; influencing factors; QAP regression

(责任编辑: 张建华)