

基于深度学习的 AI 智能行走辅助器多模态感知研究

邬佳敏, 王旭

温州商学院, 浙江 温州 325035

DOI: 10.61369/RTED.2025180001

摘要 : 全球老龄化加剧、残障人群扩容, 行走障碍者对高效辅助器具需求激增。本项目研发 AI 智能行走辅助器具, 填补市场空白, 为各年龄段行走不便者提供创新方案。器具融合 AI 与医疗技术, 多模块协作: GSM 模块负责紧急通信报警, 北斗 +GPS 定位导航, 红外测绘助避障; 支持语音调节力臂、绑带, 有自动避障、摔倒防护、紧急求救功能; 高精度生物传感器实时监测生理与步态, 生成专属康复报告并提建议; 手机软件可实现远程管控、数据可视化及设备联动, 拓展功能边界。

关键词 : AI 智能行走辅助器; 多模块协同; 个性化定制

Research on Multimodal Perception of AI Intelligent Walking Aids Based on Deep Learning

Wu Jiamin, Wang Xu

Wenzhou Business College, Wenzhou, Zhejiang 325035

Abstract : As global aging intensifies and the disabled population expands, the demand for efficient assistive devices among people with walking impairments has surged. This project develops AI-powered intelligent walking assistive devices to fill market gaps and provide innovative solutions for people with walking difficulties of all age groups. Integrating AI and medical technologies, the device operates via multi-module collaboration: the GSM module handles emergency communication and alerts; Beidou + GPS enables positioning and navigation; and infrared mapping supports obstacle avoidance. It allows voice-controlled adjustment of arm lengths and strap tightness, and features automatic obstacle avoidance, fall protection, and emergency help functions. Equipped with high-precision biosensors, it monitors users' physiological indicators and gait in real time, generates personalized rehabilitation reports, and provides recommendations. A mobile app enables remote control, data visualization, and device linkage, further expanding its functional boundaries.

Keywords : AI intelligent walking aid; multi-module collaboration; personalized customization

引言

(一) 产品需求分析

全球范围内, 行走有困难的人群数量不少, 按照世界卫生组织2023年的数据显示, 全球大概16%的人口(约13亿人)面临严重行动不便问题; 按照中国残联给出的数据, 截至2010年底, 中国有2472万肢体残疾人, 占到残疾人总数的29.07%。这一群体囊括: 先天就肢体有残疾的儿童, 成长当中行动受限, 影响学习跟社交; 中青年因突发意外造成肢体伤残, 行走困难对工作、生活以及社交形成阻碍; 老年人由于机能减退、患上慢性疾病或遭遇意外损伤, 行动变得不便, 此类状况不仅造成生活质量降低、活动范围被约束, 还会影响个体的心理健康, 给家庭跟社会带来沉重的心理及经济方面的负担, 给其配备可用的行走辅助工具, 助力复原或强化行走能力, 具备显著的社会意义与现实需求^[10]。

(二) 现状研究

市面上常见的拐杖、助行架以及轮椅等传统行走辅助装置存在明显局限: 拐杖的运用依赖上肢力量跟协调性, 对于上肢功能受限以及身体虚弱的人不友好; 助行架稳定性不错, 只是体积大、携带不便, 对复杂地形的适用水平较低; 轮椅虽然适合那些完全失去行走能力的人, 但长时间使用易引发肌肉萎缩, 而且在狭窄的环境通行存在不便之处, 传统辅助器功能单调^[10], 智能化水平不足, 不能依据使用者实时状态自动实施调整, 难以契合个性化的需求^[10]。

AI 技术于医疗健康领域成果十分显著, 诸如精确查出肿瘤、辅助制订治疗方案、优化康复训练安排等, 极大提升了医疗服务的质量

课题来源: 大学生创新训练项目。

作者简介: 邬佳敏(2004—), 女, 汉族, 温州商学院, 信息工程学院, 计算机科学与技术专业, 本科生。

与效率，把 AI 技术应用到行走辅助器的研制里，有望冲破传统的局限，给不同年龄阶段行走不便的人提供更智能、高效、个性化的辅助方式，助力其更好地融入社会环境，重新燃起生活的信心与乐趣^[4]。

(三) 产品的创新点

智能行走辅助器借助大数据的技术，借助分析海量病例资料，揭示不同障碍类型的步态特性，构建起精准的用户画像数据体系，结合前沿智能算法促进模块化设计革新，从机械结构、电子感应直至软件控制，皆能依据用户的身高、体重、肢体力量等关键参数开展个性化定制和即时微调，保障产品在适应性和使用舒适度上达标。

研发把重点放在 AI 与医疗融合，采用传感器^[5]、机器学习以及人机交互技术，依靠步态识别实时检测心率、步态、关节角度等身体状态，自动对支撑强度、行走速率、姿态进行调节，做到智能化辅助，依靠连接移动设备或者云平台，可达成实时监测、报警、定位上传与手机数据读取，给出远程管控、数据评估、康复提示等增值相关服务，协助用户改进步行能力。

一、产品技术介绍

AI 智能行走辅助器以“AI 算法驱动、多模块协同、个性化适配”为设计理念，融合 AI、传感器、无线通信、机械控制等技术，构建一个把环境感知、姿态调节、安全保障、健康监测整合在一起的智能系统。

(一) 多维度感知技术

产品以多类型传感器构建“环境 – 身体 – 设备”三维感知网络，监测环境、使用者及设备状态，为智能辅助供精准数据：

环境感知：红外测绘模块借红外光束往返时间与扫描角度，算障碍物距离、方位并生成二维轮廓，支撑避障决策。

身体姿态与受力感知：姿态模块采身体倾斜角度及加速度；压力传感器监测接触部位压力分布，凭变化判抬腿、迈步等意图，为助力调节提供依据。

生理及步态感知：内置传感器采心率、血氧等生理指标及步长、步频等步态数据，经异常检测识别疲劳、失衡，自动触发安全调节。

(二) 定位与无线通信技术

产品融合 GSM 无线通信技术与北斗 +GPS 双模定位，构建起“精准定位 – 远程交互 – 安全保障”体系：

双模定位：模块接收双卫星系统信号，经三角定位获米级经纬度与海拔，结合地图规划导航、记录运动轨迹，为康复评估提供空间数据。

无线通信：GSM 模块借时分多址技术支持短信、语音及数据传输；紧急时即刻向联系人发定位与求救信号并拨打急救电话，日常远程传传感器数据至云端或手机，实现健康数据实时互通与远程监护。

(三) AI 算法与软件支撑技术

产品要实现智能化，核心是 AI 算法与软件系统，对数据分析、决策优化和个性化服务起到支撑作用：

机器学习算法：以海量步态病例数据训练模型，辨障碍步态并定辅助策略；借强化学习调助力力度与时机，提升系统适应性。

人机交互技术：集成语音识别与语义理解，析指令并语音反馈；手机 APP 实现图形化交互、远程操控及数据可视化。

大数据与云平台技术：手机传生理、步态数据至云端，经分析生成康复报告并提建议；支持多终端同步与信息共享。

二、产品系统设计

(一) 树莓派 4B

树莓派 4B 为核心处理器，获取姿态模块与压力传感器数据，分析后向电机驱动模块发指令调扭矩；检测到姿态改变或压力异常时，判定运动状态与需求，调节扭矩供助力或支撑。

其整合姿态、压力数据，掌握用户身体状态与行走特点；同时接收北斗 /GPS 双模定位信息，紧急时通过 GSM 模块向预设联系人发含位置的报警资讯。

(二) 红外测绘模块

红外测距模块凭借红外发射器发出调制好的特定波长红外光束，传播期间能量衰减，遇到目标以后，部分反射光经光学透镜聚焦于红外探测器，化为电信号，信号处理单元把微弱电信号放大滤波，进而提升信噪比。

(三) 压力传感器

压力传感器测使用者与辅助器接触部位（腿、脚等）压力分布，实时监压变判姿态及行走稳定性：单侧腿受力小时，数据传树莓派 4B，控电机增该侧扭矩助平衡。使用者抬腿时，传感器测脚压变，树莓派结合姿态数据识别动作后，控电机供助力让步伐自然；同时监贴合度，压大触发绑带松，压小提示收紧，保舒适及最佳辅助功效。

(四) GPS 北斗模块

北斗、GPS 双模定位模块经天线收卫星信号，内置处理器解析时间与轨道信息，依三角定位算精准位置、速度及时间：

精准定位：实时采经纬度、海拔，方便家人与医护掌握使用者户外位置，保安全。

辅助导航：结合地图规划路线、指引方向，适配视障者或陌生环境使用者，助安全抵达。

安全保障：紧急时同步发精准位置给联系人或急救机构，缩短救援时间、提效率。

运动数据记录：记行走轨迹、距离、速度等传树莓派，支撑康复评估与健康管理，方便医生调训练计划。

(五) 机器人专用舵机

提供动力与精准控制：舵机可以输出精准可操纵的扭矩，为行走辅助器机械结构的运转给予动力，就如调整力臂的角度、辅助腿部做摆动的动作，可按照系统指令精准把控转动的角度与力度，让使用者走动时更自然顺滑^[3]。

保障动作稳定协调：使行走辅助器各部件动作稳定、协调无差错，在使用者迈步走动期间，舵机根据姿态模块跟压力传感器反馈的相关数据，实时改动输出，使辅助器维持平稳，协助使用者维持标准的行走姿势。

三、产品功能实现

(一) 智能安全保障

具备自动避障功能，凭借高精度传感器实时探测周围环境，若检测到障碍物，即刻开启减速、转向或停止等避障举措，有部分产品配备了跌倒检测及防护功能^[2]，当检查到使用者有出现跌倒的倾向^[9]，迅即伸出支撑杆或调整物体重心，减少跌倒引起的冲击力，紧急求助功能为使用者筑牢安全防线，设备把求助信号和位置信息发送给预设紧急联系人，同样支持自动拨打急救电话以及语音呼救。

(二) 健康监测与康复支持

内置着高精度生物传感器，实时监控心率、血压、血氧饱和度等生理数据，以及像步长、步频、足底压力分布的步态特征，察觉到心率急剧上升、步态不稳等异常现象，设备马上开启智能程式，调整支撑力度、速度与姿态，依靠长期监测的相关数据，

形成个性化的康复进展报告，采用大数据分析加上专业算法，为使用者供给科学的康复相关建议，像具有针对性的训练方案、营养补给举措等。

(三) 手机软件拓展功能

功能类别	功能描述	实现方式与特点
远程控制与监控	远程开关、调节和状态监控	通过手机软件连接，实时查看与控制设备
数据可视化与分析	健康数据图表展示与智能分析	软件结合传感器数据，提供可视化报告与建议
设备联动	设置场景联动其他智能设备	通过手机软件实现多设备智能联动
双向控制与反馈	手机控制设备，设备上传实时数据	指令下发与传感器数据回传同步进行

四、结论

近日全球老龄化加剧态势凸显，且肢体残障群体规模不断增长，行走不便的人群对高效辅助用品的需求不断加大，该智能行走辅助器的研究开发聚焦在AI与医疗相结合，其中运用了诸如传感器技术、机器学习算法、人机交互技术等，AI智能行走辅助器能实时监控使用者的身体状态，自动调整辅佐器支撑力度、行走的速度与整体姿态，实现智能式的辅助行走功用，经由与移动设备或云平台的相连，还可为用户提供远程监护、数据分析、康复建议等额外增值服务，支持使用者更合理地管理与改善自身的行走能力^[7]。

参考文献

- [1] 周玉康,曾妍,黎颖,等.基于先进传感与控制技术的外骨骼机器人设计[J].科技创新与应用,2024,14(25):9-12.DOI:10.19981/j.cnki.g3.2024.25.003.
- [2] 梁志,李俊.外骨骼机器人可穿戴性能的设计现状及发展趋势[J].服装学报,2024,9(02):102-109.
- [3] 乔俊淋,郑德维,胡梓惟,等.助力外骨骼机器人结构设计与运动学建模分析[J].机械设计,2024,41(01):21-27.DOI:10.13841/j.cnki.jxsj.2024.01.001.
- [4] 李相汝,谢金菁.外骨骼技术:科技重塑人类极限[J].军事文摘,2025,(05):7-12.
- [5] 张一勤,王亚刚,姚旭文,等.基于多传感器融合技术的智能助行器用户运动意图估计算法[J].信息与控制,2024,53(06):689-700.DOI:10.13976/j.cnki.xk.2024.4015.
- [6] 李绪航,于东政,李中原.智能助行器的设计趋势[J].黑龙江科学,2023,14(09):22-24+28.
- [7] 陈婉,任钟鸣,孔李波.可用性视角下的老年人助行器设计研究[J].工业设计,2025,(03):29-32.DOI:10.26920/j.cnki.231516cn.2025.03.011.
- [8] 董珂.个性化需求视角下康复训练设计研究[J].鞋类工艺与设计,2024,4(09):174-176.
- [9] 孙志杰,郭欣,兰陟,等.助行器智能转弯意图感知和摔倒检测[J].中国康复理论与实践,2023,29(07):849-855.
- [10] 王姊妹,张静,刘朋熹.助行器的市场现状及建议分析[J].轻纺工业与技术,2020,49(12):57-58.