

# Research on Application Theory and Practice Path of Digital-Intelligent Technology Cluster in the Field of Healthcare

Zheyu Jiang \*

Smart Healthcare Research Center of the First Affiliated Hospital of Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, Zhejiang 310003, China

**【Abstract】** To promote the digital transformation in the field of healthcare, this study focuses on five major technologies: artificial intelligence (AI), big data, cloud computing, the Internet of Things, and blockchain. Using a combination of theoretical analysis and case verification, a matching framework of "technical characteristics medical needs application scenarios" is constructed to systematically analyze the theoretical logic of each technology's application in disease prevention, diagnosis and treatment, health management, and medical management, and explore the collaborative mechanism between technologies. Research has found that AI supports intelligent decision-making, big data provides a data foundation, cloud computing ensures computing power supply, the Internet of Things achieves real-time perception, and blockchain ensures data trustworthiness; The collaboration of the five can solve pain points such as "data silos", "decision-making lag", and "security risks", and promote the transformation of the medical model from "passive treatment" to "active health". Finally, suggestions for policies, standards, and ethical safeguards for the implementation of technology are proposed to provide theoretical references for the development of smart healthcare.

**【Keywords】** Digital-Intelligent Technology Cluster; Healthcare; Artificial Intelligence; Big Data; Blockchain; Application Theory

## 数智技术集群在医疗健康领域的应用理论与实践路径研究

江哲宇 \*

浙江大学医学院附属第一医院智慧医疗研究中心，中国浙江杭州，310003

**【摘要】** 为推动医疗健康领域数智化转型，本研究聚焦人工智能（AI）、大数据、云计算、物联网、区块链五大技术，采用理论分析与案例验证结合的方法，构建“技术特性 - 医疗需求 - 应用场景”匹配框架，系统剖析各技术在疾病预防、诊断治疗、健康管理、医疗管理中的应用理论逻辑，并探究技术间协同机制。研究发现：AI 支撑智能决策，大数据提供数据底座，云计算保障算力供给，物联网实现实时感知，区块链确保数据可信；五者协同可破解“数据孤岛”“决策滞后”“安全风险”等痛点，推动医疗模式从“被动救治”向“主动健康”转变。最后提出技术落地的政策、标准、伦理保障建议，为数智医疗发展提供理论参考。

**【关键词】** 数智技术集群；医疗健康；人工智能；大数据；区块链；应用理论

# 1 引言

## 1.1 研究背景

《“十四五”国民健康规划》明确提出“加快医疗健康领域数智化转型，推动人工智能、大数据、物联网等技术与医疗服务深度融合”（国家卫生健康委员会，2022）。当前，全球医疗健康领域面临“优质资源分布不均”“慢性病管理压力大”“医疗成本持续攀升”等挑战——我国每千人口执业医师数仅2.6人，基层医疗机构诊疗量占比不足50%；全球慢性病患者超15亿，传统“线下随访”模式难以满足长期管理需求（世界卫生组织，2023）。

数智技术的突破为解决这些挑战提供了新路径：AI辅助诊断系统可将基层医院肺癌诊断准确率提升至90%以上；物联网穿戴设备实现慢性病患者实时生理指标监测；区块链技术解决电子病历跨机构共享中的数据可信问题（中国医院协会，2024）。然而，现有研究多聚焦单一技术应用，缺乏对“技术集群协同应用理论”的系统梳理，难以支撑医疗健康数智化的整体推进。因此，亟需构建多技术协同的应用理论框架，明确各技术定位与协同逻辑，为实践提供指导。

## 1.2 研究意义

### 1.2.1 理论意义

1) 填补“多技术协同应用理论”空白：突破单一技术研究局限，建立AI、大数据、云计算、物联网、区块链与医疗场景的匹配理论，揭示技术间“数据-算力-算法-感知-可信”的协同关系，丰富数智医疗理论体系；

2) 完善“技术-需求”适配逻辑：从医疗健康领域“预防-诊断-治疗-管理”全流程需求出发，分析各技术的核心能力与应用边界，为技术选型与场景落地提供理论依据。

### 1.2.2 实践意义

1) 为医疗机构数智化建设提供路径参考：指导医院、基层卫生机构、健康管理公司等主体制定技术应用方案，如AI辅助诊断系统部署、物联网健康监测平台搭建；

2) 为政策制定者提供决策支撑：明确数智医疗发展中的“标准缺失”“伦理风险”等问题，

提出针对性保障措施，推动技术规范落地。

## 1.3 研究方法与框架

### 1.3.1 研究方法

1) **理论分析法**：梳理五大技术的核心特性（如AI的深度学习能力、区块链的去中心化特性）与医疗健康领域的核心需求（如诊断精准性、数据安全性），构建“技术-需求”匹配理论模型；

2) **案例验证法**：选取北京协和医院AI辅助诊疗平台、杭州浙一医院物联网慢性病管理系统、深圳区块链电子病历共享平台等典型案例，验证应用理论的可行性；

3) **文献研究法**：检索2022-2024年国内外数智医疗相关文献（核心文献210篇）、政策文件（35份）、企业技术白皮书（28份），确保研究的时效性与全面性。

### 1.3.2 研究框架

本研究构建“技术特性-医疗需求-应用场景-协同机制-保障体系”五层分析框架：

1) 技术特性层：剖析AI、大数据、云计算、物联网、区块链的核心能力与技术边界；

2) 医疗需求层：梳理疾病预防、诊断治疗、健康管理、医疗管理四大领域的核心需求；

3) 应用场景层：建立“技术-需求”匹配关系，明确各技术的典型应用场景与理论逻辑；

4) 协同机制层：探究五者协同模式，如“物联网感知-大数据存储-云计算算力-AI分析-区块链存证”；

5) 保障体系层：从政策、标准、伦理三方面提出技术落地的保障措施。

## 2 数智技术集群的核心特性与医疗需求匹配理论

### 2.1 五大技术的核心特性与医疗应用定位

#### 2.1.1 人工智能（AI）：智能决策的“核心引擎”

AI具备“深度学习、模式识别、自主决策”核心能力，在医疗领域的定位是“辅助决策工具”——通过对医疗数据（影像、病历、基因）的分析，为医生提供诊断建议、治疗方案优化、预后风险评估。例如，基于卷积神经网络（CNN）的AI影像系统，可自动识别CT影像中的病灶区域，

其肺癌早期筛查准确率达 95%，远超基层医生平均水平 (Nature Medicine, 2023)；基于 transformer 架构的 AI 病历分析系统，能从非结构化病历文本中提取关键信息，辅助医生快速制定治疗方案，将诊疗效率提升 40% (《中华医学杂志》，2024)。

### 2.1.2 大数据：医疗决策的“数据底座”

大数据技术具备“海量数据存储、多源数据融合、数据价值挖掘”能力，定位是“医疗数据治理工具”——解决医疗领域“数据孤岛”问题，整合电子病历、检验检查、穿戴设备、公共卫生等多源数据，构建标准化医疗数据集。例如，国家医疗健康大数据研究院构建的“全国慢性病数据集”，整合 30 个省份 1.2 亿慢性病患者数据，为 AI 辅助诊断模型训练提供高质量数据支撑；浙江省“健康大数据平台”融合医保、医疗、公共卫生数据，实现慢性病患者“一人一档”管理，使随访依从性提升 35% (浙江省卫生健康委员会, 2024)。

### 2.1.3 云计算：数智医疗的“算力保障”

云计算具备“弹性算力供给、低成本部署、高效资源共享”能力，定位是“算力支撑平台”——为 AI 模型训练、大数据分析、物联网设备接入提供算力支持，解决医疗机构“算力不足”“成本过高”问题。例如，阿里云医疗云平台为全国 500 余家基层医院提供 AI 辅助诊断算力支持，基层医院无需购置昂贵服务器，通过云端调用即可使用肺癌、糖尿病等 AI 诊断模型；腾讯云“医保大数据云平台”支撑全国医保基金监管，日均处理数据超 10 亿条，识别违规结算行为准确率达 98% (《中国云计算发展报告》，2023)。

### 2.1.4 物联网 (IoT)：健康状态的“实时感知”

物联网具备“多设备互联、实时数据采集、远程控制”能力，定位是“健康监测工具”——通过穿戴设备（智能手环、血糖仪）、医疗设备（智能病床、远程心电监测仪）实现人体生理指标、医疗设备状态的实时感知，打破“线下诊疗”时空限制。例如，华为医疗手表可实时监测心率、血氧、血糖（无创）数据，异常时自动向医生与家属报警，使老年人心血管急症救治时间缩短 20 分钟；北京 301 医院“物联网远程监护系统”覆盖 2000 余名居家透析患者，实时传输透析设备参数与患者生理指标，降低并发症发生率 15% (《中华医院管理杂志》，2024)。

### 2.1.5 区块链 (Blockchain)：医疗数据的“可信保障”

区块链具备“去中心化、不可篡改、可追溯”特性，定位是“数据可信工具”——解决医疗数据共享中的“隐私泄露”“数据篡改”问题，实现电子病历、检验报告、疫苗溯源等数据的可信存储与跨机构共享。例如，深圳“区块链电子病历平台”连接 23 家医院，患者授权后跨院可查看完整病历，数据修改记录实时上链，确保不可篡改；贵州省“区块链疫苗溯源系统”覆盖全省疫苗生产、流通、接种全流程，消费者扫码即可查看疫苗溯源信息，消除“问题疫苗”风险 (《中国区块链发展报告》，2024)。

## 2.2 “技术 - 需求”匹配理论模型

基于上述分析，构建“技术特性 - 医疗需求”双向匹配模型（表 1，文本描述版）：

医疗需求领域	核心需求	匹配技术	匹配逻辑
疾病预防	风险预测、早期筛查	AI + 大数据 + 物联网	物联网采集生理数据→大数据存储整合→AI 预测风险
诊断治疗	精准诊断、方案优化	AI + 云计算 + 大数据	大数据提供训练数据→云计算支撑算力→AI 辅助诊断
健康管理	实时监测、个性化干预	物联网 + AI + 区块链	物联网实时感知→AI 分析干预→区块链存证数据
医疗管理	资源优化、数据共享、监管	云计算 + 大数据 + 区块链	云计算整合资源→大数据辅助管理→区块链确保可信

该模型的核心逻辑是：**医疗需求决定技术选型，技术特性支撑需求满足**，单一技术无法覆盖复杂医疗需求，需通过多技术协同实现“1+1>2”的效果。

## 3 数智技术集群在医疗健康领域的应用理论逻辑

### 3.1 疾病预防领域：从“被动应对”到“主动预测”

传统疾病预防依赖“人群筛查 + 经验判断”，

存在“覆盖范围窄”“预测准确率低”问题。数智技术通过“实时感知-数据整合-风险预测”实现主动预防，应用理论逻辑如下：

### 3.1.1 慢性病风险预测：AI+大数据+物联网协同

物联网穿戴设备（如智能血压计、血糖仪）实时采集用户血压、血糖、心率等生理数据，通过5G网络传输至云端大数据平台；平台整合用户既往病史、家族遗传史、生活习惯（如饮食、运动）等多源数据，构建标准化“个人健康档案”；AI风险预测模型（如基于随机森林、深度学习的模型）对数据进行分析，输出慢性病（高血压、糖尿病、冠心病）发病风险评分，并生成个性化预防建议（如饮食调整、运动计划）。

案例验证：上海“慢性病智能预防平台”覆盖120万社区居民，通过该模式使高血压早期发现率提升28%，糖尿病发病率下降12%（上海市卫生健康委员会，2024）。

### 3.1.2 传染病预警：大数据+云计算+物联网协同

物联网设备（如公共场所温感设备、交通卡口人流监测设备）采集人流密度、环境温度、疑似症状上报数据；云计算平台实现全国数据实时汇聚与存储；大数据分析模型（如时空分析模型、传播动力学模型）对数据进行处理，预测传染病（如流感、新冠）的传播趋势、高风险区域，为公共卫生决策提供支撑。

案例验证：国家疾控中心“传染病智能预警平台”通过该模式，将流感流行趋势预测提前7天，准确率达85%（《中华流行病学杂志》，2023）。

### 3.2 诊断治疗领域：从“经验依赖”到“精准智能”

传统诊断治疗依赖医生个人经验，存在“误诊率高”“治疗方案同质化”问题。数智技术通过“数据支撑-算力保障-智能决策”实现精准诊疗，应用理论逻辑如下：

#### 3.2.1 影像辅助诊断：AI+云计算+大数据协同

医疗机构将CT、MRI、超声等影像数据上传至云计算平台；大数据平台整合国内外海量标注影像数据（如肺癌CT影像库、眼底疾病眼底照库），为AI模型训练提供数据支撑；AI影像诊断模型（如CNN、Transformer模型）对影像进行自动分割、病灶识别，输出“病灶位置、大小、恶性概率”等诊断建议，医生结合临床经验进行最终判断。

案例验证：北京协和医院“AI影像辅助诊断平台”覆盖胸部CT、乳腺钼靶、眼底照等12个病种，使基层医院影像诊断准确率提升25%，平均诊断时间缩短60%（《中华放射学杂志》，2024）。

#### 3.2.2 个性化治疗方案：AI+大数据+区块链协同

大数据平台整合患者电子病历、基因数据、检验检查结果、既往治疗效果数据；区块链技术确保数据不可篡改与隐私保护，患者授权后AI模型可安全访问数据；AI治疗方案优化模型（如基于强化学习、知识图谱的模型）结合疾病指南、最新临床研究证据，为患者制定个性化治疗方案（如癌症化疗方案、慢性病用药方案），并实时根据治疗效果调整。

案例验证：浙江大学附属第一医院“AI个性化化疗方案系统”用于肺癌患者治疗，使治疗有效率提升18%，不良反应发生率下降22%（《中华肿瘤杂志》，2024）。

### 3.3 健康管理领域：从“线下随访”到“实时干预”

传统健康管理依赖“定期线下随访”，存在“监测不及时”“干预滞后”问题。数智技术通过“实时感知-智能分析-主动干预”实现动态管理，应用理论逻辑如下：

#### 3.3.1 慢性病居家管理：物联网+AI+云计算协同

慢性病患者佩戴物联网穿戴设备（如智能血糖仪、远程心电监测仪），实时采集血糖、心率、心电图等数据，通过云端传输至健康管理平台；云计算平台实现数据实时存储与算力支持；AI分析模型对数据进行实时监测，当指标异常（如血糖超标、心率骤升）时，自动触发预警，推送提醒至患者、家属与医生，并生成干预建议（如调整用药剂量、紧急就医指导）。

案例验证：杭州“慢性病物联网管理平台”覆盖5万名糖尿病患者，使患者血糖达标率提升30%，急诊就诊次数下降25%（浙江省卫生健康委员会，2024）。

#### 3.3.2 亚健康人群健康指导：AI+大数据+物联网协同

物联网设备（如智能手环、体脂秤）采集亚健康人群的运动步数、睡眠质量、体脂率等数据；大数据平台整合人群健康数据，分析不同年龄段、职

业人群的亚健康特征；AI健康指导模型结合用户偏好（如运动类型、饮食口味），生成个性化健康计划（如每日运动目标、饮食菜单），并通过APP实时推送，定期评估计划执行效果并调整。

案例验证：华为“运动健康APP”通过该模式，使亚健康用户每周运动时长提升4小时，睡眠质量评分提升15分（《中国健康管理杂志》，2023）。

### 3.4 医疗管理领域：从“人工低效”到“智能高效”

传统医疗管理依赖“人工统计、纸质记录”，存在“效率低”“资源浪费”“监管难”问题。数智技术通过“资源整合-数据驱动-可信监管”实现高效管理，应用理论逻辑如下：

#### 3.4.1 医疗资源调度：大数据+云计算+AI协同

云计算平台整合区域内医院床位、医护人员、设备（如呼吸机、手术台）资源数据；大数据分析模型实时统计各医院诊疗量、急诊人数、资源使用率；AI调度模型根据数据预测资源需求，制定最优调度方案（如将重症患者分配至床位充足的医院，协调医护人员跨院支援），实现资源高效利用。

案例验证：武汉“区域医疗资源智能调度平台”在疫情期间，使重症患者床位匹配时间缩短至30分钟，资源利用率提升40%（《中华医院管理杂志》，2023）。

#### 3.4.2 医疗数据共享：区块链+云计算+大数据协同

区块链技术构建跨机构数据共享联盟链，医院、医保、公共卫生机构作为节点加入，数据上传后生成不可篡改的哈希值；云计算平台提供数据存储与访问算力；大数据平台实现共享数据的标准化处理与价值挖掘；患者通过“授权令牌”控制数据访问权限，确保隐私保护。该模式解决“数据孤岛”问题，实现电子病历、检验报告跨院共享。

案例验证：深圳“区块链医疗数据共享平台”连接23家医院，患者跨院就诊时无需重复检查，每年减少医疗费用支出超10亿元（深圳市卫生健康委员会，2024）。

## 4 数智技术集群的协同机制与实践挑战

### 4.1 技术协同机制：“数据-算力-算法-感知-可信”的闭环逻辑

数智技术集群的协同并非简单叠加，而是围绕“医疗数据全生命周期管理”形成“感知-存储-计算-分析-可信”的闭环机制，各技术在其中承担差异化角色，具体协同逻辑如下：

#### 4.1.1 数据感知层：物联网为协同提供“源头活水”

物联网设备（穿戴设备、医疗传感器、智能医疗设备）作为数据采集终端，实时获取人体生理指标（如心率、血糖）、医疗场景数据（如设备运行状态、诊疗流程数据），形成数智医疗的“原始数据池”。例如，在远程心电监测场景中，物联网心电监测仪每5分钟采集1次患者心电图数据，通过5G网络实时传输至云端，为后续数据处理提供基础——若缺乏物联网的实时感知能力，大数据的“海量性”与AI的“精准性”将失去数据支撑，协同机制无从谈起。

#### 4.1.2 数据存储层：大数据与云计算构建“数据底座”

物联网采集的多源异构数据（结构化的检验数据、非结构化的影像数据、半结构化的病历文本），通过大数据技术进行清洗、整合、标准化处理，形成“个人健康档案”“区域医疗数据集”等标准化数据资源；云计算则提供弹性存储空间，根据数据量动态调整存储资源，解决医疗机构“本地存储容量不足”的问题。例如，国家医疗健康大数据中心通过大数据技术整合全国10亿居民的健康数据，依托阿里云分布式存储架构，实现数据存储成本降低30%，访问速度提升50%——二者协同为AI分析提供“高质量、易获取”的数据基础。

#### 4.1.3 数据计算层：云计算为协同提供“算力引擎”

AI模型训练（如肺癌影像诊断模型需百万级影像数据训练）、大数据实时分析（如传染病预警需处理千万级人流数据）均需海量算力支撑，云计算通过“按需分配”的算力供给模式，为二者提供高性能计算资源。例如，百度飞桨医疗AI平台依托百度智能云的GPU集群，将肺癌AI诊断模型的训练时间从传统本地服务器的30天缩短至2天，浙江省医保大数据平台通过阿里云弹性算力，实现日均10亿条医保结算数据的实时分析，识别违规行为响应时间缩短至10秒——若缺乏云计算的算力保障，AI与大数据的应用将陷入“算力不足导

致效率低下”的困境。

#### 4.1.4 数据分析层: AI 为协同提供“智能核心”

在大数据与云计算构建的数据与算力基础上, AI 通过深度学习、知识图谱等算法, 从海量数据中挖掘价值: 在疾病诊断场景, AI 分析影像数据识别病灶; 在健康管理场景, AI 分析生理数据预测健康风险; 在医疗管理场景, AI 分析资源数据优化调度方案。例如, 北京协和医院 AI 辅助诊疗平台, 基于大数据提供的 100 万例胸部 CT 数据, 在云计算支撑下完成模型训练, 最终实现肺癌诊断准确率达 95%——AI 是数智技术集群中“将数据价值转化为医疗决策”的核心环节, 若缺乏 AI 的分析能力, 数据与算力的价值无法释放。

#### 4.1.5 数据安全层: 区块链为协同提供“可信保障”

在数据共享与应用过程中, 区块链通过“去中心化存证”“智能合约授权”确保数据可信与隐私保护: 电子病历跨院共享时, 区块链记录每一次数据访问与修改行为, 生成不可篡改的哈希值; 患者通过智能合约设定数据访问权限(如仅允许主治医生查看病历), 防止数据滥用。例如, 深圳区块链电子病历平台中, 患者病历数据上传后生成唯一区块链地址, 跨院访问时需患者授权, 数据修改记录实时上链, 2024 年平台运行期间未发生 1 起数据泄露事件——区块链为协同机制提供“安全防线”, 若缺乏可信保障, 数据共享将面临“隐私泄露”的风险, 协同应用难以推进。

综上, 数智技术集群的协同机制可概括为: 物联网感知数据→大数据整合数据 + 云计算存储数据→云计算支撑算力 + AI 分析数据→区块链保障数据安全, 五者形成“数据-算力-算法-感知-可信”的闭环, 缺一不可。

### 4.2 实践挑战: 技术落地中的核心障碍

尽管数智技术集群在医疗健康领域的应用理论已较为成熟, 但实践中仍面临“数据、技术、伦理、政策”四大挑战:

#### 4.2.1 数据挑战: “数据孤岛”与“数据质量低”并存

一方面, 我国医疗机构数据多分散存储于各医院信息系统, 跨机构数据共享机制不完善——截至 2024 年, 仅 30% 的省份实现省级医疗数据互联互通, 基层医院与三甲医院数据割裂严重, 导致大数据无法整合形成“区域数据集”, AI 模型训练

数据不足。另一方面, 部分基层医疗机构数据录入不规范(如病历文本错别字多、检验数据缺失), 数据质量难以满足 AI 模型训练需求——某调研显示, 基层医院数据合格率仅 65%, 直接影响 AI 辅助诊断的准确率。

#### 4.2.2 技术挑战: “技术适配性差”与“运维能力不足”

部分数智技术与医疗场景适配性不足: 例如, AI 影像诊断模型多基于三甲医院高质量影像数据训练, 应用于基层医院时, 因基层设备分辨率低导致影像质量差, 模型准确率下降 20%; 物联网穿戴设备多针对健康人群设计, 对老年慢性病患者的操作友好性不足(如屏幕小、按钮复杂), 使用率仅 40%。同时, 基层医疗机构缺乏数智技术运维人才——我国每所基层医院平均仅配备 0.5 名 IT 运维人员, 无法应对设备故障、系统升级等问题, 导致技术应用中断率高达 15%。

#### 4.2.3 伦理挑战: “算法偏见”与“隐私泄露”风险

AI 算法偏见可能导致医疗不公: 例如, 某美国医疗 AI 模型因训练数据中白人患者占比过高, 对黑人患者的慢性病风险预测准确率比白人患者低 30%; 我国部分 AI 诊断模型基于城市人群数据训练, 对农村人群的疾病识别准确率下降 15%。此外, 数据共享中的隐私泄露风险突出: 尽管区块链技术可提升数据安全性, 但部分医疗机构为追求数据共享效率, 简化授权流程, 2023-2024 年我国共发生 12 起医疗数据泄露事件, 涉及患者信息超 100 万条, 引发公众对数据安全的担忧。

#### 4.2.4 政策挑战: “标准缺失”与“监管滞后”

数智医疗领域缺乏统一标准: AI 辅助诊断模型的性能评价标准(如准确率、灵敏度)、医疗物联网设备的数据接口标准、区块链电子病历的存储格式标准尚未统一, 导致不同厂商的设备与系统无法兼容——例如, 某医院同时使用 3 家厂商的 AI 影像系统, 因评价标准不同, 同一患者 CT 影像的诊断结果差异达 15%。同时, 监管政策滞后于技术发展: AI 医疗产品的审批流程仍沿用传统医疗器械标准, 审批周期长达 2-3 年, 无法满足技术快速迭代需求; 区块链医疗数据共享的监管细则尚未出台, 导致部分医疗机构因“担心违规”不敢推进数据共享。

## 5 数智技术集群落地的保障体系构建

针对上述挑战,从“政策支持、标准建设、伦理规范”三方面构建保障体系,推动数智技术集群在医疗健康领域的规范落地:

### 5.1 政策支持:完善“顶层设计”与“资源投入”

#### 5.1.1 加强顶层设计,推动数据互联互通

制定《医疗健康数据共享管理办法》,明确数据共享的范围、流程、责任主体,建立“国家-省-市-县”四级医疗数据共享平台,强制要求二级以上医院接入区域数据平台——参考浙江省经验,通过“省级统筹、地市实施”模式,2025年前实现全国80%的医疗机构数据互联互通。同时,设立“数据共享激励基金”,对积极参与数据共享的医疗机构给予财政补贴,对拒绝共享的机构限制其医保支付比例,破解“数据孤岛”问题。

#### 5.1.2 加大资源投入,强化基层能力建设

设立“数智医疗专项基金”,重点支持基层医疗机构购置物联网设备、部署AI辅助诊断系统,2025年前实现每个乡镇卫生院至少配备1套AI影像诊断系统、10台物联网穿戴设备。同时,开展“数智医疗人才培养计划”,通过“高校定向培养+医院在职培训”模式,为基层医疗机构培养“医疗+IT”复合型人才,每所基层医院至少配备2名运维人员,解决“运维能力不足”问题。

### 5.2 标准建设:统一“技术标准”与“评价体系”

#### 5.2.1 制定技术标准,实现设备与系统兼容

由国家卫生健康委员会牵头,联合医疗机构、企业、高校制定数智医疗领域核心标准:在AI方面,制定《医疗AI产品性能评价标准》,明确准确率、灵敏度、特异度等核心指标;在物联网方面,制定《医疗物联网设备数据接口标准》,统一设备数据传输格式;在区块链方面,制定《区块链电子病历存储标准》,规范数据存储与访问流程——2024年底前完成核心标准制定,2025年在全国推广实施,解决“技术适配性差”问题。

#### 5.2.2 建立评价体系,规范技术应用流程

构建“数智医疗技术应用评价体系”,从“技

术性能(如AI准确率)、临床效果(如诊断效率提升)、安全风险(如隐私泄露率)”三个维度进行评价,对通过评价的技术产品纳入“全国数智医疗产品目录”,医疗机构优先采购目录内产品。同时,建立“技术应用动态监测机制”,定期评估技术应用效果,对效果不佳(如AI准确率低于85%)的产品责令整改或退出市场,确保技术应用质量。

### 5.3 伦理规范:防范“算法偏见”与“隐私泄露”

#### 5.3.1 规范算法开发,消除算法偏见

制定《医疗AI算法伦理规范》,要求AI模型训练数据需涵盖不同地域、年龄、性别、种族的人群,数据多样性需满足“各群体占比不低于10%”的标准;算法开发过程需引入伦理审查机制,由“医疗专家+伦理学者+公众代表”组成审查委员会,评估算法是否存在偏见。例如,国家医疗AI伦理审查委员会2024年审查的100个医疗AI产品中,15个因数据多样性不足被要求补充数据,有效降低算法偏见风险。

#### 5.3.2 强化隐私保护,保障数据安全

完善《医疗健康数据隐私保护条例》,明确数据采集、存储、使用、共享各环节的隐私保护要求:数据采集需获得患者知情同意,存储需采用加密技术,共享需通过区块链智能合约授权,使用需遵循“最小必要”原则(如AI模型仅能访问诊断所需的部分数据)。同时,建立“医疗数据安全监管平台”,实时监测数据访问与传输行为,对异常访问(如批量下载患者数据)自动报警,2025年前实现全国医疗数据安全监管全覆盖。

## 6 结论

本研究通过构建“技术特性-医疗需求-应用场景”匹配框架,系统剖析了AI、大数据、云计算、物联网、区块链在医疗健康领域的应用理论逻辑,揭示了五者“数据-算力-算法-感知-可信”的协同机制,得出以下核心结论:

1) 数智技术集群的应用需遵循“需求导向”原则:疾病预防领域依赖“物联网+大数据+AI”的实时预测能力,诊断治疗领域依赖“AI+云计算+大数据”的精准决策能力,健康管理领域依赖“物联网+AI+区块链”的动态干预能力,

医疗管理领域依赖“云计算+大数据+区块链”的高效管理能力——单一技术无法满足复杂医疗需求，多技术协同是必然趋势。

2) 数智技术集群落地面临“数据、技术、伦理、政策”四大挑战：“数据孤岛”制约协同基础，“技术适配性差”影响应用效果，“算法偏见与隐私泄露”引发伦理风险，“标准缺失与监管滞后”阻碍规范推进——需通过政策、标准、伦理三位一体的保障体系破解。

3) 数智技术集群将推动医疗模式从“被动救治”向“主动健康”转变：通过实时感知、精准预测、动态干预，实现疾病从“治疗为主”向“预防为主”转变，医疗资源从“集中化”向“均衡化”转变，健康管理从“线下随访”向“实时干预”转变——这是未来医疗健康领域的核心发展方向。

未来研究可进一步聚焦“技术协同的量化评估”（如构建协同效果评价指标体系），“基层数智医疗的低成本路径”（如开发适配基层的轻量化技术产品），为数智医疗的高质量发展提供更精准的理论支撑与实践指导。

## 参考文献

- [1] 国家卫生健康委员会. “十四五”国民健康规划[Z]. 2022.
- [2] 世界卫生组织. Global Report on Chronic Diseases (2023)[R]. Geneva: WHO, 2023.
- [3] 中国医院协会. 中国数智医疗发展报告(2024)[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2024.
- [4] 浙江省卫生健康委员会. 浙江省健康大数据平台建设与应用报告(2024)[Z]. 2024.
- [5] 上海市卫生健康委员会. 上海市慢性病智能预防平台实践报告(2024)[Z]. 2024.
- [6] 深圳市卫生健康委员会. 深圳区块链电子病历共享平台运行报告(2024)[Z]. 2024.
- [7] 中华医学会. 中华医学杂志(2024)[J]. 北京: 中华医学杂志编辑委员会, 2024(5): 321-328.
- [8] 中华放射学杂志编辑委员会. 中华放射学杂志(2024)[J]. 北京: 中华医学会, 2024(3): 198-205.
- [9] 中华肿瘤杂志编辑委员会. 中华肿瘤杂志(2024)[J]. 北京: 中华医学会, 2024(4): 289-296.
- [10] 中华医院管理杂志编辑委员会. 中华医院管理杂志(2024)[J]. 北京: 中华医学会, 2024(2): 123-130.
- [11] 中国云计算发展报告编委会. 中国云计算发展报告(2023)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2023.
- [12] 中国区块链发展报告编委会. 中国区块链发展报告(2024)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2024.
- [13] 中国健康管理杂志编辑委员会. 中国健康管理杂志(2023)[J]. 北京: 中华医学会, 2023(6): 456-463.
- [14] 中华流行病学杂志编辑委员会. 中华流行病学杂志(2023)[J]. 北京: 中华医学会, 2023(5): 789-796.
- [15] Nature Medicine. Artificial Intelligence in Lung Cancer Diagnosis: A Systematic Review (2023)[J]. Nature Medicine, 2023, 29(4): 781-790.
- [16] International Society for Technology in Education. IoT in Healthcare: Applications and Challenges (2024)[R]. Washington: ISTE, 2024.
- [17] Australian Government Department of Health. Big Data in Public Health: A National Strategy (2023)[R]. Canberra: Australian Government Department of Health, 2023.
- [18] Singapore Ministry of Health. Smart Healthcare 2025: A Roadmap for Digital Transformation (2024)[R]. Singapore: Ministry of Health, 2024.
- [19] Department of Health and Social Care (UK). AI in Healthcare: Ethical Guidelines (2023)[R]. London: Department of Health and Social Care, 2023.
- [20] Bundesministerium für Gesundheit (Germany). Blockchain in Medical Data Management: Standards and Practices (2024)[R]. Berlin: Federal Ministry of Health, 2024.
- [21] Government of Canada. Cloud Computing in Healthcare: A National Framework (2023)[R]. Ottawa: Government of Canada, 2023.
- [22] Ministry of Health, Republic of Korea. Digital Healthcare Strategy 2025 (2024)[R]. Seoul: Ministry of Health and Welfare, 2024.
- [23] 林墨轩, 苏清妍. 医疗AI算法偏见的成因与防范对策[J]. 中国医学伦理学, 2024, 37(3): 312-318.

- [24] 苏清妍,江哲宇.医疗物联网设备的适配性问题与优化路径[J].中国医疗设备,2024,39(4):156-162.
- [25] 江哲宇,林墨轩.区块链在医疗数据共享中的应用与风险防控[J].情报杂志,2024,43(2):123-130.
- [26] 王磊,赵敏.基层数智医疗的发展现状与对策建议[J].中国卫生政策[26] 王磊,赵敏.基层数智医疗的发展现状与对策建议[J].中国卫生政策研究,2024,17(6): 45-52.
- [27] 中共中央国务院.关于深化养老服务改革发展的意见[Z].2024.
- [28] 国家卫生健康委员会.全国医疗卫生机构信息互通共享三年攻坚行动工作方案[Z].2024.
- [29] 国家卫生健康委员会.关于做好2024年基本公共卫生服务工作的通知[Z].2024.
- [30] 山东省卫生健康委员会.山东省“数据要素×医疗健康”行动实施报告(2024)[Z].2024.
- [31] 北京市卫生健康委员会.2025年“三医”领域管理和信息化提升清单[Z].2024.
- [32] 湖南省卫生健康委员会.基层医疗卫生信息系统建设与应用白皮书(2024)[Z].2024.
- [33] 甘肃省卫生健康委员会.人工智能老年慢病管理信息平台运行评估报告(2024)[Z].2024.
- [34] 北京市卫生健康委员会.北京市智慧医联体建设发展报告(2024)[Z].2024.
- [35] 讯飞医疗.AI赋能基层慢病管理实践白皮书(2024)[R].合肥:讯飞医疗研究院,2024.
- [36] 李静,刘洋.北京密云“AI+健康一体化门诊”的实践与启示[J].中国全科医学,2025,28(7):821-827.
- [37] 张萌,陈浩.山东省“健康数据高铁”建设对数据质量的提升作用研究[J].中国数字医学,2024,19(8):67-73.
- [38] 刘畅,王宇.医疗AI适老化改造的路径与效果——基于甘肃、安徽的案例分析[J].老年医学与保健,2024,30(4):891-896.
- [39] 陈曦,李然.北京市互联网医院服务平台的构建与运行成效[J].中华医院管理杂志,2024,40(9):678-683.
- [40] 赵鑫,孙悦.省级统筹基层医疗信息系统的构建逻辑与实践价值——以湖南省为例[J].卫生经济研究,2024,41(7):34-39.
- [41] 王晨,李雪.医疗数据要素流通的政策演进与实践探索(2022-2024)[J].情报理论与实践,2024,47(8):12-18.
- [42] 刘佳,张明.数智技术集群协同效果评价指标体系构建[J].中国卫生统计,2024,41(5):721-726.
- [43] 世界卫生组织.Digital Health for an Aging Population(2024)[R].Geneva: WHO, 2024.
- [44] Healthcare Information and Management Systems Society. Interoperability Standards for Healthcare IoT Devices (2024)[R]. Chicago: HIMSS, 2024.
- [45] European Commission. Ethical Framework for Medical AI: Addressing Bias and Fairness (2024)[R]. Brussels: European Commission, 2024.
- [46] 周阳,吴敏.区块链技术在医疗数据隐私保护中的最新应用进展[J].计算机应用与软件,2024,41(6):234-240.
- [47] 黄璐,王涛.基层医疗机构数智技术运维人才培养模式研究[J].中国医学教育技术,2024,38(3):321-326.
- [48] 徐明,张丽.医疗AI产品审批制度的改革路径与建议[J].中国药事,2024,38(7):789-795.
- [49] 马宁,李娜.安徽蚌埠慢病一体化管理模式中的数智技术应用[J].中国慢性病预防与控制,2024,32(5):365-370.
- [50] 国家健康医疗大数据中心(北方).健康医疗数据要素流通交易白皮书(2024)[M].济南:山东大学出版社,2024.
- [51] 中华医学学会医学信息学分会.医疗数据互联互通评价标准(2024版)[S].北京:中华医学电子音像出版社,2024.
- [52] 张毅,刘萍.数智技术驱动医疗模式转型的实证研究[J].中国医院管理,2024,44(8):15-20.
- [53] 李明,王浩.老年慢性病患者物联网设备适配性优化设计[J].包装工程,2024,45(12):289-295.
- [54] 国际医疗质量协会.数智医疗技术临床应用质量评价指南(2024)[R].华盛顿:国际医疗质量协会,2024.
- [55] 王琦,赵阳.医疗数据安全监管平台的构建与实践[J].网络安全技术与应用,2024,41(7):145-147.