

基于 YOLOv8-DCA 的货车盲区监控系统设计与安全性优化研究

杨锦涛, 刘卓, 万晟凯, 李松达, 何宣泽
东北林业大学土木与交通学院, 黑龙江 哈尔滨 150040

摘要: 本研究针对货车盲区问题提出了一种基于 YOLOv8-DCA 的改进算法。通过引入动态卷积注意力机制和增强 IoU 损失函数, 提升了模型在复杂环境下的特征提取能力和检测精度, 尤其在阴雨天、低光和雾天等条件下表现出色。动态监控模块结合车辆参数实现摄像头监控区域的实时调整, 优化盲区覆盖范围。实验结果表明, 该算法在盲区覆盖率、检测精度方面均优于原 YOLOv8 算法, 检测精度提高 6.5%, mAP 提升 6.9%。该研究为货车盲区监控提供了可靠的技术支持, 并为智能交通和道路安全的可持续发展奠定了基础。

关键词: 货车盲区; YOLOv8-DCA; 动态监控; 安全性评估

Design and Safety Optimization Research of Truck Blind Spot Monitoring System Based on YOLOv8-DCA

Yang Jintao, Liu Zhuo, Wan Shengkai, Li Songda, He Xuanze

School of Civil Engineering and Transportation, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040

Abstract: This study proposes an improved algorithm based on YOLOv8-DCA to address the blind spot issue in trucks. By introducing a dynamic convolutional attention mechanism and an enhanced IoU loss function, the model's feature extraction ability and detection accuracy in complex environments are significantly improved, particularly under conditions such as rainy, low-light, and foggy weather. The dynamic monitoring module, combined with vehicle parameters, enables real-time adjustments of the camera monitoring area to optimize the blind spot coverage. Experimental results show that the algorithm outperforms the original YOLOv8 in both blind spot coverage and detection accuracy, with a 6.5% increase in detection precision and a 6.9% improvement in mAP. This research provides reliable technical support for truck blind spot monitoring and lays a foundation for the sustainable development of intelligent transportation and road safety.

Keywords: truck blind spots; YOLOv8-DCA; dynamic monitoring; safety assessment

引言

货车因车身尺寸大、驾驶舱高、盲区广, 尤其在转弯时, 驾驶员难以全面观察周围环境, 容易发生交通事故。盲区事故主要发生在车头两侧和车尾区域, 对行人和非机动车构成严重安全隐患。据统计, 2021 年中国因货车交通事故死亡人数达 1.66 万人, 占总交通事故死亡人数的较大比例, 右转盲区导致事故几乎必然引发危险^[1]。在茂名市电白区, 2016 年至 2020 年货车交通肇事案件中, 重型货车占比达 50.9%, 致死 61 人^[2]。随着重型货车数量增加, 其盲区引发的高事故率和致死率成为严重交通安全问题, 亟需有效的监控与预警技术。

现有货车盲区监控系统存在多种不足, 难以满足复杂交通环境下的安全需求。传统静态监控设备无法实时适应车辆动态变化, 监控覆盖范围有限, 存在盲区^[3]。在复杂环境下, 现有装置的图像清晰度和监控能力不足。同时, 缺乏基于人工智能的行为分析功能, 无法对盲区内的动态目标进行识别和预警, 限制了其应用效果^[4]。本研究设计一种基于 YOLOv8-DCA 的货车盲区监控系统, 通过动态优化算法和 AI 行为分析实现实时监控与智能预警。系统提升盲区覆盖范围与环境适应性, 弥补传统系统不足, 为减少货车交通事故、提升道路安全提供技术支持, 并为智能交通领域发展提供重要参考。

四、模拟实验设计与分析

(一) 数据集

本实验使用自制数据集进行模型训练与评估，数据来源包括百度 Aistudio 开源数据集、CuLane 数据集及行车记录仪图像，涵盖阴雨天、雾天和动态遮挡等复杂场景。数据集包含 2014 张来自百度 Aistudio 的多类别图像，以及通过行车记录仪截取的实际驾驶图像。最终，自制数据集包含 3052 张标注图像，确保实验数据具有广泛适用性与代表性。

(二) 实验环境

本实验基于 Windows 11 64 位操作系统，本实验硬件环境采用树莓派 4B，配备 16GB 内存，搭载 Broadcom BCM2711 四核 Cortex-A72 处理器，依赖 CPU 环境进行模型训练和推理。软件环境为 Python 3.9.7 和 PyTorch 1.12.1。实验中设置初始学习率为 0.01，最终学习率为 0.02，Batch size 设置为 2，训练 50 次迭代，输入图片尺寸为 640 px × 640 px。为提高模型泛化能力，使用 Mosaic 数据增强技术进行数据扩充，优化模型的检测精度。

(三) 模拟实验设计

为验证 YOLOv8-DCA 模型在货车盲区监控中的性能，实验分为动态盲区覆盖实验和复杂环境对比实验。动态盲区覆盖实验通过仿真不同车速与转弯角度下的盲区覆盖变化，评估模型在动态场景中的适用性；复杂环境对比实验则在阴雨天、低光和雾天场景下，比较 YOLOv8-DCA 与 YOLOv8 模型在精度、召回率和均值平均精度上的表现。

(四) 实验结果分析

1. 动态盲区覆盖实验结果分析

实验结果显示，随着车速增加和转弯角度加大，盲区覆盖面积逐步变化。YOLOv8-DCA 模型能够在不同动态场景中有效适应盲区的变化，盲区覆盖率随车辆运动条件的变化表现稳定。如下表 1 展示了各车速和转弯角度条件下的盲区覆盖率和覆盖面积：

表 1 动态盲区覆盖实验结果表

车速 (km/h)	转弯角度 (°)	盲区覆盖率 (%)	盲区覆盖面积 (m ²)
20	30	78.5	12.5
20	60	82.3	15.8
20	90	85.6	19.2
40	30	75.2	11.3
40	60	80.1	14.5
40	90	84.5	18.1
60	30	72.8	10.2
60	60	78.4	13.9
60	90	82.7	17.4

根据表 1 可知，随着车速的增加，盲区覆盖率和覆盖面积呈下降趋势，尤其在较高车速和较小转弯角度下，监控性能受到影响。然而，转弯角度对盲区覆盖有显著影响，角度增大时，覆盖率和面积都会提升。实验表明，YOLOv8-DCA 模型能够有效适应动态变化的监控场景，尤其在复杂转弯条件下，保持较高的覆盖能力，适合实际货车盲区监控需求。

2. 复杂环境对比实验结果分析

为了验证本文提出的 YOLOv8-DCA 改进算法在复杂环境下的有效性和优越性，将其与现有经典的 YOLO 系列检测算法在阴雨天、雾天及动态遮挡场景中进行对比实验，评估检测精度、召回率、均值平均精度三个指标的性能表现。实验结果如表 2 所示。

表 2 复杂环境检测性能对比实验结果分析表

模型	场景	精度 (P)	召回率 (R)	mAP (%)
YOLOv8	阴雨天	85.1	78.4	82.5
YOLOv8-DCA	阴雨天	91.2	86.5	89.4
YOLOv8	低光	83.2	76.1	80.9
YOLOv8-DCA	低光	89.7	84.2	87.1
YOLOv8	雾天	80.4	74.2	78.3
YOLOv8-DCA	雾天	87.6	82.5	85.2

从表 2 数据可以看出，YOLOv8-DCA 在复杂环境下的性能显著优于原 YOLOv8 模型。在阴雨天场景中，YOLOv8-DCA 的精度、召回率和 mAP 分别提升了 6.1%、8.1% 和 6.9%，展现了其在光照不均匀条件下的强大检测能力。在低光环境下，YOLOv8-DCA 的精度和召回率分别提升了 6.5% 和 8.1%，得益于动态卷积注意力机制的引入，增强了目标特征的提取能力。在雾天场景中，YOLOv8-DCA 的 mAP 提升了 6.9%，有效应对目标遮挡或模糊情况，确保了较高的检测准确率。整体而言，YOLOv8-DCA 在复杂环境中的精度、召回率均显著提升，为货车盲区监控提供了可靠技术支持。

五、结论

该文提出了一种基于 YOLOv8-DCA 算法的货车盲区监控系统，通过引入动态卷积注意力机制和增强损失函数，显著提升了模型在复杂环境中的检测精度和召回率。实验表明，该算法在检测性能上优于传统 YOLO 模型，为货车盲区实时监控和预警提供了技术支持，且有望为智能交通和道路安全的可持续发展提供助力。

参考文献

- [1] 高登, 王志仁, 王瑞, 等. 基于 AI 的货车盲区自动监测报警系统 [J]. 汽车文摘, 2023, (07): 46-49.
- [2] 王洪波, 于兵万. 重型货车为何频发交通事故 [J]. 方圆, 2020, (22): 58-61.
- [3] Xiao, D., Li, H. Z., Liu, C. Y., & He, Q. F. (2019). Large-truck safety warning system based on lightweight SSD model. Computational Intelligence and Neuroscience, 2019, 2180294.
- [4] 雷纵横, 张金泉, 陈孝龙, 等. 一种重型货车盲区监测系统 [C]// 中国汽车工程学会 (China Society of Automotive Engineers). 2021 中国汽车工程学会年会论文集 (1). 一汽解放汽车有限公司, 2021: 4.
- [5] 周重位, 叶笑, 李朝山. 基于 YOLOv8-HAT 的货车视野盲区检测算法 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5(20): 25-28.