

# 基于 YOLO 模型的复杂路面落叶检测研究

姚鹏尊 闫泽川 高雨欣 位盼盼 赵帅豪 丁天 董政  
郑州科技学院

DOI:10.12238/acair.v3i1.11873

**[摘要]** 随着城市化进程的加速,城市绿化面积不断扩大,落叶清理成为城市管理中一项重要而繁琐的任务。传统的人工清理方式不仅效率低下,还存在安全隐患,无法满足现代城市管理的需求。因此,开发一种高效、准确的落叶检测算法,对于提高落叶清理效率、降低人力成本具有重要意义。本文提出了一种基于深度学习的复杂路面落叶检测算法,该算法在YOLOv3目标检测模型的基础上进行改进,通过优化聚类算法、改进激活函数以及引入非极大值融合算法等策略,提高了落叶检测的准确性和实时性。实验结果表明,本文提出的算法在复杂路面落叶检测任务上取得了显著的效果。

**[关键词]** 深度学习; YOLOv3; 落叶检测; K-means++

**中图分类号:** TE271 **文献标识码:** A

## Research on Complex Road Surface Leaf Detection Based on YOLO Model

Pengzun Yao Zechuan Yan Yuxin Gao Panpan Wei Shuaihao Zhao Tian Ding Zheng Dong  
Zhengzhou University of Science and Technology

**[Abstract]** With the acceleration of urbanization and the continuous expansion of urban green areas, leaf removal has become an important and tedious task in urban management. The traditional manual cleaning method is not only inefficient, but also has safety hazards, which cannot meet the needs of modern urban management. Therefore, developing an efficient and accurate leaf fall detection algorithm is of great significance for improving leaf fall cleaning efficiency and reducing labor costs. This article proposes a complex road leaf detection algorithm based on deep learning, which is improved on the YOLOv3 object detection model. By optimizing clustering algorithms, improving activation functions, and introducing non maximum fusion algorithms, the accuracy and real-time performance of leaf detection are improved. The experimental results show that the algorithm proposed in this paper has achieved significant results in the task of detecting fallen leaves on complex road surfaces.

**[Key words]** Deep learning; YOLOv3; Defoliation detection; K-means++

## 引言

近年来,深度学习被广泛应用于日常生活,特别是在环卫领域,通过深度学习算法实现智能清洁机器人设计成为新方向。落叶检测是智能环卫的关键,但路面落叶背景复杂、大小不一、分布不均,检测困难。本项目将深度学习目标检测算法应用于环卫落叶清理,提出解决方案,提升检测效率,对智能落叶清理机器人落地有重要意义。

(1)减小落叶检测影响因素。落叶检测面临分布不均、背景复杂、堆积遮挡等难点。本项目构建落叶数据集,使用数据增强方法,采用K-means++算法聚类分析,Mish激活函数提高准确度,非极大值融合算法解决密集落叶检测问题。(2)减少消防隐患,推动无人化清扫。落叶易堵塞排水系统、引发火灾、滋生细菌。本项目提出改进的YOLOv3算法,快速准确识别路面落叶,解决落

叶对城市环境的问题,减少消防隐患,推进落叶清扫无人化。

## 1 项目研究目标及主要内容

### 1.1 项目研究目标

本项目的研究目标主要集中在解决路面落叶检测与清理中的关键问题,以下是各目标的详细解释:

#### 1.1.1 利用K-means++改进落叶数据集聚类效果

改用K-means++选择描框初始中心点,迭代优化聚类中心的位置,使得数据点的分布尽可能地均匀,提高先验框聚类效果,提高落叶收敛速度。

#### 1.1.2 利用Mish激活函数增强模型泛化能力

Mish激活函数有更好的非线性特征,使模型具有更好的泛化能力,可以提高模型预测落叶的准确性。

#### 1.1.3 基于非极大值融合算法的路面密集落叶区域框选

非极大值融合算法取代非极大值抑制算法,作为落叶检测模型的后端预测框处理算法,使算法更好的配合落叶机器人实现落叶清扫效果。

### 1.2 主要研究内容

我们结合国内外的先进研究成果,对落叶识别的关键技术进行研究与实现。为了达到项目研究的总体目标和细分目标,主要研究三个方向,总体研究框架如图1所示:

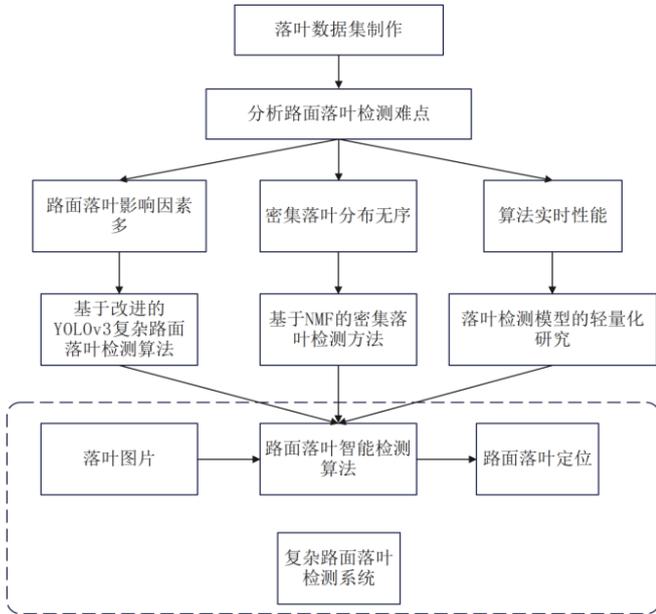


图1 研究的总体框架

#### 1.2.1 构建落叶数据集

目前缺乏公开通用的落叶数据集,因此我们需要构建并扩充落叶数据集训练和验证落叶检测算法。考虑到路面落叶检测的影响因素,我们拍摄搜集落叶图片1000张。为了避免最终模型产生过拟合现象,采用了随机亮度调整、随机旋转、随机对比度调整、随机裁剪等图像变换方法进行数据集扩充数据增强效果。

#### 1.2.2 利用K-means++改进落叶数据集聚类效果

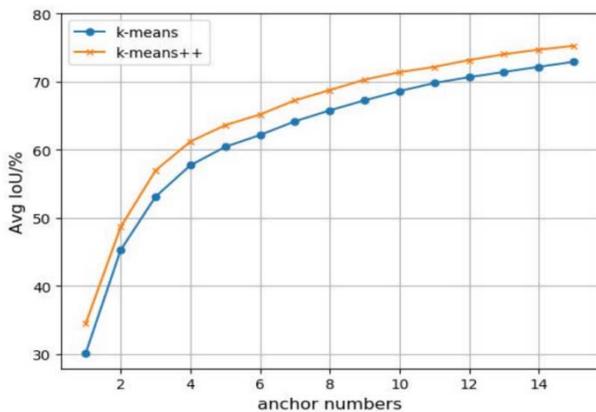


图2 K-means和K-means++聚类性能分析

YOLOv3算法采用K-means聚类算法聚类获得待检测目标的

先验框。但是,实际道路中的路面落叶大多堆积,目标检测的真实框大小不一,使用K-means算法进行聚类效果甚微,因此本项目准备采用K-means++算法对K个初始聚类中心的选择进行优化,提高先验框聚类效果。

K-means++只在第一步进行初始聚类中心的随机选择,随后迭代进行聚类中心的选择计算,直至挑选出需要的聚类中心,以此提高先验框聚类效果,提高落叶收敛速度。图2为聚类效果对比,可以看出:随着设定的先验框数量的增长,两种聚类算法的性能都得到了提升;当聚类先验框数量相同时,K-means++聚类算法的聚类先验框取得了比K-means聚类算法更好的平均交并比结果。总之,基于K-means++算法聚类所得的先验框更贴合落叶数据集,能在落叶数据集上带来更好的检测结果。

#### 1.2.3 利用Mish激活函数增强模型泛化能力

自然界中的数据分布通常不是简单的线性分布,而是复杂的非线性分布,简单的线性模型是无法拟合数据分布的。因此,一个性能优异的激活函数可以使神经网络具有更好的非线性映射能力,同时使系统模型具有更强的特征学习能力。

Mish激活函数可用公式1所示:

$$f(x) = x \tanh(\text{softplus}(x))$$

$$= x \tanh(\ln(1 + e^x))$$

公式1

Mish激活函数具有上无界下有界的特性且正值收敛速度相当。激活函数上无界的特性保证了模型训练时避免梯度饱和,加快模型训练速度;有下界且有较小负值,可以保证正则化效果的实现和网络梯度流的稳定。但是相比于Leaky ReLU激活函数,Mish激活函数有更好的非线性特征,使模型具有更好的泛化能力,可以提高模型预测落叶的准确性。

#### 1.2.4 基于非极大值融合算法的路面密集落叶区域框选

在当前常见的目标检测任务中,对目标的精确定位尤为重要。结合实际落叶清理机器人的作业情况,无论是密集分布的落叶还是零散的落叶,清洁车都是一次直接吸取,不需要逐片区分。因此,面对堆积的落叶,清洁机器人只需要获得一个包含堆积落叶的区域,然后得到一个路径规划的目标节点,而不需要精确的获得每个落叶的位置。

为了使算法更好的配合落叶机器人实现落叶清扫效果,采用非极大值融合算法(Non-Maximum Fusion, NMF)取代非极大值抑制算法成为落叶检测模型的后端A, B为预测模型得到的预测框,其参数分别为 $[xa1, ya1, xa2, ya2, sa1, sa2]$ 和 $[xb1, yb1, xb2, yb2, sb1, sb2]$ 。其中,  $[x1, y1, x2, y2]$ 为对应预测框的定位参数,  $s1$ 和 $s2$ 分别为位置得分和分类得分。首先根据落叶机器人的清扫覆盖面积对具有较大 $s1$ 的预测框进行放大处理以获取更好的清扫效果;之后,进行重合面积判定,当两预测框相交且重合面积大于设定阈值时,实施非极大值融合算法融合预测框;循环实施以上两个过程,并最终获得融合之后的预测框。非极大值融合算法可用公式2表示。

$$NMF \begin{pmatrix} \delta x1 \\ \delta y1 \\ \delta x2 \\ \delta y2 \\ s1 \\ s2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x1 \\ y1 \\ x2 \\ y2 \\ s1 \\ s2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \min(x1, x1) \\ \min(y1, y1) \\ \max(x2, x2) \\ \max(y2, y2) \\ \max(s1, s1) \\ \max(s2, s2) \end{pmatrix} \quad \text{公式2}$$

经过考虑,本项目使用最大外接矩形进行融合,融合过程如图3所示,充分描述了NMF过程。对于两个融合的预测框,根据其位置参数绘制最大外接矩形,参数为[xa1, ya1, xa2, ya2, sa1, sa2],为了适应不同落叶机器人具有不同的覆盖面积,本文引入了 $\delta$ 来选择性地缩放预测框。当落叶清理机器人覆盖面积较大时,可以适当增大融合产生的预测框,提高清理效率。

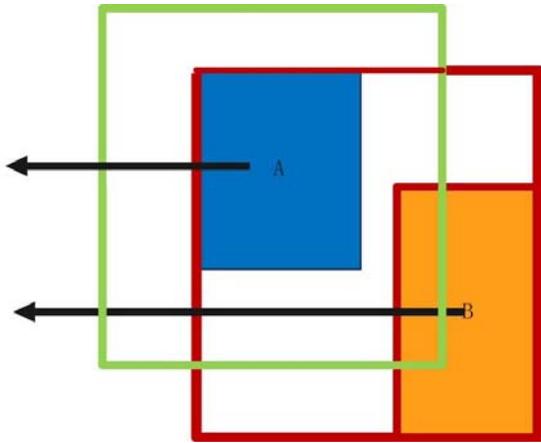


图3 非极大值融合算法

NMF算法保持了对路面落叶的高效捕获效率,具有良好的实时性,能够承担清除路面落叶的检测任务通过融合目标检测模型获得的候选预测框,解决了密集落叶检测的难题,实现了复杂分布落叶的高覆盖率检测。同时,NMF算法有效的减少了落叶清理机器人的路径规划导航点,帮助落叶机器人提升工作效率。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 实验设置

为了验证本文提出的算法的有效性,本文进行了大量实验。实验数据集包括不同时间、不同环境、不同落叶形状多种复杂路面环境的图片,共计1000张,确保实验的全面性和准确性。

### 2.2 实验结果与分析

#### 2.2.1 聚类效果对比

为了验证K-means++算法对聚类效果的影响,本文分别使用K-means算法和K-means++算法进行聚类实验。实验结果表明,K-means++算法能够更准确地生成适用于复杂路面落叶检测的先验框。与K-means算法相比,K-means++算法在平均交并比(mIoU)上提高了约5%,从而提高了检测的准确性和效率。

#### 2.2.2 激活函数对比

为了验证Mish激活函数对模型泛化能力的影响,本文采用Mish激活函数进行训练实验。采用Mish激活函数后,模型的准确率提高了约3%。这表明Mish激活函数能够更好地处理复杂场景下的数据,提高模型的泛化能力。

#### 2.2.3 密集落叶检测对比

实验结果表明,在密集落叶场景下,NMF算法能够显著提高检测覆盖率,减少漏检和误检现象的发生。NMF算法在检测准确率上提高了约7%,从而提高了落叶清理的效率和准确性。

## 3 结论与展望

本文提出了一种基于深度学习的复杂路面落叶检测算法。通过优化聚类算法、改进激活函数以及引入非极大值融合算法等策略,本文算法在YOLOv3模型的基础上进行了改进,并在实验中取得了显著效果。实验结果表明,本文提出的算法在复杂路面落叶检测上具有较高的准确性和实时性,能够满足实际应用中的需求。

我们相信,在不久的将来,随着深度学习技术的不断发展和创新,落叶检测算法将会更加智能化、高效化和普及化。同时,我们也期待更多的研究者能够加入到这个领域中来,共同推动落叶检测技术的发展和运用,为城市管理和环境保护做出更大的贡献。

### [项目来源]

本文为“河南省教育厅2024年大学生创新创业训练计划项目”202412746062、“郑州科技学院2024年大学生创新创业训练计划项目DC202462阶段性成果。”

### [参考文献]

- [1]Redmon,J.,&Farhadi,A.(2015).You Only Look Once:Unified Object Detection with Deep Neural Networks.In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition(pp.5258-5266).
- [2]Jangoordeh,S.,Hebert,P.,&Neumann,M.(2020).YOLOv5:An Updated Look at Real-Time Object Detection.arXiv preprint arXiv:2004.10934.
- [3]Chen,P.,&coskun,A.(2021).YOLOv5:Improved Real-Time Object Detection.arXiv preprint arXiv:2104.04764.
- [4]Chen Li-fang,Lu Guo-jun.A method of generating MNIST handwritten digit images based on the fusion of VAE and GAN networks. Journal,2022(2).
- [5]Aisha Sajjad. Handwritten Digit Recognition Based on Large-scale Deep Convolutional Neural Networks and MNIST Database[D].Beijing University of Technology.

### 作者简介:

姚鹏尊(2003--),男,汉族,河南省新乡市长垣市人,本科,郑州科技学院,主要研究方向:通信工程。