

基于 CiteSpace 的人工智能赋能医学教育研究热点及趋势可视化分析

王龙^{1,2} 任玉梅^{1,2} 韩姗姗^{1,2} 李向峰^{1,2} 张霞^{1,2} 任献青^{1,2} 丁樱^{1,2#}

(1 河南中医药大学第一附属医院儿科医院 郑州 450000; 2 河南中医药大学儿科医学院 郑州 450000)

摘要: **目的** 系统分析人工智能赋能医学教育领域的研究现状、热点主题与演进趋势,为医学教育数字化转型提供参考。 **方法** 检索中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)、维普网(VIP)、中国生物医学文献服务系统(CBM)中的人工智能赋能医学教育相关研究文献,采用 CiteSpace 6.4. R2 软件对纳入文献进行发文量趋势分析、作者与机构合作网络分析、关键词共现、聚类、时序及突现性可视化分析。 **结果** 该领域发文量整体呈持续上升趋势;研究热点主要围绕人工智能技术在医学教育中的应用、新医科背景下的教学改革、虚拟仿真与虚拟现实技术赋能、与护理教育等领域的融合、医学人才培养模式创新五大核心方向;研究前沿包括技术应用、细分场景与伦理风险规范,临床教学是当前持续凸显的研究热点。 **结论** 人工智能赋能医学教育研究是医学教育改革的核心方向,未来研究需进一步强化跨学科、跨机构协同合作,完善技术应用的评价体系与伦理规范,促进人工智能与医学教育有机融合,助力高质量医学人才培养。

关键词: 人工智能;医学教育;可视化分析;新医科;教学改革

中图分类号: G641

doi: 10. 3969/j. issn. 1003-305X. 2026. 08. 246

CiteSpace-based visualization analysis of research hotspots and trends in artificial intelligence-enabled medical education

WANG Long^{1,2}, REN Yumei^{1,2}, HAN Shanshan^{1,2}, LI Xiangfeng^{1,2}, ZHANG Xia^{1,2},
REN Xianqing^{1,2}, DING Ying^{1,2#}

(1 Pediatric Hospital, The First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China; 2 School of Pediatrics, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Objective To systematically analyze the current research status, hotspots, and evolutionary trends in artificial intelligence (AI)-enabled medical education, and to provide reference for the digital transformation of medical education. **Methods** Literature related to AI-enabled medical education was retrieved from CNKI, Wanfang Data, VIP, and the Chinese Biomedical Literature Service System (CBM). CiteSpace 6.4. R2 was used to conduct visual analyses of publication trends, author and institutional collaboration networks, keyword co-occurrence, keyword clustering, timeline distribution, and keyword bursts. **Results** The number of publications in this field showed an overall upward trend. The research hotspots mainly focused on five core directions: the application of AI technologies in medical education, teaching reform in the context of New Medicine, empowerment through virtual simulation and virtual reality technologies, integration with fields such as nursing education, and innovation in medical talent cultivation models. The research frontiers included technology application, specific application scenarios, and ethical risk regulation, with clinical teaching remaining a continuously prominent research hotspot. **Conclusion** AI-enabled medical education has become a core research direction in medical education reform. Future research should further strengthen interdisciplinary and inter-institutional collaboration, improve the evaluation system and ethical norms for technology

王龙,男,博士,讲师,硕士生导师

#通信作者:丁樱,女,国医大师,教授, E-mail: dingying3236@sina. com

application, promote the organic integration of AI and medical education, and support the cultivation of high-quality medical talents.

Keywords: artificial intelligence; medical education; visualization analysis; New Medicine; teaching reform

随着健康中国战略的全面推进与新一轮科技革命的深入发展,以人工智能为核心的数字技术正深刻影响着医疗卫生服务体系,同时也为医学教育的创新发展带来了机遇与挑战。2020年,国务院办公厅发布《关于加快医学教育创新发展的指导意见》(以下简称指导意见)^[1],明确提出要顺应新一轮科技革命和产业变革趋势,以人工智能、大数据等新一代信息技术赋能医学教育创新发展,为新医科建设注入核心动力。此后,国家层面陆续推出多项政策,促进人工智能在医疗服务与医学教育领域应用,加速了人工智能与医学教育融合进程^[2-3]。

人工智能赋能医学教育,本质上是指将人工智能、机器学习、虚拟仿真、大数据等新一代数字技术融入医学教育之中,通过系统性重构教学模式、优化配置教学资源、创新构建评价体系,提升医学人才培养质量,以契合新时代对复合型、创新型医学人才的核心培养需求。近年来,国内学者在人工智能赋能医学教育领域开展了广泛研究,研究内容已覆盖技术应用、教学改革、模式创新等多个关键层面^[4-6]。然而,针对此领域的文献计量与可视化分析仍较为匮乏,难以全面揭示其知识结构、研究热点与演进脉络。因此,本研究采用CiteSpace文献计量分析软件^[7],对国内四大核心数据库中2005—2025年人工智能赋能医学教育相关文献进行全面的可视化分析,系统梳理该领域的发展历程、研究热点与前沿趋势,以期后续相关研究及医学教育改革的实践提供一定的数据支撑与理论参考。

1 资料与方法

1.1 文献检索

以国内四大核心数据库的学术期刊文献为研究对象,数据来源为中国知网(CNKI)、万方数据知识服务平台(Wanfang Data)、维普网(VIP)、中国生物医学文献服务系统(CBM)四大数据库,文献类型限定为学术期刊,主题检索词为:“医学教育and人工智能”OR“医学教育and AI”;检索的时间跨度设定为2005年1月—2025年12月,初检共获得1 821篇中文文献。

1.2 数据处理

将四大数据库检索到的相关文献导入NoteExpress软件进行规范化筛选。纳入标准:符合

检索策略的研究文献。排除标准:①重复发表的文献;②会议通知、新闻报道、科普类、勘误等非研究性文献;③关键信息(发表时间、作者、机构、关键词)缺失的文献。经筛选后,最终纳入有效研究文献1 422篇。完成文献去重和格式清洗后,以“RefWorks”格式导出文献数据,导入CiteSpace 6.4.R2软件进行可视化分析。核心参数设置:时间跨度为2005年1月—2025年12月,时间切片为1年;节点类型:选择作者、机构、关键词;阈值选择:g-index(k值)为25,Top N=50,Top N%=10.0%,通过可视化分析,生成作者与机构合作网络、关键词共现网络、聚类图谱、时间线图及突现词检测图,系统揭示了该领域的研究热点与演进趋势。作者、机构合作网络图谱用于反映研究者、研究机构之间的合作关系^[8-9];关键词共现图谱可展示研究主题之间的内在关联^[10];聚类图谱效果采用模块化指数(Q值)、平均轮廓值(S值)进行评价,以 $Q>0.3$ 、 $S>0.7$ 作为聚类结果可信的判断依据^[11-12]。

2 结果与分析

2.1 发文量分析

文献年度发文量是衡量某一研究领域发展热度与演进阶段的核心指标,本研究共纳入文献1 422篇,时间跨度为2005年1月1日—2025年12月31日,整体来看,2005—2025年中国人工智能赋能医学教育领域的发文量呈持续上升趋势,平均每年发文量为67篇。结合发文量变化特征、国家政策导向与人工智能技术发展背景,可将中国人工智能赋能医学教育领域的发展分为3个主要阶段:①初步探索阶段(2005—2019年),该阶段整体发文量处于低水平,年均发文量不足10篇。研究内容多集中于人工智能技术在医学教育中应用的理论探讨与前景展望,尚未形成研究框架与体系,同时人工智能技术尚处于发展初期,其应用场景有限,且关注度较低。②快速发展阶段(2020—2022年),该阶段发文量显著增长,2021、2022年发文量突破60篇。国家政策持续驱动是该领域快速发展的关键,2020年指导意见与2022年科技部通知相继出台,推动研究从理论探讨转向技术应用实践^[1,13]。③深化融合阶段(2023—2025年),随着人工智能技术的快速发展,该阶段发文量呈现迅速增长态势,2025年单年发文

量达到 743 篇。该现状与人工智能技术的快速普及、新医科建设的深化密切相关, 研究应用场景逐

渐细分, 研究深度持续提升。具体见图 1。

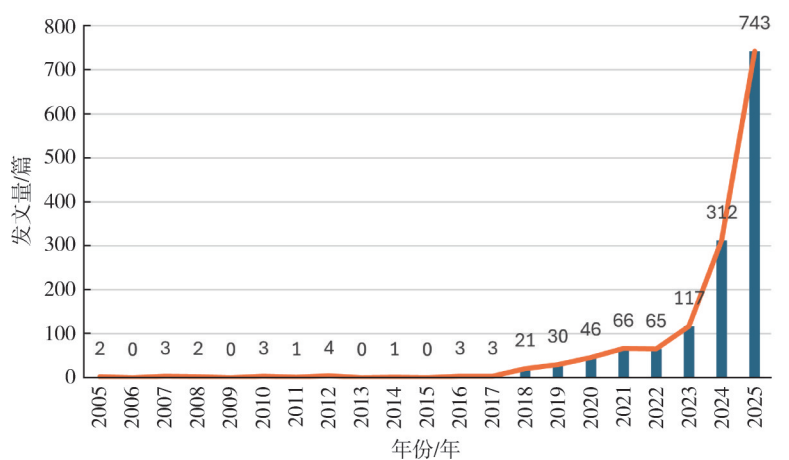


图 1 2005—2025 年人工智能赋能医学教育中文文献发文量分析

2.2 作者合作网络分析

作者合作网络图谱可直观呈现该领域核心研究学者的分布与学术合作特征, 图谱中节点大小代表作者发文量, 节点间连线代表作者间的合作关系, 连线越粗代表合作越紧密。本研究生成的作者合作网络图谱, 选择 k 值为 25, 共包含 283 个节点、430 条连线, 网络密度为 0.010 8, 表明该领域作者间的合作关联度整体较低, 尚未形成大规模、高凝聚力的学术合作集群, 研究多以小团队分散合作为

主。从发文量来看, 该领域发文量最高的作者为肖顺华和陆璐, 累计发文 6 篇, 尚未出现发文量占绝对优势的核心领军学者, 反映出该领域仍处于多主体分散探索的发展阶段, 核心研究队伍尚未完全形成。从合作特征来看, 仅存在少量区域性、同机构内的小规模合作网络, 跨机构、跨地域的学术合作较为匮乏, 不利于该领域研究资源的整合与研究深度的提升。具体见图 2。

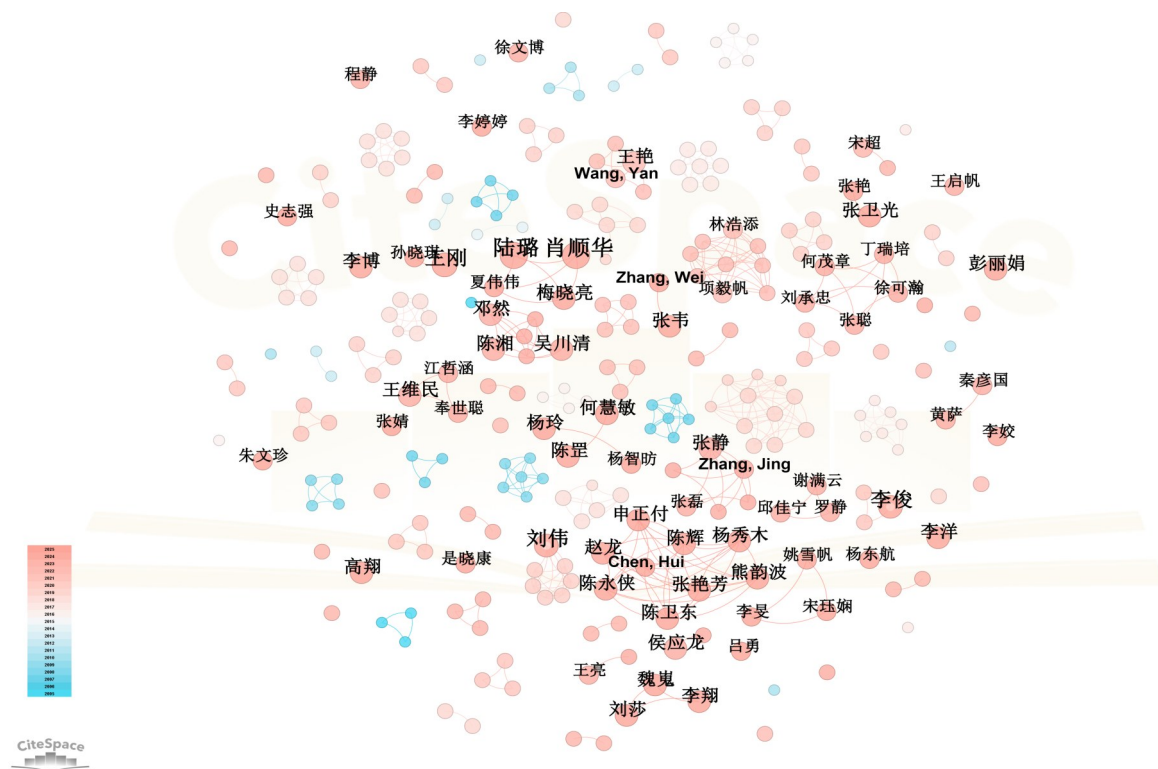


图 2 2005—2025 年人工智能赋能医学教育中文文献作者贡献分析

2.3 机构合作网络

研究机构合作网络图谱可揭示该领域研究力量的空间分布与机构间的合作格局,图谱中节点大小代表机构发文量,连线代表机构间的合作关系。本研究生成的机构合作网络图谱,选择k值为25,共包含300个节点、142条连线,网络密度为0.003 2,远低于作者合作网络的密度,表明该领域研究机构间的合作程度较低,基本处于独立研究状态,跨机构协同研究机制尚未建立。在发文量方面,发文量最高的机构为西安交通大学第一附属医院和西安

交通大学,均累计发文10篇,其中核心发文机构以高校临床医学院、护理学院为主,覆盖了综合性医科大学、高等职业医学院校等不同办学层次的机构,这反映出人工智能赋能医学教育的研究已受到不同类型医学院校的广泛关注。从机构分布与合作特征来看,合作关系仅零星存在于同所高校的不同二级学院之间,跨院校、跨区域、跨学科的合作尚少,尤其是高水平医学院校与人工智能技术研发机构的跨学科合作不足,成为制约该领域研究深化的重要因素。具体见图3。

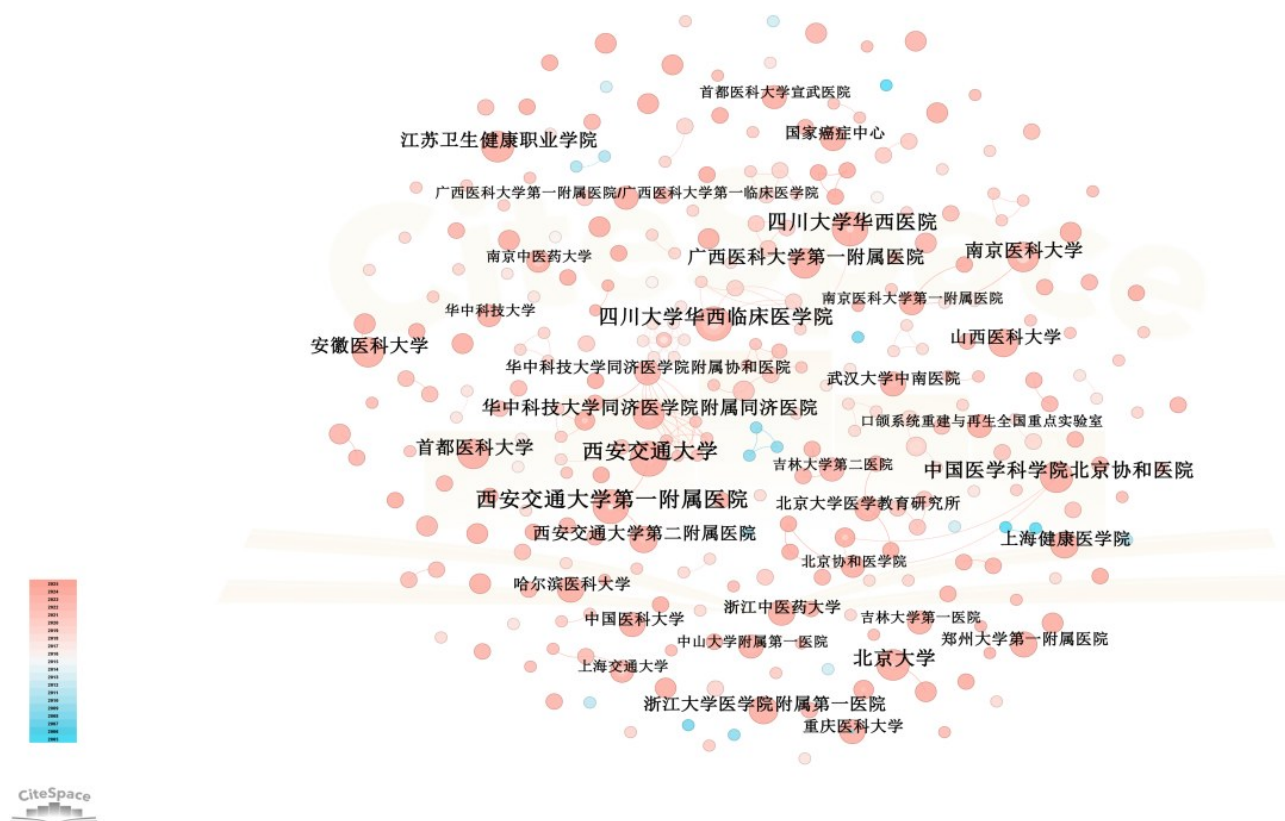


图3 2005—2025年人工智能赋能医学教育中文文献发文机构合作网络分析

2.4 关键词分析

2.4.1 关键词共现分析

关键词共现图谱可反映研究主题间的关联程度,节点大小代表关键词出现频次,节点中心性越高,代表其在知识网络中的枢纽作用越强。本研究生成的关键词共现网络图谱,选择k值为20,共包含268个节点、361条连线,网络密度为0.010 1,表明该领域研究主题的关联度整体偏低,研究主题的分散性较为明显。关键词频次与中心性分析结果显示,“教育”“学习”的频次和中心性均位居首位,构成了该领域知识网络的核心节点。“人工智能”“医学教育”“教学改革”等亦为高频关键词,表明该领

域研究始终围绕人工智能技术在医学教育中的应用场景、教学改革实践与人才培养目标三大核心方向展开。从节点中心性来看,“学习”“医学教育”“教学模式”“创新创业”“人才培养”位居全领域枢纽节点前列,是连接各研究主题的核心枢纽,也是该领域长期关注的核心研究方向。具体见图4。

2.4.2 关键词聚类分析

对关键词进行聚类分析,生成关键词聚类图谱,聚类编号越小,代表聚类规模越大、研究热度越高。本次聚类共生成13个核心聚类模块,网络结构评价指标显示,模块化指数(Q值)为0.836 5($Q > 0.3$),平均轮廓值(S值)为0.966 2($S > 0.7$),表明聚

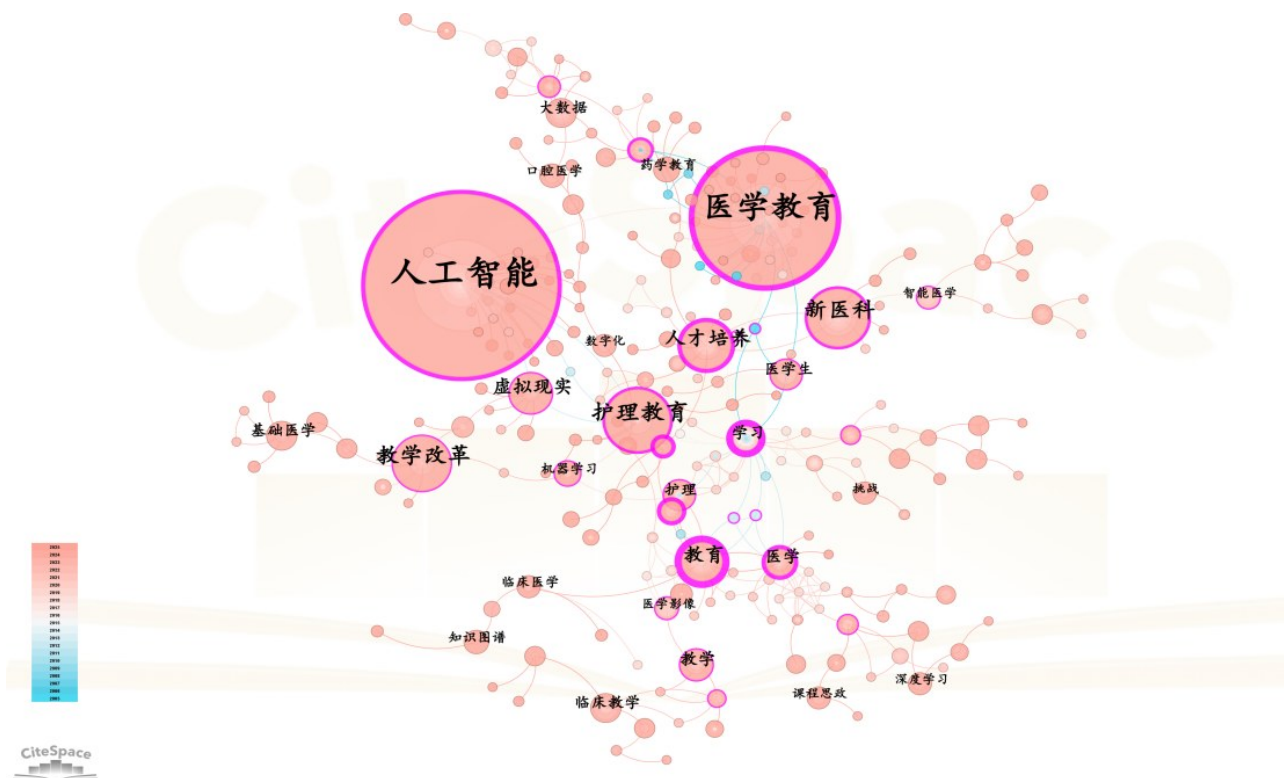


图4 2005—2025年人工智能赋能医学教育中文文献关键词共现网络分析

类结构显著、结果可信,能够准确反映该领域的研究主题分布。结合聚类图谱与关键词分析,本研究将13个聚类整合为5类核心研究主题。①核心基础主题,对应#0医学教育、#2护理教育、#4教育、#12教育质量4个聚类,主要围绕该领域的基础理论、教育模式改革与教学设计开展,核心关键词包括医学教育、教学改革、高等教育等,构建了该领域研究的核心框架。②技术应用主题,以#1虚拟现实、#5信息技术为核心,聚焦虚拟现实、机器学习、大数据、虚拟仿真、深度学习、知识图谱等新一代智能技术,探索各类人工智能技术在医学教育场景中的应用。③专业领域融合主题,包含#7医学、#8基础医学、#9神经外科、#10临床实践聚类。该主题覆盖范围广泛,涉及护理教育、临床教学、基础医学等,主要探索人工智能与不同医学专业教学的融合。④改革发展主题,对应#6新医科、#11交叉学科聚类。该主题结合新医科建设背景,主要研究人工智能驱动下的医学教育体系优化、专业建设与人才培养模式创新。⑤为人才培养主题,对应#3人才培养聚类。主要围绕人工智能背景下的医学院校人才培养目标、能力体系与培养实施路径展开,核心关键词包括人才培养、医学生、学习、信息素养、医工交叉。具体见图5。

2.4.3 关键词时序图分析

利用关键词时间线图对中国人工智能赋能医学教育领域的研究热点进行时序分析,能够揭示研究主题的演变规律与阶段性特征。研究发现,该领域研究主题的演进轨迹与人工智能技术发展、国家医学教育政策导向高度契合,整体大致可分为3个阶段。第一阶段为2005—2015年,属于领域发展的萌芽期。这一时期的研究主题相对单一,主要围绕医学教育、学习、教育、护理医学、医学生、护理教育、信息技术等基础理论展开,仅有少量研究涉及人工智能技术在医学教育中的初步应用探索,尚未形成明确的技术应用方向,研究内容多停留在理论探讨与前景展望。第二阶段为2016—2020年,是领域发展的快速成长期。随着人工智能技术的飞速发展,研究主题日益广泛,新医科、教学改革、人才培养、机器学习、虚拟现实、医学影像、智能医学、临床教学等关键词开始频繁显现。研究重心从早期的理论探讨转向人工智能技术在医学教育中的具体应用,同时“新医科”概念的提出,促进了该领域研究与医学教育改革的融合,研究的实践性与应用性显著提高。第三阶段为2021—2025年,进入领域发展的深化发展期。研究主题显著增长,技术应用场景深度细分,大数据、虚拟仿真、深度学习等关键

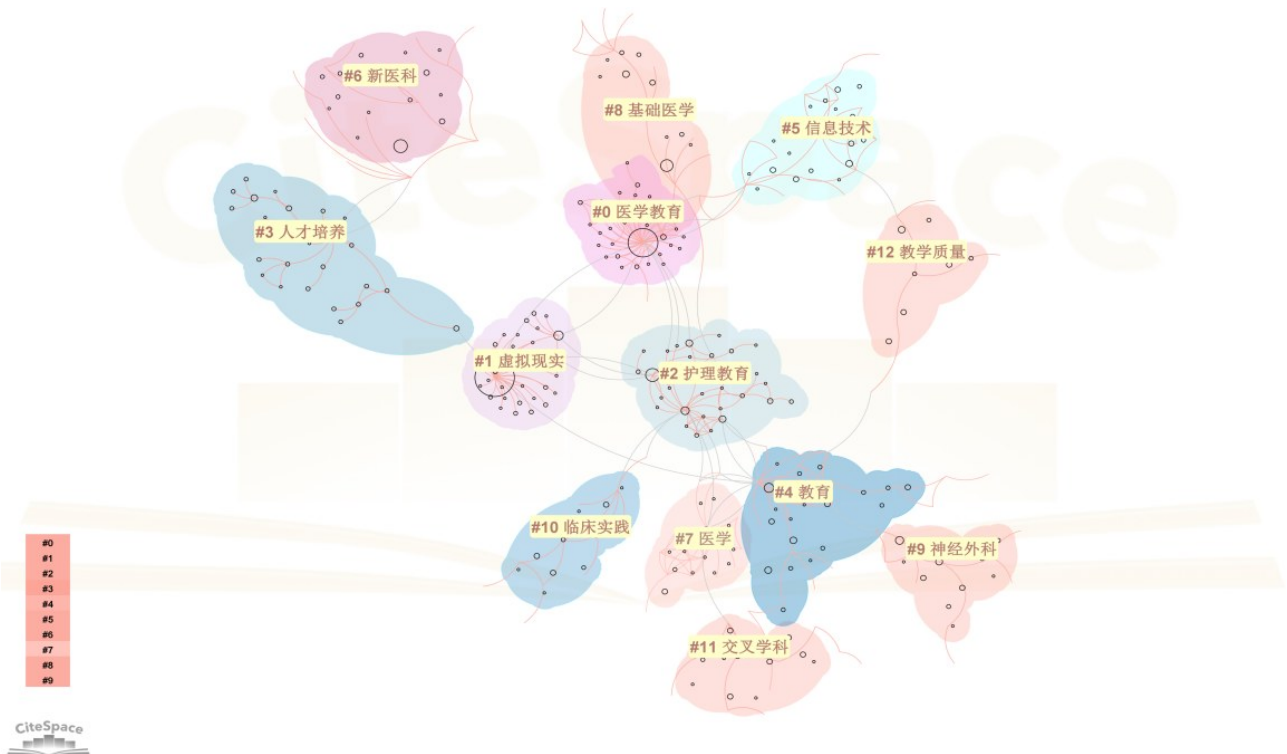


图 5 2005—2025 年人工智能赋能医学教育中文文献关键词聚类分析

词大量涌现。研究范围已覆盖临床医学、护理、药 入深层次发展阶段。具体见图 6。
学等多个医学专业,人工智能与医学教育的融合进

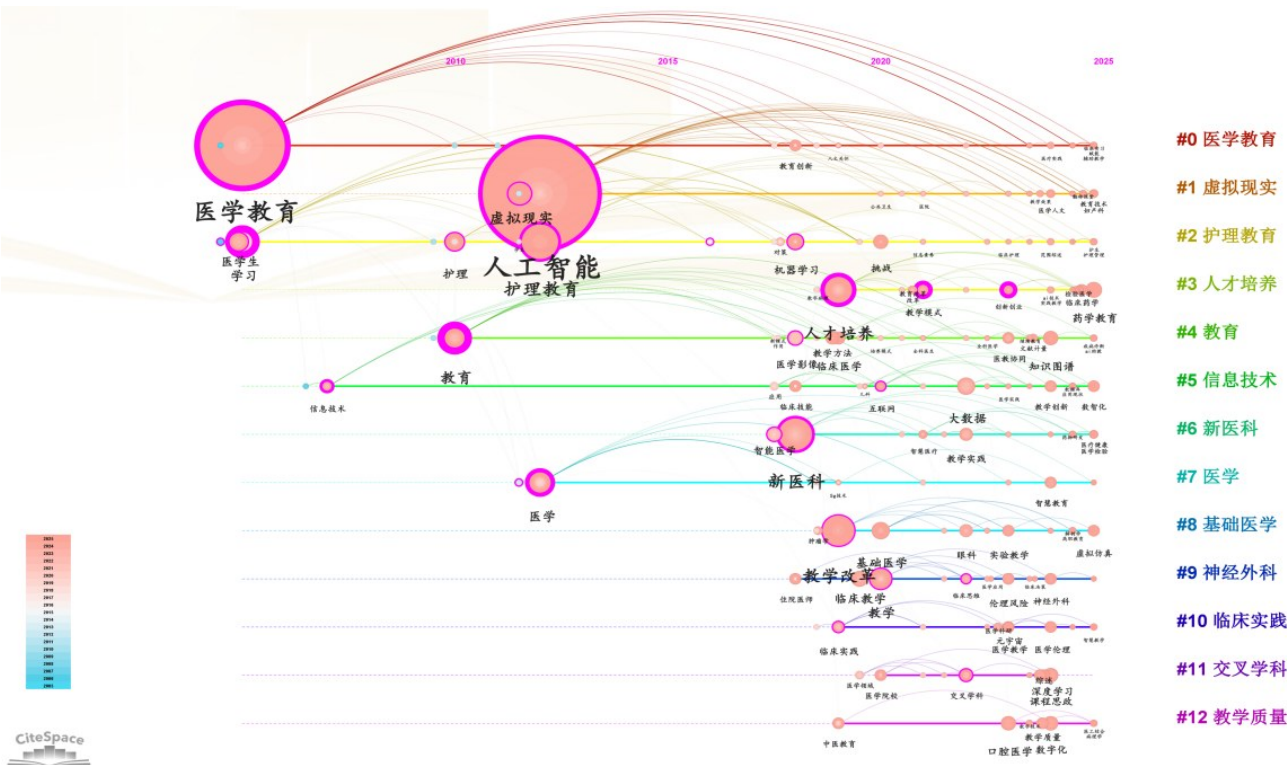


图 6 2005—2025 年人工智能赋能医学教育中文文献关键词聚类时间线

2. 4. 4 关键词突现分析

关键词突现分析可捕捉领域前沿动态与热点

变迁。本研究基于突现图谱筛选出 12 个高突现强度关键词,其中“学习”突现强度最大(6.74)且持续

时间最长(2005—2020年),是该领域早期核心研究热点。从突现词的时间分布特征来看,该领域研究热点的演变可分为三个阶段:2005—2018年为基础理论探索阶段,突现词以“学习”“教育”“护理”“医学”为主,研究主要聚焦于医学教育的基础理论与宏观框架。2018—2022年为技术应用与政策驱动

阶段,“智能医学”(3.37)是该阶段最具影响力的突现词,研究重心转向技术应用与新医科人才培养;2022—2025年为细分领域深化阶段,“大数据”“眼科”“教学实践”为当前研究前沿,研究转向细分专业与临床教学场景。具体见图7。

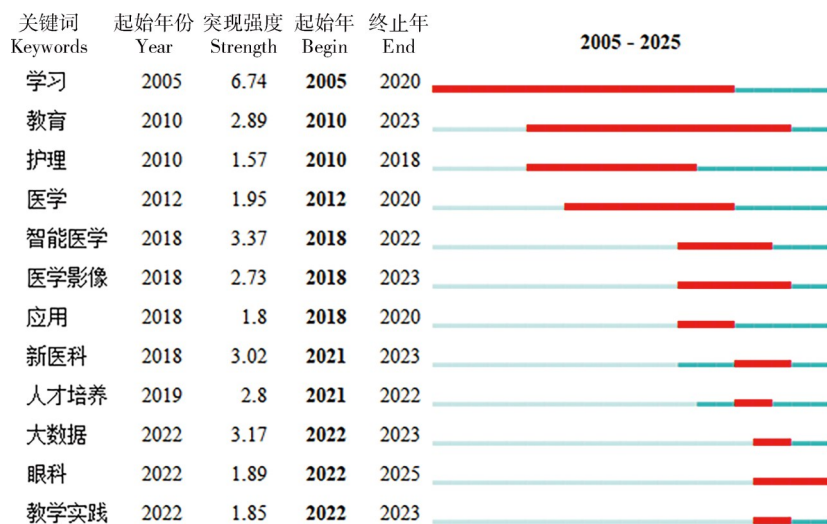


图7 2005—2025年人工智能赋能医学教育中文文献高突现强度关键词突现分析

3 讨论

3.1 研究现状与趋势分析

发文量的变化特征是衡量某一研究领域发展热度与演进阶段的核心指标^[14]。发文量分析显示,中国人工智能赋能医学教育领域可分为三个发展阶段,即初步探索(2005—2019年)、稳步发展(2020—2022年)与指数级增长(2023—2025年)。2023年以来成果集中产出,近三年发文量已超总量的50%,2025年度发文量高达743篇。政策引导与技术突破的作用,促进了该领域从理论研究逐步走向深度实践。然而,研究力量分布分析表明,作者与机构合作网络密度分别仅为0.010 8与0.003 2,最高产作者与机构发文量分别为6篇与10篇,尚未形成高凝聚力的学术合作共同体与核心引领研究群体。分析其原因,主要是该领域的交叉学科属性,不同学科研究者多独立开展研究,跨学科跨机构协同机制尚不完善。鉴于医学教育数字化转型的复杂性,未来亟需整合多方资源,构建“技术-教育-临床”三位一体的协同研究体系。

3.2 研究热点与前沿方向解读

本研究通过关键词共现与聚类分析,较为清楚地揭示了该领域的知识框架。关键词时序图分析进一步明确了该领域从“宏观到微观”的研究演进

逻辑。2016年之前,研究主要围绕医学教育基础理论与信息技术应用前景展开;2016—2020年,随着“新医科”建设推进与人工智能技术发展,研究重心转向具体技术的教学应用探索,特别是虚拟仿真技术在解剖教学、临床技能操作、手术模拟等实训场景中的应用,有效弥补了传统实训教学的局限性^[15]。以“新医科”为核心的聚类主题,相关研究^[16]包括课程体系重构、教学模式创新、教学质量评价体系优化等内容,体现了从传统的知识传授型,向能力导向、创新导向的培养模式转型;2021年至今,“大模型”“智慧教育”“临床决策”“教学实践”“眼科”等关键词大量涌现,研究从通识性教学模式改革转向临床教学、技能培训、细分专业教育等深度应用场景。突现词分析结果表明,“大数据”(2022—2025年)、“眼科”(2023—2025年)与“教学实践”(2022—2025年)是该领域当前持续突现的研究前沿。其中“教学实践”的突现标志着研究焦点已从“技术能否赋能”转向“技术如何有效赋能”的核心问题。

3.3 思考与展望

本研究从三个方面提出推动中国人工智能赋能医学教育深化发展的对策建议:①构建跨学科协同研究机制,依托国家级或区域性医学教育平台设

立专项课题,通过制度化设计促进多学科团队联合攻关,并建立开放共享的医学教育数据资源库;②完善技术应用评价体系与伦理规范,研制覆盖多维度的标准化评价工具,同时制定临床教学中人工智能应用的伦理操作指南与审查规范^[17];③深化技术赋能与教育规律的有机融合,推动研究从“技术中心”转向“学习中心”,重点探索人工智能在临床推理能力培养、个性化学习推荐、智能化实训反馈等方面的应用,服务于医学人才胜任力培养目标。

参考文献:

- [1] 刘睿,刘莹. 大数据与人工智能在医学教育中的应用及发展趋势[J]. 中国高等医学教育,2026(1):40-42,65.
- [2] 王庆庆,倪启超,房俊. 思维导图联合PBL+CBL教学法在甲状腺外科实习带教中的应用效果[J]. 交通医学,2025,39(1):101-103.
- [3] 黄舟莹,何建新. 人工智能在临床检验学教学中的应用及挑战[J]. 中国卫生产业,2025,22(24):158-161.
- [4] 孙聪聪,刘宏见,窦焱,等. 新时代背景下国家级临床技能实验教学示范中心的创新发展:重庆医科大学实践[J]. 医学研究与教育,2026,43(1):72-80.
- [5] 王子瑶,周承汇,周佳,等. 人工智能赋能医学超声影像学教学模式的实践研究[J]. 创新创业理论研究与实践,2026,9(3):120-122.
- [6] 蒋琼,葛利,林诗哲,等. 新医科背景下基于虚拟仿真技术的药学专业实验课程教学改革与探索[J]. 西部素质教育,2026,12(2):127-130.
- [7] Ma D, Yang B, Guan B, et al. A bibliometric analysis of pyroptosis from 2001 to 2021[J]. Front Immunol, 2021, 12: 731933.
- [8] 李映红,张婉,刘笑冰. 国内农业绿色发展研究演进与展望:基于VOSviewer的可视化分析[J]. 中国林业经济,2022(4):49-54.
- [9] 胡俊强,燕亚飞. 基于CiteSpace的我国城市公共空间活力研究进展[J]. 林业调查规划,2024,49(2):207-213.
- [10] 杨秀勇,徐成铭. 中国共同富裕研究的主题演变、研究现状及述评:基于CiteSpace文献计量分析[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版),2023,44(5):232-240.
- [11] 曾庆玲,王庆梅,杨雨卉,等. 基于CiteSpace体外膜肺氧合护理研究热点及发展趋势的可视化分析[J]. 军事护理,2023,40(9):26-30.
- [12] 陈悦,陈超美,刘则渊,等. CiteSpace知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究,2015,33(2):242-253.
- [13] 李秀敏,艾鑫蕊. 医学教育中人工智能技术应用的文献计量分析与教学启示[J]. 继续医学教育,2025,39(11):128-133.
- [14] 张潇一,张彬彬,张林,等. 基于CiteSpace对酒精性肝病药物研究进展的知识图谱分析[J]. 实用中医内科杂志,2024,38(9):1-3.
- [15] 朱惠敏,胡蝶,郭振宇,等. 生成式人工智能在人体解剖学教学实践中的应用[J]. 基础医学教育,2026,28(2):167-170.
- [16] 吉海燕,尚容亦,胡义朗,等. 生成式人工智能助力生物化学翻转课堂习题解答中的实践路径探索与教学效果评估[J]. 交通医学,2026,40(1):112-114.
- [17] 丁晨,蒋家琼. 国际人工智能伦理教育研究数据的可视化分析[J]. 比较教育学报,2026(1):72-87.

(收稿日期:2026-03-27)