人工智能技术在中医“证-病-方-药”中的应用探究

李韦枢[1]，孙翔[2]，李龑[3]

1. 北京中医药大学，北京 102400
2. 昌吉州公安局，新疆 昌吉 831100
3. 昌吉州中医医院，新疆 昌吉 831100

[摘要] 中医理论体系中“证-病-方-药”构成辨证论治的核心框架，也是临床思维与决策的基础。人工智能（AI）技术在人类健康领域的不断迭代升级，在中医药领域的应用也日益广泛。中医理论研究与临床实践亦可借助智能化数据分析，这为中医药理论研究提供了新路径。通过系统梳理AI在中医证候识别、疾病诊断、方药选择等方面应用进展，分析了自然语言处理、知识图谱、深度学习等现代数据处理技术在数据挖掘与建模中的具体实践，指出中医AI发展面临的挑战，包括数据结构复杂、知识表征多义性强、模型可解释性不足等问题。阐明应加强多源异构数据融合及构建标准化中医知识体系，提升AI模型的临床适应性与可解释能力。从理论层面推动中医与人工智能的深度融合，构建智慧中医发展新格局。

[关键词] 人工智能；中医；证-病-方-药；智慧医疗
[中图分类号] R249 [文献标志码] A [文章编号] 0256-7415（2026）07-0190-08
DOI：10.13457/j.cnki.jncm.2026.07.029

Exploration on Application of Artificial Intelligence Technology in the "Syndrome-Disease-Prescription-Medicine" Framework of Traditional Chinese Medicine

LI Weishu[1], *SUN Xiang*[2], *LI Yan*[3]

1. Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102400, China; 2. Changji Hui Autonomous Prefecture Municipal Bureau of Public Security, Changji Xinjiang 831100, China; 3. Changji Hui Autonomous Prefecture Hospital of Chinese Medicine, Changji Xinjiang 831100, China

Abstract: In the theoretical framework of traditional Chinese medicine, the core structure of "syndrome-disease-prescription-medicine" constitutes the foundation of treatment based on syndrome differentiation, as well as the basis of clinical reasoning and decision-making. With the continuous iteration and advancement of artificial intelligence (AI) technology in the field of human health, its application in traditional Chinese medicine has become increasingly widespread. Traditional Chinese medicine theoretical research and clinical practice can also leverage intelligent data analysis, offering new pathways for the development of traditional Chinese medicine theory. By systematically reviewing the application progress of AI in traditional Chinese medicine syndrome recognition, disease diagnosis, and prescription and medicine selection, this paper analyzes the specific practices of modern data processing technologies such as natural language processing, knowledge graphs, and deep learning in data mining and modeling. It also identifies the challenges facing the development of AI in traditional Chinese medicine, including the complexity of data structures, the strong polysemy of knowledge representation, and insufficient model interpretability. The paper emphasizes the need to

[收稿日期] 2025-09-02
[修回日期] 2026-01-23
[基金项目] 全国名老中医药专家传承工作室（国中医药人教发[2014]20号）；新疆维吾尔自治区自然科学基金面上项目（2017D01A06）；新疆维吾尔自治区卫生健康委员会“天山英才”医药卫生高层次人才培养计划（TSYC202301B155）；新疆维吾尔自治区卫生健康委员会科研项目（2025001CXKYXM652323576）；广州泰和医学人文研究教育基金（23000-3050070）
[作者简介] 李韦枢（2005-），男，本科。
[通信作者] 李龑（1976-），男，博士，主任医师。

strengthen the integration of multi-source heterogeneous data and to construct a standardized traditional Chinese medicine knowledge system, thereby enhancing the clinical adaptability and interpretability of AI models. From a theoretical perspective, this study aims to promote the deep integration of traditional Chinese medicine and AI, facilitating a new pattern for the development of intelligent traditional Chinese medicine.

Keywords: Artificial intelligence; Traditional Chinese medicine; Syndrome-disease-prescription-medicine; Intelligent healthcare

在信息时代与健康大数据浪潮中，传统中医“证-病-方-药”体系所承载的深厚智慧与内在逻辑正面临经验传承与科学验证之间的鸿沟。千百年来，中医辨证论治通过四诊合参，将人体整体观与个体化治疗有机结合，形成了一套动态演变的诊疗范式，但其中“气血”“阴阳”“证候”等富有哲理的概念以及多源多模态的证候信息，使其难以通过现代科学手段加以精确定量。随着人工智能技术的飞速发展，我们迎来了穿透这一抽象网络的可能，机器学习能够在海量临床病例中识别证候亚型，图神经网络可以构建中医症状、中医病机、中医治法、中医方剂、中药五大知识库，实现辨病机、治法、组方、遣药等环节的全链条智能化[1]。深度学习模型则可将舌象、脉象等非结构化信号转化为可度量的特征[2]，种种创新应用正不断地将中医经验与现代科学融为一体。本研究立足交叉视角，围绕证候分型与动态预警、方剂网络与智能推荐、中药新药研发与网络药理学、决策支持平台与数据隐私保护等方面，对人工智能赋能“证-病-方-药”研究的最新成果、核心挑战与未来趋势进行系统梳理，为智能化中医诊疗体系的构建提供全面参考，引领中医药现代化发展的新方向。

1 人工智能技术在“证-病-方-药”关系研究中的多元应用

人工智能技术，作为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术，其强大的数据分析和模式识别能力，聚类分析与关联规则挖掘，深度学习模型[3]正逐步渗透到中医药研究的各个领域，为深入理解“证-病-方-药”关系提供了前所未有的技术支撑。

1.1 证与病的关系是从宏观表型到微观机制的深度关联 “证”是中医学的核心概念之一，是疾病发展过程中某一阶段的病理概括，反映了机体在特定时期的病因、病位、病性和邪正盛衰等方面的综合信息。“病”则是指具体的疾病，是导致机体阴阳失衡、气血紊乱的根本原因。中医学认为，“证”是“病”的反映，“病”是“证”的本质，两者之间存在着密切的内在联系。在临床实践中，医生通过望、闻、问、切四诊合参，辨识“证”，并结合“病”的诊断，制定个体化的治疗方案[4]。这种方法强调对患者整体状态的把握，注重治疗的针对性和有效性。

1.1.1 基于机器学习的证候分型研究探寻内在规律 传统的中医证候分型主要依靠医生的经验判断，存在一定的主观性和不确定性。机器学习技术，特别是无监督学习和深度学习方法，为中医证候分型研究提供了客观、量化的手段，突破了传统依赖经验判断的主观性限制。通过聚类分析、主成分分析(PCA)等算法，研究者可以从大量临床数据中自动识别出证候的内在结构和模式[5]，实现对证候的客观分型。有学者系统地探讨了帕金森病(PD)患者在接受脑深部电刺激术(DBS)前后中医证候的变化，采用了K均值聚类等无监督学习方法，揭示了DBS对PD非运动症状的影响[6]。研究者能够客观地识别出PD患者在DBS术前后中医证候的变化，减少了传统中医诊断中主观因素的影响，提高了研究结果的科学性和可信度，也充分说明了中医证候分型的临床意义。此外，深度学习模型如运用拟牛顿法构建舌脉象智能辨证的反向传播神经网络(BPNN)模型[7]，在数据量较大的情况下，表现出优秀的证型预测能力，实现舌脉诊的客观化和智能化，进一步提升证候分型的准确性和效率。

1.1.2 基于数据挖掘的证病相关性揭示关联 数据挖掘技术在中医证候与疾病关系的研究中，尤其在早期预警信号的识别方面，展现出重要价值。通过应用关联规则挖掘Apriori算法和贝叶斯网络等方法，

研究者能够从大量临床数据中揭示证候与疾病之间的潜在联系，为疾病的早期筛查和干预提供科学依据。

Apriori算法是一种经典的关联规则挖掘方法，能够从大规模临床数据中发现频繁出现的证候组合。有国内学者采用Apriori算法挖掘肺结节患者的证候关联规律，发现气虚证、气郁证为核心证候，常与痰凝、湿阻等组合成四类高频复合证型[8]。结合肺结节的数量、大小、性质与稳定性，揭示证候分布与结节特征密切相关，展现了中医证候与疾病表型间的内在联系。该方法提升了辨证分型的客观性和系统性，为中医精准治疗提供了有力的数据支撑。

贝叶斯网络是一种基于概率图模型的推理方法，能够表示变量之间的依赖关系，并进行概率推理。在医疗领域，贝叶斯网络已被广泛应用于疾病的诊断和预后预测。研究者利用贝叶斯网络模型分析临床数据，构建证候与疾病之间的概率网络，并根据患者的证候表现，推断其患病的概率[9]。这种方法不仅提高了诊断的准确性，还增强了模型的可解释性，有助于临床决策。

通过结合关联规则挖掘和贝叶斯网络等数据挖掘技术，研究者能够从海量临床数据中系统地揭示中医证候与疾病之间的复杂关系。这种方法不仅有助于识别疾病的早期预警信号，还为个体化治疗方案的制定提供了数据支持，提升了中医药治疗的科学性和精准性[10]。此外，这些技术的应用也促进了中医与现代医学的融合，推动了中医药现代化的发展。

1.1.3 基于深度学习的疾病诊断辅助系统提升临床决策 基于深度学习的疾病诊断辅助系统通过结合多种数据源，提升了中医临床决策的效率。深度学习模型，尤其是结合自然语言处理(NLP)技术[11]，可以从电子病历、医案等文本中自动提取出关键信息，如症状、体征、舌象和脉象等中医证候数据。这些数据在结构化处理后，为诊断模型提供了基础输入。

此外，深度学习模型能融合文本、图像、数值等多模态数据。通过分析舌象图片、脉象波形图及电子病历中的证候描述[12]，模型能够更全面地理解患者的病情，基于证候实现精准诊断。这种多模态数据融合的诊断系统，不仅提高了诊断的准确性，还优化了临床决策过程，帮助医生做出更有效的治疗方案。

1.2 证与方的关系是从经验配伍到规律挖掘 方剂是中医治疗疾病的主要手段，其疗效的发挥依赖于药物之间的合理配伍。“证-方”对应是中医临床用药的基本原则，即根据患者的证候，选择合适的方剂进行治疗。人工智能技术在证与方关系的研究中，主要集中在方剂配伍规律的挖掘和基于证候的方剂推荐两个方面。这些研究为中医临床提供了智能化的辅助工具，提升了诊疗效率和准确性。

1.2.1 基于复杂网络的中药方剂配伍规律挖掘 基于复杂网络理论，中药方剂的配伍规律可以通过构建网络模型来深入探究。首先需要从《中医方剂大辞典》等此类权威数据库中提取方剂信息，将每味中药视作网络节点，将药物同时出现于同一方剂的关系视作节点之间的连线，并结合网络的小世界特性，提出了局部适应度模型[13]，由此构建出大规模的中药配伍网络。网络中节点之间连线的权重则可根据不同药对在方剂中出现的频次或出现概率加以确定。

在中药方剂配伍网络分析阶段中，运用中心性指标可以量化各味药物在网络结构中的重要程度，从而识别出最具影响力的“核心药物”。常用的度中心性(degree centrality)和介数中心性(betweenness centrality)分析。将度中心性与介数中心性结合，可区分出既高频出现又枢纽重要的“双料核心药”[14]。枸杞子在补肾方剂中度中心性高，而在心肾不交类方剂中也担任桥梁，因而在补益类方剂网络中综合中心性指标位居前列。运用中心性指标识别核心药物，不仅为中医方剂理论研究提供了定量化工具，也为智能化配伍与新方设计奠定了方法基础。

将视角进一步扩大至所有方剂的配伍网络后，便能够总结出不同证候下的用药模式。风寒感冒中辛温解表类药物往往是方剂中的高频组合；而针对脾胃虚弱的方剂中，则多见健脾益气类药物配伍出现。通过这种复杂网络方法，不但能够揭示中医组方的核心原则，还为方剂理论研究提供了全新的数据化视角。

1.2.2 基于机器学习的方证对应关系构建证候与方剂的映射模型 机器学习算法能够从海量临床医案中挖掘出证候与方剂之间的对应关系，并据此构建基于证候的方剂推荐模型，为医生提供临床决策支持。

临床医案承载了中医宝贵的诊疗经验，详细记录了患者的望、闻、问、切等四诊信息以及最终的诊断和处方。通过对这些文本化、结构化的数据进行深度挖掘，就能够发现常见证候与方剂的关联模式。

在算法方面，可以选择决策树、随机森林、支持向量机和深度神经网络等多种模型来建立方证对应关系[15]。利用决策树模型对医案数据进行分析，就可以自动生成一系列规则，明确在不同证候下推荐使用哪些方剂。这些规则不仅能指导临床用药，还可作为中医教学的辅助工具。

为了确保推荐模型的可靠性和实用性，需要对其性能进行严格评估，常见的评估指标包括准确率、召回率等[15]。并可邀请中医临床专家对模型输出的方剂建议进行人工审核，从而保证推荐方案符合临床实践需求。

1.3 方与药的关系是从药效评估到作用机制的深入解析 方剂的疗效最终体现在药物的作用上。理解方剂中药物的有效成分、作用靶点和作用机制，是中药现代化的关键所在。人工智能技术在方与药关系的研究中，主要应用于中药复方作用机制的网络药理学研究和基于人工智能的中药新药研发两个方面。

1.3.1 基于网络药理学的中药复方作用机制阐释中药复方的多靶点作用 网络药理学作为一种融合系统生物学、计算生物学与网络科学的新兴交叉学科，近年来在中医药现代化研究中展现出重要价值。其核心理念在于从系统层面整合和分析“药物-成分-靶点-疾病”的多维信息网络[16]，以揭示复杂药物体系的作用机制。这一方法论尤其适用于研究中药复方，“多成分、多靶点、多途径”的特点决定了其治疗作用难以用单一靶点解释，而网络药理学恰能有效刻画其整体调控特性。

在网络构建方面，首先需系统收集中药复方中各药材的活性成分数据，常通过文献挖掘、实验验证和专业数据库（如TCMSP、BATMAN-TCM、SwissTargetPrediction等）进行获取与整合。随后，利用靶点预测技术与疾病相关基因信息（可来源于GeneCards、OMIM、DisGeNET等数据库）进行交叉比对[17]，从而构建“中药-成分-靶点-疾病”的关联网络。这一网络不仅是中药作用机制的可视化表达，也是后续计算分析的基础。

在网络分析阶段，借助网络拓扑学参数（如度中心性、介数中心性、紧密中心性等）对网络结构中的关键节点进行识别。这些节点通常代表复方中的核心活性成分与关键靶点，可能在协同调控疾病过程中发挥主导作用。通过已构建的“成分-靶点-疾病”网络，并利用Cytoscape软件进行可视化分析。通过计算网络中的度中心性等拓扑参数，识别出在网络中具有关键作用的活性成分和靶点。进一步的分子对接实验验证了这些核心成分与关键靶点之间的结合能力[18]，此类分析有助于从复杂成分中筛选出具有药理学研究价值的核心因子，也为靶向干预提供理论依据。

结合基因功能注释与信号通路数据库（如GO和KEGG），对筛选出的关键靶点进行通路富集分析，探索其参与的主要生物学过程与信号通路。有研究者通过网络药理学方法对桃红四物汤进行系统分析[19]，作用于多靶点（如RAC-α、VEGF-A、IL-17等），调控多种生物学过程，其关键信号通路涵盖肿瘤、免疫、心血管、内分泌和神经系统。这与其增强机体正气的功效具有一致性，促进了现代生物学与中医药理论的理性结合。

将网络药理学与人工智能技术相结合，正在成为研究中医“证-病-方-药”多维关联的新趋势。人工智能技术可在数据预处理、靶点预测、关系挖掘、模型构建等多个环节提升效率与精度，使中医药的复杂网络结构更加可解、可视、可预测。例如，深度学习模型可用于疾病-方剂的匹配预测，图神经网络可进一步优化中药成分与靶点的网络关系抽取，为“证候本体-病理机制-治疗策略”的整合研究提供强大支撑。

1.3.2 基于人工智能的中药新药研发 人工智能技术正逐步渗透至中药新药研发的多个关键环节，为解决中药研发中“有效物质不明、作用机制不清、研发周期长、成本高”等瓶颈问题提供了新思路与新工具。通过将AI算法应用于中药化合物的虚拟筛选、活性预测、毒性评估及药代动力学特性分析等方面，能够显著提高研发效率与候选化合物的筛选精度，助力中药创新药物的智能化开发。

在虚拟筛选环节，传统的分子对接方法在处理中药这种结构多样、作用机制复杂的体系时存在效率与准确率上的局限。而基于深度学习的分

子对接与分子生成模型(如GraphDTA、DeepDocking、AlphaFold结合Docking等)可在大规模数据集上训练,以自动学习分子结构与靶点蛋白之间的相互作用规律[20],从而高效预测中药成分的靶点结合能力。

在活性预测方面,基于机器学习的定量构效关系(QSAR)模型被广泛用于建立化学结构与生物活性之间的预测函数[21]。通过收集并整合已有的中药活性成分及其生物活性数据,可训练支持向量机、随机森林、梯度提升树或深度神经网络等模型,以预测新化合物的潜在活性。该方法不仅提升了中药有效物质发现的前瞻性,也为后续体内外实验验证提供科学依据。

在毒性预测方面,人工智能模型可用于构建毒性结构特征识别体系,对中药候选成分的潜在毒副作用进行前期筛查,降低药物开发的安全风险。有学者提出了一种基于图神经网络(GNN)的分子几何表示方法GeoDILI,用于预测药物引起的肝损伤(DILI)[22]。GeoDILI模型通过将分子结构转化为几何图形,捕捉分子间的空间关系,从而提高了对DILI的预测准确性。基于图神经网络或集成学习框架构建的预测模型可识别与肝毒性、肾毒性、致突变性等相关的分子特征,从而在早期排除可能存在严重毒性的结构类型,优化化合物设计与选择路径。还可以预测中药成分的药代动力学特性(ADME,即吸收、分布、代谢和排泄),通过建模化合物与药物转运体、代谢酶之间的相互作用,辅助判断其成药性与生物利用度,从而提高药物筛选的成功率。

2 “证-病-方-药”一体化研究

“证-病-方-药”四个要素相互联系,构成了一个有机的整体。人工智能技术的发展,为实现四者的一体化研究提供了可能。通过整合多源异构数据,构建中医知识图谱,并利用人工智能技术进行知识推理和决策支持,可以构建出智能化的中医诊疗体系,实现“证-病-方-药”一体化的智能诊疗。

2.1 基于知识图谱的中医知识引擎智能化应用 知识图谱是一种以图结构表达实体及其关系的知识建模方法,知识图谱补全技术在中医药典籍挖掘中的创新应用,通过补全技术整合分散的典籍资源,推进中医药学理论的现代化解读,融合多模态知识实现中医古籍的智能化发展与传承[23]。适用于中医“证-病-方-药”体系的系统表达与智能化研究,构建过程中,通过自然语言处理技术从古籍、医案、指南和科研文献中提取中医核心实体及其语义关系,并转化为多元组(如“麻黄汤-治疗-风寒感冒”),实现知识的结构化与标准化。基于此图谱可开展多层级推理,例如由证候推导疾病、再对应治疗方剂与组方用药,支持诊疗决策与知识发现。结合图嵌入与规则学习等算法,图谱还能挖掘潜在的证病关联与方药规律,为中医理论创新与智能应用提供有力支撑。知识图谱正逐步成为中医知识工程化与智能化发展的关键基础设施。

2.2 基于多模态数据融合打造智能中医的临床实践平台 中医诊疗过程具有高度的个体化与综合性,涉及多种异构数据类型,包括四诊信息(望、闻、问、切)、实验室检查指标、影像学资料、电子病历文本等。多模态数据融合技术为整合这些不同模态的数据提供了可行路径,可构建更全面的患者表征模型,从而提升中医诊断与治疗决策的智能化水平。

在数据整合阶段,需对来源多样、格式各异的数据进行预处理与标准化,使其能够被统一模型接受与处理。例如,将舌象图像通过卷积神经网络提取为视觉特征向量,脉象波形通过时序建模转化为时间序列数据,电子病历中的自然语言文本则通过命名实体识别与关系抽取转化为结构化信息。通过这种多源异构数据的协同编码,为后续建模奠定基础。

多模态深度学习模型(如Transformer架构、注意力机制融合网络等)能够有效整合图像、时序、生理与文本等多种模态的信息[12],广泛应用于中医疾病智能诊断、证候分型、方剂推荐等任务。可以融合舌象、脉象、面色图像与四诊文本信息,可实现对证候的精准识别与个性化治疗方案的推荐,体现出中医辨证论治的系统性与个体化优势。

在人机交互设计方面,中医智能决策支持系统需具备友好、直观的界面,便于临床医生操作与理解。系统不仅应能自动生成结构化诊疗建议与报告,还应提供可追溯的推理路径及模型解释性结果,增强医生对AI辅助诊疗结果的信任与接受度,促进人工智能在中医临床实践中的有效落地。

3 人工智能与中医“证-病-方-药”研究的挑战与展望

尽管人工智能在揭示中医“证-病-方-药”关系方面展现出巨大的潜力，但该领域尚处于探索阶段，仍面临多重挑战。这些挑战不仅源于中医理论与实践本身的复杂性，也受到人工智能技术发展瓶颈的制约。要实现二者的深度融合，亟需从数据、模型、方法论和伦理等多维度加以突破。

3.1 中医数据的质量与标准化困境 中医数据来源多样，涵盖不同医院、医生、采集设备和诊疗风格，导致同一证候存在多种描述方式，舌象图像、脉象信号等模态也缺乏统一标准，存在数据异质性。大部分数据以自由文本形式存在（如电子病历、医案等）[24]，难以直接应用于模型训练，需要借助自然语言处理进行结构化处理。临床实践中常见舌诊、脉诊等检查项目缺失，对模型完整性产生影响。

因此需要推进中医临床数据标准化体系建设，统一术语、采集方法与记录格式；建立完善的数据治理机制，提升数据清洗、标注、审核流程；通过建设共享平台，促进跨机构数据流通，丰富数据来源，提高模型泛化能力。

3.2 中医抽象概念与AI模型的融合问题 中医核心概念如“气”“血”“阴阳”“五行”等高度抽象、难以量化，使人工智能模型的构建和解释充满挑战[25]。深度学习模型在提高诊断准确率的同时，其内部推理机制却难以解释，限制了其在临床决策中的应用。AI擅长发现数据的统计规律，而中医诊疗依赖于基于经验的逻辑推理和整体观念，二者难以直接衔接。

依靠可解释性人工智能技术发展，如注意力机制、可视化模型等[26]，提升推理路径的透明度；融合中医知识图谱与深度模型，借助先验知识增强模型解释力；构建人机协同体系，实现“人工智能辅助，医生主导”的临床决策模式。

3.3 模型跨区域、跨人群的适应性问题 当前多数研究模型基于特定机构或地区的数据训练，难以有效推广至其他临床场景导致泛化能力受限。训练数据若集中于特定人群或病种，易导致模型学习到的规律具有局限性和数据偏倚；模型过度依赖训练集特征，泛化能力不足，难以适应真实复杂的临床数据。

开展多中心临床研究，构建多样化、高质量的数据集；引入迁移学习等策略，实现模型在不同数据源之间的知识迁移[27]；借助联邦学习技术[28]，在保障数据隐私的前提下实现跨机构联合建模，提升模型通用性与安全性。

3.4 伦理与安全是中医AI系统可持续发展的前提 人工智能介入中医临床过程需关注伦理与社会责任问题，确保技术应用的合规性与可信度。中医电子病历中包含大量敏感信息，需采用匿名化、加密、差分隐私等技术加以保护；避免模型在种族、性别、地区等方面产生系统性偏差；AI辅助决策如出现误诊，涉及开发方、医疗方、监管方的法律责任尚待明确，确定责任归属[29]。

可以强化伦理审查与制度建设，建立透明、公正的技术评估机制；推动人工智能相关立法，明确中医AI系统的责任边界；加强系统安全保障，防范数据泄露与模型攻击风险。医疗AI可能影响医生信息披露的准确性和客观性，以及患者的理解能力和同意意愿。建议采用以患者为中心的信息披露标准，重构医疗责任规则，增强专业培训，并通过教育提升公众对医疗AI的理解[30]。

4 讨论

在数字化转型与医学科技不断进步的背景下，传统中医“证-病-方-药”体系正处于从古代经验医学向现代科学医学融合发展的关键阶段。尽管当前人工智能相关技术已在中医临床应用的多个方面取得初步成果，如证候类型的识别、方药配伍规律的分析、治疗机制的揭示以及新药研发的智能筛选等，但仍面临一些亟需突破的难题。由于中医理论高度抽象，诸如“气、血、阴阳、五行”等核心概念难以被直接量化建模；中医数据来源分散，描述方式不统一，存在信息异质性高、结构化程度低的问题，加之深度模型本身解释性有限，限制了其在临床中的信任度与适应性。而不同地区、不同人群间的体质差异及诊疗习惯差异，也使模型的泛化能力受到挑战，数据安全、隐私保护与伦理责任等问题也逐渐成为不可回避的重要议题。由于这些原因，亟需从多维度综合推进。

目前应加快中医临床信息标准化体系建设，统一诊疗术语、图像采集规范和电子病历记录方式，

并建立覆盖多机构、多区域的高质量数据共享平台；适时结合中医知识体系与现代建模方法，强化模型的解释性和可追溯性，提升临床使用的安全性与信赖度；通过依托多中心联合研究，积累多样化人群的诊疗数据，迁移学习与联邦学习等先进算法实现模型的跨域适应与稳健推广；同时，不可忽视加强法规制度建设与伦理风险评估，明确中医智能辅助系统的责任划分与边界，保障患者的知情同意权和隐私权；最终能够构建“医生主导-技术辅助”的智能化诊疗新模式，促进中医临床经验与现代技术的有机融合，引领中医药走向系统化与智能化发展的新阶段。

人工智能正为中医药现代化注入新的动能。通过AI技术的引入，不仅能够更系统地理解“证-病-方-药”之间的复杂关系，还可推动中医从经验医学向数据驱动与智能决策转型。面对未来，应立足中医药本体，借助人工智能之力，实现中医理论创新、诊疗模式重构与产业形态升级，推动中华传统医学在新时代焕发新的活力。

[参考文献]

[1] 许鸿本，赵文，周惠敏，等. 基于脏腑病机的辅助智能诊疗系统研究[J]. 福建中医药，2021，52(11)：5-9.

[2] LI Z，REN X，XIAO L，et al. Research on Data Analysis Network of TCM Tongue Diagnosis Based on Deep Learning Technology[J]. Journal of Healthcare Engineering，2022，2022：9372807.

[3] 王志杰，樊薛津，王豫骞，等. 机器学习方法在中医药研究中的应用进展[J]. 药物评价研究，2024，47(8)：1906-1913.

[4] ZHENG J. Traditional Chinese Medicine Clinical Thinking Based on the Combination of Disease and Syndrome[J]. Traditional Chinese Medicine，2021，10(2)：246-250.

[5] YANG B. The Application Progress of Common Machine Learning Techniques in Traditional Chinese Medicine Syndrome Diagnosis[J]. Computer Science and Application，2024，14(3)：169-177.

[6] 谭丽，马羽，吴康，等. 基于机器学习探讨经脑深部电刺激术治疗后帕金森病围手术期中医证候变化[J]. 中华中医药杂志，2023，38(12)：6128-6132.

[7] 叶桦，冯全生，严小英，等. 基于人工神经网络的糖尿病合并冠心病舌脉象证型预测研究[J]. 中华中医药杂志，2020，35(10)：5184-5187.

[8] 李玥，张馨月，何姝霖，等. 肺结节临床症状及中医证候分布特征[J]. 中国中药杂志，2023，48(17)：4782-4788.

[9] POHL M，RESTER M，WILTNER S. Usability and transferability of a visualization methodology for medical data[C]//HOLZINGER A. HCI and usability for medicine and health care：USAB 2007. Berlin：Springer，2007：171-184.

[10] 蓝鋆，王晶，尤圣富，等. 贝叶斯网络技术在中医证候研究中的运用[J]. 中国中医骨伤科杂志，2015，23(2)：70-72.

[11] 展志宏，戴国华，张丛惠，等. 中医智能辨证多决策模型构建思路与方法[J]. 中华中医药学刊，2024，42(2)：13-16.

[12] DAI Y，WANG G，DAI J，et al. A multimodal deep architecture for traditional Chinese medicine diagnosis[J]. Concurrency and Computation：Practice and Experience，2020，32(19)：e5781.

[13] 韩楠，乔少杰，李天瑞，等. 面向复杂网络的中药方剂配伍规律挖掘算法[J]. 计算机科学与探索，2017，11(7)：1159-1165.

[14] ZHANG Y，LIU Y，ZHU J，et al. A Semantic Analysis and Community Detection-Based Artificial Intelligence Model for Core Herb Discovery from the Literature：Taking Chronic Glomerulonephritis Treatment as a Case Study[J]. Computational and Mathematical Methods in Medicine，2020，2020：1862168.

[15] TENG S，FU A，LU W，et al. TCM syndrome classification using graph convolutional network[J]. European Journal of Integrative Medicine，2023，62：102288.

[16] LI L，YANG L，YANG L，et al. Network pharmacology：a bright guiding light on the way to explore the personalized precise medication of traditional Chinese medicine[J]. Chinese Medicine，2023，18(1)：146.

[17] ZHAO L，ZHANG H，LI N，et al. Network pharmacology，a promising approach to reveal the pharmacology mechanism of Chinese medicine formula[J]. Journal of Ethnopharmacology，2023，309：116306.

[18] SUN S，WANG Y，LI J，et al. Network Pharmacology-Based Approach to Investigate the Active Ingredients and Therapeutic Mechanisms of Jingu Tongxiao Pill against Osteoarthritis[J]. Acs Omega，2023，8：31529-31540.

[19] 邓晶晶，江华娟，兰兴，等. 基于网络药理学和分子对接探究经典名方桃红四物汤异病同治作用机制[J]. 中草药，2021，52(10)：3018-3029.

[20] LI M，ZHANG J. A focus on harnessing big data and artificial intelligence：revolutionizing drug discovery from traditional Chinese medicine sources[J]. Chemical Science，2023，14(39)：10628-10630.

[21] WIRIYARATTANAKUL A，XIE W，TOOPRADAB B，et al. Comparative Study of Machine Learning-Based QSAR Modeling of Anti-inflammatory Compounds from Durian Extraction[J]. Acs Omega，2024，9(7)：7817-7826.

[22] WU W，QIAN J，LIANG C，et al. GeoDILI：A Robust and Interpretable Model for Drug-Induced Liver Injury Prediction Using

Graph Neural Network-Based Molecular Geometric Representation[J]. Chemical Research in Toxicology，2023，36：1717-1730.

[23] 于佳田，佟旭，佟琳，等. 知识图谱补全技术及其在中医药典籍挖掘中的应用[J]. 中国中医基础医学杂志，2025，31(8)：1339-1346.

[24] ZHANG T，HUANG Z，WANG Y，et al. Information Extraction from the Text Data on Traditional Chinese Medicine：A Review on Tasks，Challenges，and Methods from 2010 to 2021[J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine，2022，2022：1-19.

[25] 刘嘉艺，赖鸿皓，潘蓓，等. 生成式人工智能在中医药标准化研究中的应用前景与挑战[J]. 上海中医药杂志，2025，59(4)：1-7，54.

[26] PALANQUE P，BASNYAT S，NAVARRE D. Improving interactive systems usability using formal description techniques: application to health care[C]//HOLZINGER A. HCI and usability for medicine and health care：USAB 2007. Berlin：Springer，2007：21-40.

[27] YANG J，SOLTAN A A S，CLIFTON D A. Machine learning generalizability across healthcare settings：insights from multi-site COVID-19 screening[J]. NPJ Digital Medicine，2022，5(1)：69.

[28] TEO Z L，JIN L，LIU N，et al. Federated machine learning in healthcare：A systematic review on clinical applications and technical architecture[J]. Cell Reports Medicine，2024，5(3)：101481.

[29] WANG C，ZHANG J，LASSI N，et al. Privacy Protection in Using Artificial Intelligence for Healthcare：Chinese Regulation in Comparative Perspective[J]. Healthcare，2022，10(10)：1878.

[30] WANG Y，MA Z. Ethical and legal challenges of medical AI on informed consent：China as an example[J]. Developing World Bioethics，2025，25(1)：46-54.

[责任编辑：郭雨驰，刘淑婷，蒋维超(英文)]