

# 基于改进YOLOv8的烟卷污渍检测研究

王翔<sup>1\*</sup>, 宗恩师<sup>1</sup>, 方贵阳<sup>1</sup>, 董晓泽<sup>2</sup>

<sup>1</sup>红云红河烟草(集团)有限责任公司新疆卷烟厂, 新疆 乌鲁木齐

<sup>2</sup>重庆科技大学计算机科学与工程学院, 重庆

收稿日期: 2024年9月15日; 录用日期: 2024年10月6日; 发布日期: 2024年10月18日

## 摘要

在烟卷生产过程中, 水渍、黄斑、褶皱和破损等缺陷是常见问题。传统的方法依赖于人工检测方法, 但由于视觉疲劳等因素, 导致生产效率不够高效。为了解决这一问题, 本文提出了一种基于改进YOLOv8的烟卷污渍检测算法。本文以YOLOv8网络为骨干模型, 加入了空间注意力机制, 突出污渍区域的小目标检测能力, 减小漏检和误检, 从而减少小目标样本的误检率和漏检率。实验结果表明, 与最新的YOLOv8算法相比, 改进后的算法在烟卷污渍数据集上的平均精度均值(mAP)和召回率(Recall)分别提高了6.3%和1.8%; 精度提高了6.2%。

## 关键词

YOLOv8, 空间注意力机制, 污渍检测

# Research on Cigarette Stain Detection Based on Improved YOLOv8

Xiang Wang<sup>1\*</sup>, Enshi Zong<sup>1</sup>, Guiyang Fang<sup>1</sup>, Xiaoze Dong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hongyun Honghe Tobacco (Group) Co., Ltd., Xinjiang Cigarette Factory, Urumqi Xinjiang

<sup>2</sup>School of Computer Science and Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Received: Sep. 15<sup>th</sup>, 2024; accepted: Oct. 6<sup>th</sup>, 2024; published: Oct. 17<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

In the cigarette production process, defects such as water stains, yellow spots, wrinkles, and damage are common issues. Traditional methods rely on manual inspection, but due to factors like visual fatigue, production efficiency is not optimal. To address this problem, this paper proposes a cigarette

\*通讯作者。

文章引用: 王翔, 宗恩师, 方贵阳, 董晓泽. 基于改进 YOLOv8 的烟卷污渍检测研究[J]. 图像与信号处理, 2024, 13(4): 394-401. DOI: 10.12677/jisp.2024.134034

stain detection algorithm based on an improved YOLOv8. We use the YOLOv8 network as the backbone model and incorporate a spatial attention mechanism to reduce the false detection and missed detection rates of small target samples. Experimental results show that, compared to the latest YOLOv8 algorithm, the improved algorithm increases the mean Average Precision (mAP) and Recall on the cigarette stain dataset by 6.3% and 1.8%, respectively, and improves precision by 6.2%.

## Keywords

YOLOv8, Spatial Attention Mechanism, Stain Detection

Copyright © 2024 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

烟卷质检在烟草制造中扮演着至关重要的角色，是香烟生产流程中重要的一环[1]，确保香烟产品质量和生产效率。国内香烟生产过程中已有人工和机器质检流程，前者在自动化香烟生产中已显现出诸多局限性，特别是在烟卷外观检测中效率低下和准确性不稳定，而现有的机器自动检测烟卷表面小块污渍时，仍存在较大的不足，具体表现为检测准确度不高和实时性较差。这些问题严重制约了自动化检测技术在香烟生产中的应用和发展。鉴于此，迫切需要进一步研究和开发针对烟卷污渍的小目标区域检测的高效、准确且实时性强的模型，以满足现代生产的高标准要求，并推动相关技术的进步。

## 2. 文献综述

目前，国内外已经有很多种对烟卷污渍检测的方法，例如张维琛[2]等人采用深度学习的方法对烟支外观进行检测；赵科文[3]等采用近红外光谱技术结合模式识别算法，建立了6种润滑油的识别模型，针对香烟生产中常见的烟卷油渍污染物能较快速识别；刘佳[4]等人基于YOLOv5的卷烟外观缺陷检测算法进行优化；Li [5]等通过改进YOLO模型将其全部卷积化，在钢带表面缺陷检测中达到97.5%的精度和95.86%的召回率。在目标检测方向，YOLO系列[6][7]算法是迄今为止发展最快、最好的算法之一，尤其是YOLOv8的诞生，拥有了高检测速度，高精度等优点。YOLOv8算法在PyTorch框架中实现，具有多项显著优点。首先，PyTorch框架设计直观，便于开发者快速上手和实施各种深度学习模型。其次，YOLOv8具备极快的检测速度，适合实时应用需求。此外，其灵活的结构使得模型可以根据不同的任务和需求进行调整和优化。这种灵活性和高效性使得YOLOv8能够成功整合并应用于计算机视觉领域的多种技术，如图像分类、目标检测和实例分割等，显著提升了模型的性能和应用范围[8]。

对此，本文针对烟卷污渍检测问题，采用YOLOv8为基模型，在特征提取层增加注意力机制，用来提高特征表示的能力，提高对小目标的检测精度，以达到对污渍检测的提高。

## 3. YOLO 模型

### 3.1. YOLO 模型概述

YOLO (You Only Look Once) [9]是一种基于深度学习的目标检测算法，最初由Joseph Redmon 等人于2015年提出。与传统的目标检测方法不同，YOLO通过单一神经网络直接预测图像中所有目标的位置和类别，实现了高效的实时目标检测。其主要特点包括速度快、精度高以及端到端的检测流程。而去年

新出的 YOLOv8，他集成了先进的网络结构、注意力机制和优化的损失函数，显著提升了检测精度和速度。如图 1 所示，其改进的特征提取和数据增强技术，使其在复杂场景和小目标检测中表现出色，同时具备易用性和可扩展性，适用于自动驾驶、安防监控、工业检测、医疗影像、无人机和智慧城市等多种应用领域。相比于其他版本的 YOLO，提供了一个全新的 SOTA 模型用于满足不同场景需求。

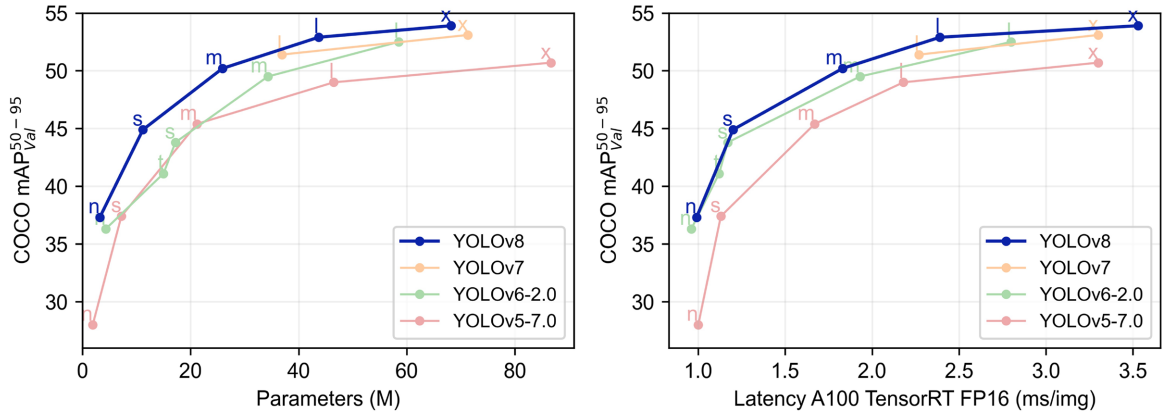


Figure 1. Advantages of YOLOv8 compared to other versions  
图 1. YOLOv8 对比其他版本的优点

### 3.2. YOLOv8 结构分析

#### 3.2.1. YOLOv8 骨干：提取输入图像的特征

YOLOv8 是使用 Darknet-53 作为其主干网络[10]，用于从输入图像中提取特征。Darknet-53 是一种深度卷积神经网络架构，由 53 个卷积层组成，采用残差块和跳跃连接设计，旨在提高图像识别和目标检测任务的效率和精度。其简洁而高效的设计使其广泛用于各种视觉任务中。

#### 3.2.2. YOLOv8 颈部：特征融合和多尺度特征提取

在 YOLOv8 中，C3 (图 2)结构[11]被替换为梯度流更丰富的 C2f (图 3)结构，以提高模型的特征提取能力和梯度流动性。C3 模块利用 CSPNet 思想进行特征分流，并结合残差结构进行特征融合，而 C2f 模块则采用多并行卷积块提供更丰富的特征处理路径。通过这一改进，C2f 模块在不同尺度的 YOLOv8 模型中均能提升性能和效率。

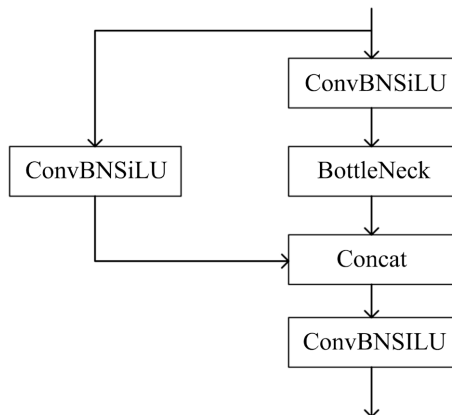


Figure 2. C3 structure diagram  
图 2. 结构图

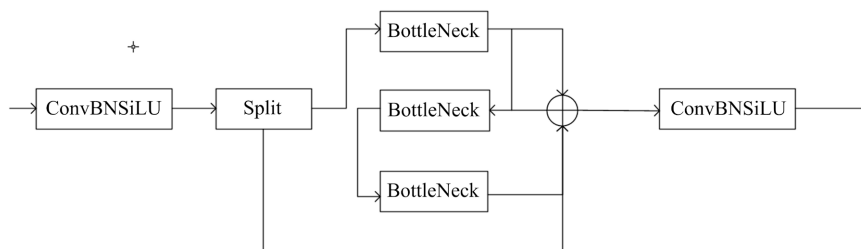


Figure 3. C2f structure diagram  
图 3. C2f 结构图

### 3.2.3. YOLOv8 头部：生成最终的检测结果

YOLOv8 的头部网络由多个卷积层和全连接层组成。这些层用于将特征映射转换为目标框的位置和类别预测。头部结构负责将经过颈部融合的多尺度特征映射到最终的检测结果空间，包括预测目标的边界框位置、类别概率和置信度分数，采用卷积层和全连接层来实现目标检测任务的输出。

## 4. CBAM 注意力机制

CBAM (Convolutional Block Attention Module) [12]是轻量级的卷积注意力模块，它结合了通道和空间的注意力机制模块，如图 4 所示。

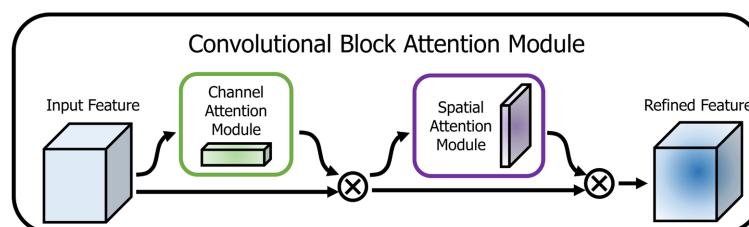


Figure 4. CBAM structure diagram  
图 4. CBAM 结构图

如图 5 可以看出，CBAM 由通道注意力模块(CAM)和空间注意力模块(SAM)组成，分别在通道和空间维度上进行注意力计算。这种设计不仅节省了参数和计算资源，还确保了 CBAM 可以作为即插即用的模块，方便地集成到现有的网络架构中。

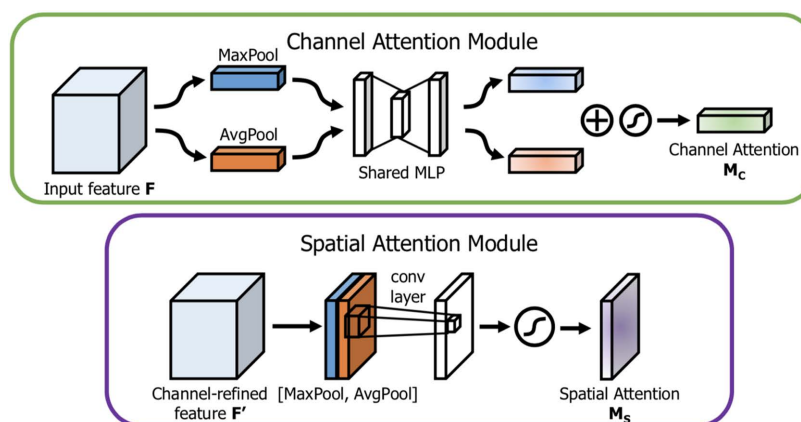


Figure 5. Submodule schematic diagram  
图 5. 子模块示意图

在通道注意力模块(CAM)中,输入的特征图  $F$  首先通过两个并行的池化层:最大池化(MaxPool)和平均池化(AvgPool),这两个池化操作将特征图的维度从  $C \times H \times W$  变为  $C \times 1 \times 1$ 。接着,将这两个池化结果输入到共享的多层感知机(Shared MLP)模块中,该模块首先将通道数压缩为原来的  $1/r$ (减少率),然后再扩展回原通道数,通过 ReLU 激活函数得到两个激活后的结果。这两个结果逐元素相加后,通过 sigmoid 激活函数生成通道注意力的输出结果。最后,将这个输出结果与原特征图逐元素相乘,恢复为  $C \times H \times W$  的大小。

通道注意力计算式如下式(1):

$$\begin{aligned} M_c(F) &= \sigma\left(\text{MLP}\left(\text{AvgPool}(F)\right) + \text{MLP}\left(\text{MaxPool}(F)\right)\right) \\ &= \sigma\left(W_1\left(W_0\left(F^c_{avg}\right)\right) + W_1\left(W_0\left(F^c_{max}\right)\right)\right) \end{aligned} \quad (1)$$

其中:

$F_{avg}$  表示通过平均池化后的特征图。

$F_{max}$  表示通过最大池化后的特征图。

$W_1$  和  $W_2$  是共享的 MLP 的权重矩阵。

## 5. 实验与分析

### 5.1. 实验的软件版本与硬件配置

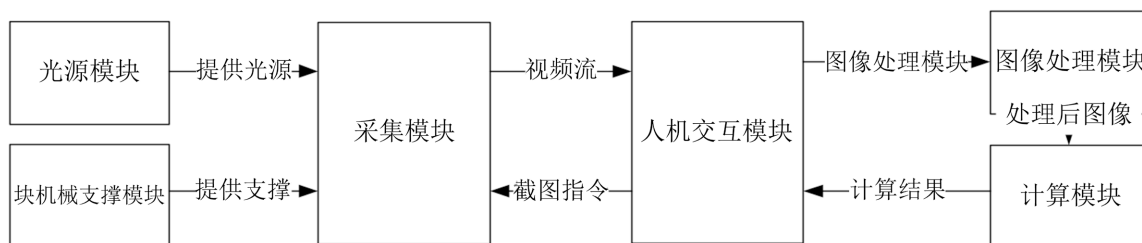
本文实验所用的操作系统为 Windows 版本,深度学习的框架为 Pytorch1.8.1,语言版本 Python3.8。本文系统旋转烟卷三个角度分别采集图像,获得烟卷外表的全覆盖信息(360°),在图像预处理过程中截取烟卷水松纸和滤嘴部分作为 ROI 区域,并进行竖直校正,如下图 6 所示。



**Figure 6.** ROI Images of a cigarette after rotation by three angles  
**图 6.** 烟卷旋转三个角度后的 ROI 图像

系统软硬件方案如下图 7,其流程如下:

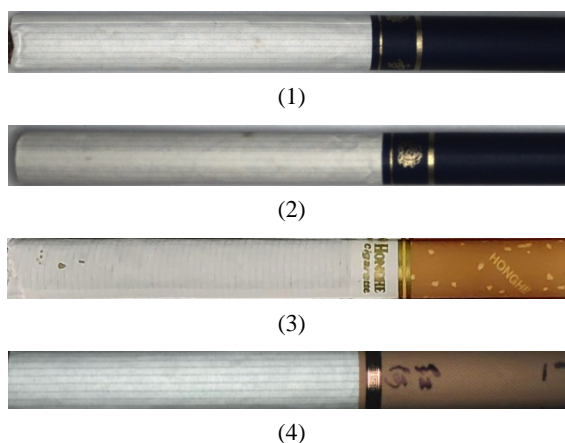
- 1) 光源模块启动,提供稳定的照明。
- 2) 采集模块启动,工业相机开始捕捉香烟转动过程中的视频流。
- 3) 用户通过人机交互模块发送截图指令,截取所需图像。
- 4) 图像处理模块对截取的图像进行处理。
- 5) 计算模块对处理后的图像进行数据分析和计算。
- 6) 用户通过人机交互模块查看计算结果,完成数据采集。



**Figure 7.** System hardware and software solution  
**图 7.** 系统软硬件方案

## 5.2. 数据集介绍

本实验中的数据集由我们自主收集，如图 8 所示，采用 3 次旋转(覆盖 360°)采集装置，对样本进行采集。本数据集共 326 张图片，其中 213 张为训练集，113 张为测试集，每张图片大小为 1080×115，分为 stain 和 background 两个类别。



**Figure 8.** Examples of normal and stained cigarette samples collected: (1) Stained Sample 1; (2) Stained Sample 2; (3) Stained Sample 3; (4) Clean sample 4

**图 8.** 采集到的正常和有污渍烟卷样品图例：(1) 有污渍样品 1；(2) 有污渍样品 2；(3) 有污渍样品 3；(4) 无污渍样品 4

## 5.3. 实验结果分析

如表 1 所示，改进算法(+CBAM)在多个关键指标上优于原始的 YOLOv8 算法和改进算法(+SimAM)。具体来说，该算法的召回率提升至 87.2%，较原始算法提高了 1.7 个百分点，mAP50 达到 53.4%，提升了 0.8 个百分点。这表明改进算法(+CBAM)在目标检测的全面性和精确度方面均有显著优势，能够在实际应用中更有效地捕捉和定位目标。

**Table 1.** Comparison of results with different attention mechanisms  
**表 1.** 添加不同注意力方法的结果比较

算法	Recall	mAP50
原始的 YOLOv8 算法	85.5%	52.6%
改进算法(+CBAM)	87.2%	53.4%
改进算法(+SimAM)	86.3%	53.3%
FastRcnn 算法	86.3%	53.1%

YOLO (+CBAM)模型的训练 - 损失、平均精度和召回率等指标如下图 9 所示:

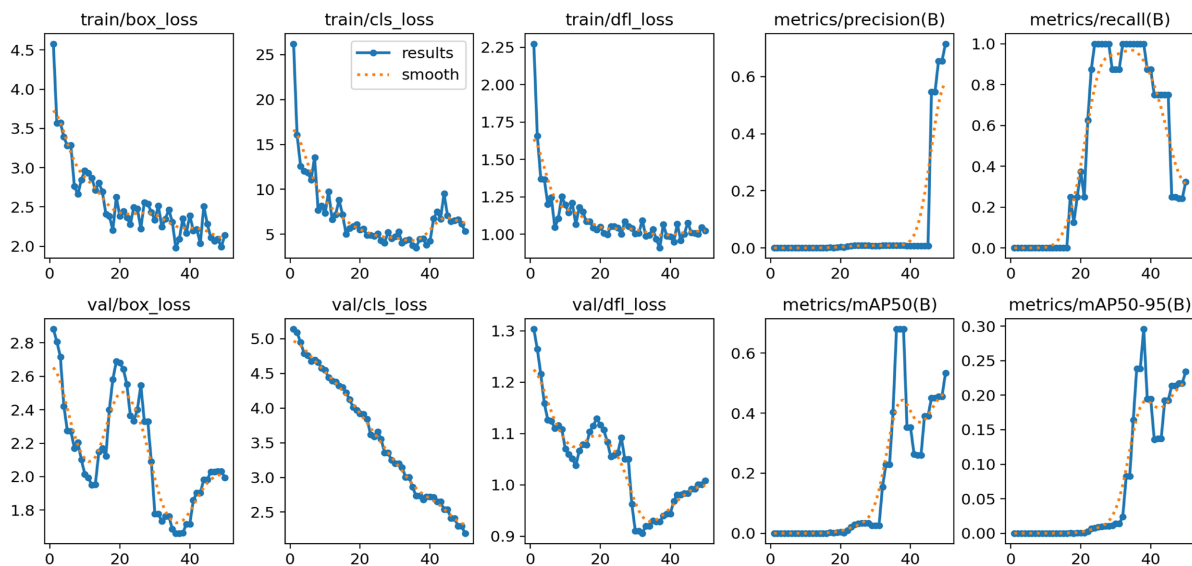


Figure 9. Other relevant results of CBAM-YOLOv8 model  
图 9. CBAM-YOLOv8 模型其他相关结果图

图 10 为 YOLO (+CBAM)模型检测的结果图, 如图所示, 可以精准定位到污渍的位置, 经实验测试, 每张图像的检测时间仅为 44.1 毫秒, 这意味着系统能够以每秒超过 22 张图像的速度进行检测。在生产中, 确保了生产线的高效运转, 提高了生产效率。

烟卷污渍检测结果例图如图 10 所示, 相较于原本的 YOLOV8 模型, 改进后的模型精准度更高。相较于 Fast R-CNN 算法, 改进的算法(+CBAM)在污渍检测方面表现良好。Fast R-CNN 算法虽然在许多应用中取得了成功, 但在检测较小和不明显的特征(如污渍)时存在一定的局限性。我们的改进算法通过引入卷积块注意力模块(CBAM), 有效地克服了这些不足。

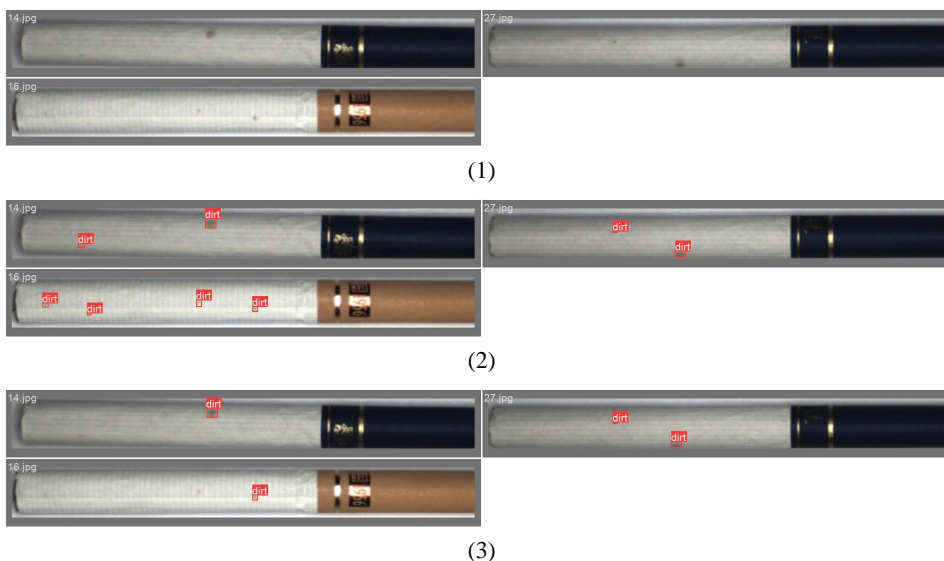


Figure 10. Experimental results comparison: (1) Undetected photo; (2) Detected photo; (3) Comparison image  
图 10. 实验结果对比: (1) 未检测照片; (2) 检测后照片; (3) 对比照片

## 6. 结论

烟卷污渍检测系统对生产香烟效率的提高有着重要的研究价值,提高了香烟的产量以及效率,具有一定的经济意义。本文提出了一个基于 YOLOv8 模型的烟卷污渍检测系统,在 YOLOv8 模型的基础上引入空间注意力机制(CBAM),使其在面对各种干扰和噪声时仍能保持较好的检测性能。改进后的模型对比原模型效率有了提高,具有非常高的实用价值。

## 基金项目

本文得到了重庆科技大学研究生科技创新计划项目“基于 RESNET 网络的烟卷污渍检测研究及实现”资助,编号 ZNYKC2324。

## 参考文献

- [1] 李腾,张震,邹琦,等. 黄斑污染物对卷烟纸热解产物释放的影响[J]. 西南农业学报, 2023, 36(7): 1522-1528.
- [2] 张维琛,赵海挺,李靖,等. 基于深度学习的烟支外观检测系统的设计与实现[J]. 科学技术创新, 2022(35): 49-52.
- [3] 赵科文,陈实,尹中尉,等. 近红外光谱结合模式识别算法溯源识别卷烟纸油污[J]. 中国测试, 2020, 46(6): 51-55.
- [4] 刘佳. 基于深度学习的卷烟外观缺陷检测算法及系统设计[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7(10): 115-118.
- [5] Li, Y., Zhao, W. and Pan, J. (2017) Deformable Patterned Fabric Defect Detection with Fisher Criterion-Based Deep Learning. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, **14**, 1256-1264. <https://doi.org/10.1109/tase.2016.2520955>
- [6] Redmon, J. and Farhadi, A. (2017) YOLO9000: Better, Faster, Stronger. 2017 *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Honolulu, 21-26 July 2017, 6517-6525. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.690>
- [7] 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, 27-30 June 2016, 779-788. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>
- [8] 李宇飞,黄晓飞,王贺伟. 卷烟外观检测中视觉系统的应用: 评《卷烟工艺质量测试与分析评价指南》[J]. 科技管理研究, 2022, 42(14): 254.
- [9] Zhu, X., Lyu, S., Wang, X. and Zhao, Q. (2021) TPH-YOLOv5: Improved YOLOv5 Based on Transformer Prediction Head for Object Detection on Drone-Captured Scenarios. 2021 *IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)*, Montreal, 11-17 October 2021, 2778-2788. <https://doi.org/10.1109/iccvw54120.2021.00312>
- [10] Hei, F.Y., Wang, J.Z. and Zhao, L.H. (2019) Public Opinion Classification Method of Heterogeneous Data Based on CNN and ISTM. *Computer System Application*, **28**, 141-147.
- [11] Cha, Y., Choi, W. and Büyüköztürk, O. (2017) Deep Learning-Based Crack Damage Detection Using Convolutional Neural Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, **32**, 361-378. <https://doi.org/10.1111/mice.12263>
- [12] Woo, S., Park, J., Lee, J.Y. and Kweon, I.S. (2018) CBAM: Convolutional Block Attention Module. arXiv: 1807.06521.