

适用于无人机的自动跟踪算法的研究

林之扬, 李晓明

(浙江理工大学机械工程学院, 浙江 杭州 310018)

✉ 2994626417@qq.com; lxmzist@zstu.edu.cn



摘要: 入侵农田问题给试验田的安全保护带来了严重挑战,传统的保护手段存在诸多限制。为解决这一问题,将无人机技术和目标检测与跟踪算法相结合,提出一种创新的解决方案。该方法通过无人机高空航拍视角获取农田图像数据,并利用 YOLO(You Only Look Once)算法实现实时目标检测。同时,采用 SORT(Simple Online and Realtime Tracking)算法对入侵目标进行持续跟踪。通过在海南试验田中的应用实验验证该方法的可行性和有效性。实验结果表明,基于 YOLO 和 SORT 算法的无人机目标检测与跟踪系统能够在 0.4 s 内快速检测和跟踪入侵农田目标,为试验田的安全保护工作提供了重要支持。

关键词: 无人机; 目标检测; 目标跟踪; 入侵农田; YOLO 算法; SORT 算法

中图分类号: TP391.4 **文献标志码:** A

Research on Automatic Tracking Algorithms for UAVs

LIN Zhiyang, LI Xiaoming

(College of Mechanical Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

✉ 2994626417@qq.com; lxmzist@zstu.edu.cn

Abstract: Farmland intrusion poses a serious challenge to the security protection of experimental fields, and traditional protection means have many limitations. To solve this problem, an innovative solution is proposed by combining UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technology with target detection and tracking algorithms. The method acquires farmland image data through an overhead aerial view of the UAV and realizes real-time target detection using the YOLO algorithm. Meanwhile, the SORT (Simple Online and Realtime Tracking) algorithm is used to continuously track the intrusion targets. The feasibility and effectiveness of the method are verified through application experiments in Hainan test fields. The experimental results show that the UAV target detection and tracking system based on YOLO and SORT algorithms can rapidly detect and track intruding farmland targets within 0.4 s, which provides important support for the protection of the experimental fields.

Key words: UAV; target detection; target tracking; farmland intrusion; YOLO algorithm; SORT algorithm

0 引言(Introduction)

目标检测和跟踪技术在无人机领域已经得到广泛应用,但针对入侵农田目标的检测与跟踪仍然是一个具有挑战性的任务。过去的研究主要集中在目标检测和跟踪算法的独立应用,缺乏针对入侵农田场景的综合解决方案。针对这一问题,提出

一种基于 YOLO 算法和 SORT 算法^[1]的无人机目标检测与跟踪方法,实现对入侵农田目标的检测与跟踪。传统的农田保护手段存在诸多限制,例如人力不足、监控范围有限等,而无人机技术^[2]的迅猛发展为解决这些问题提供了全新思路,无人机具有高空航拍的能力,可以覆盖大面积的农田和实时获取图像数

据。结合目标检测和跟踪算法,可以快速、准确地识别和追踪入侵农田的目标,为保护试验田提供有力的支持^[3-5]。

本文基于 YOLO 算法实现实时目标检测,它通过将目标检测任务转化为单次前向传播的回归问题,能够准确地检测出入侵农田的目标。同时,采用 SORT 算法进行目标的跟踪,该算法基于卡尔曼滤波器^[6]实现了实时目标跟踪,能够预测和修正目标的位置和状态。将基于 YOLO 算法和 SORT 算法的无人机目标检测与跟踪系统应用于海南试验田保护中,通过无人机的高空视角和目标检测与跟踪算法的支持,系统可以及时发现入侵农田的目标,并通过监控和警报系统进行及时响应,有助于减少入侵农田事件的发生,提高农田的安全保护水平。

1 算法原理 (Algorithm principle)

1.1 YOLO 算法

YOLO(You Only Look Once)算法是一种基于深度学习的目标检测算法,其核心思想是将目标检测任务转化为一个回归问题。YOLO 将图像分割为 $S \times S$ 个网格,并预测每个网格中存在的目标类别和边界框,检测过程示意图如图 1 所示。

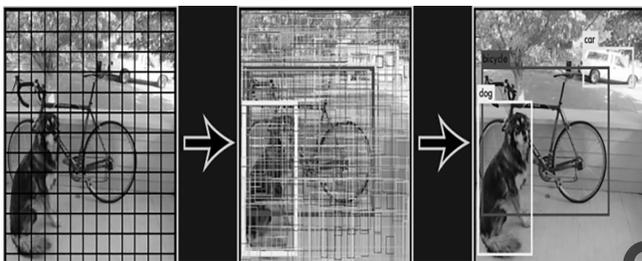


图 1 检测过程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the testing process

通过在训练过程中学习目标的外观和上下文信息,YOLO 能够快速且高效地进行目标检测。本文使用 YOLO 算法对无人机拍摄的农田图像进行实时目标检测,以准确识别入侵农田的目标。

1.2 SORT 算法

SORT(Simple Online and Realtime Tracking)算法是一种基于卡尔曼滤波器的实时目标跟踪算法。SORT 算法通过对目标的状态进行预测和修正,实现对目标在连续帧中的稳定跟踪,其核心算法流程如图 2 所示。

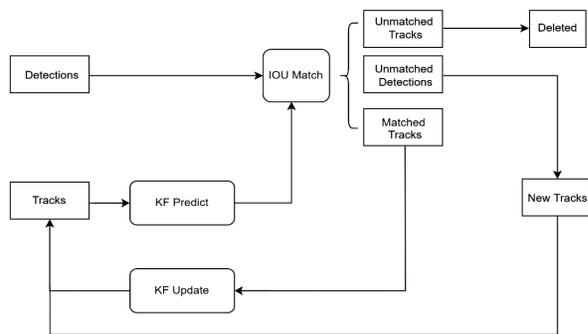


图 2 SORT 核心算法流程图

Fig. 2 Core algorithm flow chart

首先, SORT 算法通过对每个检测到的目标进行特征提取,并基于这些特征构建卡尔曼滤波器模型。其次,通过预测目标的位置和状态,与检测结果进行匹配和关联,实现目标的连续跟踪。SORT 算法具有较高的跟踪准确性和鲁棒性,在处理正在运动变化或被遮挡等情况的入侵农田目标时表现良好。

综合运用 YOLO 算法和 SORT 算法,首先利用无人机高空航拍视角获取农田图像数据。然后,通过 YOLO 算法对图像进行实时目标检测,准确识别入侵农田的目标。接下来,采用 SORT 算法对检测到的目标进行连续跟踪,通过预测和修正目标的位置和状态,实现对入侵目标的持续跟踪。

2 无人机目标检测与跟踪系统的设计 (Design of UAV target detection and tracking system)

2.1 获取入侵目标信息

为快速获取入侵农田目标信息,本研究搭建了一个生物入侵检测与防护系统的平台,该平台主要分为 4 个板块,分别是雷达、无人机、工控机和云服务器。雷达的作用主要是收集雷达波束范围内的移动目标信息,并将结果反馈给工控机,工控机通过计算入侵事件及类型以判断是否启用无人机,无人机将拍摄到的视频信息、图像信息发送给终端显示并进行存储,以便后期与算法系统进行通信,该平台结构如图 3 所示。

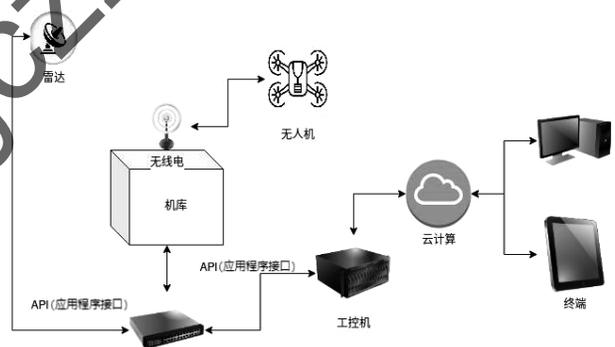


图 3 平台结构图

Fig. 3 Platform structure chart

2.2 目标检测

要使用 YOLO 算法进行目标检测,首先,需要收集并标注训练数据集。数据集应包含带有特定标记的图像,每个标记应包括对象的边界框和类别标签。其次,安装所需的依赖项,例如 Python、OpenCV 和深度学习库^[7]以及 TensorFlow 或 PyTorch,确保所有依赖项都进行了正确的安装和配置。最后,进行参数设置,一是设置要检测的视频路径,二是加载训练好的配置、模型权重参数,三是训练数据集的标签名称(类别)文件,它们的路径分别由变量 labelsPath、weightsPath、configPath 表示。此外,需要设置一些预定义的参数如 filter_confidence(置信度阈值)和 threshold_prob(非极大值抑制阈值),它们分别用于筛选置信度过低的识别结果和利用 NMS(非极大值抑制)去除重复的锚框。载入模型参数配置代码(节选)如下:

```

# 参数设置
video_path="./video/pedestrian.mp4" # 检测的视频路径
filter_confidence=0.5 # 用于筛选置信度过低的识别结果
threshold_prob=0.3 # 用于NMS去除重复的锚框
model_path="./yolo-obj" # 模型文件的目录
# 载入数据集标签
labelsPath=os.path.sep.join([model_path, "coco.names"])
LABELS=open(labelsPath).read().strip().split("\n")
# 载入模型参数文件及配置文件
weightsPath=os.path.sep.join([model_path, "yolov4.weights"])
configPath=os.path.sep.join([model_path, "yolov4.cfg"])

```

通过上面给出的路径,从配置和参数文件中载入模型,载入模型时使用 OpenCV 的 readNetFromDarknet 方法载入,同时利用这个方法载入自行训练的模型权重进行检测操作。为了标记检测到的目标框及目标移动路径,创建两个变量用来存储标记框的颜色及目标移动路径的点坐标。准备工作完成后,开始从视频文件路径初始化视频对象,尝试读取视频帧并获取视频总帧数(total)和每帧画面的尺寸(vw,vh),同时创建一个视频写入对象 output_video 以保存检测标记的视频。接下来,开始遍历视频帧进行检测,为了清楚地显示检测进度,使用了 tqdm,它可以在运行的命令行中显示当前的进度条。读取当前视频帧可以使用 OpenCV 中 VideoCapture 的 read(),该方法用于返回当前画面和读取到的标记,通过标记判断是否到达视频的最后一帧。在 for 循环中,将当前读取到的画面帧读入 YOLO 网络中,利用网络预测前,需要对输入画面进行处理,利用 cv2.dnn.blobFromImage 对图像进行归一化,并将其尺寸设置为(415,415),这也是 YOLO 网络进行训练时的图片尺寸。处理完成后,可利用 net.forward 进行预测,以此获得检测结果,检测结果是按检测对象存放的,在循环中还需根据置信度的阈值过滤掉一些置信度值不高的结果。对于结果中可能存在的重复或者接近的标记框位置,可以使用 NMS^[8] 技术进行去除。最终得到去除后的索引,利用其可以得到 NMS 操作后的标记框坐标、置信度值和类别序号列表,并将其存放在 dets 变量中。目标检测效果如图 4 所示^[9-10]。



图 4 目标检测效果图

Fig. 4 Target detection effect map

2.3 目标跟踪

首先初始化一个 SORT 对象 tracker,使用 tracker.update 方法进行跟踪,得到跟踪的标记结果 boxes(标记框坐标)、indexIDs(当前目标计数序号,即第几个出现的目标)、cls_IDs(类别序号)。得到跟踪结果后,在图像帧中进行标记。然后开始遍历所有的标记框,按照标记框的坐标以及对应的类别、置信度值、目标个数即可实现可视化的效果。为了更加形象地了解目标运动的情况,通过遍历 pts 变量,利用 OpenCV^[11] 的 cv2.line 方法绘制出目标的运动轨迹^[12]。标记目标运动轨迹代码(节选)如下:

```

if len(boxes)>0:
    i=int(0)
    for box in boxes: # 遍历所有标记框
        (x,y)=(int(box[0]),int(box[1]))
        (w,h)=(int(box[2]),int(box[3]))
        # 在图像上标记目标框
        color=[int(c) for c in COLORS[indexIDs[i] % len(COLORS)]]
        cv2.rectangle(frame,(x,y),(w,h),color,4)
        center=(int(((box[0])+(box[2]))/2),int(((box[1])+(box[3]))/2))
        pts[indexIDs[i]].append(center)
        thickness=5
        # 显示某个对象标记框的中心
        cv2.circle(frame,center,1,color,thickness)
        # 显示目标运动轨迹
        for j in range(1,len(pts[indexIDs[i]])):
            if pts[indexIDs[i]][j-1] is None or pts[indexIDs[i]][j] is None:
                continue
            thickness=int(np.sqrt(64/float(j+1))*2)
            cv2.line(frame,(pts[indexIDs[i]][j-1]),(pts[indexIDs[i]][j]),color,thickness)
        # 标记跟踪到的目标和数目
        text="{ }-{}".format(LABELS[int(cls_IDs[i])],indexIDs[i])
        cv2.putText(frame,text,(x,y-10),
            cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX,1,color,3)
        i+=1

```

3 实验结果与分析 (Experimental results and analysis)

为了评估基于 YOLO 算法和 SORT 算法的无人机目标检测与跟踪系统在保护海南试验田中的应用效果,研究人员进行了一系列实验并对实验结果进行了详细分析。

首先,在海南试验田中选择多个入侵农田目标场景,并利用无人机进行航拍,以获取大量的农田图像数据。这些图像数

据包含不同类型的入侵目标,如行人和动物。其次,将这些图像数据输入系统中,进行实时目标检测和跟踪。实验结果表明,基于 YOLO 算法和 SORT 算法的无人机目标检测与跟踪系统能够快速准确地检测和跟踪入侵农田目标。对于目标检测, YOLO 算法能够有效地识别不同类型的入侵目标,并提供准确的位置信息和类别标签。对于目标跟踪, SORT 算法能够实现目标的连续跟踪,并提供目标的轨迹信息。

进一步分析实验结果发现,该系统在入侵农田目标的检测和跟踪方面具有较高的准确性和鲁棒性,能够在不同光照条件下对目标进行准确检测,并能够应对目标在运动中的位置变化和有遮挡物等情况。此外,系统具备较低的漏检率和误检率,能够有效区分入侵目标和背景干扰物,提高了检测和跟踪的可靠性。

4 讨论与展望(Discussion and outlook)

本系统尽管在实验中表现出良好的性能,但仍存在一定的局限性,如系统的性能可能受到天气条件、光照变化以及目标遮挡等因素的影响。未来的研究可以进一步优化算法,提高系统对复杂场景和恶劣环境的适应性,以提高检测和跟踪的准确性和鲁棒性。目前,系统主要针对入侵农田目标进行检测和跟踪,但在实际的工作中,农田保护还涉及其他方面,如病虫害监测和土壤质量评估等。以后的工作可以将系统扩展到更多的农田保护领域,以实现全面的农田监测和管理。同时,数据集的建立和更新也是一个重要的研究方向。系统的性能在很大程度上取决于训练数据的质量和覆盖范围。将来,可以建立更大规模、更丰富多样的农田数据集,包括不同地区和不同季节的图像数据,以提升系统的泛化能力和适应性。

随着技术的不断发展,新的算法和技术将不断涌现,为无人机目标检测与跟踪系统的发展和带来更多的机遇和挑战。例如,结合深度学习和强化学习的方法将进一步提升系统的性能。此外,利用多传感器融合和云计算等技术也可以增强系统的处理能力和扩展性。

综上所述,基于 YOLO 算法和 SORT 算法的无人机目标检测与跟踪系统在保护海南试验田中展现了良好的应用前景。未来的研究可以继续就改进系统性能、扩展应用领域等方面进行探索,并结合新的技术和方法,为农田保护工作提供更加高效和可靠的解决方案。

5 结论(Conclusion)

本文提出一种基于 YOLO 算法和 SORT 算法的无人机目标检测与跟踪系统,可以实时、准确地检测和跟踪入侵农田目标。首先利用雷达收集在农田范围内的移动信号。其次通过计算信号点的信号强度判断是否为入侵目标,如果发现入侵目标,雷达会将信号反馈给工控机,由工控机控制无人机前去目标点拍摄图像。再次利用无人机与算法系统的通信启用

YOLO 算法及 SORT 算法,完成目标的检测与跟踪。最后根据监控画面决定是否拉响警报系统,阻止入侵目标对农田的进一步损害。

该系统的应用为海南试验田的保护工作提供了有力的支持,它可以大幅提高监测效率,减少人力资源的投入。同时,系统的自动化和实时性能够快速响应入侵事件,提高农田的安全保护水平,能够更好地保护农田资源,促进农业的可持续发展。这项研究对于提高农田保护工作的效率和精确性具有重要意义,并且能为未来的相关研究和实践提供有益的参考。

参考文献(References)

- [1] 贾豆豆. 基于 YOLOv5+DeepSort 的小目标跟踪方法研究[D]. 太原:中北大学,2022.
- [2] 钟光跃,杨敏,于小军,等. 无人机技术在杂交水稻制种中的应用[J]. 杂交水稻,2021,36(6):26-29.
- [3] 李明焘,林正奎,曲毅. 计算机视觉下的车辆目标检测算法综述[J]. 计算机工程与应用,2019,55(24):20-28.
- [4] 刘艺,李蒙蒙,郑奇斌,等. 视频目标跟踪算法综述[J]. 计算机科学与探索,2022,16(7):1504-1515.
- [5] 杜宝强,张金尧. 农田环境及入侵监测物联网系统研究[J]. 物联网技术,2023,13(1):29-31.
- [6] SINGH A K. Fractionally delayed Kalman filter[J]. IEEE/CAA journal of automatica sinica, 2020, 7(1):169-177.
- [7] 陈君夫,付章杰,张卫明,等. 基于深度学习的图像隐写分析综述[J]. 软件学报,2021,32(2):551-578.
- [8] 王凤随,王启胜,陈金刚,等. 基于注意力机制和 Soft-NMS 的改进 Faster R-CNN 目标检测算法[J]. 激光与光电子学进展,2021,58(24):405-416.
- [9] 张浩杰,刘星,李鸿晶. 基于深度 Q 网络的平面域 Delaunay 网格优化算法[J]. 计算机辅助设计与图形学报,2022,34(12):1943-1950.
- [10] 王明星,郑福,王艳秋,等. 基于置信度的飞行时间点云去噪方法[J]. 红外技术,2022,44(5):513-520.
- [11] VARÇIN H, ÜNEŞ F, GEMICI E, et al. Development of a three-dimensional CFD model and OpenCV code by comparing with experimental data for spillway model studies[J]. Water, 2023, 15(4):756.
- [12] 张玉荣,王强强,吴琼,等. 基于 Python-OpenCV 图像处理技术的小麦不完善粒识别研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2021,42(6):105-112.

作者简介:

林之扬(1998-),男,硕士生。研究领域:计算机视觉,软件设计。

李晓明(1976-),男,博士,副教授。研究领域:机电系统集成。本文通信作者。