

基于 YOLOv9 的遥感影像船舶识别方法研究

胡馨方¹ 刘琨² 赵帅兵²

1 河南省地理信息院 2 山东理工大学 建筑工程与空间信息学院

DOI:10.12238/pe.v3i4.15158

[摘要] 海面航行中的船舶监测一直是海事管理机构密切关注的重点领域,缘于海上环境的多变性与复杂性,对船舶的安全航行构成了严峻挑战。因此,增强船舶的识别与检测能力,成为了维护海上安全不可或缺的一环。深入认识航行过程中各要素之间的相互影响,构建船舶航行综合治理技术体系,是解决安全与经济发展问题的根本途径。本文针对上述问题,从船舶识别与监测的角度出发,总结了识别系统的概念和特征,并以DataCastle平台提供的公开数据集boats detection为例开展应用利用YOLOv8与YOLOv9算法进行学习。研究表明:YOLOv9在性能表现上明显超越YOLOv8。具体而言,YOLOv9的精确度提升到了94.239%,相对于YOLOv8增幅为6.238%;其召回率达到86.878%,相较于YOLOv8提升了13.45%。此外,在关键指标mAP@.5方面,YOLOv9从YOLOv8的80.725%跃升至93.55%。进一步证实了YOLOv9在综合检测性能上的明显进步。本文可为船舶航行提供技术支持。

[关键词] 卷积神经网络; 船舶识别; 目标检测; YOLOv9; YOLOv8

中图分类号: U663 **文献标识码:** A

Research on Ship Recognition Method of Remote Sensing Images Based on YOLOv9

Xinfang Hu¹ Kun Liu² Shuaibing Zhao²

1 Henan Geographic Information Center

2.School of Civil Engineering and Geomatics, Shandong University of Technology

[Abstract] The monitoring of vessels navigating at sea has always been a key area of focus for maritime regulatory authorities,owing to the variability and complexity of the marine environment,which poses significant challenges to the safe navigation of ships.Therefore, enhancing the capability of vessel identification and detection has become an indispensable part of maintaining maritime safety.A thorough understanding of the interactions among various elements during navigation and the construction of a comprehensive governance technology system for vessel navigation are fundamental approaches to addressing the issues of safety and economic development.This paper addresses the aforementioned problems from the perspective of vessel identification and monitoring.It summarizes the concepts and characteristics of identification systems and conducts an applied study using the publicly available dataset "boats detection" provided by the DataCastle platform,employing the YOLOv8 and YOLOv9 algorithms for training.The research demonstrates that YOLOv9 significantly outperforms YOLOv8 in performance.Specifically, the precision of YOLOv9 increases to 94.239%,a 6.238% improvement over YOLOv8,while its recall rate reaches 86.878%,a 13.45% increase compared to YOLOv8. Additionally,in the critical metric mAP@.5,YOLOv9 rises from 80.725% for YOLOv8 to 93.55%,further confirming its substantial advancement in overall detection performance.This study can provide technical support for vessel navigation.

[Key words] Convolutional Neural Network; Ship Identification; Object Detection; YOLOv9; YOLOv8

引言

随着社会发展与科技进步,国家海洋战略不断深入推行,我国航海事业正经历着迅猛发展^[1]。船舶检测技术的使用,可以实时掌握本国海域或港口的信息,为海面安全提供了有力的技术

保障。传统的目标检测算法大多基于滑动窗口模型,不针对候选区域的选择,容易产生窗口冗余,存在鲁棒性差的缺点,且难以提取目标的深层信息^[2]。与传统的目标检测算法相比,深度学习目标检测算法具有更高的检测精度,检测效果更加稳

定, 准确性大幅度提高, 其中YOLO算法更是广泛应用于目标检测中。

YOLO是一种广泛应用于实时目标检测的算法, 其核心特点是将目标检测问题转化为一个回归问题, 通过单个神经网络直接从整幅图像中预测边界框和类别概率。YOLO系列算法不仅在通用目标检测任务中表现出色, 还被广泛应用于特定领域, 如农业、无人机遥感图像处理和船舶检测等方面^[3]。在船舶检测方面, 于楠晶等人^[4]设计MHSA-YOLO模型, 该模型融入了多头自注意力机制(MHSA)至YOLO架构内, 金梅等人^[5]在YOLOv4模型的基础框架上进行了拓展, 加速船舶的检测流程, 熊超等^[6]提出了一项改良方案, 专门用于中心点船舶的检测。郭磊^[7]通过引入尺度特征检测与构建特征金字塔, 有效地解决了原算法在捕获深层次船舶特征信息时的不完整性问题。

本文从YOLO高系列的角度出发, 以实验使用了DataCastle平台提供的公开数据集boats detection为例。深入分析YOLOv9、v5、v8之间的区别与联系, 帮助更好分析与高系列的YOLO进行结合, 为之后研究者改进提供帮助。

1 YOLOv9算法介绍

1.1 YOLOv9组成

1.1.1输入端。YOLO网络的输入端主要负责对输入图像进行数据预处理, 具体包括以下几个方面:

马赛克增强: YOLOv9在数据预处理阶段采纳了Mosaic数据增强策略, 此策略涉及对单一图像实施随机变换, 包括但不限于旋转、剪切、尺寸调整及创造性地将四幅图像随机拼凑为一, 以此方式生成多样化的复合图像。

自适应锚框计算: YOLOv9网络初始化涉及预设多种尺寸的锚框。模型训练进程启动后, 首先在这些预设锚框上预测目标框尺寸, 随后, 将预测框与实际标注的真值框尺寸进行匹配比较, 通过量化两者尺寸差异, 反馈至训练环节。

1.1.2处理层。处理层的主要职责是对输入端提炼的基础特征实施深化处理, 为后续输出层的精细化分析奠定坚实基础。在YOLOv9的架构设计中, 处理层特别集成了空间金字塔池化(SPP)、特征金字塔网络(FPN)及路径聚合网络(PAN)等多种关键技术, 显著增强了模型的检测性能与泛化能力。

1.1.3输出层。在网络的后期阶段, 特征图经由组件处理, 执行目标分类作业, 并优化候选框尺寸。在YOLOv9框架中, 选用的损失函数是CIoU_LOSS, 该函数专为预测边界框与实际框的重叠区域优化设计。相较于以往算法展现出更为全面的性能提升。

1.2 YOLOv9全新结构

研究者把CSPNet、ELAN这两种神经网络架构结合起来, 从而设计出兼顾轻量级、推理速度和准确性的通用高效层聚合网络。YOLOv9的一个显著特点是强调了对“可编程梯度信息来学习任何内容”的利用。这意味着模型在训练过程中更高效地管理和利用梯度信息, 以促进参数的优化, 从而加快收敛速度并增强模型在各种任务上的泛化能力。

2 实验与结果分析

2.1数据来源预处理

实验使用了DataCastle平台提供的公开数据集boats detection, 涵盖了621幅船舶图像。为提升模型训练的准确度与稳定性, 实验设计纳入了数据增强环节。主要包括几何变形与像素调节两大类, 涉及操作诸如旋转、位移、镜像变换、随机剪切、噪点注入及色彩调整等手段。核心构建于Anaconda3平台上, 配置以Python开发环境。硬件配置为GPURT-X-4060, CPU I7-13650H, 内存为32GB操作系统为WINDOWS11。

2.2指标评价

目标检测中常用来衡量模型性能的指标有准确率、精确率、召回率、平均精度AP和平均精度均值mAP、交并比等。

YOLOv9与v8的函数损失函数曲线图如图1所示。观察显示, YOLOv9算在训练中与v8算法相比较, YOLOv9的置信度损失均展现出了一种持续减少的正面趋势, 这表明了算法优化对于增强模型收敛能力及显著提升其总体性能表现良好。

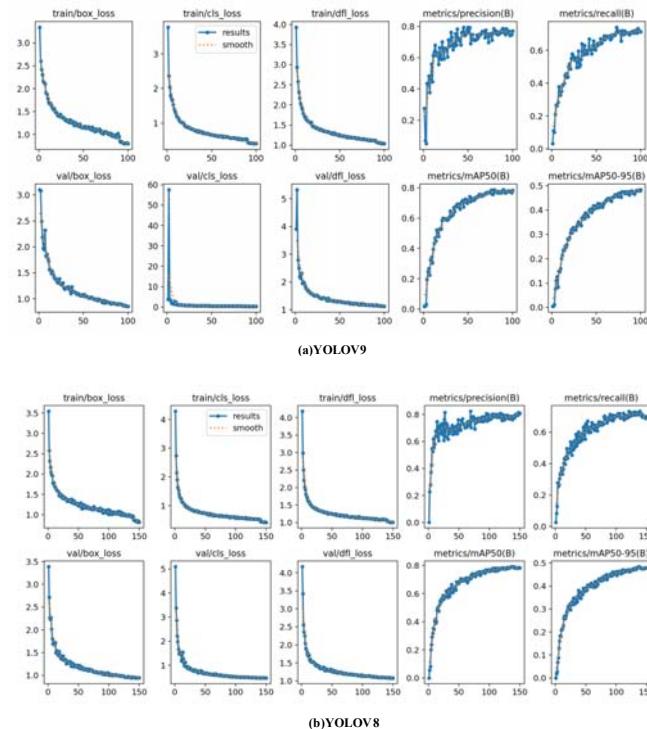


图1 YOLOv9、v8系列损失函数曲线图

2.3对比分析

汇总并比较了YOLOv9与v8这两种算法的精度表现, 具体而言, v9的精确度提升到了94.239%, 相对于YOLOv8增幅为6.238%; 证实了YOLOv9在综合检测性能上的明显进步。

为进一步验证YOLOv9的各项指标及其精确度, 与改进后的YOLOv5进行比较。

2.3.1验证集检测效果

在验证集上分别运行模型, 观察其识别效果。各算法网络在验证集上的检测效果如图3所示。



(a) YOLOv8



(b) YOLOv5-SE-EIoU



(c) YOLOv9

图3 验证集检测效果图

表1 6种YOLO版本的参数对比

Method	version	P (%)	R (%)	mAP@.5 (%)	mAP@.5:.95 (%)
YOLOv5	YOLOv5	0.87039	0.72149	0.78239	0.46127
	YOLOv5-SE	0.93148	0.87976	0.9225	0.6833
	YOLOv5-SE-EIoU	0.87396	0.72731	0.7773	0.45899
YOLOv8	YOLOv8	0.87911	0.73433	0.80725	0.50955
YOLOv9	YOLOv9	0.94239	0.86878	0.9335	0.7044

2.3.2 参数对比

为了进一步验证对比YOLO各系列的优缺点,将YOLO系列的各种参数进行对比分析,对比结果如表1所示。YOLOv9算法在精确率、召回率及mAP指标上均实现了对YOLOv8、v5算法的显著超越。

3 总结

船舶识别与监测仍有广阔的探索空间。未来研究工作的核心将聚焦于以下几个方面:

(1) 后续研究重心将转向探寻如何在维持高检测准确率的同时,优化模型结构,减少不必要的参数量,以期在精度和速度间达到理想的均衡状态。可以通过神经元剪枝策略剔除非关键性的网络组件,以及采用低精度量化手段来缩减模型的存储占用与计算负担,从而实现高效且经济的实时检测解决方案。

(2) 在训练YOLOv9模型后,我们观察到准确率与召回率均有一定程度的上扬,但其平均精度(mAP)出现了轻微下滑。鉴于此现象,后续研究的核心将聚焦于深入剖析此算法,研究mAP降低的具体原因,并探索相应的优化路径。

[参考文献]

[1]陈连凯.基于深度学习的水上视频船舶目标检测方法研究[D].镇江:江苏科技大学,2020.

[2]付宏建,白宏阳,郭宏伟.融合多注意力机制的光学遥感图像目标检测方法[J].光子学报,2022,51(12):312-320.

[3]王琳毅,白静,李文静等.YOLO系列目标检测算法研究进展[J].计算机工程与应用,2023.

[4]于楠晶,范晓飏.基于多头自注意力的复杂背景船舶检测算法[J].浙江大学学报(工学版),2022,56(12):2392-2402.

[5]金梅,李翔宇,张立国.基于增强YOLOv4的船舶目标检测算法[J].船舶工程,2022,44(10):100-106.

[6]熊超,周海峰,郑东强等.结合空洞编码器和特征金字塔的中心点船舶检测[J].船舶工程,2023,45(02):154-161.

[7]郭磊.基于CRCNN的海上船舶视频目标检测[D].大连:大连海事大学,2022.

作者简介:

胡馨方(1988--),男,汉族,陕西省子长县人,本科,工程师,研究方向:测绘地理信息。

刘琨(1999--),男,汉族,黑龙江省鸡西市人,在读硕士研究生,研究方向:地理空间数据分析与应用。

赵帅兵(2000--),男,汉族,河南省西华县人,在读硕士研究生,研究方向:GIS理论及应用。