

分子影像人工智能专家共识(2019 版)

中华医学会核医学分会分子影像人工智能工作委员会

通信作者:李思进, Email: lisjnm123@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.12.009

2019 expert consensus for molecular imaging artificial intelligence

The Chinese Society of Nuclear Medicine Working Committee for Molecular Imaging Artificial Intelligence

Corresponding author: Li Sijin, Email: lisjnm123@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2019.12.009

人工智能(artificial intelligence, AI)在医学影像诊断与治疗中的应用日新月异,在肿瘤检测、良性定性诊断、结构化报告自动实现、肿瘤识别与特征提取、肿瘤放射治疗靶区勾画等临床工作方面已有初步应用及相关研究论文发表。为紧跟分子影像 AI 时代迅猛发展的步伐,最大限度地凝聚业界力量,以期形成合力促进行业深度发展,中华医学会核医学分会分子影像 AI 工作委员会组织医学界与工业界正在研究、开发、转化分子影像与 AI 的专家教授、青年学者、软件开发人员、大数据处理人员、算法专家及行业管理人员等撰写了本共识,旨在审查规范分子影像 AI 术语翻译与释义;多视角、多维度呈现国内外分子影像 AI 发展;从医疗设备、科研机构及布局、产业与市场分析全景呈现我国分子影像 AI 的发展现状;审查 AI 发展需要直面的法律困境、伦理问题和社会关切;提出推进分子影像 AI 应用及组织实施的建议,并展望预测分子影像 AI 未来潜在的应用方向。

一、AI 的概念演进及相关术语介绍

1955 年,在学习机器讨论会(Session on Learning Machine)上,出现 AI 的雏形;1956 年,达特茅斯会议首次提出“AI”一词,并讨论确定了 AI 最初的发展路线与目标。自出现以来,AI 经历了 2 次低谷、3 次浪潮,随着算法、算力和大数据的发展,AI 尤其是机器学习的算法迅速发展,其中深度学习作为机器学习中的领域之一发展迅猛。AI 核心技术发展集中在脑科学和类脑科学研究 2 条主线上。

对于 AI 的概念目前还没有普遍共识,其发展主要经过推理期、知识期、机器学习期及深度学习期^[1]。传统的 AI 发展思路是研究人类如何产生智能,让机器学习人的思考方式去行为。现代 AI 提出者约翰·麦卡锡(John McCarthy)认为,机器不一定像人一样思考才能获得智能,重点是让机器能够解

决人脑所能解决的问题。

机器学习是 AI 的一个分支,是指计算机通过自我学习形成解决问题的能力。机器学习强调“学习”而非程序本身,其通过复杂算法来分析大量数据,识别数据中存在的模式,做出无需特定代码运行的预测,并随样本量增加而自我进化,从自身的错误中提升“学习目的”。目前,机器学习应用的核心功能包括 2 个部分:分类和回归。机器学习可分为监督学习、半监督学习和无监督学习。自 2006 年起,深度学习就作为机器学习领域的一个分支出现,这是一种使用多层复杂结构或由多重非线性变换构成的多个处理层来处理数据的方法^[2]。近年来,深度学习在计算机视觉、语音识别、自然语言处理、音频识别与生物信息学等领域取得了突破性进展。基于 AI 的深度学习算法已渗透到医学影像学中的各个方面,其不仅可以快速进行疾病的筛查,还能辅助影像医学科医师对疾病进行诊断,从而提高诊断正确率及工作效率。

二、医学影像大数据与 AI

大数据是无法在一定时间范围内用常规软件工具进行捕捉、管理和处理的数据集合,新型处理模式才会使其有更强的决策力和洞察力、流程优化能力的海量高增长和多样化的信息资产。国际数据公司(International Data Corporation, IDC)从 4 个特征定义大数据:数据规模庞大、数据更新频繁、数据类型多样和数据价值巨大,在此基础上一般偏向于再加上数据处理复杂。医学分子影像数据包括群体研究数据、个体研究数据以及生物样本数据。

随着 AI 技术的推广和深入,医学研究提倡通过业务能力而非技术来审视 AI。从医学影像的角度可从 3 个方面支持提升业务能力:(1)以流程自动化来提高工作效率;(2)以数据分析处理来提高诊断精度;(3)以数据深度挖掘来提高潜在价值^[3]。

用 AI 技术来分析大量影像数据,辅助医师的日常工作,最终影响临床诊疗和医院整体业务。

三、多模态分子影像与 AI

目前多模态分子影像发展十分迅速,如已广泛用于临床的解剖结构信息和功能信息相融合的 SPECT/CT、PET/CT、PET/MR 等,可整合多种分子影像技术优势。

多模态机器学习旨在通过机器学习实现处理和理解多模态信息的能力。多模态学习从 20 世纪 70 年代起步,经历了几个发展阶段,2010 年后全面步入深度学习阶段。其分为 5 个研究方向,包括多模态表示学习、模态转化、对齐、多模态融合和协同学习。

多模态分子影像 AI 研发流程包括影像配准、影像归一化和数据库建立(包括健康人和患者数据库、数据库分类验证、同患者自身多影像分析方法比对、同对照健康人群比对或患者间比对的分析方法)。

四、核医学分子影像设备 AI 的发展

面对前景广阔的巨大市场,分子影像 AI 产品的新创企业在资本的推动下快速起步,AI 技术多点切入传统影像行业,取得了一定的进展。深度学习技术在图像重建的去噪和加速等方面有较多应用,比如 PET 图像重建。2017 年斯坦福大学电气工程系与斯坦福大学医学院综合使用迭代重建算法、图像滤波后处理以及深度学习算法,在保证 PET 图像质量的前提下,使得 PET/CT、PET/MR 显像所需的放射性显像剂剂量降低到传统检查剂量的 0.5%^[4]。在图像后处理方面,AI 技术可应用于常规图像分割、病变筛查、疾病诊断、治疗计划等。

查询全球数据库专利信息可以看出,各大研究机构及厂商如德国 Siemens 公司、美国 IBM 公司、美国 GE 公司、荷兰 Philips 公司、美国 Microsoft 公司等都在 AI 医疗影像领域持续投入。AI 技术在分子影像设备中的应用包括患者准备、图像采集、智能诊断、随访复查以及系统维护等全流程覆盖。如美国 GE 公司影像设备 AI 主要应用于智能处理芯片与算法、智能诊断与辅助治疗;德国 Siemens 公司拥有包括 400 项机器学习的专利及专利应用、75 项深度学习的专利应用以及为市场提供 30 多项的 AI 赋能解决方案。

近年来,国产分子影像医疗设备异军突起,以上海联影智慧医疗投资管理有限公司为代表的国产分子影像医疗设备在 AI 及深度学习等方面取得了突破性进展,主要表现为:(1)提高图像重建速度(图像重建加深度学习可快速生成生物体器官和肿瘤的综合分子图像,甚至可做到实时预览);(2)降低患

者辐射剂量;(3)进行恶性肿瘤的病灶分割、分类及生存预测。

AI 报告系统的辅助诊断可提高医师诊断的精确性,防止漏诊误诊。对一些罕见病,AI 能提醒和辅助医师做出相应诊断。在临床决策支持方面,AI 也很有应用前景,如肿瘤影像在核医学影像处理中占了很大的比例,目前 AI 对肿瘤的分期及预测算法已取得了很大的突破,未来会对医师的工作有相当的帮助。AI 在核医学信息系统的应用场景及发展趋势可包括智能报告、智能语音交互、医学数据分析、医学影像质量控制和智能辅助。

五、医学影像与 AI 的国内外发展状况

医学影像 AI 是基于医学影像(包括放射影像、分子影像、病理影像等),通过 AI 算法实现医学影像的自动分析判断,进行病灶识别与标注、靶区自动勾画与自适应放疗、影像三维重建,帮助医师更快地获取影像信息进行定性/定量分析,从而提高医师读片效率,降低误诊与漏诊率及发现隐藏病灶。

从全球范围来看,国际 AI 人才主要投身于高校和科研机构,《中国人工智能发展报告 2018》指出,全球累计有 147 914 位人才投入高校,占人才总量的 72.3%;31 123 位投入国家科学院、研究中心等科研机构;6 488 位投入商业企业等营利性主体^[5]。据统计,全球有超过 50 个比较活跃的 AI 领域科研机构专业从事算法、深度学习、认知神经科学等学科理论研究,培养了上千位顶级 AI 专家和学术带头人^[6]。相比于美国等发达国家,国内企业在医学 AI 发展上较为前沿,百度、阿里巴巴、腾讯等企业建立了 AI 实验室,拥有食管癌、肺癌、糖尿病视网膜病变、乳腺癌等多种疾病的 AI 辅助早期筛查诊断系统。在分子影像方面,北京航空航天大学生物医学工程高精尖创新中心将 AI 技术应用于荧光分子断层成像,研究了一种基于深度学习技术的高精度、超快速成像方法^[7]。

据统计,AI 医学影像市场将以超过 40% 的增速发展,预计 2024 年总值将达到 25 亿美元,市场占比为 25%^[8]。国内外科技巨头均重视 AI 技术在医疗领域的布局与应用,其中“医学影像+AI”为最被看好的未来 AI 医学发展的重要组成部分,是最有可能率先实现商业化的 AI 医疗领域。

目前医学影像 AI 研发迈进了百家争鸣的时代,并被看好是未来 AI 医学发展的重要组成部分,但要使医学影像 AI 真正在临床落地应用需要关注以下几个方面:(1)医学影像 AI 技术与产品诊断准确性;(2)医学

影像 AI 技术与产品落地模式;(3)伦理和法规。

虽然医学影像 AI 技术与产品未来的道路还很漫长,将面对来自人才储备、技术应用、思想观念等方面的诸多问题和挑战,但其可以极大缓解经济不发达地区医疗资源匮乏的现状,实现基本医疗的全覆盖,更好地解决医疗资源不平衡的问题。为了解决这些问题和挑战,需要行业内外加深合作,建立可持续发展的商业模式;明确医疗责任主体,划清权责范围;制定人才培养计划,抢占战略制高点。

六、核医学分子影像 AI 发展面临的难点

AI 在国内医学影像领域得到迅速发展,但在核医学领域,AI 发展相对其他医学影像学较慢。主要原因有:(1)核医学领域发展的局限性,客观因素来自信息化软硬件技术的发展以及 AI 算法的突破,主观因素来自资本推手以及医疗领域的响应或医疗行业自己的现实需求;(2)从业人员自身的认知,核医学影像及诊断越来越倚重信息化技术及其学科交叉,且这一发展趋势短期内不会改变,从业人员应该对影像的产生过程有足够深入的了解,这是职业使命,也是整个行业面对的障碍;(3)核医学应用中针对医疗影像的 AI 有诸多算法,对所处理的数据有相当高的要求,即对数据质量的要求高。

七、分子影像 AI 面临的伦理和社会问题

AI 在医学影像领域的应用可能在深刻改变现有医疗体系运作模式、提高经济社会效益和临床工作效率的同时,也面临着无法回避的伦理风险和社会问题^[9]。

1.动摇人道德主体地位风险及是否符合人类道德标准的问题。机器人是否可以赋予人权并做出自主道德决策、人和非人的临界点等一直是热议话题。同时,因为医疗行为的受众是所有人,并与生老病死息息相关,一旦带来问题,很有可能面临社会民意挑战和舆论压力。但可以肯定的是,需要明确人类优先的目的,谨慎设计 AI 使其符合人类道德标准;将科学研究与伦理制度研究相结合,形成相关的道德伦理约束;制定伦理规范,确保绝对安全,增强 AI 的可信度和安全感^[10-11]。

2.大众公平受益问题。医疗数据是易形成垄断、出现某种类疾病诊断领域“数据寡头”的高价值数据,对市场的公平性可能形成挑战。算法偏见引发的社会公正问题系统而广泛,不容忽视。AI 受益者仅为小众群体的医师,并非所有人都享受 AI 大数据处理和精准医学影像识别能力所带来的高效和便捷。对 AI 产生依赖性的医护人员,其自身诊疗水平最终会

提升还是降低,对于整体和个体而言仍是未知数。

3.医师主体地位受到威胁,存在失业风险问题。影像领域 AI 处于辅助医疗阶段,但无争议的是 AI 具有更强大的学习能力、快速而准确的信息识别能力、从海量数据获取证据并做出判断进行精准医疗的能力^[12],同时带给影像科医师被替代的失业风险和压力。

4.医疗安全风险问题。数据质量及技术缺陷等导致的信息安全问题、患者隐私泄露问题^[13]。

5.医疗安全责任划分及认定问题。在医学影像领域,AI 存在漏诊、误诊等情况,责任主体划分存在困难^[10]。

6.监管和政策法规问题。AI 辅助影像诊断的产品不同于传统医疗设备或器械,深度学习“黑箱”算法的不透明性,不同产品和所提供服务的较大差距,临床验证方法目前未明确定义,应用和支付体系等方面的监管都存在的问题^[14]。

八、分子影像与 AI 未来

AI 在医学影像的应用主要分为图像识别和深度学习 2 个部分,均是针对医学影像大数据进行的数据挖掘和应用,其中深度学习是 AI 应用的核心环节。分子影像是医学影像中的热门,对于疾病的认识和诊治也是一种新的模式和途径。目前医学影像的数据格式主要以医学数字成像和通信(digital imaging and communications in medicine, DICOM)为主,作为医疗影像数据的一种通用格式,可在多种终端上进行信息传输、调阅、处理。现在的医学影像检查设备尤其是分子影像检查设备,如 PET/CT、PET/MR、小动物光学成像及超声分子成像设备等都是以数字信号进行处理及储存,这为 AI 影像分析提供了便捷及基础。

2017 年 7 月 8 日国务院印发的《新一代 AI 发展规划》提出了我国研发人机协同临床智能诊疗方案的计划。今后的 AI 一定会比现在更优化,也不会仅限于一个领域的某一专项,更像是一个全能的智能百科全书,可以听、读、写,可以像人一样做任何事情,而且准确、高效,不为主观因素所影响。展望医学分子影像,AI 在其中的应用是必然趋势,医学影像技术的发展、AI 技术的进步和医疗大数据的不断积累也必然会使人进入智能医疗的新时代。

九、结语

AI 的快速发展有效促进了分子影像 AI 的产、学、研一体化进程,医学影像 AI 发展逐步进入新时代。但分子影像 AI 尚处于初步阶段,既懂医学影像,又懂 AI 技术的复合型、战略型人才短缺,尚需进一步加强多学科交叉和基础研究,逐步在核心基础

领域实现突破;此外,还应积极加强与科研院所、企业等机构的产、学、研深入合作,促进分子影像 AI 发展。另外,应优化科研环境、培养及吸引人才。2018 年 4 月,教育部印发《高等学校 AI 创新行动计划》,提出要加强 AI 领域专业建设,推进“新工科”建设,形成“AI+X”复合专业培养新模式,加大 AI 领域人才培养力度,为分子影像 AI 的发展提供人才支持。

本共识着重于行业内总体发展情况,但对基础设施、硬件、产业数据方面未进行深入分析,分子影像 AI 的相关研究报告数据有待在今后不断更新完善。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

编写委员会成员名单:

主编:李思进(山西医科大学第一医院、分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心);孔德兴(浙江大学数学科学学院)
执行主编:董孟杰(浙江大学医学院附属第一医院);吉爱兵(江苏大学附属宜兴医院);武志芳(山西医科大学第一医院、分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心);温广华(浙江大学金华医院);柴象飞[慧影医疗科技(北京)有限公司]
专家成员(按姓名汉语拼音排序):柴象飞[慧影医疗科技(北京)有限公司];董孟杰(浙江大学医学院附属第一医院);高小峰(北京麦迪克斯科技有限公司);高政源(郑州轻工业大学);郭娜[慧影医疗科技(北京)有限公司];黄大勇(北京天思英弘信息技术有限公司);吉爱兵(江苏大学附属宜兴医院);贾妍[慧影医疗科技(北京)有限公司];孔德兴(浙江大学数学科学学院);郎超[医渡云(北京)技术有限公司];李刚(北京雅森科技发展有限公司);李思进(山西医科大学第一医院、分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心);李婷(运城市中心医院);刘超(云南省肿瘤医院);孙喆[医渡云(北京)技术有限公司];唐毅(桂林医学院第二附属医院);王祯颖(北京雅森科技发展有限公司);温广华(浙江大学金华医院);武志芳(山西医科大学第一医院、分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心);袁磊磊(首都医科大学附属北京友谊医院);袁志斌(上海联影智慧医疗投资管理有限公司);赵敏(中南大学湘雅医院);朱泽林(郑州轻工业大学)
其他参与单位:西门子医疗系统有限公司;通用电气医疗系统(中国)有限公司

参 考 文 献

[1] 卢光明,张志强.人工智能医学影像[J].医学研究生学报, 2018, 31(7): 683-687. DOI: 10.16571/j.cnki.1008-8199.2018.07.003.
Lu GM, Zhang ZQ. Artificial intelligence in radiology[J]. J Med Postgrad, 2018, 31(7): 683-687. DOI: 10.16571/j.cnki.1008-8199.2018.07.003.

[2] SFR-IA Group, CERF, French Radiology Community. Artificial intelligence and medical imaging 2018: French Radiology Community white paper[J]. Diagn Interv Imaging, 2018, 99(11): 727-742. DOI: 10.1016/j.diii.2018.10.003.

[3] Kubassova O. 3 Types of artificial intelligence (AI) to impact clinical

research in the next 3 years[EB/OL].[2019-09-20]. http://www.ia-grp.com/views/3_types_artificial_intelligence_clinical_research.

[4] Xu JS, Gong EH, Pauly J, et al. 200x low-dose PET reconstruction using deep learning[EB/OL]. (2017-12-12)[2019-09-20]. <https://arxiv.org/abs/1712.04119>.

[5] 清华大学中国科技政策中心.《中国人工智能发展报告 2018》发布[J].机器人技术与应用, 2018, 5: 3.
China Institute for Science and Technology Policy at Tsinghua University. Report on the development of artificial intelligence in China 2018[J]. Robot Technique and Application, 2018, 5: 3.

[6] PatSnap 智慧芽, CIC 灼识咨询. 2019 人工智能行业创新情报白皮书[EB/OL]. [2019-10-10]. <https://www.useit.com.cn/thread-23273-1-1.html>.
PatSnap, China Insights Consultancy. 2019 white paper of innovation in artificial intelligence industry[EB/OL]. [2019-10-10]. <https://www.useit.com.cn/thread-23273-1-1.html>.

[7] Guo L, Liu F, Cai C, et al. 3D deep encoder-decoder network for fluorescence molecular tomography[J]. Opt Lett, 2019, 44(8): 1892-1895. DOI: 10.1364/OL.44.001892.

[8] Ugalmugale S. Healthcare artificial intelligence market size by application (medical imaging & diagnosis, drug discovery, therapy planning, hospital workflow, wearables, virtual assistants) industry analysis report, regional outlook, application potential, competitive market share & forecast, 2019-2025[EB/OL]. [2019-10-10]. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/healthcare-artificial-intelligence-market>.

[9] 萧毅,刘士远.客观看待人工智能在医学影像中的作用[J].放射学实践, 2018, 33(10): 992-994. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.10.002.
Xiao Y, Liu SY. Objective view of the role of artificial intelligence in medical imaging[J]. Radiol Practice, 2018, 33(10): 992-994. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.10.002.

[10] 罗诚,何琦.基于人工智能的智慧医疗发展现状及其伦理问题初探[J].经贸实践, 2018, 9: 218-220.
Luo C, He Q. Present situation and ethical problems of intelligent medical development based on artificial intelligence[J]. Economic & Trade, 2018, 9: 218-220.

[11] 陈默.人工智能辅助医疗的医患关系伦理机制重构研究[J].医学与哲学, 2018, 39(17): 39-41, 84. DOI: 10.12014/j.issn.1002-0772.2018.09a.09.
Chen M. Study on the ethics mechanism of doctor-patient relationship in AI auxiliary medical treatment[J]. Med Phil, 2018, 39(17): 39-41, 84. DOI:10.12014/j.issn.1002-0772.2018.09a.09.

[12] Bluemke DA. Radiology in 2018: are you working with AI or being replaced by AI? [J]. Radiology, 2018, 287(2): 365-366. DOI: 10.1148/radiol.2018184007.

[13] Chen JJ, Juluru K, Morgan T, et al. Implications of surface-rendered facial CT images in patient privacy[J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202(6): 1267-1271. DOI:10.2214/AJR.13.10608.

[14] 王霄英.人工智能在医学影像中的进展——2017 年 RSNA 参会感受[J].放射学实践, 2018, 33(2): 101-103. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.02.001.
Wang XY. Progress of artificial intelligence in medical imaging-2017 RSNA participation experience[J]. Radiol Practice, 2018, 33(2): 101-103. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.02.001.

(收稿日期:2019-10-12)