

我国智能技术在医疗领域应用的发展态势分析*

张钟元¹ 马琳¹ 孟小虎² 王巍² 李志英³ 郭珉江¹ 邱五七¹

(¹ 中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020 ² 华为技术有限公司 北京 100073

³ 中国健康教育中心 北京 100011)

〔摘要〕 **目的/意义** 阐述新一代智能技术在我国医疗领域应用的发展概况,为我国智能医疗技术未来发展提供思路。**方法/过程** 在中国知网检索并筛选 2000—2023 年医疗智能技术应用相关文献,使用描述性统计分析和 CiteSpace 软件绘制知识图谱并进行可视化分析。**结果/结论** 国内医疗智能技术应用研究领域发文量整体呈现先稳步增长后趋于平稳的趋势。热点关键词主要有智慧医疗、健康医疗、健康管理等,形成 8 个主要聚类集合。未来研究应加强研究者和机构间的合作交流,更加注重技术应用中安全隐私、技术监管、人才队伍建设以及技术能耗等方面带来的挑战。

〔关键词〕 智能技术;智慧医疗;CiteSpace;知识图谱

〔中图分类号〕 R-058 **〔文献标识码〕** A **〔DOI〕** 10.3969/j.issn.1673-6036.2024.07.002

The Development Status and Trend of Intelligent Technologies Applied in the Medical Field in China

ZHANG Zhongyuan¹, MA Lin¹, MENG Xiaohu², WANG Wei², LI Zhiying³, GUO Minjiang¹, QIU Wuqi¹

¹Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China;

²Huawei Technologies Co. Ltd., Beijing 100073, China; ³Chinese Center for Health Education, Beijing 100011, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** To expound the development of the application of new generation intelligent technologies in the medical field in China, and to provide ideas for the future development of intelligent medical technologies in China. **Method/Process** Literature related to the application of medical intelligence technology from 2000 to 2023 is searched and screened on CNKI, and the knowledge graph is drawn by descriptive statistical analysis and CiteSpace software for visualization analysis. **Result/Conclusion** The number of papers published in the application research field of domestic medical intelligence technology shows a trend of steady growth and then leveling off. The hot keywords mainly include smart medical care, health care, health management, etc., forming 8 main cluster sets. Future research should strengthen cooperation and exchanges between researchers and organizations, and pay more attention to the challenges posed by the application of technology in terms of security and privacy, technology supervision, talent team construction and technological energy consumption.

〔Keywords〕 intelligent technology; smart medical care; CiteSpace; knowledge graph

〔修回日期〕 2024-04-11

〔作者简介〕 张钟元,研究实习员,发表论文 2 篇;通信作者:李志英,郭珉江。

〔基金项目〕 华为技术有限公司委托课题。

1 引言

当前站在健康中国与数字中国两大战略交汇发展新阶段,伴随物联网^[1]、云计算^[2]、人工智

能^[3]、5G^[4]等技术迅猛发展与运用,新一代智能技术在医疗场景中的应用价值日益突显。在药物研发方面,英矽智能公司通过自主搭建人工智能(artificial intelligence, AI)平台,完成了候选药物ISM001-055的发现和设计。该药物成为首个在国内进入临床试验阶段的人工智能研发药物^[5]。在临床应用方面,解放军总医院依托5G远程手术和5G远程机器人,由解放军总医院海南医院专家远程操控,成功为位于北京的帕金森患者实施颅脑手术^[6]。在慢病管理方面,国家标准化代谢性疾病管理中心利用人工智能、物联网、大数据等新兴技术,链接起医院-社区-家庭3个场景,实现糖尿病等慢性病患者院内院外数据整合以及精准随访管理,有效减轻医患双方负担^[7]。

面对数字化变革带来的机遇与挑战,国家层面越来越重视数字健康的融合创新。2020年颁布的《关于加强全民健康信息标准化体系建设的意见》^[8]指出,应推动健康医疗大数据、医疗健康人工智能、医疗健康5G技术以及医疗健康区块链技术的应用标准化建设。规范应用标准化对推进新兴信息技术在医疗领域的应用落地具有重要意义。2022年出台的《“十四五”全民健康信息化规划》^[9]指出,应促进新一代信息技术在卫生健康领域的深度应用。通过提供实时、远程、高移动性的数字化医疗服务,实现医疗服务更加智能化、智慧化^[10],有效推动医疗信息化向智慧医疗、智慧医院发展^[11]。综上,国内智能技术在医疗领域的应用已经取得一定进展。为了更好地厘清其研究热点和前沿,本研究基于CiteSpace软件,通过文献计量方法可视化呈现2010—2023年智能技术在医疗领域应用的发展情况,以期对相关研究提供参考。

2 资料与方法

2.1 数据来源

以中国知网为数据来源,检索日期为2024年1月26日。采用主题检索。检索起止时间设为2000年1月1日—2023年12月31日,其中最早的文献发表于2010年。因本研究切入点和重点是医疗领域和智能技术两大主题,为明确研究重点,避免大量庞杂的智能技术列举,选择检索7个应用广泛的

智能技术,检索式为:(主题=医疗领域) and (主题=物联网,云计算,区块链,智能穿戴,大数据,人工智能,5G),检索语种为中文。初步得到1 189篇文献,通过主题符合性、文献完整性以及文献类型筛查,最终纳入文献289篇。

2.2 文献纳入与排除标准

纳入标准为:智能技术在医疗领域的应用相关中文文献。排除标准为:题录信息不完整、重复的文献,类型为报纸、会议、书评的文献,以及非智能技术应用文献。

2.3 数据处理方法

基于中国知网检索结果列表,对文献作者、发文机构、发表年度等基本情况描述性统计分析。将refworks格式信息导入CiteSpace 6.2软件,对关键词等节点类型进行可视化分析,绘制共现图、聚类图、突现词图以及时间线图,分析研究热点及发展趋势。主要参数:时间分区设置为2010—2023年,时间切片设置为1;节点类型选择关键词,网络节点关联强度的计算采用cosine算法,数据提取阈值采用g-index方法,其中 k 值取25。

3 结果

3.1 总体发文趋势

本研究纳入文献289篇。其中,2020年发文量最多,为47篇,2018—2020年间发文量占总体14年间的44.64%,其余年份在2020年以前保持稳定增长,2021—2023年呈现回落趋势,预测将趋于平稳,见图1。

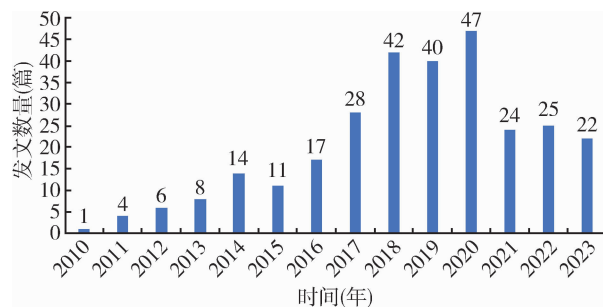


图1 年度发文趋势

3.2 科研合作网络分析

3.2.1 发文作者合作情况 对 289 篇文献发文作者进行分析，发现尚未形成成熟的研究网络，多数作者在本主题下仅发表 1 篇文献。只有少数作者发表量大于 1 篇，其中周栋发表文献最多，为 3 篇；以何前锋为链接节点，与其余 6 位作者共同形成局部小型的研究网络。表明在该主题下的合作研究有待加强。

3.2.2 发文机构合作情况 从发文机构合作网络图谱来看，网络密度为 0.004 5，可知机构间合作强度不大，尚未形成较为广泛和紧密的合作网，多以机构间合作子网络形式分布。从发文机构类型来看，主要包括高校、医疗机构、政府部门、科研机构以及企业 5 种类型。总体来看，我国智能技术在医疗领域的应用研究呈现出以医疗机构、高校为主，政府部门、科研机构以及企业为辅的网络，见图 2。



图 2 发文机构合作网络图谱

3.3 研究热点和前沿动态

3.3.1 关键词共现及突现分析 以关键词为节点

绘制共现网络，见图 3。共有 240 个关键词，570 条连线，其密度值为 0.019 9。关键词的大小与其出现频率呈正相关。

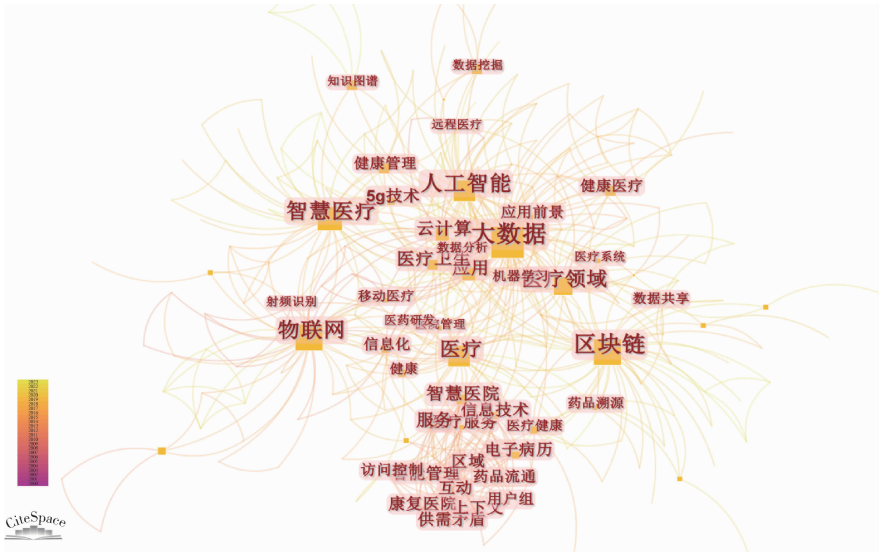


图 3 关键词共现网络

对关键词进行突现分析可以反映该领域研究的焦点变化以及前沿动态，见图 4。物联网技术是 2011—2014 年重点研究内容，该时期逐步有研究者探索将其应用于远程医疗、医疗器械管理以及院内信息共享互联领域^[12]。2015—2017 年，更多研究者关注利用大数据技术助力医疗卫生服务水平提升。2018—2020 年，随着人工智能技术的发展，将其应用于疾病诊断、医学影像诊断成为重点研究内容^[13]。2021—2023 年区块链技术应用受到更多关注，研究者开始探索区块链技术在电子病历等安全管理中的应用^[14]。



图 4 关键词突现分析

3.3.2 关键词频次分析 为了更好地发现研究热点，将与检索词相关的关键词剔除后，结合关键词出现频次及中介向心性，对排名前 10 位的关键词进行统计，见表 1。排名前 3 位的智慧医疗、医疗卫生和健康医疗频次均超过 10 次；排名前 10 位关键词的中介向心性均大于 0.01，表明该主题下的研

究已经较为成熟。

表 1 排名前 10 位的高频关键词、中介向心性 & 首次出现年份

序号	关键词	频次	中介向心性	年份
1	智慧医疗	28	0.25	2014
2	医疗卫生	15	0.04	2013
3	健康医疗	11	0.04	2015
4	医疗健康	7	0.03	2014
5	移动医疗	7	0.01	2011
6	数据挖掘	6	0.03	2015
7	健康管理	5	0.03	2017
8	药品溯源	5	0.01	2019
9	数据共享	5	0.01	2018
10	机器学习	5	0.01	2016

3.3.3 关键词聚类及演化分析 通过对关键词共现网络进行聚类分析，可以探究智能技术在医疗领域的主要研究方向。聚类结果显示共形成 36 类，其中聚类效果最明显也是聚类集合最大的 8 类反映了主要研究方向，见图 5。本次聚类的 Q 值为 0.614 8，平均 Silhouette 值^[15]为 0.821 4，表明各聚类集合的同质性较好，同时聚类结果可以很好地反映出真实情况，见表 2。



图 5 关键词聚类图谱

表2 聚类基本信息

聚类名称	包含关键词个数	Silhouette 值	包含关键词
大数据	44	0.894	疾病预防、医疗融合、卫生健康、信息数据、云平台、医疗产业等
区块链	39	0.920	信息处理、专利信息、数据存储、信息利用、数据安全、共识机制、欺诈检测等
物联网	31	0.791	使用率、基础架构、医疗救助、医疗管理、远程会诊、护理管理、远程监护等
智慧医疗	28	0.769	卒中、技术架构、低延时、知识融合、深度学习、医学知识、信息交互等
医疗	24	0.884	穿戴业务、数据管理、临床医疗、互联网、医药研发、可穿戴、临床试验等
智慧医院	14	0.943	药品流通、访问控制、供需矛盾、康复医院、智能管理、电子病历、医疗服务等
应用	9	0.877	医疗机构、传染病、医学伦理、安全检测、医学等
健康医疗	8	0.995	挖掘、伤害预防、医疗环境、“互联网+”等

4 讨论

4.1 智能技术在医疗领域应用的发展进程

4.1.1 第1阶段（2011—2015年）以物联网技术应用为核心的起步阶段。2012年《物联网“十二五”规划》^[16]明确指出，在2011—2015年的规划期内，要重点支持医疗卫生领域的物联网应用。通过运用无线射频识别、传感器等信息传感技术，实现对医疗机构中的人员、物品以及设备的信息化管理，有效提升医疗资源共享程度，提高医院综合管理水平。应用方向主要有医院内部信息管理、医疗对象管理、医疗信息管理、医疗流程管理，为医疗资源合理配置以及医疗信息化提供必要基础技术支持。

4.1.2 第2阶段（2015—2018年）以大数据技术应用为核心的发展阶段。2016年发布的《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》^[17]指出要推动大数据在健康医疗领域的共享、开放和应用。通过整合区域医疗机构、基层卫生机构等各类医疗卫生机构数据，打造全生命周期居民电子健康档案数据库。通过公共卫生大数据应用，动态掌握和分析疾病发生趋势等信息，有效提升疾病预防监测和评估能力。

4.1.3 第3阶段（2018—2020年）以人工智能技术应用为核心的快速发展阶段。随着“互联网+医疗健康”^[18]的大力推进，人工智能已成为推动医疗健康发展的重要技术手段。AI影像识别通过算

法训练，可以有效辅助医生发现早期病变和识别疾病风险。“AI+辅助诊断”通过综合分析患者信息和海量医学知识，为临床诊疗提供辅助，有效提升医生工作效率。“AI+药物研发”可以实现低耗高效的化合物筛选，有效缩短药物研发周期和降低研发成本。

4.1.4 第4阶段（2020—2023年）以区块链技术应用为核心的进一步探索阶段。2020年出台的《关于加强全民健康信息标准化体系建设的意见》^[8]提出，积极探索医疗健康领域区块链应用场景。有更多研究开始探索基于区块链技术的电子病历构建、药品医疗器械溯源以及医疗保险管理等方面应用。

4.2 智能技术在医疗领域应用的研究热点

从关键词词频分析结果看，智慧医疗是智能技术在医疗领域应用的研究热点。智慧医疗涉及智慧医院建设、区域医疗平台和家庭健康管理多个方面，总体以提升医院信息化建设、医疗服务水平为目的。其中区域医疗平台以加强医疗健康数据整合、疾病预防和健全电子健康档案为主要目的；家庭健康管理以特殊人群健康监测、慢性病远程监护以及院外管理为主要目的。通过将新兴信息技术与医疗相关业务融合，实现医疗质量和效率提升，提高人民健康水平。

在技术与实际业务融合过程中，人工智能、5G、物联网等技术的应用呈现深度融合特点。三者结合可以极大推动智慧医疗发展，全面、精准收集和管理院外、院内医疗数据，实现医疗卫生监管、

远程医疗以及智慧医院等多场景应用^[19]。而云计算由于具有灵活性高、投资成本低、可扩展性好的特点,经常被应用于医疗数据存储和管理方面。云计算与人工智能的融合推动了医疗云平台应用,可应用于医学影像诊断分析、患者风险评估、药物研发等场景^[20]。云计算搭载智能可穿戴设备,可以为患者和医务人员提供实时的医学信息和服务,实现患者院外健康管理和辅助医务人员诊断决策。新一代智能技术在医疗领域的应用极大推动了医疗卫生服务智能化、个性化、精准化发展。

4.3 智能技术在医疗领域应用的未来发展趋势

4.3.1 医疗用户 技术应用有助于全生命周期健康管理。依托大数据、人工智能和可穿戴设备等技术,构建医院-社区-家庭-个人全生命周期健康管理服务平台,实现全人群受益。针对慢性病患者,可以更好地对患者用药、饮食、运动等日常行为进行长期监测、风险预测和预警干预,提高健康管理效率和水平。

4.3.2 医疗机构 技术应用有助于促进医疗资源合理布局。借助 AI 辅助诊疗等技术,可以有效提升医护人员诊疗能力,进而促进整体服务质量提升。同时依托远程医疗、5G、云计算等技术,可以逐步实现医疗资源合理下沉,缓解医疗资源分布不均状况,实现整体服务效率提升。

4.4 智能技术在医疗领域应用面临的挑战

4.4.1 安全隐私方面 医疗健康相关数据因其特殊性,如未能妥善存储、管理和使用,将引起严重的个人隐私和信息安全问题。例如基于人工智能技术相关应用,在数据训练阶段通常需要使用大量患者数据,尽管已经提前进行敏感数据去标识化处理,但是仍有可能通过技术手段还原患者真实信息,带来个人隐私泄漏风险;模型部署阶段同样存在用户健康信息安全风险。

4.4.2 技术监管方面 随着 AI 辅助诊疗、临床医护决策辅助等应用的推广,如何解决技术应用导致的医疗事故、医疗纠纷事件是亟待思考的问题。由于新兴智能技术在应用时涉及准入、质量和安全

等多方面监管环节,相关技术更新迭代快速,均对相关监管提出了更高要求。

4.4.3 人才队伍建设方面 人才短缺是制约医疗智能技术进一步发展的重要原因。当前我国极度缺乏既具有医疗健康、临床等专业知识,又具有大数据时代信息数据处理能力的复合型人才。同时也缺乏长期稳定的智库和技术支撑队伍。

4.4.4 技术能耗方面 人工智能、云计算和区块链等技术应用通常会带来大量的计算资源和电力资源消耗,应引起重视。同时这类技术也具有算法依赖和算力依赖的特征,对扩大技术应用的广度和深度带来挑战。

5 结语

本研究采用文献计量方法,利用 CiteSpace 软件可视化分析 2010—2023 年智能技术在医疗领域应用的发展情况,探讨智能技术在医疗领域应用的发展进程、研究热点、发展趋势和面临挑战。国内医疗智能技术应用研究领域发文量整体呈现先稳步增长后趋于平稳的趋势,其发展历程大致可分为 4 个阶段,每个阶段相关研究紧跟政策的发布和实施。聚类效果最明显的 8 类包括大数据、区块链、物联网、智慧医疗、医疗、智慧医院、应用、健康医疗。未来研究应加强研究者和机构间的合作交流,同时更加注重安全隐私、技术监管、人才队伍建设以及技术能耗等方面带来的挑战。

本研究的局限性一是仅以中国知网数据库作为唯一文献来源,同时为了防止信息过于庞杂,在限定智能技术主题的检索词时仅选取了 7 项具有代表性且应用广泛的技术,未来将进一步完善纳入文献的检索策略,力求更客观地反映该领域研究进展。二是仅以 CiteSpace 软件作为唯一文献计量分析工具,由于纳入文献的标题、摘要等部分信息存在一定局限性,可能导致研究热点和趋势分析存在一定偏差,未来将结合不同计量工具进一步丰富研究角度和深度。

作者贡献: 张钟元负责论文撰写与修订;马琳负责数据采集与分析;孟小虎、王巍负责提供技术支

持；郭珉江、李志英、邱五七负责提供指导、论文审核。

利益声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

1 孙其博, 刘杰, 黎舜, 等. 物联网: 概念、架构与关键技术研究综述 [J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33 (3): 1-9.

2 许子明, 田杨锋. 云计算的发展历史及其应用 [J]. 信息记录材料, 2018, 19 (8): 66-67.

3 张鑫, 王明辉. 中国人工智能发展态势及其促进策略 [J]. 改革, 2019 (9): 31-44.

4 袁宁, 屈高超, 颜帅, 等. 基于 5G 网络的人工智能与物联网在智慧医疗领域的应用 [J]. 中国研究型医院, 2019, 6 (6): 58-62.

5 汪忠华, 吴亦初, 吴中山, 等. 先进人工智能技术在新药研发中的应用 [J]. 化学进展, 2023, 35 (10): 1505-1518.

6 张俊哲, 王骏哲, 陈柯宇, 等. 5G 技术在智慧医疗领域的应用探究 [J]. 电脑知识与技术, 2021, 17 (33): 104-105, 110.

7 殷慧慧, 杜建玲, 王艾红, 等. 国家标准化代谢性疾病管理中心应用于糖尿病患者管理的效果研究 [J]. 中国全科医学, 2020, 23 (15): 1928-1932.

8 关于加强全民健康信息标准化体系建设的意见 [EB/OL]. [2024-01-26]. <http://www.nhc.gov.cn/guihua-xxs/gongwen12/202010/4114443b613546148b275f191da4662b.shtml>.

9 “十四五”全民健康信息化规划 [EB/OL]. [2024-01-26]. <http://www.nhc.gov.cn/guihua-xxs/s3585u/202211/49eb570ca79a42f688f9efac42e3c0f1.shtml>.

10 魏东海, STUMPF S, RUBINO L, 等. 从远程医疗到互联网+人工智能 (AI) 医疗看医疗数字化的演进 [J]. 中国研究型医院, 2022, 9 (5): 64-76.

11 糜泽花, 钱爱兵. 智慧医疗发展现状及趋势研究文献综述 [J]. 中国全科医学, 2019, 22 (3): 366-370.

12 俞磊, 陆阳, 朱晓玲, 等. 物联网技术在医疗领域的研究进展 [J]. 计算机应用研究, 2012, 29 (1): 1-7.

13 金兴, 王咏红. 健康医疗大数据的应用与发展 [J]. 中国卫生信息管理杂志, 2016, 13 (2): 187-190.

14 陶苏皖, 蔡永琪, 王豪杰. 区块链与医疗数据: 挑战与方法 [J]. 网络安全技术与应用, 2023, (6): 132-134.

15 杨宁, 唐常杰, 王悦, 等. 基于谱聚类的多数据流演化事件挖掘 [J]. 软件学报, 2010, 21 (10): 2395-2409.

16 物联网“十二五”发展规划 [EB/OL]. [2024-01-26]. https://www.gov.cn/zwgk/2012-02/14/content_2065999.htm.

17 关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见 [EB/OL]. [2024-01-26]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-06/24/content_5085091.htm.

18 国务院办公厅关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见 [EB/OL]. [2024-01-26]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/28/content_5286645.htm.

19 葛涵涛, 陆烨晔. 5G 在智慧医疗领域的应用与发展 [J]. 信息通信技术与政策, 2020, (12): 15-20.

20 吴再新, 陈礼潮, 陈大鹏, 等. 区域医疗服务信息云平台的设计与实现 [J]. 医疗卫生装备, 2022, 43 (1): 40-44.

《医学信息学杂志》开通微信公众号

《医学信息学杂志》微信公众号现已开通，作者可通过该平台查阅稿件状态；读者可浏览当期最新内容、过刊等；同时提供国内外最新医学信息研究动态、发展前沿等，搭建编者、作者、读者之间沟通、交流的平台。可在微信添加中找到公众号，输入“医学信息学杂志”进行确认，也可扫描右侧二维码添加，敬请关注！



《医学信息学杂志》编辑部