

基于物联网的慢性病患者居家康复数据管理与智能干预平台构建

杨楠

西安交通大学第一附属医院国有资产管理办公室，陕西西安，710061；

摘要：随着我国人口老龄化进程加速及慢性病患病率持续攀升，传统的医疗模式在应对慢性病患者长期、连续的居家康复需求时面临巨大挑战。为破解数据孤岛、干预延迟与管理效率低下等难题，本研究提出并设计了一个基于物联网技术的慢性病患者居家康复数据管理与智能干预平台。该平台整合了智能感知设备、无线通信网络与云端大数据分析技术，构建了从数据采集、传输、存储、分析到应用服务的闭环管理体系。平台通过多源异构数据融合算法，实现对患者生命体征、行为习惯与环境因素的全面监控。利用机器学习模型进行健康状态评估与风险预警，为患者提供个性化、精准的康复指导与智能干预方案。此平台旨在提升居家康复的科学性与依从性，赋能医护人员进行高效的远程管理，构建医—患—家庭三方协同的新型健康服务模式，对于优化慢性病管理路径、提升患者生活质量具有重要的理论价值与实践意义。

关键词：物联网；慢性病管理；数据管理

DOI：10.69979/3029-2808.25.11.062

1 平台构建的核心理念与目标

要构建起一个高效并且可靠的居家康复智能平台，首先需要有清晰的核心理念作为基础，还要设定明确的实践目标，落实该平台的设计，其根本是扎根在“以患者为中心、数据驱动决策、医患协同管理”这三个核心理念上，其目标是重塑慢性病患者的居家康复体验及管理模式。平台构建的首要理念为“以患者为中心”，一方面，所有的功能设计都需要围绕提升患者的康复效果、生活质量以及使用体验来进行，另一方面，平台应当简化操作流程，降低老年用户的使用门槛，借助如友好的交互界面以及及时正向的反馈方式，来增强患者的参与感以及依从性。对于康复计划以及干预措施的推送，一定要充分考虑到患者的个体差异、疾病特点以及生活习惯，避免采取“一刀切”的管理方式，切实实现个性化照护。

依据上述所提及的理念，该平台确立了四项具体的功能目标，第一项为：达成居家康复全周期数据的所有阶段达成自动化采集、多维度依据以及一体化整合的目的，构建起较为全面的个人健康档案。第二项为：运用多维健康数据建立相应的动态评估与风险预警模型，实现健康状态的量化评估以及潜在风险的提前预测。首先，开发出个性化且具备自适应能力的智能干预引擎，依据评估结果的变化，动态生成并且调整一个囊括用药、运动、饮食以及心理等多方面的综合康复方案。其次，打

造一个安全便捷的医—患—家三方互动服务终端，该终端支持远程问诊、健康教育以及信息共享等多种功能，以此来促进有效的协同管理。

2 平台总体架构设计

2.1 感知与数据采集层

此层次为平台所有的数据初始来源，其主要职责在于捕获所有与患者健康相关联的各种类型信息，其核心构成呈现出多样化的特点，构建起物联网智能硬件终端这样的形式，该类终端的具体呈现形态多样，涉及医用级别的智能可穿戴设备，像是动态心电记录仪、连续血糖监测仪、智能血压计以及血氧饱和度仪等，所有这些设备的共同作用是采集核心生命体征数据，另外还存在辅助健康监测设备，像是集成有传感器的智能床垫、智能手环以及智能体重秤等，所有这类设备的共同作用则是用来记录睡眠质量、活动量以及体重变化等行为数据。诸如温湿度传感器以及空气质量监测仪等环境监测设备，其主要用途是获取居住环境的各项参数信息。像智能药盒这样的智能用药管理设备，它是专门用来记录患者的用药行为，以此来确保患者的用药依从性，也就是遵医嘱服药的程度。这一层所提供的原始数据流规模庞大，来源多样且形态各异，它们就是后续所有分析工作以及干预措施的基础。

2.2 网络与数据传输层

这一层的作用在于构建起稳定可靠且高效的用于数据传输的通道，这个通道可确保感知层所采集到的数据能够准确无误地上传至云端平台，里面会根据不同设备以及应用场景各自的特殊特点采用混合组网的方式来实现，在家庭环境之中，各类设备借助低功耗蓝牙BLE 以及 WiFi 等所有的短距离通信技术，都能够与家庭智能网关完成连接，充当数据汇聚节点的家庭智能网关，主要负责数据格式化的初步处理工作，之后再借助宽带网络或蜂窝网络，比如 4G / 5G，把数据上传到云端平台。像需要在户外或者处于移动状态当中使用的设备，就直接采纳 NB-IoT 或者 5G 这类广域物联网技术实现数据的直连，在整个传输的整个过程里面，必须要执行数据加密的措施，像是运用 TLS / SSL 协议来保证传输链路的安全。防止数据在传输的过程中被窃取或者篡改。

2.3 平台服务与数据管理层

该层级在平台当中起着关键作用，其职责在于接收数据、存储数据、对数据进行处理以及实施数据管理，为上层应用提供基础服务支撑，该层主要由数据接入网关、数据存储系统以及核心功能模块组成，其中数据接入网关负责处理高并发数据流，对传入数据进行校验、解析以及分发。数据存储系统采用混合数据库架构，结构化的生理指标数据存入关系型数据库以保证事务一致性，而半结构化的像用户行为日志、医患沟通记录这类数据，以及非结构化的数据，则存入 NoSQL 数据库以获得更好的扩展性与读写性能。核心功能模块包含用户管理、设备管理、电子健康档案 EHR 管理、数据可视化接口以及 API 网关等，为上层业务逻辑的实现提供标准化的调用接口。

2.4 数据分析与智能决策层

该层乃是平台实现“智能”功能的关键所在，其主要职责在于，把原始数据转换成可具价值的健康洞察以及干预决策。它所包含的内容主要有健康状态评估引擎以及智能干预决策引擎，健康状态评估引擎借助数据融合技术，可将来自不同维度的散乱数据进行整合与对齐，构建出患者的多维健康画像。它利用统计分析以及机器学习算法，像时间序列分析以及聚类分析等等，对患者长期的健康趋势展开剖析，评估其康复进程，并运用风险分层模型，像是逻辑回归以及支持向量机等等，识别出急性事件的发生概率。智能干预决策引擎依据评估结果，与内置的临床知识库以及专家规则相结合，生成个性化的干预指令。这些指令是有多方面的运用的，既可以向患者推送健康提醒，又可以调整康复运动的建议，

还可以向医护人员或家属发送高风险预警，实现了由被动响应转变为积极主动地加以干预的情况。

3 平台关键技术实现路径

3.1 多源异构数据融合技术

该平台所采得的数据有各种不同的来源，其数据格式也是多种多样，且采样频率各不相同，由此就需切实解决多源异构数据有着有效融合的问题，其具体实现路径为先从数据这一层面着手进行标准化，即首先需要平台去定义一套统一的数据模型以及接口规范，所有准备接入该平台的设备在将数据上传之前或者在数据接入网关那里都要完成对数据的转换工作，转换的目标是使其成为标准格式的数据，这包括要统一其单位、时间戳以及数据结构等方面内容，其次是对数据从语义层面加以融合。面对来自不同的传感器所描述的同一生理现象的数据，譬如手环计步和手机计步数据，有必要借助数据清洗和去噪算法剔除非正常的异常数据，之后运用加权平均或者卡尔曼滤波等不同方法对数据进行融合，得到更准确的综合指标，此之后便是时间序列对齐，因为不同设备所采集数据的起始时间存在不同，借助插值或者重采样等技术，将不同数据流在时间轴上相互对齐，为后续的相关分析和模型训练做好铺垫。

3.2 面向居家康复的智能干预算法

智能干预乃是平台区别于纯粹数据监测工具的关键所在，算法的实现需要将领域知识与数据驱动方法相互结合起来，首先要做的是建立一个可扩展的临床知识图谱，该知识图谱以结构化的方式存储慢性病相关的诊疗指南、药物相互作用、康复方案以及营养建议等专家知识，其次是要构建分层的干预决策模型。该系统底层是一个依靠规则构建的预警体系，首先设定阈值，比如连续三日血压高于 140 / 90mmHg，借助此阈值触发初步警报。系统中层运用机器学习营造风险预测模型，借助历史数据对模型进行训练，预测未来某个时间段内不良事件发生的概率。系统顶层是个个性化推荐引擎，将风险预测结果、患者偏好及知识图谱信息综合在一起，运用强化学习等算法动态调整干预策略，尝试找出对特定患者自身最合适的康复路径。像一旦监测到患者持续出现血糖水平偏高的状况，并且活动量较为不足的情况下，那么系统就有能力实现自动推送一条包含饮食建议以及适度运动计划在内的干预信息。

3.3 用户隐私与数据安全保障

医疗健康数据属于极为敏感的个人隐私范畴，其信

息安全是平台获取用户信任的关键所在，技术实现路径需始终贯穿数据整个生命周期，在数据采集环节，设备与网关之间通信要运用加密信道，而在数据传输阶段，所有数据包均需借助 HTTPS / TLS 等协议实现端到端加密。在数据存储这个层面，数据库当中所包含的敏感信息，像是身份证号码以及姓名等内容，必须要根据实际情况进行脱敏处理或者加密存储，促使身份信息与健康数据可以实现分开存放的效果。在数据访问以及使用这个层面，平台需要执行严格的基于角色的访问控制策略，确保只有获得授权的人员，比如患者本人以及主治医生这些人才能访问到相应的数据，所有数据访问的行为都会被详细地记录下来，形成一种不可被篡改的审计日志。当数据处于共享状态或者用于科研活动之际，必须接受严格的匿名化处理，剔除掉所有可用来识别个人身份的信息，这要符合《网络安全法》以及《个人信息保护法》等法律法规的相关要求。

4 平台应用前景

对患者而言，平台可提供前所未有的连续性关怀，借助不间断监测以及及时反馈，使得患者更清晰地了解自身健康状况，提高自我管理效能以及信心，个性化的康预方案对于改善治疗依从性、稳定病情、减少急性发作次数大有裨益，可显著提升患者的生活质量，于医疗机构以及医护人员而言，该平台是颇为关键的赋能工具。此项举措使得医生的服务范畴得以从原有的院内扩展至院外，实现了对大量患者的远程与高效率的管理，在依靠数据分析的过程中，医生可更早地发现问题，并实施预防性干预以及对治疗方案加以优化，实现工作重心由被动治疗向主动健康管理的转变，有效减轻了线下门诊以及住院部的压力。从社会的角度来看，该平台的广泛应用可促使医疗资源配置的优化，将有限的优质医疗资源向急危重症患者进行倾斜。降低慢性病并发症发生率以及再住院率，可起到有效控制整体医疗开支的作用，为应对老龄化社会面临的健康挑战，提供一个可持续发展的解决方案。

5 结论

慢性病管理正处于一个从传统的管理模式向智能

化、信息化的管理模式进行转型的关键阶段，本项研究设计的基于物联网的慢性病患者居家康复数据管理与智能干预平台，详细地对如何运用前沿信息科学技术来解决居家康复当中的核心痛点问题给出了答案。借助构建起一个贯穿感知、传输、管理、分析以及应用的全链条闭环架构，该平台得以实现对患者健康状况的准确刻画，并进行动态管理，还可提供个性化智能干预，助力医患家庭三方达成协同，充分展现出在提高慢性病管理质量与效率方面的巨大潜力。

本研究作出的贡献是，提出了一个有综合性能并且可拓展的平台架构，还明确了这个平台的核心理念、功能目标以及关键技术实现的途径，在这种平台的设计当中，它整合了现有的物联网健康监测应用，更加强调在数据驱动之下的智能决策以及服务闭环，为相关领域的后续研发以及落地应用提供了理论方面的参考。未来的研究工作将会关注如下几个方面：首先，要推动规模更大的临床验证工作，去评估该平台于真实世界里面，对于不同病种患者的康复结果所带来的实际影响，其次，要深化智能算法的研究工作，尝试运用更为复杂的深度学习模型，以此来提高预测以及决策的精准度，最后，需要去探索人机交互的优化方案，致力于提升平台在老年用户群体当中的易用性以及接受度。借助不断的技术革新以及模式的摸索，该平台有希望成为未来智慧医疗体系当中不可缺的一环，助力健康中国战略的构建。

参考文献

- [1] 徐同舟. 面向老年慢性病群体的药物管理产品服务系统设计研究[D]. 中央美术学院, 2024.
- [2] 曾红武, 戴书球. 医疗物联网: 慢性病智能生命体征监测[J]. 医学信息学杂志, 2023, 44(02): 58-63.
- [3] 毛佳伊. 智能药物管理系统优化及在老年慢性病患者住院-居家中的应用研究[D]. 重庆医科大学, 2022.
- [4] A&T 携手 Smart Meter 以物联网连接技术为慢性病患者提供支持[J]. 电信工程技术与标准化, 2022, 35(04): 21-24.
- [5] 马志军, 石红. 基于物联网技术的社区慢性病人群体卫融合智能健康服务模式研究[J]. 体育科技, 2022, 43(02): 11-13.