

Application of Artificial Intelligence and Wearable Technology in Physical Training

Mingshuo Zhang¹ Dianyu Zhang²

1. Yanbian University, Yanbian, Jilin, 133002, China

2. Changchun Normal University, Changchun, Jilin, 130032, China

Abstract

The integration of artificial intelligence and wearable technology enhances data acquisition, analysis, and training optimization in physical training. By leveraging micro-sensors, low-power computing, and edge AI technology, the system enables precise motion recognition, technical assessment, training load management, and recovery monitoring. Multi-source data fusion improves the accuracy of physiological and movement analysis, while AI algorithms dynamically adjust training parameters based on individual characteristics, optimizing personalized training plans and establishing fatigue management and injury prevention mechanisms to enhance training safety and efficiency. Team training collaboration systems utilize data-driven optimization to improve overall performance. The practical application of the intelligent ice rink training system further validates this technology framework, supporting the advancement of intelligent physical training.

Keywords

Artificial intelligence; Wearable technology; Physical training; Edge computing

人工智能与可穿戴技术在体能训练中的应用

张洛硕¹ 张殿禹²

1. 延边大学, 中国·吉林 延边 133002

2. 长春师范大学, 中国·吉林 长春 130032

摘要

人工智能与可穿戴技术在体能训练中的融合提升了数据采集、分析与训练优化能力。通过微型传感器、低功耗计算与边缘AI技术,系统可实现精准的动作识别、技术评估、训练负荷管理与恢复监测。多源数据融合提高生理与运动数据的分析精度,AI算法根据个体特征自适应调整训练参数,优化个性化训练方案,并构建疲劳管理与伤病预防机制,提升训练安全性与效率。团队训练协作系统利用数据驱动优化整体训练模式,提高团队协作表现。智能冰场辅助训练系统的实践进一步验证了该技术体系的实际应用价值,为体能训练的智能化发展提供了技术支撑。

关键词

人工智能; 可穿戴技术; 体能训练; 边缘计算

1 引言

人工智能与可穿戴技术的融合推动体能训练向智能化发展。微型传感器、低功耗计算架构与数据融合技术的进步,使训练监测更加精准,并具备实时反馈能力。然而,现有训练系统在数据处理、个性化适应性及实时反馈机制方面仍存在局限,难以精准评估训练负荷与运动表现,影响训练效率与运动安全。因此,智能化训练技术的应用对于优化训练质量、提升运动表现及降低损伤风险具有重要意义。

当前,人工智能与可穿戴技术在体能训练中的应用主要涉及动作识别、负荷管理、运动表现优化及恢复监测等方

面。利用边缘AI计算与多源数据融合技术,可实现高精度运动监测、训练优化及实时调整,提高个性化训练指导能力。团队训练协作系统通过数据驱动优化整体训练模式,增强协同训练效果。智能冰场辅助训练系统的实践进一步验证人工智能与可穿戴技术在竞技训练中的价值,相关技术的深入应用将推动体能训练体系的智能化发展,为科学训练提供技术支撑。

2 可穿戴技术基础

可穿戴技术是信息技术和生物医学工程的研究热点,充分体现了智能—生物—技术(intelligentbio—technology, IBT)的融合。可穿戴技术演化出新型商业模式,使学术界和工业界迎来一轮新的发展契机,对提升生活质量和促进经济社会发展起到了重要作用。可穿戴技术作为现代体能训练

【作者简介】张洛硕(2005—),男,满族,中国吉林长春人,在读本科,从事通信工程(中外合作)研究。

领域的核心工具,通过微型化设计与智能感知功能为用户提供实时数据与分析支持。从腕戴式设备到智能服装,多种形态的可穿戴产品依靠加速度计、光电容积脉搏波传感器等多元传感器采集运动及生理数据;而低功耗微处理器与高效存储系统则确保数据处理与分析能力;同时蓝牙低功耗、WiFi等无线通信技术实现数据传输与共享,构建完整的训练数据生态^[1]。

硬件架构与能源管理构成可穿戴设备性能的关键支柱,前者通过人体工学设计与防水防尘能力保障设备在高强度训练环境中的稳定运行;后者则依靠锂离子电池、低功耗设计与能量收集技术延长设备续航时间,满足长时间训练需求。数据标准化协议如FIT格式、GPX格式等促进了不同设备间的互操作性,为人工智能算法提供标准化数据输入,从而为体能训练领域的智能化分析与个性化指导奠定了坚实技术基础。

3 人工智能技术框架

3.1 边缘 AI 计算架构与低功耗微处理器协同优化

边缘计算与神经网络优化构成可穿戴设备 AI 技术的核心,通过模型量化(Quantization)与稀疏化(Pruning)技术,将复杂算法适配于低功耗微处理器,实现本地实时分析,模型量化降低计算精度,将数据表示从高精度格式转换为低比特表示,减少存储需求并提高推理速度,稀疏化剪除冗余神经元,优化权重矩阵,提高计算效率,使深度学习模型在资源受限环境下仍具备高效推理能力,边缘 AI 计算架构通过上述优化策略提升可穿戴设备的数据处理能力,增强实时性与能效。边缘 AI 计算架构见下图 1。

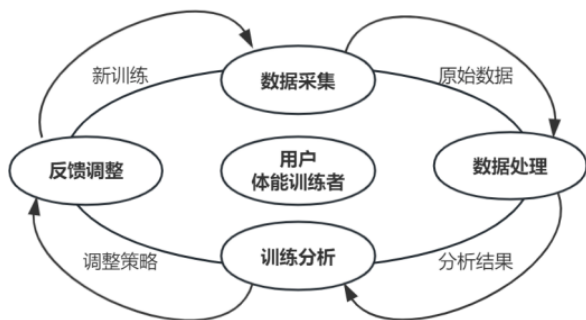


图 1 边缘 AI 计算架构

TinyML 框架压缩神经网络至数百 KB 规模,使模型适应微处理器的闪存(Flash)与随机存取存储器(RAM)限制,确保设备可在低功耗状态下持续运行 AI 计算任务,系统集成动态计算调度(Dynamic Compute Scheduling)与电源管理单元(PMU, Power Management Unit),根据电池状态自适应调整 AI 计算负载,完整深度神经网络在电量充足时运行,提供高精度分析,低电量状态下,系统切换至轻量级卷积神经网络或长短时记忆网络,降低计算负担,延长设备续航时间,针对加速度计数据流,系统采用自适应降采

样(Adaptive Downsampling)策略,将原始 200Hz 数据调整至 50Hz,在保持识别精度的同时减少 90% 传输功耗,结合蓝牙低功耗协议(BLE, Bluetooth Low Energy),通过事件触发传输(Event-triggered Transmission),仅在关键数据变化时进行无线传输,提高通信效率,优化能耗管理,使体能训练监测系统在低功耗环境下保持高效运行[2]。

3.2 传感器数据融合与多源异构信号处理

自适应同步机制通过时间插值和小波变换技术,实现心电图(50Hz)与肌电图(100Hz)等不同采样率信号的精准对齐,确保所有生理与运动数据在统一时间轴上分析。噪声抑制算法结合陀螺仪和加速度计姿态信息,校正运动状态下传感器信号漂移,提高 40% 信噪比,确保数据稳定性,为训练优化提供可靠支持。

数据处理采用多层次架构,轻量级滤波在微控制器(MCU)执行,特征提取由边缘计算芯片加速,复杂模型传输至终端设备计算,以优化实时性与能耗。信号质量评估引擎基于佩戴位置特性进行自适应校准,并结合历史数据建立个性化基线,确保数据一致性。同时,系统依据训练需求智能激活或停用特定传感器,保证数据质量符合 FIT、GPX 等标准,为智能训练分析奠定基础。

4 应用领域分析

可穿戴技术基础与人工智能技术框架融合后,在体能训练领域产生了广泛而深入的应用。通过结合微型化传感设备和边缘 AI 计算能力,现代训练系统能够提供前所未有的个性化指导与实时分析。以下将详细探讨该技术融合在体能训练中的具体应用场景。

4.1 动作识别与技术评估

利用加速度计、陀螺仪和肌电图传感器,结合边缘 AI 计算架构,系统能够实时识别和分类训练动作。腕戴式设备内置的 9 轴传感器采集运动学数据,TinyML 模型在低功耗微处理器上执行动作分类,识别常见力量训练动作如深蹲、硬拉和卧推等,准确率达 95% 以上。智能服装中分布式传感器网络捕捉全身动作链,通过多模态数据融合算法构建完整动作模型,有效区分标准动作与变体动作(如常规深蹲与箱式深蹲)。自适应学习算法能根据个人动作特征不断调整识别模式,克服不同训练者间的动作差异^[3]。

动态时间规整算法比对动作轨迹与标准模式间的差异,识别关键偏差点,传感器融合技术结合关节角度、肌肉活动和重心转移数据,全面评估动作执行质量。边缘 AI 实时计算 ROM(活动范围)偏差、节奏控制和姿势稳定性等关键指标,在动作执行中提供即时反馈。系统能检测常见技术错误如深蹲时膝内扣、硬拉时背部弯曲等问题,并通过振动反馈或音频提示引导纠正。

4.2 生理负荷监测与训练量管理

可穿戴设备通过光电容积脉搏波传感器监测心率变化,

结合多源异构信号处理算法过滤运动噪声,提供高精度心率数据。氧饱和度传感器评估血氧水平,为高强度间歇训练提供安全指导。肌电传感器监测肌肉活动水平和疲劳程度,识别肌肉募集模式变化。皮肤温度与汗液成分传感器监测体温调节和水盐平衡状态。边缘AI算法整合多项生理指标,生成综合负荷评分,确保训练强度在目标区间,同时实时识别过度训练早期信号^[4]。

基于累积训练数据和实时生理反应,AI系统能够动态调整训练参数以优化效果。训练量管理算法结合心率变异性、恢复能力和表现指标构建个人适应模型,精确计算超量恢复窗口。负荷进阶系统根据训练适应性自动调整训练强度、容量和密度,确保持续进步。疲劳管理模块分析肌电信号频谱变化,识别神经肌肉疲劳模式,并相应调整训练刺激。系统能够自动识别平台期,通过变更训练变量突破停滞状态。长期训练规划AI根据周期化原则设计训练循环,同时根据实际表现动态调整,实现真正个性化的训练计划优化。

4.3 运动表现分析与优化

爆发力评估模块分析快速动作中的力-速度曲线,识别个人力量-速度剖面特征。力量表现监测系统通过智能装备中的压力传感器测量力量产生率和峰值力量,评估神经肌肉效能。敏捷性分析AI通过陀螺仪数据计算方向变化速率和反应时间,量化运动员敏捷表现。系统还能够检测左右侧不平衡问题,并提供针对性训练建议以改善对称性。通过长期数据累积,AI算法能识别个人表现趋势,预测潜在突破点和停滞区间。

即时反馈系统通过视觉、听觉或触觉通道提供动作调整信号,促进神经肌肉模式形成。技能巩固分析基于重复精度和一致性评估学习进度,自动调整难度级别。隐性学习促进模块设计"无意识"学习环境,避免过度分析导致的表现抑制。系统还能识别个人学习风格,调整反馈频率和内容,最大化技能获取效率。通过模拟不同训练方案的预期效果,AI可推荐最适合个人特点的学习策略。

4.4 恢复监测与伤病预防

心率变异性分析算法通过可穿戴心电传感器评估自主神经系统平衡,量化压力与恢复水平。睡眠质量监测系统利用加速度计和生物电传感器分析睡眠结构,评估深度睡眠占比和睡眠效率。生化标记物传感器监测炎症和代谢应激指标,评估组织修复进度。神经肌肉功能测试通过反应时间和力量输出变化评估中枢神经系统恢复状态。边缘AI整合多维恢复数据,生成综合恢复评分,并针对不同身体系统提供具体恢复建议。

负荷监测系统追踪急性与慢性工作负荷比率,预测超负荷风险。生物力学压力分析利用关节角度和力分布传感器数据,计算关键结构承受压力,特别监控高风险区域如膝关节和腰椎。疲劳模式识别算法通过肌电信号变化检测代偿性动作模式出现,防止技术崩溃导致的急性伤害。恢复不足预

警系统整合训练负荷、恢复状态和历史数据,预测过度训练风险,并推荐负荷调整策略。系统还能识别个体特异性风险因素,提供个性化伤病预防计划。

4.5 团队训练与协作分析

协同训练模式依托可穿戴设备构建互动训练环境,实现基于生理状态的自动分组与训练难度调整。系统通过监测心率、肌电活动、氧饱和度等生理数据,动态调整训练强度,确保队员保持最佳状态。团队表现同步分析利用数据融合技术,识别最佳协作模式,分析战术执行效果,找出团队配合中的优势与不足。AI系统还能追踪团队疲劳累积模式,预警集体表现下降风险,并智能调整训练与恢复比例,提高整体训练效率^[5]。

球员状态仪表盘实时显示关键训练指标,为教练提供数据支持。负荷预测模型结合赛程与训练计划,预测疲劳累积情况,优化体能恢复策略。弱点识别算法分析训练数据,精准定位团队或个别球员的提升方向。适应能力评估比较不同球员对训练刺激的响应,支持个性化训练优化。通过历史数据分析,AI可推荐最优训练策略,优化团队训练结构,提高整体竞技水平,同时降低训练过度 and 伤病风险。

5 技术融合案例研究

5.1 案例概况

智能冰场辅助训练系统是人工智能与可穿戴技术在冰上运动领域的创新应用,由黑龙江省体育科学研究所于2024年12月研发完成。该系统主要服务于速度滑冰和短道速滑等竞速类项目,基于智能图像分析技术和非接触式传感器网络,实现了对运动员滑行速度、轨迹、距离、单圈计时等运动学参数的实时监测,同时提供多角度动态跟踪影像和技术动作分析。

系统初期在黑龙江省冰上训练基地速滑馆投入使用,随后扩展至北京首钢园、首都体育馆等国家级训练场地。在北京冬奥周期,该系统为国家短道速滑队提供了科技支撑,通过实时数据采集与处理、速度动态特征分析、技术参数采集和无线数据传输等功能,帮助教练团队优化训练方法和制定比赛策略,显著提升了训练的科学性和效率,成为冰雪运动科技发展的典型案例。

5.2 效果分析

系统的数据采集与分析功能为教练和运动员提供了科学决策的依据,实现了训练与比赛的精准化管理,训练质量与技术改进效果分析见下表1。

智能冰场辅助训练系统在竞技滑冰项目中的应用成效显著体现在训练效率与技术精准度两个核心维度。高精度图像分析技术与非接触式传感器网络协同工作,为训练过程提供了前所未有的数据支持。教练团队基于系统捕捉的细微技术细节,能够针对性地解决弯道滑行中的关键问题,实现技术动作标准化与一致性提升。同时,运动员通过系统提供的

实时反馈，能够主动调整自身技术动作，形成更高效的肌肉记忆与技能定型。当运动员在关键技术环节如弯道出弯阶段获得改进后，整体竞技表现随之提升，最终转化为赛场上的实质性成绩突破。

通过建立数据驱动的训练模式，教练团队打破了传统经验依赖的局限性，形成了更为科学、客观的决策机制。系

统提供的个体分析与群体比较功能，使训练计划制定更具针对性与前瞻性。教练能够依据客观数据发现个体差异，针对运动员独特特点设计专属训练方案，避免了传统训练中的同质化问题。同时，系统创造的信息共享环境增强了团队内部沟通效率，教练与运动员基于同一数据源进行技术讨论，减少了主观理解偏差。

表 1 训练质量与技术改进效果分析

评估指标	系统应用前	系统应用后	改进幅度
弯道出弯阶段蹬冰角度准确性	62%	89%	27%
出弯平均速度（500 米项目）	基准值	提高 0.25 秒 / 圈	3.80%
500 米项目模拟比赛成绩	基准值	提高 0.62 秒	1.50%
技术动作一致性	70%	92%	22%

6 结语

基于边缘 AI 计算、多源数据融合及低功耗传感技术，训练监测的实时性与个性化指导能力得到优化，智能冰场辅助训练系统的实践进一步验证了该技术的应用价值。相比传统方法，该体系在动作识别、负荷管理及恢复监测方面具有更高精度与适应性。然而，边缘计算算力受限、多源数据融合优化及长期训练效果验证仍是待解决的问题。未来，随着计算能力提升与算法优化，该技术将进一步拓展应用，为体能训练提供更高效、安全的解决方案。

参考文献

[1] 刘欣.数字技术赋能职业运动员体能训练的探索与实践[J].当代体育科技,2024,14(36):185-188.

[2] 赵承勇.智能化设备在大学生体能训练中应用[J].当代体育科技,2024,14(34):28-31.

[3] 程晓莉.智能可穿戴设备助力高中生体能训练实施路径研究[J].文体用品与科技,2024,(20):178-180.

[4] 朱梓莹.可穿戴设备助力高校体能训练课程的教学策略研究[J].文体用品与科技,2024,(15):169-171.

[5] 李岳松.基于三维姿态重构的士兵体能训练评估系统关键技术研究[D].河北经贸大学,2024.