智能感知技术下老年康养风险预警系统设计与应用分析

赵馨茹 高楠 贾明 刘立德 黄侯瑞 贾丽（通讯作者）
吉林省有云数智科技有限公司，中国·吉林 长春 130000

摘要：本文聚焦于智能感知技术下老年康养风险预警系统的设计与应用展开深入研究。对老年康养服务里诸如跌倒、慢病异常、居家安全、心理孤独、照护响应滞后等各类风险的识别需求进行剖析，同时探寻智能感知技术在数据采集、风险判断、预警推送、服务协同等环节的应用途径。文章运用文献归纳、理论分析、系统设计研究相融合的方法，从系统建设价值、风险类型、架构设计、应用流程、保障机制等多个方面予以阐述。研究发现，智能感知技术能够提高老年康养风险发现的及时性、照护服务的精准程度，不过其有效运行需以数据质量、隐私保护、算法可靠、多主体联动为基础。结论表明，应搭建“感知采集—数据融合—风险评估—分级预警—闭环处置”的系统模式，促使老年康养服务从被动照护向主动预防转变。

关键词：智能感知技术；老年康养；风险预警；智慧养老；健康管理

Design and Application Analysis of Elderly Care Risk Early Warning System Based on Intelligent Perception Technology

Zhao Xinru, Gao Nan, Jia Ming, Liu Lide, Huang Hourui, Jia Li (Corresponding author)
Jilin Youyun Digital Intelligence Technology Co., Ltd., China Jilin Changchun 130000

Abstract: This paper focuses on the design and application of an elderly care risk early warning system based on intelligent perception technology. It analyzes the needs for identifying various risks in elderly care services, such as falls, chronic disease abnormalities, home safety issues, psychological loneliness, and delayed care responses, while exploring how intelligent perception technology can be applied in data collection, risk assessment, early warning alerts, and service coordination. The study combines literature review, theoretical analysis, and system design research to discuss aspects like the system's value, types of risks, architecture design, application processes, and safeguard mechanisms. The research finds that intelligent perception technology can improve the timeliness of risk detection and the precision of care services, but its effective operation depends on data quality, privacy protection, algorithm reliability, and multi-party collaboration. The conclusion suggests building a system model of "perception collection—data integration—risk assessment—graded warning—closed-loop handling", promoting a shift in elderly care services from passive care to proactive prevention.

Keywords: Intelligent perception technology; Elderly care; Risk early warning; Smart elderly care; Health management

0 引言

在人口老龄化的大背景之下，老年人对于健康照护、生活安全、康养服务方面的需求呈现出持续增长的趋势。传统的康养服务主要依靠人工进行巡查、家属给予照护、事后进行处置工作，这样很难及时察觉到跌倒情况、突发疾病、异常行为、环境风险。智能感知技术借助传感器、物联网、可穿戴设备、数据分析等手段，为老年康养风险预警提供了全新的技术支持。对老年康养风险预警系统的设计与应用路径展开研究，能够提高照护响应的效率，推动康养服务朝着精细化、智能化的方向发展。

1 智能感知技术与老年康养风险预警的基本认识

1.1 智能感知技术的内涵

智能感知技术借助传感设备、智能终端、物联网通信、边缘计算、数据分析手段，建立起一个针对人体状态、行为活动、居住环境与服务过程展开实时或者准实时采集、识别、反馈的技术模式。于老年康养场景之中，智能感知技术涵盖多方面内容，有通过可穿戴设备采集心率、血氧、步态、活动轨迹，还有依靠环境传感器监测烟雾、燃气、水浸、温湿度、门窗状态，另外还有床垫传感、红外感知、

视频结构化分析、紧急呼叫装置等。其价值并非局限于单个设备的数据记录，而是着重于将分散的感知信息转变为能够理解、可以判断、能够处置的风险信号。智能感知技术为康养服务奠定了更为连续、细致且客观的数据基础，促使风险识别能够提前至异常发生的早期阶段。

1.2 老年康养风险预警的内涵

老年康养风险预警主要是针对老年人在健康、生活、心理、照护等方面的需求。借助监测信息、评估模型，及时发现潜在的风险，并按照风险等级向照护人员、家属、医疗机构或者康养管理平台发出提示，从而启动相应的处置流程的一种服务机制。它的重点并非只是单纯地报警，而是要达成风险识别、等级判断、责任分派、处置反馈、持续跟踪等。老年人身体机能衰退，慢性病同时存在，行动能力变弱，突发事件发生的概率也比较高，风险常常具有隐蔽性和累积性。有效的预警需要兼顾健康数据出现异常、行为模式发生变化、居家环境存在危险、照护响应存在缺口等情况。预警系统唯有与康养服务流程相结合，才能够避免出现“有提示、无处置”的问题。

2 老年康养风险预警系统建设面临的主要问题

2.1 风险数据采集完整性不足

老年康养风险呈现出多源性的特点，仅靠单一数据通常很难全面展现真实状况。有些系统主要依靠可穿戴设备或者紧急呼叫按钮来收集信息，尽管能获取一些生理方面、求助的相关信息，然而对于环境风险、行为异常、长期健康趋势缺乏足够的关注。老年人佩戴设备的依从性情况也有可能对数据的连续性产生影响，像设备忘记充电、佩戴位置不符合规范或者主动将设备取下等情况，都会造成数据出现缺口。环境传感器尽管能够对居家安全进行监测，可是没办法充分识别个体健康方面的变化。要是数据采集的维度不够，系统就有可能出现漏报的情况，要是采集了过多无关的数据，又会增加管理成本、隐私风险。风险数据采集的完整性要是不足，就会削弱预警判断的基础，导致系统难以达成精准识别。

2.2 风险识别模型适配性不强

老年人在身体状况、生活习惯、疾病基础、照护需求等方面存在着比较显著的差异，同一指标发生变化时，其对于不同个体所蕴含的风险意义并非完全一致。有一部分预警系统采用固定阈值来进行判断，像是当心率、血压、活动时间或者离床时间超出所设定的范围便会发出警报，然而这种方式极易出现误报或者漏报的情况。对于那些行动比较迟缓、长期卧床、认知功能有所下降或者患有较多慢病的老年人而言，风险模型需要能够体现出个体之间的差异。要是模型缺乏个性化基线、动态调整机制，那么就很难准确地识别出异常情况。风险识别还应当结合时间、场景、连续的变化趋势，而非仅仅着眼于单点数据。模型的适配性不足，会致使服务人员面临大量无效报警的问题，进而降低系统的信任度，同时也有可能导致真正的风险被忽视。

2.3 预警处置闭环机制不完善

风险预警系统的价值，根本上是由处置效果决定的。有些系统虽能发出报警信息，然而，后续责任分派、响应时限、处置记录、复核反馈、持续跟踪机制，存在着不完善的问题。要是报警信息仅仅停留在平台界面或者短信提示里，对于谁来处理、怎样处理、何时完成、如何评价，都缺乏明确的界定，那么预警就很难转化为实际的服务。不同风险等级所需要的处置方式各异，轻微异常可由社区工作人员或者家属进行跟进，严重风险则需医疗急救或专业护理介入。

3 智能感知技术下老年康养风险预警系统设计原则

3.1 坚持以老年人安全与尊严为中心原则

老年康养风险预警系统的设计应始终以老年人的生命安全、使用舒适度和人格尊严为核心，在提高风险识别能力的同时，避免技术应用对日常生活产生过度干扰。在设备层面，应优先采用轻量化、低功耗、非侵入式的智能穿戴设备、环境传感器和生命体征监测终端，通过合理控制设备数量、安装位置和数据采集频率，降低老年人的使用负担。例如，对于心率、血压、血氧、体温、睡眠状态和活动轨迹等数据，可根据实际风险类型设置差异化采样周期，避免无必要的高频采集。在数据处理层面，应遵循数据最小化原则，对视频图像、定位信息、生理体征等敏感数据进行分类管理，并采用数据加密、身份认证、访问权限控制、脱敏处理和日志追踪等技术手段保障信息安全。对于卧室、卫生间等私密空间，可以更多采用毫米波雷达、红外传感器、压力传感器等非视觉感知技术替代传统摄像设备，减少对老年人隐私的侵扰。同时，系统终端界面应采用大字体、大图标、语音提示和简化操作流程，配置一键求助、自动报警以及异常状态确认等功能。通过适老化硬件设计、隐私保护技术和人机交互优化，使技术真正服务于老年人的安全需求，在提升风险防控能力的同时维护其自主性与尊严。

3.2 坚持多源融合与分级预警原则

老年康养风险具有多因素、动态化和个体差异明显等特点，单一数据来源难以准确反映风险状态，因此系统设计应强化多源异构数据的融合分析能力。技术架构上，可综合采集智能手环、血压计、血氧仪、睡眠监测设备等形成的生理体征数据，毫米波雷达、红外传感器、摄像设备和压力传感器形成的行为状态数据，以及温度、湿度、烟雾、燃气、水浸等环境数据，并进一步结合既往健康档案、用药信息、照护记录和人工反馈构建多维风险数据集。在数据处理过程中，应通过时间戳同步、异常值剔除、缺失数据补全、特征提取和标准化处理，提高不同设备数据之间的一致性。在风险判断环节，可以利用规则引擎、阈值判断、时序分析以及机器学习模型进行综合分析，避免单一传感器异常直接触发高等级报警。例如，跌倒风险判断不仅需要分析加速度和姿态变化，还可以结合活动轨迹、离床时间、持续静止状态和人工确认结果，提高识别准确率并降低误报率。在此基础上，系统应建立分级预警机制，根据风险发生概率、危害程度和紧急程度，将预警划分为一般提示、重点关注、紧急预警和危急报警等等级，并设置不同的信息推送范围、响应时限和处置流程。多源数据融合主要提升风险识别的准确性，分级预警则能够提高风险处置的针对性，从而增强系统整体的智能化水平。

3.3 坚持技术可靠与服务协同原则

老年康养风险预警系统不仅需要具备较高的风险识别能力，还需要保证硬件设备、通信网络、算法模型和应用平台长期稳定运行。在感知层，应选用稳定性较高的生命体征传感器、行为监测设备和环境监测终端，并建立设备在线检测、电量监测、故障诊断和自动校准机制，及时发现传感器掉线、电池电量不足及数据漂移等问题。在网络传输层，可以根据居家、社区和养老机构等不同场景灵活采用 Wi-Fi、蓝牙、4G/5G、NB-IoT 等通信方式，并设计断网缓存、数据补传和通信链路切换机制，防止网络异常导致关键风险信息丢失。在平台层，应建立统一的数据接入接口和风险分析平台，对多类型设备数据进行实时汇聚和集中管理，同时利用边缘计算减少部分高频数据传输压力，使跌倒、长时间静止、生命体征异常等高危事件能够在本地快速完成初步判断。算法方面除了关注准确率，还应控制误报率和漏报率，并通过持续积累实际运行数据优化风险阈值与识别模型，提高算法对不同年龄、身体状况和生活习惯老年人的适应能力。

4 老年康养风险预警系统的架构设计路径

4.1 构建感知采集层与数据接入体系

感知采集层作为系统得以运行的基础，需要依据老年人康养场景对设备进行合理配置。在健康监测方面，能够选用可穿戴手环、血压计、血糖仪、床垫传感器、睡眠监测设备，以此搜集心率、血压、血氧、睡眠、活动状态等方面的信息。于行为监测方面，可以借助门磁、红外、姿态传感、活动轨迹识别来判断长时间静止、异常离床、夜间频繁活动、外出未归这类情况。在环境安全方面，能够配置烟雾、燃气、水浸、温湿度、紧急按钮等相关设备。数据接入模式应当对不同设备协议转换、数据清洗、统一编码予以支持，防止设备各自独立运行。采集层设计需要遵循必要、适用、低干扰的原则，既要确保风险识别所需要的数据，又要避免出现无序采集的状况。

4.2 构建数据融合层与风险评估模型

数据融合层的职责是把源自不同地方的数据转变成为能够用于分析的信息。该系统需要对采集而来的数据进行清洗工作，去除重复的数据，处理异常值，做好时间对齐，以此形成关于老年人健康状况、行为规律、环境安全情况的动态档案。风险评估模型涵盖基础阈值判断、趋势分析、个体基线比较、多因素综合评分。针对长期慢病管理，重点关注指标持续出现偏离、产生异常波动的情况，对于跌倒和突发风险，着重留意瞬时变化、后续的静止状态，对于居家安全，则关注环境报警与人员位置、响应状态之间存在的关系。模型设计要预留出人工校正、持续学习的空间，依据处置反馈去调整参数。

4.3 构建预警响应层与服务协同平台

预警响应层需要把风险识别得出的结果转变为能够执行的任务。系统能够依照风险等级推送不一样的信息，低等级风险会向老年人自身或者家属进行提示，中等级风险会推送给社区工作人员或者护理人员，高等级风险则会同时告知家属、机构管理人员、医疗急救资源。服务协同平台要拥有报警接收、任务派发、响应确认、处置记录、回访跟踪、统计分析等功能。每一次预警都要形成闭环记录，涵盖报警时间、风险原因、处置人员、处理措施、结果评价。

5 智能感知技术下老年康养风险预警系统应用保障机制

5.1 完善数据安全与隐私保护机制

老年康养风险预警系统包括健康、生理、行为、位置、居住环境等方面的敏感信息，故而一定要建立起严格的数据安全与隐私保护机制。该系统需秉持最小必要原则，

仅仅采集达成风险预警所必须的数据，同时要向老年人及其家属清晰说明采集目的、使用范围、保存期限。在技术方面要采取加密传输、权限控制、身份认证、日志审计、数据备份等举措，以此防止数据出现泄露、篡改、滥用的情况。

5.2 建立多主体协同服务机制

老年康养风险的妥善处置离不开家庭、社区、养老机构、医疗机构、应急服务等多个方面的协同合作。在系统应用的过程当中，必须要清晰界定不同主体在风险响应过程里的职责范围。家属能够承担起日常关注、给予情感支持的责任，社区可以负责巡访工作、进行资源协调，养老机构能够承担起护理处置、生活照料的任务，医疗机构能够提供健康评估、专业干预，应急部门则负责处理突发的危急状况。

5.3 健全运行评估与持续优化机制

在风险预警系统投入使用之后，需要建立起持续评估的机制。评估所涉及的指标涵盖了设备在线率、数据完整率、报警准确率、误报率、漏报率、响应时长、处置完成率、老人满意度、家属认可度等内容。系统运行过程中，不能仅仅着眼于安装数量、报警次数，而应当着重关注是否切实做到了降低风险、提高服务效率并且改善老人的体验。对于那些误报情况较多的设备或者模型，需要及时对参数加以调整，针对响应不够及时的环节，要对流程、人员配置予以优化。

6 结语

智能感知技术给老年康养风险预警系统建设予以了关键支持，能够助力提高老年人健康安全管理、照护服务响应能力。研究显示，老年康养风险存在多源性、隐蔽性、动态性，传统人工照护方式不容易及时察觉跌倒、慢病异常、行为异常还有居家环境风险。智能感知技术借助生理监测、行为识别、环境感知、数据分析，能够达成风险的早发现、早提示、早处置。不过系统建设依旧面临数据采集完整性欠缺、风险识别模型适配性不佳、预警处置闭环机制不完善等问题。为提高系统应用效果，需秉持以老年人安全与尊严为核心、多源融合、分级预警、技术可靠与服务协同的原则，建立感知采集层、数据融合层和预警响应层相互衔接的系统架构。

参考文献：

[1] 国务院.“健康中国 2030”规划纲要[Z]. 北京：人民出版社，2016.

[2] 工业和信息化部，民政部，国家卫生健康委员会. 智慧健康养老产业发展行动计划（2021—2025 年）[Z]. 2021.

[3] 左美云. 智慧养老：内涵、模式与发展路径[J]. 中国信息界，2015(06):18-22.

[4] 陈功. 中国养老服务体系建设研究[M]. 北京：中国社会科学出版社，2018.

[5] 王莉，刘伟. 物联网技术在智慧养老服务中的应用研究[J]. 电子技术与软件工程，2020(18):20-22.

基金项目：基于多源数据融合与机器学习技术的智慧康养数字化管理平台研发及应用（20250203173SF）。

通讯作者：贾丽。