

· 调查报告与分析 ·

社会网络分析在医疗和公共卫生中的应用*



曹海军, 陈宇奇

【摘要】 社会网络分析的应用拓宽了医疗与公共卫生的研究范式和实验场域, 促进了流行病学、医疗与公共卫生服务、卫生系统等研究的纵深发展。公共卫生突发事件及流行病防疫加速了社会网络分析在医疗卫生领域的普及, 从系统论角度出发研究公共卫生问题已经得到科研人员的广泛认可, 研究成果呈现逐年递增趋势。当前, 社会网络分析主要被应用于医疗信息沟通、公共卫生行为、交际网络、医疗卫生系统研究等领域, 其中疫病传播网络、医护网络与医疗系统网络的研究成为领域内聚焦的热门议题。社会网络在公共卫生领域的应用前景广阔, 网络计量模型的拓展应用以及非正式网络的研究将是未来极具现实意义与探索价值的选题。本文运用文献计量的相关方法, 梳理了 2010—2019 年全球该领域的发展趋势与概况。

【关键词】 公共卫生; 社会网络分析; 疫病防疫; 医疗系统

中图分类号: R 181.2 文献标志码: A 文章编号: 1001-0580(2020)03-0398-06 DOI:10.11847/zgggws1127841

Application of social network analysis in medical and public health practice

CAO Hai-jun, CHEN Yu-qi (School of Humanity and Law, Northeastern University, Shenyang, Liaoning Province 110169, China)

【Abstract】 The application of social network analysis broadens the research paradigm and experimental field of medical and public health practice and promotes in-depth development of epidemiology, medical and public health services, and health system. Public health emergencies and epidemic prevention have accelerated the popularization of social network analysis in the field of medical and health care. The research on public health from the perspective of system theory has been widely recognized by researchers and the research results show an increasing trend year by year. At present, social network analysis is mainly applied in medical information communication, public health behavior, social network, medical and health system research and other fields, among which the study of epidemic transmission network, medical network and medical system network has become hot topics in the field. The application of social network in the field of public health is promising. The expansion of network econometric model and the study of informal network will be the topics of great practical significance and exploration value in the future. In this study, relevant methods of bibliometrics were used to sort out the global development trend and general situation of this field from 2010 to 2019.

【Key words】 public health; social network analysis; epidemic prevention; medical system

近十年来, 社会网络分析理论及方法已然成为科学研究的“点金手”^[1]。对许多人来说, 这是网络和协作的时代^[2], 不仅仅在人文社会科学领域, 在自然科学领域, 特别是与医疗和公共卫生的学科融合为该领域的研究及应用提供了更为广阔的范式和实验场域^[3]。医疗与公共卫生领域的社会网络研究聚焦网络中分析单元所处的位置与网络结构特征, 进而研究个体单元在网络中的活动过程, 传播路径以及协作方式。近年来, 相关研究在流行病与疫情防控^[4]、社区精神卫生服务^[5]、卫生服务组织协作网络^[6]、公共戒烟项目^[7]、残疾人安置^[8]、青少年行为健康^[9]、处方卫生政策^[10]以及公共卫生合作^[11]方面取得了突破性的进展。网络分析方法的引入对于完善社会流行病及疫情的防控预案, 提升医疗卫生系统的协作效率, 优化公共卫生服务的供给帮助巨大。本文运用文献计量的相关方法, 梳理了 2010—2019 年全球该领域的发展趋势与概况, 厘清主要应用方向与热点问题, 并以此为基础找到未来具有探

索价值的研究议题与发展方向。

1 研究趋势与概况 (图 1)

社会网络研究应用于公共卫生领域的优秀成果在本世纪初对疫情应急的研究中就已初现端倪, 2010 年之后社会网络分析开始在公共卫生研究领域发展起来。通过对研究样本的时序统计 (图 1) 发现, 社会网络分析 + 公共卫生的研究成果总体呈现递增趋势, 近年来尤为显著。公共卫生正开始利用系统科学研究的成果来影响实践和政策, 特别是随着 911 恐怖袭击、印度洋海啸、SARS、H5N1、新型冠状病毒等灾难及疫情的出现, 加速了系统科学在公共卫生领域的普及和应用, 社会网络分析作为系统科学中最为典型的代表在剖析系统关系中具有较强的优势, 特别是能够以可视的方式检查给定的网络, 进而通过网络聚焦组织或个体间的结构、关系及形成的系统, 对优化组织结构、明确核心成员以及完善决策部署意义重大。社会网络分析研究

* 基金项目: 2018 年国家社会科学基金重点项目 (18AZZ015)

作者单位: 东北大学文法学院, 辽宁 沈阳 110169

作者简介: 曹海军 (1975—), 男, 吉林长春人, 教授, 博士, 研究方向: 政治学与公共管理理论、城市基层治理、社会网络治理研究。

的焦点构建在样本的“关系”之上,而公共卫生领域恰好存在大量的“关系”值得研究和探讨,特别在公共卫生应急管理、传染病及疫情传播、医疗卫生系统优化以及处理医患关系等问题上研究价值巨大。以 H5N1 禽流感的疫情传播为例,研究者通过模拟疫情传播网络发现,与其他区域相比,中心度与紧密度较高的病原体区域的连接速度更快。如果禽流感病毒亚型 H5N1 被释放到网络中,将会比其他病原体的传播速度更快^[12]。可见,网络分析的相关度量以及相关节点的位置与结构可以很好的模拟现实公共卫生中的实际问题,通过对节点及网络结构的分析对于优化公共卫生体系意义重大。

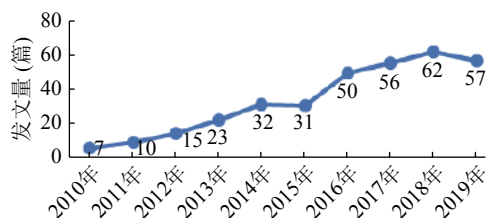


图 1 公共卫生网络分析研究成果的时序趋势图

2 应用方向与研究热点

运用科学文献计量工具 CiteSpace, 对 Web of Science 数据库中 2010—2019 年与公共医疗卫生主题相关的核心数据库期刊进行计量分析,厘清社会网络分析在公共卫生研究领域的应用方向及热门议题。样本文献的关键词筛选条件为“篇名 = SOCIAL NETWORK ANALYSIS”共得到 3 022 篇文献,之后在类别中选取“HEALTH CARE SCIENCES SERVICES”等公共卫生相关的 25 个类别,对上述文献进行精炼,最终得到高度相关公共卫生网络文献 373 篇。

2.1 应用方向(图 2) Citespace 绘制的关键词聚类知识图谱显示,公共卫生网络的研究内容涉及广泛,在研究主题上主要围绕公共卫生问题中医疗健康、沟通、行为倾向、医疗系统、团队协作以及疾病预防等社会性问题展开研究,重点聚焦于以下应用方向。

2.1.1 医疗信息沟通 医疗信息网络研究是公共卫生与社会网络分析结合的焦点议题,应用方向的分支议题众多,其中以医疗护理、健康、医护支援以及社区领域的成果较为突出。信息沟通是该类研究的主要议题,社会网络分析方法的引入发现,在用药咨询系统中,医师、护士等同类群体的信息共享往往并不充分,药剂师往往在网络中处于中心地位^[13]。事实上,跨部门、跨群体合作在公共卫生领域已经十分典型。部分医护支援研究表明,公共医疗中大量支持与援助往往来自于本部门之外的非正式网

络,基于医师、护士乃至患者的非正式沟通网络为公共卫生的服务提供了大量援助^[14]。

2.1.2 公共卫生行为 现阶段研究成果最为集中的领域即是行为研究在公共卫生领域的应用,该方向关注:行为网络中医疗介入、健康行为、态度、伙伴关系以及不同主体对个体公共卫生状况的影响。研究结果均表明处在不同社会环境中的个体行为会受到周边群体的影响,进而影响到个体的医疗卫生情况。以戒烟行为为例,在线健康社区中的戒烟者为了获得信息交换和彼此支持形成虚拟社会网络,研究表明线上互动较为频繁的患者往往能够更有效的戒除烟瘾,同时影响到与之形成联系的周边群体^[15]。另外,青少年身心健康与成长问题也是行为网络研究的重点,青少年社会情绪学习互动可能改变课堂同伴网络中的社会过程,可能打破社会隔离的障碍,提高学习成绩^[16]。

2.1.3 交际网络 如何优化公共卫生团队配置,社交网络对社会型病症的影响以及社交网络中疾病预防策略的选择都是交际网络研究的问题。医疗团队与患者社交网络成为公共卫生网络的两端,医疗团队的组织人员网络优化影响着医疗救治的效果,如手术团队的配置中护士在传递信息及辅助交流细节方面影响着主刀医师的手术质量^[17];另一方面,吸烟、酗酒等社会性疾病的传播往往是基于友情网络以及社交群体传播的,容易形成所谓“人以群分”现象^[18]。

2.1.4 医疗卫生系统 与交际网络不同,医疗卫生系统的研究更加关注公共卫生中的能力系统与组织系统,近年来伴随着国际移民及难民救济等国际公共卫生问题,医疗卫生不仅需要专业的医疗能力,同时也需要医护救助人员具备相应的文化竞争能力,研究发现社交网络中居于领导地位的成员更容易获得文化能力的提升^[19]。而组织系统的研究主体围绕协作关系展开,不仅包括医疗卫生系统内部的系统协作,如医疗机构中的师徒协作,同时也包含卫生系统同外部组织系统的协作,如在青少年精神卫生治疗方面成瘾戒除与青年司法部门有着密切的联系^[20]。与其他领域相比,医疗卫生系统的研究更偏重于系统论上的机构协同与人际协作,以此为视角聚焦如何通过提升协作效率增加提升公共卫生的服务质量。

2.1.5 其他应用 除了以上 4 大主流应用方向之外,公共卫生组织的协作关系、医疗护理、医务人际关系及管理等问题也逐渐从单一的研究议题发展成研究流派,特别是随着老龄化、难民救助、疫病防疫等全球性公共卫生问题的普及,医疗网络绩效、医患关系动态网络以及复杂公共卫生网络等议题也已初现规模。

续表 1

文献	被引	研究对象	运用方法	研究结论
8 Social network analysis of patient sharing among hospitals in Orange County, California ^[26]	62	患者信息共享、流行病学控制	案例分析 + 社会网络分析	社会网络应用于地区医院, 有助于公共卫生官员应对流行疫情防治的决策, 帮助医院管理人员涉及检测与疾控干预的措施。
9 Social network analysis of medication advice-seeking interactions among staff in an Australian hospital ^[13]	59	医务咨询中的人员互动关系	问卷调查 + 社会网络分析	在医务人员之间的咨询互动过程中, 药剂师处在咨询系统的中心。
10 How to do(or not to do)... a social network analysis in health systems research ^[27]	57	卫生系统研究	社会网络分析	社会网络分析可以通过提供定义卫生系统的具体措施和工具来服务于卫生系统研究人员的利益。

2.2.1 疫病传播网络 疫病传播网络的研究对象具体分为两类, 分别为传染类疾病与社会型疾病。传染疾病的研究通常采用疫情传播模拟实验^[28], 结合社会网络分析, 研究传染病的传播途径, 传播源, 病毒传播结构以及速度等问题。事实上, 大量病毒、流行病的传播建构在社会网络之上, 在疫情爆发前就已经在社区中被发现, 这是一个社会性而非遗传性的触发因素。在宏观层面, 疫病传播网络分析方法的介入, 使研究者更容易辨析疫病传播过程中的核心节点和关键关系, 便于研究者识别、判断以便准确迅速的切断病毒传播路径, 防止生成新的疫病网络。以 H5N1 病毒为代表的病原体的中心度、紧密度显著高于其他节点, 与其他区域相比, 该区域的连接速度更快, 所有网络中起重要作用的节点是交叉连接较广的感染场所^[4]。在病毒传播中网络结构与关系的外部性是双向的, 在艾滋病的传播过程中, 社会网络也便于医疗工作者利用社会网络阻隔其传播^[29]。社会型疾病网络研究对象聚焦青少年肥胖、吸烟、酒精成瘾等公共卫生问题, 研究重点考察社交网络环境对社会型疾病传播的影响。与病毒疫病网络不同的是, 社会型疾病的网络传播节点仅限于构建在社交网络内的社会人个体, 关系网络对于疾病传播的作用大于节点的作用, 以青少年吸烟为例, 处于社会网络中的群体吸烟率大于单个体的吸烟率^[30], 社会型疾病的“传染”事实上是以群体爱好为名对非群内个体施加一种网络压力^[22]。当然, 社会网络也在相关病症的缓解与预防中具有积极效应, 例如对于老年人群体而言, 丰富的个人社会网络与关系会有效预防阿尔海默症^[31]。

疫病网络研究的优势十分明显, 形象的社会网络及网络计量可以与临床医疗实验有机结合, 特别是随着相关学科动态网络模型^[32]的介入, 有效填补了社会网络在疫病传播时序动态预测上的不足, 相关研究在艾滋病^[33]、埃博拉病毒^[34]等病毒的传播路

径阻隔, 抑制传播速率等方面成果显著。再者, 社会网络分析能够较好的模拟人际社会中的关系及活动, 从而便于模拟流行病学中病毒在人际社会的传播, 以 2019 年末开始的新型冠状病毒为例, 社会网络分析的介入对于识别“超级传播者”、疑似被感染者的效隔离以及社区防疫工作的部署等工作帮助巨大。

2.2.2 医护网络 医护系统网络将研究对象聚焦于医师、药剂师、护理人员以及患者所组成的微观临床护理研究, 多数研究将患者所接受的医疗服务水平作为因变量, 考量网络格局网络、护理团队网络、医疗信息交互网络对服务质量的影响。医护网络是公共卫生服务下沉到基层医疗机构的实践研究, 社会网络的介入明确了公共卫生的机构护理通常是由决策和执行两个团队构成的有机团体^[23], 在此之上, 信息网络将医师、患者、护士以及药剂师连接在一起, 医疗信息的乃至专业知识的扩散很大程度上依赖于医护信息网络^[25], 而在咨询网络中居于焦点的并不是医师, 相反药剂师在互动中处于中心地位^[13]。

近年来, 医护网络研究逐渐成为公共卫生领域的焦点, 特别是随着老龄化现象在全球的普及, 医疗养护与长期护理成为解决养老问题的必要配置, 将医疗护理嵌入到社会系统中就需要明晰公共卫生社会化过程中的关系与结构问题^[35], 社区养老与高龄老人的护理效果一方面取决于专业医护流程的专业关怀, 同时也不能忽视高龄老人在再社会化过程中的情感护理^[36]。

2.2.3 卫生系统网络 与医护网络相比, 卫生系统网络更偏向于宏观决策单元的结构网络研究, 研究聚焦卫生机构系统间的协同, 进而发掘如何通过专业机构与决策机构的协同联动提升整个公共卫生服务系统的应急反应, 服务效率以及服务水平。系统结构与协同关系是社会网络分析的优势, 公共卫

生系统的协同研究涉及范围较大,区域、机构以及部门的协同研究均不在少数,无论是基层公共卫生机构亦或是国家公共卫生决策,公共卫生服务与应急决策需要多部门的协同联动,社会网络分析可以通过提供定义卫生系统的具体措施和工具来服务于卫生系统^[24]。同其他领域的协同网络相同,卫生系统网络倾向于以系统论、协同论原理为基础,立足已形成的网络结构,研究如何提升组织结构效率。近年来,有关卫生系统网络的成果集中于公共卫生应急管理^[37],在突发性公共卫生事件出现情况下,需要地区公共卫生应急规划人员、流行病学家、疫苗接种管理者、应急管理机构协调员等多方主体协同应急,不同主体间协作与联动的逻辑、路径往往直接影响对疫情的防控效率,通过社会网络发掘其中核心的节点和关键枢纽以提升公共卫生部门面对突发性公共卫生事件时的应急能力。

3 总结与展望

从工具观的角度来看,社会网络分析方法已经嵌入于医疗与公共卫生研究的多个研究领域,同时,对于时下国际公共卫生关注的热点问题,社会网络分析都能从图论以及系统论的角度找到其在组织、系统以及结构上的新发现。现有的研究趋势表明,随着社会网络工具与网络计量的进一步发展,公共卫生网络研究在社会疾病的控制与预防,病毒传播与防疫,医疗卫生系统中部门、群体及其与外部系统部门的协作等方面深入发展,研究前景可观。

但当前研究中也存在需要进一步完善的空间,其一是需要关注公共卫生网络中的非正式网络。在正式网络研究的过程中往往发现不少非正式医疗卫生网络参杂其中,这些网络往往对公共卫生服务的供给过程以及服务效果产生潜在的影响,而在不少研究中也发现,对非正式网络的研究往往能够寻找到研究进一步深入的关键点。对于研究医患关系、医疗护理的提升甚至于艾滋病的传播等亟待解决的焦点议题具有较强的现实意义。

另外公共卫生领域网络计量的应用亟待普及,社会网络分析与公共卫生的融合推动了公共卫生的纵深,但就现有研究来看,公共卫生网络分析的研究方法偏向于社会网络分析加访谈与问卷调查,更具延展性及专业性的社会网络计量模型还未被广泛应用,相较之下在计量网络领域的相关模型如 QAP (quadratic assignment procedure), ERGM (exponential random graph modeling) 以及 SAOMs (stochastic actor-oriented models)^[38]等模型已经被广泛应用到网络模

拟关系的构建、个体网络的计量及预测,结合现有公共卫生领域问题,社会网络将在疫情预测、对比网络与非网络结构下医护体系的绩效以及医疗卫生体系,网络构建的仿真模拟等领域有所突破,结合计量模型给出更具信度与效度的研究结论。

参考文献

- [1] Borgatti SP, Mehra A, Brass DJ, et al. Network analysis in the social sciences[J]. *Science*, 2009, 323(5916): 892 – 895.
- [2] McGuire M. Collaborative public management: assessing what we know and how we know it[J]. *Public Administration Review*, 2006, 66(S1): 33 – 43.
- [3] Hawe P, Webster C, Shiell A. A glossary of terms for navigating the field of social network analysis[J]. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2004, 58(12): 971 – 975.
- [4] Gardy JL, Johnston JC, Sui SJH, et al. Whole-genome sequencing and social-network analysis of a tuberculosis outbreak[J]. *The New England Journal of Medicine*, 2011, 364(8): 730 – 739.
- [5] Huang K, Provan KG. Resource tangibility and patterns of interaction in a publicly funded health and human services network[J]. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 2007, 17(3): 435 – 454.
- [6] Provan KG, Isett KR, Milward HB. Cooperation and compromise: a network response to conflicting institutional pressures in community mental health[J]. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 2004, 33(3): 489 – 514.
- [7] Provan KG, Beagles JE, Mercken L, et al. Awareness of evidence-based practices by organizations in a publicly funded smoking cessation network[J]. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 2013, 23(1): 133 – 153.
- [8] Poole DL. Organizational networks of collaboration for community-based living[J]. *Nonprofit Management and Leadership*, 2008, 18(3): 275 – 293.
- [9] Bunger AC. Administrative coordination in nonprofit human service delivery networks: the role of competition and trust[J]. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 2013, 42(6): 1155 – 1175.
- [10] Heaney MT. Brokering health policy: coalitions, parties, and interest group influence[J]. *Journal of Health Politics, Policy and Law*, 2006, 31(5): 887 – 944.
- [11] Collins-Dogru J. *Tertius iungens* brokerage and transnational intersectoral cooperation[J]. *Organization Studies*, 2012, 33(8): 989 – 1014.
- [12] Poolkhet C, Chairatanayuth P, Thongratsakul S, et al. Social network analysis used to assess the relationship between the spread of avian influenza and movement patterns of backyard chickens in Ratchaburi, Thailand[J]. *Research in Veterinary Science*, 2013, 95(1): 82 – 86.
- [13] Creswick N, Westbrook JI. Social network analysis of medication advice-seeking interactions among staff in an Australian hospital[J]. *International Journal of Medical Informatics*, 2010, 79(6): e116 – e125.
- [14] Yousefi-Nooraie R, Dobbins M, Brouwers M, et al. Information

- seeking for making evidence-informed decisions: a social network analysis on the staff of a public health department in Canada[J]. *BMC Health Services Research*, 2012, 12(1): 118.
- [15] Zhao K, Wang X, Cha S, et al. A multirelational social network analysis of an online health community for smoking cessation[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2016, 18(8): e233.
- [16] DeLay D, Zhang LL, Hanish LD, et al. Peer influence on academic performance: a social network analysis of social-emotional intervention effects[J]. *Prevention Science*, 2016, 17(8): 903 – 913.
- [17] Anderson C, Talsma AN. Characterizing the structure of operating room staffing using social network analysis[J]. *Nursing Research*, 2011, 60(6): 378 – 385.
- [18] Meisel MK, Clifton AD, Mackillop J, et al. A social network analysis approach to alcohol use and co-occurring addictive behavior in young adults[J]. *Addictive Behaviors*, 2015, 51: 72 – 79.
- [19] Dauvrin M, Lorant V. Leadership and cultural competence of healthcare professionals: a social network analysis[J]. *Nursing Research*, 2015, 64(3): 200 – 210.
- [20] McGihon R, Hawke LD, Chaim G, et al. Cross-sectoral integration in youth-focused health and social services in Canada: a social network analysis[J]. *BMC Health Services Research*, 2018, 18(1): 901.
- [21] Ennett ST, Bauman KE. Peer group structure and adolescent cigarette smoking: a social network analysis[J]. *Journal of Health and Social Behavior*, 1993, 34(3): 226 – 236.
- [22] Valente TW, Fujimoto K, Chou CP, et al. Adolescent affiliations and adiposity: a social network analysis of friendships and obesity[J]. *Journal of Adolescent Health*, 2009, 45(2): 202 – 204.
- [23] Cott C. “We decide, you carry it out”: a social network analysis of multidisciplinary long-term care teams[J]. *Social Science and Medicine*, 1997, 45(9): 1411 – 1421.
- [24] Scott J, Tallia A, Crosson JC, et al. Social network analysis as an analytic tool for interaction patterns in primary care practices[J]. *Annals of Family Medicine*, 2005, 3(5): 443 – 448.
- [25] Keating NL, Ayanian JZ, Cleary PD, et al. Factors affecting influential discussions among physicians: a social network analysis of a primary care practice[J]. *Journal of General Internal Medicine*, 2007, 22(6): 794 – 798.
- [26] Lee BY, McGlone SM, Song Y, et al. Social network analysis of patient sharing among hospitals in orange county, California[J]. *American Journal of Public Health*, 2011, 101(4): 707 – 713.
- [27] Blanchet K, James P. How to do (or not to do) ... a social network analysis in health systems research[J]. *Health Policy and Planning*, 2012, 27(5): 438 – 446.
- [28] Celik S, Corbacioglu S. From linearity to complexity: emergent characteristics of the 2006 avian influenza response system in turkey[J]. *Safety Science*, 2016, 90: 5 – 13.
- [29] 朱军礼, 张洪波, 郑迎军, 等. 男男性接触者社会网络与艾滋病高危行为关系[J]. *中国公共卫生*, 2008, 24(4): 400 – 402.
- [30] Poolkhet C, Chairatanayuth P, Thongratsakul S, et al. Social network analysis for assessment of avian influenza spread and trading patterns of backyard chickens in Nakhon Pathom, Suphan Buri and Ratchaburi, Thailand[J]. *Zoonoses and Public Health*, 2013, 60(6): 448 – 455.
- [31] 王艳, 黄文湧, 杨敬源, 等. 阿尔茨海默病与个人社会网络关系病例对照研究[J]. *中国公共卫生*, 2009, 25(8): 932 – 934.
- [32] Lubell M, Scholz J, Berardo R, et al. Testing Policy Theory with Statistical Models of Networks[J]. *Policy Studies Journal*, 2012, 40(3): 351 – 374.
- [33] Latkin C. Using social network analysis to study patterns of drug use among urban drug users at high risk for HIV/AIDS[J]. *Drug and Alcohol Dependence*, 1995, 38(1): 1 – 9.
- [34] Hagel C, Weidemann F, Gauch S, et al. Analysing published global Ebola Virus Disease research using social network analysis[J]. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2017, 11(10): e0005747.
- [35] Baktha K, Dev M, Gupta H, et al. Social Network Analysis in Healthcare[J]. Springer International Publishing, 2017(1): 309 – 334.
- [36] Goodall KT, Newman LA, Ward PR. Improving access to health information for older migrants by using grounded theory and social network analysis to understand their information behaviour and digital technology use[J]. *European Journal of Cancer Care*, 2014, 23(6): 728 – 738.
- [37] Harris JK, Clements B. Using social network analysis to understand Missouri's system of public health emergency planners[J]. *Public Health Reports*, 2007, 122(4): 488 – 498.
- [38] Kapucu N, Hu Q, Khosa S. The State of Network Research in Public Administration[J]. *Administration and Society*, 2017, 49(8): 1087 – 1120.

收稿日期: 2020 - 01 - 09

(吴少慧编校)