

基于社会网络分析的学术合作关系研究

康文杰, 郑倩冰, 陈侃

(国防科学技术大学 计算机学院, 湖南 长沙 410073)

摘要:学术合作关系是各领域各学科的科学家之间的合作关系。随着科学技术快速发展,各科学领域之间的交叉融合已成为一种需求趋势,学术合作关系也越来越密切。文中首先给出异构信息网络和元路径的定义,并在此基础上提出在异构信息网络中通过元路径对学术合作关系进行预测的方法;然后建立合作可能性预测模型来计算作者之间的合作可能性;最后收集实验数据,并将数据代入到合作可能性预测模型中进行计算。实验表明,通过该模型作者可以找到其最佳合作者。

关键词:异构信息网络;元路径;特征空间;合作可能性

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)05-0001-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.05.001

Research on Relationship of Academic Cooperation Based on Social Network Analysis

KANG Wen-jie, ZHENG Qian-bing, CHEN Kan

(College of Computer, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: The academic cooperation relationship means the cooperation relationship between scientists in diverse research fields. With the rapid development of science and technology, the interdisciplinary research is blooming, as the relationships between different research fields have become increasingly close. In this paper, firstly present the definition of heterogeneous information networks and meta-path, on the basis of it, a method is proposed which uses meta-path to evaluate possible collaborators in heterogeneous information network. And then an evaluation model is established to calculate the cooperation probability between authors. Finally collect experimental data and input the data into the evaluation model to calculate. The experiments show the effectiveness of the proposed method.

Key words: heterogeneous information networks; meta path; feature space; collaboration probability

0 引言

在 market 需求的驱动下,科学研究呈现两种发展趋势,一是研究的范围越来越大,课题之间没有明显的学科分界,甚至有很多交叉学科之间的合作研究;二是研究的方向逐步变细,研究难度也不断增大。在这种情况下,依靠个体的力量很难完成科学研究,因此需要靠个体之间的合作来推动科学研究的步伐。而能否寻找合适的合作对象关系着科学研究的效率和成果,也是文中要解决问题的关键。

在这之前,在学术界有很多学者通过运用社会网络分析法对论文合作网进行过研究,通过收集某某会议或期刊的大量文章,统计作者合作发表论文的数量,并计算出所占比例以及合作强度,还有从情报学领域

合作发文网络和共词合作网络^[1]进行分析,来说明学术网络中的合作情况。这些研究只是从现有的网络中挖掘出较强节点(发表论文数量少的作者已被忽略)之间的合作关系,而且该网络是均匀合作网络^[2],即每个节点的类型相同。

这些研究存在的不足在于它们只是挖掘出学术合作网络中隐藏的合作关系,并没有对可能的合作关系进行预测。

文中运用社会网络分析方法对异构信息网络^[2]进行分析,涉及到社会网络中合作者之间的合作强度等,主要目的是为了在已有的合作网络中找到某作者的最佳合作对象。

收稿日期:2013-07-20

修回日期:2013-10-27

网络出版时间:2014-02-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61170285)

作者简介:康文杰(1987-),男,山西吕梁人,硕士研究生,研究方向为社会网络;郑倩冰,副教授,博士,研究方向为P2P网络、社交网络。

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140211.1613.037.html>

1 问题的定义

这部分,将介绍有关异构信息网络的思想和,并且定义其关系。主要通过对 DBLP 书目网络^[3-4]进行研究,构建元路径的特征空间^[5]并对合作可能性建模,采集数据并验证模型的可行性,即通过检索某科学工作者就能给出其最佳合作者。

1.1 异构信息网络

异构信息网络是信息网络的一种在数据结构之下作为有向图的特殊类型,它既包含多种类型的对象,又有多种类型的链路^[6]。如 DBLP 书目网络,它的节点由作者、地点、论文和术语组成,链路由 4 种不同节点任意 2 个链接构成,而且不同链路所表示的意义不同。

定义 1(信息网络):信息网络^[7-8]被定义为一个有向图 $G=(V,E)$,存在一个对象类型映射函数 $\varphi:V \rightarrow A$ 和一个链路类型映射函数 $\psi:E \rightarrow R$,当每个对象 $v \in V$ 时,有特殊的对象类型 $\varphi(v) \in A$ 成立;当每条链路 $e \in E$ 时,有一个特殊的关系 $\psi(e) \in R$ 。

DBLP 书目信息网络^[5,9]就是一种典型的异构信息网络,包含的对象来自四种不同性质的实体类型:论文 P(Papers),地点 V(Venues),作者 A(Authors),术语 T(Terms)。对于每篇论文 $p \in P$,它都存在指向作者集、地点集、术语集和论文集的链路,并且链路类型被这些关系所定义。

定义 2(网络图):网络图^[2]是一种异构信息网络 $G=(V,E)$ 元模板,存在一个对象类型映射函数 $\varphi:V \rightarrow A$ 和一个链路类型映射函数 $\psi:E \rightarrow R$ 。它是一个定义在对象类型 A 之上、把边看作关系 R 的有向图(如图 1),把它定义为 $T_G=(A,R)$ 。

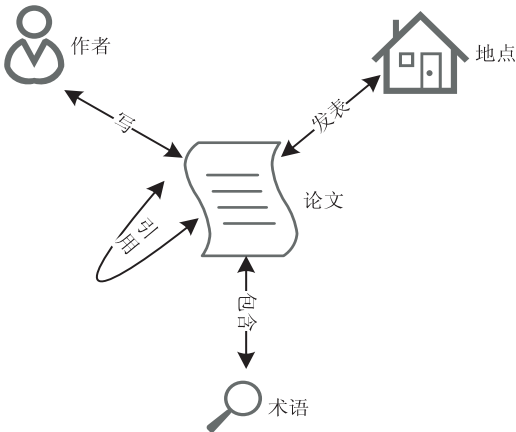


图 1 DBLP 书目网络

不同于传统网络定义,明确地区分在网络中的对象类型和关系类型。当对象类型 A 的绝对值 $|A| > 1$ 或者关系类型 R 的绝对值 $|R| > 1$ 时,网络被称为异构信息网络;否则它是均匀信息网络。

1.2 元路径

在一个异构网络中,两个对象能够通过不同路径

被连接^[10]。例如,两个作者之间可以被连接,通过“作者-论文-作者”、“作者-论文-地点-论文-作者”、“作者-论文-术语-论文-作者”等路径。从本质上讲,在不同路径之下的语义暗示不同的意义。把这些路径称为“元路径”,定义如下:

定义 3:元路径是定义在网络图 $T_G=(A,R)$ 中的一条路径,表示形式为 $A_1 \xrightarrow{R_1} A_2 \xrightarrow{R_2} \dots \xrightarrow{R_n} A_{n+1}$,它定义了类型 A_1 和 A_{n+1} 之间的一个综合关系 $R=R_1 \circ R_2 \circ \dots \circ R_n$,这里符号 \circ 表示在关系上的综合操作。元路径的拓扑关系如表 1 所示。

表 1 元路径的特征关系表

元路径	语义解释
$A-P \rightarrow P-A$	作者 a_k 的论文引用了作者 a_l 的论文
$A-P \rightarrow P \leftarrow P-A$	作者 a_k 的论文被作者 a_l 的论文引用
$A-P-V-P-A$	作者 a_k 的论文和作者 a_l 的论文在相同的地点发表
$A-P-A-P-A$	作者 a_k 和作者 a_l 的合作者是同一个人
$A-P-T-P-A$	作者 a_k 的论文和作者 a_l 的论文有相同的标题
$A-P \rightarrow P \rightarrow P-A$	作者 a_k 的论文所引用的论文引用了作者 a_l 的论文
$A-P \leftarrow P \leftarrow P-A$	引用作者 a_k 论文的论文被作者 a_l 引用
$A-P \rightarrow P \rightarrow P \leftarrow P-A$	作者 a_k 的论文和作者 a_l 的论文引用了同一篇论文
$A-P \leftarrow P \leftarrow P \leftarrow P-A$	作者 a_k 的论文和作者 a_l 的论文被同一篇论文所引用

1.3 基于元路径的度量

一个基于元路径特征的其他成分就是对元路径之间联系的度量。有很多度量方法被定义和执行为了去测量查询实体和给出相同元路径潜在结果实体之间的相似度或相近度。

一些基于元路径的度量方法如下:

(1)术语相似性:指两个作者发表过论文的术语相似性,论文 p_i 和论文 p_j 的术语相似性:

$$w(p_i, p_j) = \frac{2 \text{cover}(p_i \leftrightarrow p_j)}{\text{num}(p_i) + \text{num}(p_j)} \quad (1)$$

式中, $\text{cover}(p_i \leftrightarrow p_j)$ 表示在论文 p_i 和论文 p_j 题目中存在相同内容的字数; $\text{num}(p_i)$ 表示论文 p_i 中标题或关键字的字数; $\text{num}(p_j)$ 表示论文 p_j 中标题或关键字的字数。

(2)相似路径^[2]: 给出一个对称的元路径 P,两个相同类型 x 和 y 之间的相似路径:

$$s(x, y) = \frac{2 \times |\{p_{x-y}; p_{y-x} \in P\}|}{|\{p_{x-x}; p_{x-x} \in P\}| + |\{p_{y-y}; p_{y-y} \in P\}|} \quad (2)$$

式中, p_{x-y} 是 x 与 y 之间的一个路径实例; p_{x-x} 是 x 与 x 之间的路径实例; p_{y-y} 是 y 与 y 之间的路径实例。

2 元路径的特征空间

基于元路径特征空间^[3]是元路径与基于元路径方

法的结合,该空间可以描述为两个数据集(元路径集和方法集)的笛卡尔积。即 $F = P \times M$, 这里 P 是可能元路径的集合, M 是基于元路径方法的可能集合。

2.1 合作可能性

合作可能性是通过对不同元路径的分析来预测某领域科学家之间存在合作的可能性,其可能性以概率的形式表达出来,概率大的说明科学家之间的合作几率大,反之较小。

定义4(合作可能性):在网络图 $T_c = (A, R)$ 中任意一条路径 $P = (A_1 A_2 \cdots A_l)$, 都存在合作可能性 $CP(P) = CP(A_1, A_2, \cdots, A_l)$, 因为子路径 $p_1 = A_1 A_2$ 和 $p_2 = A_2 A_3$ 是独立的两个过程,任意子路径对其他子路径的存在相互没有影响,所以:

$$CP(P) = CP(p_1, p_2, \cdots, p_l) = CP(A_1 A_2) \times CP(A_2 A_3) \times \cdots \times CP(A_{l-1} A_l) = \prod_{i=1}^{l-1} CP(p_i) \quad (3)$$

针对不同的关系 R_i 给出合作概率,首先要对所有可能的不同关系进行分类,一次给出每种关系之上的合作概率公式,然后用将这些概率乘积来表示复杂元路径之上的合作可能性。

2.2 合作可能性预测模型

合作可能性预测模型是基于元路径的特征空间建立起来的模型,其目的是通过异构信息网络中的元路径挖掘合作者,进而找到最佳合作者。即每种元路径所对应的合作概率都不同,复杂的元路径是通过子元路径组成的,在它之上的合作概率是各个子元路径的乘积。

子元路径主要分为以下五种情况:

(1) $p_1: A - P - P - A$: 作者 a_k 的论文 p_i 引用了作者 a_l 的论文 p_j 或作者 a_l 的论文引用了作者 a_k 的论文。所以作者 a_k 与作者 a_l 的合作可能性为:

$$CP(p_1) = \frac{\text{count}_{p_i \rightarrow p_j} + \text{count}_{p_j \rightarrow p_i}}{\text{count}_{p_i} + \text{count}_{p_j}} \times w(p_i, p_j) \quad (4)$$

式中, $\text{count}_{p_i \rightarrow p_j}$ 表示论文 p_i 引用了论文 p_j 的次数; count_{p_i} 表示论文 p_i 中所有引用的论文; $\frac{\text{count}_{p_i \rightarrow p_j} + \text{count}_{p_j \rightarrow p_i}}{\text{count}_{p_i} + \text{count}_{p_j}}$ 表示作者 a_k 选择与作者 a_l 的概率。

(2) $p_2: A - P - V - P - A$: 作者 a_k 的论文 p_i 和作者 a_l 的论文 p_j 在相同的地点发表。所以作者 a_k 与作者 a_l 的合作可能性为:

$$CP(p_2) = s(a_k, a_l) \times \left(\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w(p_i, p_j)}{\min(n, m)} \right) \quad (5)$$

式中, $s(a_k, a_l)$ 表示作者 a_k 与作者 a_l 的相似性,其值越接近于1说明两个作者的学术水平和权威程度

越相近,选择合作的可能也就越大; $\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w(p_i, p_j)}{\min(n, m)}$

表示作者 a_k 与作者 a_l 所有发表在同一地点论文的术语相似性, n 和 m 分别表示作者 a_k 和作者 a_l 的论文数, $\min(n, m)$ 是 n 和 m 之中的最小值,如果作者 a_k 和作者 a_l 合作发表过相同的文章,就会有 $w(p_i, p_j)$ 等于1,两人所有发表文章的术语相似性 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w(p_i, p_j)$ 就会大于1,再除以两人在同一地点发表文章数量的较小数 $\min(n, m)$ 就得到发表在同一地点两个作者的术语相似性。

(3) $p_3: A - P - T - P - A$: 作者 a_k 的论文 p_i 和作者 a_l 的论文 p_j 有相同的标题。所以作者 a_k 与作者 a_l 的合作可能性为:

$$CP(p_3) = \frac{\text{count}_{p_i \rightarrow p_j} + \text{count}_{p_j \rightarrow p_i}}{\text{count}_{p_i} + \text{count}_{p_j}} \quad (6)$$

(4) $p_4: A - P - A - P - A$: 作者 a_k 和作者 a_l 的合作者是同一个人 a_i , 也就是合作者的合作者。该情况下,需要考虑合作者之间的平均合作强度和两篇论文的术语相似性。所以作者 a_k 与作者 a_l 的合作可能性为:

$$CP(p_4) = \frac{1}{n_k - 1} \times \frac{1}{n_l - 1} \times w(p_i, p_j) \quad (7)$$

式中, n_k 表示作者 a_k 的论文中合著者人数; n_l 表示作者 a_l 的论文中合著者人数; $\frac{1}{n_k - 1}$ 表示作者 a_k 与 a_i 的平均合作强度; $\frac{1}{n_l - 1}$ 表示作者 a_l 与 a_i 的平均合作强度。用 a_k 和 a_l 的合作强度之积乘以论文术语相似性就得出作者 a_k 与作者 a_l 的合作可能性。

(5) $p_5: A - P - P - P - A$: 如表1所述 p_5 路径有四种可能的情况。但作者 a_k 的论文与作者 a_l 的论文通过一篇论文联系起来,它们之间存在着引用与被引用的关系,在计算合作可能性时,这四种元路径的计算方法相同,所以作者 a_k 与作者 a_l 的合作可能性为:

$$CP(p_5) = w(p_i, p_j) \quad (8)$$

以上是元路径的五种基本的子路径,任何复杂的元路径都是通过这几种子路径组合而成,其合作可能性也是由各个子路径合作可能性的乘积。所以,元路径的特征空间就是由元路径以及元路径的度量方法构成的,文中已经给出具体的度量方法,下面通过实验来验证其特征空间。

3 实验

为了通过特征空间中的度量方法来找到最佳合作者,采集了某科研单位科学工作者及相关合作者288

名,论文 1 812 篇,从中挖掘相关信息进行研究。通过对作者相似性和论文相似性的计算,以及合作可能性的度量,可以找出很多有可能合作的科研工作者。

3.1 数据集

生成一个训练数据集来存储从大量论文数据信息中提取出来的有用信息,它包括 DBLP 书目网络中四种不同实体类型的相关信息,训练数据集的数量和质

量对于所有的实验是足够的,当然在生成数据集的时候已经把那些孤立的点利用数据挖掘的方法去除了,这并不影响实验结果。

对所有作者在刊物上发表的所有文章进行了统计(如表 2),来计算作者与作者之间的相似性,再根据元路径各个不同的子路径相关的算法来求出与某作者可能的合作者,从中判断出最佳合作者。

表 2 作者-期刊-论文数量表

	期刊 A	期刊 B	期刊 C	期刊 D	期刊 E	期刊 F	期刊 G	期刊 H	期刊 I	期刊 J	期刊 K	期刊 L	期刊 M	期刊 N	期刊 O	期刊 P	期刊 Q	期刊 R	期刊 S	期刊 T	期刊 U	期刊 V	期刊 W	期刊 X	期刊 Y
作者 a	8	31	10	16	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0	6	0	6	4
作者 b	7	6	0	0	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
作者 c	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
作者 d	0	41	15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	13	12	10	6	8	7	0	0	0	0	0
作者 e	0	43	25	33	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	10	10	0	6	5	0	16	14	0	0	0
作者 f	15	52	0	0	0	0	0	0	0	4	0	9	5	0	6	0	7	3	6	0	0	0	3	0	0
作者 g	3	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	4	3	0	3	3	4	0	0	0	0	0	0
作者 h	4	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...																									

期刊 A 至 Y 分别代表计算机教育,计算机工程与科学,计算机研究与发展,软件学报,科技信息,计算机与现代化,微计算机信息,计算机工程与设计,信息安全与通信保密,高等教育研究学报,硅谷,计算机工程,国防科技大学学报,中国教育网络,计算机科学,计算机工程,电子学报,小型微型计算机系统,计算机工程与应用,计算机应用研究,计算机学报,通信学报,华中科技大学校报,计算机技术与发展,计算技术与自动

化。由于以上作者信息敏感涉密,所以用作者 a、作者 b、作者 c、作者 d、作者 e、作者 f、作者 g、作者 h 代替。

省略了那些合作概率较小的节点,给出以上几位作者的论文发表情况,表的横列表示某作者在各个期刊上发表的论文数,纵列数字表示某期刊上刊登各个作者发表论文数量。根据表 2 来求作者相似性(如表 3 所示)。

表 3 作者相似性情况表

	作者 a	作者 b	作者 c	作者 d	作者 e	作者 f	作者 g	作者 h
作者 a	1	0.268 75	0.239 03	0.818 12	0.673 95	0.720 02	0.284 58	0.094 37
作者 b	0.268 75	1	0.852 07	0.174 65	0.133 56	0.261 48	0.438 36	0.433 57
作者 c	0.239 03	0.852 07	1	0.187 37	0.125 80	0.249 08	0.285 17	0.385 96
作者 d	0.818 12	0.174 65	0.187 37	1	0.836 92	0.805 32	0.278 82	0.061 60
作者 e	0.673 95	0.133 56	0.125 80	0.836 92	1	0.629 56	0.195 34	0.063 71
作者 f	0.720 02	0.261 48	0.249 08	0.805 32	0.629 56	1	0.331 66	0.048 24
作者 g	0.284 58	0.438 36	0.285 17	0.278 82	0.195 34	0.331 66	1	0.261 60
作者 h	0.094 37	0.433 57	0.385 96	0.061 60	0.063 71	0.048 24	0.261 60	1

3.2 查询合作者结果

选择一条元路径 $p_2: A - P - V - P - A$ 作为研究对象来计算作者 a 与其他作者之间的合作可能性,其他路径类似。根据公式(5)还需要算出术语相似性(如

表 4)。

由表 4 不难发现,作者 a 的最佳合作者是作者 e,之后合作可能性由大到小依次为作者 b,作者 h,作者 g 等。合作可能性较大的说明作者 a 与该作者合作的

概率大。

表4 作者 a 与其他作者的合作可能性表

作者 a 与其他 作者关系	作者 相似性 s	术语 相似性 w	合作 可能性 $s * w$
作者 b	0.268 75	0.375	0.100 78
作者 c	0.239 03	0.055 05	0.013 16
作者 d	0.818 12	0.008 06	0.006 59
作者 e	0.673 95	0.341 66	0.230 26
作者 f	0.720 02	0.009 13	0.006 57
作者 g	0.284 58	0.138 75	0.039 49
作者 h	0.094 37	0.627 49	0.059 22

4 结束语

文中通过对异构信息网络的研究,建立合作可能性预测模型并给出了在元路径特征空间下不同元路径合作可能性的计算方法,通过对不同元路径下合作可能性的计算来确定最佳合作者,提出了在异构信息网络图中预测最佳合作者的思想,为今后科学家之间的合作找到了一条捷径。目前有不少关于合作关系方面的研究,国内外学者利用科学计量方法、数理统计方法以及组合数学模型等对科学合作进行了深入的研究,取得了丰富的成果,使得科学合作领域研究由定性分析向量化迈进了一大步^[11],荣先乾等使用社会网络分析方法考察图情领域作者之间的合著关系^[12],李亮等以合著分析比较不同学科领域的特点^[13],邱均平等从整体网络特征、节点度分布和每篇论文合作作者数方面对三个样本进行计算和对比^[14],张金柱等利用 K-shell 值较度、介数更好地表征作者的传播影响力^[15]。虽然有很多合作关系网络方面的研究和成果,但是还有很多问题需要进一步的研究,使算法更合理精确,需要广大科学工作者共同努力来挖掘潜在的社会网络合作关系的影响因素和特性,为今后的科研合作提供一个平台。文中还可以利用决策分析理论在原有模型的基础上做出决策,以及引用马尔可夫模型来解决实际问题。

参考文献:

- [1] 刘 蓓,袁 毅, Boutin E. 社会网络分析法在论文合作网中的应用研究[J]. 情报学报, 2008, 27(3): 407-417.
- [2] Sun Yizhou, Han Jiawei, Yan Xifeng, et al. Pathsimpl: meta path-based top-k similarity search in heterogeneous information networks[C]//Proc of VLDB. New York: Curran Associates, 2011.
- [3] Sun Yizhou, Han Jiawei, Aggarwal C C, et al. When will it

happen?: relationship prediction in heterogeneous information networks[C]//Proceedings of the fifth ACM international conference on web search and data mining. New York, NY, USA: ACM, 2012: 663-672.

- [4] Yu Xiao, Gu Quanquan, Zhou Mianwei, et al. Citation prediction in heterogeneous bibliographic networks[C]//Proc of SIAM international conference on data mining. [s. l.]: [s. n.], 2012: 1119-1130.
- [5] Yu Xiao, Sun Yizhou, Norick B, et al. User guided entity similarity search using meta-path selection in heterogeneous information networks[C]//Proceedings of the 21st ACM international conference on information and knowledge management. New York, NY, USA: ACM, 2012: 2025-2029.
- [6] Lichtenwalter R N, Lussier J T, Chawla N V. New perspectives and methods in link prediction[C]//Proceedings of the 16th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. New York, NY, USA: ACM, 2010: 243-252.
- [7] Sun Yizhou, Barber R, Gupta M, et al. Co-author relationship prediction in heterogeneous bibliographic networks[C]//Proc of international conference on advances in social networks analysis and mining. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2011: 121-128.
- [8] Ji Ming, Han Jiawei, Danilevsky M. Ranking-based classification of heterogeneous information networks[C]//Proceedings of the 17th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. New York, NY, USA: ACM, 2011: 1298-1306.
- [9] Sun Yizhou, Norick B, Han Jiawei, et al. Integrating meta-path selection with user-guided object clustering in heterogeneous information networks[C]//Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining. New York, NY, USA: ACM, 2012: 1348-1356.
- [10] Davis D, Lichtenwalter R, Chawla N V. Multi-relational link prediction in heterogeneous information networks[C]//Proc of 2011 international conference on advances in social networks analysis and mining. Kaohsiung: [s. n.], 2011: 281-288.
- [11] 付 允, 牛文元, 汪云林, 等. 科学学领域作者合作网络分析-以《科研管理》(2004-2008)为例[J]. 科研管理, 2009, 30(3): 41-46.
- [12] 荣先乾, 覃 桃. 社会网络分析方法在图情领域合著关系的实证研究[J]. 图书馆界, 2010(1): 1-5.
- [13] 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, 26(4): 549-555.
- [14] 邱均平, 李佳靓. 基于社会网络分析的作者合作网络对比研究-以《情报学报》,《JASIST》和《光子学报》为例[J]. 情报杂志, 2010, 29(11): 1-5.
- [15] 张金柱. 利用 K-shell 分析合著网络中的作者传播影响力[J]. 现代图书情报技术, 2012, 28(5): 65-69.

基于社会网络分析的学术合作关系研究

作者: 康文杰, 郑倩冰, 陈侃, KANG Wen-jie, ZHENG Qian-bing, CHEN Kan
作者单位: 国防科学技术大学 计算机学院, 湖南 长沙, 410073
刊名: 计算机技术与发展 
英文刊名: Computer Technology and Development
年, 卷(期): 2014 (5)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201405001.aspx