

智慧医疗临床应用与技术*

蔡自兴

蔡昱峰

(1 湖南省自兴人工智能研究院 长沙 410116

(湖南省自兴人工智能研究院 长沙 410116)

2 中南大学人工智能与智能系统研究所 长沙 410083)

〔摘要〕 介绍人工智能临床医疗应用领域与主要成果, 详细阐述相关人工智能技术发展及应用情况, 提出建议, 包括客观严谨地评估人工智能技术、更加关注政策支持及伦理问题、高度重视智慧型医生教育培养等。

〔关键词〕 人工智能; 临床医学; 智慧医疗; 机器学习

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2021.10.009

Clinical Application and Technologies of Smart Medical CAI Zixing, 1Hunan Zixing Academy of AI, Changsha 410116, 2Center for AI and Intelligent Systems, Central South University, Changsha 410083, China; CAI Yufeng, Hunan Zixing Academy of AI, Changsha 410116, China

〔Abstract〕 The paper introduces the clinical application fields and main achievements of Artificial Intelligence (AI), expounds the development and application situation of related AI technologies in detail, and puts forward some suggestions, including objectively and scrupulously evaluating AI technologies, paying more attention to policy support and ethical issues, attaching great importance to the education and training of intelligent doctors, etc.

〔Keywords〕 Artificial Intelligence (AI); clinical medicine; smart medical; machine learning

1 引言

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是通过机器或计算机人工创造的一种智能, 是使机器具备智能的一种能力。人工智能核心要素和关键技术的

突破以及知识资源、数据资源、核心算法、运算能力协同发展促进人工智能展现出活力。人工智能成为新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力, 对经济发展、社会进步等产生影响。智慧医疗是人工智能产业化蓬勃发展的领域, 人工智能在临床医疗领域应用尤其突出。

〔修回日期〕 2021-08-27

〔作者简介〕 蔡自兴, 教授, 博士生导师; 通讯作者: 蔡昱峰, 硕士。

〔基金项目〕 2019 年度湖南省战略性新兴产业科技攻关与重大科技成果转化项目“人类染色体医疗影像智能核型分析关键技术研究与应用”(项目编号: 2019GK4013); 国家工信部 2018 人工智能与实体经济深度融合创新项目——智能理解产品“Alaas 智能医疗云服务系统”(项目编号: 工信部科函[2018]327 号); 国家自然科学基金项目“免疫计算的测不准有限计算模型与鲁棒性分析”(项目编号: 60404021); 国家自然科学基金项目“异质进化算法集成研究”(项目编号: 61175064)。

2 应用领域与成果

2.1 辅助诊疗

利用人工智能技术和智能化医疗装置协助医生对疾病进行检测、分析和诊断以提高诊疗效果。AI 辅助工具可以帮助读取扫描结果以加速推进工作流程、减少偏差。深度学习算法可以有效地处理由可穿戴设备、智能手机和其他移动监控传感器提供的数据。人工智能已应用于临床实践中房颤、癫痫发作和低血糖检测以及基于组织病理学检查、医学影像学的疾病诊断等领域。许多医学和信息学专家对临床人工智能辅助诊疗进行全面研究。例如比利时布鲁塞尔自由大学医学信息学专家乔凡尼·布里甘蒂和奥利维尔·勒·莫因等对逆转录酶聚合酶链反应 (Reverse Transcription - Polymerase Chain Reaction, RT - PCR) 检测, 病毒学与发病机制 (蛋白质组学、基因组学), 房颤、癫痫发作和低血糖检测, 基于组织病理学检查或医学影像学疾病诊断等临床 AI 辅助诊断进行研究, 就人工智能应用的作用以及在医生、医疗机构、医学教育和生物伦理学临床实践的机会和风险进行研究, 提出建议^[1-2]。

2.2 疾病预测

人工智能借助智能算法和大数据技术进行疾病预测, 能够及时和有效地预测疾病, 防止疾病进一步发展。心血管疾病一直是困扰人类生命健康的重大疾病之一。心血管疾病在不发作时难以察觉, 而一旦发病会严重危害人的生命, 连续多年是全球致死率最高的疾病。有关心血管疾病的研究从未停止, 大多是研究如何在疾病发作时进行治疗以及对心血管疾病的预防预测。得益于现代信息科技的发展, 医疗领域信息化程度越来越高。患者检查结果可以作为医院电子数据得以保留, 方便后续诊断治疗参考。同时记录患者治疗过程的电子病历在临床中得到更为广泛的应用。这些检查结果和电子病历都可以作为疾病研究的大数据^[3]。利用合适的人工智能算法对临床疾病大数据进行学习, 可对心血管疾病的发病特征进

行更精确的诊断, 从而在心血管疾病发作前做到预防控制。借助人工智能算法对心血管疾病进行预测, 可以帮助医生对疾病做出更加准确的判断并制定适宜的治疗方案, 未来人工智能在临床疾病预测中的应用将会更加普遍。

2.3 医疗影像辅助诊断

医学影像技术能够提取和分析影像特征, 为患者诊断和治疗提供科学评估方法和精准诊疗决策。利用人工智能辅助技术能够精准读取扫描结果、加速诊断流程和减少诊断偏差, 在病变分割、血流量计算、结节检测和活组织分类等方面为医疗影像带来更精准的效果。AI 医疗影像辅助诊断是智慧医疗重要应用领域之一, 国内外已有多项成功应用实例。美国麻省总医院生物医学影像研究中心利用英伟达 (NVIDIA) AI 基础构架 NVIDIA DGX™ A100 加速 AI 模型训练, 用于分割和对齐多个胸腔扫描模型以计算肺部疾病严重程度。英国伦敦国王学院和 NVIDIA 联合推出的 MONAI 是一种基于 Python 的计算应用程序, 也是针对医疗健康领域进行优化的开源医学影像 AI 框架^[2]。中国湖南自兴人工智能研究院、湖南光琇医院、郑州大学附属第一医院、南方医科大学南方医院、首都医科大学等在医疗影像辅助诊断方面取得临床研究和应用成果^[4-7]。湖南自兴人工智能研究院与湖南光琇医院联合开发的人类染色体影像智能处理系统在 2018 年 4 月全球首次“人机大战”中战胜医疗专家; 2018 年 10 月 29 日人类染色体核型智能分析云平台 AICKS 在长沙全球首发代替人工操作, 已在多所医院、妇幼保健院临床使用, 实现分析业务的转型升级。该分析平台现已拥有千万量级带标签人类染色体中期图像训练数据、超百万张测试数据和每年超 10 万测试病例^[8]。人类染色体影像智能处理系统 AICKS 具有识别准确率高、分析周期短、劳动强度低和云服务环境等优点, 实现人类染色体影像分析业务的智能化转型升级, 可作为医生助手。

2.4 药物和疫苗研发

人工智能技术在新药研发产业链的不同阶段

均发挥作用。四川大学华西医院针对药物发现、临床前开发、临床研究及审批上市等新药研发关键阶段中人工智能研究成果和面临问题进行研究,展望人工智能技术驱动的新药研发趋势。在药物发现阶段,应用 AI 加速药物靶点发现、多维度复合优化药物候选分子等研究可降低药物研发成本,缩短药物发现时间;在临床前开发阶段,运用 AI 处理药物分子特性、水溶性、毒性、口服吸收潜力等问题;在临床研究阶段,采用 AI 技术分析药物重定向、患者招募、优化临床试验等情况;在审批与上市阶段,利用 AI 开展新药研发情报分析和上市后安全评价等工作^[9]。制药和生物技术方面应用人工智能和机器学习技术具有以下优势^[10]:一是精准性,人工智能平台能够对复杂手术进行精准定位与操作,快速完成手术,手术过程无误差。二是稳定性,人工智能技术应用较稳定,能够超负荷工作,不会产生疲劳感,最大程度避免手术操作问题。面对手术突发情况人工智能相关医疗产品不会产生心理压力,可保障手术有序进行。三是高效性,手术过程中患者创伤较小、伤口愈合速度较快,人工智能辅助机器人临床手术操作效率较高、质量较好。

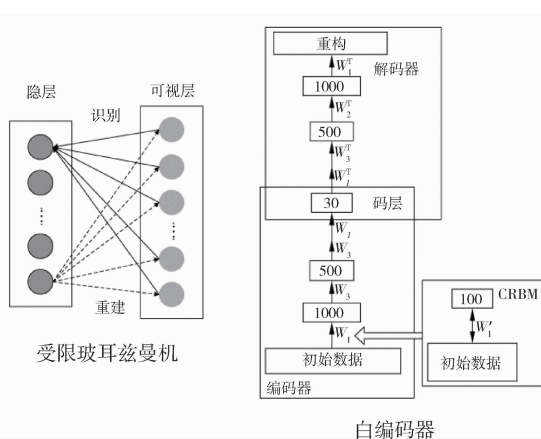
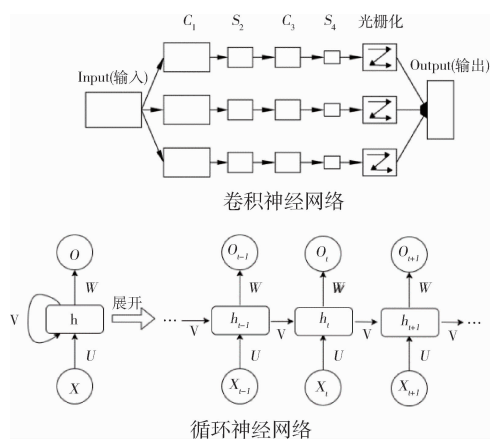


图1 常用深层神经网络原理结构

将基于 121 层卷积神经网络的算法与 4 名放射科医生在 11.2 万多张标记的胸部 X 线图像中诊断出肺炎的准确率进行对比,结果表明该算法准确率为 0.76,优于放射科医生。机器学习技术临床医学研发应用前景良好^[2,5,7,11]。美国麻省总医院研究中

2.5 智慧临床医疗主要应用学科

人工智能临床医疗主要应用学科包括^[2,10]:心血管病学(含心房颤动和心血管风险);肺内科学;内分泌学;肾脏内科学;外科学;眼科学;皮肤病学;消化内科(胃肠科学);神经病学(含癫痫,姿势和震颤评估);病理学(组织病理学中癌症,如乳腺癌);影像组学(放射学,医学成像);内窥镜诊断(消化内镜、眼底镜和电子阴道镜);医学康复;医学实验;精神健康等。但目前应用比例相对较低,人工智能在医疗领域具有较大发展空间和潜力。

3 相关人工智能技术

3.1 机器学习

未来临床医生和护理人员都将应用人工智能机器学习技术,尤其是深度学习。主要使用卷积神经网络、循环神经网络、受限玻尔兹曼机和自动编码器进行模式识别,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,见图1。

利用 NVIDIA DGX™ A100 加速 AI 模型训练,并研发相关模型以计算肺部疾病严重程度。可将深度学习训练、推理和分析整合至一个易于部署的统一 AI 基础架构中,该基础架构具备直接联系 NVIDIA AI 专家的功能。英国伦敦国王学院和美国英伟达公

司联合推出 MONAI, 这是一种基于 PyTorch (开源的 Python 机器学习库) 且针对医疗健康领域进行优化的开源医学影像 AI 框架, 其中包括该领域深度学习最佳实践。印度孟买医疗科技初创公司 Qure. AI 开发各种 AI 工具, 从肺部扫描中检测疾病迹象。其中 DeepTek 开发一款 AI 工具, 已在印度 7 万多例结核病例胸透中得到应用。澳大利亚悉尼神经影像分析中心借助人工智能将分割速度提高了 15 倍, 现在只需 2~3 分钟。人工智能计算能力的进步与医疗保健系统大量数据相结合可解决多种临床问题, 使诊断更加简单^[12]。

3.2 数字图像处理和数据挖掘技术

影像组学是将数字图像处理和数据挖掘技术应用与医学图像分析的新兴交叉学科, 是一种高通量的图像定量特征数据挖掘技术。从影像组学中提取的数据与患者临床信息、免疫组织化学信息以及基因信息等相结合运用到临床决策支持系统中, 以提高疾病诊断、预后和预测准确性^[13]。随着高分辨薄层扫描、多模态成像为特点的影像设备和影像组学技术高速发展, 影像数据以每年 30% 的速度增长, 占医院数字化数据的 90%, 但同时导致临床放射工作量增加, 每年医疗资源和人力投入增长不能满足需求^[6]。AI 技术可以利用高性能图像识别和计算能力、自我进化学习能力以及持续稳定工作的机器性能优势, 使用深度学习和数据挖掘技术实现高精度医学图像重建, 在过程中引入先验信息或知识使图像质量得到进一步提升。医学影像 AI 的临床应用主要集中于计算机辅助检测、计算机辅助诊断和病情监测 3 个方向^[7]。沃森肿瘤 (Watson for Oncology, WFO) 是美国 IBM 公司开发的肿瘤 AI 治疗系统。青岛大学附属医院在临床肿瘤治疗中应用 WFO 人工智能系统, 同时通过比较 WFO 与医院肿瘤科医生关于肿瘤患者治疗方案之间的一致性, 验证 WFO 在我国临床肿瘤治疗中的应用效果。目前接诊患者 1 000 多例。不同癌症类型表现出不一致性, 发病率和药物可能是不一致的主要原因^[14]。

3.3 临床智能决策支持系统

目前人工智能决策支持系统已应用于临床医疗辅助诊断。在脑血管病的临床诊疗过程中, 临床决策支持系统 (Clinical Decision Support System, CDSS) 可辅助高危人群识别、急性期再灌注治疗决策支持、自动化病因分型以及二级预防策略制定等, 在提高脑血管病医疗质量、改善患者结局方面发挥作用^[15]。浙江大学医学院附属邵逸夫医院联合企业自主研发智能辅助决策支持系统实现临床辅助决策和病历规范, 提升临床病历质量, 在症状问诊、病史问诊、查体和诊疗处置方面具有辅助支持作用, 可加强胸痛疑似急性冠状动脉综合征患者急诊诊疗规范性^[16]。

3.4 智能语音分析系统

中国人民解放军总医院医疗中心就人工智能语音分析系统在帕金森病 (Parkinson's Disease, PD) 诊断中的临床研究进行探索, 构建汉语 PD 语音辅助诊断系统。临床验证结果表明该系统具有较高敏感性和准确性, 有助于初级医疗机构全科医师开展 PD 筛选和早期诊断^[17]。

4 存在的问题与展望

4.1 客观严谨地评估人工智能技术^[2-3,6,11]

人工智能引起医学技术变革。AI 能够处理医疗应用领域中理论性较低而数据量较大的复杂问题。AI 驱动的智能医疗技术启用了 4P 医学模型 (预测性、预防性、个性化和参与性) 从而实现患者自治。例如智能手机正成为填写和分发个人电子健康记录、使用生物传感器监控生命机能、帮助实现最佳治疗依从性的工具, 对患者选择最佳护理途径起到重要作用, 然而临床智慧医疗面临一些问题。医务人员应该更客观和严谨地验证基于人工智能的核心技术和工具是否安全可靠, 确保其不被滥用。例如部分 AI 医疗产品尚缺乏标准化和专业化的技术设计, 应从临床角度严格审视新医疗产品技术成果。在深度学习技术应用方面,

要保证深度神经网络的有效应用需要先完成海量数据训练,但并非任何病种均能获取足够数据。因此应深入探讨临床智慧医疗问题、了解 AI 技术优势与局限性,更好地处理医疗问题。对于 AI 医疗系统模型,需要兼顾模型复杂性与性能、可解释性、训练数据量的关系。模型越复杂其可解释性越低、所需训练数据量越大;随着模型复杂度的提高,其性能得到一定提高后就不再有明显提高,见图 2。

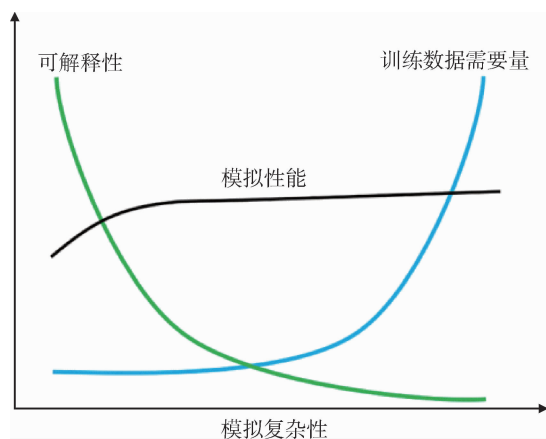


图2 临床医疗机器学习模型评估

4.2 更加关注政策支持及伦理问题

世界各主要科技强国均制订人工智能发展战略,加大政府对人工智能的财政投入和政策支持力度并关注人工智能引发的伦理问题。我国 2017 年 7 月发布的《新一代人工智能发展规划》提出推广应用人工智能治疗新模式、新手段,建立快速精准的智能医疗体系,研发智能诊疗方案,加强智能疾病监测和防控等^[18]。目前仍需要进一步强化政策和财政支持力度,保证人工智能医疗行业快速平稳发展。从伦理角度看,当前智慧医疗对患者知情权、数据隐私保护等医学伦理问题以及患者诊疗安全性等问题关注不足,存在医疗事故发生风险,影响医患关系^[6,11]。需要高度关注临床智慧医疗带来的隐私权保护等伦理问题,保障智慧医疗健康持续发展。此外目前全球缺乏针对采用或拒绝医疗 AI 算法建议责任的法律框架,使医生在使用 AI 时可能存在潜在法律风险。

4.3 高度重视智慧型医生教育培养

人工智能技术可以有效提高医护人员工作效率,提升一线全科医生诊断治疗水平。这些“资深医生”将依靠临床经验和智能化专业知识解决现代健康问题、管理数字化临床医疗、教育患者和医务人员。在大多数先进医院中此类专家通常承担首席医疗信息官(Chief Medical Information Officer, CMIO)职责^[2]。目前对智慧医疗潜力认识和准备不足,缺乏相关学科基础教育和继续教育。由于缺乏 AI 医学教育,部分私立医学院将医学与工程课程相关联并将数字健康素养培养用于升级课程^[11]。要重视针对临床智慧医疗的医生、护理和管理人员教育培养,为进一步发展临床智慧医疗提供人才保障。

4.4 临床智慧医疗加强患者人性关怀

通过 AI 技术实现对患者的人性关怀,如应用自然语言处理等技术解决管理方面的问题,帮助临床医生将更多精力用于患者治疗,更好地体现对患者的人性关怀^[2,11]。

4.5 拥抱人工智能技术

未来尽管文献和当前主流观点都认为人工智能将作为医师的智能补充与扩展,但对人工智能医疗能否替代医生存在疑问^[2]。人工智能技术不能完全替代医护人员,而将成为医护人员的助手^[19]。

5 结语

知识、数据、算法和计算能力是人工智能的核心要素。知识资源、数据资源、核心算法、运算能力的协同发展促进人工智能发展,进而推动科技进步和经济发展。人工智能与临床医疗健康的深度融合具有良好发展前景,将助推医疗革命性变革。“医疗大数据 + AI 学习算法 + 专家知识”的研发与应用模式将为智慧临床医疗技术开发提供新动力^[20-21]。人工智能技术已应用于临床医学多个领域,促进医疗科学和临床医疗的变革与升级。目前

人工智能技术在医疗中的应用局限于机器学习，特别是深度学习等。随着人工智能和智慧医疗进一步发展，必将有更多、更强的人工智能技术应用于更多临床医疗领域，为保障大众健康发挥积极作用。

参考文献

- 1 Markus Schmitt. Artificial Intelligence in Medicine, AI for Diagnostics, Drug Development, Treatment Personalization and Gene Editing [EB/OL]. [2018-07-22]. <https://towardsdatascience.com/artificial-intelligence-in-medicine-1fd2748a9f87>.
- 2 Giovanni Briganti, Olivier Le Moine. Artificial Intelligence in Medicine: today and tomorrow [EB/OL]. [2020-02-28]. https://www.researchgate.net/publication/339050709_Artificial_Intelligence_in_Medicine_Today_and_Tomorrow.
- 3 邱海龙, 郭惠明, 姚泽阳, 等. 人工智能在心血管医学中的应用现状 [EB/OL]. [2021-08-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1492.R.20210728.1107.014.html>.
- 4 陈薇. 全球首次“人类染色体影像处理人机大战”亮相 [EB/OL]. [2018-04-04]. <https://hn.rednet.cn/c/2018/04/04/4594777.htm>.
- 5 杨丽洋, 文戈. 深度学习在医学影像中的应用 [J]. 分子影像学杂志, 2020, 43 (2): 183-187.
- 6 韦凌宇. 人工智能在医学影像组学中的应用 [J]. 世界最新医学信息文摘, 2020, 20 (68): 196-198.
- 7 李坤成. 加强人工智能深度学习在医学影像学临床应用领域的研究 [J]. 中国医学影像技术, 2019, 35 (12): 1769-1770.
- 8 俞慧友, 曹希雅, 刘曦. 全球首款人类染色体智能分析云平台亮相长沙 [EB/OL]. [2018-11-01]. http://stdaily.com/app/hunan/2018-11/01/content_727075.shtml.
- 9 孙雅婧, 李春漾, 曾筱茜. 人工智能在新药研发领域中的应用 [J]. 中国医药导报, 2019, 16 (33): 162-166.
- 10 郑唯实. 人工智能在临床医学中的应用与思考 [J]. 科技创新导报, 2019 (2): 150-151.
- 11 Julian Varghese. Artificial Intelligence in Medicine: chances and challenges for wide clinical adoption [J]. Visceral Medicine, 2020, 36 (6): 1-7.
- 12 Daniel Greenfield. Artificial Intelligence in Medicine: applications, implications, and limitations [EB/OL]. [2019-06-19]. <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2019/artificial-intelligence-in-medicine-applications-implications-and-limitations/>.
- 13 陈丽, 曹红格. 人工智能技术在影像诊断中的应用及展望 [J]. 现代医用影像学, 2020, 29 (1): 19-21.
- 14 周娜, 李爱芹, 刘广伟, 等. 沃森肿瘤人工智能系统在临床中的应用 [J]. 中国数字医学, 2018, 13 (10): 23-25.
- 15 李孟. 人工智能技术在临床医疗诊断中的应用及发展 [J]. 数字化用户, 2019 (48): 115.
- 16 蔡秀军, 林辉, 乔凯, 等. 智能辅助决策支持系统在临床诊疗决策中的应用研究 [J]. 中国数字医学, 2019, 14 (3): 111-113.
- 17 宋歌, 王森, 高中宝, 等. 人工智能语音分析系统在帕金森病诊断中的一项探索性临床研究 [J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2020, 22 (5): 514-516.
- 18 国务院. 关于印发《新一代人工智能发展规划》的通知 [EB/OL]. [2017-07-08]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm.
- 19 《中国信息安全》编辑部. 人工智能, 天使还是魔鬼?——谭铁牛院士谈人工智能的发展与展望 [J]. 中国信息安全, 2015 (9): 50-53.
- 20 蔡自兴. 人工智能助推新基建数字化转型 [N]. 光明日报, 2020-04-02 (16).
- 21 蔡自兴, 刘丽珏, 蔡竞峰, 等. 人工智能及其应用 (第6版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2020.

敬告作者

《医学信息学杂志》网站现已开通, 投稿作者请登录期刊网站: <http://www.yxxxx.ac.cn>, 在线注册并投稿。

《医学信息学杂志》编辑部