

同期网络分析报告标准解读

尚余光¹,张宜竹²,王小萌²,韩舒羽²

(1.中国医科大学附属盛京医院 第二重症监护病房,辽宁 沈阳 100021;2.北京大学 护理学院,北京 100191)

【摘要】 网络分析为探究变量之间的关系提供了新的思路和视角,该方法对分析多变量的复杂关系具有突出的优势。网络分析相关原始研究绝大多数是基于横断面研究数据的同期网络。由于目前统计分析的一般报告标准无法满足网络分析相关研究的需求,荷兰阿姆斯特丹大学的研究团队聚焦同期网络分析研发了报告标准,包括对方法部分和结果部分一般分析流程的8个条目以及特殊分析流程的10个条目。本文对该报告标准进行介绍,并结合具体实例进行解读,以期帮助国内研究者规范该类型研究的报告,提升研究报告的科学性和透明性。

【关键词】 网络分析;同期网络;报告标准

doi:10.3969/j.issn.2097-1826.2024.06.012

【中图分类号】 R47 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2024)06-0048-04

Interpretation of Reporting Standards for Contemporaneous Network Analysis

SHANG Yuguang¹,ZHANG Yizhu²,WANG Xiaomeng²,HAN Shuyu²(1.Second Intensive Care Unit,Shengjing Hospital of China Medical University,Shenyang 110021,Liaoning Province,China; 2.School of Nursing,Peking University,Beijing 100191,China)

Corresponding author: HAN Shuyu, Tel: 010-82805242

【Abstract】 Objective Network analysis provided a novel perspective and approach to explore the relationships among variables, with advantages in analyzing the complex relationships among multiple variables. The majority of original research in network analysis was based on cross-sectional data of contemporaneous networks. However, the current general reporting standards for statistical analysis failed to meet the specific requirements of network analysis research. Addressing this issue, a research team from the University of Amsterdam in the Netherlands focused on developing reporting standards specifically for contemporaneous network analysis. These standards consisted of 8 items for general analysis procedures of methods and results, as well as 10 items for special analysis procedures. This paper aims to introduce these reporting standards, and interprets it with specific examples, to assist researchers in China in standardizing their reports on this type of study, ultimately enhancing the scientific rigor and consistency of research reports.

【Key words】 network analysis; contemporaneous network; reporting standard

[Mil Nurs, 2024, 41(06): 48-51]

网络分析根据研究设计和数据类型可以分为同期网络、动态网络和个体化网络^[1];其中,同期网络指在特定时间点或时间段内收集的数据所构成的网络,即基于横断面数据应用复杂网络分析统计方法输出的网络结果^[2]。由于目前复杂网络分析论文绝大多数研究是同期网络分析,因此,荷兰阿姆斯特丹大学的研究团队聚焦同期网络分析研发了报告标准,以期帮助规范该类型的研究报告,提升研究报告的科学性和透明性^[3]。本文旨在对该报告标准进行介绍,为国内研究者提供撰写同期网络分析相关论文的参考。该报告标准参考美国心理学会(American Psychological Association, APA) 2020年版本的心理学论文报告标准,包括一般分析流程和特殊分析流程两个维度;其中,一般分析流程的内容适用于所

有同期网络分析的论文,特殊分析流程的内容需要考虑具体研究目的,例如进行组间比较、中心化指标的描述、网络可视化等。

1 方法部分的报告标准

1.1 一般分析流程

1.1.1 样本收集 报告收集样本的总体特征、亚组情况以及招募和统计分析样本量。样本收集方面研究者需要报告研究对象的总体特征,以及是否会进行亚组分析。亚组的划分可以基于招募的策略(如开展多中心研究根据不同研究场所划分亚组),也可在数据收集完成后进行亚组设计(如基于年龄对样本进行亚组分层)。此外,复杂网络分析需要分别报告数据收集的样本量以及纳入统计分析的样本量。如,Beard等^[4]在精神病人群中进行的焦虑抑郁症状同期网络分析中,论文报告研究总体为接受精神科住院治疗的患者;研究基于住院和非住院进行分层分析,属于数据完成后进行亚组设计。

1.1.2 变量选择 报告数据收集变量以及纳入复杂

【收稿日期】 2023-10-04 **【修回日期】** 2024-04-25
【基金项目】 教育部人文社科青年项目(22YJCZH044)
【作者简介】 尚余光,本科,护师,电话:024-96615-67112
【通信作者】 韩舒羽,电话:010-82805242

网络分析的变量。研究者需要准确报告用于数据收集的测量工具及其版本。对于复杂网络分析来说,需要额外说明纳入网络的变量(节点)个数。如果研究者数据的预处理涉及节点筛选和重新编码,需要在正文中详细报告这个过程。数据预处理的方面包括但不限于变量合并(如多个条目测量同一变量时可以合并为一个节点)、数据转化(如将 Likert 等级评分的数据转变为二分类数据)、缺失值的剔除或填补等。此外,对于纳入网络的变量(节点),研究者需要对其进行估计方法要求的假设检验;如果变量(节点)在稳定性分析的阶段被剔除,这部分变量(节点)也需要报告假设检验的结果。例如 Beard 等^[4]的研究中报告应用 PHQ-9 量表测量抑郁症状,应用 GAD-7 测量焦虑症状,并且研究者基于测量的 16 个条目的原始分数构建同期网络,即同期网络未进行节点筛选以及数据类型的转换。

1.1.3 变量之间是否涉及跳转关系 报告测评工具中条目是否涉及跳转关系。跳转规则是指测评工具中根据受访者的回答自动将其引导至问卷的不同部分或问题,因此可能导致受试者并不会填完测评工具中所有条目的情况。研究者需要在方法部分明确说明使用的工具条目之间是否涉及跳转关系。具有跳转关系的数据会使数据库中的数据变量之间产生依赖关系,进而使网络结构产生偏差,导致错误推断^[5]。目前,尚无有效的方法在网络结构中处理具有跳转关系的数据。对于具有跳转关系的问卷,研究者可以抽取所有研究对象均应答的条目作为网络的节点。如,若研究者应用的评估工具总共有 N 个条目,其中因为条目间跳转规则必答题有 n 个条目,选做题有 m 个条目($N = n + m$),在调研的样本中所有受试者均对总问卷 N 个条目中的 $n + 1$ 个条目进行了作答,此时研究者应针对全部受试者均作答的 $n + 1$ 个条目构建具有 $n + 1$ 个节点的同期网络。

1.1.4 估计方法 报告同期网络建模的具体模型类型及模型参数。研究者需要在正文中明确说明数据的建模方法,如二分类变量应用的伊辛模型(Ising model);连续变量和等级变量应用的高斯图像模型(gaussian graphical model, GGM);连续变量和分类变量均可应用的混合图形模型(mixed graphical model)等。模型相关的参数也需详细报告,包括但不限于阈值的选择、正则化参数的设定等。即使模型参数的标准已经成为共识,也建议研究者进行报告,因为不用代码包默认的参数可能不同,这时就会影响结果的可重复性。如,Beard 等^[4]的研究报告应用 GGM 进行建模, γ 设置为 0.5,共进行 100 次网络的建模,最终选择扩展贝叶斯信息标准(extended

Bayesian information criterion, EBIC)最低的网络。

1.1.5 准确性和稳定性 报告同期网络准确性和稳定性结果。只要复杂网络分析涉及参数估计的过程,均建议进行准确性和稳定性结果的报告。准确性和稳定性通常应用自举法(Bootstrap),研究者需要明确报告 Bootstrap 的抽样次数及具体方法(如贝叶斯 Bootstrap 等)。如 Beard 等^[4]的研究报告应用随机拆分和 Bootstrap 法检验网络的稳定性,重复次数为 10 000 次。

1.1.6 统计分析代码 报告同期网络分析统计分析代码或代码来源。为保证统计分析结果的可重复性,研究者需要明确报告应用的统计分析软件、代码包的名称及版本。如 Beard 等^[4]的研究报告应用的 R 软件 3.2.3 版本中的 qgraph 统计分析包进行网络的可视化,标注统计分析的出处,帮助读者追溯统计分析代码。

1.2 特殊分析流程

1.2.1 组间比较 报告组间比较所有的方法及不同组间比较方法是否存在结果不一致的情况。当研究涉及组间比较的问题,研究者需要明确报告组间比较的方法,如网络比较检验(network comparison test, NCT)、贝叶斯 GGM、多组网络建模等。若研究者应用了多种组间比较的方法,需要分别报告以及不同方法结果一致性的情况。例如,Beard 等^[4]的研究应用了 NCT 法比较住院和非住院精神病患者整体网络强度(global network strength)的差异。

1.2.2 中心性指标 根据研究目的报告所有必要的中心性指标。网络分析一个特殊应用是识别具有影响力的核心节点,而核心节点需要通过中心性指标反应。网络的中心性指标可以应用 R 软件的 qgraph 代码包或 networktools 代码包计算。常见的中心性指标包括强度中心性(strength)、紧密度中心性(closeness)和中介中心性(betweenness)等。强度中心性指一个节点和与其直接相连的所有节点之间的边缘权重绝对值之和。紧密中心性指节点与其他直接相连节点之间的平均距离的倒数。中介中心性指节点在整个网络中为中介的次数,即节点在网络中连接其他节点的最短路径上的数量。研究者需要报告论文中涉及的所有与研究目的相关的中心性指标。此外,有时节点不同的中心性指标重要性排序是不同的,如果这个结果并不稳健,那么就无法可靠地确定网络中的核心节点。这种情况下建议分别报告节点不同方面的中心性指标,不必解释中心性指标的差异。例如,Beard 等^[4]的研究报告了网络的强度中心性、紧密度中心性和中介中心性三种中心性指标。

1.2.3 网络中边缘(edge)的差异 报告网络中边缘的差异。如果研究也涉及同一网络中不同边缘的差异比较,也需要报告进行比较的具体方法。若假设在贝

叶斯的背景下进行检验,这些假设应该被明确地陈述(如 $A-B > C-D$)。例如,Zhu 等^[6]对癌症幸存者的症状网络进行了基于 Bootstrap 的网络边缘差异分析。

1.2.4 群组聚类(clustering)

报告群组聚类分析的原因和方法。网络分析也具有识别群组聚类的功能。如果研究也涉及这一方面,研究者需要明确报告进行降维聚类的方法及原因,以及是否对降维分析进行了稳定性分析、如何对降维分析进行稳定性分析。如,Zhu 等^[7]的研究中将 27 个获得性免疫缺陷综合征(acquired immune deficiency syndrome, AIDS)相关症状归纳为 5 个症状群,然而该研究未对降维分析进行稳定性分析。

2 结果部分的报告标准

2.1 一般分析流程

2.1.1 样本量

报告样本量所有细节。样本量的结果报告方面与一般统计指南的要求一致,所有与样本量相关的信息均需要报告,包括所有与样本量相关的操作,如剔除异常值和缺失值、数据填补、数据转化等^[8]。

2.1.2 准确性和稳定性结果

报告同期网络准确性和稳定性结果。准确性结果需要呈现带有置信区间(confidence intervals, CIs)、包含概率以及剔除样本的准确性诊断图。需要注意的是,准确性置信区间是 Bootstrap 置信区间,不能以传统置信区间的方式讨论。稳定性结果的报告需要围绕研究目的。例如,如果研究中没有报告中心性指标,则不需报告中心性指标的稳定性结果。Zhu 等^[6]的研究中报告预期影响(expected influence)的稳定性系数为 0.75,强度中心性的稳定性系数为 0.59。

2.2 特殊分析流程

2.2.1 网络可视化

报告网络可视化结果。当结果中包含网络图时,需要注意输出具有色彩分辨率高的图片;报告边缘的含义(如 GGM 模型中代表偏相关,Ising 模型中代表平均逻辑回归系数等),图片的信息(如最小和最大的边缘,是否使用了特定的可视化工具等),以及网络的布局如何设定(如研究者手动设置或基于预先设计的算法)。本条目对图片可视化的要求笔者认为可以参考 Beard 等^[4]和 Zhu 等^[6]的呈现方式。

2.2.2 网络密度和平均绝对边缘权重

报告网络密度和平均绝对边缘权重结果。网络密度指相对于可能边缘总数估计边缘的数量,用来评价网络的稀疏性。如果研究者关注整个网络的结构,建议报告网络密度和平均绝对边缘权重。其中,平均绝对边缘权重无法直接从可视化图片中直接体现,需要单独报告。如 Zhu 等^[6]的研究报告其全样本的网络密度为 111.56。

2.2.3 中心性指标

报告同期网络的中心性指标。如果研究中涉及报告中心性指标的内容,研究者需

要单独提供中心性指标原始数据的表格,而不是仅提供中心性指标的折线图。另外也建议报告中心性指标相应的稳定性分析结果[如剔除样本的 Bootstrap 图和相关稳定性系数(correlation stability coefficient, CS-coefficient)]。Bootstrap 差异性检验能检测出节点之间中心性指标的差异,对于涉及中心性指标比较的研究需要报告。Beard 等^[4]和 Zhu 等^[6]的研究均进行了中心性指标的分析,然而论文中均只提供了折线图,没有提供网络中各节点中心性指标的原始数据表格。

2.2.4 可预测性

报告同期网络的可预测性结果。节点的可预测性是指其能被其他节点预测的程度。如果研究中也涉及这一方面,研究者需要明确报告可预测性的计算方法,并且将其作为网络中可视化的一个要素。此外,研究者也需要额外提供可预测性原始分数的表格,而不仅仅是在图片中进行可视化的呈现。Zhu 等^[6]在论文中仅以图片形式呈现了可预测性结果,没有提供完整的各节点可预测性结果的数据。

2.2.5 特殊节点和边缘

报告特殊节点和边缘结果。如果研究者关注网络中的特定结构,如 A-B 的边缘,这时也建议报告特定边缘的稳定性结果。如果研究者关注的是特定节点(例如节点 A),则需要报告与节点 A 连接的所有边缘的稳定性,以及节点 A 中心性指标的稳定性。当进行两个边缘的强度比较时,建议报告 Bootstrap 差异性检验的结果。如果研究中涉及降维聚类的结果,则需要报告维度的个数,以及维度的稳定性。

2.2.6 组间比较

报告同期网络组间分析结果。组间比较需要研究者报告数据处理后的每个亚组的样本量(如剔除异常值、缺失值,进行数据填补或转换后);组间比较特异统计方法的结果(如 P 值、贝叶斯因子等);以及每个亚组网络的稳定性结果。如果亚组分析的结果需要进行图片可视化,研究者需要注意亚组之间的网络选用同样的布局,同时即使固定一致的布局,研究者不应仅仅基于图片的差异判断组间差异,仅依靠可视化的差异可能会被误导;另外,注意对亚组网络设置同样的最强边缘值。例如,Beard 等^[4]的研究报告精神病住院患者的整体网络强度显著高于非住院患者。

3 启示

同期网络分析为探究变量之间的关系提供了新的思路和视角,该方法对分析多变量的复杂关系具有突出的优势,对帮助解释真实世界中的复杂情境十分有价值。在 Fried 等 2015 年提出了“症状网络”的概念后,网络分析方法在护理学领域快速发展^[9]。应用网络分析方法描绘和探索症状网络可以帮助识

别疾病的关键症状(如前哨症状、核心症状、桥梁症状等),为设计精准症状管理干预方案提供参考。同期网络分析的报告标准在心理学、精神病学以及症状网络领域的网络分析研究中已得到运用,目前该标准主要被运用于国外的研究^[10-11]中,国内的研究运用较少。本文对同期网络分析的报告标准结合具体实例进行了介绍和解读,包括对方法部分和结果部分一般分析流程的8个条目,以及特殊分析流程的10个条目。这些内容有助于国内研究者提高这类研究论文报告的科学性和透明性,值得关注。

【参考文献】

- [1] 杨中方,金依霖,何加敏,等.基于数据类型的症状网络分类:同期网络动态网络和个性化网络[J].护士进修杂志,2023,38(24):2219-2224.
- [2] EPSKAMP S, VAN BORKULO C D, VAN DER VEEN D C, et al. Personalized network modeling in psychopathology: the importance of contemporaneous and temporal connections[J]. Clin Psychol Sci, 2018, 6(3): 416-427.
- [3] BURGER J, ISVORANU A M, LUNANSKY G, et al. Reporting standards for psychological network analyses in cross-sectional data[J]. Psychol Methods, 2023, 28(4): 806-824.
- [4] BEARD C, MILLNER A J, FORGEARD M J, et al. Network analysis of depression and anxiety symptom relationships in a psychiatric sample[J]. Psychol Med, 2016, 46(16): 3359-3369.
- [5] BORSBOOM D, FRIED E I, EPSKAMP S, et al. False alarm?

- A comprehensive reanalysis of "Evidence that psychopathology symptom networks have limited replicability" by Forbes, Wright, Markon, and Krueger(2017)[J]. J Abnorm Psychol, 2017, 126(7): 989-999.
- [6] ZHU Z, SUN Y, KUANG Y, et al. Contemporaneous symptom networks of multidimensional symptom experiences in cancer survivors: a network analysis[J]. Cancer Med, 2023, 12(1): 663-673.
 - [7] ZHU Z, HU Y, XING W, et al. Identifying symptom clusters among people living with HIV on antiretroviral therapy in China: a network analysis[J]. J Pain Symptom Manage, 2019, 57(3): 617-626.
 - [8] APPELBAUM M, COOPER H, KLINE R B, et al. Journal article reporting standards for quantitative research in psychology: the APA Publications and Communications Board task force report[J]. Am Psychol, 2018, 73(1): 3-25.
 - [9] FRIED E I, BOSCHLOO L, VAN BORKULO C D, et al. Commentary: "Consistent superiority of selective serotonin reuptake inhibitors over placebo in reducing depressed mood in patients with major depression" [J/OL]. [2023-12-20]. <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2015.00117/full>. DOI: 10.3389/fpsyt.2015.00117.
 - [10] BJØRNDAL L D, EBRAHIMI O V, RØYSAMB E, et al. Stressful life events exhibit complex patterns of associations with depressive symptoms in two population-based samples using network analysis [J]. J Affect Disord, 2024(349): 569-576.
 - [11] OCHNIK D, CHOLEWA-WIKTOR M, JAKUBIAK M, et al. eHealth tools use and mental health: a cross-sectional network analysis in a representative sample [J/OL]. [2023-12-20]. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-55910-z>. DOI: 10.1038/s41598-024-55910-z.

(本文编辑:郁晓路)

(上接第 47 页)

- [2] 闫迪,王燕,张青月,等.乳腺癌乳房再造术后患者创伤后成长体验的质性研究[J].护理学杂志,2023,38(17):100-102,125.
- [3] 王丹,张振香,林蓓蕾,等.反刍性沉思在中青年脑卒中患者领悟社会支持与创伤后成长间的中介效应分析及性别差异[J].军事护理,2022,39(11):48-52.
- [4] NOGUCHI K, GOHM C L, DALSKY D J. Cognitive tendencies of focusing on positive and negative information[J]. J Res Pers, 2006, 40(6): 891-910.
- [5] GENG Q H, ZHANG P L, CUI D, et al. Mediating role of attention bias in posttraumatic growth and resilience of breast cancer patients[J]. Nurs Sci, 2020, 9(3): 209-215.
- [6] WALLSTON K A, STEIN M J, SMITH C A. Form C of the MHLC scales: a condition-specific measure of locus of control [J]. J Pers Assess, 1994, 63(3): 534-553.
- [7] BROWN A J, THAKER P H, SUN C C, et al. Nothing left to chance? The impact of locus of control on physical and mental quality of life in terminal cancer patients[J]. Support Care Cancer, 2017, 25(6): 1985-1991.
- [8] JOSEPH S, MURPHY D, REGEL S. An affective-cognitive processing model of post-traumatic growth[J]. Clin Psychol Psychother, 2012, 19(4): 316-325.
- [9] 倪平,陈京立,刘娜.护理研究中量性研究的样本量估计[J].中华护理杂志,2010,45(4):378-380.
- [10] 汪向东,王希林,马弘,等.心理卫生评定量表手册(增订版)[M].北京:中国心理卫生杂志,1993:344-345.
- [11] 戴琴,冯正直,许爽,等.正性负性信息注意量表中文版测试大学生样本的效度和信度[J].中国心理卫生杂志,2015,29(5):395-400.

- [12] TEDESCHI R G, CALHOUN L G. The posttraumatic growth inventory: measuring the positive legacy of trauma[J]. J Trauma Stress, 1996, 9(3): 455-471.
- [13] 汪际.创伤后成长评定量表及其意外创伤者常模的研制[D].上海:第二军医大学,2011.
- [14] HAYES A F. Introduction to mediation, moderation, and conditional process analysis: a regression-based approach [M]. New York: The Guilford Press, 2013: 335-337.
- [15] LIMA M P, MORET-TATAY C, IRIGARAY T Q. Locus of control, personality and depression symptoms in cancer: testing a moderated mediation model[J]. Clin Psychol Psychother, 2022, 29(2): 489-500.
- [16] 盛伟,李江波,戎伟,等.抑郁症的躯体不适与神经质、注意偏向和被束缚的关联研究[J].蚌埠医学院学报,2022,47(5):668-671.
- [17] 杨月波,张玉芳,李娜,等.负性信息注意偏向在癌症幸存者中应用研究进展[J].护理学报,2022,29(1):25-29.
- [18] 康玉玲.情绪ABC理论干预对急性心肌梗死患者心理状态及应激反应的影响[J].中国健康心理学杂志,2021,29(6):843-847.
- [19] DOPELT K, BASHKIN O, ASNA N, et al. Health locus of control in cancer patient and oncologist decision-making: an exploratory qualitative study [J/OL]. [2023-12-20]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0263086>. DOI: 10.1371/journal.pone.0263086.
- [20] VENA J A, COPEL L, MCDERMOTT-LEVY R. Lived experiences of young adults with lymphoma during acute survivorship [J]. Cancer Nurs, 2023, 46(1): E11-E20.

(本文编辑:郁晓路)