

## 2000-2009年世界贸易格局的社会网络分析

陈银飞

**摘要：**文章根据2000-2009年的国际贸易数据，采用社会网络分析方法研究2000-2009年世界贸易格局及其在次贷危机前后的变化。描述性分析表明，世界贸易网络为负向匹配网络且存在富人俱乐部现象，大多数国家贸易伙伴多，但强度大的国家却很少，受次贷危机的影响，世界贸易关系的萎缩先于世界贸易量的萎缩；核心—边缘分析显示，美国核心度一直下降，日、德、英、法与金砖四国的核心度均上升，次贷危机后，美国下降更显著，金砖四国则上升更显著，接近危机前的两倍。

**关键词：**世界贸易网络；次贷危机；核心—边缘结构；社会网络分析

### 一、引言

进入21世纪，世界经济呈现出高波动性的特点，具体表现为汇率、利率、通货膨胀率、石油价格、黄金价格、粮食价格、经济增长率等一系列市场因子的剧烈变动。到2007年，由美国次贷危机引发的2008-2009年全球经济危机使这种高波动性发生了质的变化。国际贸易在传播这场危机的同时自身也受到了重创。从2008年第三季度开始，世界贸易进入了大崩溃时期，并持续到2009年第一季度。虽然这次衰退不如20世纪30年代大萧条的程度深，但其发生得更加突然，而且在短时间内贸易量急剧下滑。另外，此次贸易大崩溃几乎同时席卷了所有的OECD成员国并涉及几乎所有的产业（Martins and Araujo, 2009）。所以，与以往的贸易萧条相比，可以说这次贸易大崩溃具有突然性、严重性及同步性的特点。虽然此次危机对世界贸易的严重负面影响显而易见，但我们却不能从WTO、OECD或UN等的统计数据中看出危机前、危机中及危机后，国际贸易格局及各国的贸易地位是否发生了变化以及发生了怎样的变化。而单独地分析各国贸易状况也不足以全面显示21世纪的头10年中贸易格局的变化及危机给世界贸易带来的影响，所以还必须分析各国之间错综复杂的贸易关系结构，但这样的关系数据却又不能满足常规统计学意义上的“变量独立性假设”，常用的各种多元统计分析方法也不能用来分析关系数据，而社会网络分析恰恰正是从“关系”的角度出发研究社会现象与社会结构。

[基金项目]国家自然科学基金项目“危机性产业衰退的国际传导与我国区域产业调整的机理与实证研究”（70973045）；教育部人文社会科学研究规划基金项目“标准主导下的国际竞争格局、贸易体制变革及我国外贸出口增长转型研究”（10YJA790170）。

陈银飞：江苏大学财经学院 212013 电子信箱：chenyinfei@ujs.edu.cn。

国外已有一些学者采用社会网络的分析方法来研究世界贸易网络的结构特征。Serrano and Boguñá (2003) 与 Garlaschelli and Loffredo (2004) 的研究指出世界贸易网络是一个负向匹配网络, 即点度数高的国家倾向于与点度数低的国家发生贸易关系, 并且指出聚集系数与点度数之间也是负向关系。Fagiolo 等 (2008, 2009) 的研究表明加权网络分析结果与无权网络分析结果存在差异, 加权世界贸易网络的点强度呈右偏分布, 而无权网络中的点度数呈左偏分布。Bhattacharya 等 (2008) 的研究指出控制世界一半贸易所需的国家数在减少。Fagiolo 等 (2010) 采用加权网络方法研究了 1981-2000 年期间共 159 个国家的世界贸易网络的统计特征及其动态变化, 指出大多数国家的贸易关系很弱, 而有一些国家却具有很强的贸易关系, 贸易关系紧密的国家倾向于与贸易关系松散的国家发生贸易关系, 富裕的国家贸易强度大且聚集系数高。关于世界贸易网络中核心—边缘结构, Snyder and Kick (1979) 用 1965 年的贸易数据构建了无权网络, 把 118 个国家分成核心、半核心与边缘国家, 并指出核心国家几乎都是 OECD 成员国。Smith and White (1992) 则比较了 1965 年、1970 年与 1980 年的核心—边缘结构, 研究指出核心国家随时间推移越来越多。

本文主要探讨 2000-2009 年间世界贸易网络特征的动态变化趋势。这 10 年间, 中国加入 WTO, 欧元正式流通, 次贷危机演变成全球经济危机, 这些重大事件无疑会对世界贸易网络产生影响。本研究将采用社会网络分析方法研究新世纪的头 10 年中及次贷危机前后世界贸易格局变化情况, 具体回答以下问题: 各国在国际贸易网络中的中心性是否发生了变化? 国际贸易网络中核心与边缘的国家是否发生变化?

## 二、研究方法 with 数据说明

一国的贸易总量可以衡量该国的对外开放程度, 但不能描述该国在世界贸易网络中的位置。决定一国贸易位置的不只是贸易总量, 还有贸易总量的分布情况, 这样就必须考虑该国与其所有贸易伙伴的关系。采用社会网络分析方法研究世界贸易不仅可以描述世界各国的贸易伙伴数量、贸易强度、贸易分散度与集中度, 还可以描述整个世界贸易的格局, 如整体网络密度、核心—边缘结构等。

社会网络是由多个点 (社会行动者) 和各点之间的连线 (代表行动者之间的关系) 组成的集合。根据关系的强度是否有差异, 社会网络可分为无权网络与加权网络。无权网络只反映了节点之间的连接方式或网络的拓扑特性, 不能描述节点之间相互作用的强度, 即网络的节点与节点之间只用是否有连接表示, 而不管这种连接关系的强弱。加权网络不仅更好地体现真实网络的特点, 而且反映了网络中节点之间的相互作用细节。权重的加入, 能够令网络模型进一步接近实际网络的真实情况, 使网络指标反映的现实情况更为深入。

一个无权网络用一个  $N \times N$  邻接矩阵  $A$  表示, 矩阵的每个元素  $a_{ij}$  表示节点  $i$  与节点  $j$  之间是否存在关系, 如果节点  $i$  与节点  $j$  之间存在关系, 则  $a_{ij} = 1$ , 若不存在关系, 则  $a_{ij} = 0$ 。对于无向边的情况,  $a_{ij} = a_{ji}$ 。一个加权网络可以用一个加权

的  $N \times N$  邻接矩阵  $W$  表示, 矩阵的每个元素  $w_{ij}$  表示节点  $i$  与节点  $j$  之间边的权值大小, 对于无向边的情况,  $w_{ij} = w_{ji}$ 。

本文用来描述贸易关系的贸易数据来自联合国商品贸易统计数据库 (COMTRADE)。本文选取了2000–2009年共10年的世界各国的进出口数据, 以此计算世界贸易加权网络各条边的权值。因为不是所有的国家都会在联合国报告进出口数据, 因而本文的世界贸易网络只包含了COMTRADE数据库中的国家及地区, 因此本文各时点的贸易网络中包含的节点数目  $N$  稍有差别, 但这不影响对各国贸易地位及世界贸易格局的分析。

本文用矩阵  $A'$  描述  $t$  时期的无权贸易网络, 用  $W'$  描述  $t$  时期的加权贸易网络, 其中  $t=2000, 2001, \dots, 2009$ 。对于矩阵  $A'$  中的元素  $a'_{ij}$ , 如果两国之间存在贸易往来, 即  $i$  国对  $j$  国的出口或  $i$  国从  $j$  国的进口大于零时,  $a'_{ij}=1$ , 如果  $i$  国对  $j$  国的出口与  $i$  国从  $j$  国的进口均为零时,  $a'_{ij}=0$ 。而加权网络矩阵  $W'$  中的元素  $w'_{ij}$  值用  $i$  国与  $j$  国之间的进出口贸易值来表示, 具体的,  $w'_{ij} = \frac{1}{2}(e'_{ij} + m'_{ij})$ , 其中,  $e'_{ij}$  为  $t$  时期  $i$  国对  $j$  国的出口值,  $m'_{ij}$  为  $t$  时期  $i$  国从  $j$  国的进口值。为了使所有的  $w'_{ij} \in [0, 1]$ , 本文各加权矩阵中所有的值都除以了矩阵  $W'$  中的最大值, 但这样做并不影响世界贸易网络的分析结果。另外, 由于各国的统计口径存在差异, 因而根据COMTRADE数据库中数据计算出来的  $W'$  不对称, 但是  $w'_{ij}$  与  $w'_{ji}$  相差很小, 所以本文对矩阵  $W'$  按照最大值法做了对称化处理。

### 三、世界贸易网络的描述性分析

#### (一) 密度

密度 (density) 是用来测量社会网络中各个节点之间联络的紧密程度。整体网络密度等于“实际存在的关系总数”除以“理论上最多可能存在的关系总数”。对于无权无向网络, 如果网络中实际关系数目为  $M$ , 那么整体网络密度为  $\frac{2M}{N(N-1)}$ 。本文采用Ucinet6软件对2000–2009年共10年的无权网络矩阵 ( $A'$ ) 进行密度计算, 结果如表1所示。

由表1可知, 从2000–2009年, 世界贸易关系网络的密度逐渐增大, 但是2007年的关系网络密度下降明显, 从0.9009下降到0.7827。这表明, 美国2007年的次贷危机对世界贸易的影响快, 且程度大。但是到了2008年及2009年, 网络的密度又恢复到危机前的水平, 且还有较明显的上升, 这说明世界各国的贸易关系恢复迅速。

#### (二) 中心性

##### 1. 一级中心性: 点度数、点强度和差异性

一级中心性指标描述的是节点本身与其它节点关系的紧密程度或关系强度, 具体包括点度数、点

表1 2000–2009年世界贸易网络的密度表

强度与差异性。

##### (1) 点度数

时点	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
密度	0.8303	0.8400	0.8462	0.8523	0.8658	0.8660	0.9009	0.7827	0.9216	0.9333

点度数 (degree) 是与该节点相连的其它点的个数。世界贸易网络中各个国家的点度数即为与该国存在贸易往来的国家数。绝对点度数的计算公式如式 (1) 所示。

$$d_i = \sum_j a_{ij} \quad (1)$$

当网络规模不同时, 不同网络中点的绝对点度数没有可比性, 因此本文采用相对点度数, 即绝对点度数与网络中最大可能的度数 (N-1) 之比。

对于2000年、2003年及2006-2009年世界各国的相对点度数分布核密度估计结果如图1所示<sup>①</sup>。总体而言, 这10年中点度数的核密度估计图都是左偏的, 说明大多数国家的贸易伙伴非常多, 几乎跟所有其它国家产生贸易关系, 只有少数国家的贸易伙伴数量很少。从图1还可以看出, 这10年间的度数分布状况发生了明显的改变: 首先, 左边的尾巴越来越短平, 峰越来越尖; 其次, 高度数分布密度逐年上升, 2000年的峰密度在0.025-0.030之间, 2003年在0.03-0.04之间, 2006年超过了0.05, 2008年超过了0.06, 而2009则超过了0.08。逐年变平的左尾反映了贸易伙伴少的国家的比例在逐渐萎缩。整体分布逐渐向右侧收拢, 反映了整体贸易关系的增加, 表明在这10年中世界贸易关系整体更紧密。

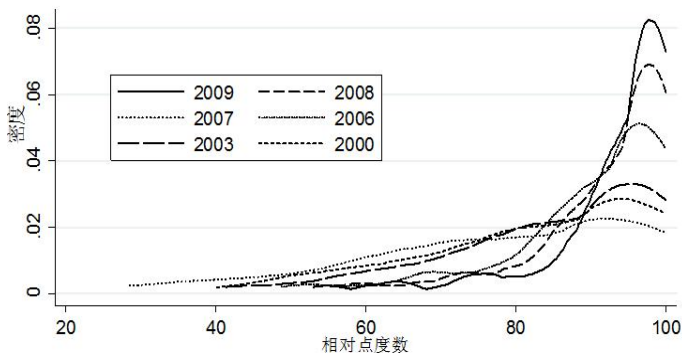


图1 相对点度数的核密度估计

2007年是一个例外。这一年的贸易关系急剧萎缩, 甚至低于2000年。2007的峰密度小于0.025, 核密度分布整体也产生了向左偏移, 左边的尾巴也最长。这表明, 次贷危机在2007年就使世界贸易关系受到重创, 贸易关系一下子回落到2000年之前的紧密度。但是贸易关系在2008年迅速恢复, 且其紧密度高于2006年。

## (2) 点强度

点强度 (strength) 也称为节点的权重, 是无权网络中节点i的度数的推广。世界贸易网络中各个国家的点强度反映该国与其它国家之间的贸易强度。点强度既考虑了节点的近邻数, 又考虑了该节点与近邻之间的权重, 其计算方法如式 (2) 所示。

$$s_i = \sum_j w_{ij} \quad (2)$$

对2000年、2003年及2006-2009年世界各国点强度分布的核密度估计结果如图2所示。总体而言, 这10年中点强度的核密度分布图是右偏的, 说明大多数国家的贸易强度很小, 只有少数几个贸易大国的贸易强度很大。从图2还可以看出, 虽然各年的峰都很尖, 但核密度峰值还是有所下降: 2000年的峰值大于7, 2003年在6-7之间, 2006年降到了4-5以下, 但是, 受次贷危机的影响, 2007年与2006年靠

<sup>①</sup>选择2000年、2003年、2006年与2009年这四个时点是为了分析2000-2009这10年中贸易格局的变化趋势, 而选择2006-2009年这4个时点, 是为了分析次贷危机前后世界贸易格局的变化。以下同。



得很近,几乎没有下降,到了2008年降至3左右,而到了2009年则降至2左右,这说明贸易强度很小的国家数目在不断减少,也就说明贸易小国与贸易大国之间的差距虽然还是很大,但一直在缩小。

### (3) 差异性

节点所连接的边上权

重分布的差异性(disparity)描述了与节点*i*相连的边上权重分布的离散程度。世界贸易网络中节点的差异性反映了一国对外贸易是集中在少数几个国家还是分散于很多国家。差异性的计算公式如(3)所示。

$$h_i = \frac{(N-1) \sum_j \left( \frac{w_{ij}}{s_i} \right)^2 - 1}{N-2} \quad (3)$$

对于节点*i*的*d<sub>i</sub>*条边,如果所有权重相差不大,权边分布比较均匀,则*h<sub>i</sub>*与*d<sub>i</sub>*的倒数成正比,如果只有一条边的权重起主要作用,则*h<sub>i</sub>*的值接近于1。

对2000年、2003年及2006-2009年世界各国权重差异性的核密度估计结果如图3所示。总体上来说,这10年中差异性的核密度分布图是右偏的,说明大多数国家的贸易分散于其它各国,权重差异性很小,只有少数几个国家的贸易集中度高,差异性很大。从图3还可以看出,整体上核密度峰值变化不大,只在2007年略有下降,其它各年略有上升,说明各国的贸易越来越分散。

### 2. 二级中心性: 聚集系数、近邻平均度、加权平均近邻度、平均近邻强度

二级中心性指标描述与节点相连的其它节点之间的紧密程度,具体包括聚集系数、加权聚集系数、近邻平均度、加权平均近邻度、平均近邻强度等指标。

#### (1) 聚集系数与加权聚集系数

聚集系数(clustering coefficient, CC)用来衡量网络节点聚类的情况。在世界贸易网络中,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。节点*i*的聚集系数指它所有相邻节点之间连边的数目占可能的最

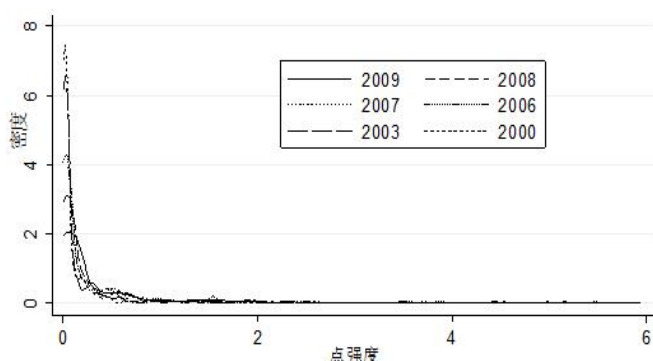


图2 点强度的核密度估计

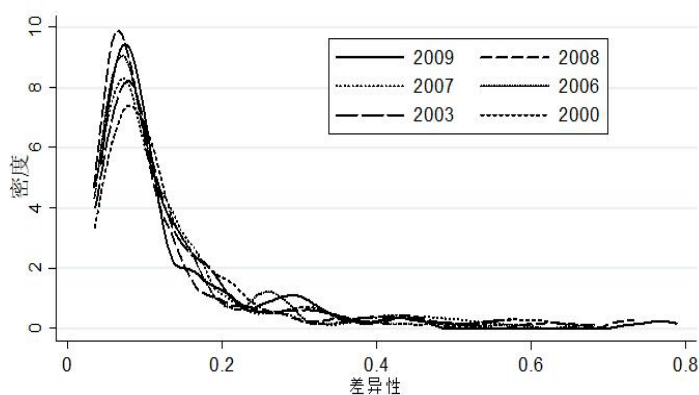


图3 差异性的核密度估计

大连边数目的比例。加权网络聚集系数 (weighted clustering coefficient, WCC) 是在无权网络聚集系数基础上发展而来的, 本文采用 Onnela 等 (2005)、Saramaki 等 (2007) 及 Fagioli (2007) 计算方法, 考虑了三角形三条边上权重的几何平均值, 具体如式 (4) 所示。

$$WCC_i = \frac{\frac{1}{2} \sum_{j \neq i} \sum_{h \neq (i,j)} w_{ij}^{\frac{1}{3}} w_{ih}^{\frac{1}{3}} w_{jh}^{\frac{1}{3}}}{\frac{1}{2} d_i (d_i - 1)} \quad (4)$$

采用 Ucinet 6 软件计算 2000–2009 年世界各国的聚集系数, 并通过矩阵运算计算加权聚集系数, 每年各国的均值如表 2 所示。结果显示, 每年聚集系数均接近于 1, 这表明一国的贸易伙伴之间也存在紧密的贸易关系。从表 2 还可以看出, 聚集系数在 2007 年有所下降, 其它各年均呈上升趋势, 而加权聚集系数即使在 2007 年也有所上升。

### (2) 近邻平均度与加权近邻平均度

近邻平均度与加权近邻平均度是二级中心性指标, 测量的不是节点本身的中心性, 是与之相连的其它节点的中心性。节点  $i$  的近邻平均度 (average nearest-neighbor degree, ANND) 是与节点  $i$  相连的所有节点的度数的平均值, 计算方法如式 (5) 所示。世界贸易网络中一国的近邻平均度反映的是与该国存在贸易关系的所有国家的点度数的均值。

$$ANND_i = \frac{1}{d_i} \sum_j a_{ij} d_j = \frac{1}{d_i} \sum_j \sum_h a_{ij} a_{jh} \quad (5)$$

加权近邻平均度 (weighted average nearest-neighbor degree, WANND) 是用归一化的权重  $w_{ij}/s_i$  计算出的局域的加权平均近邻度, 计算方法如式 (6) 所示。

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

针对 2000–2009 年世界各国之间的贸易关系数据, 通过矩阵运算计算出各年各国的近邻平均度及加权近邻平均度。因为各年的世界贸易网络中所包含的国家数不同, 为了方便不同年份的比较, 所以做了标准化处理, 即除以网络中最大可能的度数 ( $N-1$ )。标准化后每年各国的近邻平均度及加权近邻平均度均值如表 2 所示。计算结果表明这 10 年间, 除 2007 年, 近邻平均度与加权近邻平均度都一直在上升, 说明各国的贸易伙伴数目总体上来说逐年增加, 只有 2007 年因次贷危机, 整体的贸易伙伴数有所下降。从表 2 中还可以看出, 每年的加权平均近邻度均大于未加权的近邻平均度, 这表明具有较大权重的边倾向于连接具有较大度值的节点, 也就说明贸易强度大的国家倾向于与贸易伙伴数目多的国家做贸易。

### (3) 平均近邻强度

平均近邻强度 (average of nearest-neighbor strengths, ANNS) 测量的不是节点本身的强度, 而是与之相连的其它节点的强度的高低。世界贸易网络中一国的平均近邻强度反映的是与该国存在贸易关系的所有国家的点强度的均值。节点  $i$  的平均近邻强度是与节点  $i$  相连的所有节点的强度的平均值, 计算方法如式 (7) 所示。

$$ANNS_i = \frac{1}{d_i} \sum_j a_{ij} s_j = \frac{1}{d_i} \sum_j \sum_h a_{ij} w_{jh} \quad (7)$$

针对2000–2009年世界各国之间的贸易关系数据,通过矩阵运算计算出每年各国的平均近邻强度的均值如表2所示。结果表明,这10年间,除2008年,平均近邻强度一直趋于上升,说明各国的贸易相对强度一直在增加,而到2008年,整体的贸易强度有所下降。

二级中心性分析的结果表明,聚集系数、近邻平均度与加权近邻平均度在2007就开始下滑,而平均近邻强度在2008年才出现下滑(如表2中斜体所示),说明2007年次贷危机首先影响的是贸易关系的紧密程度,然后才影响各国之间的贸易强度。虽然危机给贸易带来的影响很迅速,但世界贸易网络关系与强度的恢复也比较迅速,贸易关系紧密度2007年下降,到2008年就已恢复并超过危机前的水平,贸易相对强度在2008年下降,到2009年就已恢复并超过危机前的水平。

### 3. 中心性指标的相关性分析

#### (1) 一级中心性指标之间的相关性

对2000–2009年世界各国的点度数、点强度及差异度等一级中心性指标值做相关分析,得出10年各指标的相关系数如表3所示,其中D–S列为各年的点度数与点强度的相关系数,D–H列为各年的点度数与差异性的相关系数,S–H为各年点强度与差异性的相关系数。从表3数据可以看出点度数与点强度正相关,整体上看,贸易伙伴多的国家贸易强度也较大,但相关系数不大,在0.3至0.4之间,这表明不是所有的贸易伙伴多的国家都具有较大的贸易强度。差异性与点度数显著负相关,但差异性与点强度相关性不显著,表明贸易伙伴多的国家权重分布差异性越小。

#### (2) 一级中心性指标与二级中心性指标之间的相关性

对2000–2009年世界各国的一级中心性指标(点度数、点强度)与二级中心性指标(近邻平均度、平均近邻强度、聚集系数与加权聚集系数)做相关分析,得出10年各指标的相关系数如表3所示,其中D–ANND列为各年的点度数与近邻平均度的相关系数,S–ANNS列为各年的点强度与平均近邻强度的相关系数,D–CC列为各年点度数与聚集系数的相关系数,S–WCC列为各年点强度与加权聚集系数的相关系数。

表3中数据显示,点度数与近邻平均度之间的相关系数均为负,且负相关程度非常高,相关系数接近-1。表明世界贸易网络为负向匹配网络(disassortative network),即度数值高的节点倾向于与度数值低的节点相连接,贸易伙伴多的国家倾向于与贸易伙伴少的国家发生贸易。这与早先Serrano与Boguñá(2003)及Garlaschelli与Loffredo(2004)研究结果一致。点强度与平均近邻强度之间也是负相关关系,表明贸易强度大的国家其贸易伙伴的平均贸易强度低,但点强度与平均近邻强度负相关的程度要低于点度数与近邻平均度之间的负相关程度,仅为-0.3左右,这又说明存在一些国家自身贸易强度较高,其贸易伙伴的贸易强度也较高。

无权网络中点度数与聚集系数的相关性分析结果与加权网络中点强度与加权聚集系数的相关性分析结果截然相反,前者显著负相关,后者显著正相关,相关系数

表2 2000-2009各年二级中心性指标均值

	聚集系数	加权聚集系数	标准近邻平均度	标准加权平均近邻度	平均近邻强度
2000	0.891	0.00026	86.439	97.770	0.246
2001	0.897	0.00026	87.207	98.039	0.246
2002	0.900	0.00028	87.639	98.031	0.261
2003	0.903	0.00031	88.100	98.224	0.284
2004	0.910	0.00034	89.071	98.312	0.300
2005	0.913	0.00034	89.190	98.235	0.302
2006	0.930	0.00043	91.690	98.816	0.327
2007	0.880	0.00051	83.648	96.167	0.420
2008	0.942	0.00062	93.287	99.055	0.398
2009	0.952	0.00096	94.373	99.296	0.460

的绝对值均接近于1。表明拥有较多贸易伙伴的国家的聚集度低，而贸易强度较大的国家其加权聚集系数也大。这反映了网络的一个主要性质，即极少数的节点拥有大量的连接，称之为富人俱乐部（Rich-Club）现象（Saramaki, 2007）。但是这种富人俱乐部现象只存在于点强度大的节点之间，而点度数大的节点之间不存在此现象，说明贸易强度大的国家之间贸易关系紧密，因此，贸易强度大的少数国家聚集在一起，组成“富人俱乐部”。

表3 2000-2009各年中心性指标的相关性

	一级中心性指标的相关系数			一级与二级中心性指标间的相关系数			
	D-S	D-H	S-H	D-ANND	S-ANNS	D-CC-	S-WCC
2000	0.370	-0.368	-0.063	-0.976	-0.367	-0.960	0.950
2001	0.358	-0.462	-0.062	-0.975	-0.352	-0.952	0.953
2002	0.360	-0.386	-0.065	-0.968	-0.356	-0.944	0.955
2003	0.363	-0.321	-0.091	-0.963	-0.362	-0.939	0.961
2004	0.356	-0.373	-0.094	-0.958	-0.358	-0.928	0.962
2005	0.353	-0.426	-0.094	-0.957	-0.344	-0.914	0.961
2006	0.344	-0.431	-0.105	-0.932	-0.373	-0.895	0.963
2007	0.433	-0.512	-0.121	-0.951	-0.383	-0.926	0.961
2008	0.333	-0.586	-0.136	-0.932	-0.399	-0.899	0.968
2009	0.305	-0.531	-0.131	-0.884	-0.319	-0.810	0.970

四、世界贸易网络核心—边缘分析

（一）整体核心—边缘分析

Van der Leij与Goyal（2006）指出若一个网络的点度数呈偏态分布，且点度数与点强度正相关，该网络就存在核心—边缘结构。上文的分析表明，世界贸易网络中的点度数呈偏态分布，且点度数与点强度正相关，相关系数大于0.3，这说明世界贸易网络中存在核心—边缘结构。关于世界经济体系的研究也一直将世界经济体系分为三个地带，即核心地区、半边缘地区与边缘地区。随着世界经济的发展，“核心—半边缘—边缘”的层次结构虽然整体上没有改变，但层次结构却一直在变



化与重组。核心区、半边缘区与边缘区的国家不断变更，这种变化会影响世界贸易的格局及世界经济的发展。

本文采用加权矩阵W数据，构建连续的核心—边缘模型，分析2000–2009这10年中世界贸易的核心—边缘结构如何变化。采用Ucinet软件估计出每年各国的核心度（coreness），从而对世界各国的贸易地位有一个量化的认识。根据核心度计算结果，本文把核心度大于0.1的国家归于核心地区，核心度在0.01–0.1的国家归于半边缘地区，核心度小于0.01的国家归于边缘地区，各区域的国家数目如表4所示。

表4 2000–2009各年核心、半边缘及边缘区域的国家数目

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
核心	4	4	5	6	6	6	6	6	10	11
半边缘	21	21	23	25	26	27	34	36	36	30
边缘	133	137	134	132	130	129	115	110	100	75

由表4可知，处于边缘区域的国家在逐年减少，处于半边缘区域的国家逐年增加，处于核心区域的国家(地区)也在逐年增加，到2009年核心度大于0.1的国家(地区)已达到11个，而在2000年与2001年只有4个，每年的核心国家(地区)如表5所示（按核心度大小排列）。

表5 2000–2009各年核心区域国家或地区

年份	核心国家
2000	美国、加拿大、墨西哥、日本、
2001	美国、加拿大、墨西哥、日本、
2002	美国、加拿大、墨西哥、日本、中国
2003	美国、加拿大、墨西哥、中国、日本、德国
2004	美国、加拿大、中国、墨西哥、日本、德国
2005	美国、加拿大、中国、墨西哥、日本、德国
2006	美国、加拿大、中国、墨西哥、日本、德国
2007	美国、加拿大、中国、墨西哥、日本、德国
2008	美国、中国、加拿大、德国、日本、墨西哥、中国香港、英国、法国、韩国
2009	美国、中国、加拿大、日本、德国、墨西哥、中国香港、韩国、英国、法国、荷兰

需要指出的是核心度与中心度不一致，“核心度”是“中心度”的一种，但反之不成立。中心度高的行动者不一定具有较高的核心度，这是因为中心度高的行动者之间可能没有关系，因此其核心度可能较低。而核心度较高的国家一定具有较高的中心度。在世界贸易网络中，点度数高或点强度大的国家其核心度并不总是大，也就是说各国的核心度排名与点度数及点强度的排名并不完全一致。贸易总量大的国家，核心度并不一定高，而核心度大的国家一定是贸易强度大的国家。

（二）三大经济体与新兴经济体的核心度变化趋势比较

2000–2009年这10年中，中国加入世贸组织，欧元正式流通，美国次贷危机，这些事件是否影响主要经济体的核心度？美国、日本与德国三大经济体及以中国、俄罗斯、印度、巴西为代表的新兴经济体的核心度如何变化？本文选取了北美自由

贸易区三国（美国、加拿大与墨西哥）、日本、欧盟中三个主要国家（德国、英国与法国）、金砖四国（中国、俄罗斯、印度、巴西）共11个国家，分析其核心度的变化趋势，结果如表6所示。

从表6可以看出，美国的核心度在这10年中一直下降，其中两次较大幅度的下滑出现在2003年与2008年。由于2001年中国入世、2002年欧元流通后中国、德国、英国与法国的核心度上升，再加上俄罗斯联邦与印度核心度的上升，所以在2003年美国的核心度第一次大幅下滑。2007年的次贷危机使美国的核心度在2008年与2009年出现更大幅度的下滑。北美自由贸易区的加拿大核心度到2005年为止一直呈小幅上升趋势，但2006年就出现小幅下降，2007年的降幅较大，2008年虽有小幅上升，但2009年又下降，且低于2007年的水平。北美自由贸易区的墨西哥虽然在2007年次贷危机后还有小幅增加，但到2009年也出现了小幅下降。

日本的核心度在这10年期间一直稳中有升，只在2005年出现略微下滑。在2007年次贷危机后的2008年与2009年，日本的核心度有较大幅度的上升。

德国、英国与法国三个欧盟国家在2000-2009年中，除了在2005年有微量下滑外，一直处于上升的阶段。期间，两次大幅上升分别出现在2003年与2008年。2002年1月1日欧元正式进入流通，提升了欧盟成员国贸易地位，使得德国、英国与法国的贸易核心度显著提升。虽然英国没有加入欧元区，但作为欧盟成员国，贸易核心度也同样在2003年显著增加。2007年次贷危机后，三国的核心度均有较大的增幅。比较德国与英国的情况，虽然两国都在增加，但由于英国没有加入欧元区，增幅却存在差异，英国的增幅较小。在2000年时，两国的核心度相当，英国只比德国小0.008，而到了2009年，英国比德国小将近0.1。

中国在这10年中，除了2007年核心度有略微的下降外，一直稳步上升，且上升幅度较大。中国于2001年12月11日正式成为世贸组织成员后，在2002年核心度就出现了较大的增加。在2007年次贷危机后的2008与2009年的增幅更大，将近0.1。

近几年，特别是次贷危机后，新兴经济体对世界经济的带动有目共睹。作为金砖四国的俄罗斯、印度、巴西在世界贸易网络中核心度也有所上升。次贷危机后的2008年与2009年，三个国家的核心度均显著提升，增幅接近100%。印度是表6所有11个国家中唯一一个在这10年中每年核心度均上升的国家，即使在2007年的次贷危机中都没有下降。受次贷危机的影响，巴西仅在2007年出现小幅下降，俄罗斯仅在2007与2009年出现小幅下降。

总之，这10年中，美国的贸易核心度逐年下降，加拿大与墨西哥在次贷危机后也有或多或少的下降。表6中其它8国的核心度在次贷危机后的两年均上升，日本、德国与法国增幅明显，金砖四国的增幅尤其显著，接近100%，相比之下，英国的核心度虽然有所上升，但增幅不大。

## 五、结论

本文采用无权网络与加权网络分析了2000-2009年10年间世界贸易网络结构的动态变化趋势及次贷危机的影响，具体得出如下结论。

表6 三大经济体与新兴经济体的核心度

	美国	加拿大	墨西哥	日本	德国	英国	法国	中国	印度	俄罗斯	巴西
2000	0.952	0.204	0.134	0.114	0.059	0.051	0.034	0.071	0.008	0.007	0.016
2001	0.945	0.220	0.140	0.115	0.069	0.058	0.040	0.085	0.009	0.007	0.019
2002	0.930	0.240	0.152	0.127	0.081	0.064	0.045	0.116	0.012	0.009	0.020
2003	0.895	0.279	0.168	0.148	0.111	0.080	0.059	0.165	0.016	0.015	0.023
2004	0.864	0.300	0.176	0.164	0.132	0.090	0.071	0.210	0.020	0.021	0.028
2005	0.862	0.302	0.173	0.158	0.126	0.084	0.067	0.230	0.022	0.024	0.029
2006	0.839	0.301	0.183	0.167	0.143	0.091	0.074	0.266	0.027	0.031	0.032
2007	0.843	0.288	0.186	0.168	0.142	0.090	0.068	0.262	0.028	0.027	0.028
2008	0.745	0.310	0.192	0.196	0.199	0.115	0.108	0.354	0.045	0.059	0.050
2009	0.685	0.274	0.190	0.212	0.210	0.121	0.116	0.450	0.052	0.050	0.051

1.世界贸易网络统计量呈偏态分布,点度数核密度分布左偏,点强度核密度分布右偏,差异性核密度分布右偏。点度数核密度估计图的左边拖着长长的尾巴,表明大多数国家的贸易伙伴很多,贸易伙伴不多及贸易伙伴很少的国家均不多;点强度核密度估计图的右边拖着长长的尾巴,表明大多数国家相对贸易强度都很小,贸易强度大的国家只有极少数;比较点度数与点强度的分布,可知虽然大多数国家的贸易伙伴多,但只有少数国家的贸易强度大;差异性核密度估计图右边拖着长长的尾巴,表明大多数国家的贸易分布的差异性很小,只有少数几个国家差异性大、贸易集中度高。

2.受次贷危机的影响,世界贸易关系的萎缩先于世界贸易量的萎缩。虽然直接的贸易统计数据显示,从2008年第三季度到2009年第一季度,世界贸易出现了“大崩溃”。但是,贸易关系萎缩却是发生在2007年。世界贸易整体网络密度、聚集系数、近邻平均度与加权近邻平均度等反映贸易关系紧密度的指标在2007年就已下降,而平均近邻强度到2008年才开始下降。可见,次贷危机首先影响贸易关系紧密度,随后才影响贸易关系的强度。

3.一级中心性指标之间的相关性分析显示,点度数与点强度正相关,而与差异性显著负相关,说明贸易伙伴多的国家贸易强度也较大,权重分布差异性小。一级中心性指标与二级中心性指标的相关性分析显示,点度数与近邻平均度及点强度与平均近邻强度的相关系数均为负,表明世界贸易网络为负向匹配网络;点度数与聚集系数显著负相关,说明拥有较多贸易伙伴的国家的聚集度低;而点强度与加权聚集系数显著正相关,说明贸易强度较大的国家加权聚集系数也大,即国际贸易网络存在富人俱乐部现象。

4.次贷危机后,各国的核心度发生了显著的变化。北美自由贸易区的美国、加拿大与墨西哥的核心度在次贷危机后均呈下降的趋势,其中美国的核心度在最近

10年中一直下降,次贷危机后下降更明显,而墨西哥核心度的下降不明显;日本的核心度一直稳中有升,尤其是次贷危机后有较大的升幅;欧盟的德国、英国与法国总体上核心度都呈上升趋势,英国因没有加入欧元区,其升幅要明显小于德国与法国;作为新兴经济体的中国其核心度在这10年中一直上升,且上升幅度较大,金砖四国中的其它三国,即印度、俄罗斯与巴西在次贷危机后增幅也很显著,2009年的核心度接近2007年的2倍。

### [参考文献]

- Fagiolo, G., (2007) "Clustering in Complex Directed Networks," *Physical Review* 76 (2) , 026107.
- Fagiolo, G., Schiavo, S., Reyes, J., (2008) "On the Topological Properties of the World Trade Web: A Weighted Network Analysis," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 387 (15) : 3868-3873.
- , (2009) "World-trade Web: Topological Properties, Dynamics, and Evolution," *Physical Review E* 79 (3) , 036115.
- Fagiolo, G., Reyes, J., Schiavo, S., (2010) "The Evolution of the World Trade Web: a Weighted-network Analysis," *Journal of Evolutionary Economics* 20 (4) : 479-514.
- Martins, J.O., Araujo, S., (2009) "The Great Synchronisation: Tracking the Trade Collapse with High-frequency Data," *The Great Trade Collapse: Causes, Consequences and Prospects*, Edited by R. Baldwin, VoxEU.org.
- Onnela, J., Saramaki, J., Kert sz, J., Kaski, K., (2005) "Intensity and Coherence of Motifs in Weighted Complex Networks," *Physical Review E* 71 (6) , 065103 (R) .
- Saramaki, J., Kivelä, M., Onnela, J., Kaski, K., Kert sz, J., (2007) "Generalizations of the Clustering Coefficient to Weighted Complex Networks," *Physical Review E* 75 (2) , 027105.
- Van der Leij, M., Goyal, S., (2006) "Strong Ties in a Small World," *Tinbergen Institute Discussion Papers* No. 06-008/1.

(责任编辑 阿 齐)

## Analysis on Social Network of World Trade Situation in 2000-2009

CHEN Yin-fei

**Abstract:** Through a social network analysis of the trade data in the period of 2000-2009, this paper studies the world trade web in the new century and the impact of the subprime mortgage crisis on it. A descriptive analysis shows that the world trade web was a disassortative network with a small "rich club", that though most countries established trade relationships with many partners, only a few of these connections were intense, and that as the result of the subprime mortgage crisis, the decline in the trade ties went before the shrinking in the trade strength. A core-periphery structure analysis reveals that the coreness of USA declined constantly and that of Japan, Germany, UK, and France ascended, especially after the crisis, and that the coreness of the BRICs reached twice as great as the level before the crisis.

**Keywords:** World trade web; Subprime mortgage crisis; Core-periphery Structure; Social network analysis