

· 述评 ·

人工智能大语言模型在基层医疗卫生服务中的应用与挑战

扫描二维码
查看原文闫温馨¹, 胡健¹, 曾华堂², 刘民^{3*}, 梁万年^{1, 4*}

1.100084 北京市, 清华大学万科公共卫生与健康学院

2.518028 广东省深圳市卫生健康发展研究和数据管理中心

3.100191 北京市, 北京大学公共卫生学院

4.100084 北京市, 清华大学健康中国研究院

*通信作者: 刘民, 教授/博士生导师; E-mail: liumin@bjmu.edu.cn

梁万年, 教授/博士生导师; E-mail: liangwn@tsinghua.edu.cn

闫温馨、胡健为共同第一作者

【摘要】 基层医疗系统是实现健康公平的关键。我国面临医疗资源分布不平衡、基层医生数量短缺以及慢性病防治形势不容乐观的严峻挑战。人工智能大语言模型在医疗系统中发挥出了强大优势, 本文深入探讨了大模型在基层医疗系统中的应用及其面临的挑战, 提出应进一步深化大模型的应用, 以辅助基层医生常见病诊疗, 推动智能化健康教育和慢性病管理, 托底“老少边穷”地区基层卫生服务, 激发全科医学的飞跃性发展, 并推进大模型在全科诊疗与基层卫生服务中的产业化, 为健康中国建设提供重要支撑。

【关键词】 大语言模型; 全科医学; 基层医疗卫生服务; 健康公平; 健康教育; 慢性病管理

【中图分类号】 R-05 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0277

The Application of Large Language Models in Primary Healthcare Services and the Challenges

YAN Wenxin¹, HU Jian¹, ZENG Huatang², LIU Min^{3*}, LIANG Wannian^{1, 4*}

1.Vanke School of Public Health, Tsinghua University, Beijing 100084, China

2.Shenzhen Health Development Research and Data Management Center, Shenzhen 518028, China

3.School of Public Health, Peking University, Beijing 100191, China

4.Institute for Healthy China, Tsinghua University, Beijing 100084, China

*Corresponding authors: LIU Min, Professor/Doctoral supervisor; E-mail: liumin@bjmu.edu.cn

LIANG Wannian, Professor/Doctoral supervisor; E-mail: liangwn@tsinghua.edu.cn

YAN Wenxin and HU Jian are Co-first Authors

【Abstract】 The primary healthcare system is key to achieving a health equity. In China, great obstacles are challenged by imbalanced medical resources, shortage of primary healthcare providers, and the prevention and treatment of chronic diseases. Artificial intelligence large language models have demonstrated strong advantages in the medical system. This article deeply explored the application of large language models in the primary healthcare system and the challenges. The large language models are expected to assist the diagnosis and treatment of common diseases in grassroot medical institutions, promote intelligent health education and chronic disease management, underpin primary health services in the undeveloped and remote areas, stimulate the leapfrog development of general medicine, and accelerate the industrialization of large language models in general diagnosis and treatment and primary health services, thus providing important support for the construction of healthy China.

【Key words】 Large language model; General practice; Primary healthcare services; Health equity; Health education; Chronic disease management

基金项目: 科技创新 2030——“新一代人工智能”重大项目(2021ZD0114100); 深圳市“医疗卫生三名工程”项目(SZSM202111001)

引用本文: 闫温馨, 胡健, 曾华堂, 等. 人工智能大语言模型在基层医疗卫生服务中的应用与挑战[J]. 中国全科医学, 2025, 28(1): 1-6. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0277. [www.chinagp.net]

YAN W X, HU J, ZENG H T, et al. The application of large language models in primary healthcare services and the challenges [J]. Chinese General Practice, 2025, 28(1): 1-6.

© Chinese General Practice Publishing House Co., Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

面对医疗资源分布不均衡、基层医生数量短缺以及人群慢性病防治不容乐观的严峻形势,人工智能技术特别是大语言模型(large language model, LLM)的发展能够为我国基层医疗卫生服务提供创新性的解决方案。在国家战略的支持与生物数据体系建设的基础上,我国在开发和实施医疗人工智能技术方面正在取得快速进展^[1]。2024-06-06,国务院办公厅在《深化医药卫生体制改革2024年重点工作任务》^[2]中强调,要加强基层医疗卫生服务能力建设,特别指出了改善基层医疗卫生机构基础设施条件,推广智慧医疗辅助信息系统,这意味着LLM等智能手段的应用对于我国当下基层卫生服务的现代化发展具有创造性意义。

1 LLM在医学领域的发展与应用

LLM是拥有数十亿甚至数百亿参数的复杂机器学习模型,能够处理海量数据,执行自然语言处理、计算机视觉、语音识别等复杂任务。训练此类模型需要大量数据以避免过拟合,并依赖高性能计算设备或云计算资源。

自2022年11月对话生成预训练转换器(Chat Generative Pre-trained Transformer, ChatGPT)发布以来,LLM技术在医疗健康领域引起了广泛关注。通用医疗人工智能(Generalist Medical Artificial Intelligence, GMAI)迅速发展,展现出巨大的潜力和变革性影响。LLM通过扩大模型规模实现了新的突破,例如GPT-3和Med-PaLM-2等模型在美国医疗执照考试(United States Medical Licensing Examination, USMLE)中表现出色,其中Med-PaLM-2的准确率达86.5%^[3]。微软公司开发的新型大型语言模型LLaVA-Med,经过大规模生物医学图像和文本数据集的训练,能够处理多模态医疗信息,分析CT和X光片等医学影像,并据此推断患者潜在的病理情况,生成相关的问答内容^[4]。研究者评估了LLM在医疗保健应用中的潜力,包括提升医疗咨询系统的效率、自动生成多模态医疗报告以及在医疗问答(QA)和对话系统中的应用^[5]。通过利用生成对抗网络(Generative Adversarial Networks, GANs)、变分自编码器(VAEs)、扩散模型(DMs)和LLM等技术,研究人员可以整合多种类型的医疗数据(如影像、文本、音频、时间序列等)。在LLM安全性方面,生成式大模型面临着包括模型窃取、数据窃取、对抗攻击、后门攻击、Prompt攻击和数据投毒等多方面威胁^[6]。

通用医疗人工智能大模型具有较好的文本信息处理和多模态信息融合能力。与以往局限于狭窄医疗保健问题的人工智能模型相比,GMAI的优势非常显著^[5],包括以下5点。(1)处理数据的复杂性:医疗健康数据复杂,包括图像、文本、数值等多种类型,且涉及各种医疗术语与复杂的病情描述。(2)泛化能力:不同于专为特

定任务训练的模型,GMAI作为通用模型,理论上可以适应各种不同的医疗任务,如疾病检测、预后评估、患者风险预测等。(3)高精度:GMAI在解决影像识别、基因序列分析和疾病预测等复杂医学问题时,能够实现高度精确的判断。例如,在处理如磁共振成像(MRI)和CT等医学图像时,GMAI展现出卓越的图像识别能力。

(4)实时性:GMAI可以对持续产生的新数据进行实时分析和预测,对于临床决策支持系统而言尤其重要。

(5)个性化:LLM能够从大量的患者数据中学习,并为每个患者提供个性化的医疗建议,使医疗服务能更好地照顾到每个患者的特殊需求。

2 我国基层医疗卫生服务现状与挑战

基层医疗卫生机构作为我国分布最广、服务人群最多的卫生健康机构,承担着基本公共卫生、基本医疗服务、常态化疫情防控等诸多重要使命,承担着全国一半以上的诊疗量,是构建分级诊疗制度的执行者,更是老百姓健康的“守门人”。然而在科室结构方面,基层医疗机构常给患者留下专科诊疗能力弱、精准确定病种难的印象,尤其是对于“一老一小”群体,专科诊疗能力亟待提升。要让群众更方便、安全地在基层看病,必须提高基层的医疗卫生服务技术能力^[7]。

基层医疗在处理合并症和减少健康不公平等方面至关重要。我国当前仍存在全科医生数量少及基层医疗机构器械配备不全^[8]、门诊量低、重复就诊等问题。门诊量低是全国各地分级诊疗制度实施过程中普遍面临的问题,不仅不利于基层医疗机构的发展和三级医院的专家前来坐诊,还会形成马太效应引发患者的不信任^[8]。基层医疗机构还面临医护人员短缺、教育程度低、临床经验有限、技术水平和服务能力有待提升及全科医生知识更新不及时等问题^[9]。目前,我国合格的全科医生严重不足,无法在基层医疗机构满足人民群众的卫生服务需求。基层医疗机构在开展慢性病管理工作方面也面临着经费不足、专项经费配置不足等资金管理问题,成为阻碍各地深入开展慢性病管理工作的重要原因。

当前,我国慢性病患者率仍逐年上升,防治形势日益严峻^[10]。高血压、糖尿病、恶性肿瘤等慢性病成为导致我国人口死亡率升高的主要因素之一,给人民健康和社会发展造成了巨大的负担,亦给基层医护人员带来巨大压力。基层慢性病管理对于减轻患者医疗负担至关重要^[11],据统计,80%~90%的患者健康问题可由社区卫生服务人员协助解决^[12],而80%的冠心病、90%的2型糖尿病、1/3的癌症又可以通过控烟限酒、健康饮食、维持正常体重等措施来预防^[10]。2023年1—11月,全国总诊疗量为64.1亿人次,其中,基层医疗卫生机构诊疗量为22.4亿人次,占总诊疗量的34.9%^[13]。

这表明我国分级诊疗总体效果尚不明显,全科医学的高质量发展还有很长的路要走^[14]。患者需求的增加、慢性和资源限制给医疗保健系统带来了压力。与此同时,数字医疗技术的使用也在增加,所有医疗保健环境中的数据都在扩大。如果数字医疗技术得到适当利用,基层医疗卫生人员可以专注于疾病的原因,并跟踪预防措施和干预措施的效果。

3 人工智能 LLM 在基层医疗卫生服务中的应用与发展前景

3.1 辅助常见病的诊疗,提高全科医生诊疗能力和工作效率

全科医学具有卫生健康领域交叉学科特点,其践行的医疗服务模式和服务内容需要不断地适应和满足人民群众日益增长的医疗卫生服务需求^[15],需要不断地积累经验 and 推广全科医疗适宜技术^[14-15]。LLM 能够帮助基层全科医生节省非临床工作时间,自动执行常规和重复的医疗任务,从医疗数据输入到高效搜索和汇总医疗信息,生成全面的摘要,涵盖患者的病史、潜在诊断和可用的治疗方案^[16-17],还能模拟临床情景,为医护人员提供实战培训和技能,提升临床诊治能力^[18-19]。国内多家公司利用 LLM 开发医疗人工智能系统,医渡科技人工智能平台旨在帮助中国医院在医学研究、医疗管理、药物研究和临床决策支持方面更有效地运作^[20]。百度的 PaddlePaddle (飞桨)人工智能平台被用于从诊断到预测的医疗应用^[21]。阿里巴巴开发的 ET 医疗大脑人工智能平台能够整合医院后勤与协助诊断,通过整合患者电子健康记录和患者图像中的数据,为患者提供更好的治疗决策^[21]。腾讯实验室的人工智能产品用于整合电子病历和疾病风险预测,并自动分析 CT 和 PET 扫描等医学影像,以帮助医生进行诊断^[21]。

社区和农村是医疗卫生服务的“最后一公里”^[22],通过推出符合基层医生需求的辅助诊断系统,可以打通壁垒,消除差距,全面强化社区和乡村全科医生的专科技能,帮助基层医生提升问诊、诊断、用药等全系列能力,从而应对人员短缺和知识更新不足的挑战,提高诊断准确率,减少误诊和漏诊,实现“AI+专家”双重把关,提高诊断效率及准确率,达到“让 AI 辅助看病,让医生专注看人”的目标^[23],优化治疗方案,增强对慢性病、儿科疾病、肿瘤等的治疗能力,提升治疗效果,并告诉基层医生什么时候该转诊、转去哪里,提供最高效、最科学的决策。

3.2 智能化健康教育,为患者提供科学知识和心理咨询

LLM 和信息技术的发展,使得聊天机器人和移动应用程序等可以支持大规模的公共卫生监测和干预。人工智能和自然语言处理(NLP)技术的进步为支持人口层

面的健康教育开辟了一条具有前景的路径。特别是聊天机器人被认为是扩展能力的有效工具,因其可以围绕健康提供信息为用户提供情感支持^[24]。LLM 能够容纳海量医学知识,并通过收集用户的数据(如年龄、性别、健康状况等),以易懂的方式给用户解释,为用户提供个性化的健康建议。在疾病预防方面,LLM 可以通过疾病风险预测来感知和评估用户疾病发生风险,向用户发布预警,指导其及时采取预防措施。在心理健康层面上,LLM 在开放主题中进行自由形式的对话,其首要目标是提供同理心。这样的系统有利于公共卫生干预,为有不同健康经历的人群提供同理心互动,并接触到更广泛的缺乏服务的人群。同时,LLM 能够为用户提供心理咨询服务,帮助用户管理压力,提高生活质量。人工智能不是简单的自动化任务,而是开发可以在医疗保健环境中增强患者护理的技术。患者能够用日常语言来描述所需的内容,让通用医学人工智能模型适应新任务,而无须重新训练多模态大模型或训练多模态大模型接受不同类型的非结构化数据来生成回应^[16]。

3.3 数智化健康管理,为居民提供全周期的精准个性化慢性病管理

在技术革新方面,医疗大模型赋能慢性病防控进入了新阶段;在场景应用方面,慢性病“预防-诊断-治疗”持续取得新进展,出现了更加主动的预防模式、更加精准的诊断方法、更加多样的治疗手段;并提出慢性病防控的未来发展趋势为“精准化”“个体化”“数智化”“一体化”^[10]。LLM 利用患者的医疗记录和当前状况,为患者提供个性化护理建议并为患者量身定制护理计划^[25]。LLM 协助全科医生管理和准确给药,并及时提醒医生和患者。LLM 能够实现远程监测患者健康,分析生理参数、设备数据和健康记录,帮助医生管理疾病,减少住院和急诊;通过远程医疗建议和护理指导,改善远程护理体验。谷歌团队基于 Gemini 可穿戴健康监测设备数据,开发了个人健康大模型(PH-LLM)^[26]和个人健康洞察智能助手(PHIA)^[27],心理健康应用 Woebot Health 将 LLM 无缝集成到现有的人工智能产品中,充分发挥 LLM 在精准化行为健康管理方面的潜力^[28]。数字健康技术(Digital Health Technologies, DHTs)利用人工智能监测患者癫痫发作、糖尿病、心血管等疾病临床管理,减轻患者和基层医疗人员的负担,减少获得护理的结构不平等^[29]。同时,老年人需要摆脱孤独和情感负担。LLM 通过监测居民健康,发现异常值后致电询问居民的健康需求,如询问“为什么昨晚睡不好,有遇到什么问题吗?”“我上次建议采取更多措施,您试过了吗?感觉如何?”这些 LLM 能力的实现,对于实现以人为本的基层卫生服务至关重要^[30]。

3.4 智能化管理医疗卫生服务, 推动基层医疗卫生服务体系的现代化建设

LLM 还要在全科医学领域发挥出防治结合的核心竞争力^[15], 医院智能随访系统基于人工智能语音、自然语言理解等技术, 实现批量外呼、人机交互、自动统计等功能, 助力医院完成满意度调查、健康宣教、科室随访、科研随访、危急值提醒等全方位随访工作, 降低医院随访成本, 提高医务人员工作效率。通过协同各地资源, 实现同等水平的高质量服务, 利用远端交互和高水平医疗资源对 LLM 终端进行质量把控, 给出及时反馈。此外, 通过患者端健康嘱托系统, 提供日常健康指导, 监测患者用药反应, 提示潜在风险。

对于我国其他基本公共卫生服务项目, LLM 同样具有相应的应用场景, 如评估每位孕产妇面临的风险等级, 应用孕产妇风险预警模型, 显著提升孕期管理效率和质量, 包括孕产妇健康监测、早产和流产风险、妊娠糖尿病、妊娠期贫血和产后抑郁症等预测, 新生儿疼痛评估、败血症预测等^[31], 在很大程度上降低孕产妇和新生儿死亡率; 面对 0~6 岁儿童的智能化健康管理, 高效精准完成计划免疫工作等。对于健康居民, LLM 的介入将有助于及时发现家庭医生签约服务需求, 落实居民健康风险管理。通过节约人工成本, 更有望进一步提高全民基本公共卫生服务补助, 升级服务包, 提高服务质量。

借助 LLM 工具, 期待基层医疗的诊疗决策过程变得更加科学和系统化, 能解决更多常见病之外的问题, 为大型医院减轻负担, 保障患者在各级医院都能得到更高质量的医疗关怀^[32]。我国的分级诊疗制度建设以“健康需求”为基础, 目标是实现“协同治理”^[33]。当前分级诊疗的工作重点是引导群众转变就医观念和就医习惯, 全面了解基层医疗机构的功能, 避免患者盲目涌向大医院^[8]。LLM 的出现及其应用前景将极大地推动分级诊疗政策的实施, 通过提高基层医疗服务质量、服务覆盖面、服务时效性及服务性价比, 建立患者对基层医疗机构的信任与依赖。此外, 还要发挥医疗共同体的作用, 通过上级医院的力量, 助力 LLM 在基层医疗卫生机构的精确化使用与质量保障, 迅速提升基层全科医生的业务能力, 使其从容应对常见病及慢性病, 培训正确分析检测报告的能力, 这是吸引患者前来就诊、履行分级诊疗的关键^[8]。同时, 在实行上级医院托管基层医疗机构的药物时, LLM 将实时预测各类药物的供需情况, 使药房间的相互调剂及同城药物集中配送等环节更加高效精准。统筹调配医疗资源、提高供需匹配效率、规范患者就诊秩序、促进疾病医疗服务均等可及, 对于推进国家治理体系与治理能力现代化具有重要意义。

3.5 托底“老少边穷”地区基层卫生服务, 实现跨越式发展

2020 年 7 月, 国家卫生健康委员会医政医管司在《〈医疗联合体管理办法(试行)〉解读》中强调^[34], 要结合区域全民健康信息平台建设, 以委属(管)医院、高校附属医院、省直属医院和妇幼保健院等为主要牵头单位, 重点发展面向边远、贫困地区的远程医疗协作网, 完善省-地市-县-乡-村五级远程医疗服务网络。“老少边穷”地区医疗卫生事业的发展与其他地区仍然存在差距^[35], 医疗卫生经费投入不足、医疗卫生设施设备不健全、人才技术缺乏等成为长期制约民族地区医疗卫生事业发展的几大因素。与此同时, 人口老龄化, 疾病谱从传染病转向慢性病, 医疗卫生服务在城乡之间、区域之间发展不平衡等问题不断凸显^[36]。LLM 技术将很大程度解决基层医生经验不足的问题, 改善人员短缺问题。通过全面掌握当地居民健康状况, 智能调整药品储备与配送, 进一步解决缺医少药难题。进一步扩大远程医疗技术的普及和使用范围、使用频率, 为偏远贫困地区的居民提供全时段、高质量的便捷医疗保障^[37]。在国家大力推动下, 启动实施大学生乡村医生专项计划, 历史性实现了编制资源向乡村医生开放^[2], 年轻的血液与 LLM 技术相结合, 将为该地区的基层卫生服务带来巨大变革。

4 LLM 应用中的伦理与责任问题

将人工智能应用于卫生和其他领域的主要伦理原则旨在指导开发者、用户和监管机构改进和监督此类技术的设计和使用。人的尊严和人的内在价值是所有其他伦理原则所依据的核心价值。伦理原则对于所有利益相关方, 包括临床医生、系统开发人员、卫生系统管理者与决策者、地方和国家行政部门都很重要, 应鼓励和协助行政部门和公共部门机构通过立法和监管跟上人工智能技术的快速发展, 并应使医疗专业人员能够适当地使用人工智能技术。伦理原则也应嵌入人工智能的专业和技术标准^[38]。

从法律角度来看, 人工智能缺乏人类的法律地位, 使用 LLM 的医务人员和医院需要接受培训, 因此对其使用负有最终责任^[39], 然而在患者受到伤害的情况下确定法律责任是复杂的问题, 患者、医院和医生、LLM 三者间责任非常模糊, 需要明确的法规和法律限制来适当分配责任和保护用户^[40-41]。有些 LLM 提供误导性或潜在危险的建议, 这凸显了在临床环境中谨慎采用的必要性; 尽管如此, LLM 仍有望为医疗保健带来变革^[42]。如果规定因医疗保健提供者依赖人工智能技术的结论被证明是错误的而对其进行处罚, 那么其可能仅使用该技术来确认自己的判断, 虽然这可能使其免于承担责任, 但会阻碍人工智能最大潜力的开发利用, LLM 应该用来增强而不仅是验证人类的判断^[43]。如果医生不因为

依赖 LLM 技术而受到惩罚,即使 LLM 建议与自己的临床判断背道而驰,医生可能会被鼓励更广泛地使用这些技术来改善患者护理,或者至少可以考虑使用 LLM 来挑战自己的假设和结论^[43]。故在 LLM 得到完全发展的情况下,明确责任归属能全面地发挥其价值。对于隐私和监管问题,LLM 仍存在损害患者隐私的固有风险,人工智能的监管体系仍在完善,更严格的监管机制仍有待开发^[40]。

5 LLM 在基层医疗卫生服务中的挑战与展望

随着技术的高速发展与迭代,LLM 在基层医疗卫生服务领域的应用更加深入,为解决当下重点、难点问题提供了可能性。但目前 LLM 在基层医疗卫生服务的应用中也面临着以下挑战:

首先,缺乏复合型人才。LLM 在基层医疗卫生系统中的发展需要更多生物医学工程人才、医工交叉人才参与研究与开发,才能充分挖掘 LLM 的应用潜能,并将其有效地集成到医疗工作当中,满足基层医疗系统需求。

其次,模型精度问题。LLM 依靠选定的数据集进行训练与分析,数据集的建立由研究人员选定与编制。要保证高质量的训练数据、适合的模型设计和选择、持续的模型优化和验证以及专业的临床理解,数据的代表性、数据质量以及泛化能力需要经过验证。

再次,LLM 可以在医疗决策中帮助患者追求治疗效益最大化,但易忽略患者对人文关怀的需求^[44],且在模型的创建和使用中会体现出与人类价值观的不一致^[45]。LLM 技术的发展与试用不可使基层医务人员放松职责,医务人员也不可完全依赖 LLM 技术而忽略其局限性。要把握人工智能输出结果的优点与局限性,配套投资支持用于教育医生如何正确处理来自 LLM 设备的数据^[29]。

最后,居民对智能设备的接受程度存在差异。患者对于新型服务模式的接受程度受年龄、性别、地区以及对慢性病知识了解程度等因素的影响^[46]。人机交互的模式要更便利地服务老年患者。LLM 智能终端要能够准确理解用户的指令并顺利执行,包括老年患者可能存在的方言、口齿不清等问题,避免产生歧义,导致错误诊断和建议。

6 结论

人工智能和 LLM 技术在我国基层医疗卫生服务中有很好的应用前景。当下要抓住机遇,开展“LLM+ 健康中国”建设,深化医疗大模型研发和应用,推动慢性病防控数智化,激发全科医学的飞跃性发展,推进 LLM 在全科诊疗与基层卫生服务中的产业化,为医疗卫生服务的“最后一公里”与基本公共卫生服务带来历史性变

革,弥补卫生人力短缺与配置不公平问题,为实现健康中国公平提供跨越式的手段,助力健康中国蓝图的早日实现。

作者贡献: 闫温馨、胡健负责查阅文献、论文撰写与修改;曾华堂负责论文修改;刘氏、梁万年负责质量控制、论文指导与审校,对文章整体负责。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 国家数据局. 专家解读 | 发挥“数据要素 ×”效应 构建以数据为关键要素的数字经济 [EB/OL]. (2024-06-07) [2024-06-21]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztlz/szjj/zcjd/202406/t20240607_1386751.html.
- [2] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发《深化医药卫生体制改革 2024 年重点工作任务》的通知 [EB/OL]. (2024-06-07) [2024-06-21]. https://www.gov.cn/zhengce/content/202406/content_6955904.htm.
- [3] SINGHAL K, TU T, GOTTWEIS J, et al. Towards expert-level medical question answering with large language models [EB/OL]. (2023-05-16) [2024-06-21]. <http://arxiv.org/abs/2305.09617>.
- [4] LI C Y, WONG C, ZHANG S, et al. LLaVA-med: training a large language-and-vision assistant for biomedicine in one day [EB/OL]. (2023-06-01) [2024-06-21]. <http://arxiv.org/abs/2306.00890>.
- [5] HE K, MAO R, LIN Q K, et al. A survey of large language models for healthcare: from data, technology, and applications to accountability and ethics [EB/OL]. (2023-10-09) [2024-06-21]. <http://arxiv.org/abs/2310.05694>.
- [6] 刘学博, 户保田, 陈科海, 等. 大模型关键技术与未来发展方向——从 ChatGPT 谈起 [J]. 中国科学基金, 2023, 37 (5): 758-766. DOI: 10.16262/j.cnki.1000-8217.20231026.004.
- [7] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委员会 2024 年 6 月 18 日新闻发布会文字实录 [EB/OL]. (2024-06-18) [2024-06-21]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202406/22afc864fc484386b4ab047c7e68f144.shtml>.
- [8] 高和荣. 健康治理与中国分级诊疗制度 [J]. 公共管理学报, 2017, 14 (2): 139-144.
- [9] 施建华, 顾慧宁, 钱梦岑, 等. 基层医疗卫生机构公共卫生服务工作量趋势变化与分析 [J]. 中国全科医学, 2020, 23 (34): 4291-4297. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2020.00.480.
- [10] 袁天蔚, 阮梅花, 朱成妹, 等. 2023 年慢性病防控领域发展态势 [J]. 生命科学, 2024, 36 (1): 30-38. DOI: 10.13376/j.cbbs/2024005.
- [11] 吴卓存, 张重阳, 胡红濮, 等. 基于数据整合模式的基层医疗卫生机构智能报表填写模型构建路径研究 [J]. 医学信息学杂志, 2024, 45 (5): 32-39.
- [12] 亿欧智库. 2020 中国服务机器人产业发展研究报告解析 [J]. 机器人产业, 2020 (4): 83-100. DOI: 10.3969/j.issn.2096-0182.2020.04.017.
- [13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 2023 年 1-11 月全国医疗服务情况 [EB/OL]. (2024-06-11) [2024-06-21]. <http://www.nhc.gov.cn/mohwsbwstjxxzx/s7967/202405/55c7779da4734fc5a60d3cfae1822ef.shtml>.

- [14] 梁万年, 刘珏. 构建中国全科医生学术共同体, 促进全科医学学科高质量发展 [J]. 中国全科医学, 2024, 27 (25): 前插. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.A0018.
- [15] 梁万年. 科学研究是我国全科医学发展的应有之义和当务之急 [J]. 中国全科医学, 2024, 27 (1): 前插.
- [16] 王玥, 宋雅鑫, 王艺霏, 等. 卫生领域人工智能的伦理与治理: 多模态大模型指南 [J]. 中国医学伦理学, 2024: 1-58.
- [17] ANDREW A. Potential applications and implications of large language models in primary care [J]. Fam Med Community Health, 2024, 12 (suppl 1): e002602.
- [18] MENG X B, YAN X Y, ZHANG K, et al. The application of large language models in medicine: a scoping review [J]. iScience, 2024, 27 (5): 109713. DOI: 10.1016/j.isci.2024.109713.
- [19] CASCELLA M, MONTOMOLI J, BELLINI V, et al. Evaluating the feasibility of ChatGPT in healthcare: an analysis of multiple clinical and research scenarios [J]. J Med Syst, 2023, 47 (1): 33. DOI: 10.1007/s10916-023-01925-4.
- [20] Nature Advertisement. Nature. Spearheading a new age of medical intelligence [EB/OL]. (2024-07-02) [2024-08-02]. <https://www.nature.com/articles/d42473-021-00188-2>.
- [21] SCHUERGER C, VENKATRAM V, QUINN K. China and medical AI [J]. Center for Security and Emerging Technology, 2024.
- [22] 张宗久, 焦雅辉, 高光明. 医疗服务的最后一公里: 基层卫生健康体系现状与发展策略 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2022.
- [23] TOPOL E. Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again [M]. New York: Basic Books, 2019.
- [24] JO E, EPSTEIN D A, JUNG H, et al. Understanding the benefits and challenges of deploying conversational AI leveraging large language models for public health intervention [C] // Proceedings of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Hamburg Germany. ACM, 2023. DOI: 10.1145/3544548.3581503.
- [25] SPINIEWINE A, EVRARD P, HUGHES C. Interventions to optimize medication use in nursing homes: a narrative review [J]. Eur Geriatr Med, 2021, 12 (3): 551-567. DOI: 10.1007/s41999-021-00477-5.
- [26] COSENTINO J, BELYAEVA A, LIU X, et al. Towards a personal health large language model [EB/OL]. (2024-06-10) [2024-08-02]. <http://arxiv.org/abs/2406.06474>.
- [27] MERRILL M A, PARUCHURI A, REZAEI N, et al. Transforming Wearable Data into Health Insights using Large Language Model Agents [EB/OL]. (2024-06-10) [2024-08-02]. <http://arxiv.org/abs/2406.06464>.
- [28] SACKETT C, HARPER D, PAVEZ A. Do we dare use generative AI for mental health? [J]. IEEE Spectr, 2024, 61 (6): 42-47. DOI: 10.1109/MSPEC.2024.10551790.
- [29] GINSBURG G S, PICARD R W, FRIEND S H. Key issues as wearable digital health technologies enter clinical care [J]. N Engl J Med, 2024, 390 (12): 1118-1127.
- [30] 闫温馨, 刘珏. 中文版以人为本的基层卫生服务量表的信效度验证 [J]. 中国全科医学, 2022, 25 (25): 3135-3142.
- [31] KHAN M, KHURSHID M, VATSA M, et al. On AI approaches for promoting maternal and neonatal health in low resource settings: a review [J]. Front Public Health, 2022, 10: 880034.
- [32] YUAN M Z, BAO P, YUAN J J, et al. Large language models illuminate a progressive pathway to artificial intelligent healthcare assistant [J]. Med Plus, 2024, 1 (2): 100030.
- [33] 傅利平, 王奕辉, 徐小凤, 等. 健康需求与协同治理: 分级诊疗制度建设实践逻辑——基于公共价值视角的扎根理论分析 [J]. 公共管理学报, 2024, 21 (3): 111-123. DOI: 10.16149/j.cnki.23-1523.20240604.001.
- [34] 医政医管局. 《医疗联合体管理办法(试行)》解读 [EB/OL]. (2024-06-06) [2024-08-02]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s3594r/202007/0f58f93e3f5a4a26ab9079f78bf2dca5.shtml>.
- [35] 王延中, 方勇, 丁赛, 等. 中国民族发展报告(2020) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2020.
- [36] 方静文. 援助、互助与共融: 1949年以来民族地区医疗卫生事业的发展 [J]. 北方民族大学学报, 2021 (2): 80-88.
- [37] EISENSTEIN E, KOPACEK C, CAVALCANTE S S, et al. Telemedicine: a bridge over knowledge gaps in healthcare [J]. Curr Pediatr Rep, 2020, 8 (3): 93-98.
- [38] Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance [M]. Geneva: World Health Organization, 2021.
- [39] ZHANG J, ZHANG Z M. Ethics and governance of trustworthy medical artificial intelligence [J]. BMC Med Inform Decis Mak, 2023, 23 (1): 7. DOI: 10.1186/s12911-023-02103-9.
- [40] GOODMAN R S, PATRINELY J R, OSTERMAN T, et al. On the cusp: considering the impact of artificial intelligence language models in healthcare [J]. Med, 2023, 4 (3): 139-140.
- [41] WANG C Y, LIU S R, YANG H, et al. Ethical considerations of using ChatGPT in health care [J]. J Med Internet Res, 2023, 25: e48009. DOI: 10.2196/48009.
- [42] SHAH N H, ENTWISTLE D, PFEFFER M A. Creation and adoption of large language models in medicine [J]. JAMA, 2023, 330 (9): 866-869. DOI: 10.1001/jama.2023.14217.
- [43] PRICE W N 2nd, GERKE S, COHEN I G. Potential liability for physicians using artificial intelligence [J]. JAMA, 2019, 322 (18): 1765-1766. DOI: 10.1001/jama.2019.15064.
- [44] PLOUG T, HOLM S. The right to refuse diagnostics and treatment planning by artificial intelligence [J]. Med Health Care Philos, 2020, 23 (1): 107-114. DOI: 10.1007/s11019-019-09912-8.
- [45] YU K H, HEALEY E, LEONG T Y, et al. Medical artificial intelligence and human values [J]. N Engl J Med, 2024, 390 (20): 1895-1904. DOI: 10.1056/NEJMr2214183.
- [46] 沈勤, 徐越. 老年人参与“互联网+慢性病管理”意愿影响因素分析——基于 Anderson 健康行为模型的实证研究 [J]. 卫生经济研究, 2020, 37 (1): 45-48. DOI: 10.14055/j.cnki.33-1056/f.2020.01.014.

(收稿日期: 2024-08-02; 修回日期: 2024-09-03)

(本文编辑: 李婷婷)