

国外基于人工智能的临床决策支持系统发展及启示^{*}

李军莲 陈 颖 邓盼盼 任慧玲

(中国医学科学院医学信息研究所 北京 100020)

〔摘要〕 从发展历程、典型案例两方面梳理国外基于人工智能的临床决策支持系统发展情况,分析其面临的系统标准不统一、可移植性差等挑战并对未来发展趋势进行展望,以期对我国相关领域研究人员有所启示。

〔关键词〕 临床决策支持系统;医学知识库;医疗领域;人工智能;辅助诊疗

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2018.06.001

Development and Enlightenment of Overseas Clinical Decision Supporting System Based on Artificial Intelligence LI Jun - lian, CHEN Ying, DENG Pan - pan, REN Hui - ling, Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Science, Beijing 100020, China

〔Abstract〕 The paper organizes the development of overseas Clinical Decision Support System (CDSS) based on Artificial Intelligence AI from the two aspects of development process and classic cases, analyzes its challenges like non-unified system standards and poor transplantability, and looks into its future development trend in the hope that it would enlighten researchers in Chinese related domains.

〔Keywords〕 Clinical Decision Support System (CDSS); Medical knowledge base; Medical domain; Artificial Intelligence (AI); Assisted diagnosis and treatment

1 引言

临床决策支持系统 (Clinical Decision Support System, CDSS) 是为医护人员进行临床决策而设计的计算机系统。该系统利用一定形式的临床知识,

帮助医护人员收集、分析患者数据,为医护人员提供关于诊断、预防 and 治疗的决策建议,辅助其诊疗行为^[1]。自 20 世纪 50 年代末 Ledley 和 Lusted^[2]等撰文讨论利用计算机辅助医生决策的可行性和原理以来,人们为开发应用 CDSS 进行了不懈努力。人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 于 1956 年首次提出,是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。2017 年 7 月国务院印发《新一代人工智能发展规划》^[3],指出到 2030 年我国的 AI 理论、技术与应用要达到世界领先水平,成为世界主要 AI 创新中心,可见发展 AI 已正式上升到国家战略的高

〔收稿日期〕 2018-06-19

〔作者简介〕 李军莲,副研究馆员,发表论文 70 余篇;通讯作者:任慧玲,研究馆员。

〔基金项目〕 中国医学科学院医学与健康科技创新工程协同创新团队项目“中文临床医学术语系统构建研究”(项目编号:2017-I2M-3-014)。

度。

人口老龄化、慢病高速增长、医疗资源供需严重失衡以及地域分配不均等问题导致我国对医疗人工智能需求巨大。近年来医疗人工智能已迅速进入人们视野并在智能影像学、智能病理学、智能决策等方面得到应用,在外科、检验、神经、肿瘤等领域也逐步成为一项可普及、可推广的技术。基于人工智能的临床决策支持系统可用来指导患者用药,辅助医生临床诊疗,提高诊疗效率和准确率。尽管基于人工智能的 CDSS 已被应用于提高诊断、治疗、护理等各类医疗服务水平,为医生提供更丰富的资源和工具,一定程度上缓解医生工作压力,但仍存在很多问题,其临床评估效果仍不容乐观。

2 发展历程和相关案例

2.1 发展历程

根据出现时间和知识表达特点等将基于人工智能的 CDSS 划分为早期、当前和未来 3 个阶段。AI 在 CDSS 应用的第 1 个重大事件是 1971 年上线使用的 Leeds 急性腹痛诊断系统,使用基于朴素贝叶斯方法,其诊断正确率达 91.8%,医生的诊断正确率仅为 79.6%,对比鲜明^[4]。1974 年第 1 个真正的临床决策支持系统诞生,是 1 个内科疾病诊断系统,没有使用贝叶斯统计模型或模式识别,而是将内科学中的 570 种疾病描述综合存储到数据库中,然后使用排名算法和分区算法进行诊断。虽然因诸多因素不能应用于临床应用,INTERNIST-I 仍然取得巨大成功,直接导致快速医疗参考(Quick Medical Reference, QMR)的建立^[5]。QMR 是第 1 个商业化的 CDSS,1980 年由匹兹堡大学和第一数据库公司建立,用于辅助内科医生进行临床决策,使用 INTERNIST-I/CADUCEUS 知识库作为电子书,最终版本包括 750 种疾病、5 000 个临床症状和 50 000 多个病症关系^[6]。INTERNIST-I 和 QMR 之间的区别在于程序背后的原理不同,QMR 不仅是诊断辅助工具,还是教学辅助工具书,特点是帮助用户在复

杂的患者案例中产生假设,而 INTERNIST-I 只是诊断咨询项目。这两个程序之间的共同点是都依赖和使用 INTERNIST-I 的计算机知识库。早期系统为人工智能在临床决策方面的应用奠定基础,后来在更复杂、更现代的技术推动下产生更先进的人工智能系统。当前 CDSS 从方法上主要分为基于知识库和非知识库两种。基于知识库的 CDSS 通常采用 IF-THEN 规则来存储和管理知识,基于非知识库的 CDSS 多采用人工智能的形式,也称机器学习,允许计算机从既往经验中或是其他临床资料中获得知识,常用的方法有人工神经网络、遗传算法、贝叶斯网络、产生式规则、逻辑条件、因果概率网络等。两种方法各有优势,基于知识库的系统有更高的准确性,但不能填充数据;机器学习可以填补缺失的数据并进行预测。如果将两种方法结合起来,是否会比单一方法更好?基于这一疑问,有学者将两种技术结合创建以患者为中心和基于证据的人工智能临床决策支持框架,其目标是部分信息条件下的辅助医疗决策并以失眠治疗为实验来测试系统,实验结果与纯粹基于机器学习的系统和纯粹基于知识的系统进行比较。结果表明此混合系统性能优于单一特征系统,混合系统和学习系统平均地预测患者数据,但在最终决策时学习系统的准确性要低得多;在不缺失数据时单纯基于知识的混合系统更准确,但一旦缺失数据其结果准确性就会大大降低^[7]。可见将两种方法融合的 CDSS 将是未来的发展趋势。

2.2 相关案例

国外有很多基于人工智能的 CDSS,现对比分析有代表性的系统,见表 1。此外还有国外如 Archimedes Model 的 IndiGO,荷兰威科集团的 Up to Date,英国的 Isabel Healthcare;国内如人民卫生出版社的人卫临床助手、中国中医科学院中药研究所的中医传承辅助系统、零氪科技的 HUBBLE 医疗大数据辅助决策系统、康夫子的临床智能辅助决策系统等。因篇幅所限不一一例举。

表1 代表性的基于人工智能的CDSS对比分析

系统名称	研发机构	应用领域、知识模型及覆盖范围	特点及现状
MYCIN ^[8]	美国斯坦福大学	细菌感染性疾病诊断和治疗咨询系统；借鉴人工智能领域中专家系统的建模方法	第1个功能较为全面的CDSS；因时间成本、医疗事故责任明确、出现在台式机及网系统库之前等因素没有应用于临床
DXplain ^[9]	美国哈佛大学	解释型辅助诊断系统，知识库包括2 400个病种、5 000多个临床症状及病症关系	案例分析工具、教学辅助工具及咨询工具
HELP ^[10]	美国犹他州大学	基于医学知识库和文献引擎的综合性医院信息系统；决策逻辑由一组“事件-条件-行为”规则表示	包括呼吸系统疾病治疗方案合理性检查报警系统、临床实验室异常检查判断处理系统、用药合理性检查报警系统以及传染病监控系统
Iliad ^[9]	美国犹他州大学	内科诊断临床决策支持和教学，包含1 500个诊断和将近12 000个相关症状	贝叶斯模型、介入集群的概念
QMR ^[11]	美国匹兹堡大学	早期利用人工智能的CDSS系统之一；也是首批使用概率排名原理CDSS之一；内科750种疾病、5 000个临床症状，以及50 000多个病症关系	INTERNIST-1/CADUCEUS知识库；研发ad-hoc评分模式；不仅是诊断辅助工具，还是教学辅助工具；具备灵活性，但过分依赖提示强度和相关频数
VisualDX ^[12]	VisualDX	辅助皮肤状况诊断；包含19 000多个医疗影像和900多种疾病，用于临床诊断、定点照护、急诊准备和医学教育	以体征和其他可视线索及症状来检索；在协助诊断体表疾病中的确相当有用支持移动设备；与UpToDate合作、整合临床和可视化诊断信息；全球1700多家医疗机构使用
My Cancer Genome ^[13-14]	范德比尔特-英格拉姆癌症中心	个性化的癌症决策支持工具；快速提供最新的影响不同癌症的基因突变和针对突变的特别治疗措施，与电子病历系统整合	数据来源于护理、医学文献及因特网，合作网络包括来自美国、欧洲、澳洲和亚洲不同机构的59个临床和科学专家，定期更新；因当前基因组学及CDSS设计实施还都不成熟，需要谨慎整合到临床工作流程中
Waston Health ^[15-16]	IBM	基于专家知识库和人工智能技术的临床决策支持系统；以150万份病历和诊断图像、200万页文本记录、文献等语料来构建肿瘤识别模型；覆盖全球50余家医院	基于自然语言处理、认知技术和深度学习等技术的大规模证据搜集、分析和评价

3 基于人工智能的CDSS面临的挑战

3.1 缺乏大型医学知识库有效支持

医学知识库建设是CDSS的核心。临床诊疗决策基于的知识面广泛、类型复杂，涉及基础医学、临床医学、影像学、检验学、药学、心理学、社会学等。即便范围很窄的专科CDSS也会涉及大量知识。因此需建立收录全面、更新及时的大型临床知识库。医学知识库的建立是一项复杂的系统工程，目前仍面临许多问题，短期内在规模、标准化、动态更新、不确定临床知识的表达、基于循证的可靠知识动态获取等方面仍无法有效满足辅助临床决策支持的需要。

3.2 系统标准不统一，推广应用难

研制适合广泛推广的CDSS面临一系列严峻挑

战。如没有广泛可接受的统一标准方法表述CDSS，缺乏统一表达、能涵盖所有医学规则、支持机读的结构化模型。CDSS所需数据多数来自电子健康档案(Electronic Health Records, EHR)，但目前EHR的表达远没有达到语义层统一的水平。目前国内外有众多机构投身CDSS的建设，但实现临床决策支持的方法、标准各不相同，导致重复利用及推广难度大。

3.3 可移植性差，系统整合维护困难

CDSS移植绝非简单的软件转移，要将信息技术与诊疗工作流程进行整合存在很多困难。如不同医院的数据定义、标准及服务人群不一样；卫生系统现有软硬件配备差别悬殊，存在不兼容问题；与本地知识库的整合问题，无法自动导入医院信息系统数据；临床工作的复杂性增加了系统整合难度等。

3.4 更新维护缓慢, 效果评价存在困难

大数据时代循证医学证据层出不穷, 临床指南不断更新, 此外医学文献、医学词表、医学图谱、电子病历的快速增长都提高了 CDSS 在医院临床应用的门槛。目前成功用于诊断环节的 CDSS 常局限于某个领域。大量数据导致 CDSS 系统维护存在困难, 更新速度缓慢。此外针对 CDSS 应用效果评估的研究和实践较少或只停留在少量样本或特定领域, 很多 CDSS 从未做过系统、认真的评价, CDSS 应用效果值得怀疑, 这些都进一步导致其效果良莠不齐。

3.5 医学伦理和法律问题

随着 AI 参与临床诊疗的深入, 需要考虑如何认定人工智能的执业资格并对其合理监管。医学人工智能应用的伦理边界复杂, 过度管控会阻碍其创新发展, 而管理缺位又带来其应用中主体责任不清晰的风险。因此需要合理界定人工智能在医学领域应用的主体责任, 为人工智能应用提供保障^[17]。当前法律对于医疗人工智能的监管还处于空白阶段, 急需加快调研及建立相关法律。医疗数据的所有权、使用权、医疗数据的隐私标准、数据安全性、责任规范等诸多问题尚没有明确的法律指示。

4 基于人工智能的 CDSS 发展趋势和启示

4.1 概述

CDSS 是医院信息化建设的发展方向之一, 受到越来越多医院和 IT 行业的高度重视。2018 年 4 月国家卫健委制定《全国医院信息化建设标准与规范(试行)》^[18]。规范指出在人工智能临床辅助诊疗方面要实现患者基本信息、疾病名称、症状和体征、检验检查结果、处方用药等 5 项内容的自动识别与处理; 要实现心脑血管、内分泌、呼吸道、消化道、精神疾病等 5 种疾病的辅助诊疗。可见大力发展基于人工智能的 CDSS 已经成为政府、企业、医院的共识, 应形成合力, 推动其发展。

4.2 全面、规范、动态的医学知识库建设

为解决复杂临床问题, CDSS 需要全方位、多层

次、动态性好的知识库的支持。未来 CDSS 知识库建设应重点关注复杂医学知识(包括非确定知识)规范表达、多来源医学知识整合、动态知识获取与更新、医学术语标准有效应用等内容。

4.3 临床决策支持智能化

基于知识的 CDSS 对数据的完备和准确有更高要求, 未来患者病历数据的缺失仍难以避免, 因此要注重基于机器学习的 CDSS 发展。人工智能虽然能够部分模拟人脑的认知、识别、记忆、计算、逻辑思维、推理判断等复杂功能, 但却无法重现人脑的意识、情感、信念、直觉、思考、联想、创造等高等思维活动, 也无法理解疾病过程与预测转归。需加快研究更好、更高效的逻辑推算方法, 以解决人工智能在处理直觉、非结构化信息方面的不足, 得其真正智能化^[19-20]。

4.4 服务模式的可共享、可移植

《2018 年中国健康医疗大数据行业报告》指出信息的不互通、不共享是健康医疗行业面临的困境之一^[21]。集成应用与知识共享困难是 CDSS 几十年实践中普遍存在的问题, 具体表现为某一环境下非常成功的临床决策支持应用往往很难成功移植到其他临床机构中, 涉及数据标准化、知识库需求差异性以及临床工作流程复杂性等多因素^[22]。改变该状况一方面需要提高临床标准化程度, 另一方面加强对云环境、大数据背景下跨平台 CDSS 应用的研究。

4.5 充分发挥人的作用

医学应该是一门有温度的学科, 医患之间应该有感情交流, 医生要有关爱之心, 这些 AI 无法代替。基于 AI 的 CDSS 应成为医生的得力助手, 对医生专业知识的广度和深度提出更高标准和要求, 医生应加强跨领域的多学科交叉合作, 规范诊疗行为, 积极学习新技术、新方法, 适应和拥抱新变革、新趋势。任何新技术没有人的参与, 只能是空谈改变。AI 医疗最终目标应是人类更健康、患者更满意、医生更自由; 同时 AI 医疗的快速发展趋势也会促使医生尽快了解和掌握先进的信息技术和理念, 在服务、技术、工作、品牌、思想等多个维度符合医疗人工智能时代的标准^[23]。

5 结语

从 CDSS 的发展现状来看, 国外已初步走向实用化, 国内目前还停留在仿效探索的初级阶段。尽管 CDSS 距离真正大规模临床应用还有一定距离, 开发应用任重道远, 但在云计算、大数据分析、人工智能等前沿技术的推动下, 相信 CDSS 将步入发展的快车道, 成为临床医生最得力的助手。

参考文献

- 1 Mendonca E A. Clinical Decision Support Systems: perspectives in dentistry [J]. Journal of Dental Education, 2004, 68 (6): 589 - 597.
- 2 Ledley R S, Lus L B. Reasoning Foundations of Medical Diagnosis: symbolic logic, probability, and value theory aid our understanding of how physicians reason [J]. Science, 1959, 130 (3): 9 - 21.
- 3 中华人民共和国中央人民政府. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知 [EB/OL]. [2018 - 06 - 02]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017 - 07/20/content_5211996.htm.
- 4 盛赞, 张越. 美国临床决策支持系统发展与启示 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2016, 13 (3): 257 - 261.
- 5 WIKIPEDIA. Internist - I [EB/OL]. [2018 - 06 - 02]. <https://en.wikipedia.org/wiki/Internist-I>.
- 6 OpenClinical. QMR [EB/OL]. [2018 - 06 - 01]. http://www.openclinical.org/aisp_qmr.html.
- 7 John A Doucette, Atif Khan, Robin Cohen, et al. A Framework for AI - based Clinical Decision Support that is Patient - centric and Evidence - based. [EB/OL]. [2018 - 06 - 08]. <https://cs.uwaterloo.ca/~j3doucet/papers/Net-Med.pdf>.
- 8 Moore M, Loper KA. An Introduction to Clinical Decision Support Systems [J]. Journal of Electronic Resources in Medical Libraries, 2011, 8 (4): 348 - 366.
- 9 Lincoln MJ. Applying Commonly Available Expert Systems in Physician Assistant Education [J]. Perspective on Physician Assistant Education, 1998, 9 (3): 144.
- 10 Gardner RM, Pryor TA, Warner HR. The HELP Hospital Information System: update 1998 [J]. Int J Med Inform, 1999, 54 (3): 169 - 182.
- 11 Miller R, Masarie Jr F. Use of the Quick Medical Reference (QMR) Program as a Tool for Medical Education [J]. Methods Inf Med, 1989, 28 (4): 340 - 345.
- 12 Moore M, Loper KA. An Introduction to Clinical Decision Support Systems [J]. Journal of Electronic Resources in Medical Libraries, 2011, 8 (4): 348 - 366.
- 13 Carney PH. Information Technology and Precision Medicine [J]. Seminars in Oncology Nursing, 2014, 30 (2): 124 - 129.
- 14 杨春华, 王天津, 黄思敏, 等. 支持精准医疗的国外临床决策支持系统 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2016, 25 (2): 14 - 19.
- 15 Watsonhealth [EB/OL]. [2018 - 05 - 01]. <https://www.watsonhealth.com/>.
- 16 IBM. [EB/OL]. [2018 - 06 - 01]. <https://www.ibm.com/watson/health/oncology-and-genomics/>.
- 17 王海星, 田雪晴, 游茂, 等. 人工智能在医疗领域应用现状、问题及建议 [J]. 卫生软科学, 2018, 32 (5): 4 - 9.
- 18 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 全国医院信息化建设标准与规范 (试行) [EB/OL]. [2018 - 05 - 25]. <http://www.moh.gov.cn/guihuaxxs/s10741/201804/5711872560ad4866a8f500814dcd7ddd.shtml>.
- 19 赵志升, 张晓, 宋晨晏. 医学决策支持系统的发展现状与趋势分析 [J]. 医学与哲学, 2015, 36 (1B): 5 - 8, 30.
- 20 张艺帆. 基于语义技术的临床决策知识库研究 [D]. 浙江大学, 2017: 112 - 113.
- 21 艾瑞产业研究院 [EB/OL]. [2018 - 05 - 24]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1603252640407590597&wfr=spider&for=pc>.
- 22 尹梓名, 吕旭东, 段会龙. 基于临床指南的决策支持系统 [J]. 中国医疗器械信息, 2015, 21 (3): 1 - 5, 23.
- 23 曹晖, 顾佳毅. 人工智能医疗给外科医生带来的挑战、机遇和思考 [J]. 中国实用外科杂志, 2018, 38 (1): 28 - 33.