

基于 YOLO v8 改进的低辨识度图像目标检测算法研究

黄建昌 董天航 成泽琳

河北农业大学理工系, 中国·河北 保定 071001

摘要: 目标检测作为高级辅助驾驶系统中的一项基本任务, 对于保障驾驶安全而言尤为关键。为提升红外图像中低辨识度目标的识别精度, 本文提出一种改进 YOLOv8 的红外图像目标检测算法。首先, 运用中值滤波器降噪与限制对比度自适应直方图均衡化 (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) 方法对原始红外图像进行预处理, 增强了红外目标的清晰度与图像的对比度。其次, 在 YOLOv8 主干网络中融入泛化能力更强的 SKNET 注意力机制, 提高了不同尺度 (大小、远近) 目标的检测速度与检测精度。最后, 在 FLIR ADAS v2 红外图像数据集上对常用的目标检测网络进行验证对比。结果显示, 本文提出的改进 YOLOv8 目标检测算法针对红外图像中的车辆、行人、自行车的平均精度达到 88.8%, 相较于原始的 YOLOv5 和 YOLOv8 目标检测网络分别提升了 4%、2.7%, 且检测速度从原来的 43fps 提高至 46.5fps, 实现了对红外图像中关键目标的快速、准确且有效的检测。

关键词: 高级驾驶辅助系统; 目标检测; 红外图像; YOLOv8; 注意力机制

Research on Improved Low-Resolution Image Object Detection Algorithm Based on YOLO v8

Huang Jianchang, Dong Tianhang, Cheng Zelin

Department of Science and Engineering, Hebei Agricultural University, China Hebei Baoding 071001

Abstract: As a fundamental task in advanced driver assistance systems, object detection is particularly crucial for ensuring driving safety. To improve the recognition accuracy of low-visibility targets in infrared images, this paper proposes an improved YOLOv8 infrared image object detection algorithm. Firstly, median filtering is used for noise reduction and Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) is applied to preprocess the original infrared images, enhancing the clarity of infrared targets and the contrast of the images. Secondly, the SKNET attention mechanism, with stronger generalisation ability, is integrated into the YOLOv8 backbone network to improve detection speed and accuracy for targets of different scales (size and distance). Finally, commonly used object detection networks are validated and compared on the FLIR ADAS v2 infrared image dataset. The results show that the proposed improved YOLOv8 object detection algorithm achieves an average precision of 88.8% for vehicles, pedestrians, and bicycles in infrared images, representing an increase of 4% and 2.7% compared with the original YOLOv5 and YOLOv8 object detection networks, respectively, and the detection speed has increased from 43 fps to 46.5 fps, enabling fast, accurate, and efficient detection of key targets in infrared images.

Keywords: Advanced driver assistance system; Object detection; Infrared images; YOLO v8; Attention mechanism

0 引言

随着汽车智能化进程不断加速, 先进驾驶辅助系统 (ADAS) 已然成为提升行车安全的核心技术。其核心价值在于, 借助车载设备实时感知周边环境, 并针对潜在风险发出预警, 而摄像头正是该系统的关键感知单元。其中, RGB 摄像头凭借成本低廉、成像清晰等优势, 在 ADAS 中获得了广泛应用。然而, 在夜间或低光环境下, 其性能会大幅下降。红外摄像头通过捕捉温度差异来形成图像, 有效弥补了 RGB 摄像头的这一短板, 成为实现全天候环境感知的重要补充。不过, 在复杂的交通场景中, 物体的

温差波动会致使红外图像的对比度降低、噪声干扰增大, 目标特征变得模糊不清, 这严重影响了后续的检测精度, 因此红外图像预处理技术急需优化; 目标检测作为 ADAS 的核心任务, 直接决定了系统的安全性能, 其算法已从传统机器学习阶段发展到深度学习阶段, HOG + SVM^[1]、DPM^[2] 等传统算法曾在该领域占据主导地位, 2012 年之后, 深度学习算法引发了变革, RCNN^[3]、Faster RCNN^[4] 等模型逐步提高了检测精度, YOLO^[5-8] 系列凭借“端到端”的检测模式实现了速度上的突破, 其中 YOLOv8 通过 C2f 模块和新的损失函数进一步提升了性能, 但在红外小

目标检测方面仍存在不足。

红外图像的低质量特性以及小目标检测难题,对现有的算法提出了严峻挑战。为此,本文以YOLO v8为基础框架,将红外图像预处理技术与注意力机制相结合,在不增加计算复杂度的前提下,增强模型对红外图像中目标特征的提取能力。该改进方案针对红外图像检测的痛点,能够有效提高ADAS系统在复杂环境下的目标识别精度,具有显著的实际应用价值。

1 红外图像预处理

正如前文所言,红外图像相比RGB图像能够应对更加复杂的环境影响。但是由于热辐射较弱,红外图像对比度低、边缘模糊,图像整体较暗,没有色彩和阴影,因而分辨能力低^[9]。因此本文首先对红外图像的预处理方法进行研究,为后续YOLO模型的训练做准备。

1.1 中值滤波器降噪

根据红外热成像仪的工作方式,所形成的红外图像存在大量噪点,而这些噪点会严重影响图像或视频信息的质量,进而影响后续模型的识别精度。中值滤波可以有效地去除椒盐噪声和其他不规则噪声,而不会对图像的边缘和细节造成太大的模糊效果。中值滤波对每个像素周围的邻域内像素值进行排序,然后取其中位数作为当前像素的新值,其数学表达形式如(1)所示。

$$\hat{G}(x,y)=Med[g(a,b)],(a,b)\in I_{xy}$$

本文使用^[10]提出的自适应中值滤波器对红外图像进行降噪。该方法改变了原始中值滤波器处理窗口固定的特点,根据所选区域噪点分布的多少决定处理窗口的大小。对处理窗口中的中心点进行判断,如果是噪点,则使用滤波器输出的像素点进行替换。

1.2 基于CLAHE的红外图像增强

使用图像增强的目的是为了使红外图像中的目标轮

廓更加清晰,图像的细节更加明显,并且提高红外图像中目标与背景的对比度。本文使用基于CLAHE(Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)^[11]的红外图像增强算法对图像进行了处理,具体流程如图2所示。

运用CLAHE算法和双边滤波算法分别对基础图像和细节图像进行处理,随后将这两部分图像融合成一张新的图像。其中,细节图像是通过原始图像减去经高斯滤波后的图像得到的。CLAHE算法能够提升基础图像的对比度与视觉效果,而双边滤波算法可保留细节信息并降低图像噪声。实验结果表明,经过CLAHE算法增强后的红外图像,目标与背景的对比度显著提升,目标轮廓更加清晰,为后续的目标检测任务提供了更为可靠的图像基础。

2 改进YOLO v8算法

目标检测算法作为ADAS系统的重要组成部分,直接关系到系统质量和驾驶员的生命安全。YOLO网络作为目标检测的经典算法,对ADAS系统的实时性和准确性有着重要影响。YOLOv8虽然在性能上有所提升,但在面对红外图像中的低辨识度目标时,仍存在检测精度不高和速度有待提升的问题。为了解决这些问题,本文对YOLOv8^[12]算法进行了针对性的改进。

首先,针对红外图像对比度低、噪声大的特点,在算法输入前采用前文所述的中值滤波器降噪和基于CLAHE的红外图像增强方法,对图像进行预处理,有效提升了图像质量,为后续的目标检测提供了更好的基础。

其次,在YOLOv8的主干网络中融入了SKNET^[13]注意力机制。如图2所示,将YOLO v8网络Backbone部分SPPF前的C2f模块替换成SKNET模块。它通过自适应地调整不同通道的权重,使模型能够更加关注重要的特征信息,而忽略无关的背景噪声。这种机制增强了模型对不同

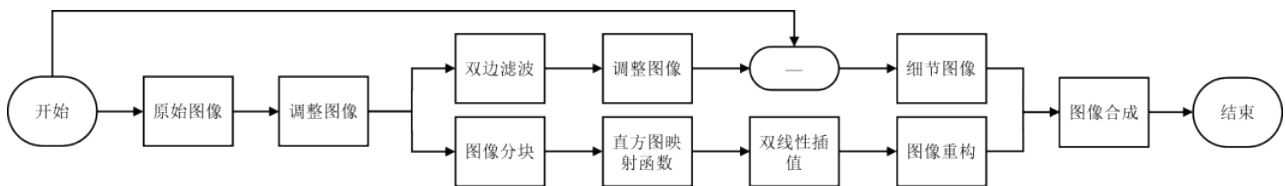


图1 基于CLAHE的红外图像增强算法流程图

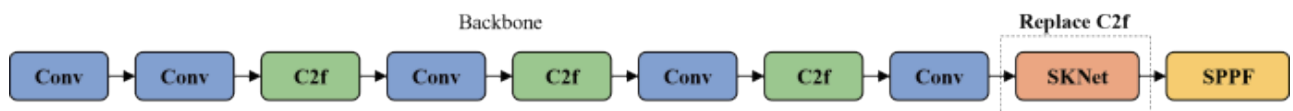


图2 YOLO v8改进后的Backbone结构

尺度目标的特征提取能力，从而提高了检测精度和速度。特别是在处理红外图像中的小目标时，SKNET 注意力机制能够显著提升模型的检测性能。

最后，为了进一步提升模型的检测速度，对 YOLOv8 的网络结构进行了优化。通过减少不必要的网络层数和参数数量，降低了模型的计算复杂度，从而在保证检测精度的同时，提高了检测速度。实验结果表明，经过改进后的 YOLOv8 算法在红外图像数据集上的检测速度有了显著提升。

3 实验设计

3.1 实验环境配置

本文运用 FLIR ADAS v2 数据集对改进后的 YOLO v8 目标检测算法进行测试。该数据集涵盖 18944 张图像（其中 9711 张为红外图像、9233 张为 RGB 图像）、15 类物体以及 5 种格式。

本文的软件环境为 PyCharm、Python 3.9、Pytorch 1.9.0、Ultralytics 8.0.124 和 YOLO v8；硬件环境包括 1T 硬盘、256G 内存以及 2 块 RTX 3090 显卡，用于数据存储和模型训练。

YOLO v8 官方提供了 n、s、l、m、x 五个版本，本

文选用 x 版本（其结构定义于 yolov8x.yaml）。针对 FLIR ADAS v2 数据集（包含 person、car、bike 三类），将 coco.yaml 中的 nc 变量（代表类别数）修改为 3，并设置训练集与校验集的路径。根据训练任务与自定义模型需求，详细的配置参数如表 1 所示。

3.2 实验结果分析

本文运用数据集中的验证集，分别对五种不同算法进行了对比，具体对比结果如表 2 所示。在对比实验中，每个模型均训练相同的 epochs 次数（见表 2）。

可见，融入 SKNET 注意力机制后的 YOLO v8 模型与 YOLOv5 相比，准确率提高了 1.6%，检测速度也从原来的 43fps 提升至 46.5fps。此外，经过图像预处理后，图像信息更易于识别，使得模型的准确率和计算速度进一步提高。相较于 YOLOv5、YOLOv8，准确率分别提高了 4%、2.7%。

另外，依据表 2 的测试结果，选取 YOLO v5 与 YOLOv8 + SKNET + 图像预处理模型开展了定性对比实验。结果显示，YOLOv8 + SKNET + 图像预处理算法分别多识别出了 7 辆汽车、8 个目标。这些汽车分别位于道路左侧和道路中间，右下角仅有车头的部分也被识别为汽车。

表1 YOLO v8模型参数配置

参数名称	所选数值	参数说明
task	detect	模型的任务类型
mode	train	模型的运行模式
model	yolov8x.yaml	选择的YOLO模型
epochs	101	模型训练的迭代次数
batch	32	批次大小
imgsz	640	输入图片大小
save	True	是否保存检查点
device	0,1	cuda设备编号
workers	8	数据加载的线程数
optimizer	SGD	使用的优化器
single_cls	False	模型输出是否为单类别

表2 不同YOLO模型性能对比

算法	AP / %			mAP0.5 / %	Recall / %	Precision / %	FPS
	person	car	bike				
YOLOv5	85.6	87.8	80.9	84.8	75.7	88.1	43
YOLOv5+Task-Specific Context Decoupling	86.2	88.4	82.3	85.7	76.8	88.5	43
YOLOv8	87.5	82.5	88.2	86.1	77.8	88.6	45
YOLOv8+SKNET	87.6	88.3	83.3	86.4	78.5	88.9	46.5
YOLOv8+SKNET+图像预处理	87.8	88.7	86.9	88.8	79.1	89	46.5

这充分证明图像预处理有效增强了图像特征, 排除了部分背景干扰, 从而有效提高了检测小目标的准确率和敏感性。

4 结语

本文探讨了 ADAS 系统中 RGB 图像与红外图像之间存在的差异, 并阐述了在 ADAS 系统中运用红外图像的必要性。通过中值滤波器进行去噪处理, 以减少红外图像中存在的噪声信息; 采用基于 CLAHE 的红外图像增强方法, 使图像的整体轮廓更为清晰。在目标检测算法方面, 选择对 YOLO v8 网络展开研究, 并依据其结构原理将注意力机制融入该网络。利用 FLIR ADAS v2 数据集进行模型训练, 验证了改进后的 YOLO v8 网络的可用性。通过不同 YOLO 模型的对比以及实景测试, 发现改进后的 YOLO v8 网络在目标检测效果上相较于其他 YOLO 版本网络有显著提升。

未来的工作将着重于多模态信息融合, 充分结合 RGB 图像与红外图像各自的优势, 灵活运用不同的特征信息, 降低特征计算的复杂度, 进一步精简模型, 提升算法的速度与准确率, 让 ADAS 系统在目标检测过程中能够更灵活地应对各种可能出现的环境变化。

参考文献:

[1] N. Dalal and B. Triggs. Histograms of oriented gradients for human detection [C] // 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR' 05), San Diego, CA, USA, 2005, 1:886-893.

[2] P. Felzenszwalb, D. McAllester and D. Ramanan. A discriminatively trained, multiscale, deformable part model [C] // 2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Anchorage, AK, USA, 2008:1-8.

[3] R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, et al. Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation [C] // 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA, 2014:580-587.

[4] Ren S, He K, Girshick R, et al. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017, 39(6):1137-1149.

[5] Redmon J, Divvala S, Girshick R, et al. You only look once: Unified, real-time object detection [C] // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (CVPR). Las Vegas, NV, USA, 2016:779-788.

[6] Redmon J, Farhadi A. Yolov3: An incremental improvement[J]. arXiv preprint arXiv: 1804.02767, 2018.

[7] Bochkovskiy A, Wang C Y, Liao H Y M. Yolov4: Optimal speed and accuracy of object detection[J]. arXiv preprint arXiv: 2004.10934, 2020.

[8] Terven, Juan R. and Diana-Margarita Córdova-Esparza. A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 and Beyond[J]. arXiv preprint arXiv:2304.00501, 2023.

[9] 马野, 吴振宇, 姜徐. 基于红外图像与可见光图像特征融合的目标检测算法[J]. 导弹与航天运载技术, 2022,389(05):83-87.

[10] 刘智嘉, 夏寅辉, 杨德振等. 基于中值滤波器的红外图像噪声处理的改进方法[J]. 激光与红外, 2019,49(03):376-380.

[11] 刘玉婷, 陈峥, 付占方等. 基于 CLAHE 的红外图像增强算法[J]. 激光与红外, 2016,46(10):1290-1294.

[12] G. Jocher, A. Chaurasia, J. Qiu. YOLO by Ultralytics. <https://github.com/ultralytics/ultralytics>, 2023. Accessed: February 30, 2023.

[13] Li X, Wang W, Hu X, et al. Selective kernel networks [C] // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition (CVPR). Long Beach, CA, USA, 2019: 510-519.

基金项目: 2025 年度河北省省属高等学校基本科研业务费研究项目 (项目名称: 基于多模态特征融合的智能车辆低辨识目标检测算法研究, 项目编号: KY2025050)。