

社会网络分析在政府间国际组织研究中的应用

刘建胜^{1a}, 封孝生^{1a}, 何晚辉^{1b}, 李立波²

(1. 国防科学技术大学 a. 信息系统与管理学院, b. 高性能计算国家重点实验室, 长沙 410073; 2. 武汉军代局驻长沙地区军代室, 长沙 410014)

摘要: 针对社会网络分析方法在政府间国际组织研究中的应用, 综述了该领域的研究进展, 着重对具体的应用方法进行了介绍。通过一个示例网络讲述了网络的构建方法, 采用中心性分析方法和聚类分析方法进行了网络性质的分析, 之后进一步讨论了网络的性质分析对研究政府间国际组织的影响。最后, 指出了当前的网络分析方法在研究中存在的问题, 并对未来的研究前景进行了展望。

关键词: 政府间国际组织; 社会网络分析; 应用

中图分类号: TP39; N945

文献标志码: A

文章编号: 1001-3695(2014)01-0028-05

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2014.01.005

Application of social network analysis in research of intergovernmental organizations

LIU Jian-sheng^{1a}, FENG Xiao-sheng^{1a}, HE Wan-hui^{1b}, LI Li-bo²

(1. a. College of Information System & Management, b. State Key Laboratory of High Performance Computing, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China; 2. Changsha Military Representative Agency, Wuhan Military Representative Bureau of General Armament Department, Changsha 410014, China)

Abstract: This paper analyzed and reviewed application of social network analysis in the research of intergovernmental organizations. By an example network, the paper mainly focused on the method of constructing intergovernmental organizations network, centrality analysis method, cluster analysis method and network effect on the research of intergovernmental organizations. It some pointed problem in current network analysis methods out. Finally, it looked forward to the direction of the future research.

Key words: intergovernmental organizations; social network analysis (SNA); application

政府间国际组织(intergovernmental organizations, IGOs)^[1]是若干国家依据条约组成或建立的组织, 它的职权、权利和义务都是以其条约为依据的。当今世界大约有 250 多个 IGOs, 这个数字还在增长。IGO 按其基本性质和活动范围考察, 大致可以分为一般政治性和专门性两大类。现有的 IGOs 大约 90% 以上都是在 20 世纪创立的, 最著名的有联合国及其附属机构、世界贸易组织, 以及区域性组织如欧洲经济共同体、北大西洋公约组织、美洲国家组织和经济委员会等。IGO 的发展顺应了全球化的趋势, 在国际社会发挥着越来越重要的作用。IGO 为国家之间的和平共处提供了合作交流的平台, 为世界经济的繁荣发展聚集了丰富的资源, 为打破国家的独裁统治提供了国际监督的窗口^[2]。

现在, IGO 成员国的身份已经成为国家的一个重要属性, 对国家的政治、经济、文化、外交、国防等方面的发展产生了巨大的影响。如何利用 IGO 这个平台为国家发展世界的和平做出贡献, 已经成为各个国家共同面临的问题。所有的 IGO 组成了一个网络, 这个网络会对国家的行为产生哪些影响。为了系统地研究 IGOs, 20 世纪 60 年代末至 70 年代初, Savage 等人开始将社会网络分析方法应用到 IGOs 网络的分析上, 用于研

究网络中的联系, 这些网络联系主要是基于 IGOs 的成员关系^[3-5], 不过这个阶段的研究没有涉及到网络关系对国际政治的影响。到了 20 世纪 70 年代末, Snyder 等人开始引入依赖性和世界体系理论, 应用社会网络分析法对导致国际关系不平等的组织因素进行研究^[6-8]。只是当时这类研究并不是国际关系领域的主流研究方向, 没有受到重视, 研究没有取得实质性的成果。进入 20 世纪 90 年代后, 学者们开始使用社会网络分析方法来系统研究 IGOs 网络对国际关系的影响, 研究方法和研究范围都得到了进一步拓展, 进而使得 IGOs 的研究迎来了高速发展的阶段。Emilie 等人认为国家的 IGOs 成员国关系已经成为国家的重要属性, 网络结构对国际关系的发展、国家之间的权利平衡和军事冲突都会产生重要影响^[9-11]。

在国外, 利用社会网络分析方法研究 IGOs 一直是国际关系研究领域的一个重要研究方向。但是在国内, 这类研究起步比较晚, 研究的学者也较少, 本文的目的是想介绍社会网络分析法在 IGOs 研究中的应用情况。

1 社会网络分析

社会网络分析(social network analysis)是研究一组行动者

收稿日期: 2013-04-22; 修回日期: 2013-06-08

作者简介: 刘建胜(1987-), 男, 安徽桐城人, 硕士研究生, 主要研究方向为信息资源管理(ljsh1216@163.com); 封孝生(1971-), 男, 副教授, 主要研究方向为信息安全、信息管理与智能决策; 何晚辉(1988-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为高性能计算; 李立波(1989-), 男, 助理工程师, 主要研究方向为迫击炮的消音和防重装技术。

之间关系的方法,行动者可以是人、生物、组织、国家等,它们的关系模式反映出现象或数据是网络分析的焦点^[12]。世界是由相互关联的实体组成的复杂系统,而每个实体又是一个子系统,这些子系统中存在着相互关联的实体组成的网络,这些网络大部分是可以通过社会网络分析法来进行研究的。社会网络分析起源于社会学上的概念,早在 19 世纪 30 年代,Moreno 就开始使用社会计量的方法来定义一些小的群落中人们之间的社会关系,并发明了社群图。在社群图中,用节点代替个体,用边代替个体之间的关系^[13]。社会网络分析着重分析的是实体之间的关系而不是实体本身的属性。通过这种网络分析的方法透视实体之间的联系,并找出这些联系可能存在的隐藏信息。

根据行动者集的特性和它们之间的属性,可以对社会网络进行分类。如果结构变量是从某个单一的行动者集得到的,则产生单模网络;还有一些结构变量是从两个甚至更多的实体集中测量得到的。例如,研究来自两个不同集合的行动者,一个集合是由公司组成的,而另一个则是由非营利组织组成的,接下来便可以测量公司给予非营利组织的财政支持。这种包括两个行动者集合的网络数据集被称为双模网络,它反映了两组行动者集这个事实。类似地,如果有三组或以上的行动者集,就组成了多模网络。有一种特殊类型的双模网络,称之为从属网络^[14],测量的是一组行动者参与一组事件或活动。在从属网络中,第一个模式是一组行动者,第二个模式则是行动者参与的一组事件。本文所要介绍的 IGOs 网络就属于这类网络,国家的集合组成了一个行动者集,IGO 的集合组成了一个事件集。

社会网络研究中的中心性分析^[15-17]和社区发现^[18,19]是社会网络研究中的经典问题。通过中心性分析找出核心节点,对于 IGOs 网络,这些节点是在网络中发挥重要作用的国家,它们对维护网络体系的运转,加强不同组织、不同国家之间的联系发挥了重要作用。另一方面通过对网络的社区挖掘,可以找出哪些国家在网络中关系比较紧密,这种社团结构的划分能够揭示 IGOs 对世界的经济、政治、战争等产生的重要影响。

2 社会网络分析在 IGOs 研究中的应用

由于实际的 IGOs 网络较为复杂,是一个由 200 多个国家 and 近 400 个 IGOs 组成的网络,分析起来较为复杂,这里以一个假想的 IGOs 组成的简易网络为例,介绍社会网络分析在 IGOs 研究中的应用。如表 1 所示,这是一个假想的 IGOs 网络的从属矩阵,从该矩阵中可以看到,该网络是由 5 个国家参与的 8 个 IGOs 组成的。下面将通过网络建模、网络性质分析和网络分析对 IGOs 研究的影响三方面来讲述社会网络分析在 IGOs 研究中的应用。

表 1 从属网络矩阵

	IGO ₁	IGO ₂	IGO ₃	IGO ₄	IGO ₅	IGO ₆	IGO ₇	IGO ₈
美国	1	1	1	1	1	0	0	0
英国	1	1	1	0	1	0	0	0
法国	0	0	0	1	1	1	1	0
中国	0	0	0	0	0	1	1	1
俄罗斯	0	0	0	0	0	0	1	1

2.1 构建 IGOs 网络

在建模时可以根据研究的需要或者网络的规模构建不同

的模型。IGO 网络可以使用矩阵、二分图和超图来表示,所有这些表示方法都包含了相同的信息。在表 1 中,使用的是矩阵表示的 IGOs 网络。矩阵 $A = \{a_{ij}\}$,叫做从属矩阵。矩阵 A 是一个行代表行动者,列代表事件的双模关系矩阵。具体地表示为

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{如果国家 } i \text{ 参与了 IGO}_j \\ 0 & \text{如果国家 } i \text{ 未参与 IGO}_j \end{cases}$$

IGO 网络也可以用二分图来表示,如图 1 所示,其中的点被分为两个子集,所有的边都是不同子集的对节点之间的,表示该国家属于某个 IGO。二分图的优点是,可以清晰地看到国家之间以及国家和 IGO 之间的非直接联系。

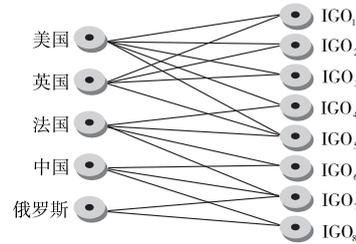


图 1 二分图

IGO 网络还可以用超图来表示,如图 2 所示。因为从属网络可以用实体子集的集合来描述,所以每个事件描述了它所包含的行动者的子集,每个行动者描述了它所属的事件的子集。用这种方式看待从属网络是超图方法的基础。超图包含一组客体,称为点,以及一个客体子集的集合,称为边。在网络中,一个包含 N 个国家的点集和 M 个 IGO 的边集组成的超图用符号表示为 $H = (N, M)$ 。通过点和边的转置,就可以得到对偶超图 $H^* = (M, N)$ 。对偶超图里,IGO 被描述成点,行动者被描述成边。

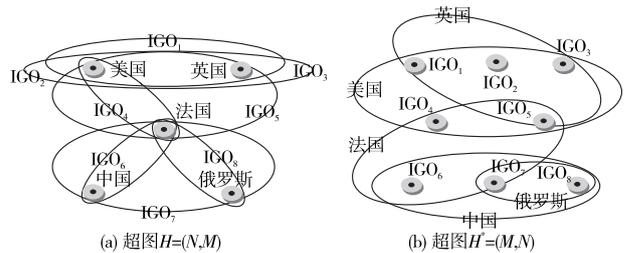


图 2 超图和对偶超图

尽管表示 IGOs 网络的方式有三种,但矩阵是其中最常用的一种方法。这是因为一方面矩阵在进行变换和运算时比较方便,另一方面,二分图和超图都不适用于大规模的社会网络分析,表示起来十分复杂。将图 1 中的矩阵进行 AA^T 的转换,即得到表 2 所示的国家之间的社会关系矩阵 S ,图 3 是国家之间的社会关系网络图。利用矩阵 S 对国家的社会关系网络进行分析。当然,这里也可以通过转换 $A^T A$ 得到 IGOs 的社会关系矩阵,本文以分析国家之间的网络关系为例,IGO 之间的网络关系可以同理进行分析。

表 2 国家之间的社会网络关系矩阵 S

	美国	英国	法国	中国	俄罗斯
美国	5	4	2	0	0
英国	4	4	1	0	0
法国	2	1	4	2	1
中国	0	0	2	3	2
俄罗斯	0	0	1	2	2



图 3 国家之间的社会关系网络图

2.2 网络性质分析

在网络构建的基础上,可以对 IGOs 网络的性质进行全面的分析。这里结合当前 IGOs 网络研究的热点问题,主要讲述节点的中心性分析和网络的聚类分析。进行中心性分析是为了找出一些在 IGOs 中活跃程度较高、作用比较突出的国家,它们对整个网络产生的影响比较显著。通过聚类分析找出网络结构相类似的国家,根据社会网络分析理论就可以推断这些国家可能在国际事务中会表现出相似的行为,这对揭示 IGOs 对国家、国际关系的影响有重要的意义。在进行相关数据分析和处理的时候,使用了 Ucinet 6.0 分析软件。

2.2.1 中心性分析

社会网络分析中,中心性分析的方法很多,常用的包括点度中心度(degee centrality)^[15]、接近中心度(closeness centrality)^[16]和中介中心度(betweenness centrality)^[17]分析。在矩阵 S 中,国家的点度中心度是该国与其他国家共同参与的 IGOs 数量之和,这个指标揭示了该国与其他国家联系的紧密程度,但是它没有考虑到其他节点的重要程度。国家的接近中心度是通过该国到达其他国家的距离来计算的,这个指标可以用来估计信息或者资源传递到一个给定节点的时间。国家的中介中心度是通过最短路径的数量来计算的,最短路径是指该国作为两国发生联系必须经过的节点,它反映了网络的效能对一个国家的依赖程度。不过,接近中心度和中介中心度都没有考虑所有路径的意义。之后随着研究的深入,又出现了一些测量特定性质的中心度算法。这些中心度算法包括特征向量中心度(eigenvector centrality)^[20]、信息中心度(information centrality)^[21]、流中介中心度(flow betweenness centrality)^[22]。特征向量中心度测量了一个国家吸引网络资源的能力,信息中心度和流中介中心度测量了一个国家在网络中接收信息资源的效率。在实际应用中,应该根据网络分析的实际需要综合运用多种分析方法。

表 3 是对矩阵 S 进行六种中心度分析的结果,从中可以看出,美国和法国的点度中心度是最高的,但是法国的接近中心度、中介中心度和信息中心度都比美国高,这是因为法国与更多的国家有直接的联系。在特征向量中心度上,美国比法国拥有更高的中心度,这是因为美国与英国有很强的直接联系。

表 3 中心性分析

中心度	美国	英国	法国	中国	俄罗斯
点度中心度	6	5	6	4	3
接近中心度	0.67	0.67	1	0.67	0.67
中介中心度	0	0	4	0	0
特征向量中心度	0.68	0.57	0.42	0.16	0.10
信息中心度	2.31	2.10	3.01	2.19	1.88
流中介中心度	0.33	0.17	0.76	0.33	0.17

2.2.2 聚类分析

当两个国家与其他国家之间的联系相同,就称它们在网络结构上等价。事实上,完全等价是非常少见的,因此在位置分析中,可以尝试找出位置相类似的国家。聚类分析的方法主要包括层次聚类分析法(hierachical cluster)^[23]、迭代相关收敛法(convergent correlations)^[24]和多维标度法(multidimensional scaling)^[25]。这里,以最常用的层次聚类分析法为例进行层次

聚类。

为了判断两个国家的相似程度,需要对两两国家联系的相似性进行度量,当前的度量方法主要有距离法^[26]和相关系数法^[27]。在 IGOs 网络中普遍使用的是距离法,在社会关系矩阵 S 上,应用距离法可以得到一个距离矩阵 D。距离矩阵可以通过两种方法进行计算,一种是通过绝对值计算:

$$d_{ij} = \sum_{k \neq i,j} |s_{ik} - s_{jk}|$$

另一种是通过几何平均值计算:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k \neq i,j} (s_{ik} - s_{jk})^2}$$

表 4 是通过绝对值进行计算得到的绝对距离矩阵。从中可以看出,虽然法国和俄罗斯同中国联系的紧密程度是相同的,但俄罗斯与中国的距离更近,更易于划分为同一类。这是因为中国和俄罗斯的对外联系十分相似,都只同法国参加了同样的 IGOs,而法国还与美国和英国参加了同样的 IGOs。所以在接下来的聚类分析过程中,俄罗斯就更容易同中国划分为一类国家。

表 4 绝对距离矩阵 D

	美国	英国	法国	中国	俄罗斯
美国	0	1	6	6	7
英国	1	0	5	7	6
法国	6	5	0	4	3
中国	6	7	4	0	1
俄罗斯	7	6	3	1	0

在得到绝对距离矩阵以后,利用层次聚类法对国家进行分类。首先将每个国家作为一个独立的类,共有五个独立的类;然后增加距离的大小,以此作为分类的参考,直到得到想要的分类结果。通过逐渐减少分类的数量,可以得到表 5 的分类结果。依据分类结果,认为美国和英国在 IGOs 网络中具有相类似的地位,根据社会网络分析中网络地位和角色的相关理论,可以推断它们会在一些国际问题中表现出相似的行为。

表 5 利用层次聚类分析方法进行分类

分类的个数	类
5	[美国] [英国] [法国] [中国] [俄罗斯]
3	[美国, 英国] [法国] [中国, 俄罗斯]
2	[美国, 英国] [法国, 中国, 俄罗斯]
1	[美国, 英国, 法国, 中国, 俄罗斯]

2.3 网络分析对 IGOs 研究的影响

加强社会网络分析方法对 IGOs 网络的研究,有利于揭示当今国际社会中国与国之间的关系,有利于解决一些全球性问题。社会网络的理论认为,网络中的任何一个节点都对网络整体性产生影响,并且每一个节点也都受到网络中其他节点的影响。社会学通过研究发现,具有较高中心度的节点在网络中拥有更多的社会资本,社会资本代表着由网络关系产生的资源。通过中心性分析可以发现网络中节点的中心度分布情况,这有利于分析国家在 IGOs 网络中占据的位置地位,掌握资本的多寡。例如,拥有较高的点度中心度、中介中心度或者接近中心度的国家掌握更多的社会资本,拥有更高的信息中心度的国家会掌握更多的信息,而信息和资本在处理国际问题中发挥着十分重要的作用。另一方面通过聚类分析方法可以得到在网络中所处的位置相似的国家,这些国家可能面临着相似的机会、受到相似的约束,因此可以猜测它们也会表现出相似的行为。但在国际社会,相似的行为并不一定表现为合作的关系。位置上相似的国家也会表现为互相竞争的关系,这依赖于它们在

网络中相应的位置扮演的角色。例如,中印两个大国在 IGOs 网络中所处的位置会极其相似,但是两者都谋求世界强国的地位,就会在很多方面表现为竞争关系。

通过网络性质的分析揭示网络中的现象和规律,已经成为社会网络分析研究领域的普遍应用。在 IGOs 的研究中,越来越多的学者开始将网络性质、角色和位置的关系同全球发展过程中的政治、经济、文化、战争等问题联系起来研究,希望在网络层面通过系统的分析得出一些科学的结论。事实上,社会网络分析在 IGOs 上的一些最新研究已经揭示出了网络对国际关系的一些影响。Beckfield^[28]认为随着时间的推移,网络中国家之间联系的不平衡会逐渐地减小,但是不同地区国家之间的排斥现象仍然存在。Kim 等人^[29]研究发现在网络中处于中心位置大多是西方发达国家。Manger 等人^[30]认为因为国家之间制定的贸易协议,网络中很容易形成区域子群,但是一些不发达国家被排除在这些子群之外。Hafner-Burton 等人^[9]将各国在网络中所处的位置同军事冲突的发生概率联系起来进行了研究,认为网络位置改变了权利和信息的分配,当网络中结构等价的国家增加时,会增加军事冲突发生的可能性;当国家之间的中心性差距较大时,会减小军事冲突发生的可能性。

3 社会网络分析在 IGOs 研究上面临的问题

社会网络分析最早应用在行为科学上,经历了很长时间的发展,拥有了一套系统的研究方法。但是社会网络分析在 IGOs 研究上的应用还处于初级阶段,在数据精确性分析和研究方法的创新上都还存在一些不足。

3.1 网络数据不够精确

社会网络分析在 IGOs 研究上的应用,一个很重要的方面就是要获取精确的网络数据,这也是当前研究的一个难题。现在的数据存在四个方面的问题:

a) 研究的数据存在片面性。国家之间的成员国关系是一个被广泛使用的变量,然而成员国关系反映的只是两个关系共同参与了一个 IGOs,并不是两个国家之间的直接联系。虽然不同的国家可以通过 IGOs 这个平台获得更多的机会进行互相交流,但这并不意味着国家之间的联系就一定是积极的。而在进行网络分析的时候,这些联系都被看成是积极的联系。

b) 不同的 IGOs 对国际关系的影响也是不同的。例如在二十国集团峰会中,国家之间产生联系、进行交流,这对国际关系的影响要远比非洲花生理事会所产生的影响明显。不同的政府间国际组织在网络中的作用是不尽相同的。

c) 在某些 IGOs 中,一些国家只是派出了代表参加了该组织,IGO 的决定却不能对该国的政治产生影响,IGO 的作用也就变得可有可无。

d) IGOs 的成员国关系数据是不可靠的,因为 IGOs 很少被撤销,成员国数量也几乎不减少。与社会网络分析中的动态网络分析相比,IGO 网络就是一个完全静止的网络,IGO 网络是始终不变的。

3.2 缺乏针对性的分析方法

当前对 IGOs 网络的分析,都是先将从属网络转换为单模网络。在这种转换中,丢失了很多原有的信息。在原来的从属网络中,能够表示出一个国家参与了哪些 IGOs,一个 IGOs 包含了哪些国家,但是经过转换之后的网络,这些信息都丢失了,

只能表示两个国家共同参与的 IGOs 的数量。转换之后,一些信息丢失了,以致无法从得到的单模网络还原到开始的双模网络。这种在单模网络上的性质分析,自然就会有一定的误差,分析的结果就不会是准确的。当前对从属网络的分析,虽然也可以不通过单模转换,而是直接进行分析,例如使用伽罗瓦格法^[31]和对应分析法^[32]来研究,但是这两种方法都属于发展程度很低的从属网络分析方法,很多的网络性质都无法进行分析。为了更好地分析 IGOs 网络的性质,需要社会网络分析方法在 IGOs 的研究上有所创新,提出针对性的分析方法,这可能包括从属网络的中心性分析方法、聚类分析方法等。

4 结束语

本文对社会网络分析在 IGOs 研究中的应用进行了介绍,主要讲述了网络的构建、网络的性质分析以及网络对国际关系的影响,并指出了当前的分析方法存在的问题。

社会网络分析在 IGOs 网络上的研究正处在高速发展阶段,研究的方法在不断地创新,并取得了一些成果,这将会对国际关系的研究产生深刻的影响。尽管当前的研究仍然面临着许多亟需解决的问题,但是随着越来越多的学者开始关注这一研究领域,IGO 的研究必将取得新的突破。从发展趋势来看,精确构建网络模型、创新网络分析方法和拓展 IGOs 网络在国际问题上的应用将是社会网络分析在 IGOs 研究中的主要发展方向。

1) 精确构建网络模型

为了准确地分析网络的性质,构建一个精确的网络模型是十分重要的。网络模型构建的关键是获取可靠的数据,而这一点是很难做到的。一方面 IGOs 的类型多种多样,在国际关系中影响各不相同;另一方面加入 IGOs 的国家分很多种类,分为主席国、成员国和观察员国等。因此对网络边界的界定、数据集的获取和数据的处理方法将是未来研究的重点。

2) 创新网络分析方法

当前的社会网络分析方法在研究单模网络方面较为成熟,能够对网络的性质进行比较全面的分析。但是 IGOs 网络属于双模网络中的从属网络,对于这一类网络,分析方法的发展还比较慢,没有形成一整套完整的分析方法。现有的方法大多是将双模网络转换为单模网络,在单模网络的基础上进行分析,这样会丢失原先双模网络的很多信息,导致分析结果的不精确。直接进行双模网络分析的方法很少,而且分析方法还不完善。因此要想准确地分析 IGOs 网络,必须对双模网络的分析方法有所创新;另外,还应结合 IGOs 网络的一些特点,创新一些针对性的分析方法。

3) 拓展 IGOs 网络在国际问题研究上的应用范围

应用对 IGOs 网络的分析来探讨国际问题,是一个非常好的观察角度,可以从网络层面系统分析 IGOs 在处理国际问题上的作用。现在很多的学者已经将 IGOs 的分析拓展到国际贸易、国际关系、军事冲突等领域。相信随着全球化的发展,IGO 在处理国际问题上的作用会越来越突出,处理的国际问题的范围也会不断地拓展。因此对 IGOs 网络的研究也会进一步深入,研究的范围也将进一步拓展,特别是网络位置和角色关系的研究将会是未来研究的重点。

参考文献:

[1] International Organization [M]//不列颠百科全书中文版.北京:中

- 国大百科全书出版社, 2010: 417.
- [2] SHANNON M. The expansion of international organizations [C]//Proc of Annual Meeting of the American Political Science Association. 2004.
- [3] SAVAGE I R, DEUTSCH K W. A statistical model of the gross analysis of transaction flows [J]. *Econometrica*, 1960, 28(3): 55-72.
- [4] BRAMS S J. Transaction flows in the international system [J]. *American Political Science Review*, 1966, 60(4): 880-898.
- [5] SKJELSBÆK K. Peace and the structure of the international organization network [J]. *Journal of Peace Research*, 1972, 9(4): 315-330.
- [6] SNYDER D, KICK E L. Structural position in the world system and economic growth, 1955-1970: a multiple network analysis of transnational interactions [J]. *American Journal of Sociology*, 1979, 84(5): 1096-1126.
- [7] FABER J. Measuring cooperation, conflict, and the social network of nations [J]. *Journal of Conflict Resolution*, 1987, 31(3): 438-464.
- [8] SACKS M A, VENTRESCA M J, UZZI B. Global institutions and networks: contingent change in the structure of world trade advantage [J]. *American Behavioral Scientist*, 2001, 44(10): 1579-1601.
- [9] HAFNER-BURTON E M, MONTGOMERY A H. Power positions: international organizations, social networks, and conflict [J]. *Journal of Conflict Resolution*, 2006, 50(1): 33-43.
- [10] MAO Z, KUPERMAN R D, TERRIS L, *et al.* Structural equivalence and international conflict: a social network analysis [J]. *Journal of Conflict Resolution*, 2006, 50(3): 664-669.
- [11] HAFNER-BURTON E M, KAHLER M, MONTGOMERY A H. Network analysis for international relations [J]. *International Organization*, 2009, 63(5): 559-592.
- [12] OLIVEIRA M, GAMA J. An overview of social network analysis [J]. *Wires Data Mining Knowledge Discovery*, 2012, 30(2): 99-115.
- [13] MORENO J L. *Who shall survive?* [M]. [S. l.]: Beacon House, 1953: 98-112.
- [14] WASSERMAN S, FAUST K. *Social network analysis: methods and applications* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 26-29.
- [15] FREEMAN L C. Centrality in social networks [J]. *Social Networks*, 1979, 16(1): 215-239.
- [16] ALTMANN M. Reinterpreting networks measures for models of disease transmission [J]. *Social Networks*, 1993, 15(1): 1-17.
- [17] POULIN R, BOILY M C, MASSE B R. Dynamical systems to define centrality in social networks [J]. *Social Networks*, 2000, 22(3): 187-220.
- [18] 薄辉. 社区发现技术的研究与实现 [D]. 北京: 北京交通大学, 2009.
- [19] 朱明. 数据挖掘 [M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2008: 222-223.
- [20] BONACICH P. Power and centrality: a family of measures [J]. *American Journal of Sociology*, 1987, 92(5): 1170-82.
- [21] STEPHENSON K, ZELEN M. Rethinking centrality: methods and examples [J]. *Social Networks*, 1989, 11(1): 1-37.
- [22] FREEMAN L C, BORGATTI S P, WHITE D R. Centrality in valued graphs: a measure of betweenness based on network flow [J]. *Social Networks*, 1991, 13(2): 141-54.
- [23] JOHNSON S C. Hierarchical clustering schemes [J]. *Psychometrika*, 1967, 38(4): 241-254.
- [24] BREIGER R, ENNIS J. Personae and social roles: the network structure of personality types in small groups [J]. *Social Psychology Quarterly*, 1979, 42(3): 262-270.
- [25] KRUSKAL W, WISH M. *Multidimensional scaling: quantitative applications in the social sciences* [M]. [S. l.]: SAGE Publication, 1978: 232-250.
- [26] HAMER C. Cluster analyzing profile data confounded with interrater differences: a comparison of profile association measures [J]. *Applied Psychological Measurement*, 1981, 42(5): 63-72.
- [27] EVERITT B S. Unresolved problems in cluster analysis [J]. *Biometrics*, 1980, 35(3): 169-181.
- [28] BECKFIELD J. Inequality in the world polity: the structure of international organization [J]. *American Sociological Review*, 2003, 68(3): 401-24.
- [29] KIM J H, BARNETT G A. A structural analysis of international conflict: from a communication perspective [J]. *International Interactions*, 2007, 33(2): 135-165.
- [30] MANGER M S, PICKUP M A, SNIJDERS T A B. When country interdependence is more than a nuisance: the longitudinal network approach [C]//Proc of the 104th Annual Meeting of the American Political Science Association. 2008.
- [31] FREEMAN W. Using galois lattices to represent network data [J]. *Sociological Methodology*, 1993, 15(2): 127-146.
- [32] FAUST W. Correlation and association models for studying measurements on ordinal relations [J]. *Sociological Methodology*, 1993, 14(2): 177-216.
- (上接第 27 页)
- [19] SUNITHA N R, AMBERKER B B. Multi-use unidirectional forward-secure proxy re-signature scheme [C]//Proc of IEEE International Conference on Internet Multimedia Services Architecture and Applications. Piscataway: IEEE Press, 2009: 223-228.
- [20] CAMENISCH J, STADLER M, CAMNENISCH J, *et al.* Proof systems for general statements about discrete logarithms [R]. [S. l.]: Institut für Theoretische Informatik, ETH Zurich, 1997.
- [21] WANG Xu-an, YANG Xiao-yuan. On DDoS attack against proxy in proxy re-encryption and proxy re-signature [C]//Proc of the 9th IEEE International Conference on Computer and Information Technology. Washington DC: IEEE Computer Society, 2009: 213-218.
- [22] SHAMIR A. Identity-based cryptosystems and signature schemes [C]//Advances in Cryptology. Berlin: Springer-Verlag, 1985: 47-53.
- [23] HONG Xuan, LONG Yu. A novel unidirectional proxy re-signature scheme and its application for MANETs [J]. *Journal of Computers*, 2012, 7(7): 1796-1800.
- [24] LIN IS. Multi-agent designated proxy re-signature scheme [EB/OL]. (2012-08-28). http://etd.lib.nsysu.edu.tw/ETD-db/ETD-search/view_etd?URN=etd-0828112-101715.
- [25] GOLDWASSER S, MICALI S, RIVEST R L. A digital signature scheme secure against adaptive chosen-message attacks [J]. *SIAM Journal on Computing*, 1988, 17(2): 281-308.
- [26] 唐鹏. 浅析我国电子政务内、外网 CA 认证架构体系 [EB/OL]. (2012-08-14). <http://www.stateca.gov.cn/NewsInfo.aspx>.