

DOI: 10.3969/j.issn.1672-1101.2025.05.005

智能人机协同医疗决策的影响因素：系统综述

耿娜^{1,2}, 阮观梅¹, 庄蕾³

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200030; 2. 安徽理工大学 经济与管理学院, 安徽 淮南 232001; 3. 上海交通大学 医学院附属瑞金医院, 上海 200025)

摘要: 基于 IPO(输入-过程-输出)模型, 文章对人机协同医疗决策的影响因素、干预措施、协同效果进行了系统性文献回顾。在输入方面, 梳理了影响医生采纳人工智能(AI)的主观和客观因素, 以及影响协同效果的因素如 AI 特征、医生特征和环境因素等; 在过程方面, 探讨了如何构建人机信任及选择人机协同决策模式; 在输出方面, 评估了人机协同对医生决策绩效、态度及行为的影响。最后, 讨论了现有研究的局限性, 总结了八个未来研究方向, 旨在为人机协同在医疗决策中的应用提供理论支持与实践指导。

关键词: 人机协同; 医疗决策; 影响因素; 人工智能; 协同效果

中图分类号: R197.323 文献标志码: A 文章编号: 1672-1101(2025)05-0041-11

Influencing Factors of Intelligent Human-Machine Collaboration on Medical Decision-making: A Systematic Review

GENG Na^{1,2}, RUAN Guanmei¹, ZHUANG Lei³

(1. Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China; 2. School of Economics and Management, Anhui University of Science & Technology, Huainan, Anhui 232001, China; 3. Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China)

Abstract: Using the input-process-output (IPO) model, this paper presents a systematic literature review of the influencing factors, intervention strategies, and consequences of human-machine collaborative medical decision-making. In terms of input, the subjective and objective factors influencing doctors' adoption of artificial intelligence (AI), as well as the factors affecting the synergy effect, such as AI features, doctors' characteristics, and environmental factors, were sorted out; in terms of the process, it explored how to construct human-machine trust and select the human-machine collaborative decision-making model; in terms of output, the impact of human-machine collaboration on doctors' decision-making performance, attitudes and behaviors was evaluated. Finally, the limitations of the existing research were discussed, and eight future research directions were summarized, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the application of human-machine collaboration in medical decision-making.

Key words: human-machine collaboration; medical decision-making; influencing factors; artificial intelligence; collaboration consequences

当前, 全球医疗系统正面临资源不足与配置失衡的双重挑战。据世界卫生组织 2022 年报告数据

显示, 全球平均每万名人口仅拥有 17.2 名医生^[1]。预计到 2030 年, 全球医疗卫生人力缺口将高达

收稿日期: 2025-07-15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目: 面向医疗服务的人机协同机制及人机系统管理决策优化研究(72031007)

作者简介: 耿娜(1980-), 女, 山东淄博人, 教授, 博士, 研究方向: 医疗服务、运作管理优化。

1 023 万人,其中包括 194 万名执业医师和 450 万名护理人员^{[2]5}。此外,低收入国家医护人员密度持续处于较低水平^{[2]3},进一步加剧了全球医疗资源分配的不均衡。在此背景下,人工智能(AI)为缓解医疗系统压力、提升服务能力提供了新的发展契机。近年来,医疗 AI 在疾病筛查、辅助诊断及个性化治疗等领域进展显著,持续推动医疗服务向智能化转型升级。据统计,2024 年全球医疗 AI 市场规模已超 140 亿美元,预计到 2035 年将增长至 774.6 亿美元^[3]。然而,尽管 AI 展现出巨大的应用潜力,已有研究指出,仅依赖机器学习或深度神经网络的 AI 系统在实际临床应用中仍存在明显局限,主要原因在于其缺乏对人机协同机制的系统考量^[4-5]。

人机协同逐渐成为医疗 AI 发展中的重要范式。该模式强调人类(本文中专指医生)与智能设备(包括人工智能系统、智能机器人、智能传感器等)通过优势互补,共同完成任务,从而提升医疗效率与决策质量^[6-7]。医生在独立决策时虽可依托丰富的临床经验和直觉判断,但在处理海量、复杂信息时易受认知负荷与工作压力的影响,增加误诊或漏诊的风险^[8];而 AI 虽能高效处理数据、提供基于数据的诊断建议,却在应对情感、伦理及高度个性化需求等方面存在不足。因此,如何通过有效的人机协同以整合二者优势,已成为当前医疗 AI 研究的焦点。目前,已有研究系统阐述了医疗 AI 抵制的前因、干预和表现^[9],但是多数已有研究集中于 AI 采纳前的接受问题,较少涉及 AI 采纳后的协同机制与实际效果。为此,本文通过系统文献回顾,并基于 IPO(输入-过程-输出)模型,深入分析医疗决策中人机协同的关键影响因素、相应干预策略及其协同效果,以期为提升人机协同的实际效能提供理论依据和实践指导。

一、研究方法

(一)文献收集

本文系统检索了 2005—2025 年间医生和 AI 协同决策相关的研究文献,涵盖《Management Science》《Nature》《Radiology》等权威期刊,涉及人工智能、人机交互、医学信息学、医疗管理及公共卫生等多个领域。在文献筛选过程中,围绕研究主题,以“人工智能”“医疗决策”“人机协同”“AI 辅助决策”等为核心关键词展开检索,并运用布尔逻辑运算符(AND、OR、NOT)扩展关键词范围,共获得 83

篇相关文献。图 1 展示了 2017—2025 年相关文献的发表数量。

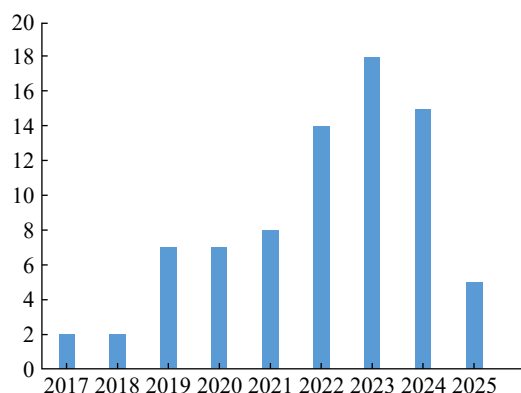


图 1 2017—2025 年相关文献发表数量

(二)描述性分析

表 1 系统梳理了近年来在知名管理类与医学类期刊中发表的、关于医疗领域人机协同决策的相关文献分布。从学科分布来看,管理类期刊的研究多聚焦于人工智能在医疗管理、决策支持系统、技术接受度以及流程优化等组织与系统层面;而医学类期刊则更侧重于人工智能在影像诊断、疾病预测、临床应用效果评估等具体临床实践领域的研究。

表 1 按期刊分类的论文发表数量

期刊类型	期刊	文献	数量
Management-Related Journals	Management Science	[10-12]	3
	Manufacturing & Service Operations Management	[13, 14]	2
	Decision support systems	[15, 16]	2
	Information & Management	[17, 18]	2
	Computers in Human Behavior	[19]	1
Medical-Related Journals	Nature	[20]	1
	JAMA	[21, 22]	2
	Nature medicine	[23]	1
	Radiology	[24-26]	3
	European radiology	[27, 28]	2
	JAMA dermatology	[29]	1

(三)研究框架

IPO 模型由 McGrath 等学者提出^[30],强调系统中的输入、过程与输出之间的相互关系,并广泛应用于组织行为、信息系统等领域的研究^[31]。鉴于此,本文建立研究框架如图 2 所示。

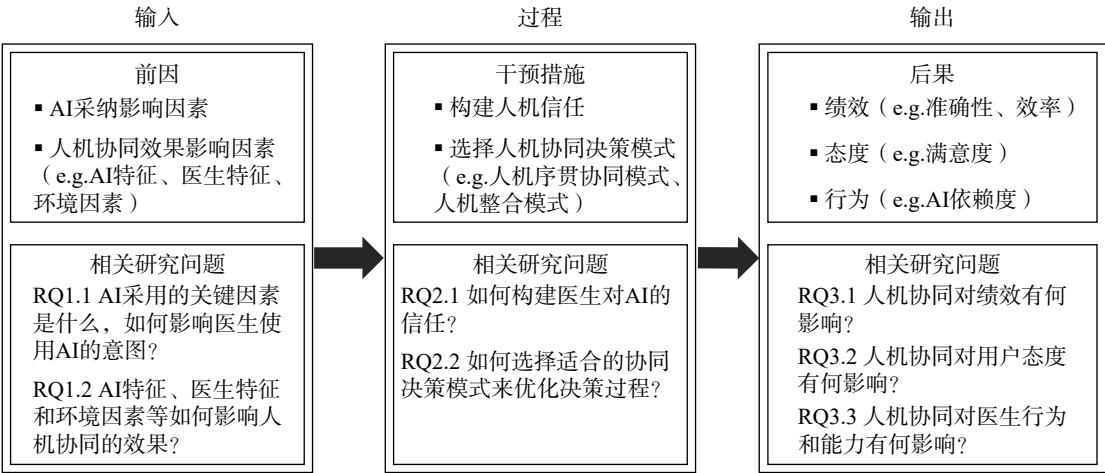


图 2 研究框架

表 2 分别从前因、干预措施及后果三个维度对相关文献中所采用的研究方法进行了系统归纳。现有研究以实验法(31.6%)和问卷调查法(22.4%)为主,且高度聚焦于人机协同前因的探讨,占比达67.1%。

表 2 研究方法

研究方法	前因	干预措施	后果	数量
问卷调查	13	1	3	17
案例研究	1	0	0	1
概念性研究	3	3	0	6
访谈	3	1	0	4
实验研究	14	5	5	24
混合方法	3	0	0	3
文献综述	8	3	4	15
二手数据研究	6	0	0	6

二、文献分析

(一)前因

1.什么影响 AI 采纳?

现有研究主要围绕辅助诊疗场景下医生与 AI 协同行为的影响因素展开,通常可分为主观因素和客观因素两大类。主观因素包括医生的个人特质、价值感知和用户态度;客观因素包括社会影响、经济条件、AI 信息质量等外部因素,具体如表 3 所示。

在个人特质方面,年轻^[32]、乐观^{[19]8}、创新意识强^{[19]8}及专业水平高^{[33]10}的医生更容易接受 AI 技术。在价值感知方面,情感价值(如使用 AI 带来的安全

感)对医生的 AI 采纳意愿具有显著影响,而认知价值(如满足好奇心)则未表现出显著作用^{[19]8}。此外,系统的感知易用性与服务可用性也有助于增强医生对 AI 有用性的认可,从而进一步提升其采纳意愿^{[15]593}。在用户态度方面,医生的初始信任有助于促进其对 AI 新技术的尝试^{[18]13},但对 AI 替代的担忧^{[34]6}和变革抵抗情绪^[35]则会显著降低其采纳意愿。约 77.75% 医务人员担忧 AI 替代问题,且这些人员普遍缺乏对 AI 相关知识的了解^{[34]5}。在社会影响层面,来自同事、上级及行业权威的正面评价与推荐,能够有效提升医生对 AI 的接受程度^{[18]12}。经济因素同样不可忽视,医疗机构的成本控制预期和经济效益评估,也直接影响 AI 技术的推广与实际应用^[36]。此外, AI 所提供的信息是否准确、及时和可靠,是医生建立并维持信任的基础,进而影响该技术的进一步普及^{[33]4}。

2.什么影响人机协同效果?

本部分将进一步探讨影响人机协同效果的因素,包括 AI 特征、医生特征及环境因素等。

(1)AI 特征

AI 特征是决定协作效果的关键因素,包括算法准确性、可解释性、AI 偏差和输出形式等。高准确性算法可显著提升协同诊断的表现,如胸片辅助评估中,AUC 值可从 0.77 提升至 0.82^{[26]6},相反,不准确的 AI 建议则可能误导医生,增加误诊风险^{[27]8267}。优化 AI 结果的呈现方式可一定程度上减轻错误 AI 的负面影响^{[27]8268}。AI 的“黑箱”特性是阻碍人机有效协作的常见问题,借助热力图等可解释性工具,能够帮助提升医生的诊断准确率^[43],不过不同解释程度对效果的影响差异不大^[44]。需注意的是, AI 的

表 3 AI 采纳影响因素

维度	影响因素	文献	描述
个人 特质	年龄	[32, 37, 38]	用户的年龄差异对技术接受的影响
	乐观	[19]	用户对 AI 技术或系统的积极态度
	个人创新性	[15, 19]	个人尝试创新的意愿
	专业水平	[33]	用户在医学领域的知识、技能和经验
价值 感知	认知价值	[19]	用户通过使用 AI 技术获得知识和满足好奇心的价值
	情感价值	[19]	用户使用 AI 技术时感到安全和受到保护
	感知易用性	[15-17]	户认为使用 AI 技术或系统的难易程度
	感知有用性	[15-17]	用户认为使用 AI 技术或系统能够提高工作绩效的程度
用户 态度	感知服务可用性	[15]	用户对某项技术或服务在特定时间内是否可访问、是否能顺利使用的主观感知
	初始信任	[18, 33, 39]	用户首次接触 AI 时, 对其可靠性和能力的初步信任
	替代性威胁	[34, 40]	用户认为 AI 技术可能取代他们的工作或降低他们的专业价值
	抵抗变革	[18, 35]	用户面对技术变革时所表现出的负面反应
外部 因素	社会影响	[18, 39, 41]	用户感知到他人(如同事、领导)认为他们应该使用 AI 技术的程度
	经济条件	[36]	AI 技术或系统对经济效益和成本等的影响
	AI 信息质量	[33, 42]	AI 系统提供的信息的可靠程度

可解释性和准确性之间常需权衡^[45]。此外, AI 可能引入统计偏差(如测量误差^[46]、抽样偏差^{[29]1247}、标注偏差^[47]、对训练数据的过拟合^[48])与社会偏差(如种族偏差^[49]和性别偏差^[50]), 这些偏差可能加剧医疗不平等, 因此需通过数据预处理、训练优化与后处理等方法予以缓解^[51]。AI 的输出形式也显著影响协作效果: 多分类概率输出有助于将复杂任务的诊断准确率从 63.6% 提高至 77.0%, 二元概率预测则更适用于是否活检等简单决策场景, 而基于内容的图像检索因交互复杂作用有限^{[23]1230}。

(2) 医生特征

医生特征对人机协同效果的影响可以从经验、认知偏差和自我效能等方面进行分析。经验不足的医生更依赖 AI^[52], 易出现自动化偏差^{[24]6}, 但从 AI 中获益更大^{[23]1232}; 经验丰富者能更好识别 AI 错误^{[10]5762}, 尽管对 AI 建议存有偏见, 其诊断结果仍未受影响^[53]。认知偏差与多数诊断错误相关^{[54]1494}, 常见类型包括过度自信偏差^[55]、确认偏差^[56]、锚定偏差^[57]、过早结论偏差^{[54]1498} 以及可得性偏差^[58], 元认知能力强的医生更能规避偏差并有效利用 AI^[59]。自我效能方面, 无时间压力时, AI 辅助显著提升了低自我效能医生的诊断准确性, 而对高自我效能者影响有限; 但在时间压力下, 所有医生均能从中获益^[60]。

(3) 环境因素

环境因素包括伦理法律、任务复杂性与组织管理三方面。AI 在医疗中的应用面临数据隐私与责任归属等伦理和法律挑战^[61-62], 这些因素可能会影响医生对 AI 系统的信任和依赖程度, 进而影响人机协同的整体效果。AI 通常在低复杂性任务中发挥主导作用, 而在高复杂性任务中则更适合作为辅助工具, 以增强医生的信任并提升协作效果^[63-64]。在组织管理层面, 医院的制度设计、资源投入以及培训支持等因素也显著影响医生与 AI 的协作质量。

(二) 干预措施

1. 构建人机信任

尽管 AI 在实验室环境中常表现出较高的准确性, 其在真实临床场景中的应用效果往往不尽如人意, 这一“最后一公里”问题主要源于医生对 AI 的信任不充分或不适当^[65]。医生若过度信任 AI, 可能盲从其错误建议; 若信任不足, 则可能忽视 AI 提供的有效信息^[66]。通过反事实解释^[67] 与不确定性输出^[68]可以避免医生盲目信赖。通过显示信心评分、提供全局解释和局部解释、展示性能指标能够缓解信任不足^[69]。

人机信任是一个复杂且动态变化的过程, 其形成与发展受个人、组织、文化及环境等多重背景因

素的影响^{[70]209}。建立适度信任通常需经历三个阶段: 理解 AI 的目标、流程与性能以形成初步认知; 通过持续互动逐步建立信任关系; 最终依据 AI 的实际能力和具体情境动态调整信任水平与依赖程度^{[70]210}。现有研究主要通过“信任校准”这一构念来评估信任的适当性, 即人对 AI 的信任程度与 AI 实际能力相匹配的过程^[71]。信任评估重点应放在训练数据的性质、完整性和相关性上, 而非过度强调算法内部的

计算过程, 这需要区分“源可解释性”与“功能可解释性”, 并据此制定科学有效的信任校准机制^[72]。

2. 选择人机协同决策模式

选择合适的决策模式不仅有助于增强人机之间的信任, 还能提高决策的效率和准确性, 从而改善人机协同的整体效果。根据决策结构和团队互动模式的不同, 现有研究提出了多种人机协同决策模式, 见表 4。

表 4 人机协同决策模式

维度	人机协同决策模式	描述	文献
根据决策结构分类	完全授权 AI 的协同模式	AI 独立做出决策, 人类仅进行监督	[73]
	AI-人类序贯协同模式	AI 先分析提供建议, 人类基于此做决策	[73]
	人类- AI 序贯协同模式	人类先分析提供建议, AI 基于此做决策	[73]
	人机整合模式	人类与 AI 共同协作	[73]
根据团队互动模式分类	多人与 AI 协同-从 AI 获取信息	团队成员依赖 AI 提供的实时数据和决策支持	[74]
	多人与 AI 协同-从人类获取信息	团队成员主要依赖其他成员提供的专业知识和建议	[74]

不同人机协同模式对诊断效果及医生工作负担存在显著差异。AI-人类序贯协同模式虽能减少认知偏见并提高诊断准确性^[75], 但可能打断医生工作流程, 增加其负担^{[76]9}。相比之下, AI 与医生同步独立诊断, 仅在结果不一致时介入的人机整合模式可减轻医生负担并增强对 AI 的信任^{[76]10}。然而, 人机整合模式下医生更倾向于采纳 AI 的建议, 表现出明显的锚定效应^{[77]8}。若采用人类-AI 序贯协同模式, 即医生先独立分析再参考 AI 意见, 则有助于缓解锚定偏差, 提高诊断准确率^{[11]15}, 且该模式所耗时间与人机整合模式相近^{[77]11}。现有研究多聚焦于单个人类与 AI 之间的协同, 尚未充分关注真实医疗环境中多学科协作团队的复杂互动机制^[78]。在多人与 AI 协同模式中, 相比低绩效团队, 高绩效团队能够有效整合 AI 和人类成员的信息, 提出新的假设并质疑 AI 的建议, 从而提高决策准确性^{[74]6}。选择适宜的人机协同模式应综合考虑 AI 与医生的能力结构、实际工作流程及团队组织特征。

(三) 后果

依据 Cohen 和 Bailey^[79]提出的框架, 人机协同在医疗决策中的效果可从绩效、态度和行为三个维度进行评估。

1. 对绩效的影响

AI 辅助有助于医生更高效、准确地处理大量

复杂患者数据, 从而提升诊断准确率^{[28]3473}和效率^{[25]634}, 减轻医生工作负担^{[20]91}, 这一优势在癌症筛查^{[23]1229}和医学影像诊断^[80]等领域尤为显著。例如, 乳腺癌诊断中, AI 的引入使误诊率降低 27%, 漏诊率下降 4%, 高严重程度病例的诊断准确率提升 51%^[81]。然而, Goh 等^[82]通过一项随机对照试验发现, AI 辅助并未显著提高医生的诊断表现, 其原因可能与医生缺乏充分的 AI 系统培训、未能有效利用 AI 功能有关。Feng 等^{[12]2}进一步指出, 不应仅依据 AI 的 ROC 曲线优于医生平均水平, 即得出 AI 更具优势的结论。此外, 人机协同决策也存在潜在弊端, 如 AI 可能导致信息碎片化、工作流程干扰和警报疲劳, 增加医生做出不安全临床决策的风险^[83]。

2. 对态度的影响

人机协同决策的有效性还体现在用户满意度方面。调查显示, 肿瘤科医生普遍对人工智能工具 Watson for Oncology (WfO) 所提供治疗方案的质量 (86.3%) 与信息的可理解性 (88.2%)^[84]表示认可。然而, 在实际应用过程中, 医生也对 WfO 的可操作性及其与临床流程的整合提出了质疑, 例如需要手动输入数据, 以及系统推荐方案未能充分考虑本地药物可及性问题^[85]。在医学生群体中, 超过 70% 的学生对人工智能在医疗领域的应用持积极态度^[86], 认为其有助于职业发展和公共卫生水平的提升^[87]。

3.对行为的影响

医生在使用 AI 辅助工具时,常表现出较高的依赖性。过度依赖 AI 可能导致医生更快做出决策,却在一定程度上影响其诊断准确性^[88],并引发认知惰性,削弱其独立判断能力^{[22][517]}及自主学习能力^[89]。Liu 等^[90]学者指出,一种可行的解决方案是设立决策

后审查流程,由多位专家共同对决策数据进行审核,并通过数据公开提升 AI 系统的可靠性与预测能力。

三、未来研究方向

基于现有文献的系统分析,本文提出 8 个具有重要理论与现实意义的未来研究方向,详见表 5。

表 5 未来研究问题

维度	议题	未来研究问题
输入	数据可用性	FQ1: 不同医院、诊所、医疗系统之间的数据共享机制如何影响 AI 的训练和实际表现 FQ2: 医疗数据的互操作性(例如不同系统间的兼容性)对人机协同效果有什么影响
	人机协同中的信任构建	FQ3: 人机信任度测量及动态研究 FQ4: 如何协调多学科团队成员对 AI 的信任水平
过程	人机协同决策模式优化	FQ5: 如何进行多人与 AI 协同以减少认知偏差并提升整体决策绩效
输出	人机协同长期影响	FQ6: 人机协同对医生决策能力的长期影响
		FQ7: 人机协同对健康公平的影响
		FQ8: 人机协同决策对医患关系的影响

(一)基于前因的研究议题

当前医疗领域普遍存在“数据孤岛”问题,不同机构间的数据格式和隐私策略方面的差异,严重阻碍了信息的有效整合与共享^[91]。这不仅削弱了 AI 模型的泛化能力,也降低了医生对其建议的信任,从而影响人机协同整体效果的发挥。尽管 AI 模型在算法优化上取得进展,但数据共享机制对模型训练质量与临床应用效果的影响研究仍显不足(FQ1)。此外,医疗健康信息技术的互操作性已被证实能够显著提升诊疗效率并降低患者再入院率^{[14][843]},然而现实中系统间数据兼容性较差,阻碍了医生获取完整信息,进一步影响 AI 辅助决策的实际效能。因此,有必要深入探讨数据互操作性对人机协同医疗决策的影响(FQ2),为 AI 系统的可靠应用和医疗信息系统优化提供理论与实践支持。

(二)基于过程的研究议题

人机信任是影响 AI 辅助决策有效性的关键因素,然而当前对人机信任的研究多停留在横截面测量,未能充分揭示信任的动态演化特性。医生对 AI 的信任会随使用过程中的系统表现、个体经验与外部环境变化而不断调整,现有研究尚未建立科学的动态信任测量体系,也缺乏关于信任校准的有效路径(FQ3)。另一方面,临床多学科团队中,成员因专业背景、风险认知等差异,对 AI 的信任水平存在显著分歧,可能影响 AI 建议的采纳与最终决策质

量^[92]。现有研究多聚焦于个体医生,亟须从团队协同角度出发,探索如何在多学科背景下协调信任水平(FQ4),并有效整合多方专业知识与 AI 建议,以优化人机协同决策模式,从而提升集体决策绩效与医疗服务质量(FQ5)。

(三)基于后果的研究议题

长期使用 AI 可能对医生的临床决策能力产生复杂影响,例如过度依赖可能导致其自主诊断能力下降,或通过人机协同中的持续校准与学习效应提升医生决策能力。现有研究多聚焦人机协同的短期绩效,缺乏对医生职业能力长期演变的系统考察,亟须深入探讨人机协同对医生决策能力的长期影响(FQ6),为制定有针对性的培训与政策支持提供依据。此外,AI 虽能提升医疗效率,但在资源匮乏地区可能加剧健康不公平,研究其对健康公平的长期影响(FQ7)对推动 AI 在医疗领域的普惠发展具有重要意义。人机协同还可能重塑医患关系^[93-94],一方面,过度依赖 AI 可能导致医患沟通减少,削弱患者信任;另一方面,AI 辅助如能有效减轻医生负担,亦可促进更充分的医患交流。因此,需进一步探讨人机协同对医患关系的实际影响(FQ8),为构建和谐、高效、人性化的医疗服务提供理论支撑。

四、总结

本文系统梳理了人机协同在医疗决策中的研究

进展,并基于IPO模型,探讨了人机协同的关键影响因素、干预措施及协同效果。在输入层面,医生的个人特质、价值感知、态度以及外部因素显著影响其对AI的采纳意愿与人机协同的实施;同时,AI的算法准确性、可解释性、AI偏差与输出形式,医生的经验、认知偏差与自我效能水平,以及环境中的伦理法律、任务复杂性 with 组织管理,共同影响协同决策的效果。在过程层面,分析了人机信任的动态构建机制与校准方法,并比较了不同协同决策模式在不同临床场景中的适用性与局限。在输出层面,研究表明人机协同可提升医疗决策的准确性与效率,但也可能引发医生的过度依赖和认知惰性等问题。基于上述分析,本文提出未来研究的几个重点方向,涵盖数据共享机制优化、人机信任的动态演变、多学科团队人机协同决策模式优化以及人机协同对医生能力发展、健康公平与医患关系的长期影响等方面,以推动该领域理论体系的完善与实践应用的深化,为医疗决策的智能化转型提供系统、科学的依据与指导。

参考文献:

- [1] World Health Organization. Density of Physicians (per 10 000 population)[EB/OL]. (2025-4-30) [2025-5-15]. <https://data.who.int/indicators/i/CCCEBB2/217795A>.
- [2] BONIOL M, KUNJUMEN T, NAIR T S, et al. The Global Health Workforce Stock and Distribution in 2020 and 2030: a Threat to Equity and Universal Health Coverage?[J]. *BMJ global health*, 2022, 7(6): e009316.
- [3] Future Market Insights. AI in Healthcare Market Report : Growth, Innovations & Forecast 2025-2035 [EB/OL]. (2025-1-12) [2025-3-12]. <https://www.future-marketinsights.com/reports/artificial-intelligence-in-healthcare-market/>.
- [4] KHAIRAT S, MARC D, CROSBY W, et al. Reasons for Physicians not Adopting Clinical Decision Support Systems: Critical Analysis[J]. *JMIR Medical Informatics*, 2018, 6(2): e24.
- [5] KOHLI A, JHA S. Why CAD Failed in Mammography [J]. *Journal of the American College of Radiology*, 2018, 15(3 Pt B): 535–537.
- [6] TERVEEN L G. Overview of Human-computer Collaboration[J]. *Knowledge-Based Systems*, 1995, 8(2–3): 67–81.
- [7] BAUER A, WOLLHERR D, BUSS M. Human-robot Collaboration: a Survey[J]. *International Journal of Humanoid Robotics*, 2008, 5(1): 47–66.
- [8] PATEL V L, AROCHA J F, ZHANG J. Thinking and Reasoning in Medicine[J]. *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, 2005, 14: 727–750.
- [9] YANG Y, NGAI E W T, WANG L. Resistance to Artificial Intelligence in Health Care: Literature Review, Conceptual Framework, and Research Agenda[J]. *Information & Management*, 2024, 61(4): 103961.
- [10] WANG W, GAO G, AGARWAL R. Friend or Foe? Teaming Between Artificial Intelligence and Workers with Variation in Experience[J]. *Management Science*, 2023, 70(9): 5753–5775.
- [11] YIN J, NGIAM K Y, TAN S S-L, et al. Designing AI-Based Work Processes: How the Timing of AI Advice Affects Diagnostic Decision Making[J/OL]. (2025-3-12) [2025-4-20]. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2022.01454>.
- [12] FENG K, HONG H, TANG K, et al. Statistical Tests for Replacing Human Decision Makers with Algorithms[J/OL]. (2025-3-5) [2025-4-20]. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.01845>.
- [13] BERTSIMAS D, PAUPHILET J, STEVENS J, et al. Predicting Inpatient Flow at a Major Hospital Using Interpretable Analytics[J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2022, 24(6): 2809–2824.
- [14] LI Y, LU L X, LU S F, et al. The Value of Health Information Technology Interoperability: Evidence from Interhospital Transfer of Heart Attack Patients [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2021, 24(2): 827–845.
- [15] WU L, LI J Y, FU C Y. The Adoption of Mobile Healthcare by Hospital's Professionals: An Integrative Perspective[J]. *Decision Support Systems*, 2011, 51(3): 587–596.
- [16] WALTER Z, LOPEZ M S. Physician Acceptance of Information Technologies: Role of Perceived Threat to Professional Autonomy[J]. *Decision Support Systems*, 2008, 46(1): 206–215.
- [17] MUN Y Y, JACKSON J D, PARK J S, et al. Understanding Information Technology Acceptance by Individual Professionals: Toward an Integrative View[J]. *Information & Management*, 2006, 43(3): 350–363.
- [18] PRAKASH A V, DAS S. Medical Practitioner's Adoption of Intelligent Clinical Diagnostic Decision Support Systems: A Mixed-methods Study[J]. *Information & Management*, 2008, 46(1): 206–215.

- mation & Management, 2021, 58(7): 103524.
- [19] HSIEH P-J. Determinants of Physicians' Intention to Use AI-assisted Diagnosis: An Integrated Readiness Perspective[J]. *Computers in Human Behavior*, 2023, 147: 107868.
- [20] MCKINNEY S M, SIENIEK M, GODBOLE V, et al. International Evaluation of an AI System for Breast Cancer Screening[J]. *Nature*, 2020, 577(7788): 89–94.
- [21] VERGHESE A, SHAH N H, HARRINGTON R A. What This Computer Needs Is a Physician: Humanism and Artificial Intelligence[J]. *JAMA*, 2018, 319(1): 19–20.
- [22] CABITZA F, RASOINI R, GENSINI G F. Unintended Consequences of Machine Learning in Medicine[J]. *JAMA*, 2017, 318(6): 517–518.
- [23] TSCHANDL P, RINNER C, APALLA Z, et al. Human-computer Collaboration for Skin Cancer Recognition[J]. *Nature Medicine*, 2020, 26(8): 1229–1234.
- [24] DRATSCH T, CHEN X, REZAZADE MEHRIZI M, et al. Automation Bias in Mammography: the Impact of Artificial Intelligence BI-RADS Suggestions on Reader Performance[J]. *Radiology*, 2023, 307(4): e222176.
- [25] GUERMAZI A, TANNOURY C, KOMPEL A J, et al. Improving Radiographic Fracture Recognition Performance and Efficiency Using Artificial Intelligence[J]. *Radiology*, 2022, 302(3): 627–636.
- [26] LEE J H, HONG H, NAM G, et al. Effect of Human-AI Interaction on Detection of Malignant lung Nodules on Chest Radiographs[J]. *Radiology*, 2023, 307(5): e222976.
- [27] BERNSTEIN M H, ATALAY M K, DIBBLE E H, et al. Can Incorrect Artificial Intelligence (AI) Results Impact Radiologists, and if so, What Can We Do about It? A Multi-reader Pilot Study of Lung Cancer Detection with Chest Radiography[J]. *European Radiology*, 2023, 33(11): 8263–8269.
- [28] JIN K N, KIM E Y, KIM Y J, et al. Diagnostic Effect of Artificial Intelligence Solution for Referable Thoracic Abnormalities on Chest Radiography: A Multicenter Respiratory Outpatient Diagnostic Cohort Study[J]. *European Radiology*, 2022, 32(5): 3469–3479.
- [29] ADAMSON A S, SMITH A. Machine Learning and Health Care Disparities in Dermatology[J]. *JAMA dermatology*, 2018, 154(11): 1247–1248.
- [30] MCGRATH J. *Social Psychology: A Brief Introduction*[M]. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1964: 96–100.
- [31] LEE M C M, SCHEEPERS H, LUI A K H, et al. The Implementation of Artificial Intelligence in Organizations: A Systematic Literature Review[J]. *Information & Management*, 2023, 60(5): 103816.
- [32] WALTER S, GRUSS S, FRISCH S, et al. “What about Automated Pain Recognition for Routine Clinical Use?” A Survey of Physicians and Nursing Staff on Expectations, Requirements, and Acceptance[J]. *Frontiers in Medicine*, 2020, 7: 566278.
- [33] LI W, WANG J. Determinants of Artificial Intelligence-assisted Diagnostic system Adoption Intention: A Behavioral Reasoning Theory Perspective[J]. *Technology in Society*, 2024: 102643.
- [34] ABDULLAH R, FAKIEH B. Health Care Employees' Perceptions of the Use of Artificial Intelligence Applications: survey Study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2020, 22(5): e17620.
- [35] MAIER S B, JUSSUPOW E, HEINZL A. Good, Bad, or Both? Measurement of Physician's Ambivalent Attitudes Towards AI[C]//Johannesson P. 27th European Conference on Information Systems - Information Systems for a Sharing Society. Atlanta, GA: AIS Electronic Library (AISeL), 2019: 4–5.
- [36] KHANNA N N, MAINDARKAR M A, VISWANATHAN V, et al. Economics of Artificial Intelligence in Healthcare: diagnosis vs. Treatment[J]. *Healthcare*, 2022, 10(12): 2493.
- [37] BUCK C, DOCTOR E, HENNRICH J, et al. General Practitioners' Attitudes Toward Artificial Intelligence-Enabled Systems: Interview Study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2022, 24(1): e28916.
- [38] KHAN RONY M K, AKTER K, NESA L, et al. Healthcare Workers' Knowledge and Attitudes Regarding Artificial Intelligence Adoption in Healthcare: A Cross-sectional Study[J]. *Heliyon*, 2024, 10(23): e40775.
- [39] MISHRA M K, UPADHYAYA A. Investigating Factors Shaping Future Doctors' Willingness to Adopt AI Diagnosis Support Systems[J]. *SN Computer Science*, 2024, 5(5): 533.
- [40] CHAIBI A, ZAIEM I. Doctor Resistance of Artificial

- Intelligence in Healthcare[J]. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 2022, 17(1): 1–13.
- [41] 张紫涵, 罗晨, 江志斌, 等. 基于 UTAUT 模型的医生人工智能辅助诊疗系统采纳意愿研究 [J]. *中国医院管理*, 2024, 44(9): 79–83.
- [42] JI M, GENCHEV G Z, HUANG H, et al. Evaluation Framework for Successful Artificial Intelligence-enabled Clinical Decision Support Systems: Mixed Methods Study[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2021, 23(6): e25929.
- [43] SENONER J, SCHALLMOSER S, KRATZWALD B, et al. Explainable AI Improves Task Performance in Human-ai Collaboration[J]. *Scientific reports*, 2024, 14(1): 31150.
- [44] MEHRIZI M H R, MOL F, PETER M, et al. How Are Radiologists' Decisions Impacted by AI Suggestions? Moderating Effect of Explainability Inputs and Attitudinal Priming in Examining Mammograms[DB/OL]. (2022-12-28)[2025-03-20].<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2331488/v1>.
- [45] BOLOGNA G, HAYASHI Y. Characterization of Symbolic Rules Embedded in Deep DIMLP Networks: A Challenge to Transparency of Deep Learning[J]. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, 2017, 7(4): 265–286.
- [46] OORT F J, VISSER M R, SPRANGERS M A. Formal Definitions of Measurement Bias and Explanation Bias Clarify Measurement and Conceptual Perspectives on Response Shift[J]. *Journal of Clinical Epidemiology*, 2009, 62(11): 1126–1137.
- [47] TAT E, BHATT D L, RABBAT M G. Addressing Bias: Artificial Intelligence in Cardiovascular Medicine[J]. *The Lancet Digital Health*, 2020, 2(12): e635–e636.
- [48] KAGIYAMA N, SHRESTHA S, FARJO P D, et al. Artificial Intelligence: Practical Primer for Clinical Research in Cardiovascular Disease[J]. *Journal of the American Heart Association*, 2019, 8(17): e012788.
- [49] OBERMEYER Z, POWERS B, VOGELI C, et al. Dissecting Racial Bias in An Algorithm Used to Manage the Health of Populations[J]. *Science*, 2019, 366(6464): 447–453.
- [50] SILVA P C, SUN H, RODRIGUEZ P, et al. Evaluating Gender Bias in ML-based Clinical Risk Prediction Models: A Study on Multiple Use Cases at Different Hospitals[J]. *Journal of Biomedical Informatics*, 2024, 157: 104692.
- [51] FU R, HUANG Y, SINGH P V. Artificial Intelligence and Algorithmic Bias: Source, Detection, Mitigation, and Implications[J]. *InfoSciRN: Machine Learning (Sub-Topic)*, 2020. DOI: [10.2139/ssrn.3681517](https://doi.org/10.2139/ssrn.3681517).
- [52] XUE P, SI M, QIN D, et al. Unassisted Clinicians Versus Deep Learning-assisted Clinicians in Image-based Cancer Diagnostics: Systematic Review with Meta-analysis[J]. *Journal of Medical Internet Research*, 2023, 25: e43832.
- [53] GAUBE S, SURESH H, RAUE M, et al. Do as AI Say: Susceptibility in Deployment of Clinical Decision-aids[J]. *npj Digital Medicine*, 2021, 4(1): 31.
- [54] GRABER M L, FRANKLIN N, GORDON R. Diagnostic Error in Internal Medicine[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2005, 165(13): 1493–1499.
- [55] FELMINGHAM C M, ADLER N R, GE Z, et al. The Importance of Incorporating Human Factors in The Design and Implementation of Artificial Intelligence for Skin Cancer Diagnosis in the Real World[J]. *American Journal of Clinical Dermatology*, 2021, 22(2): 233–242.
- [56] BASHKIROVA A, KR PAN D. Confirmation Bias in AI-assisted Decision-making: AI Triage Recommendations Congruent with Expert Judgments Increase Psychologist Trust and Recommendation Acceptance[J]. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 2024, 2(1): 100066.
- [57] LY D P, SHEKELLE P G, SONG Z. Evidence for Anchoring Bias During Physician Decision-making[J]. *JAMA Internal Medicine*, 2023, 183(8): 818–823.
- [58] LEE C S, NAGY P G, WEAVER S J, et al. Cognitive and System Factors Contributing to Diagnostic Errors in Radiology[J]. *American Journal of Roentgenology*, 2013, 201(3): 611–617.
- [59] JUSSUPOW E, SPOHRER K, HEINZL A, et al. Augmenting Medical Diagnosis Decisions? An Investigation into Physicians' Decision-Making Process with Artificial Intelligence[J]. *Information Systems Research*, 2021, 32(3): 713–735.
- [60] LI J, ZHOU L, ZHAN Y, et al. How Does the Artificial Intelligence-based Image-assisted Technique Help Physicians in Diagnosis of Pulmonary Adenocarcinoma? A Randomized Controlled Experiment of

- Multicenter Physicians in China[J]. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2022, 29(12): 2041–2049.
- [61] MENNELLA C, MANISCALCO U, DE PIETRO G, et al. Ethical and Regulatory Challenges of AI Technologies in Healthcare: A Narrative Review[J]. *Heliyon*, 2024, 10(4): 20.
- [62] 陈晨, 陈琳, 郭子凯, 等. 人工智能产业开发背景下医疗人工智能的伦理挑战及对策研究[J]. *中国医学伦理学*, 2024, 37(9): 1046–1051.
- [63] NZOBONIMPA S. Artificial Intelligence, Task Complexity and Uncertainty: Analyzing The Advantages and Disadvantages of Using Algorithms in Public Service Delivery under Public Administration Theories[J]. *Digital Transformation and Society*, 2023, 2(3): 219–234.
- [64] ZHANG S, YU J, XU X, et al. Rethinking Human-AI Collaboration in Complex Medical Decision Making: A Case Study in Sepsis Diagnosis[C]// *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: Association for Computing Machinery, 2024: 1–18.
- [65] CABITZA F, CAMPAGNER A, BALSANO C. Bridging the “Last Mile” Gap Between AI Implementation and Operation: “Data Awareness” That Matters[J]. *Annals of Translational Medicine*, 2020, 8(7): 501.
- [66] HULSEN T. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts and Challenges in Healthcare[J]. *Ai*, 2023, 4(3): 652–666.
- [67] LEE M H, CHEW C J. Understanding the Effect of Counterfactual Explanations on Trust and Reliance on AI for Human-AI Collaborative Clinical Decision Making[J]. *Proc ACM Hum-Comput Interact*, 2023, 7(CSCW2): 1–22.
- [68] SAYRES R, TALY A, RAHIMY E, et al. Using a Deep Learning Algorithm and Integrated Gradients Explanation to Assist Grading for Diabetic Retinopathy[J]. *Ophthalmology*, 2019, 126(4): 552–564.
- [69] JORRITSMA W, CNOSSEN F, VAN OOIJEN P M A. Improving the Radiologist-CAD Interaction: Designing for Appropriate Trust[J]. *Clinical Radiology*, 2015, 70(2): 115–122.
- [70] BENDA N, NOVAK L, REALE C, et al. Trust in AI: Why We Should Be Designing for APPROPRIATE Reliance[J]. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2021, 29(1): 207–212.
- [71] REVERBERI C, RIGON T, SOLARI A, et al. Experimental Evidence of Effective Human-AI Collaboration in Medical Decision-making[J]. *Scientific Reports*, 2022, 12: 14952.
- [72] KOSTICK-QUENET K, LANG B H, SMITH J, et al. Trust Criteria for Artificial Intelligence in Health: Normative and Epistemic Considerations[J]. *Journal of Medical Ethics*, 2024, 50(8): 544–551.
- [73] SHRESTHA Y R, BEN-MENACHEM S M, VON KROGH G. Organizational Decision-Making Structures in the Age of Artificial Intelligence[J]. *California Management Review*, 2019, 61(4): 66–83.
- [74] BIENEFELD N, KOLBE M, CAMEN G, et al. Human-AI Teaming: Leveraging Transactive Memory and Speaking Up for Enhanced Team Effectiveness[J]. *Frontiers in Psychology*, 2023, 14: 1208019.
- [75] CABITZA F, CAMPAGNER A, RONZIO L, et al. Rams, Hounds and White Boxes: Investigating Human-AI Collaboration Protocols in Medical Diagnosis[J]. *Artificial Intelligence in Medicine*, 2023, 138: 102506.
- [76] SHAMSZARE H, CHOUDHURY A. Clinicians' Perceptions of Artificial Intelligence: Focus on Workload, Risk, Trust, Clinical Decision Making, and Clinical Integration[J]. *Healthcare*, 2023, 11(16): 2308.
- [77] FOGLIATO R, CHAPPIDI S, LUNGREN M, et al. Who Goes First? Influences of Human-AI Workflow on Decision Making in Clinical Imaging[C]// *Proceedings of the 2022 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. New York: Association for Computing Machinery, 2022: 1362–1374.
- [78] DINH J V, TRAYLOR A M, KILCULLEN M P, et al. Cross-Disciplinary Care: A Systematic Review on Teamwork Processes in Health Care[J]. *Small Group Research*, 2019, 51(1): 125–166.
- [79] COHEN S G, BAILEY D E. What Makes Teams Work: Group Effectiveness Research from the Shop Floor to the Executive Suite[J]. *Journal of management*, 1997, 23(3): 239–290.
- [80] ADELAJA O, ALKATTAN H. Operating Artificial Intelligence to Assist Physicians Diagnose Medical Images: A Narrative Review[J]. *Mesopotamian Journal of Artificial Intelligence in Healthcare*, 2023, 2023: 45–51.
- [81] CALISTO F M, SANTIAGO C, NUNES N, et al. Breast Screening-AI: Evaluating Medical Intelligent

- Agents for Human-AI Interactions[J]. [Artificial Intelligence in Medicine](#), 2022, 127: 102285.
- [82] GOH E, GALLO R, HOM J, et al. Large Language Model Influence on Diagnostic Reasoning: A Randomized Clinical Trial[J]. [JAMA Network Open](#), 2024, 7(10): e2440969-e.
- [83] GANDHI T K, CLASSEN D, SINSKY C A, et al. How Can Artificial Intelligence Decrease Cognitive and Work Burden for Front Line Practitioners?[J]. [JAMIA open](#), 2023, 6(3): ooad079.
- [84] LI T, CHEN C, ZHANG S-S, et al. Deployment and Integration of A Cognitive Technology in China: Experiences and Lessons Learned[J]. [Journal of Clinical Oncology](#), 2019, 37(15_suppl): 6538.
- [85] EMANI S, RUI A, ROCHA H A L, et al. Physicians' Perceptions of and Satisfaction with Artificial Intelligence in Cancer Treatment: A Clinical Decision Support System Experience and Implications for Low-middle-income Countries[J]. [JMIR cancer](#), 2022, 8(2): e31461.
- [86] STEWART J, LU J, GAHUNGU N, et al. Western Australian Medical Students' Attitudes Towards Artificial Intelligence in Healthcare[J]. [PLoS ONE](#), 2023, 18(8): e0290642.
- [87] TRUONG N M, VO T Q, TRAN H T B, et al. Healthcare Students' Knowledge, Attitudes, and Perspectives Toward Artificial Intelligence in the Southern Vietnam[J]. [Heliyon](#), 2023, 9(12): e22653.
- [88] WYSOCKI O, DAVIES J K, VIGO M, et al. Assessing the Communication Gap Between Ai Models and Healthcare Professionals: Explainability, Utility and Trust in AI-driven Clinical Decision-making[J]. [Artificial Intelligence](#), 2023, 316: 103839.
- [89] 康雨琪, 何晓松. 医疗人工智能对医生职业自主性的挑战及应对 [J]. [医学与哲学](#), 2025, 46(9): 18-23.
- [90] LIU T, DUAN Y. Beware the Self-fulfilling Prophecy: Enhancing Clinical Decision-making with AI[J]. [Critical Care](#), 2024, 28(1): 276.
- [91] WOLFF J, PAULING J, KECK A, et al. Success Factors of Artificial Intelligence Implementation in Healthcare[J]. [Frontiers in Digital Health](#), 2021, 3: 594971.
- [92] BIENEFELD N, KELLER E, GROTE G. Human-AI Teaming in Critical Care: A Comparative Analysis of Data Scientists' and Clinicians' Perspectives on AI Augmentation and Automation[J]. [Journal of Medical Internet Research](#), 2024, 26: e50130.
- [93] 张如意, 周运翱, 彭迎春. “医生-医疗人工智能-患者”新型医患关系建构路径探析 [J]. [中国医学伦理学](#), 2025, 38(1): 103-108.
- [94] 邹文卿, 高雪晗. 智能医疗对构建新型医患关系的影响及对策研究 [J]. [医学与哲学](#), 2025, 46(1): 25-29.

[责任编辑: 范 君]