

典型的社会网络分析软件工具及分析方法*

王 陆

(首都师范大学 教育技术系,北京 100048)

摘要 针对虚拟学习社区的社会网络分析正在逐渐受到研究者的重视,社会网络分析方法也逐渐受到研究者的重视。社会网络分析由于需要进行大量的运算,一般都要在计算机辅助软件的支持下才能完成。本文在介绍了目前 23 种社会网络分析软件的基础上,重点介绍了 NetMiner、Pajek 和 UCINET 三种典型的社会网络分析软件的特点与使用方法,并给出了笔者对这三种典型社会网络分析软件的评价和使用建议。

关键词 社会网络分析;SNA 软件;NetMiner;Pajek;UCINET
中图分类号 G434 **文献标识码** A

一、SNA 分析软件总览

社会网络分析 (Social Network Analysis, SNA) 这几年来极其引人注目 (Felmlee, 2003)^[1]。社会网络分析方法可以从多个不同的途径上测量伴随 e-Learning 而出现的新的社会现象 (Haythornthwaite, 2005)^[2]。首先, SNA 可以有效地发现 e-Learning 中参与者的关系和关系的图式;其次, SNA 还能清晰告诉我们在已经完成的教育模式中发生了什么,由此,我们可以预期、计划和设计具有更好地促进 e-Learning 功能和环境的社会的或技术的系统;第三, SNA 可以帮助我们寻找一些意想不到的行为的新图式、新的社会应用和来自新结构的成果。因此,近十年来,社会网络分析已经成为一种比较普遍的研究社会过程和问题的研究方法 (Wasserman & Faust, 1994)^[3],在分析 e-Learning 的社会网络中也得到了越来越多的深入应用。SNA 的大规模分析最初起源于物理学领域中的网络适应性问题,由于 SNA 需要大量计算,所以这些分析都使用了软件包。近年来又出现了多种可视化的软件处理工具,如 UCINET、NetDraw、NetMiner 和 Pajek 等,这些具有很强可视化功能的 SNA 软件极大地提高了 SNA 的直观分析效果,促进了 SNA 在多个领域中的应用。

1. SNA 的实现工具介绍

在斯科特和瓦瑟尔曼编著的 Models and Methods in Social Network Analysis (《社会网络分析的模式与方法》) 一书的第三章中,介绍了已经被各界研究者所运用的 23

种 SNA 软件 (Huisman & Van Duijn, 2005)^[4]。下表给出了这 23 个软件在软件名称、版本、适用对象、数据格式、功能和所提供的支持等六个方面的具体情况。

23 个 SNA 软件的性能对比表 (Huisman & Van Duijn, 2005)

软件名称	版本号	适用对象	数据格式			功能		提供的支持		
			类型	输入格式	缺省值	可视化	分析类型	付费类型	手册	帮助
Agna	2.0.7	综合	c	m	no	yes	d, sl, sequential	free	yes	yes
Blanche	4.6.4	网络动力学	c	m	no	yes	simulation	free	yes	yes
FATCAT	4.2 ⁵	关系分析	c	ln	yes	no	d, s	free ¹	no	yes
GRADAP	2.0 ⁵	图表分析	c	ln	yes	no	d, sl, dt	com ¹	yes	no
lknow	-	知识网络	e	n	-	yes	d, sl	Free	yes	yes
InFlow	3.0	网络映射图	c,e	ln	no	yes	d, sl, rp	com	yes	yes
KliqFinder	0.05	凝聚子群	c	m, ln	no	yes	sl, s	-	yes	no
MultiNet	4.24	关系分析	c,l	ln	yes	Yes ⁴	d, rp, s	free	no ⁷	yes
NEGOPY	4.30 ⁵	凝聚子群	c	ln	yes	yes	d, sl, rp	com ⁴	yes	yes
NetDraw	1.0	可视化	c,e,a	m, ln	yes	yes	d, sl	free	yes	no
* NetMiner II	2.3.0	可视化分析	c,e,a	m, ln	no	yes	d, sl, rp, dt, s	com ^{5,6}	yes	yes
NetVis	2.0	可视化探测	c,e,a	m, ln	no	yes	d, sl	free ^{2,5}	no	yes
* Pajek	0.94	大型数据网络可视化	c,a,l	m, ln	yes ³	yes	d, sl, rp, dt	free	no	no
PermNet	0.94	排列测试	c	m	yes	no	dt,s	free	no	yes
PGRAPH	2.7	血族关系网络	c	ln	-	no	d, rp	free	no ⁸	yes
ReferralWeb	2.0	提名链	e	ln	-	yes	d	- ⁵	yes	yes
SMLinkAlyzer	2.1	隐藏人口	e	ln	-	yes	d	com ⁶	yes	yes
SNAFU	2.0	MacOS 开源软件	c	m, ln	no	yes	d, sl	free	no	no
Snowball	- ⁵	隐藏人口	e	ln	-	no	s	free ⁵	yes	no
StOCNET	1.4	统计分析	c	m	yes	no	d, dt, s	free	yes	yes
STRUCTURE	4.2 ⁵	结构分析	c,a	m	yes ⁷	no	sl, rp	free ¹	yes	no
* UCINET	6.05	综合	c,e,a	m, ln	yes	Yes ⁴	d, sl, rp, dt, s	com	yes	yes
visone	1.0b1	可视化探索	c,e	m, ln	no	yes	d, sl	free	no	no

注:本表的版本等信息截止到 2003 年秋;
 类型: c=完全, e=自我为中心, a=从属, l=大型网络;
 输入格式: m=矩阵, ln=链接/节点, n=节点;
 分析类型: d=描述性的, sl=结构和特定区域, rp=角色和位置, dt=二元组和三元组方法, s=统计;
 付费类型: com=商业产品, free=自由软件;
 1 DOS 程序并很久没有更新过;
 2 开源软件; 3 仅有属性缺省值代码;
 4 没有绘图程序; 5 Internet 自由接入(可能有部分功能缺失);
 6 测试版可用; 7 某些版本的手册可用;
 8 注册后可使用手册。

从表 1 可以看出, SNA 软件的种类繁多, 适用的对象和运用的分析方法也有较大差异, 且 SNA 软件分为自由软件和商业软件等多种不同类型。若按照软件的类型和是否可视化两个指标, 可以将 23 种 SNA 软件分为典型的 5 类, 其结果如图 1 所示。

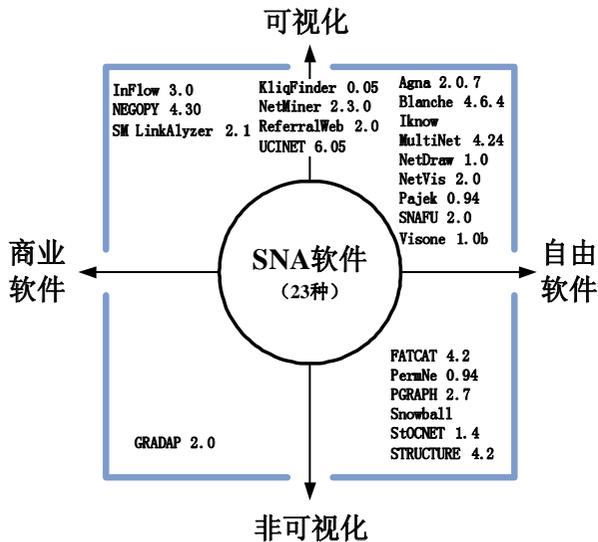


图 1 SNA 软件工具的分类

图 1 表明:(1)第一类为自由可视化 SNA 软件, 共有 Agna 等 9 种软件, 位于图 1 的右上角, 这类软件可以自由下载使用, 成本低, 但一般这类软件的一个共同缺点是缺乏相应的如在线帮助等技术支持;(2)第二类为商业可视化 SNA 软件, 如 InFlow 等 3 种, 这类软件大都有良好的技术支持;(3)第三类为可视化 SNA 软件, 如 KliqFinder 等 4 种, 这类软件一般都是商业软件, 但他们都有可以通过下载试用版的软件, 来使用其中的绝大部分功能;(4)第四类为自由非可视化 SNA 软件, 如 FATCAT 等 7 种, 这类软件的特点是免费使用, 但对 SNA 的分析结果以数据表等形式输出, 不具有可视化分析结果的功能;(5)第五类为商业非可视化 SNA 软件, 只有 GRADAP 一种, 该软件以图表分析为主, 不具有可视化的功能。在 23 种 SNA 软件中, 有 16 种 SNA 软件, 即近 70% 的 SNA 软件, 具有可视化功能。

2. 适用虚拟学习社区的 SNA 实现工具

对话是有效学习必须的生命血液(Woods & Ebersole, 2003)^[5]。在虚拟学习社区中, 学习者之间因为对话而产生了即时联系, 进而形成关系, 并最终构成了学习者之间的社会网络。作者认为虚拟学习社区中的学习论坛(BBS)是学习者的第一对话空间(王陆, 2004)^[6], 所以学习论坛中的关系数据也就成为了研究社会网络的重要数据来源。由于一般 BBS 的数据在后台都采取关系数据库进行存储, 因此数据导出后的格式就为矩阵型格式, 数据类型一般为完全网络数据和从属性数据类型。考虑到虚拟学习社区的数据格式和类型, 结合作者对虚拟学习社区进行 SNA 分析的经验, 作者认为目前比较适用于虚拟学习社区社会网络分析的有 NetMiner、Pajek 和 UCINET 等三种 SNA 软件, 即表 1 中加“*”号的三种软件, 本文将重点对这三种典型的 SNA 软件进行比较分析。

首先, 从软件的类型来说, 这三种典型的 SNA 软件中, Pajek 为自由软件, 可以免费使用; NetMiner 虽然是商业软件, 但其测试版基本可以使用; UCINET 是一款纯商业软件, 但任何版本的 UCINET 软件都可以免费使用一个月。在 NetMiner、Pajek 和 UCINET 三种软件中, 以 UCINET 软件的使用最为普遍。

其次, UCINET 是一种综合型的 SNA 分析软件, 其中包括一维与二维数据可视化分析的 NetDraw 软件, 还有正在发展应用的三维数据可视化分析软件 Mage 等, UCINET 同时还集成了 pajek 用于大型网络分析的自由应用程序等。UCINET 将电子表格编辑(Spreadsheet Editor)功能与各种统计分析的运算方法结合在一起, 可以与多种软件进行数据交换。NetMiner 与 UCINET 软件相比, 只是知名度小很多。以笔者之见, NetMiner 的各项功能都很不错, 尤其是在可视化技术方面的功能很强, 其操作界面也十分直观清晰, 具有较高的友好性。Pajek 是由斯洛文尼亚(Slovenia)的卢布尔雅那(Ljubljana)大学于 1997 年 1 月正式发布的, 在斯洛文尼亚语中 Pajek 是蜘蛛的意思, Pajek 是一项基于 Windows 操作系统的免费 SNA 分析软件, Pajek 软件的功能十分丰富, 且适用于分析大型社会网络。

尽管三种典型的 SNA 软件在操作界面上具有比较大的差异, 从菜单功能上也可以看出一些数据处理的具体操作也不太相同。然而, 使用 SNA 软件工具在针对 e-Learning 社会网络分析时, 却有一定的基本规律可循。

第三, 笔者根据使用三种典型的 SNA 软件的经

验与认识,按照界面友好性、易操作性、数据处理能力和可视化技术等四个方面,对 NetMiner、Pajek 和 UCINET 三种典型的 SNA 软件进行了评价,结果如图 2 所示。

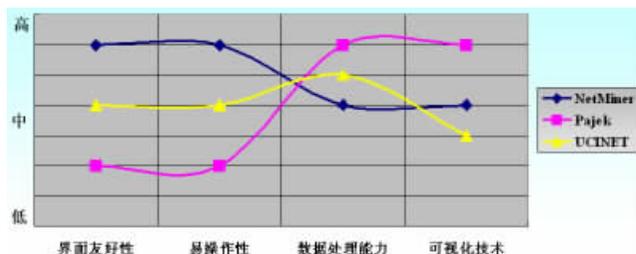


图 2 NetMiner、Pajek 和 UCINET 三种软件的对比分析

图 2 反映出,在三种典型的 SNA 软件中,综合性能最好的是 NetMiner 软件。尽管 UCINET 的综合性能与 Pajek 相当,而且是目前最流行的 SNA 软件,其文献资料也比较丰富,但笔者认为,在处理小型网络时,如果研究者是 SNA 的新手,则应该首选 NetMiner 软件。因为,NetMiner 的界面友好性和易操作性在三个典型 SNA 软件中都是最高,这可以有效地帮助新手研究者较为顺利地展开先期的各种测量与分析工作,有效缩短新手研究者的适应期。作为自由软件的 Pajek,其数据处理能力和可视化技术是三种典型 SNA 软件中最强的,虽然 Pajek 在界面友好性和易操作性两方面都不尽人意,但因为它在处理大型复杂网络(节点数超过 100 个)方面的能力,以及作为自由软件的开放性质,在 SNA 分析领域中正在享有越来越高的声誉。

二、SNA 实现的基本方法

使用 SNA 软件进行社会网络分析时,一般需要按准备数据、数据处理和数据分析三个步骤进行。尽管因不同的 SNA 软件的具体操作不同,但这三个步骤基本是一致的。

1. 准备数据,建立关系矩阵

准备数据是指将使用问卷或其他调查方法,或直接从网络教学支撑平台自带的后台数据库中所获得的用于研究的关系数据,经过整理后按照规定格式形成关系矩阵,以备数据处理时使用。这个步骤也是 SNA 分析的重要的基础性工作。

SNA 中共有三种关系矩阵:邻接矩阵(Adjacency Matrix)、发生阵(Incidence Matrix)和隶属关系矩阵(Affiliation Matrix)。邻接矩阵为正方形,其行和列都代表完全相同的行动者,如果邻接矩阵的值为二值矩阵,则其中的“0”表示两个行动者之间没有关系,而“1”则表示两个行动者之间存在关系。然而我们在分析 e-Learning 的社会网络时,一般都采用非

二值矩阵,即使用赋值矩阵,此时,矩阵中的数值表示为两个行动者之间的关系强度,且规定矩阵中的“行”为关系的发送者,而“列”为关系的接受者。发生阵的“行”代表节点,而“列”代表各条线,即发生阵表达的是哪个点连接在哪条线上,因此,发生阵一定是二值矩阵,且不一定是方阵。邻接矩阵和发生阵都表达了图的全部信息^[7]。在 SNA 中,往往需要分析行动者的隶属关系,如行动者所属班级、年级或学习小组等,以及会关注行动者的一些自然属性,如性别、年龄等,此时就可以利用隶属关系矩阵来表述。隶属关系矩阵的“行”为行动者,“列”为事件,即各种属性。

三种矩阵的建立建立在三种典型 SNA 软件中有多种方法,但归纳起来大致有两种方法。

第一种方法:直接输入关系矩阵内容。这种方法就是利用三种 SNA 软件所提供的数据输入功能,按照研究者所获得的原始关系数据,将具体数值输入进关系矩阵中。其操作过程非常类似 Excel 软件的操作,操作简单而直接。

第二种方法:从其他软件的数据文件直接导入 SNA 软件,形成关系矩阵。三种典型的 SNA 软件都提供了从其他软件导入多种格式的数据文件的功能,以支持多种方法建立关系矩阵。目前,.csv、.txt、.xls、.ntf、.dl 和 .net 等格式的文件都可以直接导入进 NetMiner、Pajek 和 UCINET 三种 SNA 软件中。一般导入操作都有菜单和对话框提示,只要仔细阅读对话框的提示,并给予相应的选择,就可以完成数据的导入,建立起关系矩阵,整个操作过程一般都十分简单快速。

由于一般研究者在收集原始关系数据后,为了数据安全起见都会事先按照某种格式将所收集的数据存入数据文件中,且在 SNA 分析的过程中,往往需要同时使用多个 SNA 软件,这就存在一个在不同软件之间需要交换关系矩阵的操作,因此,第二种建立关系矩阵的方法往往比第一种更常用。

2. 数据处理,进行 SNA 分析

建立 SNA 的关系矩阵后,就需要进入数据处理这个步骤,该步骤为 SNA 的一项核心工作。SNA 的数据处理工作,可以按照不同的操作分为以下两种类型。

(1) 测量

所谓测量,是指针对研究者所建立的关系矩阵,由 SNA 软件自动计算出社会网络的各项网络指标或参数值。通常,通过测量可以完成的 SNA 有:网络的基本属性、中心性、连通性、结构洞等。有关测量的数据处理操作是最简单的,一般都是直接使用 SNA 软件菜单中的有关功能即可完成。在测量操作中,一

般需要研究者按照软件的提示事先指定某个关系矩阵;测量结束后,一般 SNA 软件会给出测量结果,如图 3 所示。

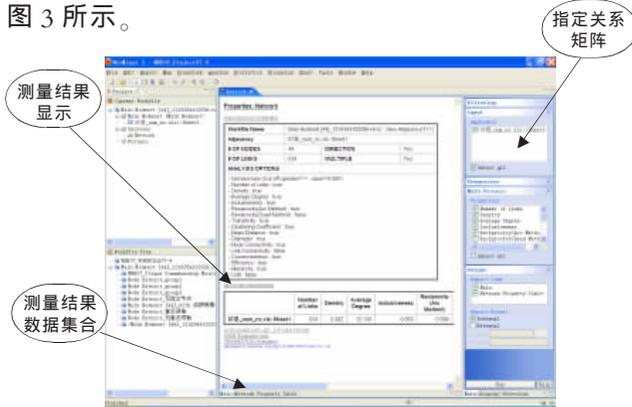


图 3 NetMiner 软件测量网络属性的界面

SNA 测量的结果往往会形成一些数据集合,这些数据集合都是可以导出成为多种格式的数据文件单独存储的,这些数据集合往往是得出 SNA 结论的重要依据。

(2) 探索性分析

探索性分析往往比测量操作复杂,一般要遵循某种分析程序,而且会因探索的问题或对象的不同,其数据处理操作会有很大不同。通过探索性分析可以完成的 SNA 有:凝聚子群分析、网络位置与角色分析和结构洞与经纪人业务分析等。社会网络中的凝聚子群分析是一种典型的探索性分析,其数据处理步骤可以用图 4 表示如下。

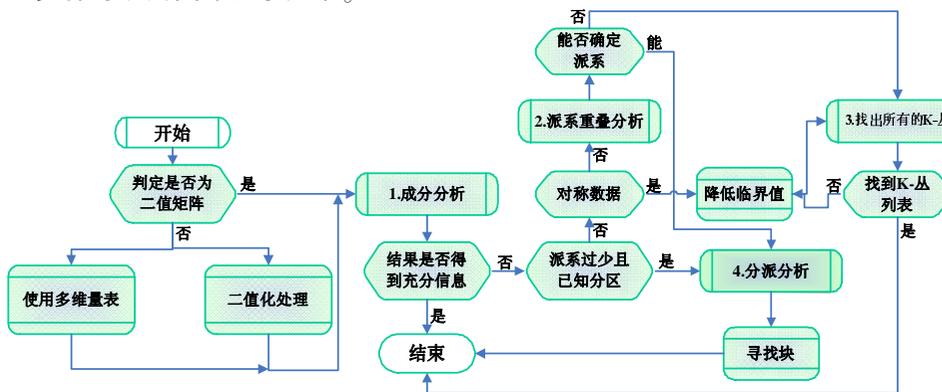


图 4 SNA 中的凝聚子群的数据处理步骤

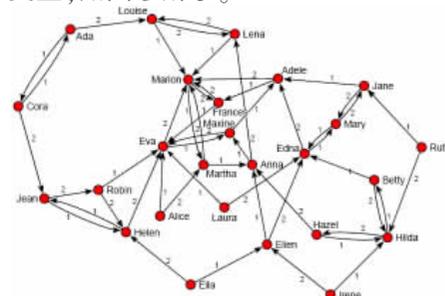
尽管探索性分析的每一个小步骤仍然是使用 SNA 软件菜单中的某个具体操作来完成的,但从图 4 中也可以看出,探索性分析的数据处理路线往往会存在路径的分支与循环等复杂结构,需要研究者依据一定的判定依据进行判断后进行相应的选择才能完成。因此,探索性分析的操作步骤比较多,且操作过程也比较复杂,探索性分析的效率往往与研究的数据对象大小和性质、研究的问题和研究者自身的经验与技巧等有关。

3. 数据分析,得出结论

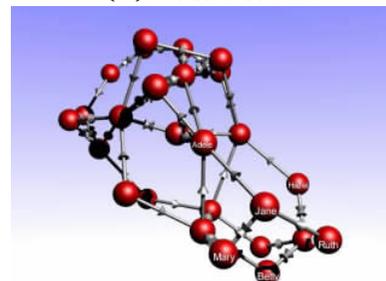
这一步骤是 SNA 分析的关键性工作。当上一步的数据处理完毕后,往往会得到一些可视化的图或数据表等信息。一般数据表都与 Excel 表格的形式非常接近,比较容易读懂,而常用的图有以下几种。

(1) 社群图

社群图表示关系模式,分为二维视图和三维视图两种类型,如图 5 所示。



(a) 二维视图的社群图



(b) 三维视图的社群图

图 5 Pajek 软件绘制的社群图(Wouter et al. 2005)^[8]

图 5 中每个节点表示一名行动者,节点的名称一般就是行动者的姓名或代号。图中的线段代表行动者之间具有关系,若两个行动者之间没有连线,则表明二者之间没有直接联系;线段上的箭头表明关系的方向,线上的数字,如图 5(a)所示,代表关系的强度。从社群图中我们可以获得一些非常有用的信息,例如图 5 中的 Marion 和 Eva 由于比较多的行动者选择他们为关系的接收对象,所以他们二人在网络中拥有比较高的声望;而 Ellen 尽管不是网络中的核心人物,但他为多个桥的切点,所以他占据了比较多的结构洞位置,是网络中的重要人物;另外,该网络的密度不高,具有部分高密度的小群体,因而很可能存在凝聚子群且互惠性关系比较少等。

(2) 网络位置图

网络位置图表示关系数据集中的行动者在社会网络中的位置分布。最常见的位置分布就是核心—边缘模型。如图 6 所示。

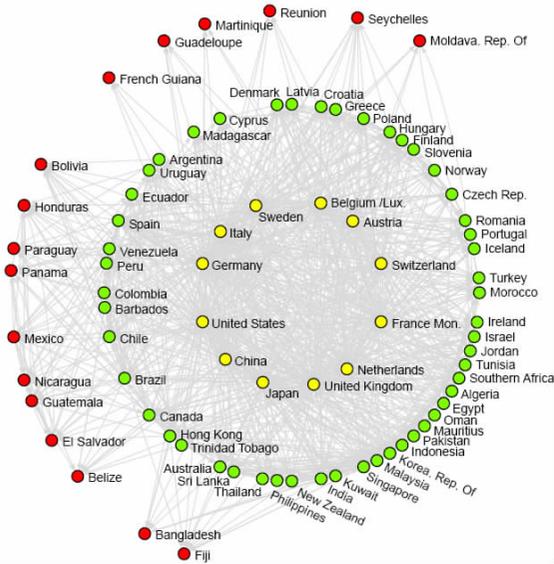


图 6 Pajek 软件绘制的核心—边缘位置图(Wouter et al. 2005)

图 6 是一个关于金属与木材制造业的世界贸易的社会网络位置图，图中每个节点分别代表一个国家。位置图也可以告诉我们丰富的信息，例如图 6 表明：中国、美国、德国等 12 个国家处于这个贸易网络的核心位置，他们掌握了这个网络中多条贸易通路，是金属与木材制造业的最主要的贸易国；而加拿大、澳大利亚等 51 个国家处于网络的半边缘位置，即这些国家的位置处于网络核心与边缘之间，他们在贸易中一方面受核心位置的国家控制，另一方面他们也可以控制一些处于边缘位置的国家；而墨西哥、巴拿马等 17 个国家处于该网络的最外层，也即处于边缘位置。

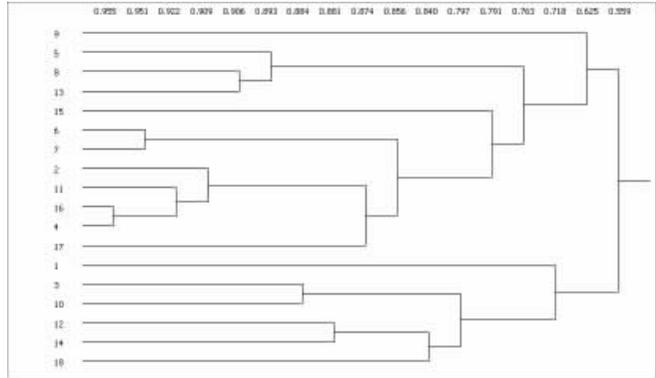
(3) 树形图

树形图用于表示 SNA 中对等性分析等聚类分析的结果。一般有两种表示方式，一种为类似冰柱图的形式，另一种为树形表示方式，具体如图 7 所示。

HIERARCHICAL CLUSTERING OF EQUIVALENCE MATRIX

Level	9	5	8	1	1	6	7	2	1	1	4	7	1	3	1	1	1	1	8
0.955
0.951
0.922
0.909
0.906
0.893
0.884
0.881
0.874
0.856
0.840
0.797
0.791
0.763
0.718
0.625
0.559

(a) UCINET 软件绘制的结构对等性结果



(b) UCINET 软件绘制的聚类树形图

图 7 UCINET 软件绘制的树形图

图 7 是一组针对作者担任主讲教师的网络课程中的关系数据集合所做的结构对等分析的结果。该结果表明：在 0.955 的相似水平上，16 号行动者与 4 号行动者具有结构对等性，即二者网络位置具有对等性(Borgatti & Everett,1992)^[9]；任课教师王陆(12 号行动者)在 0.840 水平上与 14 号行动者，以及 12 号行动者具有结构对等性；且教师王陆在 0.797 水平上与 10 号行动者和 3 号行动者具有结构对等性。这一结果表明，在网络课程中，14 号等部分学习者的网络角色具有双重性，他们既是学习共同体中的学习者，同时也扮演了一定的教师角色，起到了助手的作用。

综上所述，如何从 SNA 所提供的可视化图表中得出 SNA 的结论是非常重要的。笔者认为，为了提高研究质量，最好的办法就是在使用 SNA 时，也同时使用其他研究方法，并形成研究的证据链，才能提高研究的效度。

三、SNA 实现的两个关键点

1. 确定 SNA 的分析单位

分析单位也被称为观察单元或观察层次。确定 SNA 的分析单位是进行 SNA 的重要工作步骤。SNA 从微观到宏观一共提供了行动者个体、小群体和组织共三种分析单位。在虚拟学习社区中，这三种分析单位一般用于解决不同的问题。

在虚拟学习社区中，三种分析单位往往可以指一名行动者，也可以指一个学习小组，甚至可以指整个社区。分析单位的选择，取决于研究者聚焦的研究问题。研究者如果关注的是行动者个体之间的关系，则分析单位就应该选择行动者个体作为观察层次；而如果研究者关注的是学习小组之间的关系问题，则分析单位就应该选择小群体作为观察层次，依次类推。

SNA方法的精妙之处就在于同一网络问题可以在多个不同的分析单位上进行分析,它的独特性表现在其跨层次处理问题的能力,以及对定量、定性资料和图表数据的整合上(马汀·奇达夫等,2007)^[10]。

2. SNA 的数据类型及处理方法

涉及虚拟学习社区的研究数据一般有三类:属性数据(Attribute Data)、关系数据(Relational Data)和观念数据(Ideational Data)。属性数据指涉及行动者的态度、观点和行为方面的数据,一般被视为行动者个体或群体的性质或特点等。关系数据是那些关于接触、联络、关联、群体依附和聚会等方面的数据,一般无法还原为单个行动者,关系不是行动者的属性,而是行动者系统的属性。观念数据描述的是意义、动机、定义以及类型化本身,分析这类数据的技术目前没有分析前两类数据那样完善,类型分析(Typological Analysis)法是目前比较有效的一种方法(Layder,1992)^[11]。

这三种数据类型各有其适当的分析方法。属性数据往往要运用变量分析的方法来进行数据处理,而处理关系数据的最佳方法就是 SNA 方法了,观念数据需要用类型分析法。虽然这三种类型数据的处理方法不同,但数据的收集方法却没有特别差异。

综上所述,第一,SNA 的分析单位是专门针对关系数据的。依据 SNA 分析单位在不同层次上的变化,虚拟学习社区的社会网络分析实际存在着两种研究路线:一种是“自顶向下”即从宏观到微观的研究路线,另一种是“自底向上”即从微观到宏观的研究路线。具体采用何种研究路线与具体的研究问题有关。第二,由于虚拟学习社区中还存在着除了关系数据以外的属性数据和观念数据等数据类型,因此,在实现虚拟学习社区的 SNA 时,也一定会同时伴随着其他研究方法和软件工具的应用。当多种研究方法所得到的结果能够形成一个证据链后,就可以有效地提高研究的效度。

参考文献:

- [1] Felmlee, D. . Interaction in Social Networks[A] . Delamater, J. . Handbook of Social Psychology [C] . New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003.389-409.
- [2] Haythornthwaite, C.. Social Network Methods and Measures for Examining E-learning[DB/OL] . http://www.wun.ac.uk/elearning/seminars/seminars/seminar_two/papers/haythornthwaite.pdf.

- [3] Wasserman, S.,Faust, K. . Social Network Analysis: Methods and Applications [M]. Cambridge,U.K.: Cambridge University Press, 1994.
- [4] Huisman, M., & Duijn, M.A.J. van. Software for social network analysis[A]. P.J. Carrington, J. Scott & S. Wasserman. Models and methods in social network analysis[C]. New York: Cambridge University Press, 2005. 270-316.
- [5] Woods, R.H., & Ebersole, S., . Social Networking in the Online Classroom:Foundations of Effective Online Learning[J].EJournal . 2003(12-13),1. <http://www.acs.ucalgary.ca/ejournal/archive/v12-13/v12-13n1Woods-print.html>
- [6] 王陆. 虚拟学习社区原理与应用[M] . 北京:高等教育出版社, 2004.
- [7] Committee on Network Science for Future Army Applications, National Research Council .Network Science [DB/OL]. Washington DC: National Academies Press. <http://www.nap.edu/catalog/11516.html>, 2006.
- [8] Wouter de Nooy, Andrej Mrvar, Vladimir Batagelj. Exploratory Network Analysis with Pajek[M] . New York: Cambridge University Press, 2005.
- [9] Borgatti, S. P., & Everett, M. G... Notions of Position in Social Network Analysis[J] . Sociological Methodology,1992,(22):1-35.
- [10] 马汀·奇达夫,蔡文彬.社会网络与组织[M] . 北京:中国人民大学出版社,2007.
- [11] Layder, D. . New Strategies in Social Research[M]. Cambridge: Polity Press, 1992.

收稿日期 2009 年 1 月 14 日
责任编辑:马小强

* 本研究由北京市教委科技发展计划面上项目“网络环境下构建教师专业发展虚拟协同组织关键技术的研究”(km200710028020)资助。