

# 基于YOLOv8的可回收垃圾识别方法研究

张传庆<sup>1</sup>, 陈杨山<sup>1</sup>, 刘西钉<sup>2</sup>, 王建强<sup>3</sup>, 赵曙光<sup>1</sup>

<sup>1</sup>东华大学信息科学与技术学院, 上海

<sup>2</sup>上海琴信科技有限公司, 上海

<sup>3</sup>上汽大众汽车有限公司, 上海

收稿日期: 2023年4月19日; 录用日期: 2023年5月18日; 发布日期: 2023年5月25日

## 摘要

随着经济和社会的快速发展, 如何更好地分类、清运和回收垃圾已变得日益重要和广受重视。为了让垃圾的分选更加智能化, 减少对人工的依赖, 可以采用基于深度学习的目标识别算法, 对垃圾图像进行有效地识别和检测。本文分析了于2023年1月新提出的YOLOv8 (You Only Look Once)算法的改进之处, 并将YOLOv8算法应用于可回收垃圾的识别。实验结果表明, 与基于YOLOv5算法的识别结果相比, 基于YOLOv8算法的可回收垃圾的识别精度显著提高, mAP (平均精度值)达到了96%, 已能满足分拣的需要。

## 关键词

垃圾识别, 目标检测, YOLOv8, Ultralytics

# Research on Recyclable Waste Identification Method Based on YOLOv8

Chuanqing Zhang<sup>1</sup>, Yangshan Chen<sup>1</sup>, Xiding Liu<sup>2</sup>, Jianqiang Wang<sup>3</sup>, Shuguang Zhao<sup>1</sup>

<sup>1</sup>College of Information Science and Technology, Donghua University, Shanghai

<sup>2</sup>Shanghai Qinxin Technology Co., Ltd., Shanghai

<sup>3</sup>SAIC Volkswagen Automotive Co., Ltd., Shanghai

Received: Apr. 19<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 18<sup>th</sup>, 2023; published: May 25<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

With the rapid development of the economy and society, how to better sort, remove and recycle garbage has become increasingly important and widely valued. In order to make the sorting of garbage more intelligent and reduce the dependence on labor, a target recognition algorithm

based on deep learning can be used to effectively identify and detect garbage images. This paper analyzes the improvements of the newly proposed YOLOv8 (You Only Look Once) algorithm in January 2023, and applies the YOLOv8 algorithm to the identification of recyclable waste. The experimental results show that compared with the recognition results based on YOLOv5 algorithm, the recognition accuracy of recyclable garbage based on YOLOv8 algorithm is significantly improved, and the mAP (average accuracy value) reaches 96%, which can meet the needs of sorting.

## Keywords

Garbage Recognition, Object Detection, YOLOv8, Ultralytics

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来,随着经济水平的发展,无论是城市还是农村的生活水平均有大幅提高,垃圾的分类、清运和资源化利用成为一个亟待研究的课题。在目前的实际生产生活当中,广泛应用的仍然是人工分类垃圾,尤其是在初步分选当中。这既会增大人力成本,也会影响工人的身心健康。针对垃圾的初步分选问题,由于工业相机在采集图像的精度提升的同时成本有所降低,提高了目标检测技术在垃圾目标的识别分类上的实用价值。同时计算机 CPU 和 GPU 的性能有了很大的提升,在基于深度学习的目标检测算法的训练速度得到提高的同时,也使训练好的模型能更快地处理工业相机采集的图像,并计算出目标的位置,控制执行机构实现对垃圾目标的抓取[1][2][3]。

基于深度学习的目标检测是指从输入图像中识别出感兴趣目标并将目标类别以及在图像中的位置作为结果进行返回的技术。根据目标检测实现步骤的不同,深度学习目标检测算法可分为基于候选区域的二阶段算法以及基于边框回归的一阶段算法。基于候选区域的目标检测算法有:R-CNN、Fast R-CNN [4]、Faster R-CNN [5]等。基于边框回归的检测算法有:YOLO [6]系列、SSD [7]等。相较于二阶段算法,YOLO (You Only Look Once)等一阶段算法模型结构简洁,检测速度快的同时保证了足够的准确率,在工业界得到了广泛的应用。YOLOv1 算法于 2015 年被提出,在随后的研究中,不同的研究者通过改进网络结构、添加数据增强模块等方式,提出了 YOLOv2、YOLOv5、YOLOX、YOLOv7 等各个改进版本(见图 1)。在工业生产当中,YOLO 系列算法是较为成熟且应用广泛的一种目标检测算法。

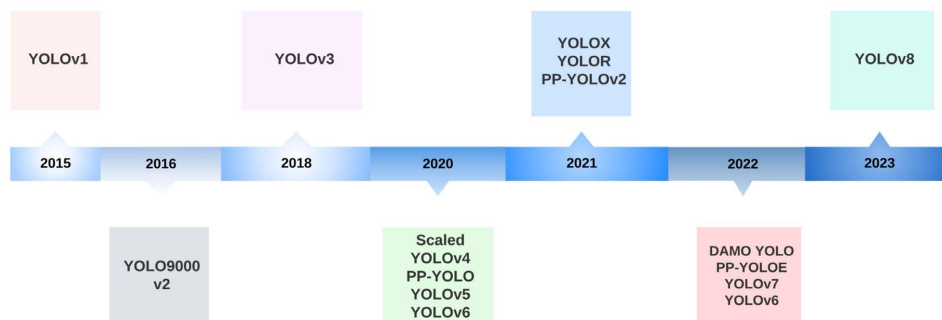


Figure 1. The time when the YOLO series algorithm was proposed

图 1. YOLO 系列算法被提出的时间

2023年1月10号,曾于2020年提出过YOLOv5算法的Ultralytics公司发布了最新的YOLOv8算法。本文首先以YOLOv5算法为例,简述了YOLO系列算法的原理,分析了YOLOv8算法的改进之处;然后基于该算法,在自行收集的可回收垃圾数据集上训练目标检测模型,分析了训练好的模型的识别结果;最后和基于YOLOv5算法的识别结果进行对比,实验表明YOLOv8算法对可回收垃圾有更好地识别和检测能力。

## 2. YOLO 算法原理

### 2.1. YOLO 算法简述

YOLO系列算法首先在目标图像上划分 $S \times S$ 个网格,每个网格预测 $B$ 个边界框及相对应的置信度,对于预测同一个目标的冗余边界框,算法通过非极大值抑制算法消除多余的边界框,得到检测结果。

### 2.2. YOLOv5 算法的框架和功能

YOLOv5算法的主要框架由如图2所示的几个结构组成。

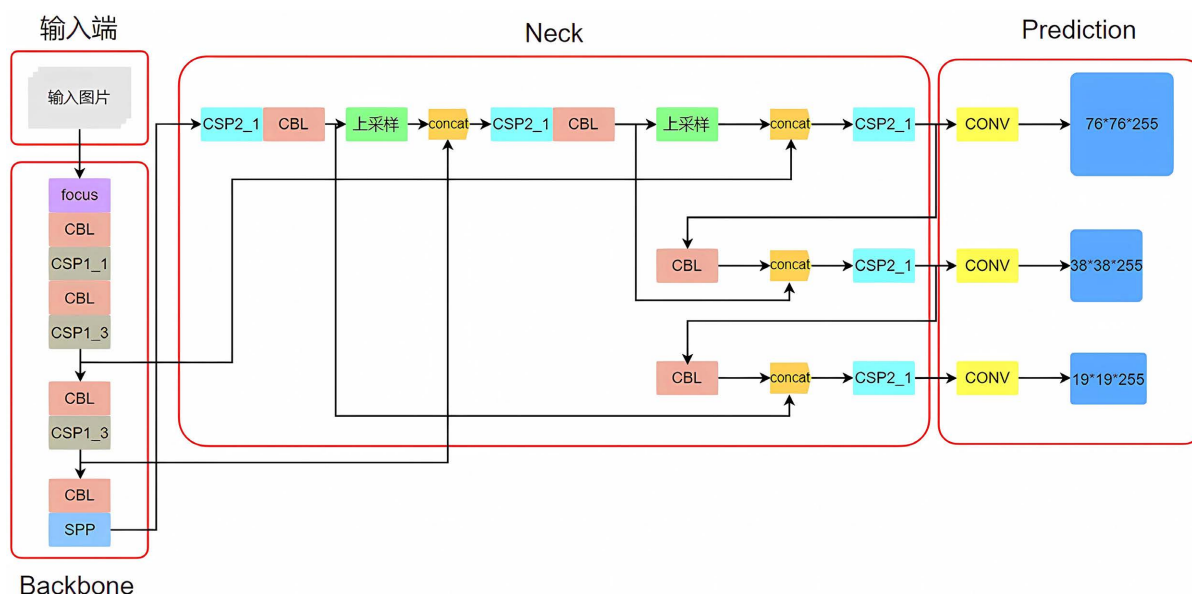


Figure 2. YOLOv5 algorithm frame diagram

图 2. YOLOv5 算法框架图

1) 输入端通过 Mosaic 数据增强、自适应锚框计算、自适应图片缩放对输入的图片进行初步处理。Mosaic 数据增强能够将四张图片通过随机缩放、裁剪和拼接后再进行训练,能够在提高检测效果的同时减少 GPU 算力的使用。自适应的锚框计算用于提高定位精度和收敛速度。自适应图片缩放能根据输入到网络的图片大小,计算原始图片应缩放的比例和为了补足尺寸所添加的边框粗细,有效地提高了训练速度。

2) Backbone 部分对接收到的图像进行特征提取。它采用了 Focus 结构, CSP (Cross Stage Partial) 结构 (CSPNet 的跨阶段局部融合网络), 减少梯度信息的重复, 降低计算量, 提高神经网络的学习能力。

3) Neck 部分对特征图进行多尺度特征融合, 并把这些特征传递给预测层。同样通过 CSP 结构的使用, 提高了网络特征融合的能力。

4) Prediction 部分进行最终的回归预测, 三个检测头用于检测不同大小的目标。

### 2.3. YOLOv8 算法的改进

1) 将 CSP 模块替换为 C2f 模块, 通过并行更多的梯度流分支, 在保证轻量化的同时获得更加丰富的梯度流信息。

2) Neck 部分中的 CSP 模块同样被替换为 C2f 模块, 同时将不同阶段 Backbone 输出的特征直接送入上采样操作。

3) Prediction 部分的目标分类和检测框目标回归两个任务解耦, 分别进行预测, 可以加快模型收敛速度和提高检测精度; 分类损失为 VFL Loss, 主要特点是正负样本非对称加权、突出正样本为主样本, 解决了正负样本不平衡的问题。回归损失引入了 DFL 模块, 让网络快速聚焦于和目标位置距离近的位置的分布。

图 3 为官方在 COCO 数据集上训练的结果对比, 各个字母代表模型的参数量和规模, 其中 n 最小, x 最大。由左半部分参数与 mAP 所绘制的折线可见 YOLOv8n 权重与 YOLOv5n 权重相比, 在参数基本不变的情况下 mAP 得到了较大提升, 其余规模的模型也有类似的较好效果。由右半部分每张图的训练时间与 mAP 所绘制的折线可见在训练速度上, YOLOv8n 模型也能在计算速度大体相当的情况下取得更好的 mAP。

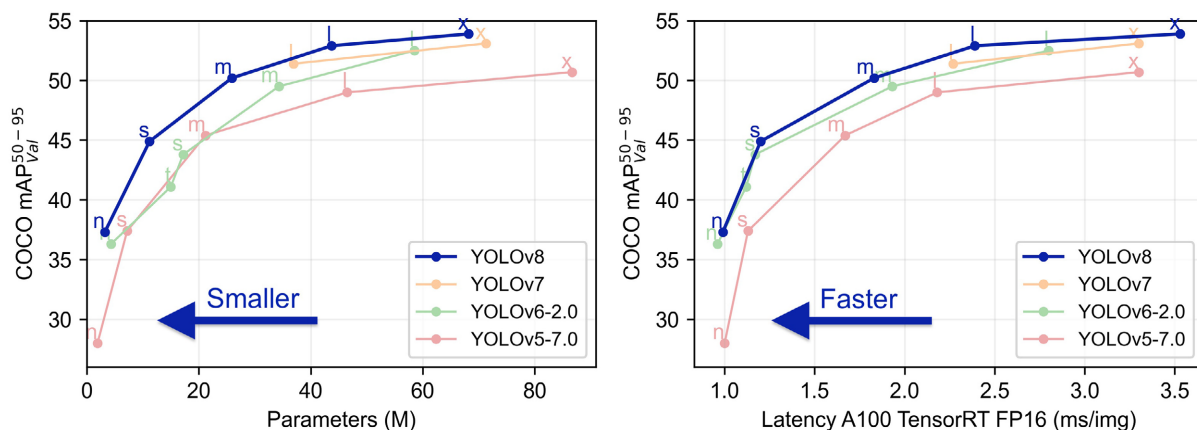


Figure 3. Comparison of the YOLOv8 algorithm with other algorithms on the COCO dataset

图 3. YOLOv8 算法在 COCO 数据集上与其他算法的对比

## 3. 实验结果与分析

### 3.1. 实验环境配置和参数设置

本文实验在 Windows10 操作系统下进行, GPU 为 Geforce RTX 2070, CPU 为 R5-3600, 内存为 16 GB, CUDA 版本为 12.0, 使用开发环境软件为 Pycharm, 语言为 Python3.8, 深度学习框架为 Facebook 开源的 Pytorch。实验的迭代参数 epochs 设为 50, 批样本数量 batch size 为 16, 采用随机梯度下降法, 权重衰减 weight decay 为 0.0005。

### 3.2. 实验结果分析和结论

本文采用的模型评价标准为平均精度值 mAP。对于某一个类别目标, 它的检测精度可以由 P-R 曲线得出, 其中 P 代表精确率 Precision, 指在预测为正的样本中实际为正样本的概率, 计算公式如(3-1)式: 其中 TP 代表实际为正, 且被预测为正的样本个数, FP 代表实际为负, 但被预测为正的样本个数。

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3-1)$$

$R$  代表召回率 Recall，指实际为正的样本中预测为正样本的概率，计算公式如(3-2)式：其中 FN 代表实际为正，但被预测为负的样本个数。

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3-2)$$

这两个指标度量的维度不同，所以引入了 AP (Average Precision)，即不同召回率上的精度值的平均。AP 越高，说明检测失误越少。对所有类别目标的 AP 取平均值就得到了 mAP。表 1 为基于 YOLOv5 算法的模型和基于 YOLOv8 算法的模型对四种不同种类可回收垃圾的检测结果，YOLOv8 模型的 mAP 值比 YOLOv5 模型提高了约 4%；在玻璃瓶和利乐包的识别上两个模型的检测结果相似，但在易拉罐的识别上 YOLOv8 模型的准确率提高了 6.1%，在塑料瓶的识别上准确率提高了 8%。可见对比基于 YOLOv5 算法训练的模型，基于 YOLOv8 算法的模型能够更好的识别和分类垃圾目标。

**Table 1.** Test results for four types of recyclable waste  
**表 1.** 四种可回收垃圾的检测结果

种类	YOLOv5	YOLOv8
mAP	92.7%	96.2%
易拉罐	90.7%	96.8%
玻璃瓶	99.4%	99.2%
利乐包	99.5%	99.5%
塑料瓶	81.1%	89.1%

实际检测图像如图 4(a)至图 4(c)所示，左侧图片为 YOLOv5 算法训练的模型，右侧为 YOLOv8 算法训练的模型的检测结果。从图 4(a)中可以看出，YOLOv5 模型识别被遮挡的塑料瓶时，置信度较低，即认为该目标为塑料瓶的可能性较小；在图 4(b)中，YOLOv5 模型将双面胶识别成了易拉罐；在图 4(c)中，YOLOv5 模型预测的边界框未能完全包含垃圾目标，同时置信度也较低。从不同情况下的检测结果对比可以看出，YOLOv5 模型有一定的漏检和误检情况发生，在图片中目标较多的情况下检测效果有所欠缺，而同时 YOLOv8 模型能够较好地应对这些情况，定位也更为准确。



(a)

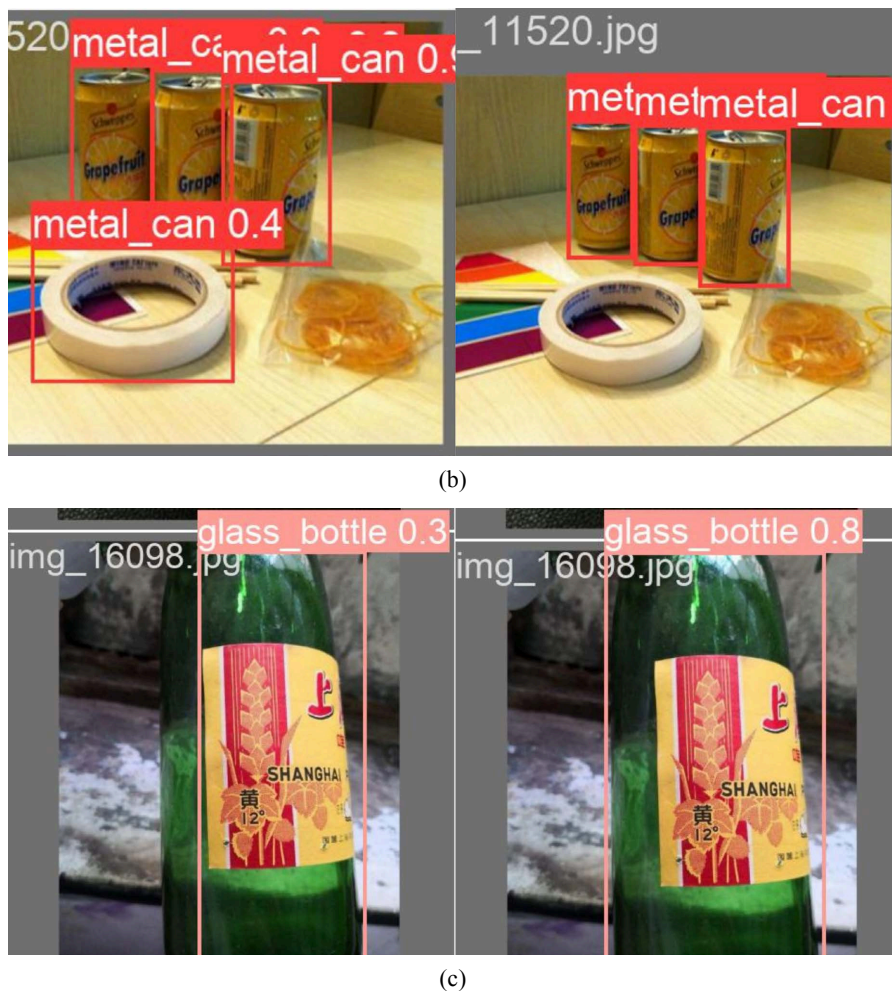


Figure 4. (a) Detection result 1; (b) Detection result 2; (c) Detection result 3  
 图 4. (a) 检测结果 1; (b) 检测结果 2; (c) 检测结果 3

#### 4. 结论与展望

可回收垃圾的识别与分类是垃圾分类当中较有价值的一部分，有利于资源的回收，也具有一定的经济意义。本文针对可回收垃圾数据集进行模型训练，将 YOLOv8 算法训练的模型与 YOLOv5 模型进行比较，训练结果表明在同一数据集上，YOLOv8 模型比 YOLOv5 模型的识别准确率更高，预测的目标框也更为准确，可见将 YOLOv8 系列算法应用到实际的垃圾分类当中能够比使用其他算法减少漏检和误检，具有很大的意义和实用价值。

#### 参考文献

- [1] 李浩浩. 基于深度学习的可回收垃圾视觉分拣系统[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安理工大学, 2021.
- [2] 李庆, 龚远强, 张玮, 等. 用于智能垃圾分拣的注意力 YOLOv4 算法[J]. 计算机工程与应用, 2022, 58(11): 260-268.
- [3] 梅志敏, 陈艳, 胡杭, 张融. 机器人与机器视觉的垃圾分拣系统设计[J]. 机械设计与制造, 2022, 374(4): 275-278.
- [4] Girshick, R. (2015) Fast R-CNN. 2015 *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, Santiago, Chile, 7-13 December 2015, 1440-1448. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2015.169>
- [5] Ren, S., He, K., Girshick, R. and Sun, J. (2016) Faster R-CNN: To-towards Real-Time Object Detection with Region

---

Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **39**, 1137-1149. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2577031>

- [6] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R. and Farhadi, A. (2016) You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016 *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Las Vegas, NV, 27-30 June 2016, 779-788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- [7] Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., *et al.* (2016) SSD: Single Shot Multibox Detector. <https://arxiv.org/abs/1512.02325>