

doi:10.13582/j.cnki.1672-7835.2022.02.015

# “一带一路”纺织品贸易网络的 演化特征及驱动机制

——基于 TERGM 模型的分析

贺胜兵<sup>1,2</sup>, 赵东昇<sup>1</sup>, 陈光达<sup>1</sup>

(1.湖南科技大学 商学院;2.湖南科技大学 湖南省战略性新兴产业研究基地,湖南 湘潭 411201)

**摘要:**国际分工调整引起“一带一路”纺织品贸易结构的深刻变化。采用动态指数随机图模型(TERGM)等社会网络分析方法探讨沿线国家纺织品贸易网络演化特征及其驱动机制,研究发现:样本区间内“一带一路”区域纺织品出口贸易整体呈现上涨趋势,贸易网络的平均路径长度较短,聚集系数较高,存在“富国俱乐部”现象;中国是“一带一路”区域纺织品贸易网络的核心枢纽;除中国之外,点出度和出强度排名前列的国家主要来自东南亚和南亚地区,点入度排名前列的国家主要来自东欧和西亚地区,入强度排名前列的国家主要来自东欧、东南亚地区和西亚地区。TERGM模型估计结果显示,纺织品贸易网络存在互惠效应、等级效应和时间依赖效应,较低的人均收入水平抑制区域纺织品贸易关系,较大的人口密度有利于增进区域纺织品贸易关系,接壤网络、语言网络、宗教网络对区域纺织品贸易流具有正向促进作用,文化距离和制度距离网络则有负向抑制作用。

**关键词:**“一带一路”倡议;纺织品贸易网络;TERGM模型

**中图分类号:**F742      **文献标志码:**A      **文章编号:**1672-7835(2022)02-0122-14

纺织行业是国民经济和社会发展的支柱产业,引领生活方式的民生产业,也是国际化发展与国际合作的先导产业。中国是世界第一纺织大国,WTO数据显示,2019年中国纺织品和服装出口金额同比增长1%和-4%,达到1 200亿美元和1 520亿美元,纺织品和服装出口总额占全球纺织品和服装出口市场总额的39.2%和30.8%<sup>①</sup>。

传统的纺织业属于典型的劳动密集型产业,低人力成本曾是国内纺织企业的制胜法宝。近年来,随着工资水平、环境保护、社保福利等变化,中国企业的人力成本持续上升,并逐渐成为行业发展的桎梏。相比之下,东南亚、南亚及非洲一些国

家的制造业工资水平仅为中国的1/3甚至更低;不仅如此,东盟国家出口欧盟的纺织品仅需征收2%—3%的进口关税,而中国的纺织品出口欧盟需要征收12%左右的关税。近十多年来,东南亚、南亚等地区的国家一直在承接中国纺织服装产业中的劳动密集型加工环节,以中国为中心的纺织服装区域供应链开始逐渐形成<sup>②</sup>。鲁泰A、联发股份、百隆东方等一批国内纺织业龙头企业向综合成本更低的越南、柬埔寨、孟加拉国等地转移,部分企业的海外产能占比已经超过了40%<sup>③</sup>。随着国际贸易和跨国投资的持续发展,“一带一路”沿线国家正日益形成一个复杂的纺织品贸易

收稿日期:2021-08-23

基金项目:国家自然科学基金项目(71973041);国家社会科学基金重大招标项目(17ZDA046);教育部人文社科基金一般项目(19YJA790026)

作者简介:贺胜兵(1977—),男,湖北枝江人,博士,教授,博士生导师,主要从事区域经济和产业经济研究。

①孙瑞哲:《立足实际、理清变化、面向未来》,搜狐网,2021年3月5日,https://www.sohu.com/a/454134658\_121026730.

②《中国—东盟:加强双方纺织行业合作》,全球纺织网资讯中心,2020年7月29日,https://www.tnc.com.cn/info/c-013005-d-3703466.html.

③《向东南亚产业转移,中低端制造业也有“春天”》,搜狐网,2017年9月26日,https://www.sohu.com/a/194614071\_169306.

网络,不仅促进了区域纺织品贸易关系,而且带动了区域产业转型升级,促进沿线国家共同发展。

Hamid 和 Aslam 对 20 对东盟国家的双边贸易进行调查,分析了纺织服装业在东盟自贸区的区域内贸易效应<sup>①</sup>。詹小琦分析了中国和跨太平洋伙伴关系协定(TPP)成员国的纺织服装贸易竞争力,研究发现越南等东南亚国家和中国的服装业出口存在激烈的市场竞争关系<sup>②</sup>。张立杰和张亚飞选择印度、沙特阿拉伯和伊朗等 8 个中巴经济走廊沿线国家,研究中国对这些国家纺织品和服装品的出口效应<sup>③</sup>。但是鲜有学者从社会网络视角出发分析“一带一路”纺织品贸易网络结构特征。

近年来,社会网络分析方法被广泛运用于国际贸易关系研究<sup>④⑤</sup>。现有文献主要采用二次指派程序(QAP)等方法探究贸易网络的影响因素。虽然 QAP 能有效地解决变量之间的相关性,但是却无法解析网络内生结构依赖对网络关系形成的影响。事实上,网络关系既依赖外生协变量,又依赖内生的依存关系,网络中任何两个点形成联系的可能性会受到网络内部结构的影响<sup>⑥</sup>。Wasserman 和 Pattison、Anderson 等提出的指数随机图模型(ERGM)是进行网络统计推断的有力分析工具,能够刻画全球价值链和全球分工日益深化的特征<sup>⑦⑧</sup>。基于 ERGM,许和连等构建了含有 65 个“一带一路”沿线国家的有向无权贸易网络,研究了 FTA、语言、宗教等网络属性及 GDP、制度等国家属性对高端制造业贸易网络的影响<sup>⑨</sup>。但是,ERGM 模型只能从静态的截面数据揭示网络结构变化和影响机制,忽略了不同时间段的网络之间的动态关联,导致模型拟合结果可能存在一

定的偏差。为此,Hanneke 等进一步发展了动态随机指数图模型(TERGM),该模型把离散的时间截面网络数据组合成一个整体来考察相关性,既能探究网络关系间的空间结构依赖问题,又能分析网络关系的时间依赖问题<sup>⑩</sup>。唐晓彬和崔茂生基于“一带一路”沿线国家货物贸易网络的整体格局及网络成员的依赖关系,结合网络内部结构效应、行动者效应及协变量网络效应,利用 TERGM 研究了货物贸易网络动态变化的影响机制,但是对于文化、宗教、制度等可能影响贸易关系的因素未加以考虑<sup>⑪</sup>。

综合来看,已有文献为研究贸易网络特征和影响因素提供了有益的启示,但仍存在不足:一是,目前的贸易网络研究要么偏重于整体货物贸易,要么偏重于技术密集型产业,“一带一路”国家大部分为新兴市场国家,对纺织业这种适合在“一带一路”合作发展的劳动密集型产业关注不够。二是,虽然已有一些文献从网络视角分析国际贸易关系的影响因素,但是大部分基于引力模型或 QAP 模型,简单的双边关系分析难以解释整个网络关系的形成,难以展现关系与关系之间的依赖结构。本文着眼于纺织产业区域分工调整和跨国产业合作的新格局,分析“一带一路”纺织品贸易网络演变的驱动机制,主要的边际贡献在于:一是从社会网络视角出发,采用聚集系数、点度数和点强度等统计指标,从时间与空间、局部与整体出发,考察“一带一路”纺织品贸易网络的结构特征;二是采用 TERGM 模型实证分析“一带一路”纺织品贸易关系,既能刻画网络内生结构特征对纺织品贸易关系形成的影响,又能够从动态视角

①Hamid M F S, Aslam M. “Intra-regional Trade Effects of ASEAN Free Trade Area in the Textile and Clothing Industry”, *Journal of Economic Integration*, 2017, 32(3):660-688.

②詹小琦:《TPP 影响视角下中国和越南纺织服装业国际竞争力的比较》,《中国海洋大学学报(社会科学版)》2016 年第 6 期。

③张立杰,张亚飞:《中巴经济走廊背景下中国对沿线国家纺织服装贸易潜力研究》,《价格月刊》2019 年第 11 期。

④孙天阳,许和连,吴钢:《基于复杂网络的世界高端制造业贸易格局分析》,《世界经济与政治论坛》2014 年第 2 期。

⑤周文韬,杨汝岱,侯新烁:《世界服务贸易网络分析——基于二元/加权视角和 QAP 方法》,《国际贸易问题》2020 年第 11 期。

⑥Cranmer S J, Desmarais B A. “Inferential Network Analysis with Exponential Random Graph Models”, *Political Analysis*, 2011, 19(1):66-86.

⑦Wasserman S, Pattison P. “Logit Models and Logistic Regressions for Social Networks: I. An Introduction to Markov Random Graphs and p\*”, *Psychometrika*. 1999, 61(3):401-425.

⑧Anderson C J, Wasserman S, Crouch B. “A p\* Primer: Logit Models for Social Networks”, *Social Networks*, 1999, 21(1):37-66.

⑨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》,《财贸经济》2015 年第 12 期。

⑩Hanneke S, Fu W J, Xing E P. “Discrete Temporal Models of Social Networks”, *Electronic Journal of Statistics*, 2010(4):585-605.

⑪唐晓彬,崔茂生:《“一带一路”货物贸易网络结构动态变化及其影响机制》,《财经研究》2020 年第 7 期。

揭示区域纺织品贸易网络演进的驱动机制,使模型估计结果更加准确。

### 一 “一带一路”纺织品贸易发展情况

近年来,“一带一路”沿线国家的纺织品贸易进出口额呈现快速增长趋势,进口总额、出口总额均持续增加。贸易总额从2006年的1 025.29亿美元增长至2018年的2 753.38亿美元,年均增长率达8.58%。2006年—2018年沿线国家的纺织品出口额和进口额呈波动上升趋势,其演变过程大致可以分成三个阶段:

第一个阶段是2006年—2009年,纺织品贸易进出口额从602.11亿美元增长到826.56亿美元。这主要是因为多纤维纺织协定(MFA)在2005年被联合国彻底解除,不少发展中国家的纺织业从纺织产品配额制度中解放出来,尤其是之前受到约束的发展中国家纺织产业有了更多的出口空间。然而,受2008年全球金融危机的影响,全球经济趋于萎缩,纺织品出口额从2008年的峰值826.56亿美元下降至2009年的709.99亿美元,降幅高达14.10%,纺织品贸易大幅衰退。

第二个阶段是2009年—2016年,伴随全球经济复苏,纺织品贸易重回增长态势。出口额从709.99亿美元增长至1 472.91亿美元。不过从2014年开始,沿线国家的纺织品出口额再一次下降,出口额连续两年累计下降149亿美元,年均降幅超过5%。由于受美国次贷危机和欧债危机的破坏性影响,世界经济复苏乏力,贸易保护主义抬头,造成国际纺织品贸易市场的需求减弱<sup>①</sup>。数据显示,2014年沿线国家纺织品出口额的前5位分别是中国、印度、土耳其、巴基斯坦和越南,出口额总和为1 201.54亿美元,占当年“一带一路”区域国家总出口额的81.58%。但是,前四个国家都存在不同程度的出口额下降的情况。其中,中国下降了114.07亿美元,年均降幅达6.38%。一些国家为保护本国企业生存发展,加大了对纺织品输出国反倾销调查的力度。从2013年起,中国受到反倾销调查的数量激增,2015年遭受的反倾销调查多达57起。2013至2015年的平均案件数量比2010至2012年的平均案件数量多13件。

第三阶段是2016年—2018年,经过2016年

出口额低点之后,沿线国家的纺织品出口额重新回升。随着“一带一路”倡议的深入推进,沿线国家合作水平不断提高,贸易便利化程度大幅增加,区域纺织品贸易恢复增长态势,推动进出口贸易总额也再创新高。

## 二 贸易网络结构及演变特征

### (一) 主要网络指标

#### 1. 网络密度

网络密度指标可通过真实存在的连边数目除以网络最大能出现的连边数目的比例,反映网络中各个节点之间关联的程度,是一种整体性的网络属性。取值在0到1之间,网络中边数越多,网络就越密集,密度就越大。网络密度可表示为:

$$D_m = M/[N(N-1)] \quad (1)$$

其中, $M$ 表示贸易网络中实际存在的关系数目, $N(N-1)$ 表示各国之间理论上可能存在的最大关系数目, $N$ 表示贸易网络中的国家数目。

#### 2. 平均聚集系数

聚集系数是表示一个图形中节点聚集程度的系数。在贸易网络中,聚集系数度量一个国家在贸易网络集群中的连通程度,其取值范围为 $[0, 1]$ 。所有节点聚集系数的均值称为平均聚集系数 $\bar{C}$ ,反映整个网络的连接程度,其表达式为:

$$\bar{C} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{k_i(k_i-1)} \quad (2)$$

其中, $N$ 表示贸易网络中的国家数目, $n_i$ 表示国家 $i$ 的 $k$ 个贸易伙伴间实际存在的贸易关系数, $k_i$ 表示国家 $i$ 的贸易伙伴数目。

#### 3. 平均路径长度

在整体网络分析中,最短路径长度是指通过最快的连接边从一个节点连接到另一个节点的边的数量。平均路径长度是网络中所有节点最短路径长度的平均值,是体现“小世界”属性的关键指标。贸易网络的平均路径长度定义为:

$$l = \frac{\sum_{i,j} d_{ij}}{N(N-1)} \quad (3)$$

其中, $d_{ij}$ 表示贸易网络中国家 $i$ 到国家 $j$ 的最短路径,若 $i=j$ ,则 $d_{ij}=0$ ;  $N$ 表示贸易网络中的国家数目。

<sup>①</sup>李鹏飞、游子安:《全球价值链下中国制造业的分布特征与演变趋势》,《郑州大学学报(哲学社会科学版)》2020年第4期。

#### 4. 网络节点度

网络节点度是网络中以某一节点为起点或终点的节点的个数,它反映了节点在网络中的“受欢迎程度”,也反映了节点对网络中其他节点的影响程度。在有向无权的纺织品贸易网络中,一个国家的节点度包括两个方面:点出度和点入度,点出度表示从*i*国连出的纺织品出口的国家数目,点入度表示从*i*国连入的纺织品进口的国家数目,点出度与点入度的计算公式如下:

$$h_i^{ex}(t) = \sum_{j \neq i} a_{ij} = Q_i(t)e \quad (4)$$

$$h_i^{im}(t) = \sum_{j \neq i} a_{ji} = Q_i^T(t)e \quad (5)$$

其中,*t*是年份, $a_{ij}$ 代表在第*t*年*i*国对*j*国纺织品出口关系, $a_{ji}$ 表示第*t*年*i*国对*j*国的纺织品进口关系。 $Q_i(t)$ 和 $Q_i^T(t)$ 分别表示第*t*年有向无权纺织品贸易网络第*i*行和第*i*列元素所组成的行向量, $e$ 是和贸易矩阵同列维度的*N*维单位列向量。一个国家的总度数等于第*t*年国家*i*的点出度与点入度的相加,代表国家*i*的所有存在贸易往来的对象数目,是国家*i*点出度影响力和点入度影响力的综合。计算公式如下:

$$h_i^{tot}(t) = h_i^{im}(t) + h_i^{ex}(t) = (Q_i^T(t) + Q_i(t))e \quad (6)$$

#### 5. 网络节点强度

网络的节点强度是网络中以某一节点为起点或终点的所有边的权值之和,反映了区域内各国的贸易体量和竞争实力。在有向加权的纺织品贸易网络中,一个国家的点强度包含了出强度和入强度两个方面,二者的计算公式如下:

$$g_i^{ex}(t) = \sum_{j \neq i} a_{ij} p_{ij} = (Q_i(t)P_i^T(t)) = P_i(t)e \quad (7)$$

$$g_i^{im}(t) = \sum_{j \neq i} a_{ji} p_{ji} = (Q_i^T(t)P_i(t)) = P_i^T(t)e \quad (8)$$

其中,*t*是年份, $a_{ij}$ 代表在第*t*年*i*国对*j*国纺织品出口关系, $a_{ji}$ 表示第*t*年*i*国对*j*国的纺织品进口关系。 $Q_i(t)$ 和 $Q_i^T(t)$ 分别表示第*t*年有向无权纺织品贸易网络第*i*行和第*i*列元素所组成的行向量,

$P_i(t)$ 和 $P_i^T(t)$ 分别表示第*t*年有向加权纺织品贸易网络第*i*行和第*i*列元素所组成的行向量, $e$ 是和贸易矩阵同列维度的*N*维单位列向量。一个国家的总出强度等于第*t*年国家*i*的点出度与点入度的相加,代表第*t*年国家*i*的所有贸易额,是一个国家*i*出强度和入强度的综合。计算公式下:

$$g_i^{tot}(t) = g_i^{ex} + g_i^{im} = \sum_{i \neq j} (a_{ij} p_{ij} + a_{ji} p_{ji}) = (Q_i(t)P_i^T(t)) + Q_i^T(t)P_i(t) = (P_i^T(t) + P_i(t))e \quad (9)$$

#### (二) 网络构建

考虑数据可获得性与沿线国家纺织产业的重要性,分析“一带一路”沿线 48 个国家<sup>①</sup>纺织品贸易网络。从复杂网络视角,以样本国家作为网络顶点,沿线国家间的纺织品贸易流量作为连通顶点的边线,构建 2006 年至 2018 年共 13 个年份的复杂网络系统并进行分析。整个网络系统包括有权贸易网络和无权贸易网络,记为: $G_t = (V_t, A_t)$ 。其中, $G_t$ 表示为第*t*年的纺织品贸易网络系统。矩阵 $V_t$ 表示第*t*年的有向加权纺织品贸易网络,其元素表示两国的进出口强度;矩阵 $A_t$ 表示第*t*年有向无权纺织品贸易网络,其元素表示两国之间是否存在贸易关系,存在贸易关系为 1,否则为 0。其中,纺织品进出口数据来源于联合国商品贸易数据库,纺织品覆盖代码为 50—63 章的纺织原料、半制成品和制成品,商品编码规则依照世界 HS 海关编码。

#### (三) 贸易网络结构演变情况

2005 年纺织品配额制度取消,包括中国在内的众多发展中国家出口纺织品不再受到配额制度限制,在此后十多年间,发展中国家纺织品贸易蓬勃增长。考虑到政策的滞后性及数据的可获得性,将 2006 年作为起始年,此后每隔 4 年选取一个时间节点进行网络图的观察,使用 Gephi 软件绘制了 2006 年、2010 年、2014 年和 2018 年“一带一路”沿线国家纺织品出口贸易的网络图,如图 1 所示。在各个网络中,节点代表纺织品出口国家,节点的大小反映了这个国家在区域内纺织品的总出口水平。节点越大,表示当年此国家在区域内的出

<sup>①</sup>48 个国家具体包括:阿尔巴尼亚、阿塞拜疆、巴林、孟加拉国、亚美尼亚、波斯尼亚、保加利亚、白俄罗斯、柬埔寨、斯里兰卡、中国、克罗地亚、捷克、爱沙尼亚、格鲁吉亚、匈牙利、印度尼西亚、以色列、哈萨克斯坦、约旦、科威特、吉尔吉斯斯坦、黎巴嫩、拉脱维亚、立陶宛、马来西亚、摩尔多瓦、黑山、阿曼、巴基斯坦、菲律宾、波兰、卡塔尔、罗马尼亚、俄罗斯、沙特阿拉伯、塞尔维亚、印度、新加坡、斯洛伐克、越南、斯洛文尼亚、泰国、阿联酋、土耳其、乌克兰、马其顿、埃及。

口越多,生产能力越强,市场影响力越大。连线表示国家间的实际纺织品产品出口关系,连线越粗表示贸易量越大,连线箭头表示出口方向。为了使网络图清晰呈现主要贸易关系,这里只显示了出口贸

易额大于 100 万美元的关系,覆盖的 2006 年—2017 年沿线纺织品贸易网络的连线数占原有实际网络连线数的平均比例超过 50% 以上。

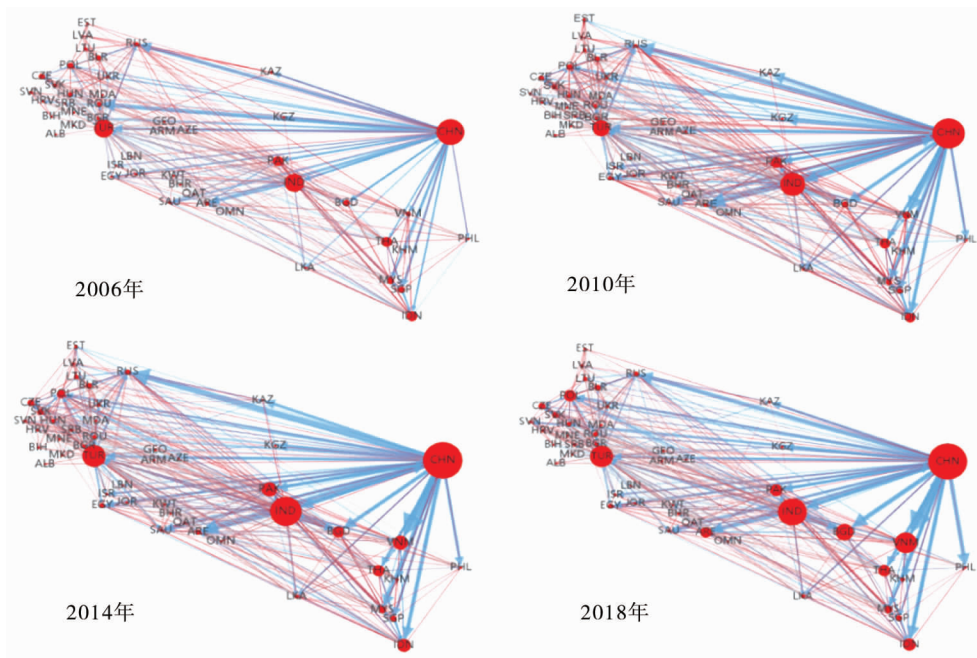


图1 “一带一路”纺织品贸易网络演化情况

通过可视化分析发现,2006 年—2018 年沿线国家纺织品贸易网络包含 48 个节点,沿线国家纺织品贸易网络不存在孤立点,各个国家之间均存在贸易关系。2006 年—2014 年,“一带一路”纺织品贸易网络中的连线数越来越密集,贸易量逐年扩大。受欧债危机和贸易保护主义等因素的影响,2014 年沿线国家出口贸易额出现下降情况,直到 2018 年,主要经济体的纺织品贸易额还未恢复到 2014 年水平。分区域来看,联系最为紧密的地区分别是欧洲、西亚和东南亚地区,这些地区国家众多,出口贸易往来频繁。其中,出口量最大的地区是东亚、南亚和东南亚地区,这些地区都是发展中国家,拥有大量的廉价劳动力,具备发展劳动密集型产业的比较优势。

从单个国家来看,出口影响力排在前三位的国家分别是中国、印度和土耳其。这三个国家在网络中的节点明显大于其他国家,纺织业生产规模巨大。其中,最大的节点是中国,其主要的出口对象是越南、俄罗斯、阿联酋和印度等国家。2006 年—2018 年,中国在网络中连接的出度从 46 个变到 47 个,出口额从 343.7 亿美元增长到 845.9

亿美元,年均增长 7.79%。节点的度数和点强度分别体现了该节点连接的广度和强度,这意味着观测区间内中国的纺织品出口范围和绝对数量都在扩大,是区域纺织品出口贸易的核心枢纽。第二大出口国印度的纺织品出口主要流向阿联酋、中国、孟加拉国、土耳其等国家。随着时间的推移,印度在网络中连接的出度由 40 个增长至 43 个,出口额从 45.7 亿美元增长至 127.9 亿美元,年均增长率为 8.96%。第三大出口国是土耳其,其纺织品主要流向俄罗斯、罗马尼亚、波兰、保加利亚、沙特等国家。土耳其在网络中连接的出度由 45 个增长至 46 个,出口额从 37.2 亿美元增长至 78 亿美元,年均增长率为 6.36%。

#### (四) 整体网的演化分析

##### 1. 贸易网络的结构演变

利用网络的连线数和密度来刻画“一带一路”纺织品贸易联系的紧密程度。计算结果显示,2006 年—2018 年的连线数和密度总体表现为上升趋势,连线数介于 758 和 946 之间,密度介于 0.336 和 0.419 之间,说明“一带一路”国家之间的纺织品贸易活动比较频繁。贸易网络密度先增长

后下降,从 2007 年的 0.351 增长到 2008 年的 0.355,2009 年下降至 0.341。可能的原因是 2007 年—2009 年发生的全球金融危机,导致全球贸易大幅衰退,纺织品贸易也随之快速跌落。从 2009 年开始,贸易网络密度一直处在波动上升的趋势。表明金融危机之后,纺织品贸易复苏,加上“一带一路”倡议的适时提出和推进,给沿线国家纺织品贸易增加了政策助力和合作渠道,贸易和投资便利程度大幅增加,贸易关系快速发展。

2006 年—2018 年“一带一路”纺织品贸易网络的平均聚集系数的变动范围在 0.649—0.669 之间,平均聚集系数均值为 0.659。样本区间内“一带一路”纺织品贸易网络的平均路径长度为 1.652,数值在 1.594 到 1.720 范围内变化,也就是说,沿线国家

一般可以通过 1—2 个国家与其他纺织品贸易对象进行对接,整体上具有较好的连通性。从总体来看,“一带一路”纺织品贸易网络平均路径短、聚集系数高,表现出复杂网络的“小世界”特征。

## 2. 贸易网络的层次性

为了揭示“一带一路”纺织品贸易网络结构的层次性,进一步分析网络中的节点聚集系数和节点度,图 2 展示了 2006 年、2010 年、2014 年和 2018 年网络中每个节点的度数—聚集系数的相关性。不难发现,样本区间内“一带一路”纺织品贸易网络节点的聚集系数与度数负相关,即一个国家的度数越大,其聚集系数越小;一个国家的度数越小,其聚集系数越大。

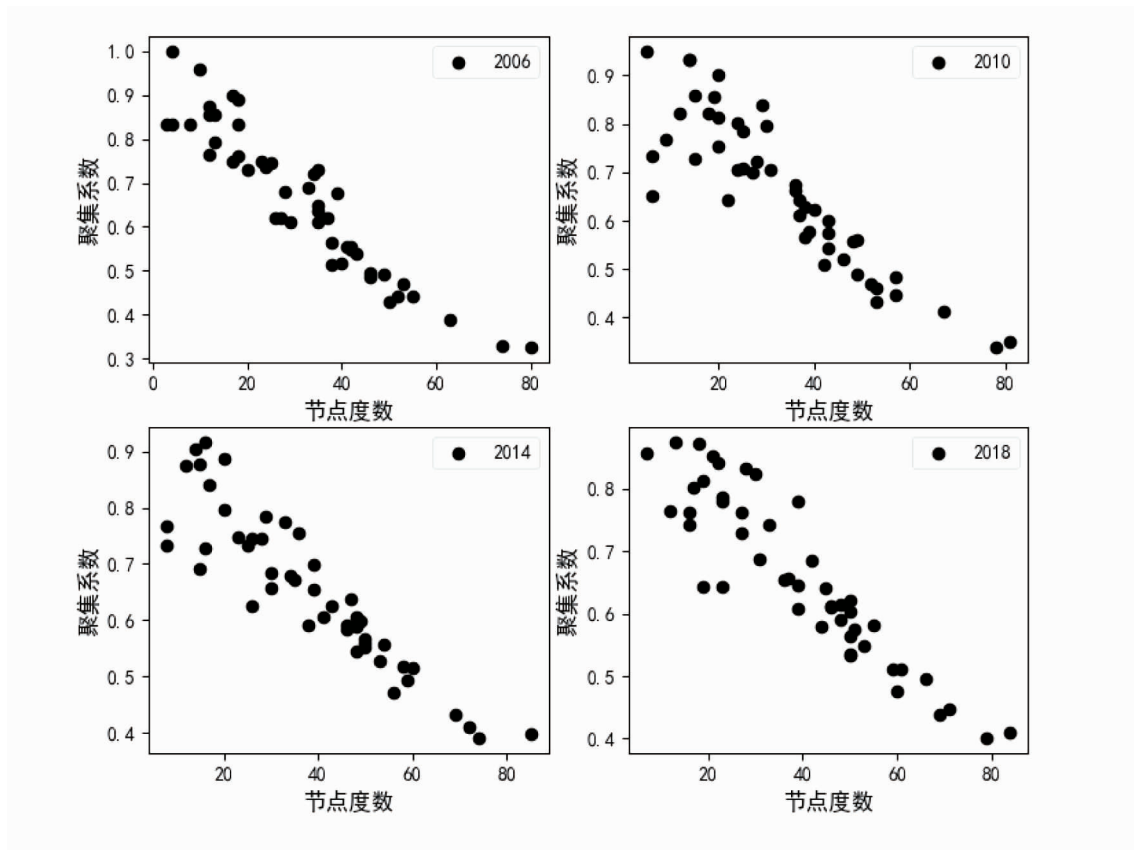


图 2 网络节点度数与聚集系数的散点图

具体来看,节点度数值反映出特定国家跟其他国家发生纺织品贸易关系的多样性程度,度数小的国家大部分是沿线区域中经济规模较小、市场容量较小的国家,比如黑山、亚美尼亚、阿尔巴尼亚等国家。这些国家因其本身经济规模、人口数量、地理位置的限制,更偏向于与其附近国家达成纺织品贸易,其贸易伙伴国在地理位置上比较

集中;而度数较大的国家主要是区域中的传统纺织品贸易强国,比如中国、土耳其、印度、捷克等,这些国家贸易伙伴多,出口辐射能力强,因此在贸易网络中的节点度数较大。

由此可见,“一带一路”沿线国家逐渐形成带有层次性的纺织品贸易网络。随着度数的增加,对应节点不仅聚类系数减少,而且每个节点的聚

集系数的差异性也在迅速下降。也就是说,具有相似或同等贸易对象数量的国家,其聚集系数朝着一个相对稳定的数值演进,显示“一带一路”纺织品贸易网络具有逐渐收敛的层级结构,呈现出“富国俱乐部”现象<sup>①</sup>。

### (五)个体网的演化分析

接下来计算有向无权网络和有向加权网络的点度数及点强度,对比分析“一带一路”纺织品贸易网络在贸易对象数量和贸易额的演化特征。

#### 1.网络点度数

点度数可分为点出度和点入度,前者刻画一个国家的出口实力,点出度越大,该国在网络中就掌握着越多的出口贸易伙伴和流量;后者刻画一个国家的进口实力,点入度越大,该国在网络中掌握着越多的进口贸易伙伴和流量。这里计算2006年—2018年“一带一路”沿线各国纺织品贸易网络的点出度和点入度,为了更清晰地展示区域贸易的主要特征,着重对比分析排名前10国家的演变情况,结果如表1所示。

表1 2006年—2018年“一带一路”纺织品贸易网络点出度和点入度前10名国家

点出度									
排名	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018
1	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国
2	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其
3	印度	印度	印度	印度	印度	印度	印度	印度	印度
4	巴基斯坦	印尼	巴基斯坦	巴基斯坦	波兰	波兰	波兰	波兰	波兰
5	印尼	巴基斯坦	泰国	泰国	巴基斯坦	孟加拉国	巴基斯坦	巴基斯坦	巴基斯坦
6	泰国	泰国	印尼	孟加拉国	孟加拉国	巴基斯坦	印尼	越南	印尼
7	越南	捷克	阿联酋	印尼	印尼	印尼	孟加拉国	印尼	捷克
8	捷克	越南	孟加拉国	捷克	越南	泰国	越南	孟加拉国	孟加拉国
9	阿联酋	阿联酋	匈牙利	阿联酋	泰国	越南	泰国	捷克	阿联酋
10	孟加拉国	孟加拉国	波兰	波兰	捷克	捷克	捷克	泰国	泰国
点入度									
排名	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018
1	土耳其	俄罗斯	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	俄罗斯	土耳其
2	俄罗斯	土耳其	俄罗斯	俄罗斯	俄罗斯	俄罗斯	俄罗斯	土耳其	俄罗斯
3	波兰	中国	中国	乌克兰	波兰	中国	中国	中国	波兰
4	中国	波兰	波兰	波兰	捷克	波兰	波兰	捷克	捷克
5	乌克兰	乌克兰	乌克兰	中国	阿联酋	阿联酋	捷克	波兰	中国
6	罗马尼亚	捷克	印度	罗马尼亚	乌克兰	罗马尼亚	阿联酋	阿联酋	乌克兰
7	印度	阿联酋	罗马尼亚	阿联酋	沙特阿拉伯	捷克	罗马尼亚	罗马尼亚	阿联酋
8	阿联酋	印度	阿联酋	捷克	中国	印度	乌克兰	乌克兰	罗马尼亚
9	捷克	罗马尼亚	匈牙利	沙特阿拉伯	印度	沙特阿拉伯	印度	沙特阿拉伯	立陶宛
10	匈牙利	斯洛伐克	捷克	印度	罗马尼亚	乌克兰	沙特阿拉伯	立陶宛	印度

在“一带一路”纺织品贸易网络中,样本区间内点出度排名前列的国家分别是中国、土耳其、印度、波兰、巴基斯坦、阿联酋、泰国、越南等,排名前十的国家基本稳定。从地理位置上看,这些国家主要集中在东亚、东南亚和南亚地区。其中,中国、土耳其、印度一直位居前三,贸易伙伴多且稳固,在区域纺织品出口贸易网络中处于核心地位。

这些国家都是传统的纺织品生产大国,劳动力资源丰富,具有劳动力成本优势,是“一带一路”沿线的主要纺织品出口国。近年来,一些东南亚、南亚国家如印尼、孟加拉国、泰国、越南凭借充沛而廉价的劳动力资源,积极承接从中国等地转移出去的纺织产业,纺织品生产能力和出口规模明显提升。

<sup>①</sup>陈银飞:《2000年—2009年世界贸易格局的社会网络分析》,《国际贸易问题》2011年第11期。

在 2006 年—2018 年间,土耳其、俄罗斯、中国、波兰、捷克、乌克兰、罗马尼亚、阿联酋等国家是区域纺织品贸易网络中点入度较大的国家,除中国外,这些国家主要集中在东欧、西亚等地区。其中,土耳其的点入度有 7 次排名第一,俄罗斯有 2 次排名第一,中国和波兰交替出现在第三的位置,说明土耳其、俄罗斯、中国和波兰在“一带一路”纺织品贸易网络中拥有最多的进口伙伴国。捷克、罗马尼亚、乌克兰等国家的纺织产业相对薄弱,国内需求量较大,同时因为地理条件优越,是沿线贸易的重要通道,转口贸易比较发达。在西亚地区,阿联酋一直是纺织品和服装区域贸易中

心,2016 年阿联酋的纺织原材料和成品市场总量达到 320 亿美元,其中 80 亿美元用于国内零售,其余部分再出口到其他国家<sup>①</sup>。因此,这些国家的点入度较高,在网络中拥有相对较高的纺织品进口贸易影响力。

## 2. 网络点强度

在有向加权的纺织品贸易网络中,每个节点的强度表示区域内各国的纺织品贸易总额,反映了区域内各国的贸易体量和竞争实力。根据公式(7)计算 2006 年—2018 年“一带一路”纺织品贸易网络节点的出强度和入强度,表 2 展示了排名前 10 的国家。

表 2 2006 年—2018 年“一带一路”纺织品贸易网络出强度和入强度前 10 名国家

出强度									
排名	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018
1	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国	中国
2	印度	印度	印度	印度	印度	印度	印度	印度	印度
3	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其	土耳其
4	印度尼西亚	巴基斯坦	巴基斯坦	巴基斯坦	巴基斯坦	越南	越南	越南	越南
5	巴基斯坦	印尼	泰国	印尼	越南	印尼	孟加拉国	孟加拉国	孟加拉国
6	泰国	泰国	印尼	泰国	印尼	巴基斯坦	印尼	印尼	印尼
7	孟加拉国	波兰	越南	越南	泰国	孟加拉国	巴基斯坦	巴基斯坦	巴基斯坦
8	新加坡	捷克	孟加拉国	孟加拉国	孟加拉国	泰国	泰国	泰国	泰国
9	马来西亚	新加坡	马来西亚	马来西亚	波兰	波兰	波兰	波兰	波兰
10	波兰	马来西亚	波兰	阿联酋	马来西亚	马来西亚	马来西亚	阿联酋	阿联酋
入强度									
排名	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018
1	俄罗斯	俄罗斯	俄罗斯	俄罗斯	越南	越南	越南	越南	越南
2	罗马尼亚	阿联酋	阿联酋	阿联酋	俄罗斯	阿联酋	阿联酋	阿联酋	孟加拉国
3	阿联酋	吉尔吉斯斯坦	越南	越南	阿联酋	俄罗斯	孟加拉国	孟加拉国	中国
4	土耳其	哈萨克斯坦	土耳其	中国	中国	孟加拉国	俄罗斯	俄罗斯	俄罗斯
5	中国	土耳其	中国	孟加拉国	孟加拉国	中国	中国	中国	阿联酋
6	新加坡	孟加拉国	孟加拉国	印尼	土耳其	马来西亚	沙特阿拉伯	菲律宾	印尼
7	孟加拉国	沙特阿拉伯	印度	土耳其	印尼	沙特阿拉伯	菲律宾	沙特阿拉伯	菲律宾
8	沙特阿拉伯	越南	沙特阿拉伯	马来西亚	马来西亚	土耳其	印尼	土耳其	印度
9	印度	印尼	印尼	沙特阿拉伯	印度	印尼	印度	印度	土耳其
10	印尼	马来西亚	马来西亚	印度	沙特阿拉伯	印度	土耳其	印尼	波兰

根据表 2 的计算结果,样本区间内中国、印度、土耳其、巴基斯坦、越南、印尼、孟加拉国、波兰等国的出强度排名前列,这些国家主要来自东亚、南亚和东南亚地区,排名前 10 的国家基本稳定。

中国、印度、土耳其都是世界纺织品生产大国,也是贸易伙伴数量较多的国家,是“一带一路”区域主要的纺织品出口国家,在世界纺织品出口贸易网络中地位突出。近年来印尼、孟加拉国、越南、

<sup>①</sup>《中国出口阿联酋的贸易情况》,深圳市标准技术研究院网站,2017 年 12 月 25 日, [https://tbt.sist.org.cn/ydy1\\_2420/xy/alq\\_2455/zgckalqdmqyk\\_2719/201712/t20171222\\_2060611.html](https://tbt.sist.org.cn/ydy1_2420/xy/alq_2455/zgckalqdmqyk_2719/201712/t20171222_2060611.html).



马来西亚等东南亚国家凭借其廉价劳动力优势,承接了来自中国等国家的纺织产业转移,纺织产业发展迅速。统计数据显示,2008年至2017年,中国和全球的纺织服装产品年复合增长率低于5%,同期越南的年复合增长率达到13.91%。截至2017年底,越南纺织服装出口额达291亿美元,占全球比例的4.64%,超过印度成为全球第二大纺织服装出口国<sup>①</sup>。波兰、捷克是中欧地区的工业强国,在大多数年份里出强度排名靠前,在区域纺织品贸易网络中也处于重要位置。

样本区间内贸易网络的节点入强度排名前列的国家包括俄罗斯、越南、阿联酋、孟加拉国、中国、土耳其、沙特阿拉伯、印尼等,从地理位置上看,主要位于东欧、东南亚和西亚地区。其中,越南、俄罗斯、阿联酋、孟加拉国和中国一直排在前5的位置,是“一带一路”沿线纺织品进口贸易的重要国家。作为我国纺织服装业“走出去”的重点地区之一,越南、孟加拉国、印尼等东南亚国家,较早承接了来自中国、韩国等纺织大国的产业转移,纺织业具备相当规模,每年需要进口大量的纺织生产原料或中间品进行加工,做出成衣后再向国际市场出售。2018年,中国对越南和孟加拉国纱线和面料出口分别猛增了19.3%和21.5%<sup>②</sup>。

上述网络统计指标主要采用描述性方法分析了“一带一路”纺织品贸易网络的特征。接下来,采用TERGM模型揭示贸易网络关系形成的内在机理。

## 四 网络结构演变的影响因素分析

### (一) 动态指数随机图模型

设一个具体的网络在 $t$ 时刻的网络格局为 $y^t$ 。根据离散时间马尔科夫链原理,定义 $k$ 阶马尔科夫相关的TERGM模型,即第 $t$ 期的网络格局只与第 $t$ 期前 $k$ 个周期的网络格局相关:

$$P(Y^t = y^t | Y^{t-k}, \dots, Y^{t-1}, \theta) = \frac{1}{Z(\theta, y^{t-k}, \dots, y^{t-1})} \exp\left(\sum_H \theta_H g(y^t, y^{t-1}, \dots, y^{t-k})\right)$$

①《产业观察:越南纺织服装业初探》,中国服装协会官方网站,2019年2月25日,http://www.cnga.org.cn/html/zx/hyxx/2019/0222/50503.html.

②《中国纺织服装业新趋势:向越南、孟加拉等国全球化配置资源》,澎湃新闻,2019年3月1日,https://www.thepaper.cn/newsDetail\_forward\_3058689.

③Pan Z. “Varieties of Intergovernmental Organization Memberships and Structural Effects in the World Trade Network”, *Advances in Complex Systems*, 2018, 21(2): 1-30.

④刘林青,陈紫若,田毕飞:《结构依赖如何影响贸易网络形成及演化:以“一带一路”为例》,《世界经济研究》2020年第6期。

其中, $P(\cdot)$ 是 $y$ 在可行集 $Y$ 中出现的概率, $z(\theta, y^{t-k}, \dots, y^{t-1})$ 是标准化常数, $H$ 是可能影响网络关系形成的因素,一般包括内生结构因素、行为者属性和其他相关网络影响因素。 $\theta_H$ 是观测网络影响因素的系数向量, $g(\cdot)$ 是对应于 $H$ 的网络统计量。TERGM的参数估计方法,主要有伪极大似然估计(MPLE)和马尔科夫链蒙特卡洛极大似然估计(MCMC MLE)两种方法。这里实证分析的样本为2006年—2018年48个沿线国家,在处理小型网络时,MCMC MLE方法对参数的估计相比MPLE更准确,因此使用MCMC MLE方法进行模型参数估计,采用MPLE方法对TERGM估计结果进行稳健性检验。

### (二) 变量与数据来源

#### 1. 被解释变量

选择有向无权纺织品贸易网络作为实证研究的被解释变量。但是TERGM回归分析对网络密度较为敏感,过大的网络密度可能造成模型无法收敛,导致估计结果不准确乃至错误,因此需要过滤掉网络中不重要的贸易关系。参考Pan<sup>③</sup>和刘林青等<sup>④</sup>的处理,选取各国在“一带一路”区域内纺织品出口总额的2%作为阈值,该阈值足以涵盖一个国家在国际上的前10位贸易对象。在有向加权网络的基础之上,先计算“一带一路”贸易网络中各成员国对沿线其他所有国家的出口贸易额,如果两国之间的贸易额超过各国总出口额的2%,则认为此两国存在贸易关系,并将贸易网络矩阵对应元素赋值为1,否则为0,得到有向无权的“一带一路”纺织品贸易核心网络。该网络中各国纺织品出口总额占到区域出口总额的85%以上,具有很强的代表性。



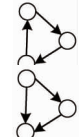




#### 2. 内生结构变量

在动态网络数据情形下,内生结构变量影响了网络结构的变化方向,系数表示在控制其他变量后,该结构在网络中出现的概率是否高于随机网络中的预期值。主要结构变量包括边(Edge)、

互惠性 (Mutual)、循环闭合性 (Cyclicality)、传递闭合性 (Transitivity) 和网络稳定性 (Stability)。其中,边系数与线性回归的截距项类似。互惠性描述了“一带一路”沿线国家中形成“互相来往”的贸易关系的倾向,j 国对 i 国形成出口关系,由于信息成本与交易成本等原因,相比其他国家,i 国更有可能出口 j 国,因此贸易关系之间可能是互惠往来的(即互惠效应)。由于不同国家之间存在比较优势的差异,价值链网络存在“低端锁定”,贸易网络中可能存在等级效应。为探讨网络之间的等级效应,引入循环闭合性和传递闭合性,循环闭合性和传递闭合性表现了贸易网络的各国形成“三角贸易”的倾向(三个国家间贸易流向的特征),其

中传递闭合性的负效应使网络中的传递闭合结构有减小的趋势,使网络中的传递结构不易形成或维持,而循环闭合性的正效应使得贸易网络中的循环结构有增多的趋势,使网络中的循环结构容易形成或维持。当贸易中存在等级效应时,贸易关系更有可能从高等级向低等级发出,抑制低等级向高等级发出,具体表现为循环闭合性系数显著为负和传递闭合性显著为正。稳定性表现了贸易网络的稳定度,t-1 期的网络结构的形成可能影响 t 期关系的建立,在此过程中贸易合作关系继续深化,关系之间的稳定性加强(即时间依赖效应),若符号为正,将使网络整体结构变得稳定,不会发生太大的变动。相关统计量如表 3 所示。

表 3 主要变量及含义

变量名称	描述	模体	表达式
边数 (Edges)	网络中边的数量,相当于常数项,一般不做解释。		$\sum_{i,j} y_{ij}^t$
互惠性 (Mutual)	一个二元组有双向联系		$\sum_{i,j} y_{ij}^t y_{ji}^t$
循环闭合性 (Cyclicality)	三个节点相连方式,点 i→j,点 j→k,点 k→i		$\sum_{i,j,k} y_{ij}^t y_{jk}^t y_{ki}^t$
传递闭合性 (Transitivity)	三个节点相连方式,点 i→j,点 j→k,点 i→k		$\sum_{i,j,k} y_{ij}^t y_{jk}^t y_{ik}^t$
同配性 (Homophily)	检验具有相同属性的国家是否更倾向于发生贸易?		$\sum_{i,j} y_{ij}^t   \delta_i^t - \delta_j^t  $
网络协变量 (NetCovariates)	检验国家之间存在特定关系是否更利于发生贸易?		$\sum_{i,j} y_{ij}^t x_{ij}^t$
稳定性 (Stability)	检验 t-1 期的网络结构是否影响 t 期的网络结构		$\sum_{i \neq j} y_{ij}^t y_{ij}^{t-1} + (1 - y_{ij}^t) (1 - y_{ij}^{t-1})$

### 3. 外生节点—关系变量

网络中节点的一些个体属性特征对网络关系的形成十分重要。纺织品作为劳动密集型产品和民生必需品,各国经济发展水平、创新水平和劳动力资源等因素可能对贸易关系的形成或维系造成影响。这里考察拥有同样属性的国家是否更容易形成贸易关系。具体而言,选择人均 GDP、技术创新水平和人口密度研究网络同配性,将沿线各国的人均 GDP 按照升序排列,取前 50% 为高人均 GDP 群体 (pgdp.high),后 50% 为低人均 gdp 群体 (pgdp.low)。同样地,对创新水平和人口密度也做了相似的处理,得到高技术创新群体 (inno.high) 和低技术创新群体 (inno.low),以及高人口密度群体 (pop.high) 和低人口密度群体 (pop.low)。各国人均 GDP 数据来自联合国统计数据

库,人口密度数据来源于世界银行统计数据库,全球创新指数来自世界知识产权组织。

### 4. 外生网络协变量

除了内生结构变量和外生节点—关系变量,国家间关系特征也可能会影响贸易行为。这里引入接壤网络、语言网络、宗教网络、文化距离网络和制度距离网络考察地理、文化、制度网络对区域纺织品贸易网络的影响:接壤网络衡量两国之间的地理邻近性,若两国地理接壤,则设为 1,否则为 0。文化因素选择语言网络、宗教网络和文化网络作为代理标量,其中,语言网络衡量两国之间的语言邻近性,若两国拥有共同的官方语言,则设为 1,否则为 0;宗教网络衡量两国之间的宗教文化邻近性,若两国人民信仰相同的宗教,则设为 1,否则为 0;文化距离网络衡量两国之间的文化

距离,网络中的元素越大则两国的文化差距越大,依据 Hofstede 的“文化五维论”,这里借鉴田晖和蒋辰春的分析方法<sup>①</sup>。制度距离网络衡量两国之间的制度距离,参考万伦来和高翔的计算方法<sup>②</sup>,选用世界银行“全球治理指标”体系的 6 个指标,具体包括政治稳定性、法律规制、监管质量、话语权与问责、政府效率、腐败控制,网络中的元素越大则两国的制度距离越大。语言网络、接壤网络、宗教网络数据来源于 CEPII 数据库。

### (三) 实证结果

基于 2006 年—2018 年的纺织品贸易网络数据,采用 TERGM 模型对“一带一路”纺织品贸易网络进行参数估计,结果如表 4 所示。模型依次引入三类变量对“一带一路”纺织品贸易网络做了考察,分别为内生结构变量、外生网络协变量、外生节点—关系变量。

内生结构变量方面,TERGM 中互惠性的系数在 1%的水平上显著为正,表明不同国家之间的互惠性促进了贸易网络的形成。循环闭合性系数在 1%的水平上显著为负,表明贸易网络中的循环结构数量呈减少趋势,网络中的循环结构不太容易形成和维持。传递闭合性系数显著为正,表明贸易网络中的传递闭合结构数量呈上涨趋势,进而网络中的传递结构容易形成和维持。循环闭合性系数显著为负,传递闭合性系数显著为正,表明纺织品贸易关系趋向于沿特定的流向运作,贸易网络存在一定的等级性。最后,稳定度系数在 1%的水平上显著为正,表明从 2006 年以来,虽然贸易网络持续演进,但是整体仍处于稳定状态。总的来看,纺织品贸易网络存在互惠效应、等级效应和时间依赖效应。

表 4 模型估计结果

网络统计量	模型 1	模型 2	模型 3
边数	-2.24(0.06)***	-2.41(0.09)***	-2.27(0.11)***
互惠性	1.10(0.10)***	0.60(0.12)***	0.60(0.11)***
传递闭合性	0.18(0.01)***	0.19(0.01)***	0.19(0.01)***
循环闭合性	-0.17(0.02)***	-0.13(0.02)***	-0.13(0.02)***
同配性(pgdp.low)			-0.46(0.10)***
同配性(pgdp.high)			-0.12(0.08)
同配性(inno.low)			0.02(0.16)
同配性(inno.high)			-0.02(0.15)
同配性(dens.low)			0.12(0.09)
同配性(dens.high)			0.16(0.09)*
接壤网络		1.14(0.12)***	1.19(0.12)***
语言网络		0.53(0.12)***	0.49(0.12)***
宗教网络		0.31(0.07)***	0.28(0.07)***
文化距离网络		-4.65(1.15)***	-4.35(1.78)***
制度距离网络		-0.78(0.23)***	-1.19(0.25)***
稳定性	2.62(0.03)***	2.47(0.04)***	2.46(0.04)***
N	27072	27072	27072

注:括号内为标准误。\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5%、10%的水平下显著。

从外生—节点关系变量的回归结果可以看出,较低的人均收入水平的同配性系数在 1%的

水平上显著为负,表示人均收入水平较低的国家之间,更不容易形成贸易关系。劳动人口密度高

<sup>①</sup>田晖,蒋辰春:《国家文化距离对中国对外贸易的影响——基于 31 个国家和地区贸易数据的引力模型分析》,《国际贸易问题》2012 年第 3 期。

<sup>②</sup>万伦来,高翔:《文化、地理与制度三重距离对中国进出口贸易的影响——来自 32 个国家和地区进出口贸易的经验数据》,《国际经贸探索》2014 年第 5 期。

的同配性系数在 10% 的水平上显著为正,表示人口密度大的国家之间,更容易形成贸易关系。创新水平的同配性指标不具有统计显著性。

在外生网络协变量方面,接壤网络的系数在 1% 的水平上显著为正,这表明如果贸易网络中的国家之间存在共同边界,就更容易产生贸易关系。同时,与其他因素相比,该变量的系数较大,表明存在共同边界与否对贸易网络的影响较为突出。可能的解释是“一带一路”沿线地域分布较为分散,沿线大多数国家相互间的距离都较远,但如果两个国家接壤,则距离较近,那么开展贸易运输距离也更近,贸易条件更便捷,能够促进更多贸易关系。语言网络和宗教网络的系数在 1% 的水平上显著为正;文化距离网络的回归系数显著为负,显示出文化差异越大,贸易关系建立的可能性越小。各国语言、宗教和价值观念的不同,会增加国际贸易的沟通成本、搜索成本以及诚信风险,使各国开展对外贸易变得更为复杂和困难。相反,相同的语言有利于提高国际经贸交流的效率,相似的宗教能规避信仰上的禁忌,减少不必要的文化风险,各国之间达成贸易合作的可能性也更大。值得注意的是,文化距离网络系数的绝对值在所有参数估计值中最大,这更说明了文化隔阂会严重影响贸易往来。制度距离网络的回归系数为负,反映出制度距离越大,贸易关系越不容易形成。究其原因,可能是国际多边贸易中的制度差异使得交易机制更难以得到保障,企业信息搜寻成本增大,交易成本增加,加大了跨国贸易的难度。

#### (四) 拟合优度检验

模拟多个仿真网络,通过比较模拟网络与实际观测网络的结构特征指标值,可以观察模型的拟合效果。依据仿真网络特征估计值绘制出箱式图,中点越靠近实际观测网络的特征指标值,模型拟合效果越好<sup>①</sup>。这里使用 GOF 方法对估计结果进行拟合优度检验,选取了共享边伙伴数、二元共享边伙伴数、最短路径距离、入度数、有向三元组、FRP/TPR 共 6 个统计量来比较真实网络与仿真网络之间的差异。在每一个观察期内,根据真实网络的结构每年仿真出 100 个随机网络,一共构

建了 1 200 个随机仿真网络。通过把两种网络压缩为单个值或者一系列值来进行比较,从而得出拟合效果,结果如图 3 所示。从图中可以看出,黑色实线代表真实网络的特征指标值,箱式图根据随机网络计算得到。最后一个子图是关于接受者操作特征曲线(ROC)和准确率—召回率曲线(PR)的统计结果,PR1 和 ROC1 越靠近上方表示模型拟合的越好。综合来看,TERGM 模型的拟合效果很好。

#### (五) 稳健性检验

在保持相对重要性不变的基础上,通过调整纺织品贸易额的阈值和采用 MPLE 估计方法考察分析结果的稳健性<sup>②</sup>。虽然大于阈值的贸易伙伴对出口国来说都是重要的贸易对象,但是其重要程度不同。参考 Kali 和 Reyes 的研究<sup>③</sup>,选择 3% 作为新的阈值对加权网络进行筛选,得到 3% 阈值的无权网络,探究更高层次的纺织品贸易关系的驱动机制。具体来看,互惠性的参数估计由 0.60 上升至 0.63,这说明在更高层次的贸易网络,“一带一路”沿线国家贸易网络中的关键贸易关系体现出更强的互惠性特征。传递闭合性的系数为 0.22,循环闭合性的系数为 -0.17,系数绝对值较之前结果增大,说明随着贸易额较小的边缘贸易关系被剔除,“一带一路”沿线国家纺织品贸易网络中存在的等级效应更加明显,贸易关系倾向于朝着某个固定的流向传递。同配性方面,低 gdp 国家的同配性系数依然为负。网络变量方面,接壤网络、制度距离网络、文化距离网络的系数均减弱,这说明在更高层次的贸易网络,地理邻近的促进作用、制度距离与文化距离的负面影响减小。贸易规模增大之后,单位商品的运输成本降低,使得国家间地理邻近程度的重要性降低。同时,由于贸易额的扩大,双方通过频繁的经贸合作逐渐提高了互信水平,降低了交易成本,制度距离与文化距离的作用减弱。稳定性系数增大,表明在更高层次的贸易网络中两国之间的贸易关系更加稳固。在其他变量方面,系数的符号没有发生改变,表明 TERGM 模型的回归结果是稳健的。

<sup>①</sup>Leifeld P, Cranmer S J, Desmarais B A. “Temporal Exponential Random Graph Models with Btergm: Estimation and Bootstrap Confidence Intervals”, *Journal of Statistical Software*, 2018, 83(6): 1-36.

<sup>②</sup>由于篇幅限制,此处没有报告详细回归结果。如有需要,可向作者索取, heshengbing@163.com。

<sup>③</sup>Kali R, Reyes J. “Financial Contagion on the International Trade Network”, *Economic Inquiry*, 2010, 48(4): 1072-1101.

使用 MPLE 方法的回归结果稳健性检验表明,除低人口密度的国家同配性系数由不显著变为显著为正之外,各个变量的估计结果与 2%

阈值贸易网络的 MCMC MLE 估计结果基本保持一致,再次表明实证分析模型具有较好的稳健性。

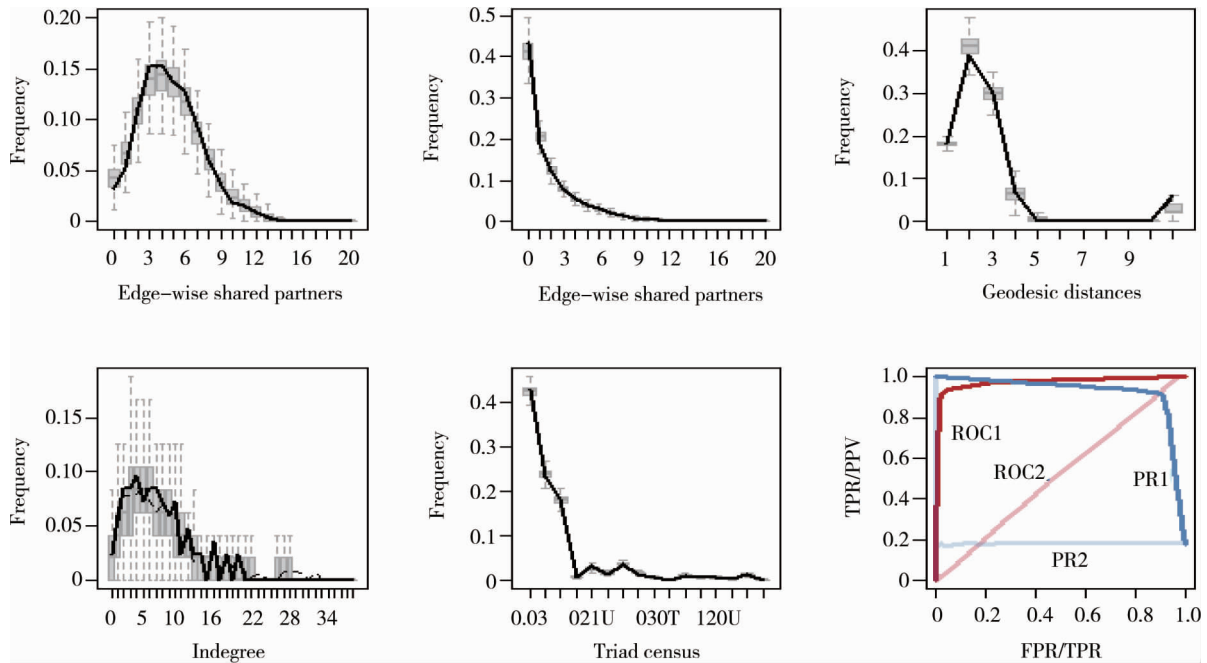


图3 拟合优度检验

## 五 结论和启示

“一带一路”将成为世界新的贸易轴心和产业协作、共同发展国际大平台,成为推进国际大循环的最重要战略平台<sup>①</sup>。在当前疫情防控和大国竞争加剧背景下,中国纺织服装企业开展跨国投资和贸易合作,布局国内国际两个生产、两个市场,有利于形成更均衡、更多面向发展中国家的全球化模式,也有利于带动国内纺织行业新材料、新装备等技术进步和应用创新,加快产业转型升级。本文采用社会网络分析方法,考察“一带一路”纺织品贸易在 2006 年—2018 年的增长趋势,从整体网和个体网的维度分析了沿线纺织品贸易网络的演进特征,运用 TERGM 模型探讨了样本区间内经济、人口、地理、语言、宗教、文化、制度和技术创新等因素对“一带一路”纺织品贸易关系的影响,主要得出以下结论:

(1)“一带一路”沿线国家的纺织品出口额和进口额呈上升趋势。整体网络结构方面,纺织品贸易网络整体密度偏低,网络平均路径较短,聚集

系数较高,展现出复杂网络通常具有的“小世界”特征。贸易网络具有逐渐收敛的层级结构,存在“富国俱乐部”现象。

(2)中国是“一带一路”区域纺织品贸易网络的核心枢纽,东南亚和南亚部分国家的纺织产业通过承接产业转移实现了快速发展。除中国之外,点出度和出强度排名前列的国家主要来自东南亚和南亚地区,点入度排名前列的国家主要来自东欧和西亚地区,入强度排名前列的国家主要来自东欧、东南亚和西亚地区。

(3)TERGM 模型估计结果显示,纺织品贸易网络存在互惠效应、等级效应和时间依赖效应,较低人均收入水平国家的同配性系数为负,即人均收入水平同为较低的国家之间,贸易关系不容易形成。人口密度高的同配性系数为正,即人口密度大的国家之间倾向于形成贸易关系。创新指数的系数不显著。地理接壤网络、语言网络、宗教网络对沿线国家间纺织品贸易流的产生具有正向促进作用,即沿线国家存在共同的边界,更容易产生

<sup>①</sup>《前沿访谈:畅通双循环 开创新格局》,《中国纪检监察报》2020年8月20日

贸易关系,相似的语言和宗教特征有利于促进贸易关系的形成。文化距离网络和制度距离网络对沿线国家间纺织品贸易流的产生具有负向抑制作用,沿线国家间文化距离越大,制度差异程度越高,越不利于形成贸易关系。

为应对复杂的外部环境,畅通国际大循环和实现开放经济的高质量发展,需要进一步加强“一带一路”纺织品贸易合作。一是继续推动国内纺织行业转型升级,充分发挥我国在“一带一路”沿线的贸易核心枢纽作用,推动国内产业持续向价值链高附加值领域渗透和突破,鼓励更多国内企业成长为供应链的纽带和价值链的枢纽。

二是持续推进中国与沿线国家的“五通”建设,减轻与其他国家因制度、宗教、文化等差异带来的不利影响,拓展中欧、中亚班列路线,减轻地理区位因素对于各国贸易往来的制约。三是加大与沿线国家的交流与合作,发挥各地行业协会、华商协会、国际展会的桥梁作用,增进国内纺织企业与国际同行的交流合作。对于“富国俱乐部”成员,应进一步加大与其贸易合作;对于边缘国家,可以适度开展产能合作,挖掘市场潜力,形成中国“总部+创新+制造”与沿线国家“资源+市场+制造”的优势互补合作格局。

## On Evolution Characteristics and Driving Mechanisms of “Belt and Road” Regional Textile Trade Network: An Analysis Based on TERGM

HE Sheng-bing<sup>1,2</sup>, ZHAO Dong-sheng<sup>1</sup> & CHEN Guang-da<sup>1</sup>

(1. School of Business, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Hunan Provincial Strategic and New Industry Research Base, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

**Abstract:** The adjustment of international division of labor has caused the profound changes of textile trade structure in “Belt and Road” regions. This paper uses social network analysis methods, such as Temporal Exponential Random Graph Model (TERGM) to explore the evolution characteristics of this regional textile trade network and its driving mechanisms. Results show that in the sample interval, the textile export of “Belt and Road” regions shows an overall rising trend, the average path length of trade network is short, the average clustering coefficient is high, and there exists a phenomenon of “rich club”. China is the core hub of the “Belt and Road” regional textile trade network. In addition to China, countries in the top ranking of out-degree and out-strength are mainly from Southeast Asia and South Asia. Countries in the top ranking of in-degree are mainly from Eastern Europe and West Asia, and countries in the top ranking of in-strength are mainly from Eastern Europe, Southeast Asia and West Asia. Estimation results of TERGM show that there exist reciprocity effect, rank effect and time dependence effect in textile trade network. The lower per capita income level inhibits the regional textile trade relations, and the higher population density promotes regional textile trade relations. The border network, language network and religious network have positive promoting effects on regional textile trade flows, while the cultural distance and institutional distance network have negative inhibiting effects.

**Key words:** Belt and Road Initiative; textile trade network; TERGM

(责任校对 朱正余)