

# 老年智慧诊疗 AR 导航眼镜中的多模态信息融合研究

谢雨鑫 韦朝楷 陈佳欣 黄云荷 陆紫光 (通讯作者)

广西职业师范学院, 广西南宁, 530007;

**摘要:** 我国人口老龄化加速与智慧医疗深化背景下, 老年患者在复杂医院环境中的导航与诊疗需求凸显, 传统诊疗效率低, 难以覆盖有数字鸿沟、感官退化或语言障碍的老年群体。本文以老年智慧诊疗 AR 导航眼镜为核心, 探讨通过多模态信息融合技术整合异构定位、医疗大语言模型、生理传感及交互数据, 构建集精准导航、健康监护、无障碍交互与远程协作于一体的诊疗辅助系统。分析多模态融合在提升定位精度、降低认知负荷、保障数据安全等方面的价值, 剖析模态冗余与缺失、交互滞后、适老化不足等挑战, 提出“以老年用户为中心”的动态融合框架、完善数据治理、推动技术向善、强化社会协同等路径, 为相关产品开发提供参考, 助力“健康中国 2030”适老化目标落地。

**关键词:** 智慧医疗; AR 导航; 多模态信息融合; 适老化设计; 人机交互; 数据治理

**DOI:** 10.69979/3041-0673.26.03.014

## 引言

党的二十大报告提出推进健康中国建设, 相关论述为医疗健康数字化转型提供方向。人口老龄化加剧下, 国家规划要求用 AI、AR 等技术提升老年人就医便利性, 智慧医院建设指南对医院适老化改造提出要求, 为智慧医疗技术落地提供支撑。老年患者就医时常面临医院环境复杂、标识不清、数字设备操作难等问题, 导致寻路耗时久、体验差, 甚至延误诊疗。沉浸式语言学习领域研究显示, 多模态融合可提升场景真实性与交互性, 将此理念迁移至医疗导航, 通过 AR 眼镜整合视觉、听觉、位置、生理等信息, 有望为老年用户打造“沉浸式”、“引导式”、“守护式”就医体验<sup>[1]</sup>。但现有医疗导航产品或简单堆砌多模态技术, 或未适配老年用户认知与交互能力, 融合效果不佳, 难以满足需求。本文借鉴“以学习者为中心”理念与多模态融合经验, 结合智慧医疗 AR 导航实践, 聚焦老年智慧诊疗 AR 导航眼镜的多模态融合机制。梳理体系架构, 明确其在导航、交互、监护中的作用, 探讨困境并提出优化策略, 推动技术在老年智慧诊疗领域的应用, 提升老年患者就医便利性。

## 1 多模态信息融合在老年 AR 导航眼镜中的体系架构与核心作用

老年智慧诊疗 AR 导航眼镜的核心是多源异构信息的高效融合, 体系架构遵循“数据采集 - 融合处理 - 应用交互”逻辑, 三层结构协同支撑老年用户就医全流程<sup>[2]</sup>。

### 1.1 体系架构构成

数据采集层为“感知入口”, 采集多维度数据。空间定位采用异构信号融合技术, 克服医院金属结构、电磁设备干扰, 实现高精度定位, 保障用户移动时位置精准; 用户状态采集通过多类传感器, 获取姿态、运动轨迹、生理指标(心率、血氧)及步态数据, 结合算法实现跌倒风险预警, 保障就医安全; 交互指令采集支持多主流方言语音识别, 嘈杂环境下仍保持高识别率, 集成优化手语识别算法, 服务听力障碍用户; 环境与医疗信息采集预装医院高精三维离线地图, 通过标准中间件对接医院信息系统, 获取挂号、检查、用药信息, 接入医疗大语言模型构建就诊知识图谱, 支撑诊疗辅助。

融合处理层为“决策核心”, 用边缘计算、联邦学习、AI 技术处理数据。边缘侧部署轻量化推理引擎, 实现多模态数据实时融合与快速响应, 保障弱网/断网时基础功能可用; 采用联邦学习框架, 在保护医院数据隐私前提下, 跨院区协同训练模型, 提升系统性能与泛化能力; 医疗大语言模型深度理解自然语言指令、电子病历与位置数据, 生成个性化导航路径与诊疗辅助信息(用药提醒、检查说明), 提供精准指导。

应用交互层为“输出窗口”, 以适老化方式呈现结果。AR 视觉引导叠加导航箭头、科室标签等元素, 高饱和色呈现路径, 精简界面信息以降低认知负荷; 构建“视觉 + 听觉 + 触觉”多通道交互, 配合方言语音提示、镜腿震动反馈, 设计物理求助按键, 确保信息有效传达; 界面遵循适老化规范, 采用适宜图标尺寸,

支持色彩对比度动态调节,基于眼动数据优化布局,减少误触。

## 1.2 多模态信息融合的核心作用

多模态信息融合并非技术的简单叠加,而是通过各模态数据的互补协同,实现老年智慧诊疗AR导航眼镜系统功能的优化升级,核心作用集中在导航可靠性、服务适配性与使用便捷性三个关键维度,切实解决老年用户就医痛点。其一,显著提升导航精准性与环境适应性。医院环境存在结构复杂(多层楼宇、密集诊室)、干扰源多(金属设备、电磁信号)的问题,单一模态定位(如纯蓝牙易受遮挡偏差、纯视觉易受光照干扰)精度有限。多模态融合通过异构定位技术与多源数据修正(如定位信号协同+运动轨迹校准),实现“优势互补、误差抵消”,确保老年用户在医院各类场景中都能获得连续精准的导航指引,减少迷路风险与寻路焦虑。其二,支撑个性化、场景化诊疗辅助。老年群体在数字素养、生理状况(如慢性病、感官退化)、语言习惯上差异显著,单一服务模式难以覆盖需求。多模态融合依托“用户画像+实时状态”适配机制,可动态调整服务:如为认知障碍用户简化导航路径、增加提醒频次,为慢性病用户推送关联诊疗提示,为语言障碍用户切换交互模式,实现“量身定制”的诊疗支持,避免“一刀切”的标准化服务局限。其三,大幅降低使用门槛与学习成本。针对老年用户感官退化(视力模糊、听力下降)、数字操作经验不足的特点,多模态融合提供“视觉+听觉+触觉”多通道交互选择——视觉上优化信息辨识度,听觉上适配老年感知习惯,触觉上强化关键反馈;同时简化操作逻辑,用户无需复杂学习即可通过语音、手势或物理按键完成核心操作,有效避免因“不会用”导致的技术排斥,推动智慧医疗技术的普惠化落地。

## 2 多模态融合的必然性与实践困境

### 2.1 多模态融合的必然性

精度与可靠性需求是首要驱动。医院结构复杂、金属与电磁设备多,单一模态定位易受干扰,精度不足。通过异构融合结合算法与传感器数据,互补优势、补偿误差,确保导航稳定精确,避免寻路困难。个性化与场景化需求是关键动力。老年用户个体差异显著:高龄用户可能缺乏数字经验,慢性病用户需实时监护,部分用户有方言或语言障碍<sup>[3]</sup>。单一模态无法满足多样需求,

融合技术可动态调整服务,实现“千人千面”适配。无障碍与包容性需求是重要考量。老年用户感官退化、部分有肢体或认知障碍,传统数字设备使用困难。多模态交互提供语音、手势、触觉等通道,互补信息获取方式,确保所有老年用户平等享受智慧医疗便利,避免“数字排斥”。

### 2.2 多模态融合的实践困境

模态冗余与缺失问题突出。一方面,不当模态组合导致信息过载,如高频提示、复杂界面,超出老年用户认知能力,引发困惑;另一方面,关键模态缺失,如未支持方言或手语识别,导致特定用户无法使用,限制系统普惠性。交互反馈滞后与认知负荷失衡影响体验与安全。数据处理链路长、算法效率低,易导致系统响应延迟,如指令反应慢、路径更新不及时,不仅影响体验,还可能引发错过检查、紧急求助延迟等风险;部分系统交互逻辑复杂、视觉呈现不清,增加老年用户认知负荷,引发挫败感,导致放弃使用。技术适配性与适老化设计不足制约接受度<sup>[4]</sup>。现有技术多以普通成年用户为目标,未适配老年人生理与认知特点:语音识别对老年嗓音、方言适配差;AR显示亮度与对比度自适应不足,不同光照下可视性差;硬件重量大、续航短、佩戴不适,长时间使用易疲劳。且适老化设计缺乏统一标准,产品效果参差不齐,难以满足需求。数据安全与隐私风险不容忽视。多模态数据含生理、位置、医疗记录等敏感信息,全流程面临安全挑战:采集可能过度、传输易被窃取、存储防护不足、使用权限管理缺失。相关专项细则不完善,数据控制者责任不清,部分安全技术成本高、普及难,加剧风险。

## 3 应对实践困境的策略与路径

### 3.1 构建“以老年用户为中心”的动态融合框架

以用户为核心破解困境。系统设计阶段通过调研收集老年亚群需求,明确模态功能优先级,避免冗余;提供简洁模态开关与个性化设置,允许用户按能力与偏好调整功能,匹配需求;贯彻数据采集“最小必要原则”,仅采集核心功能所需数据,降低隐私风险<sup>[5]</sup>;基于用户学习曲线与诊疗阶段,动态调整模态密度,初用时简化模态、降低门槛,熟悉后开放功能,关键阶段增加冗余确保信息传达;针对高龄、认知障碍等亚群,开发专属版本,实现精准适配。

### 3.2 完善多模态医疗数据治理法规与标准体系

健全法规标准保障安全与规范。在现有法律框架下，制定智慧医疗多模态数据处理细则，明确数据分类分级、控制者责任与违法惩处，提升违法成本；建立行业标准与认证机制，涵盖融合质量、交互效果、适老化水平，设定量化指标（模态协同度、反馈精准度），通过第三方评估引导产品规范；探索分层、分场景数据授权机制，采集前以通俗方式告知用户数据用途，按敏感程度设授权层级，允许用户查询记录与撤回授权，保障知情权与选择权<sup>[6]</sup>。

### 3.3 推动技术向善与适学化创新

技术创新突破瓶颈。引入认知负荷调控技术，通过自适应算法监测用户注意力，动态调整信息推送，平衡认知负荷；优化核心算法，针对老年嗓音优化语音识别，改进定位与 SLAM 算法提升精度，用轻量化 AI 与边缘计算减少响应延迟；研发轻量化、长续航、高舒适度 AR 硬件，采用新型材料减重，优化电池与功耗管理延长续航，按老年人生理特征设计人体工学结构；提升系统透明度，用通俗语言解释数据使用逻辑与 AI 决策依据，避免“黑箱”操作，增强用户信任。

### 3.4 强化医疗机构与社会协同支持网络

多方协同推动落地。医疗机构将 AR 导航纳入智慧医院与适老化改造<sup>[7]</sup>，深度集成至诊疗流程，培训医护人员协助用户使用；社区与养老机构引入设备租赁服务，降低使用成本，开展培训课程，编写通俗手册，帮助用户掌握操作；政府、企业、社会组织联合开展老年群体数字素养与健康培训，通过讲座、短视频普及知识，提升接受度；政府出台扶持政策，引导资源投入老年智慧诊疗领域，构建社会支持氛围。

## 4 总结

老年智慧诊疗 AR 导航眼镜的竞争力与体验依赖多模态融合深度。本文分析其体系架构、核心作用、必然性与困境，提出优化策略，研究表明：多模态融合需深度理解老年用户需求与权利，坚守“以用户为中心”，平衡技术性能、体验与数据安全。未来，需推动“技术精准适配”与“人文关怀”融合。技术上追求更高定位精度、更自然交互、更智能诊疗辅助与更坚实数据安全；应用上坚守普惠、公平、可及原则，确保不同老年用户平等享受便利。通过动态融合框架、完善法规、

技术创新与社会协同，构建普惠、高效、安全的老年智慧诊疗生态。

### 参考文献

- [1] 马柳青. 人工智能助力智慧医院建设路径研究[J]. 信息与电脑, 2025, 37(21): 42-44.
- [2] 吴起, 于欣波. 环境感知理论下社区公园休闲广场空间步道适老化设计研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (31): 31-33. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202531011.
- [3] 刘斌. AR 技术在医疗行业中的应用研究[J]. 信息系统工程, 2023, (12): 48-51.
- [4] 以 5G+AR 技术为引擎推动公立医院改革新篇章——余姚市人民医院探索数字化转型, 引领区域急救医疗服务升级[J]. 卫生经济研究, 2024, 41(10): 2+95-96.
- [5] 王培焰, 陈鸷翱, 黄振, 等. 基于 AR 的海关远程可视化查验系统的设计与研究[J]. 西部交通科技, 2025, (09): 187-189+201. DOI: 10.13282/j.cnki.wccst.2025.09.051.
- [6] 何钟鸣. 智慧医院基于超融合架构的双活数据中心设计与实践[J]. 网络安全技术与应用, 2025, (11): 106-108.
- [7] 郭玉闽. 新医疗行业背景下的 AR 眼镜设计研究[D]. 景德镇陶瓷大学, 2019. DOI: 10.27191/d.cnki.gjdtc.2019.000004.

作者简介: 谢雨鑫(2002年-), 女, 汉族, 广西博白, 本科, 广西职业师范学院, 研究方向: 物联网工程。

韦朝楷(2002年-), 男, 汉族, 广西灵山, 本科, 广西职业师范学院, 研究方向: 物联网工程。

陈佳欣(2002年-), 女, 汉族, 广西北海, 本科, 广西职业师范学院, 研究方向: 物联网工程。

黄云荷(2002年-), 女, 汉族, 广西贵港, 本科, 广西职业师范学院, 研究方向: 物联网工程。

通讯作者: 陆紫光(1992年-), 男, 壮族, 广西桂林, 研究生, 广西职业师范学院, 研究方向: 人工智能。

项目信息: 本项目由国家级大学生创新创业训练计划项目资助, 项目名称: 广西职业师范学院 2025 年大学生创新创业训练计划项目《医路瞳行-基于 AI 和 AR 的老年智慧诊疗导航眼镜》, 项目级别: 国家级, 项目类别: 一般项目, 项目编号: 202514684022X;