

智慧医院建设中医疗软件集成与信息融合研究

董颖

佳木斯大学附属第一医院 黑龙江佳木斯 154000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20125

[摘要] 智慧医院建设是推动医疗服务质量提升的重要路径，医疗软件集成与信息融合是其核心支撑。本文系统梳理了智慧医院建设的演进脉络与研究进展，从技术架构、数据治理、应用场景三个维度分析医疗软件集成与信息融合的研究现状。研究发现，智慧医院建设正经历从“信息化”向“数智化”转型：技术架构层面形成“云-数-智”一体化架构；数据治理层面通过通用数据模型、自然语言处理推动临床数据标准化；应用场景层面智慧临床、智慧服务、智慧管理三大领域协同发展。然而，当前研究仍面临互联互通深度不足、数据质量参差不齐、AI模型临床适配性弱、隐私安全机制不健全等挑战。未来研究需在标准化评价体系构建、隐私计算技术应用、可解释AI与临床融合等方向持续深化。

[关键词] 智慧医院；医疗软件集成；信息融合；互联互通；数据治理

引言

新一代信息技术正在深刻重塑医疗服务模式。云计算、大数据、物联网、人工智能与医疗场景的深度融合，催生了智慧医院这一新型医疗服务形态。国家卫生健康委员会发布的《公立医院高质量发展促进行动（2021-2025年）》明确提出，建设电子病历、智慧服务、智慧管理“三位一体”的智慧医院。

医疗软件集成与信息融合是智慧医院建设的核心支撑。随着医院信息化建设深入，各类医疗业务系统不断增多，形成了医院信息系统（HIS）、实验室信息系统（LIS）、医学影像存档与通信系统（PACS）、电子病历系统（EMR）等复杂软件生态。然而，这些系统往往由不同厂商在不同时期建设，数据标准不一、接口互不兼容、信息孤岛现象突出，严重制约智慧医院效能发挥。如何实现异构医疗软件的有效集成，如何促进多源医疗信息的深度融合，已成为智慧医院建设亟需破解的关键问题。

1 智慧医院建设演进与技术架构

1.1 从信息化到数智化的演进脉络

智慧医院建设是医院信息化发展的必然阶段，大致可分为三个时期：

信息化起步期（1970s-1990s）：医院信息化始于患者管理系统，核心任务是纸质流程的电子化替代，系统功能相对独立，数据孤岛问题尚未凸显。

数字化整合期（2000s-2010s）：随着电子病历、影像归档等系统普及，医院开始关注系统间互联互通。集成平台技术应运而生，企业服务总线（ESB）、HL7等标准逐步应用。国家卫生健康委启动医疗健康信息互联互通标准化成熟度测评，推动信息化向标准化方向发展。

数智化转型期（2020s-至今）：大数据、人工智能、物联网深度渗透医疗场景，智慧医院建设进入快车道。截至2023年，电子病历系统应用水平达到4级及以上的三级公立医院占比达87.99%。2025年以来，以大模型为代表的AI技术为智慧医院建设带来新机遇。

1.2 医疗软件集成技术架构演进

集成平台是实现医疗软件集成的核心基础设施，其架构演进经历三代变迁：

第一代：点对点集成。早期采用系统间直接接口方式，每增加一个新系统，就需要与所有相关系统开发接口。这种模式接口数量呈指数级增长，维护成本高、扩展性差。

第二代：企业服务总线（ESB）。ESB模式引入总线架构，各系统通过总线进行消息交换，降低了系统耦合度。

第三代：微服务与API网关。随着云计算技术普及，集成平台向微服务架构演进。微服务架构将系统拆分为独立部署的服务单元，通过API网关对外暴露接口，提升了系统的灵活性和可扩展性。

1.3 互联互通标准体系

标准是医疗软件集成的基石。当前主流的医疗信息标准包括：

数据内容标准：国际疾病分类（ICD）、观测指标标识符逻辑命名与编码系统（LOINC）、医学术语系统命名（SNOMED CT）等，用于规范临床术语表达。

数据交换标准：HL7是医疗信息交换的国际标准；FHIR作为HL7的新一代标准，基于RESTful API设计，更适应移动互联网和云计算环境。

文档共享标准：临床文档架构（CDA）用于规范临床文档的结构化表达。

国家医疗健康信息互联互通标准化成熟度测评自 2015 年启动以来, 统一了数据元、数据集、接口技术等标准, 推动电子病历、健康档案等核心系统的标准化改造, 显著提升了跨机构调阅、检验检查结果互认等场景的应用效率。

2.4 物联网与临床信息系统的融合架构

针对物联网应用与临床信息系统无法统一 workflow 造成数据碎片化的问题, 研究者提出了以临床信息系统为中心的物联网架构模型。该架构包含感知层、网络层、物联网网关层、知识层、应用层五个水平层和安全、管理、云平台三个垂直维度。其中, 物联网网关层采用边缘计算, 将数据延迟降低 70% 以上; 知识层集成 AI 和大数据分析, 可使败血症检测时间缩短 30%。该架构通过标准化 API 实现与电子病历系统的互操作。

2 医疗信息融合方法与路径

2.1 数据治理体系构建

信息融合的基础是高质量的数据治理。中山大学附属第一医院构建了包含 12 个业务域、44 个子业务域、806 个数据项的通用数据模型 (CDM) 体系, 并配套建设两大核心数据治理工具:

数据归一工具: 实现对诊断名称、检验名称、检查名称、手术名称、药品名称等医学标准词和原始词的归一配置。

可视化 NLP 工具: 实现医学非结构化文本的可视化处理, 结合国产大模型探索基于人工反馈的强化学习的大模型数据治理。

2.2 多源异构数据整合

医疗数据具有多源、异构、海量、时序等特征, 整合难度大。当前主流的数据整合技术路径包括:

数据湖技术: 将医院全量数据汇聚形成全院医疗数据湖, 为上层应用提供统一数据底座。

ETL 工具链: 结合大数据平台中的 ETL 工具体系, 实现自动化、可持续、可视化的数据治理。

实时同步机制: 采用 OGG 技术、ACK 消息队列机制等, 解决数据不同步、增量缺失等问题。

数据质量保障: 建立数据治理质量保障体系, 解决数据缺失、不一致、溯源等问题。

2.3 临床术语标准化

术语标准化是信息融合的核心环节。当前主要采用以下策略:

映射标准术语集: 将院内术语映射到 ICD、LOINC、SNOMED CT 等国际标准术语集。华西医院在专病医联体建设中, 设计了 52 张标准临床数据表单, 要求按标准结构进行数据开发。

自然语言处理: 对非结构化文本进行后结构化处理。华西医院基于 Hive、Spark 等技术搭建数据处理平台, 采用高性能数据库引擎确保数据高效存储与处理。

大模型辅助治理: 利用大模型的语义理解能力, 辅助医学术语归一和结构化指标提取。北医三院“三院灵智”体系采用 RAG 技术实现医学知识的动态检索。

2.4 隐私计算与安全保护

信息融合过程中的隐私保护是关键底线。当前主要采取以下措施:

数据脱敏: 在数据使用前对敏感信息进行去标识化处理。北医三院构建“管理-技术-运行”三维安全体系, 通过私有化部署、数据脱敏、权限管控等技术手段防范信息泄露。

分级授权: 基于角色的访问控制, 确保不同岗位人员只能访问授权范围内的数据。

加密传输: 搭建网络专线与数据前置机, 联通医联体医院与中心医院之间的数据链路。

联邦学习: 在保障数据不出本地的前提下实现多机构联合建模, 实现无需共享原始数据的协同学习。

3 应用场景体系与典型案例

3.1 智慧临床: 临床决策支持系统

临床辅助决策是智慧医院的核心应用场景。其主要功能包括:

医学影像辅助诊断: 对 CT、MRI 等医学影像进行特征提取和三维重建, 为疾病诊断和手术规划提供形态学基础。

相似病例推荐: 在电子病历库和医学文献中智能检索、解析相似病例, 提供诊疗思路建议。

治疗方案推荐: 根据患者症状、体征、检验检查结果、既往史等信息, 智能生成诊断和多种治疗方案。

手术规划与导航: 利用手术机器人辅助精准操作, 提供术中实时导航。

北医三院“三院灵智”智能体系已与医生工作站实现无缝对接, 系统可结合诊疗场景自动生成隐私脱敏的病史提示词, 提供罕见病推荐、鉴别诊断、治疗方案优化等服务。自 2025 年 2 月上线以来, 该系统将医务人员提问总结时间从 5 分钟压缩至 3 秒, 效率提升超 90%。

3.2 智慧服务: 全流程智能指引

智慧服务的核心是以患者为中心, 提供便捷、连续、个性化的就医体验:

就诊全流程智能指引: 系统主动感知识别患者身份, 在移动端、电脑端、自助机等多平台提供诊前、诊中、诊后全流程的场景式引导服务。

个性化健康管理: 汇集随访患者日常健康、生活方式及历史医疗数据, 构建连续完整的数字健康档案, 生成精准化健康管理方案。

互联网医院协同: 华西医院专病医联体平台支持医联体医生对患者进行专病入径操作, 入径患者由整个医联体专病团队共同管理。

3.3 智慧管理: 运营决策与资源配置

智慧管理旨在提升医院运营效率和资源配置水平:

运营驾驶舱: 将医院医疗服务、运营管理核心指标高度汇聚形成辅助决策驾驶舱, 在医疗实况监测大屏上进行展示。

资源智能调度: 通过自动化资源运行监控和负载均衡算法, 实现计算、存储资源的灵活调配。

供应链协同: 借助物联网和数据分析技术, 实现药品、耗材的智能化管理和追溯。

3.4 医联体协同: 专病数据共享平台

跨机构信息融合是医联体协同发展的基础。华西医院构建了基于医疗大数据的专病医联体智能管理平台, 围绕“统一专病转诊标准、统一专病诊疗路径、统一专病连续医疗”三大目标设计。

平台包含五个核心模块: 转诊资源调度、在线诊疗配置、诊疗全程管理、诊疗数据共享、临床诊疗路径结构化。自2024年1月启动以来, 该项目已完成肺癌、胃癌、乳腺癌、结直肠癌四大专病种库的初始化建设, 涵盖400余名注册医生, 累计完成289名专病患者的入院登记, 覆盖11家医联体医院, 初步构建了跨区域、跨机构的专病协同诊疗网络。

4 现有局限与未来展望

4.1 现有研究的局限

尽管医疗软件集成与信息融合研究取得显著进展, 但仍存在以下局限:

技术架构层面: 现有集成平台多聚焦于院内系统集成, 跨机构互联互通仍面临标准不统一、接口不兼容等障碍。真正的互操作性仍难以实现。

数据治理层面: 数据质量问题普遍存在, 数据标准化程度参差不齐, 标注数据匮乏制约AI模型性能。临床文本后结构化处理精度仍有提升空间。

应用落地层面: AI模型在真实临床环境中的适配性和可靠性有待验证, 模型幻觉问题影响临床信任。

安全合规层面: 隐私保护与数据利用之间的张力持续存在, 如何在保障数据安全的前提下充分释放数据价值仍需深入研究。

4.2 未来研究方向

面向未来, 医疗软件集成与信息融合研究可在以下方向深化:

标准化评价体系构建: 发展兼顾通用性与领域特异性的集成成熟度评价框架, 构建更全面的智慧医院评价模型。

隐私计算技术深度应用: 探索联邦学习、多方安全计算等隐私计算技术在医疗数据共享中的应用路径, 实现“数据可用不可见”。

可解释AI与临床融合: 探索可解释AI在临床决策支持中的设计方法, 使用户能够理解、信任并适当质疑AI建议。

数据要素价值释放: 探索医疗数据要素市场化配置的可行路径, 推动数据从资源向资产转化。

医联体协同深化: 探索多级医疗机构间的业务协同、管理协同、利益协同机制, 构建更加紧密的整合型医疗服务体系。

5 结论

智慧医院建设中医疗软件集成与信息融合研究正经历从“互联互通”向“数智融合”的范式演进。本文系统梳理了该领域的技术架构、数据治理和应用场景, 揭示了医疗软件集成作为技术底座、信息融合作为价值引擎的双重意涵。研究表明, 智慧医院建设需要“云-数-智”一体化架构的支撑, 需要标准化数据治理体系的保障, 需要多场景智能应用的落地验证。面对智慧医院的快速发展, 集成与融合研究需要整合多学科视角, 构建技术、数据、场景协同演进的创新生态, 为数字健康服务高质量发展提供理论支撑与实践指引。

[参考文献]

[1]王利平, 熊尚华, 黄玉清等. 基于智能化监测平台的医疗数据交互风险治理研究[J]. 医学信息学杂志, 2025(7): 80-84.

[2]汪纯达. 基于智慧医院背景下的信息集成平台建设[J]. 科学与信息化, 2024(16): 146-148.

[3]高鹏鹏. 智慧医院背景下的信息集成平台建设探索[J]. 电脑与信息技术, 2023, 31(1): 82-85.

[4]刘欢. 基于网络大数据的智慧医疗一体化体系构建[J]. 网络安全技术与应用, 2020(10).

[5]陈雍哲, 陈吴凡, 林航焜等. 基于功能模块化现代医院智慧一体化医联体建设研究[J]. 国际医药卫生导报, 2021(23): 3734-3736.

作者简介: 董颖, 1994年2月, 女, 汉族, 籍贯: 黑龙江省佳木斯市, 学历: 本科, 职称: 助理工程师, 研究方向: 计算机科学与技术, 医院信息化发展, 医疗大数据应用。