

世界服务贸易网络分析

——基于二元/加权视角和 QAP 方法

周文韬 杨汝岱 侯新烁

摘要：随着国际服务贸易的迅猛发展，其结构呈现出向复杂化、立体化与网络化发展的趋势，传统单边或双边视角下的因果分析已经不能解释现阶段国际服务贸易格局变化。本文分别在二元和加权视角下构建 2005—2016 年世界服务贸易网络，对网络的结构特征进行分析，并采用二次指派程序法对世界服务贸易网络进行解构和结构演化解释。结果表明：世界服务贸易网络整体密度不高，但日趋紧密，且高度对称；网络中正/负度同配性同时存在，随着时间推移网络结构由“核心-边缘”形态变为“核心-中间-边缘”形态。给出各国的随机游走中介中心性排名，二次指派程序法分析表明世界服务贸易网络随时间的演进是一个自稳定渐进过程，各国间的多维距离变量可以解释世界服务贸易网络结构演变的 3.1%。

关键词：世界服务贸易网络；二次指派程序法；“核心—边缘”；同配性；随机游走中介中心性

[中图分类号] F74 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2020) 11-0125-18

引言

服务贸易的发展状况日益成为推动一国经济增长和衡量国际竞争力的重要指标。发达国家仍处于世界服务贸易主导地位，发展中经济体服务贸易规模增长迅速，最不发达国家在全球服务贸易中所占份额仅为 0.6%。世界服务贸易发展严重失衡，其结构呈现出复杂化、立体化与网络化趋向。各国经济增长、技术进步、制度变迁等各种因素使得世界服务贸易网络结构发生巨大改变，传统以单边或双边视角的因果分析已不能解释现阶段国际服务贸易格局变化。因此，有必要以网络化的视角描述和分析国际服务贸易的全局结构，以揭示其网络格局演化规律。

[收稿日期] 2019-09-02

[基金项目] 国家自然科学基金重点项目“全球—地方互动与中国区域产业重构”(41731278)，国家自然科学基金青年项目“以路网建设促成区域协调发展的空间机制和路径研究”(17CJL019)，湖南省社会科学基金“高铁联网的城市联动与收入差距缩减效应研究”(18YBA393)，湖南省社会科学评审委项目“以路网建设布局人口聚散的机制和路径研究”(XSP17YBZZ107)

[作者信息] 周文韬：湘潭大学商学院博士研究生，电子信箱 zwtjoeknight0402@163.com；杨汝岱：北京大学经济学院教授，博士生导师；侯新烁：湘潭大学商学院副教授，博士生导师

一、文献综述

本文主要研究框架基于网络分析方法展开。Wasserman 和 Faust (1995)^[1]最早提出了现实世界中的社会和经济系统可以被描述为网络的观点。此后, Freeman (1996)^[2]和 Scott (2000)^[3]通过社会网络分析方法来探索人们或群体之间建立的互动模式。21 世纪初期学者广泛运用网络分析法探索信息、技术、生物网络的统计特性 (Albert and Barabasi, 2002^[4]; Newman, 2003^[5])。最近十年经济学者开始在研究中将市场、行业或世界经济等系统视为网络结构, 基于网络的分析方法也逐渐被引入到国际贸易经验分析中来 (Serrano and Boguñá, 2003^[6]; Bhattacharya et al, 2007^[7])。本文将世界贸易联系描述为一个以国家为节点的网络, 任意两个国家之间存在的进出口联系 (以及联系的强度) 为节点间的链接, 这个网络被称作世界贸易网络 (world trade web, WTW)。本文基于此网络设定方式展开世界服务贸易网络 (world service trade web, WSTW) 的构建和分析。

以网络分析方法研究国际贸易网络的研究众多, 但是鲜有关于服务贸易网络分析的文献。这是因为服务贸易这一概念的定义直到 20 世纪 80 年代中后期才有确切的解释。对于研究数据获取来说, 最早的有记载的单边贸易额数据起始于 1980 年, 而且由于当时世界服务贸易发展并不完善, 所以仅有少数发达和发展中国家有数据记录; 而最早具有完整记录的世界双边服务贸易流量数据开始于 1995 年之后。因此在世界服务贸易网络分析视角下研究服务贸易的文献直到最近几年才渐渐出现 (Xu and Long, 2016^[8]; 姚星, 2019^[9])。有别于以传统计量方法研究贸易问题, 网络分析方法更倾向于对网络中互动节点间关系的改变展开研究, 而不是对节点本身的研究。传统计量经济学重在识别因果关系, 传统的国际贸易理论中的引力模型把国家之间的贸易关系看作因变量进行直接回归 (Melitz, 2003^[10]; Chaney, 2014^[11])。网络分析方法把贸易看作关系型数据, 抽象成网络进行分析。国家之间的贸易额是一个二元/加权数据, 与贸易双方都有关系, 并且会受到贸易主体与其他国家之间贸易的影响。网络分析方法相较于传统计量方法的优势在于: 一方面, 网络分析方法更关注网络中节点间的联系, 能更深入地分析贸易网络的结构特征; 另一方面, 网络分析方法具备全局性, 能够反映贸易网络中各个国家对于贸易网络的影响, 同时也为解构贸易网络的影响因素提供了方法。本文希望通过网络分析法来解构并解释世界服务网络的形成和演变。

在网络设定细节上, 本文在二元/加权视角下构建世界服务贸易网络。大多数对于贸易网络的研究都是使用二元无向网络进行分析的 (Fagiolo et al, 2007^[12]; Bhattacharya et al, 2008^[13]), 即链接的存在与否取决于它所承载的贸易流是否大于给定阈值。然而二元方法不能充分提取关于每条链接所承载的贸易关系及强度的资料, 因此可能大大低估了贸易联系中的异质性的作用, 因此二元与加权相结合的方法更能全面反映网络的结构和节点特征 (陈银飞, 2011^[14]; 马远等, 2016^[15])。在具体考察方案上, 本文系统识别网络的整体结构、节点特征、网络聚类性和中心

性 (Barigozzi et al., 2010^[16]; 袁红林等, 2019^[17])。此外本文还运用二次指派程序 (Quadratic Assignment Procedure, QAP) 对世界服务贸易网络的结构演变影响因素展开分析。QAP 是对两个或多个方阵中对应的各个元素值进行比较的方法, 通过比较各个方阵对应的格值, 给出两个矩阵之间的相关系数, 同时对系数进行非参数检验, 它以对矩阵数据的置换为基础 (刘军, 2009)^[18]。QAP 方法不仅能直观地看出网络结构的演变, 也能对网络结构的影响因素进行分析, 在对矩阵类型数据的处理上有广泛应用 (赵国钦和万方, 2016^[19]; 马述忠等, 2016^[20])。

在已有研究的基础上, 本文尝试通过无权网络和加权网络相结合的方法, 考察世界服务贸易网络的演化, 并使用 QAP 方法实证检验决定服务贸易网络结构的多维距离因素。本文创新之处主要体现在两方面: 其一, 运用网络分析方法在不同加权方案下建立了世界服务贸易网络并检验了加权方案的稳健性, 这对于运用网络分析研究贸易格局提供了理论支撑; 其二, 本文构建了包含世界所有经济体的服务贸易网络, 既有文献大多仅基于某种行业或产品网络, 或者某个地理区域或经济共同体网络展开分析。本文建立成体系的世界服务贸易网络对于深入研究世界服务贸易有着重要作用。

二、数据、网络指标与演变模型

(一) 数据说明

本文数据主要来源于联合国贸易和发展会议数据库 (UNCTADSTA), 该数据报告了 2005 年至 2017 年期间世界范围内国家服务贸易进出口额度情况; 后文展开 QAP 回归分析的国别多维距离数据分别来自 CEPII 数据库、WGI 数据库和 WDI 数据库。

本文基于如下几个方面原因对原始数据进行了整理和选择: 首先, 小国数据存在许多缺失值, 包括服务贸易额进出口流量与国内服务额 (service)。其次, 样本量尽可能大才有助于分析结果的普遍性和可信性。因此, 经对缺失严重的样本进行剔除, 以及考虑数据可得性, 最终构建了 2005—2016 年共计 191 个国家和地区服务贸易往来数据的平衡面板^①。最后, QAP 回归分析要求属性矩阵与关系矩阵规模一致, 本文对 UNCTADSTA、WGI、WDI 这三个数据库中的国家和地区进行了匹配, 包含的国家和地区样本由 191 个缩减为 180 个, 经检验匹配后的数据并没有改变初始 WSTW 的网络结构, 所删除的国家和地区均为网络中的边缘国家和地区。

服务贸易进出口流量以及国内服务总额均以当期美元价格作为单位, 以便进行有意义的全年比较。当从 i 国到 j 国的出口与从 i 国到 j 国^②的进口不匹配时, 取这两个数字的平均值作为贸易关联的度量。二元网络视角下, 定义世界服务贸易邻接矩阵 \tilde{A}^t , 其中, 当且仅当在 t 年时 i 国到 j 国 t 的服务贸易出口 (定义为 e_{ij}^t) 严格为正时矩阵中的元素 $\tilde{a}_{ij}^t = 1$ 。在加权网络视角下, 定义基线加权矩阵 \tilde{W}^t , 矩阵中

^①限于篇幅, 样本处理方法、具体国家和地区代码备案。凡本文备索资料均可登录对外经济贸易大学学术刊物网站“刊文补充数据查阅”栏目查阅、下载。

^②为论述方便, 本文提到的“国家”或“国”均包含“地区”之义。

元素 $\tilde{w}_{ij}^t = e_{ij}^t / Service_i^t$, e_{ij}^t 是 t 年时 i 国到 j 国的服务贸易出口, $Service_i^t$ 是 t 年的 i 国内服务总额。这个加权方案控制了出口国的服务规模效应。此外, 本文使用不同的加权方案以验证结论的稳健性, 加权方案一: 用 e_{ij}^t 除以进口国的 $Service_i^t$, 这控制了进口国的服务规模效应; 加权方案二: 不控制规模效应, 只用出口额来衡量链接权重。二元无向网络和加权无向网络方法的无向性都要求矩阵 A 和 W 是对称的。世界服务贸易网络中的对称对指的是任意两个国家存在双边贸易, 互惠对指的是任意两个国家的双边贸易流是等强度的。研究发现, 世界服务贸易二元和加权网络中大多数联系是对称的和互惠的, 这证明了采用无向网络方法衡量世界服务贸易格局是适用的。世界服务贸易二元和加权网络中, 对称对和互惠对所占比例各年均值分别近似于 95% 和 85%^①。因此, 在接下来的工作中, 本文将探讨 WSTW 对称版本的拓扑属性。其中, 二元情况下, 当且仅当 $\tilde{a}_{ij}^t = 1$ 或 $\tilde{a}_{ji}^t = 1$ 时, 新邻接矩阵 A' 的任何项 a_{ij}^t 取值为“1”, 否则为“0”。加权情况下权重矩阵 W' 中的元素 w_{ij}^t 的计算方式为:

$$w_{ij}^t = \frac{1}{2}(\tilde{w}_{ij}^t + \tilde{w}_{ji}^t) = \frac{1}{2}(e_{ij}^t / Service_i^t + e_{ji}^t / Service_j^t) \quad (1)$$

此外, 为了确保对于所有 i, j 和 t 有 $w_{ij}^t \in [0, 1]$, 对权重矩阵 W' 做最大值正则化, 可以避免偏差引入。最终得到 $N \times N$ 阶邻接和加权矩阵 $\{A', W'\}$ 序列, $t = 2005, \dots, 2016$ 。

(二) 网络特征度量指标

本文将从整体结构、节点特征、网络聚类性和中心性三个方面度量世界贸易的网络特征。其中, 网络的整体结构可以用密度 (density) 来衡量, 用以测量社会网络中各个节点之间联络的紧密程度, 反映服务贸易联系数量的紧密程度。测度方法是考察网络中实际存在关系数目和可能存在的最大关系数目之比, 网络的密度大小与其加权方案无关。如果网络中实际关系数目为 k , 网络中节点个数为 n , 则网络密度为 $2k/n(n-1)$ 。

节点特征可以分为连通性和同配性。连通性 (connectivity) 用以测量网络中节点的互联互通程度。二元/加权版本的世界服务贸易网络中各国相互联系的程度可以通过节点度 (ND) 和节点强度 (NS) 来衡量。世界服务贸易网络的连通性可以反映国家发展服务贸易过程中选择扩大其贸易进出口额或与新的国家建立贸易伙伴关系。节点度和节点强度只考虑了与目标节点一步距离的联系, 属于一阶指标。指标具体介绍如下:

节点度 (node degree, ND) 定义为给定节点已经建立的链接的数量。世界服务贸易网络中各个国家的节点度反映该国的服务贸易关系数量。节点度的计算方式为:

$$d_i = \sum_j a_{ij} \quad (2)$$

节点强度 (node strength, NS) 定义为给定节点所有链接权重之和。世界服务贸易网络中各个国家的节点强度反映该国的服务贸易关系强度。节点强度的计算方式为:

^①世界服务贸易二元和加权网络中对称对和互惠对所占比例见备案资料。

$$s_i = \sum_j w_{ij} \quad (3)$$

同配性 (assortativity) 指的是网络中的分类现象。简单来说,网络中的同配性可以划分为正度同配性 (positive degree assortativity) 和负度同配性 (negative degree assortativity)。正度同配性普遍存在于个人社会网络当中,例如社交网络。如果某人在社交网络上很受欢迎,那么平均而言其朋友也很受欢迎;反之,如果某人社交网络上几乎没有朋友,那么他的朋友通常也不受欢迎。负度同配性通常出现于技术网络当中 (Jackson and Rogers, 2007)^[21],指的是网络中节点度/节点强度低的节点更倾向于与节点度/节点强度高的节点建立连接。在贸易网络中同样发现了负同配性的证据 (Serrano and Boguna, 2003)。世界服务贸易网络中,正/负度同配性同时存在^①。本文使用节点近邻平均度、节点近邻平均强度和节点加权近邻平均度这三个指标来分析二元与加权视角下网络中的同配性。由于它们考虑到与目标节点二步距离的联系,因此上述三个指标都属于二阶指标。指标具体介绍如下:

节点近邻平均度 (average nearest-neighbor degree, ANND) 定义为给定节点的所有相邻节点的度数均值。在世界服务贸易网络当中一国的近邻平均度对应的是与该国有贸易关系的所有国家的贸易关系数量均值。节点近邻平均度的计算方式为:

$$ANND_i = \frac{1}{d_i} \sum_j a_{ij} d_j \quad (4)$$

节点近邻平均强度 (average of nearest-neighbor strengths, ANNS) 定义为给定节点的所有相邻节点的强度均值。世界服务贸易网络当中一国的近邻平均度对应的是与该国有贸易关系的所有国家的贸易关系强度均值。节点近邻平均强度的计算方式为:

$$ANNS_i = \frac{1}{d_i} \sum_j a_{ij} s_j \quad (5)$$

节点加权近邻平均度 (average of nearest-neighbor node degrees, WANND) 是在近邻平均度的基础上用 w_{ij}/s_i 权重计算局部加权近邻平均度。加权近邻平均度对应的是一个国家所有服务贸易伙伴节点度的加权平均值。节点加权近邻平均度的计算方式为:

$$WANND_i = \frac{1}{s_i} \sum_j w_{ij} d_j \quad (6)$$

网络聚类性和中心性顾名思义指的是网络中节点的集群程度以及节点是否处于网络中心位置。聚类 (clustering) 指的是网络中节点的聚集。可以通过聚类系数 (clustering coefficient, CC) 来衡量节点的集群程度,即节点的伙伴本身就是合作伙伴的程度 (Watts and Strogatz, 1998)^[22],反映的是节点 i 的邻接节点对互为伙伴的百分比。在世界服务贸易网络中,一国的贸易伙伴之间很可能也存在贸易关系,聚集系数就是用来度量网络的这种性质。二元/加权视角下分别使用聚类系数

①限于篇幅,正负度同配性在服务贸易网络中的具体解释见备索资料。

(CC) 和加权聚类系数 (WCC) 作为度量指标, 这里主要介绍加权视角下所使用的加权聚类系数计算方法, 加权聚类系数 (weighted clustering coefficient, WCC) 是在无权网络聚类系数的基础上发展而来 (Onnela et al, 2005)^[23], 通过对网络中每个三角形的边进行适当的加权, 其计算方式为:

$$WCC_i = \frac{\sum_{j \neq i} \sum_{h \neq (i, j)} w_{ij}^{\frac{1}{3}} w_{ih}^{\frac{1}{3}} w_{jh}^{\frac{1}{3}}}{d_i(d_i - 1)} \quad (7)$$

中心性 (centrality) 用以测量节点在网络中的地位。在二元视角下分析网络中节点的中心性^①, 其中最常用的指标是中介中心性 (between centrality, BC), 定义为任意两个节点之间通过给定节点的所有最短路径的比例。世界服务贸易网络中国家中心性衡量的是国家在世界服务贸易网络中所扮演角色的重要性。通过对中心性的研究可以明确地描述网络的核心和外围结构并对各国进行排名。在世界服务贸易网络中, 选取中介中心性作为中心性衡量指标能够找出那些节点度不高但是扮演了贸易“桥梁”角色的国家, 所以本文选择使用中介中心性作为衡量网络中国家地位高低的衡量指标。加权视角下节点中介中心性并不适用, 本文借鉴 Newman (2005) 与 (Fisher and Vega-Redondo, 2006)^[24] 提出的随机游走中介中心性^② (random walk betweenness centrality, RWBC) 来衡量国家的网络地位, 并利用结果将国家划分为核心和边缘。RWBC 是本研究中的最高阶度量指标, 因为它包含了关于任意长度的跨节点路径的信息, 世界服务贸易网络 RWBC 衡量的是一个国家出现在网络中随机选择的服务贸易链上的可能性, 这种可能性取决于服务贸易联系的数量和强度。因此, RWBC 更高的国家更有网络影响力。

(三) 网络结构演变模型

本文使用 QAP 方法对世界服务贸易网络结构演变建模并加以分析, 以探究 WSTW 的动态演变模式, 并使用多维距离变量对网络结构变化做出解释。

QAP 是网络分析中对两个矩阵中的各个元素相似性进行比较的方法。QAP 相关分析以矩阵数据的置换为基础, 通过对矩阵各元素进行比较给出两个矩阵的相关系数, 同时对系数进行非参数检验。本文通过比较 2005—2016 年加权视角下世界服务贸易网络的矩阵相关性来探究其动态演变模式。QAP 回归分析目的是研究多个属性矩阵与特定关系矩阵间的回归关系, 并对判定系数的 R^2 显著性进行评价。相比于简单的回归分析, QAP 分析可以有效规避关系数据的自相关性以及结果的多重共线性等问题, 并满足变量之间相互独立的假设 (Krackhardt, 1988)^[25]。本文借鉴赵国钦等 (2016) 和杨晨等 (2017) 的模型设定, 选取地理距离、经济距离、制度距离以及技术距离这四个距离变量建立多维距离矩阵, 对 2016 年世界服务贸易网络作 QAP 回归分析, 期望使用多维距离变量对网络结构的变化做出解释。模型设立如下:

$$W^t = f(Di s_{Cap}, Di s_{Service^t}, Di s_{Ins^t}, Di s_{Tech^t}) \quad (8)$$

①中心性指标主要分为: 度数中心性、接近中心性、中介中心性、特征向量中心性。

②限于篇幅, 随机游走中心性的推导见备索资料。

式(8)中因变量 W^t 为加权视角下世界服务贸易网络的权重矩阵,四个多维距离矩阵 Dis_{Cap}^t 、 $Dis_{Service}^t$ 、 Dis_{Ins}^t 、 Dis_{Tech}^t 作为上式的自变量,分别代表地理距离、经济距离、制度距离、技术距离矩阵^①。QAP分析需要服务贸易网络的权重矩阵与多维距离矩阵维度一致。表1给出了2016年样本基本特征与变量的描述性统计。

表1 样本基本特征与变量的描述性统计

变量定义	变量名称	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
t 年时 i 国到 j 国的服务贸易出口	e_{ij}^t	36481	215.70	2505.05	0	113961.40
t 年的 i 国的国内服务总额	$Service_i^t$	191	257191.70	1222700	24.07	1.52e+07
t 年加权矩阵链接权重	w_{ij}^t	36481	0.00086	0.021	0	2.08
地理距离	Dis_{Cap}^t	32400	7964.08	4519.56	0	19904.45
经济距离	$Dis_{Service}^t$	32400	0.37	0.58	0	6.13
制度距离	Dis_{Ins}^t	32400	1.93	2.12	0	15.57
技术距离	Dis_{Tech}^t	32400	31489.63	155616.50	0	1338503

三、世界服务贸易网络结构分析

(一) 网络整体结构

图1给出了二元视角下各年份世界服务贸易网络的密度变化,2005—2016年中WSTW密度虽然维持在较低水平,但是多年来一直稳步增长。这说明越来越多的国家开始融入到世界服务贸易体系。受到2008年全球金融危机影响之后,各国意识到服务贸易尤其是金融服务的重要性,开始大力发展完善国内金融体系,使得网络密度有了小幅度增长。但是直到2016年WSTW密度仍维持在20%的较低水平线上,说明世界服务贸易还具备很大的发展和增长空间。

(二) 网络的节点特征

本文利用节点连通性反映各国相互开展服务贸易的程度。二元视角下节点连通性通过ND度量。本文给出了各年份ND的核密度估计、分布估计、平均值和标准差变化趋势、分布的峰度和偏度变化趋势^②。从图2可以看出,节点度核密度分布状况发生了很大改变:首先,核密度分布峰度越来越低,说明服务贸易联系较少的国家更多的发展了服务贸易进出口关系;其次,核密度分布的尾巴越来越长,说明更多的国家建立了新的服务贸易关系。从分布估计可以看出,低ND的国家所占比例很高,高ND国家所占比例很低,说明少数国家的服务贸易伙伴很多,多数国家的服务贸易伙伴很少。从ND分布平均值和标准差变化趋势可以看出2005—2016年国家的平均ND保持微弱增长仅在2009年迅速增加,与网络密度的变化趋势和原因一致。

^①限于篇幅,多维距离矩阵的解释见备索资料。

^②限于篇幅,正文只报告了2005年、2009年、2013年、2016年ND的核密度估计,其余见备索资料。

此外, 标准差保持同态势增长, 表明世界服务贸易网络一体化程度也随之平均增加, 每个国家间的服务贸易联系异质性并无明显变化。从 ND 分布的峰度和偏度变化趋势可以看出最近几年的偏度和峰度呈下降态势, 2009 年为其峰值时刻, ND 分布变得更加对称, 表明极端 ND 值的国家在逐步减少。这一现象支持了前文的结论。

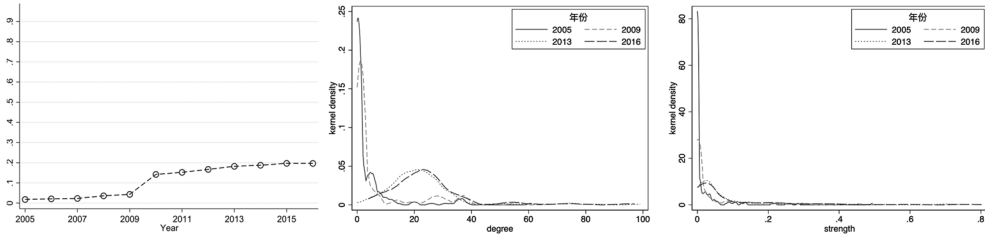


图1 二元视角下 WSTW 的密度

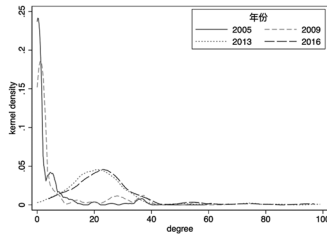


图2 ND 核密度估计

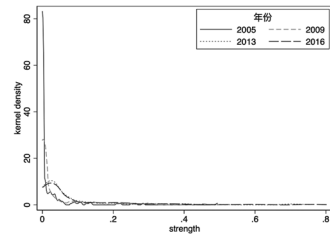


图3 NS 核密度估计

加权视角下节点连通性通过 NS 度量^①。从图 3 可以看出, 大多数国家的贸易强度很低, 但是节点强度分布的峰度随着时间的变化越来越平缓, 尾部更长, 表明在这段时间内, 随着服务贸易联系数量增加的同时, 服务贸易联系的强度也在增强, 国家之间服务贸易进出口流量增加。从分布估计可以看出, 相对于 ND 分布而言, NS 的分布更为平均, 表明在世界服务贸易网络中联系强度低的国家占多数, 其余国家分布均衡。从 NS 分布平均值和标准差变化趋势可以看出 NS 的增长趋势强于 ND 且在 2009 年增长最快。NS 分布的峰度和偏度的变化趋势与 ND 分布类似, 2009 年为其峰值时刻。原因与前文一致, 这里不再赘述。这说明贸易网络中的国家在发展服务贸易中更多的是选择与其服务贸易伙伴扩大进出口流量, 而不是选择建立新的贸易伙伴关系。

通过研究 ND-NS 相关性随时间的变化, 可以更好地理解 ND 和 NS 分布之间的结构差异 (如图 4^②)。从左侧可以看出节点度和强度的相关性显著大于零, 且稳定在 0.4 左右, 表明平均而言服务贸易伙伴多的国家往往也拥有更为紧密的服务贸易联系。从右侧可以看出, 任意给定节点度的节点强度差异性很大, 这意味着, 实际上拥有许多服务贸易伙伴的国家中只有少部分拥有高强度的服务贸易联系。由上述结论可以发现, 相较于 ND 而言, 使用 NS 作为连通性指标更能发掘并揭露服务贸易网络的内在特性。换句话说, 加权比二元视角能更好地反映出网络的连通性。

本文利用节点同配性反映国家之间的分类现象。二元视角下通过研究世界服务贸易网络的 ANND 的分布情况及其与节点度的相关性, 在加权视角下则使用节点加权近邻平均度 WANND 和 ANNS 这两个二阶指标, 皆可以证实网络中负度同配性的存在。本文给出了各年份 ANND、WANND、ANNS 均值的变化, 以及上述三个

①同上, 正文只报告了 NS 的核密度估计, 其余参见备索资料。

②图中虚线代表 95% 水平上的置信区间上限和下限, 置信区间由 1000 次随机抽样计算得出。后文如无特殊说明, 下同。

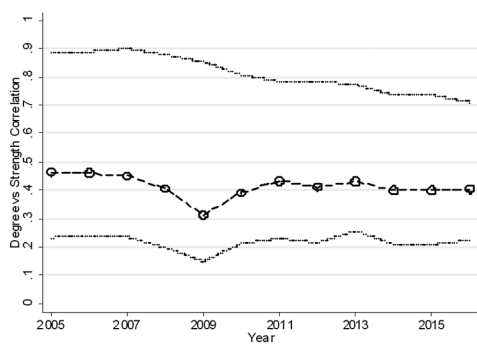


图4(a) ND-NS 相关性

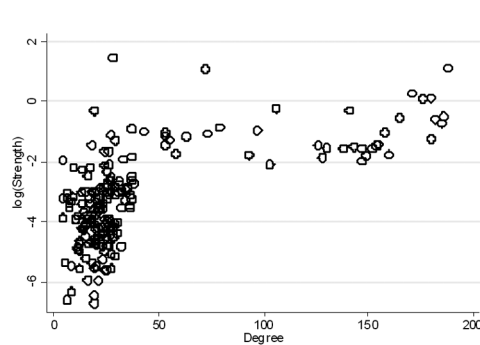


图4(b) 2016年 ND 和 NS 散点图

指标与 ND 和 NS 间的相关系数变化^①。从均值变化可以看出, ANND、WANND、ANNS 在 2008—2010 期间急剧增长, 其余年份保持稳定, 这与 ND 和 NS 的变化趋势一致, 说明在 2008 年全球金融危机之后世界贸易网络中各国间建立了许多新的服务贸易联系, 网络的联系更为紧密。从图 5 (a) 可以看出 ANND-ND 相关性从 2005 年的-0.75 变为 2016 年的-0.95, 呈显著负相关。这说明世界服务贸易网络中贸易伙伴少/强度弱的国家其贸易伙伴往往是伙伴多/强度高的国家, 这一结果侧面映证了服务贸易网络中负度同配性的存在。从图 5 (b) 可以看出, WANND-ND 相关性显著为负, 各年中稳定在-0.7 左右, 这也侧面印证了网络中负度同配性的存在; 从图 5 (c) 可以发现, 多年来 ANNS 和 NS 相关性维持在-0.2 左右, 但是相关系数绝对值并不如 ANND-ND 和 WANND-ND 相关性那么高, 这意味着网络中服务贸易联系强度高的国家往往不会与所有伙伴建立紧密的贸易联系。

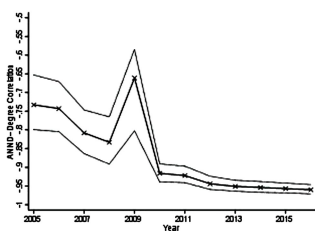


图5(a) ND-ANND 相关性

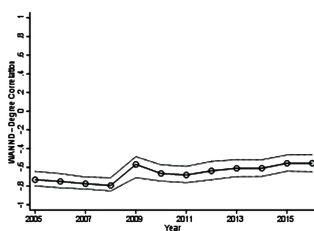


图5(b) ND-WANND 相关性

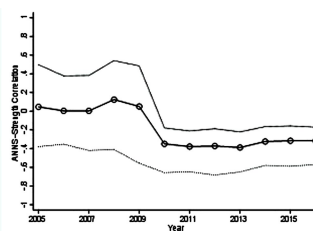


图5(c) NS-ANNS 相关性

负度同配性的存在说明了世界服务贸易网络显现出一种“核心-边缘”结构。这一结构在许多社会和经济网络中都很常见 (Hojman and Szeidl, 2008)^[26]。网络中少数核心节点处于网络中心, 多数边缘节点处于网络外围。本文对网络结构做了可视化处理, 可以直观地看出世界服务贸易网络的“核心-边缘”结构。从网络结构的演变来看, 中心节点会越来越聚集而外围节点会越来越被边缘化; 从经济和政策的角度来看, 这意味着边缘国家会持续遭受边缘化, 从而导致边缘国家只能选择与核心国家建立贸易联系。由上文可知, 所选数据中 2016 年的网络结构密度最大,

^①限于篇幅, 正文只报告了指标间的相关系数变化, 指标均值变化见备索资料。

参与世界服务贸易网络的国家最多，最具代表性。此处通过绘制 2016 年网络中 ANND 与 ND、WANND 与 ND、ANNS 与 NS 的相关散点图，可以更直观地证明“核心-边缘”结构存在（如图 6）。从图 6（a）可以看出 ND-ANND 相关性呈倒指数分布，这说明在世界服务贸易网络中自身贸易伙伴少的国家其贸易伙伴的贸易关系多，反之亦然。从图 6（b）和图 6（c）可以看出 ND-WANND 和 NS-ANNS 相关散点分布呈现两端分散中间集聚的形式，这说明在网络中除去核心和边缘节点满足负度同配性外，存在一类特殊的聚类节点：在世界服务贸易网络中存在一类贸易关系和贸易强度中等的国家，倾向于与贸易网络地位一致甚至更好的国家建立贸易联系。这说明在网络的“核心-边缘”结构中，还存在着—类高度聚类的“中间”节点。网络中的“中间聚类”结构映证了服务贸易网络中负度同配性与正度同配性的共存，下文将从网络中节点的聚类来具体研究这一结构及特性。

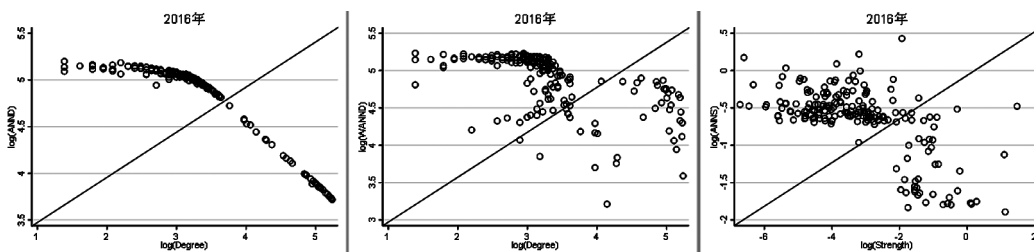


图6(a) 2016年 ND-ANND 散点图

图6(b) 2016年 ND-WANND 散点图

图6(c) 2016年 NS-ANNS 散点图

（三）网络聚类性和中心性

本文利用节点聚类性反映国家的集群程度。图 7 给出了 2005—2016 年各年份的 CC 和 WCC 值。从左上角可以看出二元视角下各年份的平均 CC 都非常高，数值接近于 0.9。在各年份中 CC 都远大于网络密度（参见图 7），由于在完全随机网络中聚类系数的值与密度值相等，因此二元视角下世界服务贸易网络比随机网络更为聚类。这说明国家会更倾向于与其存在服务贸易联系的国家建立服务贸易联系。这种派系关系表明，地域主义在世界服务贸易网络形成中发挥着非常重要的作用。地域主义可以理解作为一种与传统伙伴互动的倾向，不一定代表明确的地理意义。这类国家可以是区域集团的成员、发展程度相似的国家，或者只是历史上联系密切的伙伴。加权视角下则可以得出与上文不同的结论。从图 7（b）可以看出各年份的平均 WCC 都低于期望 WCC^①。聚类系数值维持在很低的水平，说明世界服务贸易网络整体是弱聚类的，这与前文所得结论不同。从图 7（c）可以看出 2016 年节点加权聚类系数的核密度分布大幅向左倾斜，密度峰值位于平均值和期望值左侧。从图 7

①网络的期望 WCC 是以二元无向网络作为基准，将加权无向网络的链接权重随机分配，形成新的随机加权无向网络（使其网络密度以及链接分布与原网络一致）计算而来。具体实现方法是由各年网络中现有链接中观察到的权重随机重新洗牌 5000 次再按照 WCC 的计算方式计算得出。图 7（c）中虚线代表 2016 年平均 WCC，长虚线代表 2016 年期望 WCC。

(d) 看出, 网络中聚类系数大于期望的节点比例在 25% 左右波动, 说明还存在少数过度聚类国家, 这一现象表明国别异质性对形成和维持服务贸易派系存在着很强的影响。

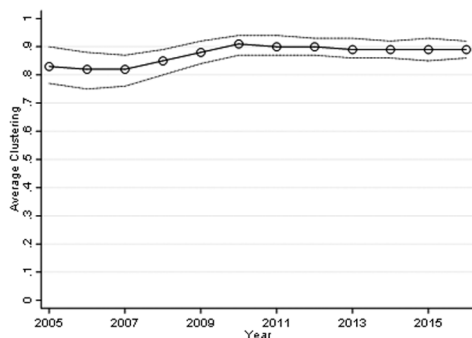


图7(a) 平均 CC

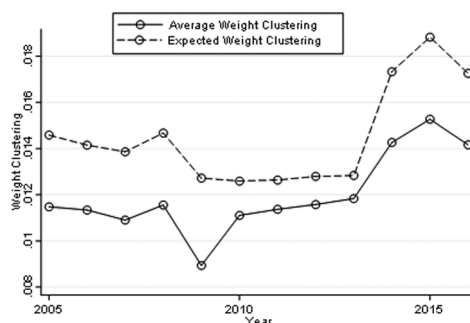


图7(b) 平均 WCC 和期望 WCC

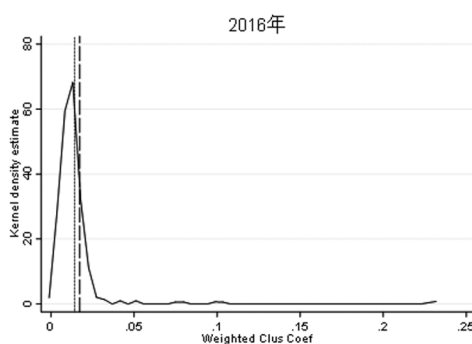


图7(c) 2016年 WCC 核密度分布

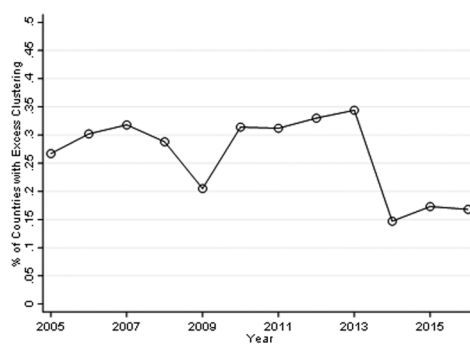


图7(d) WCC 超过期望 WCC 的节点占比

通过考察 CC-ND 与 WCC-NS 相关性同样发现二元/加权视角下网络聚类程度不一致, 如图 8。在二元视角下, 从左侧可以看出各年中 CC 与 ND 显著负相关, 数值接近 -0.95, 其变化趋势与前文一致。此外 2016 年 ND-CC 散点图^①与图 6 (a) 显示出同样的倒指数分布, 这说明网络中聚类系数越高的节点其节点度越低, 反之亦然。拥有较少服务贸易关系的国家其伙伴之间开展贸易的可能性越高, 拥有较多贸易关系的国家其伙伴之间开展贸易的可能性越低。换句话说, 边缘国家之间不会建立贸易关系而是选择和核心国家建立贸易关系。二元视角下世界服务贸易网络呈现出“核心-边缘”结构。在加权视角下从 WCC-NS 相关性考察也可以得出不同的结论。从图 6 (b) 可以看出各年中 WCC 与 NS 显著正相关, 数值为 0.58。此外 2016 年 NS-WCC 散点图近似于线性分布, 并且在中心存在集聚现象。这说明网络中加权聚类系数越高的节点其节点强度越低, 反之亦然。拥有服务贸易强度越高的国家其伙伴之间互相开展贸易的可能性越高, 贸易强度越弱的国家其伙伴之间

^①限于篇幅, 2016 年 ND-CC 散点图和 NS-WCC 散点图见备索资料。

开展贸易的可能性越低。因此，世界服务贸易网络中的核心和中间国家通常更倾向于与同类型国家建立贸易联系，这种模式类似于“富裕俱乐部”（rich club）现象，并印证了网络中正同配性的存在（positive assortativity）。此结论与Furusawa和Konishi（2007）^[27]的研究一致。

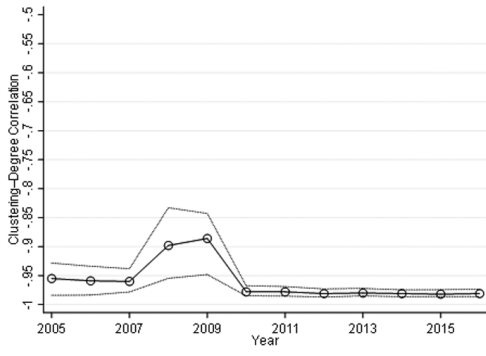


图8(a) ND-CC相关性

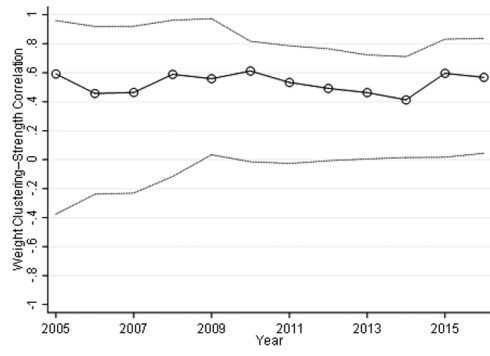


图8(b) NS-WCC相关性

上述结论对于“冲击”如何在整个经济中传播，以及网络结构如何影响总体波动性具有启发意义。如果某个边缘国家受到经济冲击或是退出贸易网络，不会影响全球经济稳定。相反，对于核心国家的冲击会迅速传导到整个网络，从而引发系统性危机。因此，贸易网络的结构可以解释为什么经济的上升和下降往往具有区域性的影响，而核心国家受到的冲击往往具有全球性的影响。这也解释了为什么2008年美国次贷危机会引发世界金融危机并造成全球经济增速放缓。

如前文所述，世界服务贸易网络中国家异质性会影响网络构成。国别间的异质性主要由其国内服务贸易发展水平决定，这里选取国家的国内人均服务额（pcService）来衡量。这样做既控制了国家的人口规模效应，也控制了服务贸易规模效应。通过分析pcService与各节点网络指标的相关性，可以衡量异质性对于国家参与世界服务贸易网络的影响。本文通过考察2005—2016年ND、NS与pcService和CC、WCC与pcService的相关性波动情况，揭示国别异质性对网络构成的影响。从图9可以看出，ND和NS与pcService的相关性在各年显著为正值，分别在0.4和0.6左右波动。平均而言各年中NS-pcService相关性比ND-pcService相关性更强，且保持持续增长趋势。这说明网络中节点异质性对节点度和节点强度都存在显著正影响，对于节点强度的影响更大。人均服务额更高的国家往往拥有更多更紧密的服务贸易联系，并且更倾向于扩大贸易出口额而不是增加贸易伙伴。如图10(a)所示，二元视角下各年份CC与pcService相关系数约为-0.3，这说明国内人均服务额高的国家其伙伴间的聚类程度往往较低。从图10(b)可以发现，加权视角下WCC和pcService正相关系数约为0.4，这说明国内人均服务额高的国家间的聚类程度更高，这一结果证实了“富裕俱乐部”现象的存在。因此就服务贸易关系强度而言，整个网络的进一步一体化可以归因于发达国家之间联系的加强。

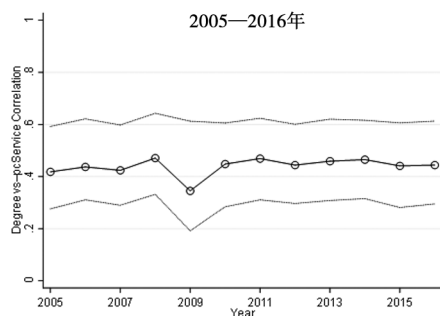


图9 (a) ND-pcService 相关性

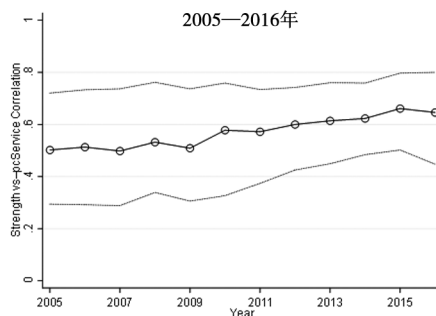


图9 (b) NS-pcService 相关性

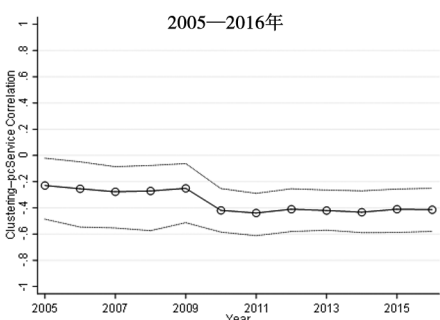


图10 (a) CC-pcService 相关性

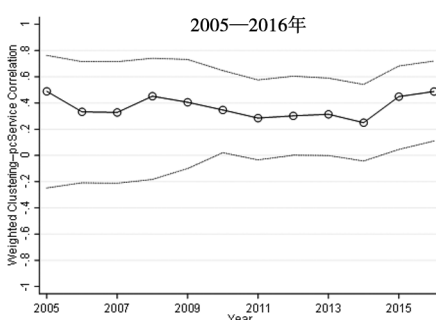


图10 (b) WCC-pcService 相关性

本文利用节点中心性反映各国处于世界服务贸易网络中的地位。本文给出RWBC的核密度估计^①。各年份中RWBC的密度分布形状并没有太大改变,分布严重向右倾斜,说明网络中大部分的节点的随机游走中介中心性很低,这再次映证了世界服务贸易网络存在“核心-边缘”结构。为了确定真正位于网络核心的国家,在RWBC的第95个百分点数上设置一个阈值,因此,只有在RWBC前5%数值内的国家才被认为是核心国家。表2给出了2005—2016年间位于网络核心的9个国家。值得注意的是,2009年前美国在核心国家中排名榜首,次贷危机之后由于将大量的金融服务业务转移到了百慕大,百慕大成为美国最大的离岸金融中心,这使得2011年之后百慕大超越了美国,成为世界服务贸易网络中最为核心的地区。如上文所述,节点度低的国家不一定就属于边缘国家,其中介中心性可能很高,贸易关系少的国家也可能扮演网络中极为重要的“桥梁”作用。存在类似情况的国家还有斐济群岛、圣文森特和格林纳丁斯。传统北欧发达国家荷兰,由于其发达的金融业、银行业,一直在世界服务贸易网络中处于重要地位。类似的还有英国、法国、德国,由于其出色的工业、制造业、金融业,一直在核心国家中占据稳固位置。中国的排名在初期一直维持在第20名左右,2007—2013年由于国内外经济形势,以及自身经济增速放缓,导致在世界服务贸易网络中的核心排名有所下降(见表

^①限于篇幅, RWBC的核密度估计见备索资料。

2)。近年来,由于国家大力促进服务贸易创新发展,改革服务贸易发展机制,大力发展服务外包,打造“中国服务”国家品牌等重大举措,使得中国的核心排名有了明显的提升。最后,本文也发现 pcService-RWBC 与 NS-RWBC 相关性呈显著正相关,说明国内服务业发达和国际服务贸易强度高的国家在网络中处在更为重要的地位。

表2 各年份处于核心位置的国家或地区

2005	2007	2009	2011	2013	2016
美国	美国	美国	百慕大	百慕大	百慕大
百慕大	百慕大	百慕大	美国	美国	荷兰
英国	英国	俄罗斯	荷兰	荷兰	美国
加拿大	新西兰	爱尔兰	利比里亚	英国	法国
澳大利亚	加拿大	英国	法国	法国	英国
新加坡	新加坡	澳大利亚	英国	利比里亚	卢森堡
中国香港	澳大利亚	新西兰	意大利	卢森堡	爱尔兰
德国	中国香港	加拿大	卢森堡	俄罗斯	德国
斐济群岛	德国	德国	立陶宛	丹麦	圣文森特
中国 (17)	中国 (20)	中国 (26)	中国 (37)	中国 (37)	中国 (18)

注:中国后括号内数字为排名。

(四) 网络的加权方案稳健性

前文所有结果都是根据国家服务贸易出口总额和国内服务总额作为链接权重得出的,这样的权重设置可以衡量进口国 j 在多大程度上依赖于出口国 i 。这里提供两种替代加权方案来验证结论的稳健性。第一种控制进口国的服务规模效应,以国家服务贸易出口总额和伙伴国的国内服务总额之比作为链接权重 ($Service_j^i$)。第二种不控制规模效应,简单地将链接 (i, j) 的权重定义为 i, j 间的服务贸易总额 (即 i 国与 j 国的服务贸易进出口平均)。为了做进一步说明,给出两种替代加权方案下 2005—2016 年网络中 ANNS、WCC、NS 与 pcService 的相关性变化^①。我们发现两种替代加权方案得出的各指标间相关性变化与基线加权方案一致,前文的结论得以证实。事实上,二元视角就是一种特定的加权方案。

四、世界服务贸易网络 QAP 分析

(一) 网络 QAP 相关性分析

表3给出了2005—2016年12期世界服务贸易网络分年份QAP相关性分析结果^②。通过对结果的分析,可以得到以下结论:(1)2005—2016年之间世界服务贸易网络结构发生了显著变化。2016年与2015年的WSTW相关性为0.963,而2016年与2005年的贸易网络的相关性仅为0.751。这表明在这12年期间,WSTW的结构已经发生了一定的变化。(2)2005—2016年世界服务贸易网络结构存在自稳定渐进演化过程。对任意一期的WSTW而言,与其后一期WSTW相关性均稳定

^①限于篇幅,替代加权方案下的相关性变化见备索资料。

^②QAP的相关分析结果使用Ucinet软件计算得出。表3中相关系数均在1%的显著性水平下显著。

在 0.95 左右,说明世界服务贸易网络的演化过程保持着较强的自稳定性。随着时间的推移,当期 WSTW 与之后各期 WSTW 的相关系数呈现递减的趋势。以 2005 年 WSTW 为例,其与 2006 年 WSTW 的相关性为 0.995,与 2007 年 WSTW 的相关性为 0.993,到 2016 年相关性降至 0.751。

为了更直观地考察世界服务贸易网络的结构演变,本文对加权视角下世界服务贸易网络结构可视化^①,发现 2005 年 WSTW 结构图规模很小,并且网络密度不大;贸易强度高的国家处于网络中心,贸易强度低的国家位于网络外围;强度高的国家之间更倾向建立贸易联系,而低强度的国家之间几乎没有贸易联系,网络呈现“核心-边缘”结构与前文结论一致。对比 2005 年 WSTW 结构图,发现 2016 年 WSTW 密度和规模明显增加,说明随着时间的变化,越来越多的国家融入了世界服务贸易网络;网络的基本结构没有发生太大的改变,仍显示出“核心-边缘”结构,但是网络中出现高度聚类的“中间”节点,使得网络模式呈现出“核心-中间-边缘”结构,这再次印证了前文的结论。

表 3 2005—2016 年 WSTW 的 QAP 相关性分析

年份	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2005	1											
2006	0.995	1										
2007	0.993	0.999	1									
2008	0.991	0.996	0.996	1								
2009	0.990	0.993	0.992	0.998	1							
2010	0.887	0.890	0.890	0.894	0.895	1						
2011	0.868	0.869	0.869	0.873	0.874	0.988	1					
2012	0.870	0.872	0.872	0.875	0.875	0.982	0.989	1				
2013	0.867	0.870	0.870	0.873	0.872	0.970	0.974	0.990	1			
2014	0.769	0.772	0.772	0.775	0.773	0.913	0.930	0.954	0.962	1		
2015	0.760	0.763	0.763	0.766	0.765	0.899	0.920	0.947	0.952	0.995	1	
2016	0.751	0.754	0.755	0.757	0.756	0.880	0.903	0.927	0.930	0.957	0.963	1

(二) 网络的 QAP 回归分析

2016 年世界服务贸易网络总样本体积为 $180 \times 179 = 32220$,样本量较大,故选择 100000 次随机置换,得到结果如表 4 和表 5。表 4 中调整后的 R^2 系数为 0.031,说明模型中的四个距离矩阵能够解释世界服务贸易网络结构变动的 3.1%。表 4 概率是指随机置换产生的判定系数不小于实际观察到的判定系数的概率,为单尾检验的概率,其值 0.007 表示调整后的判定系数 R^2 在 1% 的水平下显著。

表 4 模型拟合结果

R^2	调整后的 R^2	概率	样本体积
0.031	0.031	0.007	32220

表 5 显示的是 QAP 回归分析得到的各距离变量矩阵的回归系数及检验指标。

^①限于篇幅,正文只给出了 2016 年 WSTW 结构图,2015 年的见备索资料,结构图采用 NetDraw 绘制。

其中, 概率 A 表示的是随机置换产生的回归系数不小于实际观察到的回归系数的概率, 概率 B 表示的是随机置换产生的回归系数不大于实际观察到的回归系数的概率。从表 5 可以看出: 第一, 地理距离的回归系数在 1% 的水平下显著为负, 表明地理距离对双边服务贸易存在较强的阻碍作用。第二, 经济距离的回归系数不显著, 但是为正。这可能与前文讨论的“核心-中间-边缘”的网络结构有关, 意味着经济距离差距越大的国家之间越容易建立服务贸易联系。但是, 由于网络结构中的中间国家, 存在另外一种可能性, 即服务贸易发展水平近似的“中间”国家会相互建立贸易联系, 从而使得经济距离对服务贸易联系的影响不显著。第三, 制度距离的回归系数在 10% 的水平下显著为负, 说明制度环境越接近的国家之间越可能建立服务贸易联系。第四, 技术距离的回归系数在 5% 的水平下显著为正, 说明国家间技术水平的差距能够促进服务贸易联系的建立。总体来看, 大部分距离因素的显著性水平至少在 10% 的水平上拒绝为 0 的原假设, 影响世界服务贸易网络结构变动的多维距离变量表现出较强的显著性。

表 5 QAP 回归分析得到的各距离变量的回归系数及检验指标

自变量	非标准化系数	标准化回归系数	显著性概率值	概率 A	概率 B
截距	0.002327	0.000000			
地理距离	-0.003636	-0.037329	0.000	1.000	0.000
经济距离	0.002205	0.009509	0.111	0.111	0.889
制度距离	-0.001968	-0.012171	0.054	0.946	0.054
技术距离	0.007308	0.038749	0.023	0.023	0.977

五、结论与扩展

本文主要结论: 第一, 世界服务贸易网络非常对称, 绝大多数国家间的服务贸易关系都是双边的, 在分析中可以忽略网络链接的方向。世界服务贸易网络整体密度不高, 但日趋紧密, 这反映各国间建立了越来越多的服务贸易关系。第二, 世界服务贸易网络中负度同配性和正度同配性共存。网络中贸易伙伴少/强度弱的国家只能与贸易伙伴多/强度高的国家建立贸易关系, 贸易伙伴多/强度高的国家更倾向于互相建立贸易关系, 世界服务贸易网络呈现出“核心-边缘”结构。二元视角下网络中节点度高的国家其伙伴的聚类程度越低, 加权视角下网络中节点强度高的国家其伙伴的聚类程度越高。同时, 使用随机游走中介中心性考察国家在网络中的地位, 节点强度越高的国家越位于网络中心, 这说明世界贸易网络中存在着少数联系紧密的国家, 且联系紧密的“核心”国家发挥着关键作用。第三, 通过 QAP 方法证实世界服务贸易网络结构存在自稳定渐进演化过程, 并对网络做可视化处理, 直观展现网络结构从“核心-边缘”到“核心-中间-边缘”的变化。第四, 通过回归发现, 四种多维国别距离变量能够解释网络结构变化的 3.1%。

基于以上研究, 为提高中国服务贸易网络地位, 促进我国服务贸易发展, 本文提出如下建议: 第一, 进一步激活我国现代服务产业的生产力。由前文分析可知, 节点强度和国内服务总额对于国家在网络中的中心地位起决定性作用。它们不仅影

响到新的贸易关系的建立,而且影响到贸易伙伴的选择。而国内服务总额又与节点强度显著相关,因此提升我国服务产业的生产力是重中之重。第二,进一步健全服务贸易管理体制,加快服务行业技术创新。多维国别距离 QAP 回归结果表明,制度与技术是影响服务贸易网络的重要因素。这需要再造服务贸易的宏观环境,不断培育“中国服务”核心竞争优势。第三,进一步深化服务贸易国际合作。前文研究表明,中国在以 RWBC 为指标的核心度考量中,虽然从 2005 年以来其核心排名明显上升,但仍未进入前十。我国不仅要增进与美国、英国、德国等服务贸易强国的贸易合作,更需要与服务贸易发展较弱的国家开展并建立服务贸易关系。积极与主要服务贸易伙伴,“一带一路”沿线重点国别、具有独特产业优势国家建立服务贸易合作机制,这样才能使我国在服务贸易网络中起到至关重要的“中介”作用。

[参考文献]

- [1] WASSERMAN S, FAUST K. *Social Network Analysis: Methods and Applications* [M]. Cambridge University Press, 1994.
- [2] FREEMAN L C. Some Antecedents of Social Network Analysis [J]. *Connections*, 1996, 19 (1): 39-42.
- [3] JOHN S. *Social Network Analysis: A Handbook* [J]. *Contemporary Sociology*, 2000, 22 (1): 128.
- [4] ALBERT R, BARABÁSI. *Statistical Mechanics of Complex Networks* [J]. *Reviews of Modern Physics*, 2002, 74 (1): 47.
- [5] NEWMAN, M. E. J. *The Structure and Function of Complex Networks* [J]. *Siam Review*, 2003, 45 (2): 167-256.
- [6] SERRANO M A, BOGUNÁ M. *Topology of the World Trade Web* [J]. *Physical Review E*, 2003, 68 (1): 015101.
- [7] BHATTACHARYA K, MUKHERJEE G, MANNA S S. *The International Trade Network* [M]. *Econophysics of Market and Business Networks*. Springer Milano, 2007: 139-147.
- [8] XU H, CHENG L. The QAP Weighted Network Analysis Method and Its Application in International Services Trade [J]. *Physica A Statistical Mechanics & Its Applications*, 2016, (448): 91-101.
- [9] 姚星,梅鹤轩,蒲岳. 国际服务贸易网络的结构特征及演化研究——基于全球价值链视角 [J]. *国际贸易问题*, 2019 (04): 109-124.
- [10] MELITZ M J. The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity [J]. *Econometrica*, 2003, 71 (6): 1695-1725.
- [11] CHANEY T. The Network Structure of International Trade [J]. *American Economic Review*, 2014, 104 (11): 3600-3634
- [12] FAGIOLO G, JAVIER REYES, STEFANO SCHIAVO. On the Topological Properties of the World Trade Web: A Weighted Network Analysis [J]. *Physica A Statistical Mechanics and Its Applications*, 2007, 387 (15): 3868-3873.
- [13] BHATTACHARYA K, MUKHERJEE G, SARAMÁKI J, et al. The International Trade Network: Weighted Network Analysis and Modelling [J]. *Journal of Statistical Mechanics Theory and Experiment*, 2008, (02): P02002.
- [14] 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): 31-42.
- [15] 马远,徐俐俐. 丝绸之路经济带沿线国家石油贸易网络结构特征及影响因素 [J]. *国际贸易问题*, 2016 (11): 31-41.
- [16] BARIGOZZI M, FAGIOLO G, GARLASCHELLI D. Multinetwork of International Trade: A Commodity-specific Analysis [J]. *Physical Review E*, 2010, 81 (4): 046104.
- [17] 袁红林,辛娜. 中国高端制造业的全球贸易网络格局及其影响因素分析 [J]. *经济地理*, 2019, 39 (06): 108-117.

- [18] 刘军. 整体网分析讲义: UCINET 软件实用指南 [M]. 2009.
- [19] 赵国钦, 万方. 世界贸易网络演化及其解释——基于网络分析方法 [J]. 宏观经济研究, 2016 (04): 151-159.
- [20] 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 (03): 60-72.
- [21] JACKSON, MATTHEW O, BRIAN W. ROGERS. Meeting Strangers and Friends of Friends: How Random are Social Networks? [J]. American Economic Review, 2007, 97 (3): 890-915.
- [22] WATTS D J, STROGATZ S H. Collective Dynamics of 'Small-world' Networks [J]. Nature, 1998, 393 (6684): 440-442.
- [23] ONNELA J P, SARAMÄKI J, KERTÉSZ J, et al. Intensity and Coherence of Motifs in Weighted Complex Networks [J]. Physical Review E, 2005, 71 (6): 065103.
- [24] FISHER E, VEGA-REDONDO F. The Linchpins of a Modern Economy [C]. AEA Annual Meeting, Chicago, IL. 2006.
- [25] KRACKHARDT D. Predicting with Networks: Nonparametric Multiple Regression Analysis of Dyadic Data [J]. Social Networks, 1988, 10 (4): 359-381.
- [26] HOJMAN D A, SZEIDL A. Core and Periphery in Networks [J]. Journal of Economic Theory, 2008, 139 (1): 295-309.
- [27] FURUSAWA T, KONISHI H. Free Trade Networks [J]. Journal of International Economics, 2007, 72 (2): 310-335.

(责任编辑 刘建昌)

Network Analysis of World Service Trade Web —Based on Binary/Weighted Dimension and QAP Method

ZHOU Wentao YANG Rudai HOU Xinshuo

Abstract: With the rapid development of international service trade, its structure has shown a trend of complexity, three-dimensionality, and networking. The current changes in the pattern of international service trade can not be explained by causal analysis from unilateral or bilateral perspectives. This paper constructed 2005—2016 World Service Trade Web (WSTW) from binary and weighted dimensions, analyzed the structural characteristics of the network, and through the Quadratic Assignment Procedure (QAP) method deconstructed and explained the evolution of the structure of the WSTW. The results are as follows: (1) The overall density of the WSTW is not high, but the WSTW is becoming denser and solely symmetrical. (2) The positive/negative degree assortativity exists simultaneously in the WSTW. Over time the network structure form changes from core-periphery to core-middle-periphery. (3) Giving the ranking of Random Walk Betweenness Centrality (RWBC) of each country. (4) The QAP analysis shows that the evolution of WSTW over time is a self-stabilizing and gradual process, and multi-dimensional distance variables between countries can explain 3.1% evolve of the WSTW structure.

Keywords: World Service Trade Web; Quadratic Assignment Procedure; Core-periphery; Assortativity; Random Walk Betweenness Centrality