

整体网络分析法在公共卫生中的应用

张婷 吕筠 李立明

【关键词】 整体网络分析法；公共卫生；健康教育；信息交流

Application of sociocentric network analysis in public health ZHANG Ting, LV Jun, LI Li-ming. Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

Corresponding author: LI Li-ming, Email: lmlee@vip.163.com

【Key words】 Sociocentric network analysis; Public health; Health education; Communication

社会网络分析法(social network analysis, SNA)是一种对社会或某一体系的结构、关系进行描述与分析的方法。从 20 世纪 30 年代开始,在数学、统计学、心理学、社会学、人类学、生物学、物理学、计算机科学的相互渗透与融合中诞生了网络分析范式^[1],并在 1978 年成立国际社会网络分析网(international network for social network analysis, INSNA)。

SNA 即是一种理论范式,也是一种研究工具。它的发展经历三个阶段:第一阶段(20 世纪 30—70 年代)主要关注各种网络统计量的分布;第二阶段(20 世纪 70—80 年代)广泛应用统计概率方法研究关系的互惠性、对等性及传递性;第三阶段(从 1986 年至今)开创和推广了社会网络模型研究^[2]。目前,SNA 已应用于公共卫生研究的诸多方面,可帮助描述、探索和理解疾病与健康的结构和关系因素,从一个新的角度来解答致病机制和重要的生态学问题。

一、社会网络分析法简介:

社会网络分析概念:社会网络由行动者(actor/ego,可以是个人或组织、机构等)及行动者之间的关系(relation/tie)组成。利用图论(graph theory)中的一些概念,用点(node)表示行动者,用线(line)表示行动者之间的关系,即可勾勒出网络状的社会结构。与某行动者有关的其他行动者称为“他我”或关系人(alter)。

不同于对属性数据(如年龄、性别、地位、收入、态度等)的变量分析,SNA 是对接触、关联、依附、联络等关系数据的网络分析。SNA 的资料收集方法不只一种,其中提名法(name generator)是最常用的方法。提名法是请调查对象说出与其存在某种关系的一些人的方法,除了关系人的姓名、性别、年龄、收入等属性特征以外,还有调查对象与被提名者之间的关系特征,包括关系类型(如亲属、朋友等)、互动频率、亲密程度等,也可以收集被提名者之间的关系信息。

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2011.04.020

作者单位:100191 北京大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系

通信作者:李立明, Email: lmlee@vip.163.com

社会网络分析分为个体中心网络分析法(egocentric network analysis)和整体网络分析法(sociocentric network analysis)。个体中心网络分析法研究由行动者及其直接关系人构成的网络,可用于研究社会支持^[3]。本文主要介绍整体网络分析法及其在医学研究中的应用。

二、整体网络分析法:

整体网络分析法研究一个有明确边界的群体内部所有行动者之间的关系,包括直接关系和间接关系。整体网络数据常用矩阵和社群图(sociogram)来描述,在个体(individual)、子群(subgraph)、网络(network)三个水平上有不同的测度^[1]。

1. 整体网络数据的描述:表 1 是一个虚拟的关系矩阵,表示从某行的行动者到某列的行动者是否存在某种关系(1=有关系,0=无关系)。对角线实际上是无意义的,因为它表示自己与自己的关系。当研究无向关系(如邻居关系)时,矩阵是对称的(表 1);如果研究某种有向关系(如朋友关系,“陈”可能将“王”看作朋友,而“王”不一定将“陈”看作朋友),那么就产生不对称的矩阵。表 1 显示,矩阵中的行和列是同一群体的称为 1-模(one-mode)网络,不是同一群体的称为 2-模(two-mode)网络,如某诊所的所有医生与到该诊所就医的所有患者之间的关系网络。

表 1 社会网络关系矩阵示例

网络成员	刘	唐	梁	陈	王	姜
刘	0	1	1	0	1	0
唐	1	0	1	0	0	0
梁	1	1	0	1	1	0
陈	0	0	1	0	0	0
王	1	0	1	0	0	1
姜	0	0	0	0	1	0

虽然矩阵比较系统紧凑,但社群图更清晰简洁,不仅可以显示诸如等级结构(hierarchical types)等网络构型,而且可以呈现动态网络变化。社群图需要用专门的计算机软件绘制,常用的软件有 UCINET (Borgatti 2002)、Pajek (Batagelj & Mrvar 2003)、SoNIA (Bender-deMoll & McFarland 2005)等。图 1 是根据表 1 的数据用 UCINET 6 软件绘制的社群图,图中箭头表示方向。

由于网络中的关系数据不是独立的,而是相互关联的,所以不能用要求数据独立性的参数模型处理社会网络数据。O'Malley 和 Marsden^[4](2008 年)总结了用于分析网络数据的统计模型。

2. 整体网络分析的三个分析水平:个体水平研究单个行动者在网络中的位置及其网络特征,主要测度有:①度数

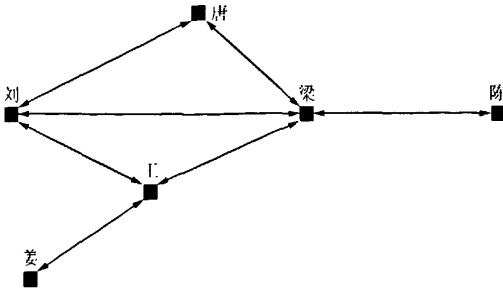


图1 社群图示例

(degree):指行动者与其他行动者的关联程度,如图1中“刘”的度数为3,也指与间接关系人的距离远近,“陈”到“梁”为1度,再到“唐”为2度。②中心度(centrality):指行动者在网络中处于中心位置的程度,包括点度中心度(degree centrality,表示1个行动者与其他行动者直接相连的程度)、接近中心度(closeness centrality,表示行动者与网络中的所有其他行动者的接近性程度)和中间中心度(between centrality,表示行动者处于其他2个行动者之间的最短路径上的程度)3个测度,它们有各自的计算公式,可用上述社会网络分析软件计算;如图1中“梁”的点度中心度、接近中心度和中间中心度都是最高的。③声望(prestige):主要用于有向网络,指行动者被其他行动者选择的程度。④结构对等性(structural equivalence):表示不同的行动者在网络中与其关系人之间有相同的类型,如小明的爸爸和小红的爸爸就是结构对等的。

子群水平研究由某些行动者组成的小群体,主要测度有:①二方组(dyad):指一对行动者的关系;②三方组(triad):指3个行动者彼此之间的关系;③ k 核(k -core):指行动者的度数均不小于 k 的子群;④派系(clique):指由3个以上行动者组成的、任何一对行动者之间都有直接关系的最大子群。

网络水平研究整个网络的结构特征,主要测度有:①密度(density):指观察到的关系数与最大可能关系数之比;②捷径(geodesic):指任意2个行动者之间的最短路径,如图1中的“刘”-“王”-“姜”是一条捷径;③直径(diameter):指整个网络中最长的捷径,如图1的直径为3;⑤中心势(centralization):表示整个网络呈现中心化结构的程度。

3. 整体网络分析法在公共卫生中的应用:

(1)传染病传播与流行: Eames和Keeling^[5]指出,潜在的社会网络对决定传染性疾病的传播至关重要。艾滋病和其他性传播疾病(STD)的研究中最早应用了SNA,研究数量也是最多的。Auerbach等^[6](1984年)以性关系作为关系纽带分析艾滋病在人群中的传播,论证了艾滋病的传染本质。Klov Dahl^[7](1985年)将社会网络概念引入艾滋病传播研究,拓宽了人们研究传染病的思路。此后,越来越多的研究用SNA分析艾滋病和STD的传播。Rothenberg等^[8](1998年)研究了梅毒在青少年中的传播,使学者们认识到SNA的优势。

行动者在网络中的位置和整个网络的结构特征都与传染病的传播有关。研究表明,中心度高的行动者感染HIV的

可能性较高;注射吸毒者(IDU)的强关系越多,共用针具和感染HIV的可能性就越大^[9,10];有一类行动者是HIV在不同社会网络中传播的“桥梁”,其特点是艾滋病患病率较低、与其他网络中的较多行动者之间存在性关系^[11]。Potterat等^[12]发现,社会网络中出现环形结构多表示STD传播处于早期阶段,晚期阶段会出现更多的树形结构。

在了解了艾滋病和STD的传播网络后,研究者们认为可通过社会网络招募潜在的高危人群,出现了一些抽样方法,如应答驱动抽样(respondent-driven sampling, RDS)^[13]。也有学者根据社会网络结构考虑控制HIV传播的策略(hub-targeted strategy)^[14]。

SNA还用于其他传染病传播的研究,包括结核、乙型肝炎、麻疹以及其他食源性、血源性和呼吸道传染病等。

(2)传染病暴发与监测: Morris^[15](1993年)提出,在研究传染病的流行时,社会网络与数理流行病学是互补的。传统的流行病学模型可展示疾病暴发或流行的过程,即随着时间的推移,发病人数也相应增加;而疾病的网络传播模型可显示疾病潜在的传播结构,即人际传播关系,而且考虑到易感者是在不同地区间流动的,网络位置不同的易感者在疾病传播过程中发病的概率也是不同的^[16,17]。

SNA有助于研究传染病监测和控制。如对结核监测的研究和SARS流行的研究^[18,19]。Christakis和Fowler^[20](2010年)则巧妙地证明了,如何利用人际关系作为“探针”来预测传染病的暴发,以争取反应时间。

(3)健康教育: SNA和传播学理论相结合能推动健康教育进程。两级传播理论(two-step flow of information)认为,信息总是先传向社会上的活跃分子,然后再由这些人传到人群中不那么活跃的部分。这些活跃分子也叫意见领袖(opinion leader),他们最简单的网络特征就是中心度高,方便将信息传播给其他行动者。

Rogers的《创新的扩散》一书通过描述信息传播过程,建立了创新扩散模型(diffusion of innovations, DOI),该模型认为创新采纳者的中心度会影响信息传播的速度和范围^[21]。

Valente和Fosados^[22]认为,“信息发出者的身份和信息收发双方人际关系背景都与要传递的信息本身一样重要,或者更为重要,能带来更好的干预效果”。所以,公共卫生干预应加大对人际信息传播网络的利用。不少计划生育、HIV预防等健康教育项目重视社会网络的重要性,其中一些项目还利用社会名人的影响力传播健康知识。

(4)卫生服务机构的信息交流与合作: 当以卫生服务机构为行动者时,可研究机构之间的信息交流与合作,以便深入了解公共卫生系统的结构特征,进而在循证的基础上发展高效的公共卫生工作网络。此类研究实例较少,但是覆盖面不小。涉及最多的领域是HIV/AIDS卫生服务,还包括应急预警(ERN)、烟草控制、卫生政策与健康促进、病患转诊、癌症支持等^[1]。

研究表明,机构之间合作的倾向影响了信息的传播,不同机构的工作人员之间少量的随机关系可促进信息的传播^[22]。

也有研究显示,网络中新加入的行动者会带来冗余信息,使网络结构变复杂而不利于系统的运行^[24]。

另外,机构之间过去存在的某种关系能预示其现在或将来的合作关系,关系种类越多则合作机会越大^[25],某些机构在网络中发挥领导或召集作用^[26]。不过,机构间的合作会消耗一定的资源,在一定程度上限制组织的职能^[27]。

(5) 医务人员的信息网络:医务人员的信息传播与合作网络也是重要的研究内容。Coleman等^[28](1957年)关于新药在非正式社会网络中传播的研究是一项里程碑式的研究,他们发现医生的社会关系数量和类型能影响其对新药的应用。后来不少研究分析了医院中医生的咨询网络,还有医生怎样在医院中获得声望等。有研究表明,非正式网络中的意见领袖的观念甚至比官方指南更能得到临床医生的认可^[29,30]。还有研究涉及卫生应急工作人员、流行病学家、各级卫生行政部门工作人员之间的信息交流网络^[31,32],如论文的联合署名网络,跨学科合作网络等。

参 考 文 献

- [1] Luke DA, Harris JK. Network analysis in public health: history, methods, and applications. *Annu Rev Public Health*, 2007, 28: 69-93.
- [2] Scott J. *Social network analysis: a handbook (社会网络分析法)*. 刘军,译. 重庆:重庆大学出版社,2007.
- [3] He ZP. *Social network and living condition—social support network research of rural aging people*. Beijing: China Social Sciences Press, 2004. (in Chinese)
贺寨平. 社会网络与生存状态——农村老年人社会支持网研究. 北京:中国社会科学出版社,2004.
- [4] O'Malley AJ, Marsden PV. The Analysis of Social Networks. *Health Serv Outcomes Res Methodol*, 2008, 8(4): 222-269.
- [5] Eames KT, Keeling MJ. Modeling dynamic and network heterogeneities in the spread of sexually transmitted diseases. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2002, 99(20): 13330-13335.
- [6] Auerbach DM, Darrow WW, Jaffe HW, et al. Cluster of cases of the acquired immune deficiency syndrome. Patients linked by sexual contact. *Am J Med*, 1984, 76(3): 487-492.
- [7] Klondahl AS. Social networks and the spread of infectious disease: the AIDS example. *Soc Sci Med*, 1985, 21(11): 1203-1216.
- [8] Rothenberg RB, Sterk C, Toomey KE, et al. Using social network and ethnographic tools to evaluate syphilis transmission. *Sex Transm Dis*, 1998, 25(3): 154-160.
- [9] Curtis R, Friedman SR, Neaigus A, et al. Street-level drug markets-network structure and HIV risk. *Social Netwks*, 1995, 17(3-4): 229-249.
- [10] Friedman SR, Neaigus A, Jose B, et al. Sociometric risk networks and risk for HIV infection. *Am J Public Health*, 1997, 87(8): 1289-1296.
- [11] Youm Y, Mackesy-Amiti ME, Williams CT, et al. Identifying hidden sexual bridging communities in Chicago. *J Urban Health*, 2009, 86 Suppl 1: S107-120.
- [12] Poterat JJ, Muth SQ, Rothenberg RB, et al. Sexual network structure as an indicator of epidemic phase. *Sex Transm Infect*, 2002, 78 Suppl 1: S152-158.
- [13] Heckathorn DD. Respondent-driven sampling: a new approach to the study of hidden populations. *Soc Probl*, 1997, 44(2): 174-199.
- [14] Butts CT. Revisiting the foundations of network analysis. *Science*, 2009, 325(5939): 414-416.
- [15] Morris M. Epidemiology and social networks-modeling structured diffusion. *Sociol Meth Res*, 1993, 22(1): 99-126.
- [16] Eubank S, Guclu H, Kumar VS, et al. Modelling disease outbreaks in realistic urban social networks. *Nature*, 2004, 429(6988): 180-184.
- [17] Ferguson NM, Keeling MJ, Edmunds WJ, et al. Planning for smallpox outbreaks. *Nature*, 2003, 425(6959): 681-685.
- [18] Klondahl AS, Graviss EA, Yaganehdooost A, et al. Networks and tuberculosis: an undetected community outbreak involving public places. *Soc Sci Med*, 2001, 52(5): 681-694.
- [19] Meyers LA, Pourbohloul B, Newman ME, et al. Network theory and SARS: predicting outbreak diversity. *J Theor Biol*, 2005, 232(1): 71-81.
- [20] Christakis NA, Fowler JH. Social network sensors for early detection of contagious outbreaks. *PLoS One*, 2010, 5(9): e12948.
- [21] Rogers EM. *Diffusion of Innovations (创新的扩散)*. 辛欣,译. 北京:中央编译出版社,2002.
- [22] Valente TW, Fosados R. Diffusion of innovations and network segmentation: the part played by people in promoting health. *Sex Transm Dis*, 2006, 33(7 Suppl): S23-31.
- [23] Gibbons DE. Interorganizational network structures and diffusion of information through a health system. *Am J Public Health*, 2007, 97(9): 1684-1692.
- [24] Hossain L, Kuti M. Disaster response preparedness coordination through social networks. *Disasters*, 2010, 34(3): 755-786.
- [25] Shumate M, Fulk J, Monge P. Predictors of the international HIV-AIDS INGO network over time. *Hum Commun Res*, 2005, 31(4): 482-510.
- [26] Krauss M, Mueller N, Luke D. Interorganizational relationships within state tobacco control networks: a social network analysis. *Prev Chronic Dis*, 2004, 1(4): A08.
- [27] Bolland JM, Wilson JV. Three faces of integrative coordination: a model of interorganizational relations in community-based health and human services. *Health Serv Res*, 1994, 29(3): 341-366.
- [28] Coleman J, Katz E, Menzel H. The diffusion of an innovation among physicians. *Sociometry*, 1957, 20(4): 253-270.
- [29] Wadhwa A, Ford-Jones EL, Lingard L. A qualitative study of interphysician telephone consultations: extending the opinion leader theory. *J Contin Educ Health Prof*, 2005, 25(2): 98-104.
- [30] Young JM, Hollands MJ, Ward J, et al. Role for opinion leaders in promoting evidence-based surgery. *Arch Surg*, 2003, 138(7): 785-791.
- [31] Malin B, Carley K. A longitudinal social network analysis of the editorial boards of medical informatics and bioinformatics journals. *J Am Med Inform Assoc*, 2007, 14(3): 340-348.
- [32] Bales M, Johnson SB, Weng C. Social network analysis of interdisciplinarity in obesity research. *AMIA Annu Symp Proc*, 2008: 870.

(收稿日期:2010-12-02)

(本文编辑:尹廉)