

人工智能驱动的运动训练模式变革: 理论建构、实践应用与技术路径

邢峻玮, 严红

(天津体育学院, 天津 301617)

【摘要】: 运用文献分析与案例研究相结合的方法, 探究人工智能技术在运动训练领域的理论框架构建与实践应用, 提出了“数字化驱动—精准化指导—个性化训练—智能化反馈”的理论框架, 系统梳理了人工智能在运动员天赋识别、技能评估、运动表现监测及训练负荷调控等方面的实践应用。在技术路径上, 重点阐述了运动员数字画像构建、智能化训练系统开发及机器学习算法在动作优化中的应用。研究成果可为人工智能赋能运动训练提供理论指导和实践参考, 对推动运动训练模式创新具有重要意义。

【关键词】: 竞技体育; 人工智能; 运动训练; 智能化训练模式; 运动员

【中图分类号】: TP18; G808.1 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 2096-5656(2025)02-0032-15

DOI: 10.15877/j.cnki.nsic.20250417.003

运动训练是竞技体育的核心支柱, 其演进历程与科技进步息息相关。传统训练模式主要依赖教练员的经验判断和有限的数据分析, 在个性化指导、精细化监控和客观评估等方面存在明显局限。相比之下, 人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术凭借其强大的数据处理和分析能力, 能够实现对训练过程更为精准的监测和更为科学的评估, 为提升运动员竞技水平和促进大众科学健身开辟了新途径^[1-2]。现有研究存在以下待解决问题: 一是多局限于单一技术或具体应用场景, 缺乏系统性的理论架构来探讨AI技术在运动训练中的应用; 二是实证研究相对匮乏, 特别是针对AI技术在不同运动项目中应用效果的验证研究较少; 三是技术路径研究较为分散, 尚未形成完整的技术应用体系^[3]。此外, 在体育科技发达的国家, AI技术已初步应用于运动员选材和竞技能力提升等关键环节, 如通过整合计算机视觉技术和可穿戴设备实现对运动员表现的实时监测与分析^[2], 但这些应用往往缺乏理论指导和系统性评估。

基于此, 研究旨在系统阐释AI技术如何革新运动训练模式, 通过理论建构、实践验证和技术路径探索, 以期为推动AI技术在运动训练领域的科学应用提供理论指导和实践参考。

1 理论建构

1.1 数字化驱动

数字化驱动是AI技术融入运动训练的重要理论基石, 对运动训练的科学化、个性化和高效化进程产生着深远影响。其核心在于运用先进的数字技术, 构建一套旨在全面提升训练质量的系统性框架。

数据采集层面, 通过集成传感器、可穿戴设备以及物联网等技术, 构建多源异构的数据采集体系, 能够实时获取运动员在生理、心理以及运动表现等多维度数据。在数据处理与分析环节, 云计算和大数据技术为海量数据的存储和高效处理提供了坚实的基础, 而机器学习和深度学习等先进算法则能够从复杂的数据集中提取个体特征, 预测运动表现的潜在趋势, 为优化训练方案提供客观、精准的科学依据, 相较于传统的基于主观经验的判断, 其客观性和精准性显著提升^[4-5]。虚拟现实(VR)与增强现实(AR)技术的应用, 能够为运动员创造沉浸式的训练环境, 减少外界环境的干扰, 并通过实时的数据反馈与动态调整机制, 辅助运动员在安全可控的环境中提升运动技能。此外, 智能教练系统的发展也显著

收稿日期: 2025-01-24

基金项目: 国家社会科学基金项目(22BTY053)。

第一作者: 邢峻玮, 硕士生, 研究方向: 运动训练。

推动了训练的智能化进程,该系统能够实时监测运动员的动作质量,识别技术动作中的偏差,并及时提供针对性地改进建议^[2]。

实践层面,数字化驱动的训练模式已经从最初的简单动作分析逐步发展为功能完善的全方位智能教练系统,能够承担包括训练状态分析、重复性训练替代以及训练资源智能推送等多项功能。训练机器人和智能助理等智能化设备的应用,使得教练员能够将更多精力集中于更具创造性的训练设计和策略制定。在训练管理方面,AI与大数据分析技术的融合实现了智能化管理,能够根据运动员的实时状态动态调整训练强度和-content,预防过度训练和运动损伤的发生,并可广泛应用于比赛分析和战术制定,为教练团队提供客观、科学的战术建议^[6]。

1.2 精准化指导

精准化指导旨在借助AI等先进技术,对运动员进行全面监测和深入分析,提供实时且高度个性化的训练指导与训练方案,提升运动员的训练效果和竞技水平。

精准化指导的核心要素主要包括:基于个体特征的个性化训练方案设计、高效及时的反馈机制以及基于客观数据驱动的决策支持体系。通过可穿戴设备和智能监测系统等技术手段,实时采集运动员的生理及运动学数据,如心率、步频、运动轨迹等,并经过相应的算法处理,生成精确的个体运动状态画像,辅助教练员制定更为科学合理的训练计划。例如,在短跑训练中,可以根据步频、步幅、支撑时间等数据,为运动员提出针对性的技术改进建议以及力量训练方案^[7]。

实时反馈与及时纠正是精准化指导的优势所在。智能系统能够迅速识别运动员在运动过程中出现的动作偏差,并以可视化或语音等提示方式即时进行反馈,确保动作的规范性,降低运动损伤的风险。同时,智能系统还可以根据实时采集的数据动态调整训练的强度和时长,最大限度地提高训练效率^[8-9]。

精准化指导的实现路径主要涵盖数据采集、数据分析和反馈三个关键环节。首先,利用多源异构数据采集设备全面记录运动员的体型特征、技术动作、生理指标等多元信息;其次,通过机器学习和深度学习等先进算法对采集到的数据进行深入分析,

识别运动员的运动表现趋势和潜在问题;最后,将分析结果以清晰直观的方式实时反馈给运动员和教练员,并在此基础上提供相应的训练建议和调整方案,优化训练资源的配置,聚焦于运动员的关键提升环节^[10]。

此外,多组学技术(如基因组学、代谢组学等)在精准化指导中也具有重要的应用价值。通过分析运动员的基因、环境和生活方式等因素,深入了解其代谢特点和潜在的运动风险,从而制定更具针对性的营养和训练方案,这不仅有助于提高运动表现,更重要的是能够预防运动损伤,为运动员的长期运动生涯发展提供重要的科学支持^[11]。

1.3 个性化训练

个性化训练是现代运动训练理论的重要发展方向,其核心在于根据运动员的个体特征制定具有针对性的训练方案,以期最大限度地提升运动表现并降低运动损伤风险。传统的训练方法虽然也考虑个体差异性,但由于受到数据采集、分析手段以及教练员经验等诸多因素的限制,往往难以充分满足现代竞技体育对精细化、个性化训练日益增长的需求。AI技术的引入,使得个性化训练从以往的经验驱动模式转变为基于数据驱动的科学精准方法,实现了质的飞跃^[12]。

AI在个性化训练中的应用主要体现在以下几个方面:多维度数据的采集与分析、高度定制化的训练方案设计以及基于实时反馈的动态优化。具体而言,通过可穿戴设备、生物传感器以及计算机视觉等先进的AI技术,能够实时采集和分析运动员的生理指标、运动学数据以及行为特征等多维度数据,从而更加全面、深入地揭示个体特征和训练需求。在此基础上,研究人员可以借助模式识别和深度学习等AI算法,生成高度个性化的训练方案。例如,根据运动员的肌肉力量和动作模式,为其推荐相应的力量训练计划,或者依据心率变异性和疲劳状态等生理指标,动态调整训练强度和恢复时间。在实际训练过程中,实时反馈系统能够为运动员和教练员提供即时的反馈信息,辅助他们及时调整动作和训练策略^[12]。

个性化训练的理论框架主要包含以下3个基本原则:个体差异性原则、动态适应性原则以及目标导向性原则。其中,个体差异性原则强调需要充分

挖掘运动员的多维度数据,以准确识别其独特的个体特征;动态适应性原则则注重通过实时监测和动态建模等方法,使训练方案能够更好地适应个体状态的变化;目标导向性原则则确保所有的训练方案都紧密围绕提升竞技表现或促进身体健康等既定目标展开,并通过对目标的分解和优化,设计出最佳的训练路径^[5]。

1.4 智能化反馈

智能化反馈是AI技术在运动训练领域应用的核心特征之一,能够显著革新传统的训练模式。传统的教练员通过肉眼观察和经验进行反馈的方式存在诸多固有的局限性,如注意力易受限制、反馈的时效性不足、容易遗漏关键细节等,这些问题可能导致运动员的技术动作固化,增加后期纠正的难度,并最终影响训练效果^[13]。

AI技术通过实时数据采集与分析,能够在动作发生的瞬间或极短的时间内提供即时反馈,帮助运动员及时调整技术动作,优化训练效果并降低运动损伤的风险。实现智能化反馈需要依赖多维度的数据采集技术,如可穿戴设备、生物传感器以及视频动作捕捉分析等,这些技术能够同步监测运动员的多项生理指标、运动学参数以及生物力学特征,为智能化反馈提供全面而精确的数据支持。例如,在田径短跑训练中,智能化反馈系统能够实时分析步频、步幅、触地时间、支撑相时间等关键数据,精确识别微小的技术偏差,为教练员提供客观的评估依据和为运动员提供针对性的改进建议,提升训练效果^[13]。

智能化反馈的及时性和个性化优势尤为显著。实时监测和即时反馈能够迅速识别运动过程中出现的问题,并指导运动员进行及时的调整,缩短发现问题与解决方案调整之间的周期,降低运动损伤的发生概率。同时,智能化反馈系统能够根据运动员的个体状况提供量身定制的反馈信息,显著提高训练的科学性和高效性,提升运动员的训练积极性,促进其技术能力的快速提升^[12-13]。

理论层面而言,智能化反馈的构建是基于动态系统理论和闭环控制模型。动态系统理论认为运动技能的学习是一个非线性的动态调整过程,智能化反馈通过捕捉运动员的动态表现,提供相应的个性化调整建议,助力运动员在复杂多变的运动环境中优化其竞技表现。闭环控制模型则清晰地阐释了实

时反馈的内在机制:传感器等设备负责采集运动员的动作数据,AI系统对采集到的数据进行处理和分析,然后将分析结果及时反馈给运动员,从而形成一个“感知—调整—再感知”的闭环循环,充分体现了智能化和自动化的发展趋势^[13]。

上述理论框架揭示了人工智能驱动下运动训练模式变革的核心机制,主要围绕“数字化驱动、精准化指导、个性化训练、智能化反馈”4个相互关联、层层递进的关键层面构建。数字化驱动作为技术基石,通过整合多源传感器、物联网及大数据分析能力,为整个模式变革提供了基础数据资源和强大的计算引擎,是实现后续精准化、个性化和智能化的根本前提。在此基础上,精准化指导运用AI算法深度挖掘和解读由“数字化驱动”采集处理后的海量数据,识别个体状态、运动表现趋势与潜在风险,生成对训练方向、内容和强度的科学决策依据,构成了连接数据与训练实践的关键桥梁。个性化训练则依据“精准化指导”提供的个体画像与决策建议,结合运动员独特生理、心理及技能特征,设计并动态调整长期的、高度适配的训练方案与负荷,以最大化个体潜能并规避风险,体现了训练的战略规划与适应性。而智能化反馈作为执行与调控环节的核心,依赖于“数字化驱动”提供的实时数据流,并服务于“个性化训练”的目标,在训练过程中提供即时、准确的技术动作纠偏与状态调整指令。需要进一步说明的是,智能化反馈不仅是单向输出,其产生的新数据会持续回流至数据层(数字化驱动),驱动“精准化指导”的判断和“个性化训练”方案的进一步迭代优化,由此形成一个“感知—分析—决策—执行—再感知”的动态闭环与自我完善的智能训练生态系统。这一系统性框架通过四者间的紧密耦合与动态交互(图1),深刻揭示了AI驱动下运动训练模式的内在运行逻辑,不仅推动了训练的科学化、精准化进程,也为未来的训练模式创新与实践应用构建了更清晰、更具操作性的理论蓝图。

2 实践应用

2.1 天赋识别与选材优化

AI技术正在为运动员的天赋识别与选材工作带来深刻的变革。传统的选材方法往往依赖于教练员的经验判断和有限的测试数据,不仅效率低下,而

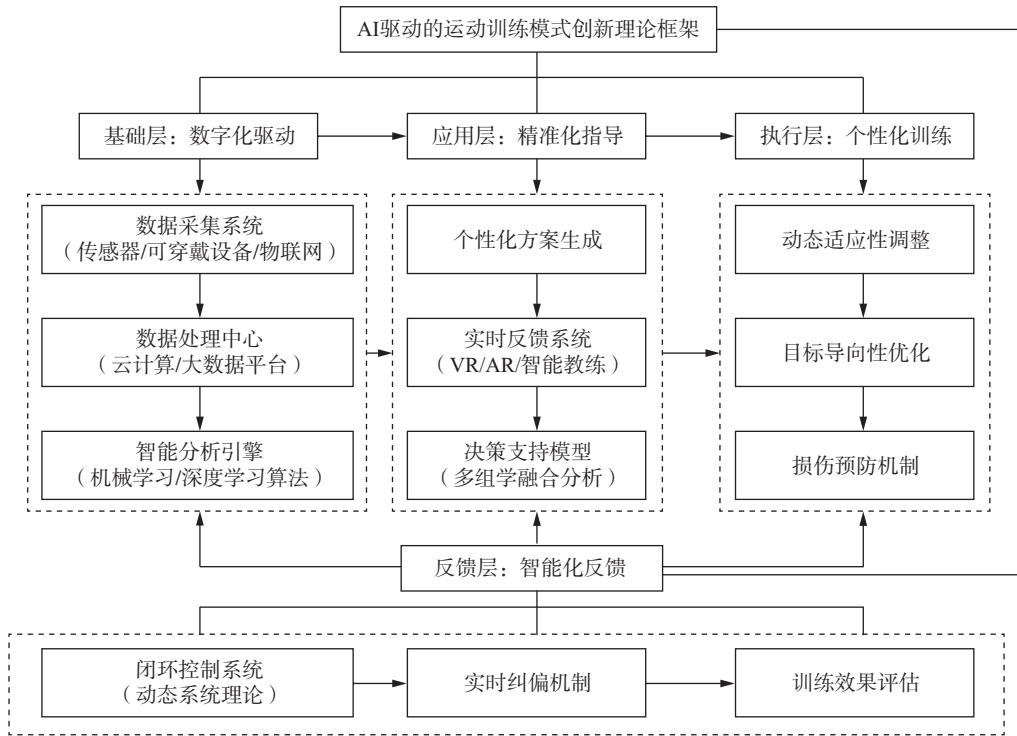


图1 研究理论框架层次关系图

Fig.1 Hierarchical relationship diagram of research theoretical framework

且容易受到主观因素的影响,导致选材结果的偏差。AI技术通过整合基因组学、生理学、生物力学、心理学以及运动表现等多模态数据,能够更加全面、客观地评估运动员的潜在能力和与特定运动项目的适配性^[2](图2)。例如,机器学习算法能够从海量数据中

提取关键特征,识别出特定运动项目所需的优势指标,从而实现精准的天赋识别,显著提升选材的效率和客观性。

在实践应用中, AI驱动的天赋识别系统通常包含多个关键步骤。首先,利用各类传感器和可穿戴

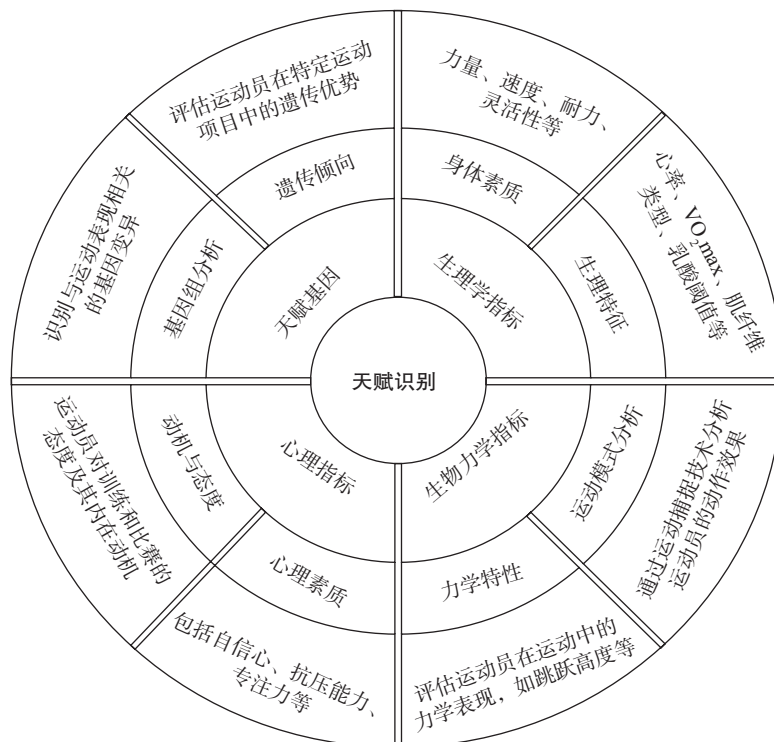


图2 AI驱动的天赋识别系统示意图

Fig.2 Schematic diagram of the AI-driven talent identification system

戴设备等技术手段,对运动员的生理和运动数据进行全面采集;其次,通过构建和训练深度学习模型,对采集到的数据进行深入分析,挖掘其潜在的运动能力特征;最后,将分析结果与优秀运动员数据库进行对比,预测个体在特定运动项目中的发展潜力^[14]。例如,Meta研究团队提出的“思维偏好优化”(TPO)方法,通过多步骤的推理过程来优化决策,评估复杂的多维度数据,为运动员天赋识别与选材工作提供高质量的建议^[14]。

AI技术在基因选材方面也展现出显著的优势,能够高效地处理和精准地分析运动员的基因组数据,识别与运动能力相关的基因变异^[15]。例如,ACTN3基因的多态性已被证实与力量和速度能力密切相关,携带特定基因型的运动员在力量和爆发力导向的运动项目中通常更具优势^[16]。基于基因分析的选材方法能够为个性化训练提供重要的科学依据,并有助于合理分配训练资源,提升训练效益。其在天赋识别与选材优化方面的案例见表1。

表1 AI技术在运动员天赋识别与选材中的应用举例
Tab.1 Application Examples of AI Technologies in Talent Identification and Athlete Selection

作者(年份)	案例	方法	AI应用效果
Nagovitsyn, et al. (2023) ^[17]	摔跤运动员竞技表现的人工智能预测程序	利用深度神经网络预测摔跤手的竞技水平,识别其关键特征	验证错误率11%,关键特征识别准确率100%
Retzepis, et al. (2023) ^[18]	利用可解释机器学习识别青少年团队运动员身高增长高峰年龄的关键预测因素	通过XAI模型识别影响青少年运动员成熟度的关键因素(如坐高、体脂)	逻辑回归模型准确率6.67%
Ross, et al. (2020) ^[19]	利用可穿戴模拟传感器数据区分精英与新手运动员	利用传感器数据和机器学习区分精英与新手运动员	分类准确率75.1%~84.7%
Castelletti, et al. (2022) ^[20]	运动员心脏基因检测的适应症与应用价值	AI辅助基因检测识别运动员遗传性心脏病疾病风险	风险分层准确性提高70%

此外, AI技术还有助于拓宽选材的范围。通过分析社交媒体和社区体育活动等来源的数据,可以发现传统选材方法难以触及的非传统群体中的潜在人才,这不仅有助于促进体育资源的公平分配,也能够为各类运动项目输送更多具有潜力的优秀人才。

2.2 技能评估与技术分析

AI技术正有力地推动着运动训练中技能评估方法的深刻变革,促使其从传统的基于经验观察的定性评估模式向基于数据驱动的科学定量评估模式转变。通过整合多种先进AI技术,如高精度传感器、高速摄像系统以及智能可穿戴设备等, AI系统能够

实时采集和处理运动员在运动过程中产生的多维度动作数据,并利用机器学习和深度学习等先进AI算法进行深入分析,实现更为精准和客观的技能评估(图3)。这种基于数据驱动的评估方法不仅能够敏锐地发现运动员技术动作中存在的细微缺陷,而且能够提供量化的改进建议以及高度个性化的训练方案^[21]。

技术分析层面, AI技术的应用能够显著提升教练员的分析能力和决策水平。借助大数据分析技术,教练员能够更加全面、深入地把握运动员的技术特征和发展趋势,制定更具针对性的训练计划。以

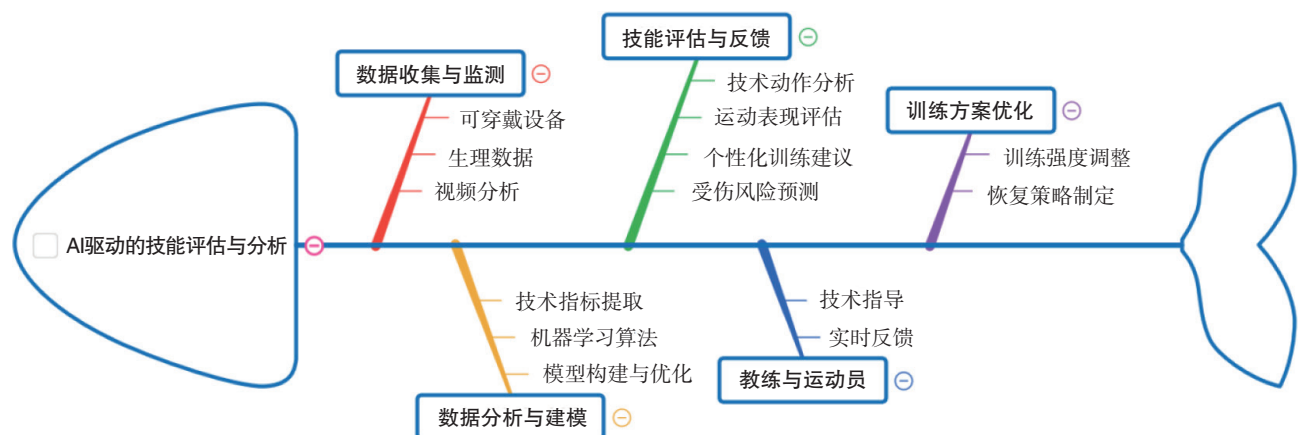


图3 AI驱动的运动技能评估与技术分析鱼骨图

Fig.3 Fishbone diagram of AI-driven sports skill assessment and technique analysis

跳水和体操等高难度项目为例, AI系统能够实时分析关键的技术指标, 如入水角度、空中姿态控制、动作的稳定性与协调性等, 为运动员的动作优化提供

即时地反馈信息, 提高训练效率, 并最大程度地预防运动损伤的发生^[22-23]。其在技能评估和技术分析等方面的应用效果如表2所示。

表2 AI技术在技能评估与技术分析中的应用举例
Tab.2 Application Examples of AI Technologies in Skill Assessment and Technical Analysis

作者 (年份)	案例	方法	AI 应用效果
Liu, Ding (2022) ^[24]	人工智能技术在篮球训练动作识别中的应用	基于FFN和CNN的乒乓球轨迹与旋转预测算法	检测精度 > 98%, 响应时间 5.3 ms
Cheng, et al. (2023) ^[25]	人工智能技术在篮球训练动作识别中的应用	BP ANN算法识别篮球动作(接球、传球等)	上肢动作准确率93.3%, 下肢99.4%
Künzell, et al. (2023) ^[26]	动作捕捉系统在铅球运动中提供的有效表现反馈	动作捕捉系统检测铅球投掷错误模式	上肢准确率93.3%, 下肢99.4%
Nunes Rodrigues, et al. (2020) ^[27]	基于惯性感知数据的人工智能乒乓球辅助训练系统	动态贝叶斯混合模型(DBMM)识别运动动作	F1分数80.54%, 优于LSTM和ANN

随着机器学习和深度学习等AI技术的不断发展和日益成熟, AI驱动的技能评估和技术分析系统也在不断完善和进步。先进的计算机视觉技术能够更加精确地捕捉运动员的生物力学参数, 系统通过对这些参数进行多维度、多尺度的深入分析, 能够为教练团队提供全面而深入的训练指导, 推动训练方法的创新升级, 并为运动员技能的持续发展创造更为广阔的空间^[28]。

在团队运动中, AI技术的应用价值尤为突出。通过对团队训练和比赛数据进行综合分析, 教练员能够更加准确地把握运动员在团队中的优势所在以及团队的技战术特点, 以此优化人员配置和战术布局, 并为每位运动员提供个性化的训练方案, 从而提高团队的整体竞技水平。

2.3 运动表现的实时监测与分析

AI技术为运动表现的实时监测与分析开辟了全新途径。与传统的基于人工观察和离线数据分析的方法不同, AI技术通过整合多源异构的数据流, 进行实时处理和智能分析, 实现了对运动员在生理、技术及战术等多方面表现的动态监测与深度剖析, 为提升训练效率和加强健康管理提供了强有力的科学支撑^[29]。

AI驱动的实时监测与分析系统依赖于多个关键技术模块的协同工作(图4)。其中, 多模态数据采集与融合模块借助多种先进的技术手段, 如可穿戴设备、高清摄像系统以及物联网传感器等, 实时采集运动员的生理指标、运动学数据以及环境参数等多维度数据, 形成丰富而全面的多模态数据流。基

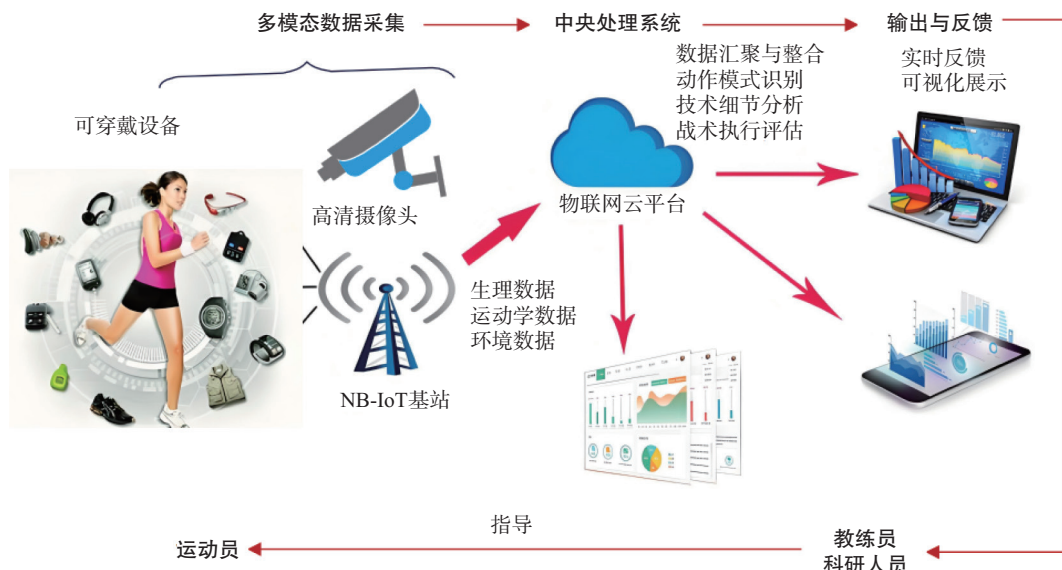


图4 AI驱动的运动表现实时监测与分析示意图

Fig.4 Schematic diagram of AI-driven real-time monitoring and analysis of sports performance

于机器学习和深度学习等先进算法,系统能够识别运动员的动作模式、技术细节以及战术执行情况,并将分析结果及时反馈给教练员。例如,计算机视觉技术结合高帧率视频分析,能够精确捕捉运动员的微小动作轨迹,并量化技术偏差,为制定个性化的训练方案提供重要的依据^[29]。

AI驱动的实时监测与分析系统在个体运动和团队运动中均具有广泛的应用前景。在个体训练中,以游泳项目为例,通过佩戴相关的传感器并结合水下摄像系统,可以对游泳者的关键技术指标进

行实时分析,并为教练员和运动员提供即时的反馈信息,帮助他们及时调整训练策略和优化技术动作^[30]。在团队运动中,以足球比赛为例,对教练员而言,该系统能够实时追踪球员的位置、运动轨迹以及跑动距离等信息,并对球队的阵型变化和战术执行效果进行深入分析,为教练员提供科学的决策支持;对运动员而言,该系统同时还可以预测运动员的疲劳程度和潜在的受伤风险,为训练负荷管理和运动损伤预防提供重要的参考依据^[31]。其在运动表现实时监测与分析中的应用效果如表3所示。

表3 AI技术在运动表现的实时监测与分析中的应用举例
Tab.3 Application examples of AI technologies in real-time monitoring and analysis of athletic performance

作者(年份)	案例	方法	AI应用效果
Yanan, et al. (2022) ^[32]	基于惯性感知数据的人工智能乒乓球辅助训练系统	MDFC-CNN模型识别乒乓球动作并评估规范性	非专业测试集识别率提升0.17
Taborri, et al. (2023) ^[33]	基于机器学习的女性篮球运动员前交叉韧带损伤风险评估方法	使用SVM模型预测女篮运动员ACL损伤风险	准确率0.96, F1分数0.95
Shi, et al. (2022) ^[34]	基于人工智能的冬奥会冰壶比赛系统	机器视觉实时分析冰壶轨迹与运动参数	实时性能9.005ms, 精度30±3cm
Duan, et al. (2024) ^[35]	基于人工智能神经网络与运动营养辅助的有氧运动员表现影响因素分析	ShuffleNet V3模型分类有氧运动表现	准确率95.11%, F1值0.8981

值得注意的是,不同的运动项目需要根据自身的特点来调整实时监测和分析的方法。例如,在英格兰足球超级联赛中,研究人员通过精细化地监测球员的外部负荷参数,包括利用高精度全球定位系统(GPS)测量的总距离覆盖、高强度奔跑距离、短距离冲刺次数、瞬时加速度、急剧减速以及在高代谢负荷区间内的跑动距离等,研究发现球员的身体表现受场上位置的影响较为显著,而比赛地点或最终的比赛结果对身体表现的影响相对较小^[36]。此类深入细致的数据分析不仅有助于教练团队制定更具针对性和个性化的训练计划与比赛策略,而且能够辅助运动员更全面地理解自身的表现,并有针对性地改进技战术水平。

2.4 训练负荷的精细化调控

训练负荷的精细化调控是提升运动员竞技能力的关键环节。科学合理的训练负荷分配能够促进运动员的短期和长期适应,并为其在关键赛事中达到最佳竞技状态提供保障^[37]。AI技术的应用为训练负荷的监测与调控带来了全新的方法和手段(图5)。

借助可穿戴设备和生物信号监测等先进技术, AI系统能够实时采集运动员的各项生理指标,如心

率变异性、血乳酸浓度、睡眠质量等。通过运用深度学习等AI算法, AI系统能够更加精准地识别运动员的疲劳程度和潜在的伤病风险,为训练负荷的量化管理提供客观的科学依据^[38],如根据运动员的即时心率波动和疲劳指数,动态调整训练计划,预防过度训练的发生。

个体化差异在训练负荷调控中至关重要。AI系统能够整合外部负荷和内部负荷等多维度数据,为运动员定制专属的训练方案,并根据实时反馈的数据进行动态调整,最大限度地满足个体化的训练需求。以足球运动为例, AI系统可以分析球员在场上的表现数据,识别其技术短板和体能瓶颈,并据此制定针对性地提升策略^[39]。

科学的恢复期管理是训练负荷调控中不可或缺的组成部分。AI技术通过全面监测运动员的睡眠质量、心率变异性(HRV)以及肌肉疲劳程度等关键指标,能够更加精确地评估其恢复状态,并制定最优的恢复方案。这不仅能够降低运动损伤的风险,而且能够确保运动员在高强度训练中始终保持最佳的竞技状态,实现竞技水平的稳步提升^[5,40]。此外, AI系统还可以通过分析运动员的伤病史和当前的负荷

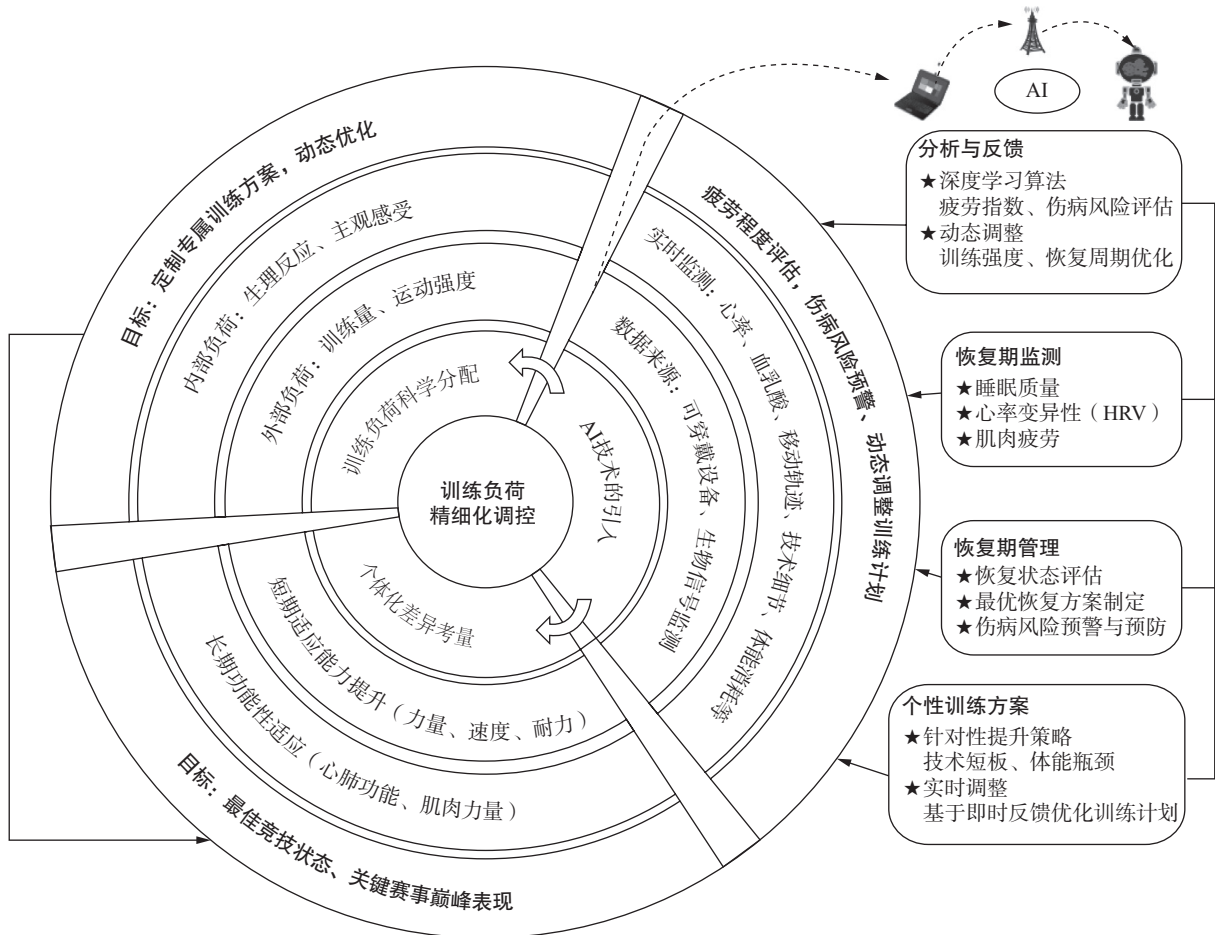


图5 AI驱动的运动负荷精细化调控示意图

Fig.5 Schematic diagram of AI-driven refined regulation of sports load

状态,提前预警潜在的运动风险,并制定相应的预防措施,从而为运动员的职业生涯提供重要的保障。

其在训练负荷精细化调控其他案例的应用效果如表4所示。

表4 AI技术在训练负荷精细化调控中的应用举例

Tab.4 Application examples of AI technologies in precision regulation of training load

作者 (年份)	案例	方法	AI 应用效果
Leppich, et al. (2023) [41]	基于可穿戴传感器数据和机器学习技术的国家级足球运动员主观疲劳感知等级预测	深度学习预测主观疲劳感知(RPE)	MAE=1.08, 优于树基模型
Munoz-Macho, et al. (2024) [42]	基于人工智能的精英体育团队表现与健康分析综述	XGBoost 预测足球运动员下肢损伤风险	准确率92.4%, 召回率96.5%
Seshadri, et al. (2023) [43]	可穿戴技术与数据分析: 优化运动负荷与减少伤病负担的辅助工具	可穿戴设备监测负荷, 计算ACWR预测损伤	实时优化训练计划, 降低过度训练风险
Wagemans, et al. (2023) [44]	基于算法的方法开发: 利用神经肌肉测试结果评估精英足球运动员非接触性下肢伤害风险	算法检测肌肉力量不平衡与损伤风险	内收肌力量下降时风险显著增加

2.5 训练管理的智能化升级

训练管理的智能化升级是AI驱动运动训练模式变革的关键实践领域之一。大数据与AI算法的深度融合,实现了对运动员信息的全面采集与深度分析,帮助教练员精准地把握运动员的个体特征和状态动态,制定更具针对性的训练计划,并最大限度

地规避潜在的训练风险^[2]。例如,中国女排采用的联想智慧训练解决方案,通过构建AI平台,整合多设备协同和人机交互等先进技术,实现了对运动员姿态、动作角度以及关键训练指标的实时分析,显著提升了训练的效率和精准度^[45]。

在训练资源调配和训练过程监控方面,智能化

管理系统展现出显著的优势。基于优化算法,该系统能够综合考虑运动员的体能恢复状况、项目特征以及场地可用性等多种因素,对训练资源进行优化配置,并智能化地编排训练日程。同时,借助智能传感器和计算机视觉等技术,系统能够实时监测运动员的训练动作、技术规范以及体能消耗等情况,并将监测结果及时反馈给教练员和运动员,这不仅有助于教练员及时调整训练方案,也能够帮助运动员更好地认识自身不足,持续提升训练质量^[46-47]。

智能化训练管理在团队协作平台和健康管理等方面也具有重要的创新应用。依托物联网和云

计算等先进技术,智能体育训练生态系统能够构建线上一站式服务平台,为团队提供实时的数据分析和资源共享平台,促进团队内部的沟通和协作^[48]。加拿大Kinduct运动员智能管理系统通过系统地记录和分析运动员的伤病史与康复数据,为医疗团队提供科学的评估依据,并能够帮助教练组实时掌握运动员的健康状况,进而优化训练负荷和训练内容设置^[49]。这种全方位的智能化管理模式,正有力地推动着运动训练朝着更加科学、精准和个性化的方向发展。其在训练管理智能化升级中的其他案例应用效果见表5。

表5 AI技术在训练管理的智能化升级中的应用举例
Tab.5 Application examples of AI technologies in intelligent upgrading of training management

作者(年份)	案例	方法	AI应用效果
Yue(2022) ^[50]	基于遗传数据算法与人工智能的运动素质动态数据库设计	遗传算法优化体育数据库,提供个性化服务	数据挖掘效率提升,支持科学训练
Guo(2022) ^[51]	基于人工智能的运动员焦虑状态分析与预测	RBF模型分类运动员焦虑状态(身体、比赛、认知)	准确率接近90%,身体状况焦虑92%
Cui,Zhou(2022) ^[52]	物联网、人工智能与知识创新系统在乒乓球教学与训练中的应用	智能传感器提升训练规范性与兴趣	测试组动作规范性显著优于对照组
Puce,et al.(2024) ^[53]	通过先进营养策略优化运动表现:人工智能与数字平台能否助力超级耐力运动	ChatGPT-4提供个性化营养建议	营养知识测试准确率93%

3 技术路径

3.1 创建运动员数字画像

运动员数字画像是实现智能化训练和提升运动员竞技表现的重要基石,是对运动员在生理、心理以及技术等多个维度特征进行的系统性刻画和全面描述(图6)。

数据采集是构建数字画像的基础和前提,在运动训练中广泛应用多种传感技术进行多维度的数据收集。例如,可穿戴设备可以用于采集心率、血氧饱和度等生理指标;生物监测设备可以用于记录代谢水平和体能状态;高速摄像系统、光学动作捕捉系统以及惯性测量单元传感器等则可以用于记录技术动作特征。通过对这些多源异构数据的有效整合,能够为教练员提供一个关于运动员全面表现的综合视角,帮助教练员和科研人员发现运动员的技术缺陷和体能瓶颈^[5]。

将采集到的原始数据转化为有价值的信息是构建数字画像的关键步骤。通过数据清洗(如使

用Python的Pandas库)、标准化和特征提取(如使用Scikit-learn库的特征选择算法)等预处理流程,并结合机器学习和深度学习等先进算法,可以深入分析技术动作与生理指标之间的关联性,评估训练负荷和恢复能力,并预测竞技状态和伤病风险。多维度数据的智能融合能够揭示运动员在不同训练阶段的表现特征,为训练计划的动态调整提供重要依据。此外,数字画像的持续更新机制能够确保信息的实时反馈,从而更好地反映运动员当前的竞技状态和未来的发展潜力^[47,54]。

运动员数字画像在训练优化、团队管理以及商业领域均具有广泛的应用价值。教练员可以依据运动员的数字画像制定个性化的训练计划,有效监控训练的适应性,并量化评估技术进步的程度。在团队管理中,数字画像有助于优化阵容配置,制定更有效的战术策略,更好地管理伤病风险。在商业领域中,数字画像则可以应用于品牌营销、粉丝互动策略优化以及商业价值评估等方面,从而为运动员的职

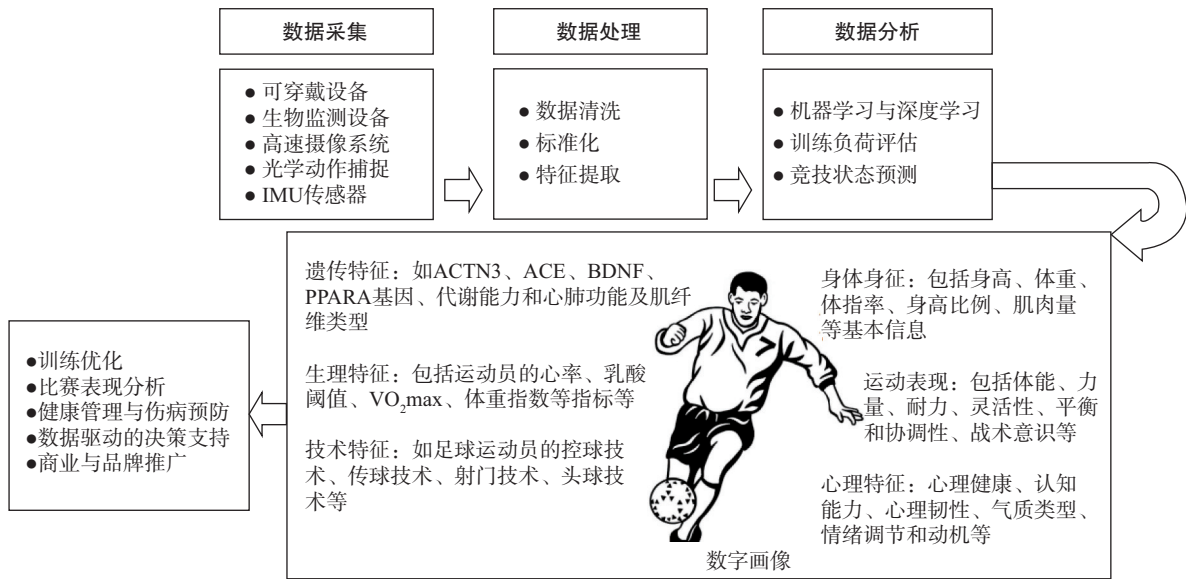


图6 运动员数字画像流程示意图

Fig.6 Schematic diagram of the process for athletes' digital portraits

业发展开辟新的途径^[55-56]。

3.2 构建智能化训练系统

在数字化时代背景下,智能化训练系统的构建与实施是推动运动训练向科学化、精准化和高效化方向发展的重要驱动力。该系统通过深度整合AI技术,能够提供高度个性化、实时反馈以及高效管理的训练方案,革新传统的训练模式。

智能化训练系统的核心在于构建一个全面而精准的数据采集平台。借助物联网、可穿戴设备以及计算机视觉等先进技术,该平台能够实时采集运动员的多维度数据,包括生理指标和运动表现参数等^[57]。高精度的运动捕捉设备和生理监测仪器等硬件设施,使得教练员能够全面地掌握运动员的身体和技术状态,为后续的数据分析奠定坚实的基础,确保训练计划的科学性和个性化。

在数据处理与分析阶段,系统将利用大数据分析和AI算法对运动员的表现进行深入剖析。高效的数据清洗、分类和存储机制能够保证数据质量,而机器学习和深度学习等AI技术(如决策树、支持向量机和神经网络等),则能够对训练数据进行深入分析,识别运动员的表现模式和潜在风险,预测其表现趋势,并提供具有针对性的个性化训练建议,助力运动员优化训练过程^[58-59]。

强大的实时反馈机制是智能化训练系统的另一项关键特征。通过VR和AR等技术,系统能够为运动员模拟逼真的比赛场景,提供沉浸式的训练体验,

提升其心理适应能力和临场应变能力^[57]。同时,实时动作分析功能能够即时识别动作偏差,并提供及时的反馈信息,以预防运动损伤、确保训练的质量。

3.3 数据分析技术与动作优化

在AI驱动的运动训练变革中,数据分析技术与动作优化的有效结合,为实现个性化和科学化的训练提供了重要的支撑。高精度传感器、计算机视觉技术以及可穿戴设备等先进技术手段,能够实现对运动员动作数据的全面采集,包括运动轨迹、关节角度、肌肉活动、速度和加速度等多维度参数^[13]。AI算法能够高效地处理和分析这些海量且复杂的数据,更加精准地识别运动员动作模式中的差异,并发现其中潜在的技术缺陷和效率瓶颈。

计算机视觉技术与深度学习技术的结合,能够更加精确地捕捉和量化分析运动员的动作。通过与预设的理想动作模型进行对比分析,识别运动员在动作执行过程中存在的微小偏差。例如,在空手道训练中,运动捕捉系统和计算机辅助分析技术可以生成标准化的动作模板,辅助运动员内化技术动作^[60];在篮球技术动作的识别与评估领域,深度学习算法则能够从视频数据中提取出复杂的模式,自动检测和分类控球、投篮等关键的技术动作,为运动员提供精准的技术分析^[61]。

数据分析的结果能够有力地支持个性化训练方案的制定。AI系统可以根据运动员的个体体能状况、运动目标以及比赛时间等多种因素,生成定制化

的训练计划。通过对实时数据的分析动态调整训练内容,并及时提醒运动员优化动作姿势和调整训练强度,预防运动损伤的发生,进一步提升训练效率。通过对长期数据的积累和分析,还可以构建运动员成长模型,预测其表现发展趋势,从而为训练规划和赛事安排提供重要的决策依据^[58]。

针对不同的运动项目,需要选择与其特点相契合的数据分析工具。例如,视频分析与动作捕捉工具(如Vioovi和ECRS)能够实现高精度的运动轨迹和姿态捕捉^[13];数据分析与可视化平台(如Tableau和Power BI)则能够将复杂的数据转化为直观的图表,便于教练员和运动员理解表现模式;自动化机器学习平台(如DataRobot和H2O.ai)则能够快速构建预测模型,识别异常动作并给出相应的优化建议。通过对多种工具的合理组合和应用,助力运动员和教练员利用数据来优化训练效果,更好地保障训练的科学性和个性化^[13]。

3.4 VR与AR的融合应用

VR与AR技术的融合应用为运动训练模式带来了创新性的变革,并开启了智能化训练的新纪元。这种融合不仅突破了传统训练模式在时间和空间上的限制,而且通过提供沉浸式和交互式的训练体验,显著提升了运动员的技能水平和战术理解能力^[13]。

VR技术可通过构建高度逼真的虚拟环境,使运动员能够在安全且可控的条件下模拟真实比赛场景,进行高强度专项训练。例如,足球运动员可以在虚拟场地上反复演练复杂战术,而无需受实地条件约束,从而提高战术执行能力^[13]。同时,VR技术可根据运动员的实时反馈动态调整虚拟场景的各项参数,为其提供多样化训练情境,增强应对复杂比赛情况的能力。AR技术则通过实时叠加数字信息,为运动员提供直观反馈。在田径训练中,AR眼镜可以显示运动员的速度、步幅和姿态等数据,帮助其即时调整动作,提高训练效率。在篮球训练中,AR可以虚拟出投篮瞄准线和传球轨迹,引导运动员掌握正确技术动作。

在实际应用中,VR与AR技术的融合可为不同的运动项目带来独特的优势。对于高风险的运动项目,如赛车或滑雪等,VR技术提供的安全模拟训练环境,使得运动员能够在零风险的情况下反复练习高难度或危险的动作,并提前熟悉比赛场景和应对

策略,降低实际比赛中受伤的风险^[62]。在需要精确动作控制的运动项目,如高尔夫或射箭等,AR技术的实时反馈功能使得运动员能够即时观察到自身动作与理想动作之间的差异,并及时调整姿势、力度和角度等参数,提高训练精度和成绩的稳定性^[62]。在团队运动项目中,VR和AR的结合应用效果更为显著。教练员可以利用VR技术为团队设计各种战术模拟场景,让运动员在虚拟环境中进行团队协作训练,通过AR技术实时监测每位运动员的动作表现和位置信息,分析团队战术执行的效果,及时发现问题并进行针对性的调整,优化团队协作和战术执行能力^[62]。

VR与AR的融合可通过三种方式实现:一是数据共享融合模式,即VR系统中收集运动员表现数据后,通过云端处理实时传输至AR设备,帮助运动员进行技术动作的精准对比学习;二是场景衔接融合模式,运动员先在VR环境中进行战术训练,随后切换到AR辅助的实践训练,强化战术执行力;三是同步交互融合模式,运动员佩戴混合现实设备,能同时感知虚拟元素与现实环境,进行实时交互,如在拳击训练中结合真实沙袋与虚拟对手的动作进行协同训练^[62]。

3.5 机器学习与深度学习的协同作用

机器学习与深度学习作为AI的两个核心分支,在推动运动训练模式变革中发挥着至关重要的作用。二者的协同发展为智能化运动训练提供了全新的视角和强大的工具,并显著提升了训练的效率,以及科学性和个性化程度^[63]。

机器学习在处理结构化数据和模式识别方面具有独特的优势,能够从海量的运动训练数据中高效提取有价值的信息,并精准识别运动员的表现模式和潜在风险因素^[63]。例如,通过分析运动员历年的训练数据,包括训练强度、训练时间以及各项生理指标变化等结构化数据,机器学习算法可以发现运动员在不同训练阶段的体能变化规律、容易出现疲劳或受伤的训练强度区间等模式,从而为教练员制定个性化训练计划提供重要的参考依据^[64]。

深度学习则凭借其强大的自动特征提取能力,在处理复杂的非结构化数据(如视频和图像数据)时表现出色,并为运动技术动作分析和评估开辟了新的可能性^[63]。在运动员的技术动作视频分析中,深

深度学习模型,如卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),可以自动识别和提取运动员的动作特征,如动作的流畅性、关节角度变化以及肌肉发力顺序等,从而实现对技术动作的精准评估^[65]。例如,在跳水项目中,深度学习模型可以通过分析运动员的跳水视频,准确判断运动员的起跳角度、空中姿态控制及入水水花大小等关键技术指标,为教练员提供详细的技术分析报告,以帮助运动员发现技术动作中的不足之处并进行针对性的改进。

机器学习与深度学习的协同应用体现在多个关键方面。一方面,机器学习可以为深度学习提供经过预处理的高质量输入数据,从而降低深度学习模型训练的复杂度,并提高训练效率;另一方面,深度学习提取的深层次特征又能丰富机器学习模型的输入维度,显著提高预测的精度^[63]。例如,在预测运动员的受伤风险时,机器学习可以通过分析结构化的训练数据和生理指标,构建初步的风险评估模型;深度学习则可以通过分析运动员的动作视频,提供更为细致的技术动作评估,提高预测的准确性和可靠性^[64]。此外,在个性化训练计划的制定过程中,深度学习可以从海量的训练影像和生理数据中挖掘隐藏的深层特征,而机器学习则可以利用这些特征,并结合运动员的个体情况,生成更为精准的训练计划,包括训练强度、专项技术练习的比例以及休息间隔等具体安排^[48]。

在实际应用中,机器学习与深度学习的协同作用为运动训练带来了多方面的革新。在运动动作识别和分析方面,深度学习模型能够从视频数据中高效提取动作特征,而机器学习算法则可以利用这些特征进行分类和预测,帮助教练员和运动员更好地理解 and 优化运动技术^[65]。例如,在网球训练中,深度学习模型可以识别运动员的发球动作特征,机器学习算法则可以根据这些特征判断发球的速度、旋转以及落点准确性等参数,预测发球的成功率,从而为运动员改进发球技术提供具有针对性的建议^[65]。在实时监测和反馈方面,结合无线网络采集技术,可以实现对运动员训练过程的实时监控;深度学习模型能够快速分析采集到的数据,并提取关键信息,而机器学习算法则可以基于深度学习的分析结果,提供即时的训练调整建议,实现训练过程的动态优化^[66]。例如,在长跑训练中,当深度学习模型检测

到运动员的跑步姿态出现异常变化时,机器学习算法可以根据运动员的实时生理指标和历史训练数据,计算出最适合的调整策略,如调整跑步速度、改变呼吸节奏等,并通过智能设备实时反馈给运动员,以帮助运动员保持良好的训练状态,并提高训练效果。此外,通过与强化学习的结合,还可以进一步优化深度学习模型的训练过程,解决更为复杂的运动训练问题,实现训练策略的智能优化。例如,在制定运动员的训练计划时,强化学习算法可以根据运动员的训练目标、身体状况以及技术水平等因素,在众多可能的训练策略中选择最优的策略,以使训练计划既能满足运动员提升竞技能力的需求,又能避免过度训练和受伤风险。

4 结论与展望

4.1 研究发现

研究提出了“数字化驱动—精准化指导—个性化训练—智能化反馈”的四维理论框架,为AI技术在运动训练中的应用提供了系统性的理论指导。该框架的核心价值在于其整合性与前瞻性,清晰地描绘了AI技术赋能运动训练的全流程,为未来运动训练模式的创新发展奠定了坚实的理论基础。预示着运动训练将从经验主导走向数据驱动、从粗放式管理走向精细化运营、从统一化模式走向个性化定制、从单向被动接受走向智能交互反馈的变革。通过综合文献分析与案例研究,揭示了AI技术在运动员天赋识别、技能评估、运动表现实时监测及训练负荷调控等关键环节的显著应用潜力。这些技术的整合不仅提升了训练的科学性和个性化程度,还推动了运动训练模式的创新与智能化升级。具体而言,AI技术在精准反馈和个性化方案制定上,能够帮助教练员实时监控运动员的状态,优化训练计划,从而提升运动员的竞技表现。

4.2 展望

未来研究应聚焦于以下几个前沿议题,以进一步推动AI在运动训练领域的发展。首先,算法可解释性将是重要研究方向,提升算法透明度将帮助教练员和运动员更好地理解AI决策机制,增强对AI系统的信任。其次,隐私保护技术的研究将变得愈发重要,需探索如何在数据利用与运动员隐私保护之间找到平衡,以确保数据的安全和合理使用。此

外,人机协同训练模式的探索将为提升训练个性化和科学性提供新思路,研究者可以探讨如何将AI技术与教练员的经验相结合,形成更为有效的训练方案。最后,应加强对不同运动项目特性的研究,结合生物力学、运动心理学等学科,深入分析运动员个体差异与训练需求,推动个性化训练和智能化反馈机制的发展。通过加强实证研究、优化AI算法及开展跨学科交叉研究,未来有望实现运动训练模式的全面创新与智能化,推动运动员在竞技领域的持续进步。

参考文献:

- [1] 霍波,李彦锋,高腾,等.体育人工智能领域关键技术研究现状和发展方向[J].首都体育学院学报,2023,35(3): 233-256.
- [2] 陈柯行,孟令飞,DANIEL M.人工智能引领运动训练发展的现实需求、域外经验及中国方案[J].体育科学,2024,44(4): 3-15.
- [3] 王相飞,王真真,延怡冉.人工智能应用与体育传播变革[J].上海体育学院学报,2021,45(2): 57-64.
- [4] VANDEVOORDE K, VOLLENKEMPER L, SCHWAN C, et al. Using artificial intelligence for assistance systems to bring motor learning principles into real world motor Tasks[J]. SENSORS,2022,22(7): 2481.
- [5] 胡海旭,杨国庆.数字化转型:点燃当代竞技运动训练变革新引擎[J].北京体育大学学报,2021,44(11): 81-98.
- [6] 胡海旭,金成平.智能化时代的个性化训练——机器学习应用研究进展与数字化未来[J].体育学研究,2021,35(4): 9-19.
- [7] 钟亚平,吴彰忠,陈小平.数据驱动精准训练:理论内涵、实现框架与推进路径[J].体育科学,2021,41(12): 48-61.
- [8] ATTARD A E, DINGLI A. Automated content generation for intelligent tutoring systems[C]//International Conference on Human-Computer Interaction. Cham: Springer Nature Switzerland,2023.
- [9] THIMMANNA A, NAIK MS, RADHAKRISHNAN S, et al. Personalized learning paths: Adapting education with AI-driven curriculum[J]. European Economic Letters (EEL), 2024,14(1): 31-40.
- [10] 何海军,汪军,曾书浓.AI技术应用于国家橄榄球运动员体能评价后的训练指导研究[C]//中国体育科学学会.第十三届全国体育科学大会论文摘要集——墙报交流(体能训练分会)(二).北京体育大学,2023.
- [11] NIEMAN D C, CIALDELLA-KAM L. Insights in sport and exercise nutrition: 2021[J]. Frontiers in Sports and Active Living,2022,4: 937674.
- [12] HAO P, QIAN K. The Integration of personalized training program design and information technology for athletes[J]. Scalable Computing: Practice and Experience, 2024, 25(5): 4351-4359.
- [13] COSSICH VRA, CARLGREN D, HOLASH RJ, et al. Technological breakthroughs in sport: Current practice and future potential of artificial intelligence, virtual reality, augmented reality, and modern data visualization in performance analysis[J]. Applied Sciences, 2023, 13(23): 12965.
- [14] JACOB Y, SPITERI T, HART NH, et al. The potential role of genetic markers in talent identification and athlete assessment in elite sport[J]. Sports,2018,6(3): 88.
- [15] AHMETOV II, HALL E, SEMENOVA EA, et al. Advances in sports genomics[J]. Adv Clin Chem,2022,107: 215-263.
- [16] 乔玉成.谁更有可能成为世界冠军?——遗传和表观遗传学的观点[J].体育学研究,2023,37(2): 49-62.
- [17] NAGOVIYSYN RS, VALEEVA RA, LATYOVA LA. Artificial intelligence program for predicting Wrestlers' sports performances[J]. Sports (Basel),2023,11(10): 196.
- [18] RETZEPIS N, AVLONITI A, KOKKOTIS C, et al. Identifying key factors for predicting the age at peak height velocity in preadolescent team sports athletes using explainable machine learning[J]. Sports,2024,12(11): 287.
- [19] ROSS GB, DOWLING B, TROJE NF, et al. Classifying elite from novice athletes using simulated wearable sensor data[J]. Front Bioeng Biotechnol,2020,8: 814.
- [20] CASTELLETTI S, GRAY B, BASSO C, et al. Indications and utility of cardiac genetic testing in athletes[J]. Eur J Prev Cardiol,2022,29(12): 1582-1591.
- [21] 金俊安.人工智能运动教练系统分析[J].粘接,2020,41(1): 98-101.
- [22] 苏鑫,张永奎,包容沂.人工智能在竞技体育项目训练中的应用研究[C]//中国体育科学学会.第十三届全国体育科学大会论文摘要集——书面交流(运动训练学分会).天津体育学院,青岛理工大学,2023.
- [23] DINDORF C, BARTAGUIZ E, GASSMANN F, et al. Conceptual structure and current trends in artificial intelligence, machine learning, and deep learning research in sports: a bibliometric review[J]. Int J Environ Res Public Health,2022,20(1): 173.
- [24] LIU Q, DING H. Application of table tennis ball trajectory and rotation-oriented prediction algorithm using artificial intelligence[J]. Front Neurobot,2022,16: 820028.
- [25] CHENG Y, LIANG X, XU Y, et al. Artificial intelligence technology in basketball training action recognition[J]. Front Neurobot,2022,16: 819784.
- [26] KÜNZELL S, KNOBLICH A, STIPLER A. Valid knowledge of performance provided by a motion capturing system in shot put[J]. Front Sports Act Living,2024,6: 1482701.
- [27] NUNES R, SANTOS P, SOUSA M, et al. Using artificial intelligence for pattern recognition in a sports context[J]. SENSORS,2020,20(11): 3040.
- [28] OERTEL W, KANTARDSHIEFFA H, SCHNEIDER M. Knowledge-based analysis and synthesis of virtual 3D

- campus infrastructure models[J]. *Intelligent Computer Graphics*, 2011, 2012: 61-78.
- [29] 徐艺文, 王梓, 李甜. 人工智能技术在运动表现优化中的应用与挑战[C]//四川省体育科学学会, 四川省学生体育艺术协会, 2024第二届四川省体育科学大会论文报告会论文集(2), 中央民族大学体育学院, 2024.
- [30] LI L. Summary of the Research Status of Artificial Intelligence in sports performance analysis of athletes[J]. *Open Access Library Journal*, 2023, 10(8): 1-7.
- [31] OMAROV B, NURMASH N, DOSKARAYEV B, et al. A Novel Deep Neural Network to Analyze and Monitoring the Physical Training Relation to Sports Activities[J]. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2023, 14(9): 740-747.
- [32] YANAN P, JILONG Y, HENG Z. Using artificial intelligence to achieve auxiliary training of table tennis based on inertial perception data[J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(19): 6685.
- [33] TABORRI J, MOLINARO L, SANTOSPAGNUOLO A, et al. A machine-learning approach to measure the anterior cruciate ligament injury risk in female basketball players[J]. *Sensors (Basel)*, 2021, 21(9): 3141.
- [34] SHI X, WANG Q, WANG C, et al. An AI-based curling game system for Winter Olympics[J]. *Research (Wash D C)*, 2023, 2022(2): 153-169.
- [35] DUAN Z, GE N, KONG Y. The factors affecting aerobics athletes' performance using artificial intelligence neural networks with sports nutrition assistance[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 29639.
- [36] BEATO M, YOUNGS A, COSTIN A J. The analysis of physical performance during official competitions in professional english football: Do positions, game locations, and results influence players' game demands? [J]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2024, 38(5): e226-e234.
- [37] 陆施熠, 胡海旭, 金成平, 等. 运动训练负荷的多模态监控模式及实践策略[J]. *中国体育科技*, 2024, 60(1): 33-45, 60.
- [38] 苏宴锋, 赵生辉, 李文浩, 等. 人工智能提升运动表现的前沿进展、困境反思与优化策略[J]. *上海体育学院学报*, 2023, 47(2): 104-118.
- [39] 魏小斌, 陈辉, 王念慈, 等. 基于量化数据的足球训练负荷研究综述[J]. *成都体育学院学报*, 2024, 50(6): 106-120.
- [40] 于洪军, 王晓昕. session-RPE训练负荷量化方法的发展及对运动训练的启示[J]. *体育科学*, 2021, 41(6): 42-57.
- [41] LEPPICH R, KUNZ P, BAUER A, et al. Prediction of perceived exertion ratings in national level soccer players using wearable sensor data and machine learning techniques[J]. *J Sports Sci Med*, 2024, 23(4): 744-753.
- [42] MUNOZ-MACHO AA, DOMÍNGUEZ-MORALES MJ, SEVILLANO-RAMOS JL. Performance and healthcare analysis in elite sports teams using artificial intelligence: a scoping review[J]. *Front Sports Act Living*, 2024, 6: 1383723.
- [43] SESHADRI D R, THOM M L, HARLOW E R, et al. Wearable technology and analytics as a complementary toolkit to optimize workload and to reduce injury burden[J]. *Front Sports Act Living*, 2020, 2: 630576.
- [44] WAGEMANS J, DE LEEUW A W, CATTEEUW P, et al. Development of an algorithm-based approach using neuromuscular test results to indicate an increased risk for non-contact lower limb injuries in elite football players[J]. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 2023, 9(2): e001614.
- [45] 联想集团. 中国女排: 如何让体育训练更加智能化精准化? [EB/OL]. (2021-08-04) [2024-12-19]. <https://brand.lenovo.com.cn/brand/SYAL00259.html>.
- [46] GUO C, XU M. Research on the development path of sports culture and athletic training in the perspective of intelligent sports[J]. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2023, 9(1): 1-24.
- [47] DEY V. The Role of artificial intelligence in physical education and sports: A review of current applications and future potential[J]. *JOURNAL VALUES*, 2023(S): 9-14.
- [48] 刘昊扬. 基于人工智能的运动教练系统分析与展望[J]. *北京体育大学学报*, 2018, 41(4): 55-60.
- [49] KINDUCT. We make better athletes [EB/OL]. (2022-09-13) [2024-12-19]. <https://www.kinduct.com/>.
- [50] YUE Q. Dynamic database design of sports quality based on genetic data algorithm and artificial intelligence[J]. *Comput Intell Neurosci*, 2022: 7473109.
- [51] GUO L. Analysis and prediction of athlete' s anxiety state based on artificial intelligence[J]. *PeerJ Comput Sci*, 2023, 9: e1322.
- [52] CUI Y, ZHOU C. Application of internet of things artificial intelligence and knowledge innovation system in table tennis teaching and training[J]. *Appl Bionics Biomech*, 2022: 7625626.
- [53] PUCE L, CEYLAN Hİ, TROMPETTO C, et al. Optimizing athletic performance through advanced nutrition strategies: can AI and digital platforms have a role in ultraendurance sports? [J]. *Biol Sport*, 2024, 41(4): 305-313.
- [54] 姜志勇. 基于人工智能技术的运动员训练仿真模拟系统[J]. *信息技术*, 2022(2): 95-99, 104.
- [55] 吴彰忠, 钟亚平, 史金田, 等. 数智赋能科学训练: 内涵逻辑、国际经验与本土实践[J]. *体育学研究*, 2023, 37(1): 82-94.
- [56] 张天瀛, 姬杭. 数字孪生综述[C]//中国自动化学会专家咨询工作委员会, 中国计算机系统仿真应用工作委员会, 中国仪器仪表学会产品信息委员会, 北京国信融合信息技术研究院, 2019中国系统仿真与虚拟现实技术高层论坛论文集, 中国航天科工集团有限公司北京仿真中心, 2019.
- [57] PENG X, WANG X. The practice of intelligent auxiliary rib equipment in the flipped classroom teaching mode of college physical education[J]. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 2023, 9(1): 1-15.

- [58] 康江龙. 基于大数据分析的体育运动员训练进度智能化模型设计[J]. 自动化技术与应用, 2020, 39(10): 108-111.
- [59] WANG W. The system construction of mathematical basic courses for artificial intelligence [C]//2021 International Conference on Diversified Education and Social Development (DESD 2021). Atlantis Press, 2021.
- [60] HACHAJ T, PIEKARCZYK M, OGIELA MR. Human actions analysis: Templates generation, matching and visualization applied to motion capture of highly-skilled karate athletes[J]. SENSORS, 2017, 17(11): 2590.
- [61] SUN H. Improving the accuracy of recognition and evaluation of technical movements of basketball players using deep learning algorithms [J]. Journal of Electrical Systems, 2024, 20(6s): 1959-1969.
- [62] RICHLAN F, WEIB M, KASTNER P, et al. Virtual training, real effects: A narrative review on sports performance enhancement through interventions in virtual reality [J]. Front Psychol, 2023, 14: 1240790.
- [63] 职国宇, 李瑞杰, 宋业猛, 等. 基于深度学习的竞技体育运动表现视频分析研究进展 [J]. 西安体育学院学报, 2023, 40(6): 657-669.
- [64] CUST EE, SWEETING AJ, BALL K, et al. Machine and deep learning for sport-specific movement recognition: A systematic review of model development and performance [J]. J Sports Sci, 2019, 37(5): 568-600.
- [65] QIAN L, LIU J. Application of data mining technology and wireless network sensing technology in sports training index analysis [J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2020, 2020(1): 121.
- [66] KAMALOV F, SANTANDREU CALONGE D, GURRIB I. New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution [J]. Sustainability, 2023, 15(16): 12451.

作者贡献声明:

邢峻玮: 收集资料, 撰写、修改、校对论文; 严红: 提出论文选题, 设计研究框架, 指导、修改论文。

Transformation of AI-Driven Sports Training Models: Theoretical Framework, Practical Application, and Technological Pathways

XING Junwei, YAN Hong

(Tianjin University of Sport, Tianjin 301617, China)

Abstract: This study employs a combination of literature analysis and case study methods to explore the theoretical framework and practical applications of artificial intelligence (AI) technology in the field of sports training. It proposes a theoretical framework of “digitization-driven, precision guidance, personalized training, and intelligent feedback,” and systematically reviews the practical applications of AI in areas such as athlete talent identification, skill assessment, sports performance monitoring, and training load regulation. Regarding technological pathways, the research emphasizes the construction of athlete digital profiles, the development of intelligent training systems, and the application of machine learning algorithms in movement optimization. The research findings can provide theoretical guidance and practical references for empowering sports training with AI, offering significant insights for promoting innovation in sports training models.

Key words: competitive sports; artificial intelligence; sports training; intelligent training mode; athlete