

基于AI的青少年田径技术分析系统设计与实现

田文博¹ 贾晓强¹ 杨海涛² 屈栋洋²

(1.渭南师范学院计算机学院, 陕西渭南 714000;

2.渭南师范学院体育学院, 陕西渭南 714000)

摘要 ▶ 为了解决青少年田径训练个性化训练少、无法因材施教、技术不正确导致伤病等问题, 开发了移动端AI青少年田径技术分析系统。采用冠军模型对比分析的方法, 以100名百米最好成绩电计10秒31至14秒00的青少年为研究对象, 采集百米跑四个阶段(起跑、加速跑、途中跑、后程跑)固定机位正侧面视频, 通过对角度、角速度、支撑时间、腾空时间、步长等指标进行分析, 建立青少年百米冠军模型及训练方案库。通过将数据分析的结果与冠军模型对比, 找出用户的训练短板并提供训练指导建议, 增强了用户的体验感, 提高了训练效率, 减少了运动损伤的发生。

关键词 ▶ 田径; 运动生物力学; 冠军模型; 人体姿态估计

随着人工智能技术的不断发展, 体育与科技的融合为田径技术分析带来了巨大的便利。运动生物力学在体育教学和训练中的应用有重要的意义和价值, 但国内在此领域的研究与发达国家相比仍有较大差距^[1]。通过调研各地教练、体育生, 发现在青少年田径训练中有以下痛点: 学生多, 教练不能指导技术细节; 个性化训练少, 无法因材施教; 缺少训练技术对比和分析工具; 技术不正确, 伤病概率增加; 无法远程指导; 专业设备昂贵, 没有平民化。因此, 开发一个适合青少年田径的技术分析系统至关重要。

1 研究背景

目前, 国内外存在多款PC端体育技术分析软件。瑞士的Dartfish、法国的Kinovea、美国的Coach's Eye等产品专注于视频分析。在国内, FastMove软件主要应用于国家队、省队和科研院校, 其功能涵盖了运动分析、角度测量、数据量化等方面。上述软件普遍存在收费昂贵、数据冗余复杂、不能直接输出关键技术帧生物力学数据等问题, 用户往往难以理解数据, 更不容易找到技术基础薄弱之处。此外, 大多数软件要求使用多台高速摄像机和专业计算机, 部署非常复杂。与此同时, 在青少年田径领域, 目前缺乏完善的冠军模

基金项目: 2023年大学生创新创业训练计划项目《AI随身教练——基于人体姿态估计的田径技术分析软件》(S202310723089X)

作者简介: 田文博, 男, 在读本科生, 研究方向: 体育人工智能交叉; 贾晓强, 男, 副教授, 研究方向: 人工智能; 杨海涛, 男, 在读本科生, 研究方向: 体育教育; 屈栋洋, 男, 在读本科生, 研究方向: 体育教育。

型。毕志远等研究了男子百米一级与二级运动员起跑和前3步技术差异,以及影响短跑起跑加速效果的主要因素^[2];彭秋艳关注了我国14~17岁不同水平少年男子百米起跑及加速跑技术现状,以及其与优秀运动员运动学参数的差异^[3];王泽峰等对我国优秀男子百米运动员起跑加速技术进行了研究^[4]。绝大多数的研究关注于单一距离或个别角度,缺乏各项目、全指标的百米一级水平左右运动员的数据,因此难以构建出适用于青少年田径的冠军模型。青少年田径运动员在其运动生涯中常常面临着伤病风险,青少年田径技术分析系统的科学应用为减少伤病概率提供了可行途径。刘剑研究了体育技术分析系统的科学应用,不仅提高了技术水平,更为重要的是有助于预防和减少青少年田径运动员的运动伤害,进而延长其运动生涯^[5];韩霜研究了南京少年短跑运动员受伤情况及原因现状^[6];焦文静等发现,在运动负荷过大、技术动作不科学时出现运动损伤的概率较大^[7]。多项研究表明,过度训练、不当的姿势和技术问题是导致青少年运动员伤病的主要原因。

2 软件设计

2.1 需求分析

通过问卷调查全国96位学生和教练,得知AI技术分析软件在青少年田径技术训练领域有巨大作用。具体调查结果显示,在训练中使用AI在线分析技术功能的占61.46%,使用训练计划安排功能的占54.17%,使用在线教练指导功能的占46.88%,使用训练教学视频功能的占22.92%。这表明,学生和教练对于借助人工智能技术进行生物力学分析、训练计划制定以及在线教练批注的需求较高。本青少年田径技术分析系统的功能将主要包括以下三个方面:AI生物力学分析,即通过使用自研的AI算法对学生的田径技术进行在线分析,提供关键的生物力学数据,如步频、步长、角度等;冠军模型对比,提供训练计划,即基于100名百米最佳成绩电计在10秒31至14秒00范围内的青少年百米生物力学数据,建立冠军模型进行对比分析,为学生制定个性化的训练计划;在线教练批注,即教练可以通过学生分享的报告,在报告中进行批注,指导学生在技术和训练方面的改进。

2.2 系统设计

基于AI的青少年田径技术分析系统(图1)主要包含人体姿态估计模块、尺度估计模块、自建模型模块、方案库模块。人体姿态估计模块用于根据所述固定视角体育视频,获得关键点二维像素坐标,并计算角度和欧氏距离;尺

度估计模块用于根据关节间真实长度和欧氏距离推测图像其他实际距离;自建模型模块用于采集目标参考水平固定视角体育视频,标记关键帧,提取支撑时间和支腾比,获得角速度,结合角度、角速度、支撑时间、支腾比以及其他实际距离,利用平均值、中位数、标准差融合算法,确定角度、角速度、支撑时间、支腾比、其他实际距离的最佳范围;方案库模块用于根据相对比较结果转换成详细训练指导。

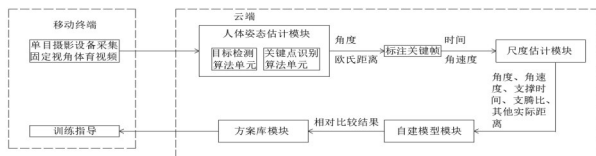


图1 青少年田径技术分析系统架构

2.3 系统测试

2.3.1 冠军模型采集实验过程

本模型研究对象为100名年龄在16~18岁百米最好成绩电子计时10秒31~14秒00的青少年。采用录像拍摄解析法,采集百米四个阶段(起跑0~10m,加速跑20~30m,途中跑50~60m,后程跑80~90m)运动员矢状面技术动作视频,摄像机主光轴垂直于跑进方向。为了与实际应用相匹配,数据采集使用4台手机进行拍摄,型号分别是Redmi Note 9 Pro(1号)、OPPO Reno 7(2号)、苹果13(3号)、IQOO Neo 5(4号),分别架设于跑道5m、25m、55m、85m处进行二维平面定点定焦拍摄(1 920*1 080分辨率 60fps),取景范围分别为0~10m、20~30m、50~60m、80~90m,拍摄高度为1.3m。受试者依次从5号跑道全力跑完100米,4台手机在起跑发令声前同时开始录制,拍摄现场的具体机位布局如图2所示。使用本文开发的青少年田径技术分析系统对采集的二维视频进行解析,获得受试者二维关节各项参数。利用平均值、中位数、标准差、置信区间融合算法,将100名青少年二维关节各项参数依次输入融合算法,生成百米一级水平左右的通用参考指标范围,部分指标范围见表1。专业体育训练教练再对100名青少年二维关节的各项参数不在通用参考指标范围内的数据进行筛选,对不在通用参考指标范围内的数据进行原因分析,推测其身体基础原因,并标注训练指导意见,建立解决方案库。当用户使用青少年田径技术分析系统进行分析时,系统会自动将报告数据输入解决方案库,直接为用户提供训练指导建议。此流程能够将以往专业教练分析一份报告所用时长30分钟缩短至1分钟,效率提升30倍,教练只需专注于训练指导即可。

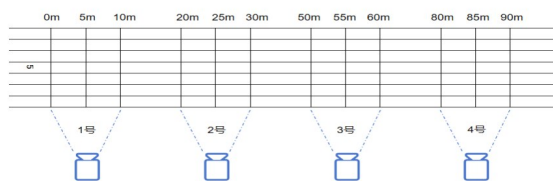


图2 采集机位布局图

表1 部分参数指标范围(°)

参数	指标范围	参数	指标范围
起跑预备前腿膝角	100±5	加速跑着地躯干前倾角	80±2
起跑蹬离第一步躯干前倾角	35±5	加速跑离地支撑腿胫骨角度	40±4
起跑触地第一步支撑腿膝关节角度	115±5	途中跑垂直缓冲摆动腿膝角	45±5
起跑蹬离第一步后肘角度	140±10	后程跑最大缓冲支撑腿踝角	90±5

2.3.2 功能测试

用户上传视频,选择百米阶段类型后,跳转到“关键帧标记”进行标注,用户可以逐帧播放视频,通常每个视频关键帧有6~9个,标注完成后可在“我的报告”页面内查看历史报告。“分析报告页面”主要分为四个板块:基础信息、

数据对比、指导意见、数据曲线。用户可以选择将报告以二维码形式分享给教练。用户和教练可以在基础信息板块看到用户的个人信息,包括100米最好成绩、性别、身高、体重。数据对比板块中有每个关键帧的生物力学数据,如前腿膝角、后腿膝角、躯干前倾角、支撑腿膝关节角度、膝关节角速度等等,同时可以查看当前关键帧的图片。

3 结语

青少年田径技术分析系统具有诸多优势。首先,在系统部署方面,采用单目摄影设备取代传统的多设备多角度布置,使得系统更为便捷,降低了成本,用户无需复杂设备即可完成百米数据的分析。其次,系统生成简化的生物力学数据,直观输出关键帧的技术差异,同时提供关键关节的角度和角速度曲线图,有助于分析技术问题。冠军模型的引入为用户提供了宝贵的技术参考,还可帮助缺乏生物力学基础知识的用户进行技术分析。再次,系统提供了解决方案库,通过专业教练和生物力学专家的详尽分析,用户可输入报告并获得最可能的技术短板和训练建议,极大提高了操作便捷性。然而,该系统在黑暗环境或全身穿黑色衣物下的识别效果仍需优化,多人管理功能和更多项目的支持也是系统未来改进的方向。Ciacci S等的研究表明,精英百米男子与女子运动员的技术存在差异^[8],冠军模型需要进一步细分,以适应不同性别和身体参数的运动员。综合而言,青少年田径技术分析系统在提供便捷、直观、个性化解方案方面取得显著成绩,但仍在环境适应性、多人管理、功能拓展及冠军模型细分等方面进一步改进。

参考文献:

- [1] 刁玮.运动生物力学在体育教学和训练中的应用分析[J].佳木斯职业学院学报,2021,37(11):98-99.
- [2] 毕志远,王泽峰,李长东,等.男子百米一级与二级运动员起跑和前3步加速三维技术分析[J].河北体育学院学报,2021,35(01):77-82.
- [3] 彭秋艳.我国14-17岁部分少年男子百米运动员起跑及加速跑技术的运动学分析[D].北京:北京体育大学,2019.
- [4] 王泽峰,何文捷,王新娜,等.我国优秀男子百米运动员起跑加速技术分析[J].中国体育科技,2018,54(05):108-111+145.
- [5] 刘剑.体育教学与运动训练中运动生物力学的应用分析[J].当代体育科技,2019,9(01):12+14.
- [6] 韩霜.少年短跑运动员训练现状与对策研究[D].南京:南京师范大学,2020.
- [7] 焦文静,甄文华.短跑训练中常见运动损伤及预防控制研究[C]//中国班迪协会,澳门体能协会,广东省体能协会.第八届中国体能训练科学大会论文集.北京体育大学,2023:3.
- [8] Ciacci S, Merni F, Bartolomei S, et al. Sprint Start Kinematics During Competition in Elite and World-Class Male and Female Sprinters[J].Sports Sci,2017,35(13):1270-1278.