

神经网络在护理领域的应用研究进展

周丹^{1,2}, 尹安春¹

Application of artificial neural networks in nursing: a literature review Zhou Dan, Yin Anchun

摘要: 综述神经网络与循环神经网络的概念、优势,以及在护理不良事件、延续护理、慢病管理、护理管理、护理教育方面的应用现状,旨在提高我国护理研究者对神经网络算法的认知,并为护理人员应用该技术提供参考依据。

关键词: 人工智能; 神经网络; 循环神经网络; 护理学; 信息化技术; 护理信息; 综述文献

中图分类号: R471 文献标识码: A DOI: 10.3870/j.issn.1001-4152.2020.03.094

近年来,随着信息化技术与医疗卫生领域的不断融合,人工智能(Artificial Intelligence, AI)医疗已从前沿技术逐步转变到现实应用阶段。2017年7月,国务院发布的《新一代人工智能发展规划》中提出,国家要完善适应人工智能技术的医疗政策体系、重点任务、保障措施等,并加快创新应用,以缓解就医诊疗困难、提升公众健康水平^[1]。目前,人工智能技术已在疾病预测与诊断、慢性疾病管理与护理、医学影像识别等方面广泛应用,其中神经网络(Artificial Neural Network, ANN)算法是实现这一过程的重要手段,通过利用计算机高效挖掘大量电子健康记录(Electronic Health Record, EHR)的深层信息,从而进行自主学习与训练,构建各系统疾病的精准预测、诊断及预后等模型,进而指导临床医疗护理工作。本文针对神经网络在护理领域中的发展与应用研究进行综述,指出我国护理信息学发展的局限性,并分析未来的挑战与应对,以期为我国基于神经网络的护理领域研究提供参考依据。

1 神经网络相关概述

神经网络是由神经元(感知器)通过突触(权重)连接而形成的多层复杂模型,是一种通过模拟人脑的学习过程而进行机器学习、模式识别和预测的数学模型^[2]。与传统的逻辑回归预测模型相比,ANN的优势在于:①通过计算机运算有效且科学地处理和分析医学、护理模型中复杂的非线性关系;②可通过多种可用的训练算法检测医学或护理模型中预测变量之间所有可能的交互作用;③所构建预测模型的精确度、灵敏度及特异度较高^[3]。ANN典型网络结构如图1所示,其中第1层称为输入层,它由许多神经元(或节点)组成,这些神经元(或节点)代表了所分析的医学或护理预测模型中的自变量,因此,确定输入变量是构建预测模型的关键;最后一层是输出层,可

导出预测模型的结果,此层中的节点数量取决于预期结果的分类;在输入层和输出层之间有多个隐层,确定隐层的神经元数量也是重中之重。ANN的输入层、隐层及输出层之间的连接是“突触”,数学上称为权重,它的作用是表述输入变量与预期输出变量之间错综复杂的非线性关系。研究者可将EHR拆分为训练库与测试库,之后利用训练数据库让ANN进行自我学习,得出初始预测模型,最后将测试库数据的变量带入预测模型中,以验证该模型的精准度。近年来,越来越多的医疗及工程专家将ANN算法应用于医学、护理领域研究,如疾病的诊断、疾病预后的预测、护理不良事件的预测等。

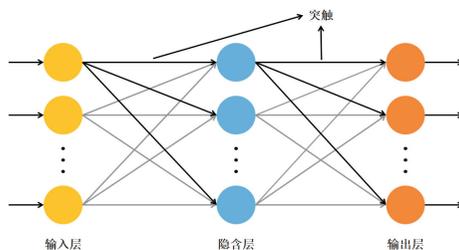


图1 ANN典型网络结构

2 神经网络在护理领域中的应用进展

2.1 神经网络在护理不良事件管理中的应用

护理不良事件是指护理过程中发生的不在计划中的意外事件,可导致患者受到伤害或残疾、延长患者住院时间等不良结局,如压疮、跌倒、非计划性拔管等^[4-5]。国内外已有研究者应用ANN算法构建出部分护理不良事件的预测模型,目的是通过该模型科学地识别发生不良事件的高危患者,并有针对性地制定干预计划,以消除安全隐患,降低护理不良事件发生率。

手术过程中,患者会因制动时间长、麻醉等因素导致手术相关压力性损伤(Surgery-Related Pressure Injury, SRPI),也称为压疮,SRPI发生率也是评价手术室护理质量的重要指标^[6],护理人员在减少SRPI发生率的过程中起到举足轻重的作用。Chen等^[7]将149例接受过心血管手术的患者按3:1的比例随机分入训练库与测试库,构建可准确预测SRPI的

作者单位: 1. 大连医科大学附属第一医院护理部(辽宁 大连, 116011);

2. 大连医科大学中西医结合学院

周丹: 女, 博士在读, 主管护师

通信作者: 尹安春, yac800@163.com

科研项目: 2019年度辽宁省自然科学基金计划指导项目(2019-ZD-0924)

收稿: 2019-09-06; 修回: 2019-11-05

ANN 模型。结果显示,患者年龄、疾病种类、手术时间、围手术期是否使用糖皮质激素是最重要的 4 个预测变量。该模型可帮助护理人员准确识别心血管手术患者中发生 SRPI 的高危人群,并实施干预措施,可降低 SRPI 的发生率、改善手术预后。除压力性损伤外,跌倒也是医院内常见的护理不良事件之一,在老年患者群体中较常见,严重者可延长患者不必要的住院时间,增加医疗成本,影响健康结局,且医院夜班时护理人员相对不足,导致跌倒管理已成为临床护理工作中的难题。Beauchet 等^[8]将急诊病房的 848 例老年患者纳入研究,采用 ANN 算法有效处理住院跌倒危险因素中非线性、复杂的交互关系。Lee 等^[9]同样是通过 ANN 对护理不良事件报告系统中的数据进行挖掘,构建跌倒预测模型。2 项研究结果均显示,与经典的逻辑回归方法相比,ANN 模型可提高跌倒预测的准确性、敏感性与特异性。

相比较而言,在传统的临床工作中,我国护理人员大多通过经验或量表来评估患者发生不良事件的风险,如 Braden 量表、Norton 量表、Berg 平衡量表等,但其预测价值一般,并未有效降低临床护理不良事件的发生率^[10-12]。究其原因,护理不良事件的发生并非几个因素间简单线性关系导致的,而是由多个因素之间复杂的非线性关系所致,传统的量表评估工具是无法剖析因素间的交互关系,另外护理人员的工作经验与直觉具有主观性而缺乏科学性,也可能会因工作忙或其他原因而忽略个别信息的采集,导致很难准确识别高风险群体。而基于 ANN 的预测模型可有效处理引发护理不良事件因素中复杂的交互关系^[13],帮助护理人员挖掘相关数据,并识别出高危患者。由此,医疗机构应重视护理学与工学的有效结合,广泛开发基于 ANN 的护理不良事件报告系统,并进行精准干预,可充分提高工作效率,缓解我国护理人力资源短缺。

2.2 人工智能在延续护理中的应用 《全国护理事业发展规划(2016—2020 年)》^[14]指出,为出院患者提供延续性护理服务,并延伸至社区、家庭、建立医院、基层医疗机构和老年护理服务机构之间的合作,以保障护理服务的连续性。ANN 算法通过处理出院患者的大量数据信息,为护理人员实施有效延续护理提供新的思路。目前,ANN 已被应用于延续护理服务中,目的是科学、有效地提高患者的生存质量,降低病死率。

Shi 等^[15]构建、验证了基于 ANN 的乳腺癌患者术后 2 年生活质量的预测模型,并与传统的逻辑回归模型进行精准度对比。结果显示,逻辑回归模型在处理输入变量间潜在的交互作用中存在局限性,而 ANN 模型可更加准确地预测乳腺癌患者术后的生活质量,且挖掘出术前功能状态是乳腺癌患者术后生活质量最重要的预测变量。该模型的建立将帮助护理人员对乳腺癌手术患者进行个体化的延续护理,可成

为有效的临床决策辅助工具。Sullivan 等^[16]基于 ANN 算法,通过训练常规收集的护理评估数据,建立并验证可预测居家老人 12 个月死亡率的模型,此模型可帮助家庭护理人员早期识别有死亡风险的老人,并为其制定个体化的居家护理计划,以延缓其进展,提高生存质量,增加社会效益与经济效益。除上述之外,ANN 也可用于社区老年人再次跌倒的预测。社区老年人出现再次跌倒的发生率约为 25%^[17],Kabeshova 等^[18]采用 ANN 算法对 3 289 名社区老人的临床变量(助行器、使用钙剂、认知功能障碍、抑郁等 15 个)进行处理,最终构建了高精度的社区老人再次跌倒预测模型,可为社区护理人员提供有效的预防跌倒管理工具,识别再次跌倒的高危人群,以提高社区老人的生存质量,提升延续护理服务满意度。

传统的延续护理主要以电话随访和家庭访视为主,但其护理模式具有局限性,缺乏完善的系统支持,且人力资源消耗大,信息收集量小,实施效果不佳^[19]。大数据时代下的延续护理势必要借助护理信息化平台实施,我国应全面开展智慧化延续护理模式,如通过“互联网+”平台获取、管理海量的数据信息并建立规范化数据库,再通过 ANN 算法对数据进行深层挖掘处理,以发现工作中需要的潜在信息,帮助护理人员高效、科学地开展延续护理服务。另外,我国也应逐步加强基层医疗机构以及社区护理人员的智慧化护理意识,开展相关培训,并引进相关护理信息学人才,尽早实现全国范围内的智慧化延续护理。

2.3 人工智能在慢性病管理中的应用 慢性病已成为全球危害人类健康的重大公共卫生问题,慢性病的信息化管理也成为护理人员的重要挑战。Wang 等^[20]采集了阿尔茨海默病(Alzheimer Disease, AD)协调中心数据库中 12 年间 5 432 例 AD 患者的病例信息,采用了 ANN 算法中基于时间序列的循环神经网络(Recurrent Neural Network, RNN)算法来处理患者不同的就诊次数和不均匀的时间间隔,并预测 AD 的进展情况。研究表明,该模型对下一次就诊时 AD 病情进展预测的准确率超过 99%,明显优于其他预测方法。其中,RNN 算法的优势在于,可有效处理时间序列数据,且擅长捕捉纵向时间模式^[21-22],非常适合通过有效利用患者纵向数据间的时间关系建模并预测临床事件^[23-26]。

目前,我国的信息化慢性病管理已有一定的基础^[27],各个医疗机构也致力于慢性病管理信息系统的建立,医患双方均可根据系统要求实时上传病历信息,研究者多采用传统逻辑回归算法或人工智能工具对电子健康记录进行深度学习,以建立慢性病进展的预测模型,从而指导护理人员进行疾病管理。但慢性病患者的临床进展大多会随着时间的推移不断变化,大部分研究者所构建的模型并未利用慢病患者既往病历或 EHR 中与时间相关的数据信息来预测疾

病的未来状态。因此,护理人员应充分理解 RNN 算法的优势,充分挖掘慢性病患者历史就诊的内在时间和护理模式,探索与构建可准确预测慢性病进展的预测模型,且有针对性地为患者实施科学的慢病管理,以延缓病情进展,改善健康结局。

2.4 人工神经网络在护理管理中的应用 人际沟通能力已成为现代护理人才的核心能力之一,也是护理管理者量化考核指标之一^[28-29]。护理人员的有效沟通可改善护患关系,避免临床工作中的出错风险,提高护理质量与服务满意度。因此,确定沟通风险的预测因素非常重要。Bagnasco 等^[30]利用 ANN 对多中心急诊室的 840 名护理人员进行研究,输入变量为年龄、性别、急诊室工作年资、教育程度、专业资质和所工作医院结构,输出变量为沟通时的术语、倾听、注意力和清晰度。研究者通过 ANN 算法对输入、输出变量进行深度学习,构建可用于早期预测急诊室护患沟通风险的 ANN 模型,辅助护理管理者在沟通障碍发生前采取有针对性的干预措施,以避免因沟通风险导致的护患安全问题和纠纷问题。除此之外,ANN 算法也用于构建预检分诊、护理决策和护士职业倦怠预测模型。Zlotnik 等^[31]基于曼彻斯特分诊系统,应用 ANN 对某医院急诊科的 153 970 例患者的病历数据库进行训练与学习,验证并构建急诊患者入院护理决策预测模型,同时在模型基础上建立自动化预测急诊患者入院决策支持系统。该预测模型及系统的建立可为护理管理者提供早期预警及临床护理决策,提前高效安排护理人员的工作流程,节省人力资源。Ladstätter 等^[32]同样采用 ANN 算法建立护士职业倦怠感预测模型,结果显示,与传统回归模型相比,ANN 预测模型可更高效地帮助护理管理者识别职业倦怠感较高的群体,为干预措施提供数据支持。

近年来,我国的信息化护理管理模式已逐步开展,主要体现在电子病历系统、护理绩效考核与分配、护理质量监控等,但管理模式层面较宏观,并未深度挖掘数据信息中多个变量间潜在的非线性关系。然而 ANN 算法为信息化护理管理的发展提供了新的契机,可对每类管理系统中的数据集进行深度分析,使管理者更科学、更优化地拓展护理管理新模式,使护理管理做到真正意义上的有理可依、有据可循。

2.5 人工神经网络在护理教育中的应用 高校大学生的学业失败问题已引起社会、学校、家长的高度重视,一方面耗费资源,另一方面可引起大学生的心理、社会问题。Teshnizi 等^[33]将 275 名助产和护理专业本科学学生作为研究对象,运用传统逻辑回归模型和 ANN 模型对影响学业失败的输入变量进行分析,以学生各学期的平均绩点是否合格作为输出变量,并比较两种模型对护理与助产专业学生学业失败的预测效能,研究结果显示,ANN 预测模型具有较好精度,可辅助护理院校教师筛选出发生学业失败的重点

学生,有针对性地实施干预措施,避免学生陷入学业困境,减轻心理焦虑。

目前,我国的护理教育信息化迅速发展,高校均通过多种线上、线下教学模式来提高学生的学习兴趣,如大规模开放在线课程、小规模限制性在线课程、雨课堂等。但这些教学模式只能在一定程度上提升学生的学习依从性,并不能帮助教师从根本上识别学习兴趣不足的学生群体或相关影响因素。鉴此,ANN 算法可以对护理教育的相关体系进行模式识别,发现护理教育中各项影响因素潜在的相关联系,预测学生的未来发展趋势,有助于拓展科学、客观的教学模式,从而使教师进行有针对性且有效的教学,使护理专业学生更加健康成长。

3 未来的挑战与应对

随着大数据、人工智能时代的迅速发展,我国护理学科的信息化建设尚处于发展和应用的初级阶段,与国外相比尚存在一定的差距。目前我国主要面临的挑战有两点:首先是我国高校缺乏对护理中高级护理信息专业人才的培养^[34-35];第二是我国护理人员对信息化建设的重视度不高。因此,建议全力开展护理信息学的各个层次教育,提供专业的学习交流平台,使其可有效利用 ANN 算法的信息化手段,并开展护理研究;同时我国医疗机构的管理者应加强护理人员智慧护理的科研意识,提供计算机信息技术的相关理论和技能培训,并积极提倡护理人员与计算机专业人员的跨学科合作。

4 小结

护理研究者已通过 ANN 算法为临床护理、延续护理、慢病管理、护理管理以及护理教育等方面提供了丰富的信息化实践,为患者或学生提供更精准的个体化干预措施,实现了护理学科的信息化研究。我国护理信息研究的未来趋势将会充分响应国务院发布的《新一代人工智能发展规划》,促进人工智能技术(如 ANN 算法等)在护理领域中的应用,以科学、精准、高效、安全地照护患者为目标,推动信息化护理学科的蜕变与发展。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国务院. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知 [EB/OL]. (2017-07-20) [2019-08-11]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.
- [2] Falavigna G, Costantino G, Furlan R, et al. Artificial neural networks and risk stratification in emergency departments [J]. *Intern Emerg Med*, 2019, 14(2): 291-299.
- [3] Tu J V. Advantages and disadvantages of using artificial neural networks versus logistic regression for predicting medical outcomes [J]. *J Clin Epidemiol*, 1996, 49(11): 1225-1231.
- [4] Wagner L M, Castle N G, Handler S M. Use of HIT for adverse event reporting in nursing homes: barriers and

- facilitators[J]. *Geriatr Nurs*, 2013, 34(2):112-115.
- [5] 王振容, 蒋晓莲. 数据挖掘在护理领域中的应用进展[J]. *中华护理杂志*, 2017, 52(10):1262-1264.
- [6] 蒋琪霞. 压疮护理学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 453.
- [7] Chen H L, Yu S J, Xu Y, et al. Artificial neural network: a method for prediction of surgery-related pressure injury in cardiovascular surgical patients [J]. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 2017, 45(1):26-30.
- [8] Beauchet O, Noublanche F, Simon R, et al. Falls risk prediction for older inpatients in acute care medical wards: is there an interest to combine an early nurse assessment and the artificial neural network analysis? [J]. *J Nutr Health Aging*, 2017, 22(1):131-137.
- [9] Lee T T, Liu C Y, Kuo Y H, et al. Application of data mining to the identification of critical factors in patient falls using a web-based reporting system[J]. *Int J Med Inform*, 2011, 80(2):141-150.
- [10] 周晓美, 冯璇. 跌倒风险评估工具的研究进展[J]. *护理学杂志*, 2018, 33(21):109-112.
- [11] 宋辉, 刘春英, 王悦, 等. 手术患者压力性损伤风险评估工具的应用及护理研究进展[J]. *护士进修杂志*, 2019, 34(16):1485-1488.
- [12] Matarese M, Ivziku D, Bartolozzi F, et al. Systematic review of fall risk screening tools for older patients in acute hospitals[J]. *J Adv Nurs*, 2015, 71(6):1198-1209.
- [13] Willan J, Katz H, Keeling D. The use of artificial neural network analysis can improve the risk-stratification of patients presenting with suspected deep vein thrombosis [J]. *Br J Haematol*, 2019, 185(2):289-296.
- [14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 全国护理事业发展规划(2016-2020年)[EB/OL]. (2016-11-18) [2019-08-10]. http://www.nhc.gov.cn/xxgk/pages/viewdocument.jsp?dispatchDate=&staticUrl=/zyzyj/s3593/201611/92b2e8f8cc644a899e9d0fd572aefef3_shtml.
- [15] Shi H Y, Tsai J T, Chen Y M, et al. Predicting two-year quality of life after breast cancer surgery using artificial neural network and linear regression models[J]. *Breast Cancer Res Treat*, 2012, 135(1):221-229.
- [16] Sullivan S S, Hewner S, Chandola V, et al. Mortality risk in homebound older adults predicted from routinely collected nursing data[J]. *Nurs Res*, 2019, 68(2):156-166.
- [17] Beauchet O, Dubost V, Revel Delhom C, et al. How to manage recurrent falls in clinical practice: Guidelines of the French Society of Geriatrics and Gerontology[J]. *J Nutr Health Aging*, 2011, 15(1):79-84.
- [18] Kabeshova A, Launay C P, Gromov V A, et al. Artificial neural network and falls in community-dwellers: a new approach to identify the risk of recurrent falling? [J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2015, 16(4):277-281.
- [19] 田露, 陈英. “互联网+”延续护理的研究进展[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(17):17-20.
- [20] Wang T, Qiu R G, Yu M. Predictive modeling of the progression of Alzheimer's disease with recurrent neural networks[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):9161-9172.
- [21] Miotto R, Wang F, Wang S, et al. Deep learning for healthcare: review, opportunities and challenges [J]. *Brief Bioinform*, 2018, 19(6):1236-1246.
- [22] Lipton Z C, Berkowitz J, Elkan C. A critical review of recurrent neural networks for sequence learning [EB/OL]. (2015-05-29) [2019-08-15]. <https://arxiv.org/abs/1506.00019>.
- [23] Benjamin S, Patrick J T, Azra B, et al. Deep EHR: a survey of recent advances in deep learning techniques for electronic health record (EHR) analysis [J]. *IEEE J Biomed Health Inform*, 2018, 22(5):1589-1604.
- [24] Choi E, Bahadori M T, Schuetz A, et al. Doctor AI: predicting clinical events via recurrent neural networks [J]. *JMLR Workshop Conf Proc*, 2016, 56:301-318.
- [25] Esteban C, Staeck O, Baier S, et al. Predicting clinical events by combining static and dynamic information using recurrent neural networks: International Conference on Healthcare Informatics (ICHI) [C]. Chicago: IEEE, 2016.
- [26] Choi E, Schuetz A, Stewart W F, et al. Using recurrent neural network models for early detection of heart failure onset[J]. *J Am Med Inform Assoc*, 2017, 24(2):361-370.
- [27] 吕兰婷, 邓思兰. 我国慢性病管理现状、问题及发展建议[J]. *中国卫生政策研究*, 2016, 9(7):1-7.
- [28] 黄伶俐, 李乐之. 护士长支持性人际沟通能力现状及影响因素分析[J]. *中华护理杂志*, 2012, 47(12):1102-1103.
- [29] 吴欣娟, 谢瑶洁, 马丽莉, 等. 医院护士长量化考核指标体系的初步研究[J]. *中华护理杂志*, 2008, 43(10):872-875.
- [30] Bagnasco A, Siri A, Aleo G, et al. Applying artificial neural networks to predict communication risks in the emergency department [J]. *J Adv Nurs*, 2015, 71(10):2293-2304.
- [31] Zlotnik A, Alfaro M C, Pérez M C, et al. Building a decision support system for inpatient admission prediction with the Manchester Triage System and administrative check-in variables [J]. *Comput Inform Nurs*, 2016, 34(5):224-230.
- [32] Ladstatter F, Garrosa E, Badea C, et al. Application of artificial neural networks to a study of nursing burnout [J]. *Ergonomics*, 2010, 53(9):1085-1096.
- [33] Teshnizi S H, Ayatollahi S M T. A comparison of logistic regression model and artificial neural networks in predicting of student's academic failure [J]. *Acta Inform Med*, 2015, 23(5):296-300.
- [34] 余自娟, 张艳, 张信倍, 等. 美国护理信息学硕士教育现状及启示[J]. *中华护理教育*, 2018, 15(9):717-720.
- [35] 李帆, 方利, 官莉, 等. 临床护理人员对护理信息的认知及应用现状调查分析[J]. *护理学杂志*, 2015, 30(24):11-13.