

基于机器视觉的车辆行人检测与主动避让技术研究

梁金兰

星软集团有限公司, 浙江 杭州 310000

摘 要 : 研究探讨了基于机器视觉的车辆行人检测与主动避让技术的现状、挑战、技术实现、实际应用及未来发展。分析了现有技术在复杂环境适应性、检测精度与速度、数据标注与训练、传感器融合等方面的不足,并提出了算法优化、硬件性能提升、数据资源丰富以及多模态数据融合的解决方案。实际应用案例展示了该技术在自动驾驶、智能交通管理和辅助驾驶系统中的广泛应用和显著效果。未来发展展望中,指出机器视觉技术将在提升交通安全性、管理效率和系统智能化方面发挥更为重要的作用。

关 键 词 : 机器视觉; 车辆检测; 行人检测; 主动避让; 智能交通

Research On Vehicle Pedestrian Detection And Active Avoidance Technology Based On Machine Vision

Liang Jinlan

Star Soft Group Co., LTD., Hangzhou, Zhejiang 310000

Abstract : This paper discusses the status quo, challenges, technical realization, practical application and future development of vehicle pedestrian detection and active collision avoidance technology based on machine vision. The shortcomings of existing technologies in complex environment adaptability, detection accuracy and speed, data annotation and training, sensor fusion and so on are analyzed, and the solutions of algorithm optimization, hardware performance improvement, abundant data resources and multi-modal data fusion are proposed. Practical application cases show the wide application and remarkable effect of this technology in automatic driving, intelligent traffic management and assisted driving systems. In the future development outlook, it is pointed out that machine vision technology will play a more important role in improving traffic safety, management efficiency and system intelligence.

Keywords : machine vision; vehicle detection; pedestrian detection; active avoidance; intelligent traffic

引言

随着城市化进程的加快,交通事故频发成为亟待解决的社会问题。传统的车辆和行人检测方法存在检测精度低、反应速度慢等问题,难以满足复杂交通环境的需求。机器视觉技术作为一种新兴的计算机视觉技术,具有高精度、高实时性的特点,被广泛应用于智能交通领域。本研究旨在利用机器视觉技术,开发一种高效的车辆行人检测与主动避让系统,通过提高交通环境下的安全性,减少交通事故的发生。本文将详细探讨该技术的实现方法及其在实际应用中的效果,期望为未来智能交通系统的发展提供参考和借鉴。

一、机器视觉技术在交通检测中的应用现状

机器视觉技术在交通检测中的应用已经取得了显著进展,成为智能交通系统的重要组成部分。该技术通过摄像头和图像处理算法,实现对交通环境中车辆和行人的自动识别与跟踪,提高交通管理的自动化和智能化水平。近年来,随着深度学习算法和硬件性能的提升,机器视觉技术在交通检测中的应用效果进一步提升。目前,机器视觉技术在交通检测中的主要应用包括车辆检测、行人检测、交通标志识别以及车道线检测等^[1]。车辆检测方

面,利用卷积神经网络(CNN)等深度学习模型,可以在复杂背景下准确识别和分类车辆。研究表明,基于YOLO(You Only Look Once)和SSD(Single Shot MultiBox Detector)等模型的车辆检测算法,能够在毫秒级时间内完成检测,精度可达95%以上,有效支持实时交通监控。

行人检测是交通检测中另一个关键应用领域。基于机器视觉的行人检测技术,通过区域提取、特征描述和分类器训练等步骤,实现对行人的高效识别。当前主流的行人检测算法,如Faster R-CNN、Mask R-CNN等,能够在拥挤和光照变化的环

境中维持较高的检测准确率。数据显示，这些算法在标准数据集上的检测精度已经超过90%，并且检测速度在实际应用中已达到可接受的水平。交通标志识别是交通检测中的重要组成部分。通过机器视觉技术，可以自动识别和分类各种交通标志，提高驾驶辅助系统的智能化程度^[2]。

目前，基于深度学习的交通标志识别算法，如 AlexNet、ResNet 等，能够在大规模标志数据库上进行训练，并在实际场景中实现高精度的识别。研究表明，这些算法在常见标志数据集上的识别准确率可达98%以上，有效提升了自动驾驶系统的安全性和可靠性。车道线检测也是机器视觉技术在交通检测中的重要应用之一。通过摄像头采集道路图像，利用图像处理和机器学习算法，可以精确识别和追踪车道线。现有的车道线检测算法，如 Hough 变换、Canny 边缘检测等，已经在实际应用中得到广泛验证，其检测精度和鲁棒性都达到了较高水平。

二、当前车辆行人检测与避让技术的挑战

当前车辆和行人检测与避让技术在实际应用中面临诸多挑战，影响了智能交通系统的全面推广和应用。这些挑战主要体现在复杂环境适应性、检测精度与速度、数据标注与训练、传感器融合，以及系统可靠性与安全性等方面。复杂环境适应性是车辆和行人检测与避让技术面临的首要难题。在实际交通环境中，光照变化、天气条件、动态背景等因素会显著影响检测算法的性能。夜间低光照环境、强光下的阴影区域、雨雪天气导致的能见度降低等情况，都会对摄像头采集的图像质量造成干扰，进而降低检测准确性^[3]。研究表明，现有的检测算法在恶劣天气条件下的准确率往往下降超过20%，这对系统的稳定性和可靠性提出了严峻考验。

检测精度与速度也是当前技术的一大挑战。为了保证交通安全，检测系统不仅需要高精度的识别能力，还要求实时响应速度。然而，检测精度和速度常常呈现相互制约的关系。尽管深度学习模型如 YOLO、Faster R-CNN 在检测精度上表现优异，但其计算复杂度较高，导致实时性不足。在车辆行人密集的复杂交通场景中，过高的计算延迟可能会导致系统无法及时作出避让决策，增加了事故风险。当前，如何在保证高精度的同时提升检测速度，仍然是研究的重点方向^[4]。

数据标注与训练也是一个不可忽视的问题。高效的车辆和行人检测算法依赖于大规模、高质量的标注数据集。然而，数据标注是一项耗时耗力的工作，特别是在交通场景中，需要对大量图像中的车辆和行人进行精确标注。数据集的不平衡性，如特定场景或类别数据的缺失，也会影响模型的泛化能力。为了提升模型的检测性能，必须持续收集和标注多样化的交通数据，这对数据资源和人力资源都提出了较高要求。传感器融合技术的挑战也不容忽视。在实际应用中，单一类型的传感器往往难以应对复杂的交通环境。为此，研究人员提出了多传感器融合方案，将摄像头、激光雷达、毫米波雷达等多种传感器的数据进行融合处理，以提高检测的准确性和可靠性。然而，不同传感器的数据具有异

构性，融合过程中需要解决数据同步、坐标对齐、信息冗余等技术难题，增加了系统的复杂性和计算负担。

三、机器视觉在车辆行人检测与主动避让中的技术实现

机器视觉技术在车辆和行人检测与主动避让中的实现过程涉及多个关键环节，包括图像采集、特征提取、目标检测与分类、跟踪以及决策与控制等。通过这些环节的协同工作，能够构建一个高效、可靠的智能交通系统。图像采集是实现机器视觉技术的第一步。高分辨率摄像头安装在车辆前部、侧面和后部，通过采集周围环境的图像数据，为后续处理提供基础。为了提高图像质量，摄像头通常配备自动对焦、白平衡调整和防抖动功能^[5]。在光照变化较大的场景中，高动态范围（HDR）摄像头能够有效捕捉细节，增强图像的清晰度和对比度。

特征提取是图像处理的核心环节。通过卷积神经网络（CNN）等深度学习模型，从图像中提取车辆和行人的特征信息。常用的特征提取算法包括 SIFT（尺度不变特征变换）、SURF（加速鲁棒特征）和 ORB（快速旋转二进制特征），这些算法能够识别图像中的关键点和局部特征。深度学习模型在特征提取过程中表现出色，特别是在复杂背景和多变光照条件下，依然能够保持高效的特征提取能力^[6]。目标检测与分类是实现车辆和行人检测的关键步骤。基于深度学习的目标检测算法，如 YOLO 和 Faster R-CNN，在交通检测中得到了广泛应用。这些算法通过在图像中生成候选区域，对每个区域进行分类和边界框回归，实现高精度的目标检测。研究表明，YOLOv4 算法在 MS COCO 数据集上的平均精度（mAP）达到43.5%，处理速度可达65 FPS，能够满足实时检测的需求。

目标跟踪是实现连续检测和避让的重要环节。通过卡尔曼滤波器、粒子滤波器等算法，对检测到的目标进行跟踪，预测其运动轨迹，确保检测的连续性和稳定性。多目标跟踪（MOT）算法，如 SORT 和 Deep SORT，通过结合检测结果和运动信息，实现对多个目标的高效跟踪。实际应用中，这些算法能够在复杂交通环境中保持较高的跟踪精度和实时性。决策与控制是实现主动避让的最终环节。基于检测和跟踪的结果，通过路径规划和控制算法，生成避让决策，控制车辆的加速、减速和转向，确保行车安全。常用的路径规划算法包括 A*、Dijkstra 和 RRT（快速随机树），这些算法能够在复杂环境中生成最优路径。

四、检测与避让技术在实际交通环境中的应用案例

在自动驾驶领域，检测与避让技术是实现无人驾驶的重要组成部分。自动驾驶汽车通过安装在车身各处的摄像头、雷达和激光雷达，实时采集周围环境的信息，利用先进的图像处理和机器学习算法进行车辆和行人检测。根据 Waymo 的测试数据，其自动驾驶系统在复杂城市环境中能够实现99.9%的检测精度，有效识别和避让行人、车辆和其他障碍物。在实际运营中，Waymo 的自

自动驾驶车辆已累计行驶超过2000万英里，展示了检测与避让技术在提高交通安全和减少事故方面的潜力。智能交通管理系统也是检测与避让技术的重要应用场景。通过在城市道路和交叉口安装高精度摄像头和传感器，交通管理中心能够实时监控交通流量和路况，快速识别潜在的交通事故和安全隐患^[7]。北京市交通管理局引入的智能交通监控系统，通过实时图像分析和机器学习技术，实现了对车辆违章行为的自动检测和处理。

数据显示，自该系统投入使用以来，交通事故率下降了15%，交通拥堵情况也得到了显著改善。在辅助驾驶系统中，检测与避让技术进一步提升了驾驶员的安全性和舒适性。高级驾驶辅助系统（ADAS）利用前置摄像头和传感器，实时监控前方道路状况，提供车道偏离警告、碰撞预警和自动紧急制动等功能。特斯拉的Autopilot系统结合摄像头、雷达和超声波传感器，通过深度学习算法实现了高效的车辆和行人检测。在高速公路行驶时，该系统能够自动调整车速和方向，确保安全行驶。根据特斯拉发布的数据，启用Autopilot功能的车辆事故率比未启用时下降了40%，显示出显著的安全优势。

检测与避让技术还在智慧城市建设中发挥着重要作用。通过在关键路段和公共场所部署智能监控设备，城市管理者能够实时掌握交通动态，优化交通信号控制，减少交通拥堵^[8]。上海市在重要交通枢纽和商业区安装了智能监控摄像头，通过实时视频分析，实现了对人流和车流的动态管理。自系统上线以来，平均通行时间减少了12%，公共交通效率提升了8%，大大改善了市民的出行体验。

五、智能交通系统中机器视觉技术的发展展望

智能交通系统中的机器视觉技术正经历快速发展，未来有望在多个方面取得重大突破。随着深度学习和计算机视觉算法的不断进步，检测与避让的精度和速度将大幅提升，为实现全面自动驾驶和智能交通管理提供强有力的技术支撑。在算法优化方面，未来的机器视觉技术将更加依赖于先进的深度学习模型，如Transformer和自监督学习等新兴技术。这些模型具有更强的特

征提取和模式识别能力，可以在复杂多变的交通环境中实现更高的检测精度和实时性。集成多模态数据融合技术，将摄像头、激光雷达、毫米波雷达等多种传感器的数据进行综合处理，可以显著提升系统的可靠性和鲁棒性^[9]。

硬件性能的提升也是未来机器视觉技术发展的重要方向。随着计算能力的不断增强，嵌入式系统和边缘计算设备将能够处理更复杂的视觉任务。在车辆中部署高性能的GPU和专用AI芯片，可以实现实时图像处理和深度学习推理，减少延迟，提升系统响应速度。智能交通基础设施中也将采用更高分辨率的摄像头和更快速的数据传输技术，支持大规模、实时的交通监控和管理。数据资源的丰富和标注技术的进步将为机器视觉技术的发展提供坚实的基础。通过大规模数据集的构建和开源，研究人员可以训练更加健壮和泛化能力强的模型^[10]。

自动化数据标注工具的应用，可以大幅减少人工标注的工作量，提高数据处理的效率和准确性。持续的数据收集和更新，将帮助模型不断适应新的交通环境和场景，保持高水平的检测性能。在应用层面，未来的机器视觉技术将更加深入地融入智能交通系统，推动智慧城市的建设。自动驾驶车辆将逐步普及，机器视觉技术作为其核心，将显著提升行车安全和交通效率。智能交通管理系统将更加智能化和自动化，通过实时监控和动态优化交通流量，减少拥堵，提高城市的通行能力。面向行人和非机动车的安全防护系统也将得到进一步发展，为各类交通参与者提供全面的安全保障。

结语

现有技术在复杂环境适应性、检测精度与速度、数据标注与训练、传感器融合等方面面临诸多挑战，但也展现出巨大的潜力和应用价值。未来，随着算法优化、硬件性能提升、数据资源丰富以及多模态数据融合技术的发展，机器视觉技术将在提升交通安全性、管理效率和系统智能化方面发挥更为重要的作用，为构建智慧交通系统提供强有力的技术支持。

参考文献：

- [1] 李明. 机器视觉在智能交通中的应用现状与挑战[J]. 计算机工程与应用, 2022, 58(4): 56-63.
- [2] 王强. 基于深度学习的行人检测算法研究[J]. 软件学报, 2021, 32(12): 3012-3025.
- [3] 陈华. 智能车辆避碰系统的设计与实现[J]. 电子技术应用, 2020, 46(7): 89-94.
- [4] 张伟. 城市交通中车辆检测与行人避让技术的发展[J]. 智能系统学报, 2023, 15(3): 66-72.
- [5] 刘洋. 复杂交通环境下的机器视觉算法优化[J]. 交通信息与安全, 2019, 37(6): 45-50.
- [6] 郭瑞祥. 基于机器视觉的自动避让系统优化研究[J]. 电子设计工程, 2021, 29(10): 96-100.
- [7] 谢阳. 智能车辆环境感知与决策技术[J]. 车辆与驾驶技术, 2023, 44(2): 18-23.
- [8] 王立军. 基于YOLO的交通监控系统的设计与实现[J]. 计算机工程与设计, 2020, 41(1): 27-32.
- [9] 邱泽宇. 增强现实技术在智能驾驶辅助系统中的应用[J]. 计算机工程, 2019, 45(4): 162-167.
- [10] 刘瑾. 深度神经网络在车辆检测中的应用[J]. 通信技术, 2021, 54(2): 424-430.