

人工智能在临床医学中的应用与展望^{*}

姚泽阳 谢 稳 邱海龙 黄美萍 袁海云 庄 建

(广东省人民医院 广州 050081)

〔摘要〕 介绍人工智能内涵及算法,从临床医生、卫生系统、患者 3 个维度阐述人工智能在临床医学中的应用,具体到临床医生方面,包括放射学、病理学、皮肤病学、眼科学、心血管病学等领域,探讨其局限性以及该领域未来发展。

〔关键词〕 人工智能;机器学习;深度神经网络;医学

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2020.03.009

Application and Prospect of Artificial Intelligence in Clinical Medicine YAO Zeyang, XIE Wen, QIU Hailong, HUANG Meiping, YUAN Haiyun, ZHUANG Jian, Guangdong Provincial People's Hospital, Guangzhou 050081, China

〔Abstract〕 The paper introduces the connotation and algorithm of Artificial Intelligence (AI), expounds on the application of AI in clinical medicine from three dimensions of clinicians, health systems and patients, specifically to clinicians, including such fields as radiology, pathology, dermatology, ophthalmology, cardiovassology, etc., discusses its limitations and future development of this field.

〔Keywords〕 Artificial Intelligence (AI); machine learning; Deep Neural Network (DNN); medicine

1 引言

人们对医疗健康的需求日益增长的同时海量医学数据不断产生。数据来源包括高分辨率医学成像、连续输出生理指标的生物传感器、基因组测序和电子病历,这些海量数据有必要利用机器来处

理。与此同时,人们越来越依赖于医疗系统的卫生保健服务,亟需新的技术来提供帮助。人工智能(Artificial Intelligence, AI)尤其是深度学习的使用已经通过大量标记的数据、显著增强的计算能力和云存储支持大多数领域的发展。在医学上其在 3 个层面产生影响:对于临床医生,主要是提供快速、准确的图像解释;对于卫生系统,改进工作流程和

〔修回日期〕 2019-11-06

〔作者简介〕 姚泽阳,硕士;通讯作者:庄建,博士。

〔基金项目〕 广东省登峰计划项目“基于临床大数据和人工智能的结构性心脏病辅助诊疗和评价系统”(项目编号:DFJH201802);广东省省级科技计划项目“先天性心脏病防治诊疗方案精准化研究”(项目编号:2019B020230003);广东省省级科技计划项目“重大出生缺陷先天性心脏病病因学及早期预防策略研究”(项目编号:2017A070701013);广东省省级科技计划项目“广东省人民医院心血管外科领域院士工作站建设”(项目编号:2017B090904034);广东省省级科技计划项目“广东省省华南结构性心脏病重点实验室开放运行(2017年度考评合格)”(项目编号:2017B030314109);国家重点研发计划项目“先天性心脏病和唇腭裂三级综合防控技术的应用示范和评价研究”(项目编号:2018YFC1002600)

减少医疗差错；对于患者，使其处理个人数据来促进健康。本文综述人工智能在医学领域的现有研究，在此基础上进行分析并展望该领域未来发展。

2 人工智能简介

人工智能的根源可以追溯到 80 多年前艾伦·图灵 (Alan Turing)、沃伦·麦卡洛克 (Warren McCulloch) 和沃尔特 (Walter) 提出的概念^[1-2]。历史上人工智能曾被不同的研究架构所影响，直到 2012 年深度学习才被广泛接受为 AI 的一种可行形式^[3]。深度学习神经网络由数字化输入 (如图像或语音) 和输出组成。它通过多层连接的神经元不断检测输入特征，最终提供输出。深度神经网络 (Deep Neural Network, DNN) 架构，见图 1。其由 1 个输入层、若干个隐藏层 (范围 5 ~ 1 000) 和 1 个输出层构成，每个隐藏层响应输入的不同特征。与其他类型的人工智能相比，深度学习的关键特征是其自学能力。神经网络不是由人类设计的，而是由数据本身决定层数。图像和语音识别主要使用监督学习，从已知模式和标记输入数据 (通常称为基本事实) 进行训练。从未知的模式学习且没有标记输入数据称为无监督学习，目前很少被应用。DNN 和深度学习有很多种类型，包括卷积、递归、生成对抗性、转移、强化、表示等^[4-5]。

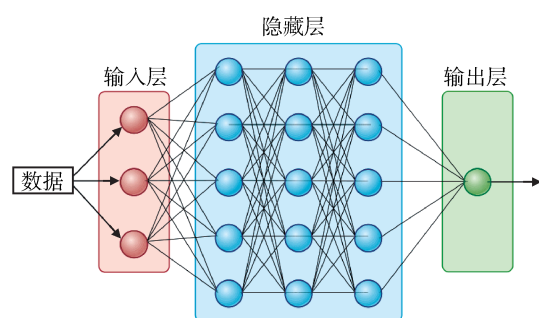


图 1 深度神经网络架构

3 人工智能在临床医学中的应用

3.1 人工智能与临床医生

3.1.1 概述 几乎所有类型的临床医生，从专科医生到护理人员都将在未来使用人工智能技术，尤

其是深度学习。主要涉及使用 DNN 进行模式识别，帮助解释医学扫描、病理切片、皮肤损伤、视网膜图像、心电图、内镜、面部和生命体征。神经网络预估通常与医生评估相比较。使用真实阳性与假阳性比率的曲线图称为接受者操作特征 (Receiver Operating Characteristic, ROC)，曲线下的面积 (Area Under the Curve, AUC) 用来表示准确度水平。

3.1.2 放射学 人工智能应用中特别受到关注的一个领域^[6]。胸部 X 光是最常见的医学扫描方式，全球每年进行 X 光检查超过 20 亿次。研究人员将基于 121 层卷积神经网络的一种算法与 4 名放射科医生在 112 000 多张标记的胸部 X 线图像中诊断出肺炎的准确率进行对比，结果表明该算法的 AUC 为 0.76，准确率优于放射科医生。谷歌的一个研究小组使用一种不同算法分析与之前研究相同的图像集，得到的 AUC 评分从肺炎的 0.63 到心脏肿大或肺塌陷的 0.87 不等^[7]。

3.1.3 病理学 数字化病理切片的深度学习有可能提高解释的准确性和速度。在一项乳腺癌的 WSI 研究中无论有无淋巴结转移，将 11 名病理学家的表现与多种算法解释的表现进行比较，结果各不相同，在一定程度上受到病理学家审阅幻灯片时间长短的影响^[8]。

3.1.4 皮肤病学 对于利用图像对皮肤癌进行分类分析的算法，将深度学习网络与皮肤科医生的诊断精度进行广泛比较。在一项使用近 13 万张摄影和数字化图像的大型训练数据集的研究中，21 名皮肤科医生的表现至少与一种算法相匹配，该算法对肉瘤患者诊断的 AUC 为 0.96，对黑色素瘤患者诊断的 AUC 为 0.94^[9]。

3.1.5 眼科学 目前有很多比较算法和眼科医生对于特定眼科疾病诊断效率的案例。在一项用视网膜眼底照片来诊断老年性黄斑变性的研究中 DNN 算法准确率在 88% ~ 92% 之间，几乎和眼科专家的准确率一样高^[10]。虽然对视网膜 OCT 和眼底图像的研究主要集中在眼科疾病方面，但最近的研究表明视网膜照片的潜在用途不仅仅在于眼科疾病。已有研究利用这些图像对阿尔茨海默病^[11]进行早期诊断。

3.1.6 心血管病学 在包含 549 个心电图的小型回顾性数据集中使用深度学习诊断心脏病发作,报告的敏感性为 93%,特异性为 90%,与心脏病学家的诊断表现相当^[12]。对于超声心动图,DNN 和心脏病学家将 267 例患者研究(包括 83 万多张静态图像)按照 15 种标准分类,该算法对单一静止图像的总准确率为 92%,而 4 名专业超声心动图医师的准确率为 79%^[13]。

3.1.7 胃肠科学 在结肠镜检查中发现小的(< 5 毫米)腺瘤性息肉或无柄息肉对胃肠科医生来说较为困难。在 325 例共 466 个小息肉的患者中首次对人工智能进行前瞻性临床验证,在常规结肠镜检查中其准确率为 94%,阴性预测值为 96%。人工智能光学诊断的速度为 35 秒,该算法在无需注射染料的情况下对新手和胃肠病学专家都同样有效^[14-15]。

3.1.8 精神健康 全世界有 3.5 亿人在与抑郁症抗争^[16],人工智能有潜力向受影响的患者和临床医生提供支持。通过键盘交互、语音、面部识别、传感器和交互式聊天机器人^[17-22]对抑郁和情绪进行数字跟踪。

3.1.9 临床其他环节 在临床许多其他环节也有使用人工智能算法的案例,如促进中风、自闭症或脑电图仪的诊断^[23-24]等。

3.2 人工智能与卫生系统

从理论上讲,临床关键结果的成功预测可以使医院卫生治疗资源的使用更加有效和精确。例如使用一种算法来评估患者重新入院的风险,而根据通常的出院临床标准,这种风险是无法检测到的,可以采取相应措施避免患者出院,合理协调安排将资源。对于危重患者,极有可能在短期内存活下来,用于患者、家属和医生进行复苏、气管内机械通气管的插入和其他抢救措施。而通过人工智能预测工具来决定哪些患者可能从姑息治疗中受益,以及确定哪些患者有发展为脓毒症或脓毒性休克的风险,将发挥极为重要的作用。利用电子健康记录数据和深度学习算法已能够预测许多诸如老年痴呆症、死亡等^[25-30]重要的临床事件。

3.3 人工智能与患者

开发深度学习算法使公众能够掌握个人健康情况。如 2017 年底美国食品药品监督管理局通过一种智能手表算法检测房颤^[31],随后 2018 年苹果公司获得批准将该算法应用于 Apple Watch 系列^[32-33]。

3.4 局限性和展望

人工智能技术仍存在很大的局限性。一个有缺陷的算法可能对患者造成重大伤害,医疗算法的医源性风险巨大。人工智能算法应用于临床实践中需要系统调试、审查、广泛的模拟以及前瞻性的真实世界验证^[34]。在使用 DNN 的情况下可能无法理解算法的输出结果。欧盟一般数据保护规定要求在算法用于患者护理之前对算法的黑盒进行透明性解释^[35]。关于在患者护理中使用非透明算法是否可以接受的争论尚未解决,但是医学实践的许多方面都无法解释,例如没有已知作用机制的药物处方。人工智能在医学领域发展最重要的问题在于数据隐私和安全保障。鉴于黑客攻击和数据泄露等问题,使用有可能泄露患者病史细节的算法将十分危险^[36]。

4 结语

人工智能与医学的融合才刚刚开始。对于机器学习算法能够帮助临床医生预测临床结局的研究,目前还没有显著的前瞻性验证来证实其对卫生系统是有价值的,对以患者为中心的算法来说更是如此。该领域前景很好,但数据和证据却相对不足。人工智能算法能够快速、准确、低成本地处理大量数据,助力医学发展。

参考文献

- 1 Turing A M. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem [J]. J of Math, 1936, 58 (345-363): 5.
- 2 Turing A M. Computing Machinery and Intelligence [M]. Dordrecht: Springer, 2009: 23-65.
- 3 Alex Krizhevsky, I Sutskever, G Hinton, et al. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks

- [J]. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2012, 25 (2): 1097 – 1105.
4. Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. *Deep learning* [M]. Cambridge: MIT Press, 2016.
5. Brundage M, Avin S, Clark J, et al. The Malicious Use of Artificial Intelligence: forecasting, prevention, and mitigation [EB/OL]. [2019 – 09 – 10]. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1802/1802.07228.pdf> (2018).
6. Wang X, Peng Y, Lu L, et al. Chestx – ray8: hospital – scale chest x – ray database and benchmarks on weakly – supervised classification and localization of common thorax diseases [C]. Honolulu, HI, USA: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017: 2097 – 2106.
7. Li Z, Wang C, Han M, et al. Thoracic Disease Identification and Localization with Limited Supervision [C]. Salt Lake City, UT, USA: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2018: 8290 – 8299.
8. Bejnordi B E, Veta M, Van Diest P J, et al. Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women with Breast Cancer [J]. *JAMA*, 2017, 318 (22): 2199 – 2210.
9. Esteva A, Kuprel B, Novoa R A, et al. Dermatologist – level Classification of Skin Cancer with Deep Neural Networks [J]. *Nature*, 2017, 542 (7639): 115 – 118.
10. Burlina P M, Joshi N, Pekala M, et al. Automated Grading of Age – related Macular Degeneration from Color Fundus Images Using Deep Convolutional Neural Networks [J]. *JAMA Ophthalmology*, 2017, 135 (11): 1170 – 1176.
11. Mutlu U, Colijn J M, Ikram M A, et al. Association of Retinal Neurodegeneration on Optical Coherence Tomography with Dementia: a population – based study [J]. *JAMA Neurology*, 2018, 75 (10): 1256 – 1263.
12. Strodthoff N, Strodthoff C. Detecting and Interpreting Myocardial Infarction Using Fully Convolutional Neural Networks [J]. *Physiological Measurement*, 2019, 40 (1): 015001.
13. Madani A, Arnaout R, Mofrad M, et al. Fast and Accurate View Classification of Echocardiograms Using Deep Learning [J]. *NPJ Digital Medicine*, 2018, 1 (1): 1 – 8.
14. Mori Y, Kudo S, Misawa M, et al. Real – time Use of Artificial Intelligence in Identification of Diminutive Polyps during Colonoscopy: a prospective study [J]. *Annals of Internal Medicine*, 2018, 169 (6): 357 – 366.
15. Holme Ø, Aabakken L. Making Colonoscopy Smarter with Standardized Computer – aided Diagnosis [J]. *Annals of Internal Medicine*, 2018, 169 (6): 409 – 410.
16. Sheikman M B. The Burden of Depression [J]. *Nature*, 2014, 515 (7526): 163.
17. Cao B, Zheng L, Zhang C, et al. Deepmood: modeling mobile phone typing dynamics for mood detection [C]. Halifax, NS, Canada: Proceedings of the 23rd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2017: 747 – 755.
18. Mohr D C, Riper H, Schueller S M. A Solution – focused Research Approach to Achieve an Implementable Revolution in Digital Mental Health [J]. *JAMA Psychiatry*, 2018, 75 (2): 113 – 114.
19. Frankel, J. How Artificial Intelligence could Help Diagnose Mental Disorders [EB/OL]. [2019 – 08 – 14]. <https://www.theatlantic.com/health/archive/2016/08/could-artificial-intelligence-improve-psychiatry/496964/>.
20. Barrett P M, Steinhubl S R, Muse E D, et al. Digitising the Mind [J]. *The Lancet*, 2017, 389 (10082): 1877.
21. Firth J, Torous J, Nicholas J, et al. The Efficacy of Smartphone – based Mental Health Interventions for Depressive Symptoms: a meta – analysis of randomized controlled trials [J]. *World Psychiatry*, 2017, 16 (3): 287 – 298.
22. Fitzpatrick K K, Darcy A, Vierhile M. Delivering Cognitive Behavior Therapy to Young Adults with Symptoms of Depression and Anxiety Using a Fully Automated Conversational Agent (Woebot): a randomized controlled trial [J]. *JMIR Mental Health*, 2017, 4 (2): e19.
23. Petrone J. FDA Approves atroke – detecting AI Software [J]. *Nat Biotechnol*, 2018, 36 (4): 290 – 290.
24. Hsu J, Spectrum. AI Could Make Detecting Autism Easier [EB/OL]. [2018 – 07 – 15]. <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2018/07/ai-autism-diagnosis-screening-bottleneck/564890/>.
25. Walsh C G, Ribeiro J D, Franklin J C. Predicting Risk of Suicide Attempts Over Time through Machine Learning [J]. *Clinical Psychological Science*, 2017, 5 (3): 457 – 469.
26. Yang Z, Huang Y, Jiang Y, et al. Clinical Assistant Diagnosis for Electronic Medical Record based on Convolutional Neural Network [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8 (1): 1 – 9.
27. Avati A, Jung K, Harman S, et al. Improving Palliative

- Care with Deep Learning [J]. BMC Medical Informatics and Decision Making, 2018, 18 (4): 122.
- 28 de Langavant L C, Bayen E, Yaffe K. Unsupervised Machine Learning to Identify High Likelihood of Dementia in Population - based Surveys: development and validation study [J]. Journal of Medical Internet Research, 2018, 20 (7): e10493.
- 29 Oh J, Makar M, Fusco C, et al. A Generalizable, Data - driven Approach to Predict Daily Risk of Clostridium Difficile Infection at Two Large Academic Health Centers [J]. Infection Control & Hospital Epidemiology, 2018, 39 (4): 425 - 433.
- 30 Bennington - Castro J. AI Can Predict When We'll die - here's why that's a good thing [EB/OL]. [2018 - 10 - 22]. [https://www. nbcnews. com/mach/science/ai - can - predict - when - we - ll - die - here - s - why - ncna844276](https://www.nbcnews.com/mach/science/ai-can-predict-when-we-ll-die-here-s-why-ncna844276)).
- 31 Buhr S. FDA Clears AliveCor's Kardiaband as the First Medical Device Accessory for the Apple Watch [EB/OL]. [2017 - 11 - 30]. [https://techcrunch. com/2017/11/30/fda - clears - alivecors - kardiaband - as - the - first - medical - device - accessory - for - the - apple - watch/](https://techcrunch.com/2017/11/30/fda-clears-alivecors-kardiaband-as-the-first-medical-device-accessory-for-the-apple-watch/).
- 32 Victory J. What Did Journalists Overlook about the Apple Watch Heart Monitor's Feature? [EB/OL]. [2018 - 09 - 20]. [https://www. healthnewsreview. org/2018/09/what - did - journalists - overlook - about - the - apple - watch - heart - monitor - feature/](https://www.healthnewsreview.org/2018/09/what-did-journalists-overlook-about-the-apple-watch-heart-monitor-feature/).
- 33 Fingas R. Apple Watch Series 4 EKG tech got FDA Clearance Less than 24? Hours Before Reveal [EB/OL]. [2018 - 09 - 18]. [https://appleinsider. com/articles/18/09/18/apple - watch - series - 4 - ekg - tech - got - fda - clearance - less - than - 24 - hours - before - reveal](https://appleinsider.com/articles/18/09/18/apple-watch-series-4-ekg-tech-got-fda-clearance-less-than-24-hours-before-reveal).
- 34 Miliard M. As FDA Signals Wider AI Approval, Hospitals Have a Role to Play [EB/OL]. [2018 - 12 - 22]. [https://www. healthcareitnews. com/news/fda - signals - wider - ai - approval - hospitals - have - role - play](https://www.healthcareitnews.com/news/fda-signals-wider-ai-approval-hospitals-have-role-play).
- 35 Kuang C. Can AI be Taught to Explain itself? [EB/OL]. [2017 - 11 - 21]. [https://www. nytimes. com/2017/11/21/magazine/can - ai - be - taught - to - explain - it - self. html](https://www.nytimes.com/2017/11/21/magazine/can-ai-be-taught-to-explain-itself.html).
- 36 Brundage M, Avin S, Clark J, et al. The Malicious Use of Artificial Intelligence: forecasting, prevention, and mitigation [J]. arXiv preprint arXiv: 1802. 07228, 2018.

(上接第 38 页)

域相关知识的不断更新, 本系统不仅可以快速进行数据扩充, 同时还可以在目前架构基础上优化升级系统功能或开发新的功能, 例如数据统计挖掘、知识地图视频、展示与分析等, 以保证数据库信息资源的使用价值和平台功能的合理性, 从而为开展道地药材相关研究提供有力工具, 为总结中药资源产地沿革与地域生态因子的可视化展示提供可靠的信息保障与技术支持。

参考文献

- 1 韩邦兴, 彭华胜, 黄璐琦. 中国道地药材研究进展 [J]. 自然杂志, 2011, 33 (5): 281 - 285.
- 2 詹志来, 邓爱平, 彭华胜, 等. 基于历代本草产地变迁的药材道地性探讨——以黄芪、丹参为例 [J]. 中国中药杂志, 2016, 41 (17): 3202 - 3208.
- 3 梁淑贞. 唐至清代黑河流域中药材资源分布与变迁研究 [J]. 河西学院学报, 2015, 31 (4): 29 - 35.
- 4 彭华胜, 郝近大, 黄璐琦. 道地药材形成要素的沿革与变迁 [J]. 中药材, 2015, 38 (8): 1750 - 1755.
- 5 黄林芳, 张翔, 杜志霞. 道地药材传承与创新研究理论新探 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24 (16): 194 - 202.
- 6 廖保生, 宋经元, 谢彩香, 等. 道地药材产地溯源研究 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39 (20): 3881 - 3888.
- 7 陈卫东, 彭慧, 王妍妍, 等. 茯苓药材的历史沿革与变迁 [J]. 中草药, 2017, 48 (23): 5032 - 5038.
- 8 王婧, 张瑞贤, 张慕群. 唐代道地药材出产区划浅谈 [J]. 江西中医学院学报, 2006, 18 (4): 28 - 30.
- 9 陈秀芬. 《本草图经》药材产地与道地产地分布研究 [C]. 苏州: 第十九届全国药史本草学术研讨会暨 2017 年江苏省药学会药学史专业委员会年会论文集, 2017: 7.
- 10 马晓晶, 郭娟, 唐金富, 等. 论中药资源可持续发展的现状与未来 [J]. 中国中药杂志, 2015, 40 (10): 1887 - 1892.