

低空目标识别课题

——第二次汇报

一、研究背景

近年来，随着硬件技术成熟和成本降低，低空无人机行业快速发展，市场规模从 2015 年的 30 亿元增长至 2020 年的 273 亿元，增长约 9 倍。无人机视觉技术在能源、基建、农业、商业和公共安全等领域发挥重要作用，推动行业智能化升级。

在**能源领域**，无人机视觉可高效检测油管道泄漏、风力发电机叶片损坏及光伏板污损，替代高危人工作业，降低成本并提升效率。在**基础设施建设**方面，无人机视觉助力高精度地理测绘和气象探测，自动分析地形、建筑物及气象数据，加速城市信息化进程。**农业植保**中，无人机凭借成本低、作业范围广等优势，结合视觉技术实现农情监测、障碍规避和精准喷洒，适用于各类农作物。**商业应用**上，无人机视觉服务于影视拍摄、体育赛事和个人娱乐，提供灵活、低成本的航拍方案，并实现智能稳像和目标跟踪。在**公共安全领域**，无人机视觉助力抢险救灾（如火源定位、灾情建模）、交通管理（车流监测）及反恐安防（可疑目标追踪），突破传统监测限制，提升应急响应能力。

低空无人机视觉的广泛应用，不仅优化了各行业作业模式，更推动了社会管理的智能化和高效化发展。

低空无人机飞行高度通常在 50~1000 米，有以下特点：

- **目标尺度小，分辨率受限：**在 500 米距离下，典型无人机相机中仅占 15~30 像素。在 1000 米外，目标可能仅 5~10 像素，接近传统 CNN 的检测极限。由于姿态变化，俯视/侧视视角下目标呈现不同形状，如十字形、星形、矩形等。
- **低空背景复杂，干扰多：**动态背景干扰，如飞鸟、建筑物反射等。

外界光照条件多变，对比度降低、阴影干扰等。

- **无人机高速特性：**成像抖动、运动模糊等。
- **传感器限制：**由传感器类型不同造成数据质量差别较大。



二、研究现状

目前主流的目标检测算法主要是基于深度学习模型，其可以分成两大类：（1）two-stage 检测算法，其将检测问题划分为两个阶段，首先产生候选区域（region proposals），然后对候选区域分类（一般还需要对位置精修），这类算法的典型代表是基于 region proposal 的 R-CNN 系算法，如 R-CNN，Fast R-CNN，Faster R-CNN 等；（2）one-stage 检测算法，其不需要 region proposal 阶段，直接产生物体的类别概率和位置坐标值，比较典型的算法如 YOLO 和 SSD。

目标检测模型的主要性能指标是检测准确度和速度，对于准确度，目标检测要考虑物体的定位准确性，而不单单是分类准确度。一般情况下，two-stage 算法在准确度上有优势，而 one-stage 算法在速度上有优势。不过，随着研究的发展，两类算法都在两个方面做改进。Google 在 2017 年开源了 TensorFlow Object Detection API，并对主流的 Faster R-CNN，R-FCN 及 SSD 三个算法在 MS COCO 数据集上的性能做了细致对比。Facebook 的 FAIR 也开源了基于 Caffe2 的目标

检测平台 Detectron，其实现了最新的 Mask R-CNN，RetinaNet 等检测算法，并且给出了这些算法的 Baseline Results。可以说，准确度（accuracy）和速度（speed）是一对矛盾体，如何更好地平衡它们一直是目标检测算法研究的一个重要方向。

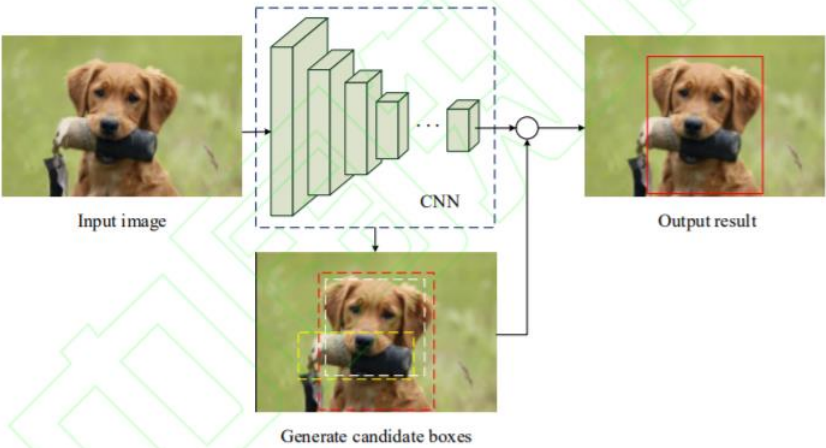


图 2 基于深度学习的两阶段目标检测算法

Fig. 2 Two-Stage object detection algorithm based on deep learning

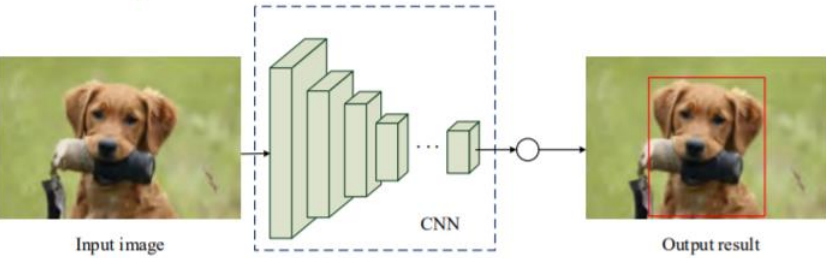
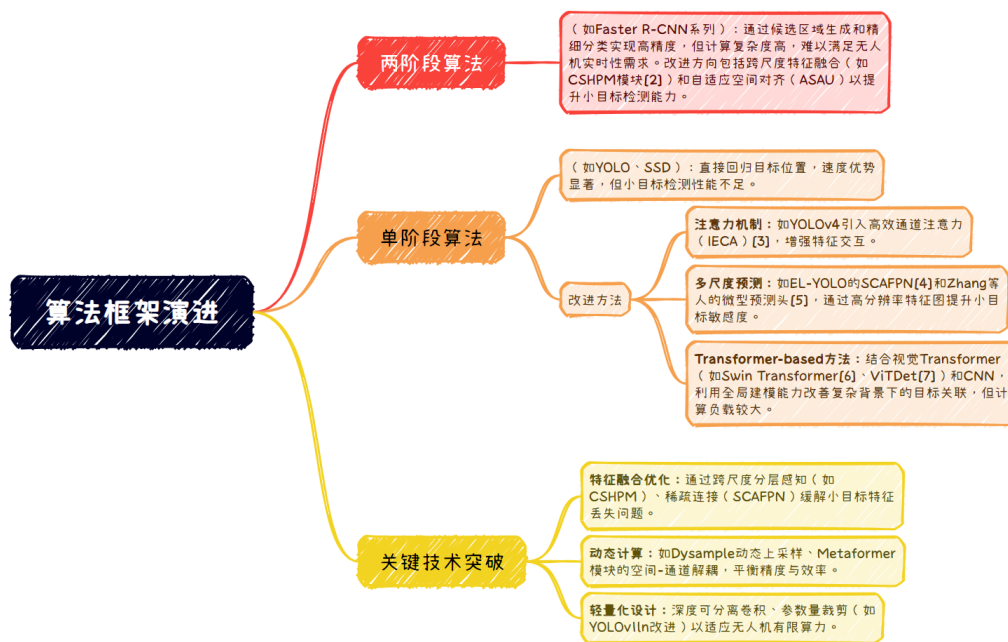


图 3 基于深度学习的单阶段目标检测算法

Fig. 3 One-Stage object detection algorithm based on deep learning

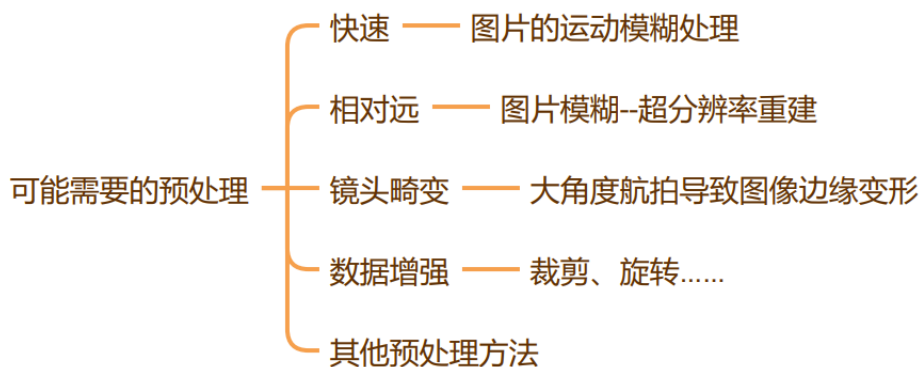
特别的，YOLO 系列算法自推出以来，经过不断更新迭代，已发展至 YOLOv11 版本^[1]。YOLOv11 在继承历代版本核心优势的基础上，创新性地引入了改良的锚点生成机制和多尺度预测技术，对网络结构进行了深度优化，显著提升了目标检测的性能和效率，受到众多研究学者的广泛关注。



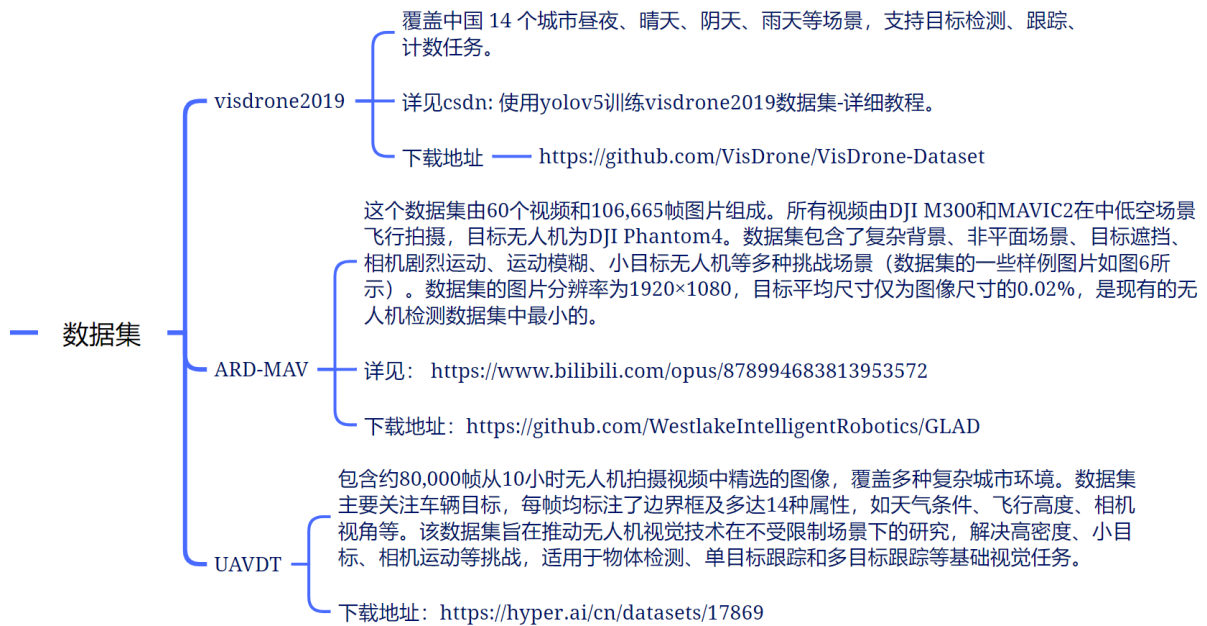
三、 问题定义

在低空经济（如物流巡检、安防监控、农业植保等）场景下，无人机需在快速移动和较远距离条件下，通过机载视觉传感设备实现高精度、低延迟的目标识别。

根据对无人机成像情况的调研，需要轻量化、精确度较高、实时性好，能够在小目标识别上更有优势的模型。初步计划为针对低空无人机数据集训练 YOLO 系列模型（MobileNet-YOLO）模型，该模型是在无人机上部署使用最多，比较成熟模型。深入研究的话可能主要集中小目标、轻量化、多种数据类别（红外、可见光...）



四、数据采集



VisDrone 数据集无人机图像识别中较为常用的数据集，我们初步计划采用这个数据集。本数据集有以下特点：

- 数据：10 万张图像，标注包括无人机、行人、车辆
- 特点：多场景（城市/郊区）、多天气
- 适用任务：小目标检测、多类别识别

数据集标注格式：每个图像对应一个.txt 文件

每行对应一个目标实例的标注，包含 10 个字段，用英文逗号分隔：

<bbox_left>,<bbox_top>,<bbox_width>,<bbox_height>,<score>,<object_category>,<truncation>,<occlusion>

左上坐标，宽高，置信度(0-1)，类别 ID，截断程度(0-1)，遮挡等级(0-2)

图片示例：

五、参考文献：

- [1] Khanam R, Hussain M. YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements [J/OL].(2024-10-23)[2024-11-10]. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2024arXiv241017725K>
- [2] Chen P, Wang J, Zhang Z, et al. CSPGNet: Cross-scale spatial perception guided network for tiny object detection in remote sensing images[J]. Digital Signal Processing, 2024, 154: 104674.
- [3] Luo X, Wu Y, Zhao L. YOLOD: A target detection method for UAV aerial imagery[J]. Remote Sensing, 2022, 14(14): 3240.
- [4] Xue C, Xia Y, Wu M, et al. EL-YOLO: An efficient and lightweight low-altitude aerial objects detector for onboard applications[J]. Expert Systems with Applications, 2024, 256: 124848.
- [5] Zhang H, Sun W, Sun C, et al. HSP-YOLOv8: UAV Aerial Photography Small Target Detection Algorithm[J]. Drones, 2024, 8(9): 453.
- [6] Xiao X, Xue X, Zhao Z, et al. A Recursive Prediction-Based Feature Enhancement for Small Object Detection[J]. Sensors, 2024, 24(12): 3856.
- [7] Zhao L L, Zhu M L. MS-YOLOv7: YOLOv7 based on multi-scale for object detection on UAV aerial photography[J]. Drones, 2023, 7(3): 188.
- [8] Wang L, Tien A. Aerial image object detection with vision transformer detector (ViTDet)[C]//IGARSS 2023-2023 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE, 2023: 6450-6453.
- [9] 钟帅,王丽萍.无人机航拍图像目标检测技术研究综述[J/OL].激光与光电子学进展,1-32[2025-04-21].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1690.TN.20241209.0956.042.html>.
- [10] 孙一铭,赵柯嘉,王硕,等.面向无人机的低空视觉数据集研究综述[J].数据采集与处理,2025,40(02):274-302.DOI:10.16337/j.1004-9037.2025.02.002.