文章编号:1674-7070(2013)06-0566-07

# 基于 WoS 数据的我国气象学者合作模式实证分析

曹玲[1]　金殷玉[1]　曹金爽[1]

**摘要**

基于近 10 年 Web of Science 数据库中大气科学领域论文数据,利用社会网络分析方法对大气科学研究领域的中国作者科研合作网络进行了探讨. 使用 UCINET 软件分析网络密度、最短距离、小团体、中心性等计量指标,并选择度值较高的节点对其合作网络进行定性分析,识别出重要的领域专家和研究团队. 得出的结论有:国内气象学者的合作群体相对分散,倾向于同一地域、相同院校机构的合作,合作规模和合作程度与国际相比仍有一定差距.

**关键词**

气象学者;合作模式;社会网络分析;科研合作网络

**中图分类号** G353.1

**文献标志码** A

## 0　引言

科研合作特别是国际合作,对于获取科技信息、共享资源、凝聚创新思想、培养人才,实现跨越式发展以及取得科学突破等具有十分重要的意义[1]. 已有的研究成果表明,科研合作网络具有复杂网络特征[2]. 近年来,将复杂网络方法应用于科研合作网络分析已受到广泛关注,国内外很多学者进行了理论和实证研究. 无论是从微观层面的作者合著网络研究各学科的合作特征[3-4],还是对中观层面的高校、机构、区域合作乃至宏观层面的国家间合作特征进行分析[5-8],均对推进科研合作起到积极作用.

随着气候系统概念的提出和对气候系统中 5 大圈层相互作用复杂性的逐渐认识,国际大气科学的发展越来越走向多学科、多部门、跨地区高度合作、高度集成和广泛交叉系统化的发展趋势[9]. 近年来,中国学者大大加强了国际学术交流与合作,有机会与国际上该领域内高水平团队开展合作研究,研究成果获得国际认可的程度也迅速提高,这从近几年我国大气科学研究领域 SCI 论文的增长数量可见一斑. 因此,本文选择大气科学学科作为科学合作数据分析的来源领域,以学者论文合著作为研究对象,力图从客观数据出发,对科学合作活动的整体状况做定量研究.

## 1　数据来源与处理

### 1.1　数据来源

一般在分析科学家合著现象时,常以学科领域内重要学术期刊为分析对象,力争覆盖领域内重要期刊,以保证分析更全面,其缺点是数据量过大[10]. 本文依据科学性、数据可获得性和客观性原则,选取 Web of Science 数据库中大气科学(Meteorology & Atmospheric Sciences)类目下影响因子排名前 20 的重要期刊作为来源文献,限定文献类型为论文(articles),将国别限定为中国(People R. China),因 Web of Science 数据库将署名台湾(Taiwan)的文献单独列出,本研究将这部分文献收录为基础数据. 考虑到数据库收录时滞,为保证数据完整性,将时间范围选择为 2000—2009 年. 数据查询和下载的具体日期为 2011 年 10 月 10—17 日. 最后获得 1 857 篇期刊论文,9 010 名作者,每篇论文均保留了作者工作单位、出版物、关键词等信息用于同名作者去重处理.

**收稿日期** 2012-07-24

**资助项目** 中国科协调宣部课题(2010ZCYJ02-2);南京信息工程大学高等教育调研及政策研究课题(2012GJ0011);2013 年度气象软科学研究计划([2013]第 62 号)

**作者简介**

曹玲,女,博士,副教授,研究方向为信息资源管理. caoling1013@163.com

1　南京信息工程大学　经济管理学院,南京,210044

### 1.2 科研合作网络的构建

Web of Science 数据最大的问题是作者重名. 由于数据库中标注作者姓名过于简单,仅为作者姓及名字首字母,特别是对中国作者,极其容易出现重名现象,如 Li J. 可能是 Li Juan、Li Jun、Li Jie 或是 Li Jing. 考虑到研究领域的限定,一般来说重名的作者不会太多,本文采用手工核对作者工作单位的方式区别同名作者,以保证作者信息的准确. 数据清洗去重后共得 4 483 名作者.

### 1.3 研究工具与方法

本文所用的分析方法主要是社会网络分析法. 社会网络的概念起源于社会学中的社会结构研究传统,社会网络分析方法通过考察行为者之间的某种特定关系和关联情况,建立社会网络分析图表,分析研究行为者之间的社会关系特征,可用于描述和测量网络社群行为者之间的关系以及通过这些关系流动的各种有形或无形的东西,如信息、资源、情报、知识等[11].

本文研究的社会行为者主要是大气科学领域高产作者,采用网络图的方法表示网络行为者及其关系. 选择发表论文 5 篇以上的高产作者(共有 319 名)作为数据源,构建了 319×319 高产作者合作矩阵. 网络图中的 1 个节点表示 1 位作者(同一个姓名作为 1 个节点),不同作者间只要有合作(即共同署名同一篇期刊论文),就把他们用一条直线连接起来. 本研究中不标记作者合作发表论文的数量,也不区分署名顺序,同一篇论文合作关系用全连接方式表达,构建了一个无权无向的合作网络. 采用社会网络分析软件 UCINET 分析合作情况[12],该软件具有很强的矩阵分析功能,UCINET 还集成了 NetDraw,用于绘制社会网络图表.

## 2 实用度量指标

目前使用社会网络分析方法分析科研合作网络,主要集中在以下几个方面:

1) 整个网络的密度. 作者合作网络的聚集程度指的是网络中作者节点的聚集情况,也就是作者合作的紧密程度,通常用图形密度来衡量. 密度测量网络中各个节点之间关系的紧密程度,是实际分布图与完备图之间的差距.

2) 网络平均路径长度及其分布特征. 一般考察连通图和非连通图最大连通子图的平均路径长度,该值反映了网络中任意 2 点的平均距离,在科研合著网络中就是任意 2 个作者平均经过几个作者关联,可以用来验证合著网络是否符合小世界特性.

3) 聚类系数. 网络中某个节点的聚类系数定义为它所有相邻节点之间连边的数目占可能的最大连边数目的比例,整个网络的聚类系数为所有节点的聚类系数的平均值,该值越大说明网络越符合小世界特征.

4) 小团体特征分析. 小团体(或称为派系等)就是团体中的一小群人关系特别紧密,以至于结合成一个次级团体,它属于整个网络图的子图.

5) 中心性分析. 中心性分析包括点度中心性分析、中间中心性分析和接近中心性分析. 点度中心性描述了节点与其他节点的关联次数,在合著网络中即表示作者参与合著的次数;中间中心性描述了通过该节点的路径数量总和,表示该节点对资源的控制能力;接近中心性为节点和其他节点的距离之和,该值越小表明该节点越能以最短的距离到达其他节点,在网络中处于比较核心的地位[13].

## 3 数据分析与结果

### 3.1 基本统计特征

2000—2009 年间,共有 27 386 篇论文刊载于选定的 20 种大气科学领域期刊上,其中中国作者共有 1 857 篇. 2009 年的论文数量是 2000 年论文数量的 5.5 倍,从一个侧面反映出我国作者科研水平的快速提升. 中国作者 1 857 篇论文中仅有 56 篇为独立作者发文,97% 为合著论文,其中 321 篇为 2 名作者,346 篇 3 名作者,353 篇 4 名作者,249 篇 5 名作者,176 篇 6 名作者,124 篇 7 名作者,232 篇 8 名及以上作者,以上数据符合幂律分布. 当前科研合作已经成为科学研究的主流形式,我国气象学者表现出较强的合作研究意识,特别是在重大课题项目支持下的科研合作,合作攻关研究成为必然.

中国气象学者 1 857 篇论文的合作者包括了 1 174 家研究机构,来自美国的研究机构最多,占据了 29.78% 的比重,其他 9 个主要合作国家分别为日本、德国、加拿大、澳大利亚、英国、法国、韩国、意大利和瑞士,合计 29.64%. 可以看出,我国学者重视与欧美发达国家,特别是科研强国的交流合作,从而不断提升科研水平.

经测算,平均每篇论文由 4.87 位作者合著. 篇均文献合著作者数与学科特点有关,与国外学者的研究数据相比,低于国际上某些学科,如生物学

18.1,物理学 9.7[14],这反映了目前我国气象领域科研合作规模还需进一步提高.

### 3.2 高产气象学者合著网络的整体结构和特征

网络整体特征包括网络的密度、点之间的距离、凝聚力、可达性等元素,以描述整个网络的规模和紧凑程度. 整个合著网络(图 1)由 319 个节点和 1 592 条边组成,由一个包含 289 个节点的最大连通子图(占全部节点总数的 90.6%)和分别包含了 6、4、2、2、2 人的 5 个小规模成分组成,并且有 14 个孤立节点,与网络中的其他节点之间没有合作关系. 这也验证了 Newman[14]提出的理论,一般来说,最大主成分的节点数比重在 80% ~90% 之间,同时也说明了网络中几乎每个作者总是以不同路径与其他作者产生联系.

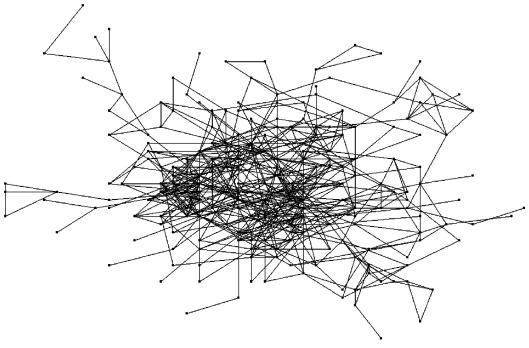


图 1 科研合作网络图谱

Fig. 1 Research collaboration network mapping

#### 3.2.1 密度分析

密度指的是一个图中各个点之间联络的紧密程度,为网络中实际存在的关系数目与可能存在的最多关系数之比. 对于有 $n$ 个点的图来说,若所有点之间都有线相连,即有 $n(n-1)/2$ 条线,密度为 $2L/n(n-1)$,$L$ 为网络中实际存在的线数[15]. 密度用来测量社会网络中行动者的联系程度,密度值介于 0 ~1 之间,其值越接近 1 则代表彼此间关系越紧密,越接近 0 则表示关系越疏远. 使用 UCINET 计算合著网络的密度,网络中共有作者 319 名,连线数为 1 592,其密度为 0.015 7,这是一个比较小的数值,反映出整体网络密度小、结构松散. 一般来说,密度高的团体关系紧密,合作行为较多,信息沟通相对频繁,沟通效率高,工作绩效更好,而密度低关系疏远的团体常有信息不畅、多数个体边缘化趋势明显以及工作效率低下等问题.

#### 3.2.2 平均距离

图论中的距离指 2 点之间的最短途径. 先计算出任意 2 点之间的距离,然后对所有成员之间的距离之和取平均值,这样就可以得到整个网络成员之间的平均距离[16]. 对含有 249 个节点最大的连通子网的拓扑结构进行分析,作者之间的平均距离为 4.533,也就是说,任意 2 个作者平均需要近 5 步可达. 当平均距离越大,它的结构也就越松散,网络中各作者间并未形成良好的合作关系,合作交流相对贫乏. 同理,当平均距离越小,则认为该合作网络越小,它所反映的结构越紧凑,网络中各作者间已保持经常的合作关系,合作交流相对频繁.

同时计算出来的还有建立在“距离”基础上的凝聚力指数(compactness),该指数在 0 ~1 之间,数值越大表明该整体网络越具有凝聚力. 本实证研究中的网络该指数为 0.215,表明是一个凝聚力偏低的网络. 综合密度、平均距离和凝聚力指数等表明,该合著网是一个比较分散的网络,连通性也比较一般,其网络结构对其中的成员影响较小.

#### 3.2.3 聚类系数

聚类系数是用来描述网络中节点的聚集情况. 在合作网络中,聚类系数表示存在着这样一些团队:团队中人们彼此认识,更容易形成合作关系. Newman[17]的研究曾得出过这样的结论:如果 2 个科学家都和第 3 个科学家合作,那么他们之间也合作的概率为 30% 或者更多. 经计算本实证网络聚类系数为 0.371,显示了比较明显的小世界特征,但与物理学 0.56 和生物学 0.6 相比[14],显示本网络聚类较为分散,节点之间关系较为疏离,联系并不紧密.

#### 3.2.4 $k$-核分析

$k$-核分析可以用于寻找网络中的核心作者集团. $k$-核是建立在点的度数基础上的概念. 一个点的度数就是对其邻点多少的测量,也就是与该点相连的线的条数. $k$-核指一个子图中的点都至少与该子图中的 $k$ 个其他点邻接[13]. 通过改变 $k$ 值,会得到不同子图. 随着 $k$ 值增加,$k$-核成员会逐渐减少,而成员之间的关系会愈加紧密. 在本文的合著网络中,$k$-核最高级数为 6. 也就是说,6-核中的作者是整个合著网络中连接最强、关系最紧密的核心作者集团,其中每个作者都至少和同一核中的 6 名作者有合作关系. 本研究中 6-核有 34 名作者,占全部作者的 10.7%,说明该合作网络较为分散.

#### 3.2.5 小团体

小团体是指网络中的一小群人关系特别紧密,以至于形成了一个次级团体. 将小团体从整体网络

中区分出来对于了解小团体具有重要意义. 例如,如果网络中的2个小团体彼此有交集,则信息在网络中的传播速度会更快. 在UCINET中,小团体可以由cliques、N-cliques、K-plex、Lambda Set等多种不同的算法产生[13],经过实际比较各种算法产生的小团体效果,本文采用cliques算法. 文中限定成员大于等于6,得到9个派系,其成员分布情况见表1.

**表1 科研合作网络中派系成员分布情况**

Table 1 Author distribution of cliques in research collaboration network

| 派系 | 派系成员 |
|---|---|
| 1 | Cheng Y F, Gnauk T, Herrmann H, Hu M, Wiedensohler A, Zeng L M, Zhang Y H |
| 2 | Cheng Y F, Hu M, Shao M, Sugimoto N, Wiedensohler A, Zeng L M, Zhang Y H |
| 3 | Chang C C, Lai C H, Liu Y, Shao M, Wang J L, Zhang Y H |
| 4 | Cao J J, Cheng Y, Ho K F, Lee S C, Li Y S, Louie P K K, Watson J G |
| 5 | Cao J J, Ho K F, Lee S C, Li Y S, Louie P K K, Zou S C |
| 6 | Chan C Y, Chan L Y, Lee S C, Li Y S, Wang X M, Zou S C |
| 7 | Guo H, Ho K F, Lee S C, Li Y S, Wang X M, Zou S C |
| 8 | Cheng Y F, Gnauk T, Herrmann H, Hu M, Liu S, Wiedensohler A, Zeng L M |
| 9 | Cheng Y F, Hu M, Liu S, Shao M, Wiedensohler A, Zeng L M |

### 3.2.6 中心性分析

个人或组织在其社会网络中居于怎样的中心地位,相应地获取一定的"权力",可以通过中心性进行判断. 根据计算方法的不同,中心度可以分为3种:点度中心度、中间中心度以及接近中心度[16]. 因本网络为非连通网络,此处不统计接近中心度.

一位作者的点度中心性能够反应他在合作网络中的核心性及中心地位,度数越高的作者说明他与较多的其他人合作过,思想交流和传播知识的范围自然就广,这样的人一般是在某学术领域具有较高学术地位和较大影响力的人[18]. 统计本实证网络的点度中心性,网络中节点的最大度数为29. 大部分节点的度数很小,度数小于5的节点占63.2%.

作者的中间中心性大小反映了作者在合作网络的搭建中所起到的作用,中间中心度(介数)越大,其在网络中的作用就越大,缺少他会导致合作网络连接中断. 合作网络的节点点度中心度与中间中心度排名前10的作者见表2. 中间中心度最高的作者为张远航(Zhang Y H)教授,其值为10.432,这与他的学术地位和学术活跃程度有关.

点度中心度与中间中心度都很高的作者还有Lee S C、Wang Z、Liu S C、Zhang X Y. 他们可以被认作是各子网络的关键节点,对整个网络中信息流动和网络连接起着至关重要的作用. 把这个节点从网络中移走,会使大多数其他节点之间的最短距离增加,从而影响信息传输的速度,甚至会导致整个网络的瘫痪. 由此可知,活跃个体对网络的形成发展起着非常关键的作用,对促进、加速知识信息的大范围传播至关重要. 关键节点学者作为学术带头人,在各自的研究团队中起着至关重要的信息枢纽作用. 因此,关注这些作者的科研课题和研究方向,将有助于我们掌握大气科学领域的研究重点和发展方向. 下文将从以上学者个人网络特征出发,探讨这些学术带头人的合作模式.

**表2 作者中心性指标排名前10列表**

Table 2 Top10 authors ranked by centrality indicators

| 排名 | 作者(论文数) | 作者(点度中心度) | 作者(中间中心度) |
|---|---|---|---|
| 1 | Chan J C L(42) | Zhang Y H(29) | Zhang Y H(10.432) |
| 2 | Chan C K(39) | Hu M(21) | Wang Z(9.415) |
| 3 | Wang T(35) | Lee S C(20) | Zhang X Y(6.789) |
| 4 | Hu M(30) | Zeng L M(20) | Liu S C(6.703) |
| 5 | Chan L Y(29) | Wang Z(19) | Mu Y J(5.610) |
| 6 | Zhang Y H(29) | Li Y S(18) | Wang Y Q(5.312) |
| 7 | Lee S C(26) | Zhang X Y(18) | Chang C P(5.224) |
| 8 | Li C S(26) | Liu S C(17) | Chan L Y(5.211) |
| 9 | Fang M(25) | Chan L Y(17) | Chang S Y(4.570) |
| 10 | Wu C C(24) | Chang C C(17) | Chang C C(4.364) |

## 4 个体网特征及合作模式定性分析

为了进一步显现研究人员之间的合作特征,本研究着重于度值较高的作者个人合作网络结构,选择2名学者(Zhang Y H、Lee S C)作为研究对象,对其形成的个体合作网络进行数量特征和结构特征分析. 这里仅研究与2位高产作者的Erdos距离等于1的合作者网络,因节点数量不多,对这些小数量数据运用社会学方法可以做出准确判断,能够发现比较典型的合作模式,通过对重要节点背景情况进行查询,总结出这些合作关系形成的主要特征.

1) 研究团队型合作模式

"团队型"合作网络是我国大气科学领域一种重要的合作形式. 这种合作网络的数量比较多,每个网络涉及到几个至十几个节点,网络内部合作紧密,关注于前沿热点领域,可以实现快速突破、迅速转

向[19]. "团队型"合作网络规模一般不是很大,以单位内的某个特定方向的研究人员为主,具有明显的小团体现象,内部交流紧密. 其研究方向一般是当前我国大气科学的一个或几个研究热点. 各团队的学术合作大都属于学术小圈子,即同一机构内部的合作,形成了"紧密型的学术团队".

以图 2 为例,张远航(Zhang Y H)与胡敏(Hu M)和曾立民(Zeng L M)、邵敏(Shao M)合作最多,形成了一个合作紧密的小团体. 这支团队来自北京大学环境科学与工程学院,目前关注的领域在应用层面上主要是城市和区域的空气质量的控制和改善,在大气污染形成机理层面上包括臭氧化学和气溶胶化学. 研究的手段主要包括模式模拟和外场观测. 通过国际交流与合作,该研究团队在区域臭氧形成机制,大气氧化性和气溶胶的光学性质方面取得了一些重要成果. 团队核心成员均为来自同一机构的教授、博士生导师,形成了极其稳定的合作模式,在积极培养青年研究人员、推动科研后备力量成长方面发挥了巨大优势.

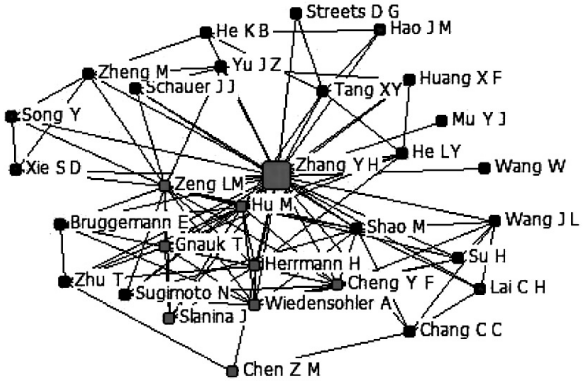



图 2　张远航(Zhang Y H)个人合作网

Fig. 2　Collaboration network centered with Zhang Y H

2) 重大项目合作攻关模式

重大项目合作攻关式合作网络的核心作者有多名以上,网络组成人员来自不同的科研机构和不同的地域,这样的研究团队通常发表论文数量大,作者之间合作机会多,程度高. 从组成结构来看,核心作者的合作带动了多个不同科研机构的合作,并促进了不同地域的知识交流,这种类型的网络结构能够充分调动作者的科研创作能力,对不同研究机构和地域的知识交流有极大的促进作用[20].

图 3 中来自香港理工大学的李顺诚(Lee S C)与来自同一机构的 Ho K F,以及来自中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室曹军骥(Cao J J)研究员合作较多,研究领域主要涉及大气污染与气溶胶,这种跨地域、跨机构的合作优势极其明显. 特别是他们合作的 1 篇论文《Characteristics of carbonaceous aerosol in Pearl River Delta Region, China during 2001 winter period》在 Web of Science 数据库中被引高达 150 次,充分说明了这一强强联手的合作模式的成功.

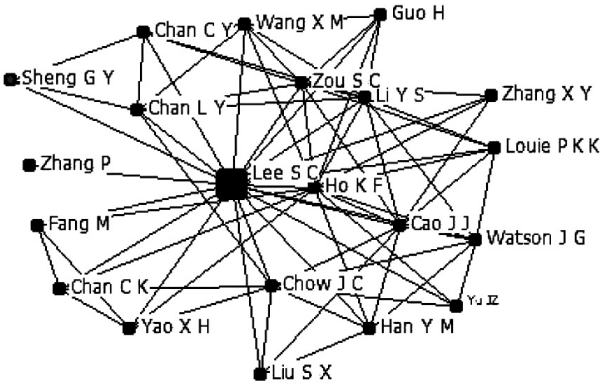



图 3　李顺诚(Lee S C)个人合作网

Fig. 3　Collaboration network centered with Lee S C

## 5　讨论与结论

本研究的数据采自 Web of Science 数据库,以 10 年间 20 种高影响因子期刊数据为样本,从整体和个体角度揭示了我国大气科学学者科研合作网络的结构、特征和类型. 对该网络的一些基本参数如篇均作者数、网络密度、平均度、最短距离、小团体等参数进行了分析,本文得到以下几个结论:

1) 整体看来,目前我国气象学者的合著强度不大,科研合作网络联系比较稀疏,互动性有待提高. 存在小团体现象,且呈现无标度网络特征. 少数关键学者对于科研合作网络结构的形成起着重要的作用. 点度中心性和中间中心性较大的作者多为具有较大知名度的学者. 一个学者的竞争力大小主要取决于他和团体内部学者联系的紧密程度,即他在子网络内部、小团体内部的学术地位[21].

2) 从子网络和节点层次看,我国大气学科内部发展不均衡,不同子网络的沟通效率和进入壁垒差别非常大. 当然这与样本选取有关,发表国际高水平期刊论文的专家学者通常发挥着知识交流的枢纽作用,作为学术带头人,带领其团队成员开展科学研究,从而表现为核心人物之间的合作联系较为有限. 对于这些居于中心节点位置的学者,进一步发挥其

在团体内部的影响力的同时,要鼓励强强合作,不同子网间的中心节点之间有合作关系,对于整个网络连通性的加强具有关键意义.

3) 总体来说,我国气象学者之间合作关系受地理位置影响较大. 合作范围十分有限,合作通常仅仅限于同一科研机构内部,跨机构和地域的合作不多. 内地与港台特别是与台湾地区的研究人员合作很少,这不利于自身科研活动的开展和与其他团队的合作交流,不利于创新思想的传播和科研创新的产生,是我国提高科研水平的一大障碍,亟待改善. 相关科研管理部门应加大在科研交流方面的投入,改革科研政策,出台导向性政策,促进合作行为的发生.

4) 在我国大气科学领域,高水平科研成果产出以"研究团队型"和"重大项目攻关型"合作方式为主. 利用社会网络分析方法和专门的分析工具可以把大气科学领域的学术团体以可视化的方式呈现出来,并分析整个领域学术团体的合作特征.

本文对于识别大气科学领域的合作团体,加强不同团体之间的交流与合作,实现大气科学领域的跨越式发展等方面具有一定意义. 由于选取样本所限,本研究所得出的结论可能与我国大气科学领域科研合作网络的整体结构、特征有所偏差,因此这些结论的信度有待进一步的研究来验证. 在今后的研究中,还需要关注以下几个方面:首先,对于其他数据库,特别是气象类专业数据库等的数据纳入分析之中;其次,通过深入的成分分析,对个体网络的重要组成部分进行研究,以揭示更多的关系类型和结构特征;最后,由于合作模式受学科影响较大,对比不同学科的合作特征有助于推进学科发展,这是本研究的未来工作.

## 参考文献

References

[1] 谢彩霞,刘则渊. 科研合作及其科研生产力功能[J]. 科学技术与辩证法,2006,23(1):99-101
XIE Caixia, LIU Zeyuan. Science collaboration and its function of productivity[J]. Science Technology and Dialectics,2006,23(1):99-101

[2] 王福生,杨洪勇. 作者科研合作网络模型与实证研究[J]. 图书情报工作,2007,51(10):68-71
WANG Fusheng, YANG Hongyong. Author collaboration network model and demonstration study[J]. Library and Information Service,2007,51(10):68-71

[3] 张利华,闫明. 基于 SNA 的中国管理科学科研合作网络分析:以《管理评论》(2004—2008)为样本[J]. 管理评论,2010,22(4):39-46
ZHANG Lihua, YAN Ming. Analysis of scientific collaboration network of China's management sciences based on SNA:For the sample of "Management Review"(2004—2008)[J]. Management Review,2010,22(4):39-46

[4] 黄维,陈勇. 中国教育经济学研究者合作网络的社会网络分析[J]. 现代大学教育,2010(2):14-19
HUANG Wei, CHEN Yong. A social network analysis of the cooperation network for studies in educational economics in China[J]. Modern University Education,2010(2):14-19

[5] 邱均平,温芳芳. 我国"985 工程"高校科研合作网络研究[J]. 情报学报,2011,30(7):746-755
QIU Junping, WEN Fangfang. A study on the scientific research collaboration network of "985 Project" universities in China[J]. Journal of The China Society for Scientific and Technical Information,2011,30(7):746-755

[6] 王贤文,丁堃,朱晓宇. 中国主要科研机构的科学合作网络分析:基于 Web of Science 的研究[J]. 科学学研究,2010,28(12):1806-1812
WANG Xianwen, DING Kun, ZHU Xiaoyu. Science collaboration network of main research institutes in China: Study on Web of Science[J]. Studies in Science of Science,2010,28(12):1806-1812

[7] 尹丽春,殷福亮,姜春林,等. 基于 CSCD 和 SCI 的跨省区科学合作网络可视化分析[J]. 图书情报工作,2007,51(8):62-64
YIN Lichun, YIN Fuliang, JIANG Chunlin, et al. Analysis of interprovincial science collaboration network visualization based on CSCD and SCI databases[J]. Library and Information Service,2007,51(8):62-64

[8] 李琳,华薇娜. 走向世界的中国高校人文社科研究中的国家合作实况分析[J]. 中国高教研究,2011(5):15-18
LI Lin, HUA Weina. Analysis of country cooperation of China academic humanities and social science research[J]. China Higher Education Research,2011(5):15-18

[9] 罗云峰,陆则慰. 比较中美两国大气科学研究的几点认识[J]. 地球科学进展,2003,18(3):483-487
LUO Yunfeng, LU Zewei. A brief comparison of atmospheric science research between US and China[J]. Advance in Earth Sciences,2003,18(3):483-487

[10] 陈悦,刘则渊,庞杰,等. 中国管理科学合著现象分析[J]. 科学学研究,2005,23(6):758-764
CHEN Yue, LIU Zeyuan, PANG Jie, et al. Co-authorship on management science in China[J]. Studies in Science of Science,2005,23(6):758-764

[11] 李亮,朱庆华. 社会网络分析方法在合著分析中的实证研究[J]. 情报科学,2008(4):549-555
LI Liang, ZHU Qianghua. An empirical study of coauthorship analysis using social network analysis[J]. Information Science,2008(4):549-555

[12] Borgatti S P, Everett M G, Freeman L C. Ucinet 6 for windows: Software for social network analysis [M]. Havard: Analytic Technologies,2002

[13] 刘军. 整体网分析讲义[M]. 上海:格致出版社,2009
LIU Jun. Lectures on whole network approach [M]. Shanghai: Truth & Wisdom Press,2009

[14] Newman M E J. Scientific collaboration networks. Ⅱ: Shortest paths, weighted networks, and centrality[J]. Physical Review E, 2001, 64(1), doi: 10.1103/PhysRevE.64.016132

[15] Barabási A L, Jeong H, Neda Z, et al. Evolution of the social network of scientific collaborations[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2002, 311(3/4): 590-614

[16] 罗家德. 社会网分析讲义[M]. 2 版. 北京: 社会科学文献出版社, 2010
LUO Jiade. Social network analysis[M]. 2nd Ed. Beijing: Social Science Academic Press, 2010

[17] Newman M E J. The structure of scientific collaboration networks[J]. PNAS, 2001, 98(2): 404-409

[18] 王业军, 刘艳艳. 基于社会网络分析法的学术创新团队的研究: 以 S 人才发展研究中心为例[J]. 技术与创新管理, 2009, 30(3): 276-279
WANG Yejun, LIU Yanyan. Academic innovation team's research based on social network analytic method: Take the S institute of human resources development as the example[J]. Technology and Innovation Management, 2009, 30(3): 276-279

[19] 武淑媛. 社会网络视角下的高校科研团队知识交流研究[D]. 大连: 大连理工大学管理科学与工程学院, 2010
WU Shuyuan. On knowledge communication of scientific research teams from the perspective of social network analysis[D]. Dalian: School Management Science and Engineering, Dalian University of Technology, 2010

[20] 吴晓伟. 社会网络对企业竞争情报团队学习能力影响的个案研究[J]. 图书情报知识, 2009(1): 57-61
WU Xiaowei. The impaction of social network on the competitive intelligence team learning ability: A case study[J]. Document, Information & Knowledge, 2009(1): 57-61

[21] 汪丹. 个体网络结构分析在科学交流活动中的应用研究: 以碳纳米管领域的科学合作为例[J]. 科学学研究, 2009, 27(4): 523-527
WANG Dan. The research of egocentric network analysis in scientific communication: A case study for carbon nanotubes domain[J]. Studies in Science of Science, 2009, 27(4): 523-527

# Empirical analysis of collaboration structure of Chinese meteorological researchers based on WoS data

CAO Ling[1] JIN Yinyu[1] CAO Jinshuang[1]

1 School of Economics and Management, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** The study aims to examine the collaboration structure in the Chinese meteorological researchers based on journal article data in Web of Science for recent 10 years. Social Network Analysis (SNA) is applied to explore the patterns of co-authorship. Network indicators and measurement indexes such as network density, minimum distance, cliques and centrality, are calculated by UCINET software. Quality analysis on nodes with high degree is carried out to identify those active researchers and research groups. The conclusions are that Chinese meteorological researchers are in sparsely-connected network, and are inclined to collaborate with peers in the same region or institutes. The domestic collaboration in meteorological research is relatively low in scale and degree, compared with that in other disciplines and other countries.

**Key words** meteorological researchers; collaboration structure; social network analysis; research collaboration networks