

多源异构健康数据融合下老年人健康监测与康养服务协同机制研究

高楠¹ 赵馨茹¹ 江琦¹ 贾明¹ 贾丽¹ (通讯作者) 林玥²

1. 吉林省有云数智科技有限公司, 中国·吉林 长春 130000

2. 吉林大学, 中国·吉林 长春 130000

摘要: 本文聚焦老年人健康监测与康养服务协同机制研究, 剖析健康监测终端、多源数据融合、智能分析模型、康养服务平台之间的协同关联, 探寻提高老年人健康管理连续性、精准性、安全性的实践途径。文章结合设备选型集成、数据融合处理、智能分析预警、平台交互设计、安全隐私保护等研究内容, 运用文献归纳与机制分析相结合的方法, 从健康监测需求、数据采集传输、智能预警、服务协同、制度保障等方面展开论述。研究表明, 通过智能手环、血压计、心率监测器、环境感知设备等终端可实现老年人健康状态的持续采集, 依靠数据融合与机器学习模型识别异常风险, 能够推动居家、社区、医疗、康养机构之间形成联动服务。结论表明, 建立健康监测与康养服务协同机制, 需遵循数据准确、服务闭环、适老友好、隐私安全的原则, 以此推动智慧康养服务模式实现高质量发展。

关键词: 大数据技术; 老年人健康监测; 康养服务; 多源数据融合; 协同机制

Research on the Collaborative Mechanism of Elderly Health Monitoring and Wellness Services under the Integration of Multi-Source Heterogeneous Health Data

Gao Nan¹, Zhao Xinru¹, Jiang Qi¹, Jia Ming¹, Jia Li¹ (Corresponding author), Lin Yue²

1. Jilin Youyun Digital Intelligence Technology Co., Ltd., China Jilin Changchun 130000

2. Jilin University, China Jilin Changchun 130000

Abstract: This paper focuses on research into the collaborative mechanism of health monitoring and wellness services for the elderly, analyzing the interactions among health monitoring devices, multi-source data integration, intelligent analysis models, and wellness service platforms. It explores practical ways to improve the continuity, accuracy, and safety of health management for older adults. The article addresses topics including device selection and integration, data fusion processing, intelligent analysis and early warning, platform interaction design, and security and privacy protection. Using a combination of literature review and mechanism analysis, it discusses aspects such as health monitoring needs, data collection and transmission, intelligent early warning, service collaboration, and institutional guarantees. The study shows that continuous collection of elderly health data can be achieved through devices like smart wristbands, blood pressure monitors, heart rate monitors, and environmental sensing devices. By leveraging data fusion and machine learning models to identify potential risks, a linked service between home care, community, medical, and wellness institutions can be promoted. The conclusion indicates that establishing a collaborative mechanism for health monitoring and wellness services should follow principles of data accuracy, closed-loop services, age-friendliness, and privacy security, thereby promoting the high-quality development of smart wellness service models.

Keywords: Big data technology; Elderly health monitoring; Wellness services; Multi-source data integration; Collaborative mechanism

0 引言

伴随我国人口老龄化程度持续加深, 老年群体慢性病常态化、健康风险多元化、康养需求精细化特征愈发凸显, 传统养老服务模式已难以适配新时期老年人常态化健康监测、风险预警、个性化康养、全周期健康管理的核心需求。长期以来, 我国传统康养服务多依赖人工巡检、定期问诊、

事后干预的粗放式服务模式, 存在健康数据采集碎片化、监测滞后性强、服务响应被动、医疗与康养资源割裂等突出问题, 无法精准捕捉老年人实时健康状态与环境变化信息, 难以实现健康风险的前置防控与康养服务的精准落地。在物联网、大数据、机器学习等数字技术快速赋能养老领域的背景下, 各类健康监测终端、环境感知设备可实现老

年人生理体征、生活状态、居住环境等多维度数据的动态采集,但不同终端产生的异构、碎片化数据存在互通性差、利用率低、分析滞后等问题,制约了智慧康养服务的落地实效。基于多源异构健康数据融合技术,打通健康数据采集、传输、分析、预警、服务落地全链条,构建健康监测与康养服务深度协同的运行机制,成为破解传统养老服务痛点、推动康养服务转型升级的关键路径。对此,本文以老年人健康监测与康养服务协同发展为核心,依托多源数据融合与智能分析技术,整合居家、社区、医疗机构、康养机构各类服务资源,系统剖析智能监测、数据处理、智能预警、服务联动的内在协同逻辑,探究适配老年群体的智慧康养协同运行体系与保障机制,旨在推动康养服务从传统被动式事后照护,向主动式事前预防、精准化事中干预、全周期闭环管理转型,助力智慧康养行业高质量、规范化、适老化发展。

1 异构康养物联网设备统一接入与可信传输的基础逻辑

1.1 异构康养终端统一接入的现实背景

在老年人健康监测与康养服务场景中,常用设备包括心率监测器、血压计、血糖仪、智能手表、睡眠监测设备、跌倒报警器、体温计以及居家环境传感器等。这些设备通常来自不同厂家,采用的通信协议、接口标准、数据格式和采样频率并不完全一致,容易出现设备接入困难、数据字段不统一、传输链路不稳定、平台兼容性不足等问题。若每增加一种设备都需要单独开发接口,不仅会提高系统建设成本,也会影响后续设备扩展和服务部署效率^[1]。因此,康养物联网系统需要构建通用数据接入层,将多品牌、多协议、多类型终端纳入统一管理框架,通过标准化设备接入规范、数据映射规则和通信协议适配机制,实现感知设备的即插即用接入。对于老年人健康监测而言,统一接入并不是简单地把数据上传到平台,而是要在源头保证数据可采、可识别、可转换、可追溯,为后续多源数据融合、风险识别和康养服务协同提供稳定基础。

1.2 通用数据接入层的技术构成

异构康养物联网设备统一接入系统通常包括设备适配层、协议转换层、边缘处理层、数据标准化层、安全传输层和平台服务层。设备适配层面面向智能手表、血压计、心率监测器、血氧仪、环境传感器等不同终端,负责识别设备类型、采集频率、数据字段和通信能力。协议转换层通过蓝牙、Wi-Fi、蜂窝网络、ZigBee、LoRa 等通信方式,将不同协议下的数据转化为平台可识别的统一格式。边缘

处理层设置在家庭网关、社区终端或养老机构边缘节点中,承担数据前置校验、异常字段过滤、时间戳同步、重复数据去除和初步完整性检查等功能。数据标准化层依据统一的数据模型,对心率、血压、血氧、体温、运动量、睡眠状态、跌倒事件和环境指标进行编码规范、单位转换和字段匹配^[2]。安全传输层则通过轻量级加密、身份认证、数据签名和链路校验,保障数据在传输过程中的真实性、完整性和安全性。平台服务层在接收标准化数据后,可进一步开展健康趋势分析、异常预警、服务派单和康养资源协同。

1.3 可信传输与数据底座建设的基本要求

康养物联网系统的核心价值不仅在于设备数量的增加,更在于数据能够稳定、可信、连续地支撑健康管理。由于老年人健康数据具有较强的敏感性和实时性,一旦出现数据丢失、格式错误、传输延迟或被非法篡改,就可能影响异常判断和服务响应。因此,需要在数据采集源头建立可信传输机制。边缘侧应对采集数据进行前置校验,判断数据是否存在缺失、超限、重复、时间错位或设备状态异常等问题,并在必要时触发重新采集或本地提醒。对于传输过程,应采用适合低功耗终端的轻量加密方法,减少设备负担,同时保证数据传输安全。不同设备接入平台后,还应建立设备身份认证、访问权限控制和传输日志记录机制,使每一条健康数据都能够追溯到具体设备、采集时间和传输路径。通过统一接入、标准转换、边缘校验和可信传输,康养物联网系统能够形成可靠的数据底座,进而为多源健康数据融合、智能风险分析、家属提醒、社区干预和医疗协同提供支撑。

2 多源异构健康数据融合与质量控制机制

2.1 多源异构数据接入与统一处理

在老年人健康监测场景中,心率监测器、血压计、智能手表、血氧仪、血糖仪、睡眠监测设备、跌倒监测器以及居家环境传感器等终端,会持续产生不同类型的数据。这些数据来源不同、采集频率不同、字段结构不同,部分设备还存在数据单位、时间戳、通信协议不一致等问题。若直接将这些数据接入平台,容易造成信息割裂,影响健康状态判断的准确性。因此,多源异构健康数据融合与质量控制应作为系统建设的核心技术环节。平台需要建立统一的数据接入与处理规范,对设备身份、数据格式、采样频率、指标单位、时间标记、传输状态进行标准化管理。通过格式转换、字段映射、单位统一和时间同步,将心率、血压、运动、睡眠、体温、环境等不同数据转化为可识别、

可计算、可关联的统一数据结构，为后续融合分析提供基础^[3]。

2.2 融合算法与质量控制的核心作用

多源数据融合的关键并不是简单汇总数据，而是通过融合算法识别不同指标之间的关联关系，形成更加完整的健康状态判断依据。例如，心率异常需要结合运动强度、睡眠状态、血压变化和既往健康档案共同分析；血压波动需要结合用药情况、活动量、情绪状态和测量时间进行判断；跌倒风险则需要综合步态变化、活动轨迹、夜间起身次数、居家环境和历史风险记录进行评估。为保证融合结果可靠，平台应建立完整的数据质量控制流程。首先，对原始数据进行完整性检查，识别缺失值、断点数据和重复数据；其次，对明显超出合理范围的数据进行异常值标记；再次，对设备误差、佩戴不规范、网络中断、电量不足等因素造成的偏差进行校正；最后，对修正后的数据进行一致性校验，确保不同来源数据在时间、指标和逻辑关系上保持协调。通过数据清洗、格式转换、异常识别、误差修正和融合计算，系统能够减少误判，提高健康监测结果的准确性。

2.3 数据融合对健康预警与服务协同的支撑价值

多源异构健康数据融合与质量控制是后续健康预警、个性化服务推荐和康养服务协同的唯一核心数据基础。只有数据真实、完整、连续且可关联，平台才能准确识别老年人健康状态的长期变化趋势，而不是只依据某一次测量结果做出判断。系统可在融合数据基础上建立个人健康动态档案，记录基础疾病、用药情况、体征基线、生活习惯、运动能力和服务需求，并根据个体差异设定不同的风险阈值^[4]。当出现血压持续升高、心率异常波动、睡眠质量下降、活动量明显减少或跌倒风险增加等情况时，平台可结合融合结果进行风险分级，向老人、家属、社区医生或养老服务人员推送相应提醒。由此，数据不再只是被动记录，而是能够转化为异常预警、健康干预、服务派单和持续跟踪的依据。通过强化多源数据融合与质量控制，康养物联网系统才能形成稳定可靠的数据底座，真正支撑精准监测、及时响应和协同服务。

3 智能分析与健康风险预警机制

3.1 健康状态监测模型构建

智能分析对于物联网健康监测系统发挥其价值起着关键作用。借助机器学习算法来开发健康状态监测模型、异常情况预警模型、个性化服务推荐模型，这样的思路契合智慧康养的发展方向。该系统能够依据历史健康数据、实

时监测数据、服务反馈数据，建立老年人健康状态评估模型。模型所分析的内容涵盖生命体征稳定性、活动能力变化、睡眠质量趋势、跌倒风险、慢性病指标波动等方面。健康监测模型不应取代医生诊断，而是要作为风险提示、服务辅助的工具。模型输出的结果应当以风险等级、趋势提示、建议行动的形式展现出来，从而方便老人、家属、服务人员理解。

3.2 异常识别与预警分级机制

异常预警机制需要着重突出及时性、准确性、分级响应。要是预警规则太过敏感的话，就很容易造成频繁误报的情况，进而让老人、家属产生焦虑情绪，要是规则过于宽松，又有可能延误风险处理。所以，系统要结合个体基线、数据变化幅度、持续时间来做综合判断。比如说短时间内心率升高或许和运动有关系，不适合直接判定为异常，但是如果在静息状态下心率持续处于异常状况，并且伴随着血压或者血氧出现变化，那就应该提高预警等级。预警分级能够分为提醒级、关注级、干预级、紧急级，不同等级对应不同的服务主体、处置流程。

3.3 个性化服务推荐与智能决策支持

老年人的康养需求存在着比较显著的个体差异。有一部分老人需要进行慢性病随访，而另外一些老人则更加关注康复训练、营养指导、睡眠改善或者心理陪伴。智能分析系统能够依据健康监测的结果、个人档案，为老人、服务人员推荐个性化的服务内容，像是运动提醒、饮食建议、复测提示、康复训练安排、社区随访计划等。对于服务机构来讲，智能决策支持还能够优化服务资源的配置，协助社区或者养老机构识别重点关注的对象，合理地安排上门服务、健康宣教、医护咨询等工作。

4 康养服务协同平台建设 with 适老化交互设计

4.1 平台架构与服务流程协同

康养服务协同平台需要把健康数据采集、风险识别、服务派发、过程跟踪、结果反馈整合起来，形成一个完整的流程。前端能够采用 React、Vue 等框架，后端可以采用 Node.js 或者 Spring Boot 等技术，数据库可选用 MySQL 或者 MongoDB，这表明系统设计要兼顾快速部署、弹性扩展、数据管理能力。从服务机制方面来看，平台应当支持老人端、家属端、社区端、医生端、机构管理端协同使用。老人端主要关注健康提醒、服务申请，家属端主要关注异常通知、照护反馈，社区端主要关注随访任务、风险人群管理，医生端主要关注健康咨询、专业判断，机构端主要关注资源调度、服务质量。

4.2 适老化用户界面与交互体验

老年人运用智能平台时,通常会遭遇视力减退、记忆力衰退、操作经验欠缺、对复杂技术陌生等难题。鉴于此,系统界面需要秉持适老化设计理念。界面文字要清晰明晰、易于辨认,按钮尺寸需足够大,操作流程应当尽可能简化,重要功能应实现一键直达^[5]。交互方式能够支持语音播报、语音输入、触摸操作、图标提示,以此减轻老年人的输入负担。针对健康异常提醒,应规避使用过于专业的术语,而采用简洁明了的表达方式,诸如“建议休息后重新测量血压”“请联系家属或社区医生”等。

4.3 数据共享与跨主体协同服务

康养服务所涉及的主体包括家庭、社区、医疗机构、养老机构、第三方服务组织,而数据共享乃是协同机制得以运行的基础所在。不过,数据共享必须要以授权、必要、安全作为前提条件。平台应当依据服务场景来设定不同主体的数据访问范围,家属能够查看日常健康提醒,社区人员可以查看随访相关指标,医生在获得授权之后能够查看更为完整的健康数据。跨主体协同还需要明确责任边界,防止出现“平台提示了但无人处理”这类问题。

5 安全隐私保护与协同机制优化路径

5.1 健康数据安全与隐私保护机制

老年人的健康数据归属于敏感个人信息范畴,其中涵盖了诸如生命体征、疾病状况、生活习惯、位置活动等方面的内容,对于这些数据必须予以严格的保护。运用加密传输、权限管理、AES 和 RSA 等加密算法,这展现出了数据安全保护的关键方向所在。系统应当在数据从采集直至使用的整个过程,也就是包括采集、传输、存储、访问和使用等环节设置安全措施,这些措施包括身份认证、访问控制、日志记录、数据脱敏、安全审计等。

5.2 服务质量评价与运行保障机制

改进康养服务协同机制离不开评价模式。评价指标包括数据采集稳定率、异常识别准确率、预警响应时间、服务完成率、老人满意度、家属认可度及健康管理连续性等。技术平台仅关注设备在线率,却忽视服务响应质量,无法真正提高康养体验。机构要定期分析预警处理记录、用户反馈与服务结果,从中找出设备误报、流程延迟、沟通不畅、资源不足等问题。

5.3 智慧康养协同机制的优化方向

未来在老年人健康监测与康养服务协同方面,会朝着智能化、个性化、人性化的方向进一步发展。其中一个方面,要提高多源数据融合的能力,把生理数据、行为数据、环境数据、服务数据放在一起做综合分析,以此提高风险识别的准确性。另一个方面,要强化人工智能模型的可解释性,让服务人员能够明白预警的原因、建议的依据。平台也能够探索边缘计算和联邦学习等方式,在保护隐私的情况下提高模型的能力。

6 结语

老年人健康监测与康养服务协同机制,是应对人口老龄化、提高养老服务质量、推动智慧康养发展的关键途径。有研究显示,物联网设备可达成健康数据的持续采集,多源数据融合则可提高健康状态判断的全面程度,机器学习与智能分析能为异常预警及个性化服务推荐予以支持,协同平台能把老人、家属、社区、医疗机构、康养服务组织连接起来,建立起从监测到响应再到反馈的服务闭环。

参考文献:

- [1] 孙榆洲,陈磊.基于锂离子电池的柔性智能纺织品及其应用研究[J].西部皮革,2026,48(5):34-39+47.DOI:10.20143/j.1671-1602.2026.05.034.
- [2] 潘琴,任永强.高收入人群体检后健康管理需求及有偿服务意愿调查[J].健康教育与健康促进,2026,21(1):85-87+102.DOI:10.16117/j.cnki.31-1974/r.202601085.
- [3] 杨毅.基于深度相机-智能手环多模态感知的老年人体力活动精准干预模式构建与实证研究[J].数字体育研究,2026(1):249-262.
- [4] 鲍勇,谢青,施捷健等.智能可穿戴方案应用于腰椎术后康复的前瞻性研究[J].同济大学学报(医学版),2025,46(5):632-637.
- [5] 李婧.基于智能技术的社区养老服务优化策略研究[J].通化师范学院学报,2025,46(9):97-101.DOI:10.13877/j.cnki.cn22-1284.2025.09.13.

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。