 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i4.9976

Application Research of Smart Home in Elderly Care Environment under the Background of Smart Elderly Care

Li Shen

Chongqing University of International Business and Economics, Chongqing, 401520, China

Abstract

Traditional elderly care models are facing severe challenges in terms of safety, caregiving, emotional support, and resource allocation. This study establishes an elderly-centered integrated system of "space-technology-people" aimed at enhancing older adults' autonomy, safety, and quality of life. The research results demonstrate that age-friendly intelligent environment deployment and personalized services can effectively strengthen the functions of elderly care environments in safety, convenience, comfort, and social support, thereby providing practical technological solutions for addressing the challenges posed by an aging society and promoting innovation in smart elderly care.

Keywords

smart elderly care; smart home; elderly care environment; age-friendly design; context-aware

智慧养老背景下智能家居在养老环境中的应用研究

沈理

重庆对外经贸学院，中国·重庆 401520

摘　要

传统养老模式于安全层面、照料层面、情感层面以及资源匹配层面均遭遇到十分严峻的挑战，本研究构建起以老年人为核心的“空间－技术－人”相互融合的体系，目的是借此提升老年人生活的自主性、安全性以及生命质量。研究结果显示，通过进行适老化的智能环境部署以及提供个性化的服务，能够有效地增强养老环境在安全方面、便捷方面、舒适方面以及社交支持方面的功能，进而为应对老龄化社会所带来的挑战、推动智慧养老领域的创新提供了切实可行的科技解决方案。

关键词

智慧养老；智能家居；养老环境；适老化设计；情境感知

1 概述

1.1 研究背景与问题提出

根据国家统计局数据，中国六十周岁及以上人口已于数年前突破总人口的五分之一，标志着社会结构已进入中度老龄化阶段。人均预期寿命持续延长与生育率维持低位共同作用，推动老龄化进程以远超预期的速度向深度及超老龄社会演进，这一人口结构的深刻变迁对现有的社会养老服务供给体系构成了前所未有的压力[1]。传统家庭养老模式因家庭规模核心化而功能弱化，社区养老与机构养老则普遍面临人力资源短缺与服务内容单一的现实困境。

1.2 国内外研究现状述评

在智能家居支持养老领域已形成相对成熟实践与科研体系的发达国家因应对老龄化社会起步较早，如美国将广泛部署的非侵入式毫米波雷达与压力传感器网络用于监测老年人日常活动规律、异常行为模式以及无感化跌倒检测的活跃辅助生活项目；日本则把具有情感交互功能并与住宅内环境控制系统联动的陪伴机器人大力推广至服务认知障碍老人日常生活引导与情感陪伴的应用中；德国在智能家居标准化方面致力于建立跨品牌设备统一数据接口协议，从而为构建开放互联居家养老生态系统奠定显著成果和基础。

1.3 研究意义、目标与内容

本研究实践意义体现于对深度老龄化社会所面临紧迫需求的直接回应之中，旨在探索一种技术解决方案，该方案能够切实达成提升老年人居家生活品质与尊严之目标，凭借具备高可靠性的安全监控与预警系统，可使老年人居家意外伤害的发生率以及伤害所造成的后果得以显著降低，通过自动化且情景化的环境控制方式，能够实现减轻老年人在日常起居过程中所面临生理负担之效果，借助便捷的远程通讯手

【基金项目】第二批重庆对外经贸学院2024—2025年度科学研究项目，人文社科项目（项目编号：KYSK2024152）。

【作者简介】沈理（1996–），女，中国重庆人，硕士，从事环境设计、养老、乡村振兴研究。

段与智能社交辅助功能，有助于缓解老年人所承受的社会孤立感，而这些技术效益不仅能够直接转化为减轻家庭照护者精神与时间压力、优化社会医疗与护理资源配置的社会效益，还可为一个融合硬件制造、软件服务与康养运营的智慧养老产业集群的孕育提供核心范例。

2 智能家居在养老环境中的应用体系构建

2.1 核心应用场景与功能分区

应用体系构建之初便需对老年人居家日常行为动线展开精细解构且完成关键风险节点识别，基于此将居住空间划分成功能导向清晰可辨的四个核心区域，其中生活区包含卧室与客厅这两个老年人停留时间最长之处，需于床垫下方或天花板部署非接触式生物雷达或毫米波传感器，以此对心率、呼吸频率及离床时长进行持续监测，进而实现对睡眠质量的分析以及对潜在心血管事件风险的预警，而在客厅主要活动路径及沙发、座椅周边则布置基于三维计算机视觉的跌倒检测算法模块，该模块需在保护隐私的前提之下，借助骨架点识别与运动轨迹分析的方式，于人体姿态异常倒地之后的 3 秒之内触发本地声光报警并且启动远程通知流程，具体的空间功能分区如图 1 所示。

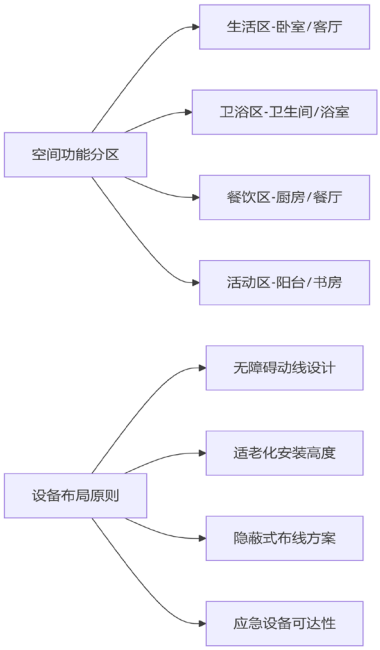


图 1 9 空间功能分区

2.2 适老化智能家居布局原则

物理空间的适老化布局是技术有效落地的先决条件，其原则需深度融入建筑设计与装修环节。无障碍动线设计要求所有功能区域之间的通道净宽不小于 900 毫米，便于轮椅回转与助行器通过，且地面必须实现零高差，所有线缆管道采用暗敷或专用踢脚线线槽进行隐蔽式处理，彻底消除绊倒风险 [2]。设备安装高度严格遵循坐姿与站姿老年人的平均人体尺寸数据，例如紧急呼叫按钮的中心点距地面高度应设置在 800 毫米与 1200 毫米两档，分别对应坐姿与站姿状态下的轻松触达，设备布局原则见图 2。

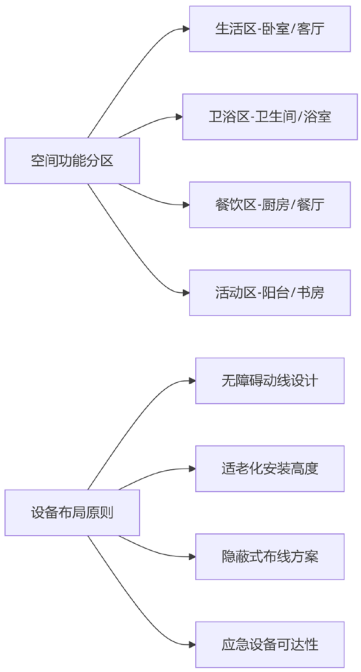


图 2 设备布局原则

2.3 “空间 – 技术 – 人”融合的系统架构

“空间—技术—人”融合架构是一个多层数据感知、边缘智能决策与云端协同服务的分布式系统模型，其底层由嵌入物理环境中的异构传感网络构成，包括穿戴于身的智能手环（采集心率、血氧、GPS/ 北斗定位）、植入家具的环境传感器（监测温湿度、光照、空气质量）以及部署于关键节点的视觉与雷达模组（感知活动与行为）。

3 研究设计与方法

3.1 研究方法论

本研究采用以问题驱动、证据为核心的迭代式研究策略，运用文献研究法将系统性检索 IEEE Xplore、Science Direct 及中国知网数据库中近五年关于老年生理学、人机交互设计与物联网系统架构的学术论文与技术报告，重点分析其中关于跌倒检测算法准确率、多模态传感器融合模型及适老化交互界面的可用性测试数据，为技术选型确立理论边界与性能基准。

3.2 技术路线与实施步骤

研究技术路线始于对老年群体异质性需求的精细化建模，第一阶段的需求调研将使用卡诺模型与层次分析法，对前期实地调研获取的语音、文本及行为观察数据进行量化处理，将老年用户需求归类为基本型、期望型与魅力型属性，并计算出各功能场景下安全、健康、便利、情感陪伴等需求的权重排序，以此为依据划定核心应用场景的优先级与功能规格 [3]。第二阶段进入系统的工程化设计与部署，依据无障碍设计国家标准与人体尺寸测量数据，生成包含设备点位、

管线预埋与网络拓扑的数字化部署图纸，传感器选型需满足工作温度 -10℃至 50℃、防护等级 IP65 以上等技术规格，确保在复杂家居环境中的长期稳定性。

3.3 研究难点与创新点

本研究的核心难点在于如何攻克老年用户群体内在的巨大差异性对技术系统普适性提出的挑战，生理机能衰退程度不一导致对反馈信号的需求不同，视力减退者需要更高的声音提示强度与对比度，而听力障碍者则更依赖视觉与振动警报。认知习惯的差异使得统一的交互逻辑难以适用，部分老年人难以理解抽象的图标与多级菜单导航。技术恐惧心理与学习动机不足严重影响长期使用黏性。一个被认为复杂或不可靠的系统会迅速被弃用。

4 应用前景与挑战

4.1 应用前景分析

智能家居在养老环境中的深度应用将实质性重塑老年人的生活品质与服务供给模式。在改善生活质量维度，其价值体现为对安全、健康与舒适度的精确量化提升。部署于居室与卫浴的毫米波雷达与深度视觉融合感知系统，能够实现高达 98% 的跌倒检测准确率与低于 5 秒的本地报警延迟，结合智能床垫对心率变异性与呼吸暂停低通气指数的持续监测，构成主动式安全防护网络。环境智能调控系统依据室内外温湿度、PM2.5 浓度及老年人实时体感反馈，动态调整空调、新风与遮阳设备，将室内环境恒定在温度 22-26℃、相对湿度 40%—60% 的舒适区，直接改善睡眠质量与呼吸系统健康。在优化服务模式层面，技术的核心在于打破数据孤岛，实现从智能家居终端到社区健康管理平台乃至区域医疗中心的数据安全流转。

4.2 面临的主要挑战

技术的广泛部署面临着一系列亟需攻克的多维度挑战。在技术层面，系统整合的复杂性首当其冲。市面上的智能家居设备通信协议碎片化严重，Zigbee、Z-Wave、蓝牙 Mesh 及私有协议并存，导致跨品牌设备难以在一个统一平台上实现稳定联动与场景化协同。数据互通性缺乏强制标准，健康穿戴设备、环境传感器与医疗信息系统之间的数据格式、接口定义互不兼容，使得构建跨场景的连续健康画像困难重重。隐私与数据安全风险尤为突出，持续采集的室内活动轨迹、生理参数乃至行为习惯数据具有高度敏感性，一旦泄露或遭篡改，后果严重。系统必须具备端到端的加密传输、本地化边缘计算处理敏感数据以及严格的访问控制与审计机制。用户层面的挑战源于老年人群体自身的异质性与技术采纳心理。数字鸿沟不仅体现在对智能设备操作流程的理解困难上，更源于对技术可靠性的深层不信任，以及对隐私被窥探的普遍担忧。

5 结论与展望

5.1 研究结论总结

本研究通过系统性构建与实证分析，证实了智能家居技术对于提升养老环境的核心价值在于其能够提供一种可量化、可干预的综合性支持。在安全性方面，其价值远超传统的被动报警，通过部署在生活动线关键节点的毫米波雷达阵列与深度学习行为识别算法，实现了对跌倒、晕厥等高危事件的主动感知与即时响应，将事件发生到警报发出的时间延迟压缩至 10 秒以内，同时将夜间离床未归的异常状态监测纳入预警体系，显著降低了独居老年人的意外风险。便捷性借助情境感知的无感化服务达成，系统依照预先设置的个人偏好模型以及实时收集的环境数据，自动完成照明调节、窗帘启闭、空调控温等一系列操作，从而有效减少老年人手动操作的频率并降低其认知负荷，语音交互界面经过程序化的降噪处理与本地化的语义理解优化，在具备 85 分贝信噪比的复杂环境状况下依然能够维持 92% 的较高指令识别率；舒适性主要体现为对物理微环境进行的精准化调控，基于先进热舒适模型所构建的 HVAC 系统，能够动态地平衡室内温度、湿度与气流速度等多项环境参数。

5.2 未来展望

在面向未来且深度依赖人工智能、物联网与大数据等前沿技术更紧密融合及突破的智能家居养老体系演进中，基于大型语言模型的自然对话交互在人工智能层面将取代当前限定词条语音控制，让老年人得以用更随意且富情感的方式与家居环境交流。同时，生成式 AI 可用于创建个性化虚拟陪伴形象，以提供记忆提醒、故事讲述与认知训练。物联网技术向更微型化、更低功耗及更强大边缘智能发展，使得可吞咽式传感器或柔性电子皮肤等新型设备能够实现生理参数连续无创监测，而基于 5G Advanced 或下一代 Wi-Fi 标准的设备间直连通信则将极大地降低系统整体延迟及对中心网关的依赖；大数据分析从描述性、诊断性向预测性与处方性的迈进，通过对社区级、城市级匿名化健康与行为数据进行联邦学习，能够更早预警流行性疾病爆发或发现某些行为模式与特定健康风险的隐匿关联；在政策层面，覆盖设备互联、数据格式、安全加密与服务质量的全方位标准体系亟待建立，如强制要求所有面向养老市场的智能设备支持统一互操作性协议，政府需通过设计指南与认证标识加强对产品适老化设计的刚性引导，并将智能养老设施纳入新建住宅与老旧小区改造的强制性配置建议，同时鼓励保险机构开发与智能安全设备使用情况挂钩的长期护理保险产品，探索“硬件补贴 + 服务订阅”的多元化商业模式以吸引科技公司、物业企业、医疗机构共同参与生态建设。

参考文献

[1] 胡才娥. 智慧养老设备正在改变你的老年生活[J].科技视界,2025,15(35):74-76.

[2] 李莉莉,余承海. 基于人工智能的城市智慧养老模式探索[J].绥化学院学报,2025,45(12):45-47.

[3] 张泽滈,邸鸿喜. 科技赋能养老产业高质量发展的动力要素与实践路径[J].广西社会科学,2025,(06):196-204.