

科研团队合作紧密度的分析研究

——以大连理工大学 WISE 实验室为例

庞弘燊^{1,3} 方曙¹ 杨波² 付鑫金^{1,3}

¹中国科学院国家科学图书馆成都分馆 成都 610041 ²南京农业大学信息科技学院 江苏 210095

³中国科学院研究生院 北京 100190

〔摘要〕 界定科研团队的概念,并选取大连理工大学 WISE 实验室作为科研团队的样本,通过构建多值矩阵、合作网络图并结合社会网络分析方法对样本进行科研团队合作紧密度的分析。在分析当中使用网络结构、网络密度、凝聚力指数、派系分析、中心性分析这 5 个方面的指标来衡量科研团队样本内部合作紧密度的情况。从分析的结果来看,这 5 类指标能够比较好地反映科研团队合作紧密度的情况;利用这些指标分析,归纳出一个具有高度合作紧密度的科研团队在其内部合作网络中所应具有的一些共性特征。

〔关键词〕 科研团队 合作紧密度 社会网络分析 WISE 实验室

〔分类号〕 G353.1

Research on the Close Degree of Cooperation in Research Team

—An Empirical Study in WISE Laboratory in Dalian University of Technology

Pang Hongshen^{1,3} Fang Shu¹ Yang Bo² Fu Xinyin^{1,3}

¹The Chengdu Branch of the National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041

²College of Information Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095

³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

〔Abstract〕 This paper defines the meaning of scientific research team, and selects the WISE laboratory in Dalian University of Technology as a research team sample. By constructing a multi-value matrix and co-operation network, this paper applies social network analysis to analyze the close degree of cooperation in research team sample. This paper uses five indicators——network structure, network density, compactness, cliques analysis and centrality analysis to measure the internal close degree of cooperation in research team. From the analysis results, the authors find that these five indicators can better reflect and explain the close degree of cooperation in research team, and conclude the network characteristics in a research team with high internal close degree of cooperation.

〔Keywords〕 research team close degree of cooperation social network analysis WISE laboratory

1 引言

在全球化趋势日益明显的今天,科研人员之间相互进行科研合作是非常普遍的现象,很多一流的研究成果需要通过不同科研人员的紧密协作完成。通过组建有效的科研团队,使得团队间的资源能够共享,有利于提高科研生产率和促进科学研究的创新。近年来随着社会网络研究方法的兴起与不断发展,一些关于社会网络方面的研究专著^[1,2]也不断涌现,而在科学计量学的领域里,许多研究都引入了社会网络的分析方法来对科研合作现象进行研究^[3-7]。国外 Yang 等人^[8]

从社会网络视角研究了信息系统开发团队的凝聚力和团队结构与团队总体绩效的关系。Jesus 等人^[9]通过实验表明在一个稳固完善的研究团队中的成员与那些在非稳固结构的研究团队中的成员相比,更具有竞争优势。Jose 等人^[10]研究了团队紧密程度和社会一体化对科学家个体行为和表现的影响,这些影响因素包括有科学家的生产力、影响力、威望、合作模式、研究项目的参与情况、为培训初级研究人员所付出的贡献等。国内张海燕等人^[11]通过构建团队成员间的合作矩阵,结合社会网络分析方法(SNA)并应用 UCINET 软件进行团队合作度评估,用以判断高校科技创新团队的组建有效性及其合作潜力。明宇等人^[12]通过对体育科

收稿日期: 2010-08-12 修回日期: 2010-09-25 本文起止页码: 28-32, 99 本文责任编辑: 徐健

研合作发文的网络结构、中心性、中介性分析,对我国体育科研团队的网络结构、核心成员的作用、知识流动的路径等进行论述。冯博等人^[13]研究了大学科研团队成员在团队中所处的网络位置与其知识共享行为的关系。虽然国内外在研究科研合作方面开展得比较多,但是在专门针对科研团队领域的合作研究方面,研究还不够深入,并且在分析科研团队合作紧密度的网络属性方面,还没有一个系统的特征描述。

组建一个有效的科研团队,可以有利于提高团队整体及各团队成员的科研水平,能够在最大限度上发挥团队的科研效用。因此,通过测量分析科研团队合作紧密度,可以密切关注科研团队内部的合作情况,对于优化科研团队的配置,具有重要的参考价值。

2 科研团队的定义

在早期的科学研究活动中,由于通讯、交通等因素的制约,科研人员的很多科学研究都是以个人单独研究的形式开展的。但随着科学研究活动的拓展,人类协作的本能在科学研究中得到了体现,科学家们以及各种对科学感兴趣的人开始共同研究和探讨一些科学问题,并建立了便于合作研究的科学团体和科研组织^[14]。各种类型的科研团队逐渐地成为科学研究的基本单位,使得各科研人员不用再单打独斗,可以依托团队,发挥更大的作用。蒋日富等人^[15]根据国外几位学者的定义,认为团队具有下述特征:①团队成员具有共同的承诺和目标;②团队是由两个以上通常具有互补关系的个人所组成的团体;③团队成员在完成组织目标的过程中相互协作和相互影响,彼此之间具有一定的角色分工;④通过团队成员的协同效应,能够取得大于成员个人绩效总和的团队绩效水平。在 Jesus 等人^[9]合著的论文中,科研团队被定义为属于同一个研究单位(部门、实验室等)的单一集合群体或者是两个或更多的人员,他们有着相似的科学兴趣和共同的目标,在一个或多个共有的研究路线上进行研究,为实现目标而共同承担任务与共享资源,通常是共同发表成果,并具有一定程度的经济及决策自主权。

在本研究中,把科研团队界定为由两个以上科研人员所组成的研究小组,他们具有共同的科研目标、共同承担一定的科研任务并共享一定的资源,具有相对紧密和稳定的相互合作关系。他们可以依托一定的实体组织(如某一机构、部门、实验室等),也可以是从属于一些非实体组织的合作关系(如共同参与科研项目、

或从事于单一主题或多主题领域的合作研究等)。

3 数据来源和分析方法

目前,分析科研合作网络的方法都是通过构建科研成员间的合作矩阵来测量科研成员之间的合作程度的。对于科研合作的测度大多是从合作网络的结构、密度、派系群体、中心性等方面分别进行分析,并未有机地把各种分析方法联系在一起,并且对于科研团队内部的科研合作,其测量的指标还没有统一的标准或者对于测度的含义解释仍不清晰。在分析科研团队合作紧密度方面,目前还没有一个统一的方法或标准来衡量。

从科研团队的定义以及对合作紧密的定性认识上来看,一个合作紧密的团队与合作松散的团队相比,其内部的合作网络应该是较为紧凑的,各作者之间的合作联系应该是较多的,作者之间的合作能够有机地结合在一起,存在较少的疏远合作关系。而对于科研团队合作紧密的情况,通过观测其内部合作网络中的相关属性,可以得出团队的合作紧密度状况。反映到具体的测度指标上,应该是选取一系列能够衡量合作网络紧密程度的指标。笔者认为,可以采用如网络结构、网络密度、凝聚力指数、派系分析、中心性分析等方面的指标,同时研究该类指标在具体反映科研团队合作紧密度上的表现,实现从定性转向定量的测度方式,这都是本研究中所关注的内容。

在本研究中,通过构建科研团队在期刊上所共同发表论文的合作矩阵和合作网络,分析网络中的相关属性来衡量其合作紧密度。该科研团队合作网络是由科研论文作者所组成的网络,每一位作者定义为一个点,如果两个作者之间在期刊上合著过论文则在两个点之间建立一条边,并根据其合著论文篇数在合作矩阵上相应地赋值。本文所应用的科研团队合作紧密度分析方法(见图 1),在分析科研团队合作紧密度的时候首先构建该团队合作的二值矩阵/多值矩阵,同时依据合作矩阵绘制合作网络图,并选用网络结构、网络密度、凝聚力指数、派系分析、中心性分析等方面的指标,从团队整体的分析层面上,对科研团队合作紧密度进行分析。

本研究选取大连理工大学 WISE 实验室(以下简称 WISE 实验室)作为科研团队的样本,为便于统计,研究的数据集只采用中文的数据集。笔者首先从 WISE 实验室的官方网站^[16]上获取其成员名单,然后通过 CNKI 的中国学术期刊网络出版总库数据库检索

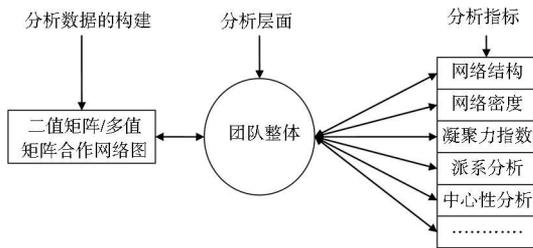


图 1 科研团队合作紧密度分析方法示意

团队成员所发表的期刊论文(检索日期:2010年6月21日),接着对每个成员进行编号并构建论文作者合作矩阵(共23位成员,按序从P1至P23进行编号),对每两个作者之间的所共同发表过的论文篇数进行统计,得出多值矩阵A,然后以UCINET^[7]为工具,用多个社会网络分析的指标对WISE实验室的合作紧密度进行分析。

4 WISE实验室科研团队合作紧密度分析

4.1 科研团队论文合作网络结构的分析

星型结构和网状结构(见图2和图3)是基本的科研合作网络结构,一般可见于各类科研合作网络当中。在科研团队内部作者间的论文合作关系网络中,其最有效的网络结构通常是网状结构,并且无孤立点的存在。如果是星型结构并不利于维系科研团队的合作紧密度,因为一旦科研团队内部出现问题,导致星形网的中心点出现断点时,其合作网络就会出现解体,合作的紧密度也因此会急剧地降低。而在网状结构的方式下,由于形成关联比较紧密的网络结构,一旦网络中的某个点出现断点,其他点还能通过别的途径有机地连接在一起,对团队的合作网络影响不明显,保证了团队内部的合作紧密度。除此之外,对于有效的科研团队,其合作网络也不允许有孤立点的存在,根据科研团队的定义性质,团队成员之间必须具有相对紧密的相互合作关系,不应当出现孤立点的情况。如果出现孤立点,可以直接判定其为无效团队成员,在优化团队结构

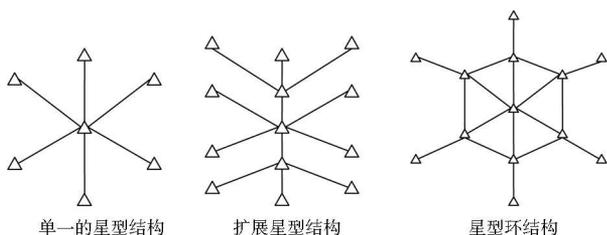


图 2 各类型的星型结构示意

时就应当将其排除在外。同时,在科研团队合作网络中,网状结构的完备程度越高,团队内部科研合作的紧密度就越高。

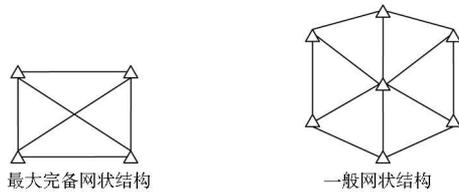


图 3 网状结构示意图

图4中是根据多值矩阵A使用UCINET软件绘制出的WISE实验室团队合作网络图,图中节点代表作者,节点之间的连线粗细表示了作者之间的合作强度,如果作者间存在论文合著情况,则节点间会生成一条连线,合著的论文篇数越多,连线越粗。通过分析该网络结构图,可以看出WISE实验室成员的合作网络是以网状的方式结合,网络图中左侧交错的程度较高,右侧局部呈星型结构,但右侧局部的几个节点及其连线的稠密程度显示其合作强度较高,且整个网络当中并无孤立点的存在,因此可以判定,WISE实验室成员的组合是基于相对紧密的相互合作关系而组建的,其团队的科研合作紧密度较高。

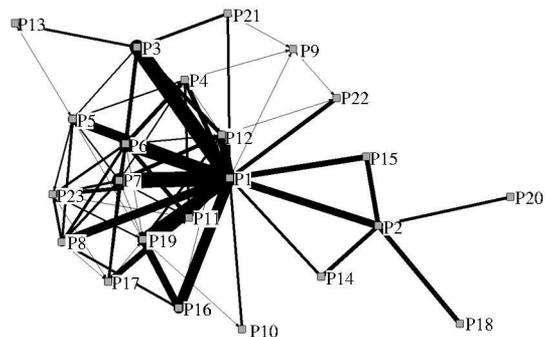


图 4 WISE实验室团队合作网络示意

4.2 科研团队合作网络密度分析

一个图形的密度,即在该图形中实际存在的线与理论上可以达到最大数量线的比例。在一个群体的结构形态中,密度是一项重要的变量。一般来说紧密团队的合作行为较多,知识流通较易,团队工作绩效也会较好,而关系疏远的团队则常有信息不通、情感支持太少、工作满意程度较低的问题^[9]。通过对多值矩阵A网络密度的分析,得出如下表1所示的结果:

表 1 多值矩阵 A 网络密度分析

合作强度均值	标准差	网络密度值	关系总数
1.2016	2.8774	0.2767	140

WISE 实验室科研团队的合作强度均值为 1.2016 代表每个成员间平均合作的论文篇数为 1.2016 标准差为 2.8774 代表各成员间合作次数的数据波动情况,各成员间合作次数的数据差异性越大,该值越高;网络密度值为 0.2767,代表着每个网络节点间平均具有 0.13835 条连接线,说明在合作网络中,每 10 对成员之间,就有 1.3835 对成员存在合作关系;关系总数为 140 代表着网络中实际存在 70 条节点间的连通线,说明网络中有 70 对成员之间存在论文合著的情况(网络中共具有 253 对成员,合作的成员对占到了 27.67%)。

在这 4 项指标中,合作强度均值、网络密度值、关系总数对于团队合作紧密度的影响是正相关的,该三项指标越高,表征着团队的合作紧密度越大。而标准差在网络密度均值较高的情况下,其与团队整体合作紧密度的影响则是负相关的,因为标准差越大,团队的合作就会过于地集中在其中几个成员的网络当中,其他成员的合作紧密度相对会比较小,当剔除核心成员的几个成员后,网络密度均值会急剧下降,而标准差越小,证明团队各成员间合作的次数比较平均,这样无论剔除出网络中任何几位成员,网络密度均值也变化不大。在理想的情况下,合作紧密度较高的科研团队应该具有较高的合作强度均值、网络密度值、关系总数,并具有较低的标准差。

4.3 科研团队合作网络中的凝聚力指数分析

Wilmeyer 等人^[18]将凝聚力定义为:“在追求群体目标的过程中,反映一个群体团结在一起,保持整体倾向的动力过程。”他们将凝聚力描述为一个动态过程,而不认为凝聚力是静态过程。在 UCINET 中,有一个凝聚力指数的分析指标,该指数在 0—1 之间。该指数越大,表明该整体网络越具有凝聚力^[19]。

笔者首先对多值矩阵 A 进行凝聚力指数的分析,计算出建立在“邻接距离”基础上的凝聚力指数为 0.609,而在该类型的分析中 UCINET 软件会自动对多值矩阵进行二值化处理后再进行计算。除此以外,笔者还尝试把图 4 中居于中心的成员(P1)的数据从多值矩阵 A 中去掉后,再对矩阵进行分析,发现凝聚力指数为 0.405,该值降低了很多,证明 P1 对于该团队的凝聚力起着重要的作用。同时,笔者也尝试了把居于边缘点的成员(P18)数据从多值矩阵 A 中去掉后,对矩阵再进行分析,发现凝聚力指数变为 0.630,团队的凝聚力指数反而提高了,这证明对处于团队网络中的边缘点,其对团队的凝聚力指数会有负相关的影响作用。

该凝聚力指数可以作为一个衡量团队合作紧密度的指标,其对于团队的含义在于,在优化团队结构的时候,可以考虑保留对凝聚力指数具有正相关影响的成员,并把对该指数有负相关影响的成员尽量排除在外,或者采取措施将负相关影响的成员转变为正相关影响的成员,藉此来提高团队的凝聚力,提升团队合作的紧密度。

4.4 科研团队合作网络中的凝聚子群分析

凝聚子群是满足如下条件的一个行动者子集合:即此集合中的行动者之间具有相对较强、直接、紧密、经常的或者积极的关系^[20]。通过凝聚子群的分析方法,可以测度出科研团队中集群合作的紧密度。目前分析凝聚子群的方法有很多,刘军^[2]认为:在分析凝聚子群时,首先分析定义比较严格的凝聚子群,然后分析界定比较松散的子群。例如,可以先分析“派系”,如果不存在派系,应该进一步分析 n-派系、n-宗派、k-丛、k-核、成分、Lambda 集合等。

由于科研团队中一般保持有相对紧密的合作关系,通过派系分析很容易就能找出联系紧密的凝聚子群集,因此本研究在凝聚子群的分析中首选派系(Cliques)分析。通过对多值矩阵 A 进行派系分析,派系中成员的最小规模(Minimum Size)设为 3,结果发现 20 个派系,如表 2 所示:

表 2 WISE 实验室团队派系划分

派系序号	成员
1	P1 P6 P7 P11 P17 P19 P23
2	P1 P6 P7 P11 P12 P19
3	P1 P4 P6 P7 P11 P12
4	P1 P5 P6 P7 P19 P23
5	P1 P5 P6 P7 P8 P23
6	P1 P4 P5 P6 P7
7	P1 P6 P7 P8 P17 P23
8	P1 P3 P5 P6
9	P1 P3 P6 P12
10	P1 P2 P14
11	P1 P2 P15
12	P1 P4 P9
13	P1 P9 P21
14	P1 P9 P22
15	P1 P10 P19
16	P1 P12 P16 P19
17	P1 P8 P16
18	P1 P3 P21
19	P1 P12 P22
20	P3 P5 P13

由于在一个网络图中,派系是指至少包含三个点的最大完备子图,也就是说在派系中,任意两点都是邻接的。所以,在一个网络中,如果找到的派系较少,但是每个派系中包含的人数多,可以认为网络是高度紧密的;但是如果找到的派系比较多,但每个派系中的人

数较少,可以认为网络是较为紧密的;如果找到的派系少,并且派系中包括的成员也少,那么可以认为网络是比较松散的。根据表 2 的分派情况看, WISE 实验室团队合作网络中派系较多,但各派系中的人数较少,可以认为其合作紧密度是较高的。同时笔者也发现, P1 在 19 个派系中存在有紧密的合作关系,可以认为 P1 是团队派系中的核心人物, P1 在各派系的合作交流中起着重要的枢纽作用。而团队中有两个成员 (P18 P20) 没有包含在任一派系里面,说明他们不能与团队中任意两名成员组成有效的合作,其与团队的合作研究不够紧密,他们应该加强与团队中成员的合作研究。

4.5 科研团队合作网络的中心性分析

中心性分析是社会网络分析的研究重点之一,它可以测度个人或者组织在其社会网络中具有怎样的权力或居于怎样的中心地位。在团队合作紧密度分析中可以从度数中心性、中间中心性、接近中心性三个方面来对团队个体和团队整体网络进行分析,这三种中心性分析都包括点的中心度分析和图的中心势分析。通过团队个体的中心度的分析可以衡量谁在这个团队中成为最主要的中心人物,这样的人在社会学的意义上,就是最有社会地位的人,在组织行为学上则为最有权力的人。具有高中心性的人,在这个团体中也具有一个主要的地位。中心势指数恰恰与网络密度相反,它代表的正是群体集权的程度,也就是团队互动或者团队合作集中在少数人的状况。中心势指数越高,则越不利于知识的交流与共享。

笔者通过对多值矩阵 A 进行度数中心性、中间中心性、接近中心性分析,得出 WISE 实验室团队网络的三个中心势指数,如表 3 所示:

表 3 WISE 实验室团队网络中心势分析

中心势指数	WISE 科研合作网 (多值矩阵 A)	星形网	环形网/完备网
度数中心势	38.60%	100%	0%
中间中心势	54.49%	100%	0%
接近中心势	71.95%	100%	0%

在表 3 当中,笔者也加上了星形网、环形网/完备网的中心势指数,这样可以更好地对分析数据进行一个对比。

由于星形网的中心势都为 100%,而环形网和完备网的中心势都为 0%,从表 3 中的数据可以看出, WISE 实验室团队网络并不完全是星形网或者是环形网、完备网的形态,结合该数据和图形来看, WISE 实验室团队合作网络是属于网状的网络结构,并且没有完

全达到完备网的状态,笔者认为表 3 中的中心势指数在一定程度上也表示出团队合作网络中网状交织的程度。而作为一个团队,其各项中心势不能太高,如果中心势太高,团队中的权力、资源或者成果等都会过于集中于团队几位成员的手中,这样不利于团队的整体发展,其合作紧密度会受到一定的影响。因此,一个合作紧密的团队网络,网络的各项中心势指数应该尽量地低。

5 结 语

本文在研究中使用了网络结构、网络密度、凝聚力指数、派系分析、中心性分析这 5 个方面的指标来分析科研团队合作紧密度的情况。从以上的分析来看,这 5 类指标能够比较好地解释并反映科研团队合作紧密度的情况,同时通过对这些指标的分析,笔者归纳出一个具有高度合作紧密度的科研团队在其合作网络中所应具有的一些共性特征:①网络结构应当是网状结构;②在网络密度分析中具有较高的合作强度均值、网络密度值、关系总数,并具有较低的标准差;③凝聚力指数高;④在派系分析中,派系少但各派系中成员多或者派系多但各派系中成员少;⑤网络的各项中心势指数应该尽量地低。

仅采用本文中所提出的 5 类指标,还不足以全面衡量科研团队合作紧密度情况,因此在进一步的研究当中,还可以从以下几个方面进行扩展,如对比个人作者在团队内与团队外合作的情况;对比个人单独发表论文与合作发表论文的情况;进一步考察测度指标,通过调整指标以增强测度体系的合理性;选取多个研究团队以及扩大数据集的选取范围来进行对比研究以验证指标设置的合理性等。

参考文献:

- [1] 罗家德. 社会网分析讲义. 北京: 社会科学文献出版社, 2005: 11
- [2] 刘军. 整体网分析讲义. 上海: 上海人民出版社, 2009: 4-7
- [3] 朱庆华, 李亮. 社会网络分析法及其在情报学中的应用. 情报理论与实践, 2008(2): 179-183.
- [4] 王福生, 杨洪勇. 作者科研合作网络模型与实证研究. 图书情报工作, 2007, 51(10): 68-71
- [5] 张鹏. 科学家合作网络的聚类分析. 复杂系统与复杂性科学, 2005, 2(2): 30-34.
- [6] 张秀梅, 吴魏. 科研合作网络的可视化及其在文献搜索服务中的应用. 情报学报, 2006, 25(1): 9-15

(下转第 99 页)

4 结 语

针对 KM 中情境这一逐渐被认可和重视的要素, 本文系统地阐述了其含义、与 KM 的关系, 提出了 KM IC 方法, 分析了 KM IC 的目标, 探讨了 KM IC 的关键技术并构建了 KM IC 系统。进一步研究包括从个体、团队、组织和跨组织等不同范围更深入地研究不同知识过程情境化的特点与方法, 相关关键技术的深入研究与实现, 以及更多企业应用案例的研究。

参考文献:

[1] Dieng R, Corby O, Gboin A, et al. Methods and tools for corporate knowledge management. *International Journal of Human Computer Studies*, 1999, 51(3): 38-45.

[2] Ali Y. Knowledge transfer as the transformation of context. *Journal of High Technology Management Research*, 2007, (18): 43-57.

[3] 余光胜, 刘卫, 唐郁. 知识属性、情境依赖与默会知识共享条件研究. *研究与发展管理*, 2006, 18(6): 23-29.

[4] Kakabadse N K, Kakabadse A, Kouzmin A. Reviewing the knowledge management literature: Towards a taxonomy. *Journal of Knowledge Management*, 2003, 7(4): 75-91.

[5] 许强, 刘翌, 贺燕敏. 母子公司管理度剖析——基于情境的知

识转移研究视角. *科学学研究*, 2006, 24(2): 273-278.

[6] 王能民, 杨彤, 汪应洛. 项目环境中知识转移的策略研究. *科学与科学技术管理*, 2006(3): 68-74

[7] Kwan M M, Balasubramanian P. KnowledgeScope: managing knowledge in context. *Decision Support Systems*, 2003, 35(4): 467-486.

[8] Ahn H J, Lee H J, Cho K, et al. Utilizing knowledge context in virtual collaborative work. *Decision Support Systems*, 2005, 39(4): 563-582.

[9] 杨涛, 肖田元, 张林鎰. 以上下文为中心的设计知识管理方法. *计算机集成制造系统*, 2004, 10(12): 1541-1545

[10] 潘旭伟, 顾新建, 仇元福, 等. 面向知识管理的知识建模技术. *计算机集成制造系统*, 2003, 9(7): 518-521

[11] 潘旭伟, 顾新建, 程耀东, 等. 集成情境的知识管理模型. *计算机集成制造系统*, 2006, 12(2): 225-230, 263

[12] 潘旭伟, 顾新建, 王正成, 等. 集成情境的知识管理方法和关键技术研究. *计算机集成制造系统*, 2007, 13(5): 971-977, 983

[13] 祝锡永, 潘旭伟, 王正成. 基于情境的知识共享与重用方法研究. *情报学报*, 2007, 26(2): 179-184

[14] 潘旭伟, 李泽彪, 祝锡永, 等. 自适应个性化信息服务: 基于情境感知和本体的方法. *中国图书馆学报*, 2009, 35(6): 41-48

[作者简介] 潘旭伟, 男, 1977年生, 副教授, 主任, 发表论文 50余篇; 祝锡永, 男, 1964年生, 教授, 发表论文 20余篇; 李娜, 女, 1982年生, 硕士研究生。

(上接第 32 页)

[7] 刘杰, 陆君安. 一个小型科研合作复杂网络及其分析. *复杂系统与复杂性科学*, 2004, 1(3): 56-61

[8] Yang Heng-Li, Tang Jih-Hsin. Team structure and team performance in IS development: A social network perspective. *Information & Management*, 2004, 41(3): 335-349

[9] Jesus Rey-Rocha, Belen Garzon-Garcia, Jose Martin-Sempere. Scientists' performance and consolidation of research teams in biology and biomedicine at the Spanish Council for Scientific Research. *Scientometrics*, 2006, 69(2): 183-212

[10] Jose Martin-Sempere, Belen Garzon-Garcia, Jesus Rey-Rocha. Team consolidation, social integration and scientists' research performance: An empirical study in the biology and biomedicine field. *Scientometrics*, 2008, 76(3): 457-482

[11] 张海燕, 刘娜, 陈士俊, 等. 基于社会网络分析的创新团队合作度评估. *高等职业教育(天津职业大学学报)*, 2008(1): 83-85

[12] 明宇, 司虎克, 苏宴峰. 团队网络结构对体育科研团队绩效影响

的研究. *南京体育学院学报(社会科学版)*, 2009(4): 72-76.

[13] 冯博, 刘佳. 大学科研团队知识共享的社会网络分析. *科学学研究*, 2007(6): 1156-1163

[14] 周寄中. *科学技术创新管理*. 北京: 经济科学出版社, 2002: 57.

[15] 蒋日富, 霍国庆, 谭红军, 等. 科研团队知识创新绩效影响要素研究——基于我国国立科研机构的调查分析. *科学学研究*, 2007(2): 364-372

[16] Webometrics, informetrics, scientometrics and econometrics lab [2010-06-22]. <http://www.wiselab.cn>

[17] UCINET [2010-06-22]. <http://www.analytictech.com/ucinet/>

[18] Widmeyer W N, Canon A V, Brawley R. Group Cohesion in sport and exercise. *Handbook of Research on Sport Psychology*, 1993: 672-679.

[19] 刘军. *整体网分析讲义*. 上海: 上海人民出版社, 2009: 15.

[20] Wasserman S, Faust K. *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 1994: 249

[作者简介] 庞弘葵, 男, 1983年生, 博士研究生, 发表论文数篇; 方曙, 男, 1957年生, 研究员, 馆长, 博士生导师, 发表论文 70余篇; 杨波, 男, 1981年生, 讲师, 发表论文数篇; 付鑫金, 女, 1984年生, 博士研究生, 发表论文数篇。