

# 基于改进YOLOv5算法的图像小目标检测方法研究

- 作者/李 轩, 何诗禹\*
- 单位/沈阳航空航天大学, 辽宁 沈阳 110000

**摘要:** 遥感、航拍等图像小目标占图像幅比低,检测识别要求高,现有图像检测算法检测准确度难以保证。为此,本文提出一种基于改进YOLOv5网络的图像小目标检测算法,通过引入基于CA注意力机制(Coordinate Attention, CA),增强了算法的小目标检测能力,克服了原始网络二维全局池化引起的信息丢失的问题,通过引入双向特征金字塔网络(Bidirectional Feature Pyramid Network, BiFPN),实现了多尺度输入条件下基于不同输入特征重要度的差异化融合。试验结果显示,引入CA注意力机制、改进FPN网络后,网络mAP<sub>50</sub>指标提升9.03%,AP<sub>50</sub>指标提升9.6%,F1-score提升10.19%,检测性能明显优于原始YOLOv5网络。

**关键词:** YOLOv5网络; 小目标检测; CA注意力机制; 改进FPN网络; 多尺度特征融合

**DOI:** 10.12184/wspcyx2WSP2516-415513.20240810

卫星遥感、无人机航拍等技术在军事、农业、自动驾驶等领域具有重要的应用价值。其图像具有分辨率高、细节特征丰富等特点,在进行图像识别检测时,需要相应的算法能够准确的提取图像的细节特征,保证图像中小幅比目标的检测精度。近年来,卷积神经网络(Convolutional Neural Network, CNN)的快速发展,为基于深度学习的图

**作者简介** 李轩,博士,教授,硕士生导师,研究方向为图像与视频处理、电磁兼容等。

**通讯作者** 何诗禹,硕士,研究方向为图像处理与传输技术。

像目标检测提供了坚实的技术支撑，发展出了诸如YOLO、SSD（Single Shot MultiBox Detector）、EfficientDet等一系列基于深度学习的图像目标检测算法。当前，YOLOv5作为YOLO系列中应用最为广泛的网络模型，能够实现对图像目标端对端的检测，且具有检测速度快、计算开销小、识别准确率高等优势。但在图像小目标检测应用阶段，仍存在定位精度、召回率低、检测效果差等问题。基于此，本文针对图像小目标检测需求，提出基于改进YOLOv5的小目标检测算法，具有十分重要的应用价值。

## 一、YOLOv5算法概述

YOLOv5发布于2020年，是当前YOLO系列图像检测算法中应用最为广泛的算法之一，能够兼顾图像检测精度和检测效率，实现图像目标的实时性检测。当前，根据YOLOv5网络深度、宽度不同，将其划分为S、M、L、X四个版本，其网络结构一致，分别由骨干网络（Backbone）、颈部网络（Neck）、头部网络（Head）三部分构成。本次开发算法主要用于对图像小目标检测，考虑到实际应用场景，选择其中网络深度最小YOLOv5s网络，其基本结构见图1所示。

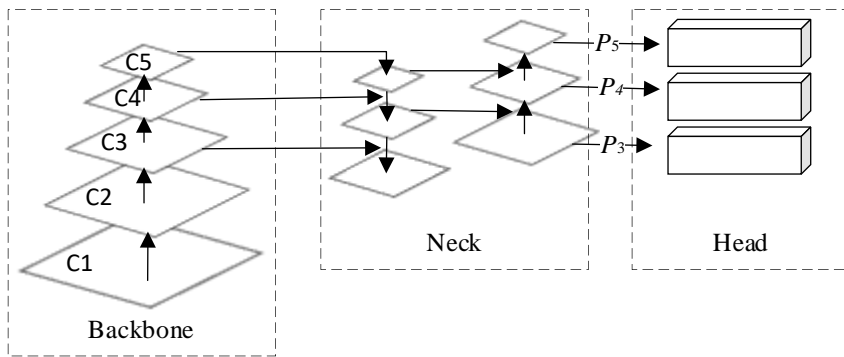


图1 YOLOv5网络结构示意图

YOLOv5网络中Backbone通常采用CSPDarknet网络进行图像特征提取，其采用了跨阶段局部连接（Cross Stage Partial Connections）和深度可分离卷积等技术，在计算轻量化的同时，显著提高了网络性能；Neck通常采用FPN和路径聚合网络（Path Aggregation Network, PAN）结构，实现对不同尺度目标的特征融合；Head通常设置多个由卷积层和全连接层组成的检测头，用于实现对不同尺度目标类别概率和位置信息的检测。

## 二、基于改进YOLOv5的图像小目标检测算法构建

本文针对原始YOLOv5网络在图像小目标检测中的不足，提出引入CA注意力机制，加强检测算法对小目标信息的注意力程度，通过改进FPN网络实现，实现基于输入特征重要性的差异化融合，有效提升YOLOv5网络的小目标检测性能。

### 2.1 基于CA注意力机制的小目标检测增强

注意力机制是计算机视觉模仿人类观察行为的一种图像处理方法，其通过向图像不同区域分配不同的权重，对图像中的位置或特征进行重要度量化，使识别算法网络在对图像进行处理时，能够更加关注重要特征，抑制无效特征信息，如背景干扰等对网络识别的影响，从而提升网络对目标的识别和定位能力。当前注意力机制已取得广泛的应用，尤其是在目标检测、图像分类、图像分割等计算机视觉任务中。

CA注意力机制结合了空间信息和通道信息，其首先通过对图像输入进行水平、垂直两个方向的池化处理，得到图像在水平和垂直方向的特征分布信息，再通过一个小型转换神经网络对空间信息进行编码，基于空间信息的重要度，生成注意力权重，即将空间信息转化为可与通道信息相结合的权重值，最后将生成的注意力权重与原始特征图的通道信息进行加权融合，得到注意力增强后的特征图。CA注意力机制模块结构见图2所示。

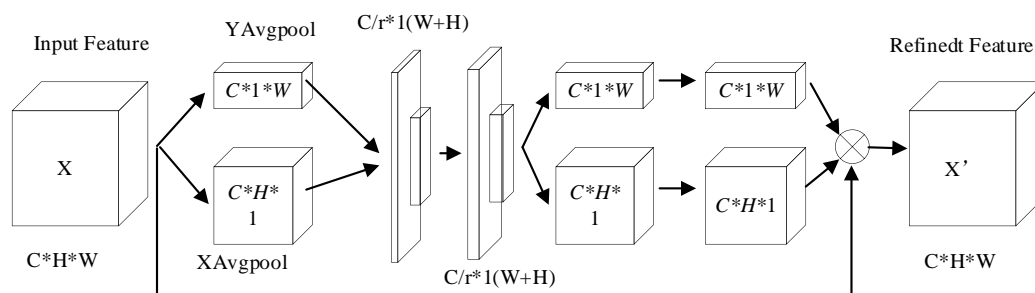


图2 CA注意力机制模块结构示意图

CA注意力机制模块能够兼顾空间和通道信息，从而更加全面的捕捉图像中的重要特征，同时通过水平和垂直方向上的平均池化，可有效克服传统全局池化引起的位置信息缺失问题，保证低通道数、低网络宽度下的目标检测精度。在进行图像小目标检测时，CA注意力机制可通过对小目标所在区域的特征进行增强，减少背景噪声对目标区域的影响，从而显著增强网络的小目标检测能力。



### 三、试验测试与结果分析

#### 3.1 试验环境

本次试验平台采用 windows10 平台，其 CPU 为 Intel i7-11700KF，GPU 为 NVIDIA RTX 2080Ti，编程语言采用 Python3.7、CUAD11.1。数据集采用 VEDAI 公开数据集。输入分辨率为  $640 \times 640 \times 3$ ，迭代次数为 200 次，初始、结束学习率分别为 0.01、0.9，交并比阈值为 0.5。

#### 3.2 消融试验分析

为验证引入 CA 注意力机制模块和 BiFPN 网络对 YOLOv5 算法图像小目标检测的提升效果，采用 VEDAI 数据集为试验数据集，采用平均精度均值 ( $mAP_{50}$ )、交并比阈值为 0.5 时的平均精度 ( $AP_{50}$ )、精确率和召回率的调和平均数 (F1-score) 作为评价指标，开展消融试验，验证改进方法的有效性和改进提升效果，结果见表 1 所示。

表 1 改进 YOLOv5 小目标检测算法消融试验结果

网络类别	$mAP_{50}/\%$	$AP_{50}/\%$	F1-score/ $\%$
YOLOv5	82.67	84.0	81.15
YOLOv5+CA	88.56	88.68	87.23
YOLOv5+BiFPN	86.58	85.59	83.92
YOLOv5+CA+BiFPN	91.70	93.60	91.34

由表 1 可知，引入 CA 注意力机制、改进 FPN 网络，均能够有效提升网络性能，最终的改进 YOLOv5 网络比原始 YOLOv5 网络  $mAP_{50}$  指标提升 9.03%， $AP_{50}$  指标提升 9.6%，F1-score 提升 10.19%，验证了改进方法的有效性。

### 四、结语

综上所述，本文基于原始 YOLOv5 网络在图像小目标检测中的不足，通过引入基于 CA 注意力机制的小目标检测增强网络，并使用基于 BiFPN 网络的多尺度特征融合替换原有 FPN 网络，建立了基于改进 YOLOv5 的图像小目标检测网络。通过消融试验，验证了改进方法的有效性和改进改进 YOLOv5 网络的性能优势。该算法在卫星遥测图像、无人机航拍图像小目标提取中具有重要的应用价值，可为后续 YOLO 系列网络小目标算法改进提供参考思路。

## 参考文献

- [1] 薛圣峰.改进YOLOv5s的无人机图像小目标检测算法[D].荆州:长江大学,2024.
- [2] 杨兴志.改进YOLOv5s算法的无人机小目标检测方法[J].科学技术创新,2024(11):80-83.
- [3] 陶健.基于空洞卷积与空间注意力的遥感影像小目标检测方法[J].测绘与空间地理信息,2024,47(10):104-107,111.
- [4] 周录庆,贾可,冯翱,等.融合自注意力机制改进ResNet的图像分类方法[J].软件导刊,2024,23(10):173-178.
- [5] 占钟鸣,李庆武,余大兵,等.基于边缘及多尺度特征融合的显著性目标检测方法[J].光学技术,2024,50(5):606-612.
- [6] 程凯伦,胡晓兵,陈海军,等.基于改进YOLOv5s的遥感图像目标检测方法[J].激光与光电子学进展,2024,61(18):285-291.