

智慧靶场中多传感器数据融合技术研究与应用

陈玲爱

浙江华樽科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在数字化浪潮席卷全球的当下,信息技术以前所未有的深度和广度融入军事与体育训练领域。智慧靶场作为这一趋势下的创新产物,已然成为提升射击训练质量、推动射击训练模式变革的关键力量。多传感器数据融合技术作为智慧靶场的核心支撑,能够将来自不同类型传感器的多元数据进行有机整合,打破单一传感器的信息局限,实现对射击过程全方位、高精度的信息捕捉。本文聚焦于这一前沿技术,深入剖析其在智慧靶场中的应用原理、实践场景与实际成效,力求为智慧靶场的未来发展提供兼具理论深度与实践指导价值的参考依据。

关键词: 智慧靶场;多传感器数据融合;信息系统

引言

在现代军事训练与射击竞技领域,作战环境日趋复杂,竞技水平持续提高,对射击训练的精准度与科学性要求极为严苛。传统靶场依赖单一光电计数传感器或大量人工辅助完成数据采集分析,弊端显著。复杂地形和天气易干扰单一传感器,致数据丢失或出错;人工操作效率低,还常因人为因素引入误差。智慧靶场应运而生,借助先进信息技术打造高效训练环境。其核心技术多传感器数据融合,整合多元数据,弥补单一传感器短板,为射击训练提供丰富准确的数据,助力训练精准化、科学化,对提升射击训练水平意义重大。

1 多传感器数据融合技术原理

1.1 传感器类型与特性

在智慧靶场的复杂应用场景中,常用的传感器类型丰富多样,各自具备独特的工作原理与性能特点。光电传感器利用光电效应,当子弹高速穿越其感应区域时,瞬间产生的光电信号变化能够被快速捕捉,从而精确记录子弹的飞行轨迹。其具有极高的精度和响应速度,能够以微秒级的时间精度记录子弹的飞行数据,这使得在分析子弹的初速度、飞行姿态等关键参数时具有得天独厚的优势。然而,其对环境光线条件极为敏感,在强光直射或光线昏暗的情况下,光电传感器的检测精度会受到严重影响,甚至可能出现误判。

当子弹击中靶板时,靶板表面产生的压力瞬间变化被压力传感器精确感知,进而能够精确定子弹击中靶板的位置。压力传感器的稳定性极佳,在长期高强度的使用过程中,能够保持较为稳定的测量精度,非常适用于靶板数据的长期采集与分析。但它也存在一定局限性,例如对于一些非直接接触式的射击场景,如远距离狙击训练,压力传感器便无法发挥作用。

声学传感器依靠声音传播特性进行工作,它可以实现远距离目标检测。当子弹发射时,产生的独特声音信号能够被声学传感器捕捉,通过对声音信号的频率、强度和传播时间等参数进行分析,不仅可以判断子弹的发射位置和方向,还能辅助判断射击动作的规范性^[1]。例如,经验丰富的射手在击发瞬间,射击动作流畅,产生的声音信号相对平稳;而新手射手可能因紧张或动作不规范,导致声音信号出现异常波动。不过,声学传感器易受环境噪声干扰,在嘈杂的训练环境中,准确识别射击声音信号成为一大挑战。这些传感器各自的优势与不足,为多传感器数据融合技术提供了广阔的应用空间。

1.2 数据融合层次

数据层融合是最为直接的融合方式,它直接对原始传感器数据进行处理。在智慧靶场中,当多个传感器同时采集射击数据时,数据层融合将这些原始数据直接汇总,然后进行统一的处理和分析。这种方式能够最大程度地保留原始数据中的信息,对于一些对数据细节要求极高的应用场景,如高精度射击轨迹分析,数据层融合具有不可替代的优势。然而,由于直接处理大量原始数据,其计算量巨大,对数据处理设备的性能要求极高,且数据传输过程中需要占用大量的带宽资源。

特征层融合则是先从各传感器采集的数据中提取关键特征,然后再进行融合。以射击训练为例,从光电传感器数据中提取子弹飞行速度、加速度等特征,从压力传感器数据中提取弹着点位置、冲击力大小等特征,再将这些特征进行融合分析。这种方式有效地减少了数据量,提高了处理效率,同时又保留了数据中的关键信息,适用于对实时性要求较高,且需要综合分析多源数据特征的场景,如射击动作实时分析与反馈。

决策层融合是各传感器独立处理数据并做出决策,

最后将这些决策结果进行融合。在智慧靶场中,不同类型的传感器根据自身采集的数据独立判断射击事件的相关信息,如光电传感器判断子弹是否发射,压力传感器判断是否击中靶板及位置,然后将这些决策结果汇总融合。这种融合方式对通信带宽要求较低,系统的可靠性较高,因为即使个传感器出现故障,其他传感器的决策结果仍能为最终决策提供支持。在复杂多变的训练环境中,决策层融合能够保证系统的稳定运行。在智慧靶场实际应用中,往往会根据具体的训练需求和系统性能,综合运用不同层次的融合方式,以达到最佳的数据处理效果。

1.3 融合算法概述

卡尔曼滤波算法基于线性系统状态空间模型,通过对系统状态的预测和测量值的更新,能对动态系统状态进行最优估计。在处理射击过程中子弹飞行轨迹数据时,卡尔曼滤波算法可以根据子弹的初始状态和飞行过程中的受力情况,预测下一时刻子弹的位置。例如,在子弹飞行过程中,考虑到空气阻力、重力等因素对子弹运动状态的影响,卡尔曼滤波算法能够不断调整预测模型,从而更准确地预测子弹的飞行轨迹,为射击成绩的精准评估提供重要依据。

贝叶斯估计法依据概率统计理论,通过不断更新先验概率得到后验概率。在智慧靶场中,当融合多源不确定信息时,贝叶斯估计法可以充分利用各传感器数据的概率分布信息,将先验知识与新观测数据相结合,从而更准确地推断射击事件的真实情况。例如,在判断射击者的射击水平时,先根据以往的训练数据确定射击者命中不同环数的先验概率,再结合本次射击中各传感器采集的数据,更新后验概率,从而更准确地评估射击者的实际水平。

2 多传感器数据融合技术在智慧靶场的应用场景

2.1 实时射击成绩评估

光电传感器能够精确记录子弹从发射到击中靶板的飞行轨迹,包括飞行速度、飞行时间等关键信息;压力传感器则能准确确定子弹击中靶板的具体位置。当两者数据融合后,系统首先根据飞行轨迹数据计算出子弹击中靶板时的理论位置,再与压力传感器检测到的实际弹着点位置进行比对,从而精确计算出射击环数和弹着点分布。这一过程在瞬间完成,与传统人工计分相比,速度快了数倍,且避免了人为误差。射手和能够在射击完成后的第一时间,通过电子显示屏或移动终端获取详细的的成绩报告,包括每发子弹的环数、弹着点位置分布以及与上一次训练成绩的对比分析等,从而及时了解训练

效果,调整训练策略。

2.2 射击动作分析

射击动作的规范性直接影响射击成绩,而多传感器数据融合技术为全面、深入分析射击动作提供了有力支持。声学传感器采集的射击声音、压力传感器感应的射击时身体压力变化等数据融合后,能够为提供全面的动作分析报告。

当射手进行射击时,声学传感器捕捉到的射击声音包含了丰富的信息。击发瞬间的声音特征可以反映出射手是否存在多余动作,如扳机扣动过快或过慢、射击过程中身体是否有晃动等。压力传感器则通过感应射手身体与枪支、地面之间的压力变化,分析射击姿势的稳定性^[2]。例如,在射击瞬间,若压力传感器检测到射手双脚与地面之间的压力分布不均,可能意味着射手的站立姿势不够稳定,影响射击精度。

通过对这些多源数据的融合分析,系统可以生成详细的射击动作分析报告,包括射击姿势的稳定性评分、击发动作的规范性评分以及各动作环节之间的协调性分析等。根据这些报告,能够有针对性地指导射手改进技术动作,提高射击水平。对于新手射手,系统的动作分析报告可以帮助他们快速发现自己的问题,缩短学习周期;对于高水平射手,精细的动作分析则有助于他们进一步优化技术动作,突破成绩瓶颈。

2.3 训练环境监测与自适应调整

射击训练的环境因素对训练效果有着重要影响,多传感器数据融合技术能够实现对训练环境的实时监测与自适应调整。智慧靶场中融合了温湿度传感器、风速传感器等多种环境传感器,实时采集训练环境的温度、湿度、风速、光照强度等参数。

当环境参数超出适宜范围时,系统能够自动调整训练方案。例如,在大风天气下,风速传感器检测到风速超过一定阈值,系统会根据预先设定的规则,适当降低射击距离要求,或者调整射击目标的大小和移动速度,以保证训练的安全性和有效性^[3]。同时,系统还可以根据温度和湿度的变化,自动调整靶场的照明亮度和通风系统,为射手创造一个舒适的训练环境。

通过对长期环境数据的分析,系统可以总结出不同季节、不同时间段的环境变化规律,为制定科学合理的训练计划提供参考。例如,在夏季高温时段,适当减少室外训练时间,增加室内模拟训练;在春秋季节,根据天气变化灵活安排不同类型的射击训练项目。这种训练环境的自适应调整机制,能够有效避免因环境因素干扰训练效果,确保训练在最佳条件下进行,提高训练效率

和质量。

3 多传感器数据融合技术应用优势

3.1 提高数据准确性和可靠性

单一传感器在复杂多变的射击训练环境中,极易受到各种因素的影响而产生误差。例如,光电传感器在强光、雾霾等恶劣天气条件下,其检测精度会大幅下降;压力传感器可能会因为靶板的轻微变形或长期使用后的磨损而导致测量误差。而多传感器数据融合技术通过不同传感器数据相互补充、验证,有效降低了误差,提高了数据准确性。

在光线复杂环境下,光电传感器数据可能出现波动,无法准确判断弹着点位置。此时,结合压力传感器数据,由于压力传感器对光线变化不敏感,能够稳定地检测弹着点位置,两者相互印证,可确保弹着点位置判断的准确性。在实际应用中,还可以引入更多类型的传感器进行数据融合,如利用图像传感器对靶板进行实时成像,进一步验证弹着点位置。通过这种多传感器数据融合的方式,大大提升了系统的可靠性,为射击训练提供了更加准确的数据支持。

3.2 增强信息全面性

多种传感器采集不同维度的信息,融合后能为射击训练提供更全面的视角。以声学、压力、光电传感器数据融合为例,不仅能确定射击成绩,还能深入分析射击动作和环境影响等多个方面。

通过声学传感器分析射击声音,可以判断射击者的击发节奏、心理状态以及是否存在枪支故障等信息;压力传感器能够反映射击者的射击姿势、身体稳定性以及枪支后坐力对射击者的影响;光电传感器则专注于子弹的飞行轨迹和命中位置。这些不同维度的信息融合在一起,为科学训练提供了丰富的数据支持^[4]。可以根据这些全面的信息,深入挖掘训练中的潜在问题,制定更加科学合理的训练计划。例如,通过分析发现射手在射击时,身体压力分布不均且击发声音异常,进一步分析可能是由于射击姿势不正确导致的,从而有针对性地进行

纠正训练。

3.3 提升训练效率和科学性

实时准确的成绩评估和全面的动作分析,使射手能够及时了解自己的训练情况,发现问题并迅速调整训练策略。也能根据系统提供的详细数据,为每个射手制定个性化的训练计划,针对不同射手的技术特点和薄弱环节进行有针对性的训练。

训练环境的自适应调整保证了训练能够在最佳条件下进行,避免了因环境因素对训练效果的干扰。例如,在高温天气下,系统自动调整训练时间和强度,防止射手因中暑而影响训练效果;在低光照条件下,自动调整靶场照明,确保射手能够清晰地瞄准目标。通过这些措施,整体提升了射击训练的效率和科学性,使射手能够在更短的时间内取得更好的训练效果,为提高射击水平奠定坚实基础。

结语

多传感器数据融合技术在智慧靶场的应用,无疑为射击训练领域带来了一场深刻变革,极大地提升了射击训练的质量和效率。通过深入研究其技术原理和丰富的应用场景,我们清晰地看到了该技术在提高数据准确性、增强信息全面性和提升训练科学性等方面所展现出的显著优势。展望未来,随着信息技术的持续飞速发展,我们有理由期待多传感器数据融合技术在算法优化、传感器性能提升等方面取得更大突破

参考文献

- [1]合肥思科文创科技有限公司.一种网络靶场专用场地建设的智慧管理系统:CN202010692441.8[P].2021-06-04.
- [2]杭州富凌科技有限公司.智慧靶场数据管理方法及系统:CN202311536976.6[P].2024-01-12.
- [3]浙江华樽科技有限公司.一种智慧靶场数据管理方法及系统:CN202411718794.5[P].2024-12-27.
- [4]陈智慧,莫媛淇,史媛.基于大数据环境下的网络攻防靶场平台应用研究[J].电子元器件与信息技术,2023,7(6):178-181.DOI:10.19772/j.cnki.2096-4455.2023.6.046.