

基于AI人工智能技术的智慧特种设备考试系统研究

辛京 王爱香

河北省特种设备监督检验研究院 河北 石家庄 050000

摘要: 针对场内专用机动车辆司机实操考试依赖人工评判、效率低、评分不统一等问题,本文提出基于AI的智慧考试系统方案。系统融合深度学习、机器视觉等技术,通过车载传感器与场地智能设施协同,实现考试全程数字化采集与智能评判。利用图像神经网络精准识别轨迹、压线等关键项目,结合多传感器融合算法自动生成成绩,提升考试公平性与规范性。实践表明,系统有效解决传统模式局限,为特种设备考试模式创新提供可行技术路径。

关键词: 人工智能; 机器视觉; 多传感器融合; 特种设备; 智慧考试系统

引言

特种设备安全事关人民群众生命财产安全和社会稳定。作业人员的操作技能水平是影响特种设备安全运行的关键因素之一。根据《特种设备作业人员考核规则》要求,机电类特种设备作业人员必须通过实际操作技能考核,方可取得相应资格证书。长期以来,场内专用机动车辆司机的实际操作考试主要采用人工评判模式,由考评人员现场观察考生操作过程并依据考试大纲进行评分。这种模式存在以下突出问题:一是考评人员掌握评分标准不统一,主观因素较多,容易引发考生异议;二是考试效率低下,一名考评人员同时只能评判一名考生;三是考试过程缺乏客观记录,难以进行事后复核;四是人为因素干预较多,影响考试的公平公正性。

随着人工智能、物联网和大数据技术的快速发展,智能化技术在教育考试、驾驶培训等领域的应用日益广泛。将AI技术引入特种设备作业人员考试,实现由人工评判向智能评判的转变,已成为提升考试质量和管理水平的必然趋势。本文针对场内专用机动车辆司机实际操作考试的特点和需求,研究设计了一套基于AI人工智能技术的智慧考试系统,为解决传统考试模式存在的问题提供了创新性技术方案。

1 国内外研究现状

1.1 国外研究现状

欧美、日本等发达国家在工业车辆作业人员培训考核领域起步早,已形成完善的制度体系,通过法规、标准及职业资格制度规范人员准入、培训与考核。技术应用上,国外在驾驶行为分析、工业安全监测等领域研究深入,机器视觉技术已成熟应用于车道偏离检测、驾驶员注意力评估及叉车作业安全监测等场景;多传感器融合技术也广泛用于车辆状态监测,可提升系统可靠性^[1]。但现有研究多聚焦生产安全监测与驾驶辅助,尚未形成

AI替代人工考评的特种设备实操考试完整解决方案。

1.2 国内研究现状

我国特种设备作业人员考试制度体系完备,但实操技能考核长期依赖人工评判,考评人员依据大纲综合判断操作顺序、规范性及结果,主观因素明显,制约了考试效率与规范化水平。近年来,国内部分地区探索计算机辅助或自动评分系统,如基于GPS定位判断压线、基于RFID技术记录操作时间与顺序的叉车考试系统,在提升效率上取得一定成效,但存在显著局限性:关键操作项目识别能力不足、室内等复杂环境下定位稳定性差、缺乏操作过程综合分析,难以全面反映真实技能水平^[2]。人工智能技术应用方面,已有深度学习驱动的驾驶员行为识别研究,但多适用于道路交通场景;基于机器视觉的工业机器人操作评估系统提供了部分借鉴。总体而言,国内将AI技术系统化应用于特种设备作业人员考试领域的研究仍处于起步阶段,亟需深入开展理论研究与工程实践。

2 系统总体设计

2.1 系统架构设计

(1)感知层负责考试现场信息的实时采集,包括车载传感器系统和场地感知设施两部分。车载传感器系统集成了激光测距传感器、陀螺仪、倾角传感器、颜色识别传感器等多种传感器,用于采集车辆运行状态、操作杆位置、货叉高度、门架倾斜角度等数据。场地感知设施包括高清摄像头、智能标线、智能标杆等,用于采集车辆运行轨迹和环境信息。(2)数据处理层是系统的核心,负责对感知层采集的多源异构数据进行融合处理和智能分析。该层包括图像预处理模块、目标检测与识别模块、数据融合模块和评分决策模块。图像预处理模块对视频流进行去噪、增强等处理;目标检测与识别模块基于深度学习神经网络识别车辆、标线、障碍物及其位

置关系；数据融合模块整合图像信息和传感器数据，提高识别准确率；评分决策模块根据考核规则自动生成考试成绩^[3]。（3）应用层提供考试管理、成绩查询、数据统计分析等功能，支持考试全流程的信息化管理。（4）展示层为考官、考生和管理人员提供友好的人机交互界面。

2.2 关键技术路线

系统采用“多源信息采集-数据融合处理-智能决策评判”的技术路线。首先，通过车载传感器和场地设施实现对考试现场的全方位感知；其次，运用深度学习算法对图像信息进行分析识别，结合传感器数据进行融合处理；最后，将处理结果与标准化评分规则进行匹配，自动生成考试成绩。

在关键技术问题解决方面，本研究的核心在于：在复杂、动态的真实考试环境中，如何准确识别考生操作行为并将其与标准化考核规则进行有效匹配。为此，系统采用基于深度学习的机器视觉技术，通过训练图像神经网络模型实现对车辆、标线、障碍物及其相对位置关系的识别；同时，通过多源数据采集手段对车辆运行状态进行实时监测，采用数据融合算法进行综合分析，避免单一信息源带来的误判，实现考试过程由“人工经验判断”向“数据驱动判定”的转变^[4]。

3 核心技术实现

3.1 基于深度学习的图像识别技术

图像识别是系统的核心技术之一。考试过程中需要识别的关键要素包括：车辆位置与姿态、车道标线、障碍物（标杆、堆垛件等）、货叉高度、门架倾斜角度等。本系统采用改进的YOLO(YouOnlyLookOnce)目标检测算法作为基础框架。

针对考试场景的特点，对标准YOLO算法进行了以下改进：（1）增强小目标检测能力。考试场景中的标线、标杆等目标尺寸较小，标准YOLO算法对小目标的检测效果不佳。本研究通过增加特征金字塔网络(FPN)结构，融合多尺度特征图，提高了对小目标的检测精度。（2）优化网络结构。采用MobileNet作为骨干网络，在保证检测精度的同时降低了模型复杂度，提高了推理速度，满足实时检测的要求^[5]。（3）数据增强与迁移学习。考虑到考试场景数据样本有限，采用数据增强技术扩充训练集，包括旋转、翻转、亮度调整、添加噪声等操作。同时，利用在大规模数据集(如COCO数据集)上预训练的模型进行迁移学习，加快模型收敛速度。

针对压线检测这一关键考核项目，本研究提出了基于语义分割的车道线检测方法。采用U-Net网络结构对图

像进行像素级分类，精确分割出车道标线区域。然后通过计算车辆轮廓与标线区域的交集，判断是否发生压线行为。该方法相比传统的边缘检测方法，具有更强的鲁棒性，能够适应不同光照条件和地面纹理干扰。

3.2 自动评分算法设计

自动评分算法是将识别结果转化为考试成绩的关键环节。根据《特种设备作业人员考核规则》，场内专用机动车辆司机实际操作考试采用扣分制，总分100分，70分及格。考核项目包括起步、作业、停车等环节，每个环节对应若干评分项。

系统建立了规则化的评分模型，将考核规则转化为可执行的评分规则集。评分规则采用“条件-动作”的形式表示，系统在考试过程中实时监测各项评分条件，一旦满足扣分条件，立即记录扣分项目、扣分时刻和扣分分值。考试结束后，系统自动汇总所有扣分项，计算最终成绩，并生成详细的考试报告。

为确保评分的准确性，系统设置了多重校验机制：

（1）置信度阈值控制。对于识别置信度低于设定阈值的判定结果，系统不予采信或提示人工复核。（2）时间窗口过滤。对于瞬时性的误识别，通过设置时间窗口进行过滤，避免偶然干扰导致的误判。（3）逻辑一致性检查。系统对评分结果进行逻辑一致性检查，例如同时刻不能同时发生相互矛盾的扣分事件。

3.3 系统实现与测试

系统软件平台采用模块化设计，主要包括数据采集模块、图像处理模块、评分引擎模块、数据管理模块和用户界面模块。系统开发采用C++和Python语言，图像处理和深度学习算法基于OpenCV和TensorFlow框架实现。

硬件平台包括车载工控机、高清网络摄像头、激光测距传感器、陀螺仪、倾角传感器、无线通信模块等。车载工控机负责数据采集和边缘计算，通过无线网络将处理结果传输至考试管理中心。

系统测试分为三个阶段：（1）功能测试阶段。在实验室环境下，对各项功能模块进行单元测试和集成测试，验证系统各项功能的正确性。（2）性能测试阶段。在模拟考试场景中，进行系统性能测试，包括识别准确率、响应时间、系统稳定性等指标的测试。（3）实地应用测试阶段。选取实际考试场地和考生进行现场测试，将系统自动评分结果与人工评判结果进行对比分析，验证系统的实用性和可靠性。

测试结果表明，系统对压线、碰杆等关键项目的识别准确率达到96%以上，评分结果与专家评判的一致性达到92%以上，单次考试处理时间小于2秒，满足实际应用

要求。

4 系统应用效果分析

4.1 技术指标评估

为全面评估系统性能,本研究设计了以下技术指标:(1)识别准确率。对1000次考试过程中的压线、碰杆、货叉高度等关键项目进行统计,系统识别准确率达到96.3%,其中压线识别准确率97.1%,碰杆识别准确率95.8%,货叉高度识别准确率96.0%。(2)评分一致性。选取50名考生,分别由系统自动评分和三名资深考评员独立评分,计算系统评分与人工评分的相关系数。结果显示,系统评分与专家平均分的相关系数为0.94,说明系统评分与人工评分具有高度一致性。(3)响应时间。系统对考试过程中各项操作的识别响应时间平均为150ms,最长不超过300ms,能够实时跟踪考试进程。(4)稳定性。系统在连续运行8小时的压力测试中,未发生崩溃或数据丢失现象,稳定性良好。

4.2 应用效益分析

系统投入使用后,带来了显著的经济效益和社会效益:(1)提高考试效率。传统人工评判模式下,一名考评员每天最多评判20名考生。采用智慧考试系统后,一名考官可同时监督多名考生考试,考试效率提高约2倍。(2)降低人工成本。减少了对考评人员的数量需求,同时降低了考评人员的劳动强度。(3)统一评分标准。系统按照统一的评分规则进行评判,消除了人为因素导致的评分差异,提高了考试的公平性和公正性。(4)增强考试透明度。系统完整记录考试全过程的音视频和关键数据,考生可在考试结束后查看考试录像和扣分详情,增强了考试的透明度,减少了考生申诉和纠纷。(5)促进考试质量提升。客观准确的评分结果有助于考生明确自身不足,针对性改进操作技能,从源头提升作业人员的整体素质。

4.3 推广应用前景

本系统具有良好的推广应用价值:(1)可复制性强。系统采用成熟的硬件设备和开放的软件平台,技术方案清晰,易于在其他考试机构复制部署。(2)可扩展性好。系统架构设计采用模块化思想,可根据不同考试项目的需求进行功能扩展和定制。(3)适用范围广。除场内专用机动车辆司机考试外,系统的核心技术和方法

还可应用于起重机司机、电梯作业人员等其他特种设备作业人员的实际操作考试。目前,系统已在河北省特种设备监督检验研究院投入试运行,计划在取得良好效果后逐步向全省乃至全国推广应用。

5 创新点与特色

本研究的主要创新点包括:

(1)首次在场内专用机动车辆司机实际操作考试中系统引入AI图像神经网络技术,实现对考试关键行为的自动识别,开创了特种设备作业人员考试智能化的新模式。(2)提出了基于多传感器融合的评分决策方法,将机器视觉与激光测距、陀螺仪、倾角传感器等多种传感器数据进行融合,解决了复杂操作行为难以量化的问题,提高了判定结果的准确性和可靠性。(3)建立了考试全过程数据留痕和可追溯机制,实现了考试过程的全程记录和事后复核,显著提升了考试工作的规范性和透明度。(4)形成了可复制、可推广的智慧考试技术方案,为特种设备作业人员考试模式创新提供了示范,具有重要的理论价值和实践意义。

结论与展望

本文针对场内专用机动车辆司机实际操作考试中存在的人工评判效率低、标准不统一、主观性强等问题,提出了基于AI人工智能技术的智慧考试系统解决方案。系统综合运用深度学习、机器视觉、多传感器融合等技术,实现了对考试过程的智能化监测和自动化评判。实践应用表明,系统具有识别准确率高、评分一致性好、运行稳定可靠等优点,有效提升了考试工作的质量和效率。

参考文献

- [1]张华,李强.特种设备作业人员考试模式改革研究[J].中国特种设备安全,2020,36(5):45-49.
- [2]王明,刘伟.人工智能技术在驾驶培训与考试中的应用研究[J].交通信息与安全,2019,37(4):88-94.
- [3]赵军,孙明.特种设备作业人员考试制度的现状与改革方向[J].中国安全生产科学技术,2018,14(8):156-160.
- [4]王强,刘洋,张明.基于深度学习的驾驶员行为识别方法研究[J].汽车工程,2020,42(3):368-374.
- [5]刘洋,赵辉,李军.基于机器视觉的工业机器人操作评估系统[J].机器人,2019,41(5):627-634.