

ED-YOLO Power Inspection UAV Obstacle Avoidance Target Detection Algorithm Based on Mode Compression

Kai Yang¹ Guoqing Zhuang¹ Jingtao Li²

1. Shandong Zhihang UAV Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250100, China

2. Shandong Lingyi Intelligent Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250100, China

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence technology, UAV technology is more and more widely used in the power industry. However, target detection and obstacle avoidance in complex environments is still a challenging task. In order to improve the target detection efficiency and accuracy of power inspection UAV, an ED-YOLO algorithm based on model compression is proposed in this paper. Combining EfficientDet with YOLOv3, the algorithm realized effective compression and optimization of the model by using the techniques of model pruning, network structure adjustment and loss function design. Through the experimental verification in the actual power inspection scenario, the proposed algorithm can significantly improve the target detection performance of UAVs, and provide a new solution for power inspection.

Keywords

UAV; power inspection; target detection; obstacle avoidance; mode compression; ED-YOLO

基于模型压缩的 ED-YOLO 电力巡检无人机避障目标检测算法

杨凯¹ 庄国庆¹ 李敬涛²

1. 山东智航无人机科技有限公司, 中国·山东 济南 250100

2. 山东领亿智能技术有限公司, 中国·山东 济南 250100

摘要

随着人工智能技术的快速发展, 无人机技术在电力行业的应用越来越广泛。然而, 在复杂的环境中进行目标检测和避障仍然是一个具有挑战性的任务。为了提高电力巡检无人机的目标检测效率和准确性, 论文提出了一种基于模型压缩的ED-YOLO算法。该算法将EfficientDet与YOLOv3相结合, 利用模型剪枝、网络结构调整和损失函数设计等技术, 实现了对模型的有效压缩和优化。通过在实际电力巡检场景下的实验验证, 所提出的算法能够显著提高无人机的目标检测性能, 为电力巡检工作提供了一种新的解决方案。

关键词

无人机; 电力巡检; 目标检测; 避障; 模型压缩; ED-YOLO

1 引言

无人机技术作为一种创新的解决方案, 已经在电力行业中得到了广泛应用。与传统的电力巡检方法相比, 无人机具有灵活、高效和安全的优势, 可以实现对电力线路和设施的快速巡检, 极大地提高了巡检效率和安全性。无人机在复杂环境下的目标检测和避障仍然是一个具有挑战性的问题。

2 无人机目标检测技术与 YOLO 系列目标检测算法概述

2.1 无人机目标检测技术

无人机在各种应用领域中的广泛使用引发了对无人机视觉系统的需求, 其中包括目标检测。目标检测技术旨在从图像或视频中确定感兴趣的物体的位置和类别。对于电力巡检无人机来说, 准确地检测并定位电力线、电线杆、绝缘子等目标是至关重要的。传统的无人机目标检测方法通常基于传感器数据, 如红外线摄像头或激光雷达, 但这些方法受限于分辨率、视角和环境条件等因素。近年来, 基于深度学习的目标检测技术取得了显著进展, 其在目标检测准确性和效率上的优势使其成为无人机视觉系统的重要组成部分^[1]。

【作者简介】杨凯(1987-), 男, 中国山东济南人, 本科, 从事无人机技术开发与应用研究。

而且随着技术的不断进步,深度学习在无人机目标检测方面的应用日益广泛。通过训练大量的图像数据,深度学习模型能够准确地识别和定位各种目标,即使是面对复杂多变的环境和光照条件,这种技术的引入,将会极大地提升了无人机在电力巡检、搜救、环境监测等领域的作业效率和准确性。

2.2 YOLO 系列目标检测算法概述

YOLO (You Only Look Once) 系列是一类流行的实时目标检测算法,其设计思想是将目标检测问题转化为单个神经网络的回归问题。YOLO 算法将输入图像分成网格,并在每个网格上预测固定数量的边界框以及每个框所包含的目标的类别概率和位置。YOLO 算法具有较快的检测速度和较高的准确性,适用于无人机等实时应用场景。YOLO 系列包括 YOLOv1、YOLOv2 (或称为 YOLO9000)、YOLOv3 和最新的 YOLOv4 等版本,每个版本在模型结构和性能上都有所改进和优化,为无人机目标检测提供了多种选择^[1]。

总之,YOLO 系列目标检测算法通过其独特的设计,实现了在保持高精度的同时也保证了较快的检测速度,这一特点使其在无人机视觉系统中具有显著的优势,而且随着 YOLO 系列算法的不断更新与优化,其在无人机目标检测方面的应用将更加广泛,无论是电力巡检、航拍摄影,还是搜救搜索,YOLO 算法都能提供迅速且准确的目标检测支持,助力无人机技术更好地服务于各个领域。

3 ED-YOLO 目标检测算法介绍

3.1 YOLOv3 算法简介

YOLOv3 (You Only Look Once version 3) 是一种端到端的实时目标检测算法,其设计思想是将目标检测问题转化为单个神经网络的回归问题。相比于传统的基于区域的方法,YOLOv3 具有更快的速度和更好的准确性。YOLOv3 采用了 Darknet-53 网络作为骨干网络,在网络的最后层引入了三个不同尺度的输出,以便检测不同大小的目标。通过使用 anchor boxes 来检测不同形状的目标,YOLOv3 在速度和准确性之间取得了良好的平衡^[1]。

3.2 ED-YOLO 结合的算法原理与优势

ED-YOLO 算法融合了 EfficientDet 的高效设计和 YOLOv3 的实时检测框架,从而构建出一个既精确又高效的目标检测模型。EfficientDet 以其出色的模型结构和自动模型缩放方法而闻名,这种方法有助于减少计算资源的消耗,同时保持模型的检测精度,而 YOLOv3 则以其快速且准确的目标检测能力受到广泛认可,它采用端到端的回归方式,简化了目标检测的流程。其中 ED-YOLO 是通过结合这两种算法的优势,不仅优化了模型的复杂度,减少了参数量,还提升了检测速度和精度,这种算法特别适用于资源受限或对实时性要求高的应用场景,如无人机巡检、自动驾驶等,在这些场景中,ED-YOLO 能够提供快速且准确的目标检测,

从而确保系统的安全和效率;除此以外 ED-YOLO 还继承了 YOLOv3 的端到端训练特性,这使得模型更容易优化和调整,以适应不同的应用场景。通过这种方式,ED-YOLO 不仅提高了目标检测的准确性和效率,还增强模型的灵活性和可扩展性,为各种实际应用提供了强有力的支持。

ED-YOLO 算法的优势主要体现在以下几个方面^[4]。

3.2.1 高效性

采用了 EfficientDet 的设计思想和自动模型缩放方法,使得模型在保持准确性的同时具有较低的计算复杂度和参数量,适合于资源受限的环境下部署。

实时性:利用 YOLOv3 的端到端回归框架,实现了目标检测的实时推理,能够在无人机等应用场景中实现快速响应。

3.2.2 准确性

继承了 YOLOv3 的准确性优势,在目标检测任务中能够达到较高的准确率,保证了检测结果的可靠性和精确度。

通过结合 EfficientDet 和 YOLOv3 的优势,ED-YOLO 算法在电力巡检无人机等领域具有广阔的应用前景,可以实现高效的目标检测与避障任务,提升电力巡检的效率和安全性^[5]。

4 模型压缩技术

4.1 模型剪枝

模型剪枝是一种常见的模型压缩技术,其基本思想是通过减少模型中的冗余参数和连接来降低模型的计算复杂度和存储需求,从而实现模型的压缩。常见的剪枝方法包括结构剪枝和参数剪枝。结构剪枝通过剪枝整个神经网络的连接来减少模型的大小,而参数剪枝则是通过减少网络中的权重参数来实现模型的压缩。剪枝方法通常结合了模型权重的重要性评估指标,如 L1 范数、L2 范数或梯度信息等,来确定哪些参数或连接可以被剪枝。模型剪枝技术能够在不损失太多模型性能的情况下实现较大幅度的模型压缩^[6]。

4.2 参数量化

参数量化是一种将模型参数从浮点数转换为低位宽定点数或整数的技术,以减少模型的存储需求和计算复杂度。通过将参数量化为较低精度的表示形式,如 8 位整数或二值量化,可以大大减少模型的存储空间和内存带宽,从而加速模型的推理速度。参数量化通常需要考虑量化误差对模型性能的影响,并通过训练过程中的量化感知优化或模型微调来缓解量化带来的损失。参数量化技术在嵌入式设备和边缘计算场景中得到了广泛应用,能够有效提升模型的推理效率^[6]。

4.3 网络蒸馏

网络蒸馏 (Knowledge Distillation) 是一种通过使用一个已经训练好的大模型 (教师模型) 来指导训练一个小模型 (学生模型) 的技术。在网络蒸馏过程中,学生模型试图学习教师模型的输出分布或隐藏表示,以达到模型压缩和性能提升的目的。通常,教师模型可以是一个较大且复杂的模型,而学生模型则可以是一个较小且简单的模型。通过网络蒸馏,

可以将教师模型的知识转移给学生模型,使得学生模型能够在保持一定性能的同时具有更小的模型体积和更快的推理速度。网络蒸馏技术在模型压缩和迁移学习等领域具有重要的应用价值,能够有效提高模型的泛化能力和推理效率。

模型压缩技术包括模型剪枝、参数量化、网络量化和网络蒸馏等多种方法,通过这些技术可以有效地减少模型的存储需求和计算复杂度,从而实现模型的轻量化和高效化。这些技术在实际应用中可以帮助提升模型的推理速度和部署效率,特别适用于资源受限的环境下,如移动设备、嵌入式系统和边缘计算平台^[7]。

5 基于模型压缩的 ED-YOLO 算法设计

5.1 模型剪枝与量化策略

在基于模型压缩的 ED-YOLO 算法设计中,模型剪枝与量化策略是关键步骤之一。模型剪枝的核心思想是通过删除网络中的冗余参数和连接来减少模型的大小和计算量,从而实现模型的压缩。对于 ED-YOLO 算法,可以利用剪枝技术去除一些不必要的通道或层,以减少模型的计算开销。具体来说,可以通过结构剪枝方法识别和删除对模型性能贡献较小的通道,或者利用参数剪枝技术删除一些参数较小的权重,以实现模型的稀疏化和压缩。此外,模型量化也是一种有效的压缩策略,它将模型参数和激活值转换为低位宽的表示形式,从而减少模型的存储需求和计算开销。在基于模型压缩的 ED-YOLO 算法设计中,可以采用参数量化和网络量化技术,将模型参数和激活值量化为 8 位整数或二值量化,以进一步降低模型的大小和计算复杂度。通过模型剪枝与量化策略的综合应用,可以有效地实现对 ED-YOLO 算法的压缩和优化,从而提高算法在资源受限环境下的运行效率和性能^[8]。

5.2 损失函数设计

损失函数设计是基于模型压缩的 ED-YOLO 算法设计中的另一个重要环节,其目的是通过设计合适的损失函数来优化模型的性能。在进行模型剪枝和量化的过程中,可能会引入额外的压缩损失,因此需要设计相应的损失函数来平衡模型的精度和压缩率。对于 ED-YOLO 算法,可以考虑设计特定的损失函数来约束模型的稀疏度或量化误差,以确保模型在压缩后仍具有较高的准确性。例如,可以引入压缩惩罚项来惩罚模型的稀疏度,或者利用知识蒸馏技术来利用已训练好的大模型的知识来指导训练小模型。通过合理设计损失函数,可以实现对基于模型压缩的 ED-YOLO 算法的优化和提升,使其在资源受限的环境下具有更好的性能表现。

基于模型压缩的 ED-YOLO 算法设计涉及模型剪枝与量化策略、网络结构调整和损失函数设计等多个方面。通过合理选择和设计这些关键步骤,可以实现对 ED-YOLO 算法的有效压缩和优化,从而提高算法在资源受限环境下的运行效率和性能,为电力巡检无人机等应用场景提供更好的解决方案。

6 应用案例与验证

在实际飞行测试中,我们将基于模型压缩的 ED-YOLO

算法应用于电力巡检无人机中,并与传统的目标检测算法进行了对比实验。在不同的实验场景下,我们对无人机进行了多次飞行测试,记录了其在不同环境下的目标检测效果和飞行性能^[9]。

实验结果表明,基于模型压缩的 ED-YOLO 算法在各种实验场景下都表现出了较好的性能和效果。无人机能够快速准确地检测到电力设施,并实现对其位置和状态的准确识别和定位。与传统的目标检测算法相比,所提出的算法具有更高的检测准确度和更快的检测速度,能够有效地提高无人机的巡检效率和安全性。

我们还对算法在不同参数设置下的性能进行了分析和优化。通过调整模型剪枝和量化的参数,我们进一步提高了算法的性能和稳定性,使其适用于各种复杂环境下的实际应用场景。实验结果表明,所提出的基于模型压缩的 ED-YOLO 算法能够在电力巡检无人机中取得良好的应用效果,为电力巡检工作提供了一种新的解决方案^[10]。

7 结论

论文提出了一种基于模型压缩的 ED-YOLO 算法,旨在提高电力巡检无人机的目标检测效率和准确性。通过将 EfficientDet 与 YOLOv3 相结合,并利用模型剪枝、网络结构调整和损失函数设计等技术,我们成功地实现了对模型的有效压缩和优化。基于模型压缩的 ED-YOLO 算法为电力巡检无人机提供了一种高效准确的目标检测解决方案。未来,我们将继续改进算法,进一步提高其性能和适用性,以满足不断发展的电力巡检需求。

参考文献

- [1] 郑腾龙.基于深度学习的无人机电力巡检障碍物目标检测与避障系统[D].天津:天津工业大学,2010.
- [2] 于越.基于深度学习的无人机目标检测算法研究[D].北京:中国科学院大学,2013.
- [3] 程千顷,王红军.基于MM-YOLOv4的无人机目标检测算法[J].空军工程大学学报,2022,23(5):90-95.
- [4] 黄文斌,陈仁文,袁婷婷.改进YOLOv3-SPP的无人机目标检测模型压缩方案[J].计算机工程与应用,2021,57(21):165-173.
- [5] 罗旭鸿,刘永春,楚国铭,等.基于改进YOLOv5无人机图像目标检测算法[J].无线电工程,2023,53(7):1528-1535.
- [6] 张辉,张文武.基于CNN的无人机目标检测算法比较与分析[J].第八届中国指挥控制大会,2021.
- [7] 但唐朋,柴永磊,姚祉含.基于YOLO模型的目标检测软件[J].科技视界,2019(21):2.
- [8] 彭继慎,孙礼鑫,王凯,等.基于模型压缩的ED-YOLO电力巡检无人机避障目标检测算法[J].仪器仪表学报,2021(10):161-170.
- [9] 任培铭.基于YOLO的实时目标检测方法研究[D].无锡:江南大学,2012.
- [10] 王宇聪,柯澳,董泽宇,等.基于改进YOLOv5n的电力巡检红外图像目标检测算法[J].广西电力,2022,45(6):36-41.