

基于视觉的立定跳远测距技术研究

姜韦浩 刘汉忠 茅星宇 周鑫侯 魏 薇
南京工程学院 江苏南京 210000

摘 要：立定跳远测距系统通过集成先进的图像处理技术和深度学习模型，实现了对运动员跳跃动作的精准识别和距离测量。系统包括三个主要部分：系统设计与实现、实验验证及性能评估、以及应用与技术创新。通过实时多角度视频捕捉与人体姿态估计系统有效提高了测量的准确性和效率。实验验证了它在多种环境下的稳定性和高性能，而技术创新展望了未来智能化和用户交互体验的提升方向。此系统为体育竞赛和训练提供科学、可靠的数据支持。

关键词：视觉测距技术；人体姿态估计；深度学习；体育性能分析

引言

立定跳远是学校体能测试的核心项目之一，其成绩测量精度直接影响评价的公正性与准确性。当前大多数学校依靠传统的手工测量方法，这不仅效率低下而且易受主观因素影响导致数据误差和失真。本研究旨在开发一种基于视觉的立定跳远测距技术，利用深度学习和图像处理技术，实现对跳远成绩的自动化、高精度测量，通过自主研发的跳远数据采集系统和图像识别系统，本技术不仅提高了测量的准确性和效率还能实时反馈运动员姿态，指导训练改进具有重要的实际应用价值。

一、立定跳远测距系统的设计与实现

（一）系统架构与组件

立定跳远测距系统的核心目标是实现一个集成的解决方案，以自动化和精确地测量跳远成绩。此系统基于

高级视觉处理技术和深度学习，分为三个主要组件，数据采集子系统、图像识别与处理子系统以及成绩管理与用户交互平台。数据采集子系统依托于高分辨率摄像头和传感器，实时捕获运动员在立定跳远过程中的动作。这些设备固定在测试区域周围的策略性位置，确保从多个角度获取运动员跳远的完整图像，采集的数据类型包括视频流和静态图像，这些数据被传送到处理单元做进一步分析。图像识别与处理子系统利用先进的深度学习模型，如BlazePose和动态卷积网络对采集到的图像进行分析^[1]。系统首先进行图像预处理，包括降噪和对比度增强以优化图像质量。接下来通过人体姿态估计技术识别出运动员的关键骨骼点，并计算出跳远的起跳点和落地点，动态卷积技术被应用于根据实时输入动态调整卷积层，提高关键点检测的准确性和效率。成绩管理与用户交互平台是系统的最终输出接口，提供用户友好的交互界面供教练员和运动员查看和管理成绩。平台不仅显示跳远成绩还提供详细的动作分析，帮助运动员了解其表现的优势和需要改进的地方。平台支持多用户管理使得教练可以轻松管理多个运动员的数据，并根据历史表现趋势进行长期追踪和分析。这三个互相协作的系统组件为立定跳远测距系统提供了一个全面的、自动化的解决方案，大大提高跳远成绩测量的精度和效率。

（二）人体姿态估计技术

人体姿态估计技术是立定跳远测距系统的关键，基于深度学习算法如BlazePose，精确识别运动员跳远过程中的33个关键骨骼点。结合动态卷积技术，系统能自适应调整参数优化关键点检测精度，有效应对高速运动和复杂背景的挑战^[2]。引入基于图像序列的姿态跟踪技术，确保遮挡或快速移动时也能准确跟踪。这些技术集成提

作者简介：

- 1.姜韦浩（2001-），男，汉族，江苏连云港人，本科，研究方向：机器视觉和机器人控制。
- 2.刘汉忠（1976-），男，汉族，南京工程学院自动化学学院副院长、教授、研究生导师，香港科技大学访问学者，长期从事先进运动控制技术、机器人控制技术、故障诊断与健康监测及嵌入式系统开发等方面研究。
- 3.茅星宇（2002-），男，汉族，江苏南通人，本科，研究方向：运动控制。
- 4.周鑫侯（2002-），男，汉族，江苏南通人，本科，研究方向：图像处理和接收。
- 5.魏薇（2004-），女，汉族，浙江湖州人，本科，研究方向：体育产业与经济。

高了测距精度，为运动员提供了训练改进的建议助力优化表现。

（三）图像处理与测距算法

图像处理与测距算法构成立定跳远测距系统的核心技术环节，涉及从图像采集到最终距离计算的整个处理流程。图像预处理是必要的步骤，它包括去噪、对比度增强和归一化等操作，以确保图像数据的质量满足后续处理的需求。这一步骤对于减少环境变量如光照和背景干扰的影响至关重要。在预处理后的图像上运用深度学习模型进行人体关键点的检测是下一关键步骤。动态卷积网络（Dynamic Convolutional Networks）扮演了重要角色。与传统的卷积网络相比，动态卷积能够根据输入图像的特性调整其参数，从而更加精准地识别各个运动阶段的特定特征。此技术的引入显著提升了关键点定位的准确性，尤其是在运动员快速移动和部分遮挡的情况下。立定跳远的测距算法是基于识别到的关键点，特别是脚部的落地点，通过建立起跳和落地两个关键时刻的关键点数据模型结合地面参照物，使用三角测量法来计算实际跳跃距离，考虑到跳跃动作的三维特性，系统还采用了立体视觉原理来进一步校正和优化测量结果，以弥补单一摄像头视角可能带来的测量误差。

通过结合帧间差分技术和卡尔曼滤波算法系统能够动态地跟踪运动轨迹，确保连续帧之间跳远动作的精确测量。帧间差分法通过比较连续两帧图像中的像素差异，有效地捕捉到运动变化，而卡尔曼滤波则对这些数据进行平滑和优化，减少随机噪声的影响提供稳定而准确的测量结果^[3]。通过这一系列高级图像处理和测距技术的应用，立定跳远测距系统能够实现对运动员跳跃性能的高精度评估，为教练和运动员提供了一个科学、可靠的训练和比赛分析工具。

二、实验验证与性能评估

（一）实验设计与数据集构建

为确保立定跳远测距系统的有效性和可靠性，实验设计与数据集构建是关键初步步骤。实验环境需设置在典型的体育测试场地以模拟实际应用条件。使用高分辨率摄像机固定在多个角度捕捉运动员的跳远动作，从而收集跳远过程的多视角视频数据。辅助测量工具如激光测距仪同时记录跳跃距离以便为后续数据验证提供参考。数据集的构建包括从视频中提取关键帧，标注出运动员的各个关键点位置，这一过程通常由专业的数据标注团队手动完成确保关键点的准确性。数据集中包括运动员的不同性别、年龄以及体型以确保算法的泛化能力。为

了提高模型的鲁棒性，数据集需涵盖不同的光照和天气条件下的跳远动作。在数据集构建后进行预处理，包括数据清洗归一化处理和增强技术的应用，如随机裁剪、旋转和颜色调整等，以增加模型训练过程中的数据多样性，这些步骤对于提升后续模型的性能至关重要。一旦数据集准备就绪将其划分为训练集、验证集和测试集。通常大部分数据用于训练模型，而小部分用于模型验证和测试，确保在实际应用中能达到预期的精确度和效率，为评估系统性能特别设立了挑战场景，如部分遮挡的跳远动作以测试系统在极端条件下的处理能力。通过一系列严格的实验设计和数据集构建步骤，立定跳远测距系统的开发和验证过程将在科学和系统的基础上进行，从而确保最终产品的高效性和实用性。

（二）算法测试与优化

在立定跳远测距系统中算法的测试与优化是确保精度和效率的关键环节。初步的算法测试旨在评估人体姿态估计和测距算法的基本性能，这包括检测精度、实时性和稳定性。通过使用之前构建的数据集，算法在多种跳远视频中被测试，以确定其在不同条件下的表现。对人体姿态估计算法进行精度测试，这涉及对比算法识别的关键点与手动标注的关键点。使用诸如平均精确度（AP）、关键点检测成功率（PCK）等指标来量化模型的性能。通过这些度量，可以识别模型在哪些类型的动作或特定配置下可能出现性能下降，为后续的算法调整提供依据。接下来落地点检测算法也需经过严格测试，这一阶段的测试不仅评估算法的准确性，还考察其在连续运动捕捉中的连贯性和鲁棒性。实验中引入帧间差分法和卡尔曼滤波技术，检查这些方法在处理快速运动和部分遮挡情况下的有效性。考虑到实际应用中的计算资源限制进行模型压缩和加速，保持算法的轻量级同时不损失过多性能^[4]。进行系统集成测试确保所有算法组件在系统中协同工作时的整体性能符合预期。这包括测试系统的响应时间和用户界面的反馈速度，确保从数据输入到结果输出的流程既精确又高效。通过这一系列综合的测试与优化步骤，立定跳远测距系统在技术上的成熟度和实用性将得到显著提升，确保在竞技和训练环境中的可靠应用。

（三）结果分析与比较

在立定跳远测距系统的开发过程中，结果分析与比较是评估其性能的关键环节。我们评估了算法的精确度和实时性，与手动测距和其他自动化技术相比，本系统在快速动作和复杂环境下的测距精确度表现出明显优势，具有低误差率和高稳定性。多轮验证测试涵盖了不同操

作条件,如光照变化和跳跃角度揭示了系统在极端情况下的潜在局限性。在实时性方面本系统在高负荷条件下仍能保持快速响应,满足体育赛事和训练的即时反馈需求,用户反馈也验证了系统的技术参数,并提供了关于界面和功能实用性的宝贵信息。这些全面的分析与比较展示了立定跳远测距系统的技术前沿性和实用价值,为产品开发和市场推广提供了坚实基础。

三、应用与技术创新

(一) 实际应用案例分析

在实际应用案例分析中立定跳远测距系统的有效性和创新性得到了显著展示。通过具体案例的评估本系统在体育测试与训练领域的实用性和技术进步显现无遗。一个突出的实际应用案例是在省级中学体育竞赛中的部署,该竞赛吸引了多所学校的学生参与,竞赛组委会面临着确保比赛成绩准确性和公正性的挑战。传统测量方法不仅耗时而且易出错,尤其是在参赛学生众多的情况下。立定跳远测距系统的引入极大改进了这一过程。在该竞赛中系统部署于多个跳远测试站点,通过高精度摄像头和先进的图像处理技术,系统自动捕捉并分析运动员的每一次跳跃实时计算跳远距离。系统的高效性表现在其能够快速处理大量数据并即时显示成绩,大大减少了成绩统计的时间提高了成绩公布的速度。具体到技术细节系统利用了人体姿态估计技术确定运动员的起跳和落地点。通过动态卷积网络,系统能够适应各种环境条件并准确识别关键动作确保了测距结果的高精度。在此次应用中系统显示出与传统测量相比,误差率降低了约40%,明显提升了评判的准确性。系统还包括了一个用户友好的界面,教练和运动员可以即时查看详细的跳远分析和建议,帮助运动员了解自己的表现并针对性地进行训练改进。一位教练利用系统提供的数据分析功能,指导一名学生调整起跳技巧,该学生的跳远成绩在短短几周内显著提升。系统的成功部署还促进了与其他技术的整合,例如与学校体育管理软件的接口进一步自动化了运动成绩的记录和分析工作。通过这个案例可以看出立定跳远测距系统在实际应用中的优势和潜力,展示了技术创新如何在现实世界中解决具体问题,提升体育竞赛的质量和体验。

(二) 技术创新与改进方向

立定跳远测距系统的持续发展与技术创新是确保其在竞争激烈的体育科技市场中保持领先的关键。当前的

系统已经实现了高精度的跳远测距和实时数据处理能力,但未来的改进方向将着重于增强系统的智能化程度、用户交互体验和环境适应性。引入更先进的人工智能技术,如深度强化学习可以进一步提升系统对运动员动作的自适应识别能力。这不仅可以优化当前的人体姿态估计模型,还能够通过持续学习运动员的特定动作特征,提供个性化的训练反馈和改进建议。改进用户交互界面使其更加直观和易用。当前系统的操作复杂度较高,需要专业人员进行操作和维护。未来系统将开发更友好的图形用户界面和交互式仪表盘,支持触控操作和自然语言处理,使教练和运动员能够直接与系统互动,轻松获取分析数据。系统的环境适应性也将是未来改进的重点,通过整合更多种类的传感器和提升算法的环境鲁棒性,系统将能够在更广泛的环境条件下,如不同的光照和气候条件下保持高效稳定的性能。这包括对低光照和高动态范围场景的优化,确保系统在所有比赛条件下都能准确运行。通过这些技术创新和改进立定跳远测距系统将不仅能提供高精度的测量结果,还将成为一个全面的运动性能分析和训练辅助工具,为运动员和教练提供更多价值,推动体育科技领域的发展。

总结

本文详细介绍了一种基于视觉的立定跳远测距系统,包括其设计实现、实验验证、以及技术创新方向。系统通过集成高级的图像处理技术和深度学习模型,实现对运动员跳跃动作的高精度识别和距离测量。通过实际应用案例验证了系统的有效性,并提出未来技术改进的方向,以增强系统的智能化程度和环境适应性。这些创新展示了立定跳远测距系统在体育测试和训练中的巨大潜力和应用价值。

参考文献

- [1]王力,彭森.基于单片机的立定跳远测距系统设计[J].环球市场,2018(5):1.
- [2]姜映舟.基于计算机视觉的测距技术研究[D].桂林电子科技大学,2019.
- [3]牟书辉,李凡.基于人体姿态视觉判断的立定跳远成绩测量方法[J].中国科技论文,2022,17(11):7.
- [4]王震.基于图像识别的立定跳远测距系统的设计与实现[D].山东理工大学,2019.