

智能化射击训练系统设计与应用研究

屈国忠

武警警官学院, 四川 成都 610200

[摘要]传统射击训练存在依靠主观经验、反馈有滞后情况并且缺乏量化分析等突出难题, 本文为此设计并着手研究了一套智能化射击训练系统。该系统整合运用计算机视觉、多传感器融合以及人工智能算法, 搭建起一个完整的解决办法, 此办法包含多模态数据采集模块、实时弹着点检测模块、射手姿态捕捉模块还有智能评估反馈模块等。借助硬件集成和软件算法相互配合, 系统达成了对射击过程进行全面且数据化的采集以及分析的目的。

[关键词]射击训练; 智能化系统; 计算机视觉; 传感器融合

DOI: 10.33142/sca.v8i11.18704 中图分类号: TP391 文献标识码: A

Design and Application Research on Intelligent Shooting Training System

QU Guozhong

Officers College of PAP, Chengdu, Sichuan, 610200, China

Abstract: Traditional shooting training faces prominent challenges such as relying on subjective experience, lagging feedback, and lack of quantitative analysis. To address these issues, this paper designs and investigates an intelligent shooting training system. The system integrates computer vision, multi-sensor fusion, and artificial intelligence algorithms to build a complete solution, which includes a multimodal data acquisition module, real-time impact point detection module, shooter posture capture module, and intelligent evaluation feedback module. By combining hardware integration and software algorithms, the system has achieved the goal of comprehensive and data-driven collection and analysis of the shooting process.

Keywords: shooting training; intelligent system; computer vision; sensor fusion

射击, 作为一项目标打靶竞技项目, 不仅涉及精确度与技术的极致追求, 更考验运动员在高压环境下的心理控制与快速反应能力。竞技场上, 射手需迅速适应赛场环境、应对意外情况, 同时保持严谨的操作和高度集中的注意力。在竞技射击领域, 智能化射击系统已成为提高训练效率和射击员表现的重要途径。

1 智能化射击训练系统总体设计

1.1 系统设计目标与原则

本系统关键设计意图在于改变传统训练里反馈滞后以及量化缺失的困境, 具体涉及: 达成弹着点的快速、自动且高精度识别, 实现对射手身体姿态、枪械运动以及生理参数的同步采集与融合分析, 依据多维数据构建智能模型, 自动评估动作质量并且生成个性化训练报告与修正建议, 设计秉持几个基本准则: 首先是实时性准则, 要保证数据采集、处理以及反馈能够即时完成, 其次是鲁棒性准则, 要保证系统在室外多变环境下稳定运行, 最后是易用性与普及性准则, 硬件尽可能小型化、低功耗, 软件界面友好, 便于推广。

1.2 系统总体架构

系统运用的是分层化且模块化的架构方式, 按照从下往上的顺序一共分为四层, 分别是感知执行层、网络传输层、数据平台层以及应用交互层。感知执行层就好比是系

统的“感官”部分, 它是凭借部署于靶标端、射手端还有环境当中的各式各样的传感器所组成的, 其主要职责在于采集那些原始的数据信息。网络传输层则类似于“神经网络”一般的存在, 它是借助高速无线或者是有线网络来实现数据的可靠传输工作的^[1]。数据平台层充当着“大脑”的角色, 它的任务是负责把数据汇聚到一起, 妥善存储起来, 并且要让核心算法得以运行。应用交互层可以看作是系统的“面孔”, 它会以终端显示屏等这类形式把经过分析所得出的结果直观地展示给用户, 进而完成整个训练的闭环流程。

1.3 系统关键技术组成

支撑架构运行的关键技术有三部分。其一, 多模态感知与融合技术, 可处理视觉、惯性测量单元、生理传感器等不同源数据的时空对齐与融合难题; 其二, 环境自适应计算机视觉技术, 它是实现全天候智能报靶的重要核心, 需算法能应对强光、阴影、雨雾等干扰, 精准分割弹孔; 其三, 基于人工智能的动作分析与评估技术, 借助深度学习模型分析时间序列的姿态数据, 识别射击各阶段, 同时量化评估动作的稳定性和一致性。

2 系统硬件设计与实现

2.1 多模态数据采集模块

数据采集模块属于多源集成且综合性的设计范畴。在

靶标端方面，其核心要点在于部署高分辨率的工业相机以及高速图像传感器，并将这些设备封装于防护外壳当中，使其能够正对靶面展开拍摄工作，与此同时还集成了光湿度、温湿度传感器，以此来为相关操作提供环境方面的上下文信息。在射手端这边，采集工作的复杂程度要更高一些：要在枪械之上安装微型化的九轴 IMU 传感器模块，通过该模块可以精确地测量出枪体的三维运动轨迹；为了能够捕捉到全身的姿态情况，会采用基于深度相机或者可穿戴惯性传感器节点的动作捕捉方案，进而构建起人体骨骼序列；除此之外，还可以接入心率带等能够监测生理参数的传感器，借此对射手在击发时的生理状态加以监控。

2.2 实时弹着点检测装置

实时弹着点检测装置属于能够让训练效率得以提升的硬件范畴，其被设计成实弹激光一体化视觉报靶装置。该装置实际上是一个集成度相当高的智能靶箱，在其内部囊括着高性能嵌入式处理单元、专门用于补光的照明系统以及高精度声电触发模块。其中，补光系统可确保所获取图像的质量保持稳定不变，而声电触发模块借助对枪声或者振动的识别来给出精准的拍摄触发信号。这套装置采用了一体化的设计方式，这就使得它能够在实弹与激光模拟射击这两种模式之间实现无缝兼容，进而拓展了其能够应用的场景范围。

2.3 射手姿态动作捕捉单元

射手姿态动作捕捉单元有着主流的实现路径。其中一种是非接触式的光学深度感知方案，比如采用深度相机，不用穿戴任何设备便能实时生成人体关节点的坐标；另一种则是接触式的惯性测量单元方案，具体是在射手身体的主要肢段粘贴无线 IMU 节点，借助无线传输来汇总数据，在后台完成全身动作的重构，此方案具备较强的抗干扰能力，并且精度相对更高。本系统会依据训练的专业程度以及预算情况提供可供选择的配置方案。

2.4 数据处理与通信硬件平台

所有经前端采集而来的原始数据，得要有一个颇为强大的中枢来完成汇聚以及预处理方面的工作。为能达成这一目的，便搭建起了一套基于边缘计算网关以及中心服务器所构建起来的二级数据处理与通信平台。在每一个射击靶位周边都予以部署边缘计算网关，此网关拥有着多路数据接口，并且还具备着较强的本地计算能力，能够针对数据展开预处理操作，而后把经过处理之后的结构化数据借助高速无线专网回传到中心服务器那边去。中心服务器是由高性能计算机组合而成的集群形式，其负责运行那些最为耗费资源的识别以及分析模型，与此它还对系统数据库加以管理。这样的一种边缘端与中心端协同配合的架构模式，能够在一定程度上分担网络带宽以及计算负荷，进而确保了系统响应所具备的实时性特点。

3 系统软件设计与智能算法

3.1 软件系统架构与数据流

系统所采用的软件架构遵循微服务设计方面的理念，如此一来便能够助力达成高内聚且低耦合的模块化开发以及部署事宜。其主要涵盖的数据接入服务、视觉分析服务、姿态解算服务、智能评估服务以及数据管理服务等各项服务。完整的数据流起始点在于传感器。原始图像、IMU 数据流等相关数据会被数据接入服务予以接收，随后为其打上统一的时间戳，接着再分别送入到不同的消息队列当中。视觉分析服务会从这些队列里面获取靶面图像，然后调用弹着点识别算法来展开相应的处理工作。而姿态解算服务会同步对 IMU 以及动作捕捉数据加以处理，具体操作涉及滤波、融合以及骨骼姿态重构等方面。这两路经过处理之后的结果再加上环境数据，在智能评估服务里会被关联并完成对齐操作。评估服务在这一系统当中处于核心位置，其会调用内置的分析模型，综合起来对本次射击的质量做出评判，进而生成评估结果。所有的数据、中间产生的结果以及评估报告都会由数据管理服务将其持久化地存储进数据库里，并且与此同时还会推送到应用层的终端显示界面。

3.2 基于计算机视觉的弹着点识别算法

弹着点识别算法的准确性对于系统的基础可信度而言至关重要。设计了一个多阶段流程，其中第一阶段是图像预处理与增强，针对复杂光照情况采用自适应直方图均衡化以及照明补偿手段，并且对靶标晃动情况进行稳像处理。第二阶段是候选弹孔区域检测，改进霍夫圆变换，同时结合边缘梯度特征以及分类器来筛选候选区域^[2]。第三阶段是精确匹配与判别，引入时序上下文信息，与上一发“干净”的靶面图像进行差分操作，最终判定有效弹着点，并将其转换为实际环值与位置。

3.3 基于传感器融合的射手姿态分析模型

姿态分析模型目的在于从时间序列当中挖掘出对绩效产生关键影响的因素。该模型所输入的是人体骨骼点的时序数据，经过一系列预处理操作之后，会转化成像关节点相对角度这类能够更为充分地体现出运动本质的表示形式。接着，借助 Transformer 深度学习模型来针对这些序列展开训练工作。其自注意力机制具备自动学习的能力，能够明确击发前后的哪些身体部位运动模式和射击结果存在关联。模型输出会有动作阶段标签，而且还能凭借注意力权重的可视化呈现方式，较为直观地对具体技术要点给弹道偏离所带来的影响加以解释说明，进而把原本较为抽象的感觉转变为具体且具有可解释性的数据。

3.4 训练效果智能评估与反馈算法

评估与反馈算法乃是系统价值的最终呈现所在。它把弹着点数据、姿态分析得出的结果、环境方面的参数以及历次积累的历史数据都综合到了一起。其关键之处在于一种能够对补偿敏感性射击风格展开分析的方法。该算法会针对每一

次射击时瞄准点的轨迹加以分析，借助最小二乘法等相关计算方式来确定其相对于靶心所存在的误差分布情况，进而识别出射手自身固有的偏向状况。它还会进一步去分析当扣动扳机的那一瞬间，射手的身体动作到底是如何对这一偏向起到补偿作用或者使之放大的。比如说，一个有着习惯性扣扳机用力特点的射手，其枪口在击发的瞬间就有可能朝着右侧出现偏移的情况。算法会把这些分析所得的各项结果，同风速、心率这类外部以及生理因素对于弹道所产生的影响系数相互结合起来，最终形成一份涵盖多维度内容的评估报告。这份报告不但会给出本次射击所取得的成绩以及弹着的具体分布情况，而且还会明确指出技术上存在的短板，并且提出个性化的修正方面的建议。系统还能够自动为射手建立起个人档案，对各项技术指标的变化情况进行纵向的追踪，从而达成针对每一个人制定不同策略的精练效果。

4 系统集成测试与应用分析

4.1 系统集成与测试环境

把上述这些软硬件模块整合成一个较为稳定且可靠的整体系统之后，本文便在多种不同的实地环境当中去开展部署以及测试相关工作。这里所说的测试环境包含了室内标准靶场、室外固定的训练场，还有那种情况颇为复杂的野外环境，通过这样多样化的测试环境来对系统的环境适应性予以全面细致的验证。测试团队是由专业教练、有着不同水平层次的射手以及负责技术支撑的人员共同组成的^[3]。测试内容大致可以分成两个关键部分：其一是针对单个模块的功能展开验证，比如说在光照条件不断发生变化的情况下检测报靶的准确程度；其二是开展系统联动方面的压力测试，也就是要模拟出高密度状态、多个靶位同时进行射击的那种训练场景，以此来检验整个系统全链路所具备的实时性能以及稳定状况。

4.2 系统功能测试与性能分析

功能测试的结果显示，系统所涉及的各项设计指标大体上都已达成。就弹着点识别这一方面来讲，在正常的光照条件之下以及在中等程度的雨雾环境当中，针对 100 米标准胸环靶进行识别时，其准确率能够超出 99.5%，并且从识别到最后结果呈现出来的整个端到端的延迟时间是小于 1 秒的，相较于传统的依靠人工来报靶的方式而言，单轮训练所花费的时间平均能够缩短 60% 以上。系统的姿态分析模块可以较为清晰地分辨出优秀射手和新射手在据枪稳定期身体重心晃动方面存在的差异。在应用效能方面，由数据驱动所形成的反馈机制展现出了明显的优势。就好比说，系统助力了一名长期射击成绩始终处于及格边缘的士兵，为其精准地找到了其在击发瞬间手指存在向右发力这样一种细微且顽固的动作问题，经过开展具有针对性的模拟训练加以纠正之后，这名士兵的射击成绩有了颇为突出的进步。

4.3 与传统训练模式的对比分析

与传统训练模式不同，智能化系统带来了重大变革。

传统模式是开环训练，射手射击后要等很久才能得到模糊评价，靠感觉调整再试，效果偶然性大。智能系统则构建实时闭环训练，射手射击后立刻获精准数据与可视化分析，了解偏差原因，按明确指导有针对性地练习，加速技能内化固化。从训练管理看，以前教练忙于组织保障和粗略观察，现在可依据系统详尽数据报告，专心为每位射手定制个性化训练方案，实现组训模式精细化升级。

4.4 系统应用优势与局限性讨论

本系统所具备的应用优势是十分明显的。其一，训练效率以及质量均实现了成倍增长，达成了少耗费弹药且收获颇丰的高效训练成效。其二，训练过程变得更加科学化与标准化，有效削减了因主观经验差异而产生的种种影响。其三，有力推动了实战化训练进一步深化，该系统能够较为轻松地完成移动靶、隐显靶的集成操作，并且还能模拟出复杂的战场环境，进而让训练更为贴近实战所提出的要求。不过，系统同样存在着一定的局限性^[4]。从一方面来讲，初期建设所需的成本相对较高，这或许会对其在基层单位的全面推广普及起到限制作用。从另一方面来讲，系统对数据的依赖程度颇高，然而其算法模型的普适性依旧需要在更为广泛的人群当中以及更为极端的条件之下展开验证与迭代工作。除此之外，怎样防止射手对技术设备出现过度依赖的情况，这也是一项需要教练员在训练过程中加以留意并力求实现平衡的重要课题。

5 结束语

本研究所实现的智能化射击训练系统，借助融合计算机视觉、多传感器融合以及人工智能技术的方式，打造出了数据驱动且能够实时反馈的全新训练模式。该系统把训练从依靠主观经验的状态牵引到了依托客观数据的科学轨道之上，成功解决了反馈存在滞后情况、量化程度不足等诸多痛点问题。在未来，智能化射击训练系统在发展进程中还将进一步去探索更为轻量化且成本更低的传感器解决方案，同时会利用更加先进的机器学习模型来促使系统的分析智能以及场景泛化能力得以提升，进而从单纯的技能训练平台逐步朝着融合战术协同以及指挥决策的综合性作战实验平台的方向拓展延伸。

【参考文献】

- [1]王植.基于初任民警的“三阶段”手枪射击训练体系研究[J].产业与科技论坛,2025,24(12):241-246.
- [2]樊建文.现代科技在部队军事射击训练中的应用现状与展望[J].中国军转民,2024(20):22-23.
- [3]徐栋.射击训练科技化路径及器材发展趋势探索[J].文体用品与科技,2024(4):181-183.
- [4]王婧,吴政,李佩姚.2025 届中国系统仿真与虚拟现实技术高层论坛论文集[C].天津:中国自动化学会,2025.

作者简介：屈国忠（1977—），男，汉族，四川营山人，硕士，副高，主要研究方向：军事训练。