

文章编号: 2096-3424(2023)02-0161-06

DOI: 10.3969/j.issn.2096-3424.2023.02.012

基于 Yolov4 算法的交通标志检测

韩宏坤, 沈希忠

(上海应用技术大学 电气与工程学院, 上海 201418)

摘要: 为了提高交通标志识别的速度和精度, 提出了一种采用 Yolov4 (You only look once version 4) 深度学习框架的交通标志识别方法, 并将该方法与 SSD (single shot multi box detector) 和 Yolov3 (You only look once version 3) 算法进行对比, 所提算法模型参数量显著增加。进一步对 Yolov4 的主干特征提取网络和多尺度输出进行调整, 提出轻量化的 Yolov4 算法。仿真实验表明, 此算法能够快速有效检测交通标志, 具有实时性和适用性。

关键词: 交通标志检测; 深度学习; Yolov4 算法

中图分类号: TP301.6 **文献标志码:** A

Traffic sign detection based on Yolov4 and its improved algorithm

HAN Hongkun, SHEN Xizhong

(School of Electrical and Electronic Engineering, Shanghai Institute of Technology,
Shanghai 201418, China)

Abstract: In order to improve the speed and accuracy of the vehicle perception system in recognizing traffic signs, a traffic sign recognition method using the Yolov4 (You only look once version 4) deep learning framework was proposed. This method was compared with the single shot multi box detector (SSD) and Yolov3 (You only look once version 3) algorithms, which showed that parameters of the proposed algorithm model had increased significantly. The backbone feature extraction network and multi-scale output of Yolov4 were further adjusted by the algorithm. And a lightweight Yolov4 algorithm was proposed. Experimental results showed that the improved algorithm could effectively detect traffic signs, and had good real-time performance and applicability.

Key words: traffic sign detection; deep learning; You only look once version 4 (Yolov4) algorithm

在汽车自动驾驶和辅助驾驶领域, 交通标志的识别与检测是不可或缺的环节, 也是确保安全驾驶的必不可少的技术^[1]。目前, 其主要解决方案是通过在汽车上方搭载摄像头来实时获得道路交通的图像, 运用图像增强和模式识别等方法对路途中的

交通标志和道路进行实时跟踪检测与识别^[2]。现实中道路的交通环境和场景有一定不确定性, 但实际情况又需要保证识别结果的准确率和实时性。采用滑动窗口和手工设计特征融合对交通标志进行识别的方法, 无法应用在自动驾驶系统中, 因为其

收稿日期: 2021-07-23

作者简介: 韩宏坤(1995-), 男, 硕士研究生。E-mail: 1191403006@qq.com

通信作者: 沈希忠(1965-), 男, 教授, 博士, 主要研究方向为信号处理与控制。E-mail: xzshen@yeah.net

引文格式: 韩宏坤, 沈希忠. 基于 Yolov4 算法的交通标志检测 [J]. 应用技术学报, 2023, 23(2): 161-166.

Citation: HAN Hongkun, SHEN Xizhong. Traffic sign detection based on Yolov4 and its improved algorithm[J]. Journal of Technology, 2023, 23(2): 161-166.



在精度和实时性上都不能得到保证^[3]。近年来,深度学习技术快速发展,其在计算机视觉领域也取得了一定的成就,卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)颠覆了传统特征提取方法,为交通标志的识别和检测带来了新的技术可能。

在目前已有的相关研究中, Lee 等^[4]采用了单激发多框探测器(single shot multibox detector, SSD)算法识别交通标志,并且能够估算出准确的位置和标志的边界信息。Li 等^[5]提出了基于 channel-wise 显著图与深度学习的方法来识别交通标志。Wang 等^[6]提出了一种基于级联的方法来对交通标志识别,采用语义特征比较多的中层特征层来加快检测速度。潘卫国等^[7]利用交通道路的图像规则分割出交通标志的感兴趣区域(region of interest, ROI),然后基于 Yolov3(You only look once version 3)算法对交通标志牌进行检测。

上述方法都能够提高检测速度,但是准确率还是不够高,检测结果不够精准。幸运的是,在 2020 年,Bochkovskiy 等^[8]使用了 Yolov4(You only look once version 4)算法实现了检测速度和精度兼得的成果。因此,本课题组提出了一种采用 Yolov4 深度学习框架的交通标志识别方法来提高车辆感知系统检测交通标志的速度和精度,并将该方法与 SSD 和 Yolov3 算法进行对比^[9]。但该 Yolov4 算法模型显著增加了参数量。在此基础上,本文对 Yolov4 的主干特征提取网络和多尺度输出进行了进一步调整,得到一种轻量化的 Yolov4 算法。实验结果表明,该改进的算法能够有效检测出交通标志,具有较好的实时性和适用性。上述交通标志识别方法的主要内容如图 1 所示。

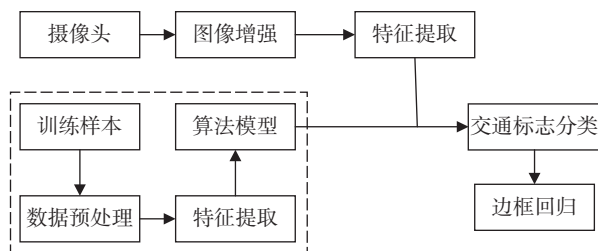


图 1 交通标志识别方法的主要内容

Fig. 1 The main content of traffic sign identification method

1 交通标志数据集

1.1 实验数据集介绍

现阶段,我国的交通标志主要包括警告标志、指路标志、禁令标志、指示标志、旅游区标志以及其他标志。在本次研究中,选用中国的 TT100K 数

据集(由清华大学和腾讯联合实验室整理和公开)中的 3 000 张图像(45 个类别)作为实验原始数据^[10],该数据集每 10 m 捕获 1 张图像,其中交通标志的外观和含义组合十分丰富。结合 TT100K 数据集本身和所用算法,主要对图像中的 3 个类别的标志进行检测,分别是指示标志、警告标志和禁令标志,其中部分标志如图 2 所示。

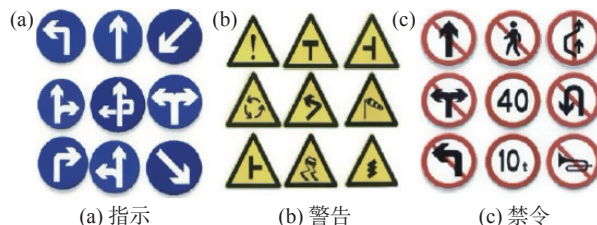


图 2 交通标志的类别

Fig. 2 Categories of traffic signs

经过统计发现,数据集图像中各类交通标志的样本数量并不平均,这对网络的训练和收敛有一定负面影响^[11]。因此对样本数量较少的类别,采用一些图片处理方法(例如修改对比度、翻转、镜像、裁剪等)对一部分图像样本进行了调整,并将调整后的新图像补充进数据集。补充后的数据集共 3 500 张,数据分布情况如表 1 所示。

表 1 数据补充前后的分布情况

类别	初始样本数量	处理后样本数量
警告标志	1 564	1 600
禁令标志	1 129	1 300
指示标志	307	600
总数	3 000	3 500

1.2 实验数据集标注、增强处理和划分

在 Yolov4 模型的训练中,需要对数据集用 labeling 进行手动的标注。标注时要对图片上的关键交通标志进行完整标注,并避开一些遮挡物以及一些颜色类似的干扰物。

由于交通标志数据集有很多数据都属于小样本性质数据集,因此要先对交通数据集进行数据增强,帮助获得更好的训练效果。为此,在 Yolov4 模型中对数据集使用了 Mosaic 方式对数据增强,其优点是可以很好地解决比较小的目标检测的问题,对交通标志检测的精确度的提升有很大帮助。

在数据的划分方面,将 3 500 张交通标志图片以 9 : 1 的比例随机划分,将划分出来的 3 150 张图像作为训练集,余下 350 张作为测试集。

2 基于 Yolov4 算法的交通标志检测

2.1 Yolov4 模型概述

Yolov4 算法属于 one-stage 方法的多框预测。该算法网络的主要组成包括 3 部分:主干特征提取网络、加强特征提取网络和最后的 Yolo Head。为便于不同模型(SSD、Yolov3 和 Yolov4)之间的比较,将交并比(intersection-over-union, IoU)视作回归损失。IoU 是目标检测中经常使用的一个对比方式,定义为交集与并集的比值,是一种在特定数据集中来检测目标物体准确度的一种衡量方式。

图 3 所示为 Yolov4 具体的模型网络框架,其主要包括 3 个部分,其中主干特征提取网络是 CSPDarknet53。其主要是由一系列的 1×1 和

3×3 的卷积层组成,反复地卷积提取到的特征,在压缩特征层的同时扩张通道数,最终获得 52×52×256 的有效特征层、26×26×512 的有效特征层和 13×13×1 024 的有效特征层,并且每个卷积层之后都会跟 1 个标准化层和 1 个 Mish 激活函数。Mish 激活函数的计算公式如下。

$$f_{Mish} = x \times \tanh[\ln(1 + e^x)] \quad (1)$$

然后,通过空间金字塔池化(spatial pyramid pooling, SPP)实现不同尺度的特征融合,其中有多不同分支,包括 5×5 池化核、9×9 池化核、13×13 池化核,这几个池化的步长都为 1,即意味着做池化前对特征图做 padding 填充,填充完成后最大池化所得的特征图的宽高和深度并未变化,再进行深度叠加的融合。

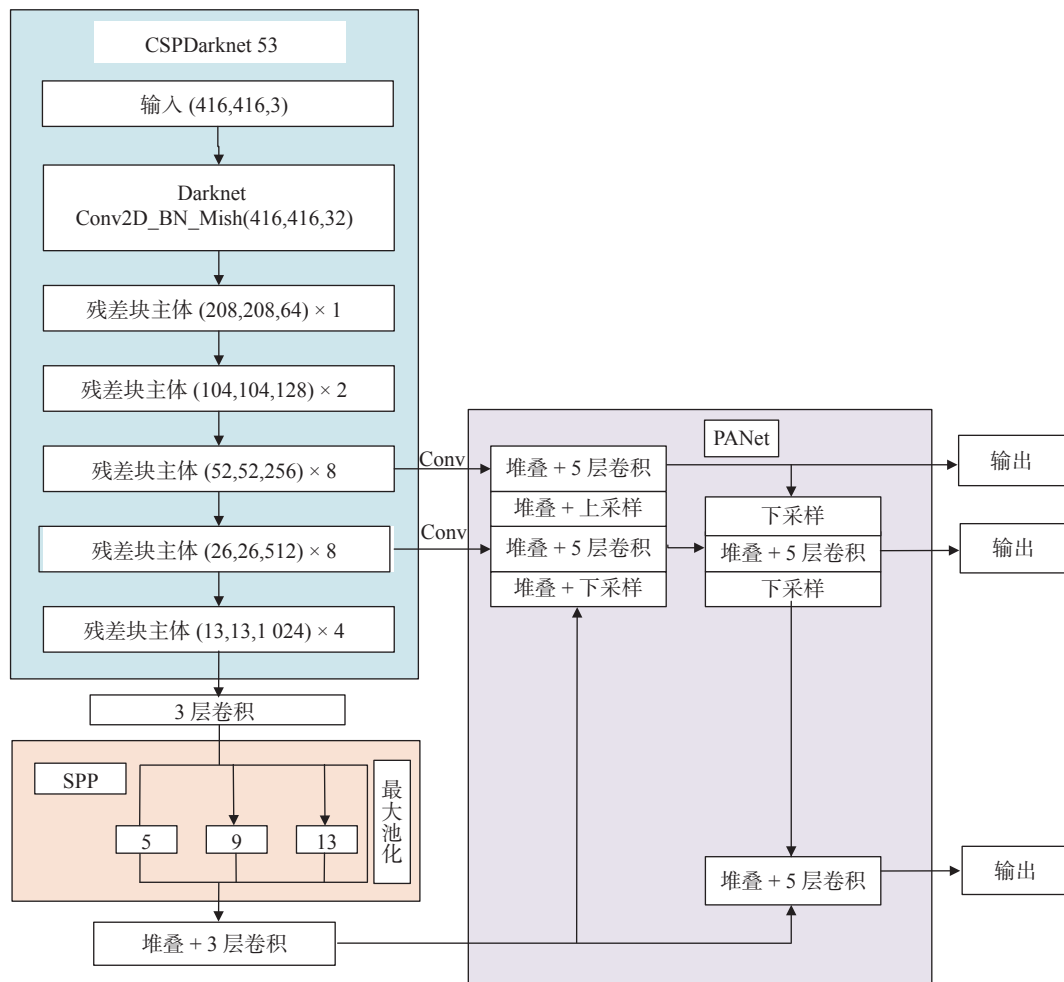


图 3 Yolov4 算法模型框架

Fig. 3 Yolov4 algorithm model framework

最后通过路径聚合网络 (path aggregation network, PANet) 对 3 个特征层进行进一步的加强。将 13×13 变为 26×26,也就是把长宽在原有基础上扩展 2 倍,接着把上采样之后的特征层和主干网络

的特征层进行堆叠和 3 次卷积,实现特征融合,即构成特征金字塔结构。按照相同步骤上采样,采用主干网络堆叠和 5 次卷积融合,再进行下采样,然后对宽高压缩后再堆叠并进行 5 次卷积,从而实现

了进一步特征提取。用 Yolo Head 对提取到的特征进行结果预测,以此实现交通标志的多尺度检测,对被检测到的对象进行描框并显示概率。Yolo Head 实际上是由 1 个 3×3 卷积和 1 个 1×1 卷积组成的,其中 3×3 卷积可以作为特征的集合,而 1×1 卷积可将获取到的特征转换为 YoloV4 的预测结果。第 1 个 Yolo Head 对应 52×52 特征层,第 2 个对应 26×26 特征层,第 3 个则对应 13×13 特征层,均是为了对特征做预测。

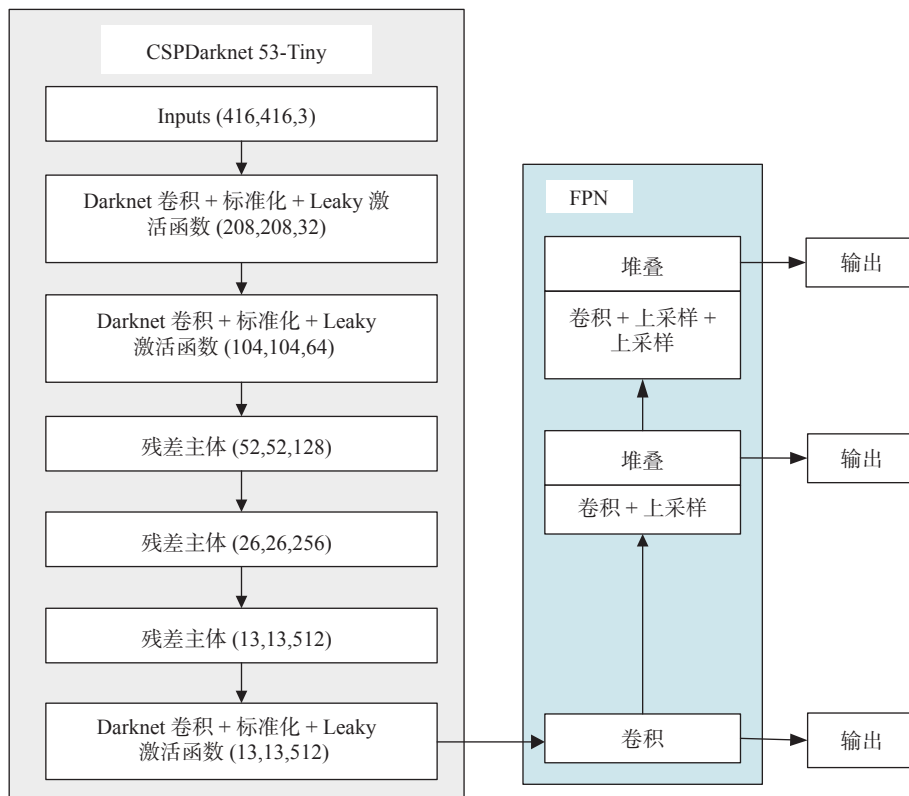


图 4 改进后的 Yolov4 算法模型框架

Fig. 4 Improved algorithm model framework of Yolov4

改进后的 Yolov4 框架主要包括 3 个部分。主干特征提取网络 CSPDarknet53-tiny 首先进行 2 次卷积+标准化+激活函数,步长都为 2,对被输入的图片进行 2 次高和宽的压缩,输出的特征层大小是 $104 \times 104 \times 64$ 。之后共经过 3 次 resblock_body 残差网络, resblock_body 融合了 CSPNet 网络结构特点,每次进行 resblock_body,输入进来的不同特征层的高和宽都会被压缩 1 次。最后经过 1 次卷积+标准化+激活函数进行特征整合,将 $104 \times 104 \times 64$, $26 \times 26 \times 256$ 和 $13 \times 13 \times 512$ 这 3 个有效特征层输入到加强特征提取网络 (feature pyramid networks, FPN) 中。FPN 将 13×13 特征层先进行 1 次卷积后再进行卷积+上采样,再与

2.2 基于 Yolov4 改进算法的交通标志检测

Yolov4 模型的检测速度通常慢于 SSD 和 Yolov3,因此本研究在模型结构上进行了一定调整,通过改进 Yolov4 算法来降低模型的参数数量和计算量。改进后的 Yolov4 算法模型框架如图 4 所示,与常规 Yolov4 算法网络相比,改进算法网络只使用 2 个有效特征层进行分类和回归预测,改用 CSPDarknet53-Tiny 作为主干特征提取网络,并且将激活函数修改为 LeakyReLU 函数^[12]。

26×26 特征层进行堆叠之后进行卷积,这样构建了加强特征提取网络,其本质为特征金字塔结构,有利于加强特征融合并提高特征提取能力。同样地,将 26×26 特征层经过 2 次上采样再和 104×104 进行拼接,最后利用 Yolo Head 对 3 个具有高语义信息的有效特征层进行结果预测。这样的改进使得原始 Yolov4 网络参数数量下降了 10 倍,速度也变得很快。将原始 Yolov4 中 52×52 输出有效特征层改为 104×104 ,让算法对小目标的检测更加准确。

3 模型训练与测试

3.1 实验环境配置

实验在 64 位 Win10 系统中进行,显卡型号为

RTX2070S, 显卡驱动为 CUDA(compute unified device architecture)11.0, 计算加速软件为 cuDNN (CUDA deep neural network library) 7.4.1.5, 处理器为 i7-10700F。深度学习框架为 Pytorch 1.2.0, Python 版本为 3.6.12。

3.2 参数设置和模型训练

实验过程中, 将 CUDA 参数设置为 true, 然后利用 fine-tuning 这种迁移学习的方式, 将预先训练好的模型迁移到所提模型上来, 加速了网络的收敛性, 而且取得的效果更好。整个训练步骤可分为 2 步。先将网络冻结一部分, 只训练 50 个 epoch, 每个 epoch 都要 shuffle 一次; 将学习率设置为 10^{-4} , 这样可以缩短算法网络的训练用时。然后再将后续的 50 个 epoch 进行全解冻训练, 学习率设置为 10^{-5} , 得到适合检测交通标志的算法模型。由于显存的物理特性, 其对数值为 2 的幂次的 batch 计算性能较好, 训练选用的 batch 尺寸为 16。

3.3 实验评价指标

算法的性能将使用各种指标进行评估, 包括精度 $f_{\text{precision}}$ 、召回率 f_{recall} 等, 如式(2)和式(3)所示。

$$f_{\text{precision}} = \frac{T_p}{T_p + F_p} \quad (2)$$

$$f_{\text{recall}} = \frac{T_p}{T_p + F_N} \quad (3)$$

式中: 真阳性 (T_p) 和真阴性 (T_N) 是指正确分类的阳性和阴性样本的数量; 假阳性 (F_p) 和假阴性 (F_N) 是指被错误分类的样本数量。

仅使用精度和召回率, 并不能充分衡量算法的质量。在目标检测领域, 常把平均精度均值 (mean average precision), 即平均精度 (average precision) 的平均值, 作为衡量检测精度的指标^[12]。此外, 为了评估算法的实时性能, 还可用每秒能够处理的图片数量 (frame per second, FPS) 对检测速度进行估量, FPS 值越大, 说明算法网络的实时性越好^[13-14]。

4 实验结果及分析

4.1 Yolov4 模型检测效果

为了验证改进后的 Yolov4 交通标志检测模型在实际应用中的探测能力, 在一些实际的场景进行了测试(见图 5)。图 5 中的场景主要体现了不同道路场景下远处极小目标和多目标的检测和识别实验结果, 因为在无人驾驶情况下, 越早检测出远处的小目标, 越能给无人驾驶行为决策提供充足的时间, 保证行车的安全。在一般情况下, Yolov4 模型

置信度为 0.8 左右; 改进后的模型可以成功检测出单一的目标和多个小目标, 且识别出的标志内容和位置准确, 部分数据集置信度提升到 0.9 左右, 并且检测速度提升了 3 倍。

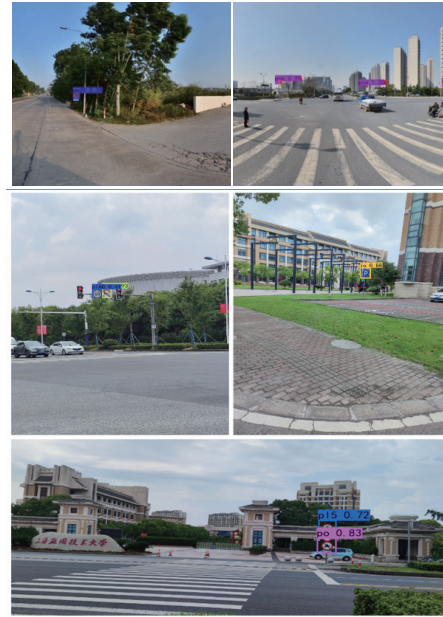


图 5 Yolov4 模型实际检测场景图

Fig. 5 The pictures of Yolov4 model actual test

4.2 Yolov4 与其他模型的比较

为了让模型准确判断交通标志, 把 IoU 阈值设为 0.5, 把置信度的门限条件设置为 0.5。利用上述的指标对 SSD、Yolov3 和 Yolov4 进行了对比, 得到了如表 2 所示的实验数据。可以明显看出, Yolov4 算法在查准率和召回率方面比其他 2 个同类型算法更有优势, 分别达到 92.34% 和 78.26%, 特别是在召回率上, 比 SSD 算法要高出约 12%。在平均精度均值方面, Yolov4 算法能达到 85.30%, 总体的识别效果更好。但是常规 Yolov4 模型的检测速度较慢, 其 FPS 只有 29。

表 2 4 种算法的实验结果对比

Tab. 2 Comparison of the experimental results of the four algorithms

算法名称	查准率/%	召回率/%	FPS	平均精度均值/%
SSD	88.98	66.32	72	77.65
Yolov3	90.63	77.58	41	84.11
Yolov4	92.34	78.26	29	85.31
改进后的 Yolov4	94.58	80.35	43	88.56

4.3 Yolov4 与改进后的 Yolov4 模型的比较

将 Yolov4 算法与改进后的 Yolov4 算法进行对比(见表 2), 可以看出改进后的 Yolov4 算法在精确率和 FPS 等参数方面更有优势。改进后的算法

能够有效降低原有 YOLOv4 模型中的参数量,使得模型的检测速度加快。

5 结 语

本文提出 1 种采用 YOLOv4 深度学习框架的交通标志识别方法,通过实验结果,对比验证了这个方法确实可行,并根据目前国内交通标志牌数据集的情况,进行了 3 500 张图像标注,对目前的数据集进行有效扩充。根据 YOLOv4 架构的特点进一步改进了模型,得到了一种轻量化的 YOLOv4 算法。实验结果表明,本文改进的算法确实能够有效地检测出交通标志,具有较好的实时性和适用性。

参考文献:

- [1] 李泽滨, 裴崇利. 基于SSD模型的道路交通标志识别方法研究 [J]. *客车技术与研究*, 2019, 41 (6): 44-47.
- [2] 张钟文, 高宇, 王静, 等. 基于YOLOv3的深度学习交通标志识别系统 [J]. *建筑电气*, 2020, 39 (7): 64-68.
- [3] 李家兴. 基于卷积神经网络的图像检测技术研究 [D]. 广州: 广东工业大学, 2018.
- [4] LEE H S, KIM K. Simultaneous traffic sign detection and boundary estimation using convolutional neural network [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2018, 19 (5): 1652-1663.
- [5] LI C P, CHEN Z X, WU Q M J. Deep saliency with channel-wise hierarchical feature responses for traffic sign detection [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2018, 20 (7): 2497-2509.
- [6] WANG D D, HOU X W, XU J W. Traffic sign detection using a cascade method with fast feature extraction and saliency test [J]. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2017, 18 (12): 3290-3302.
- [7] 潘卫国, 刘博, 陈英昊, 等. 基于YOLOv3的交通标志牌检测识别 [J]. *传感器与微系统*, 2019, 38 (11): 147-150.
- [8] BOCHKOVSKIY A, WANG C Y, LIAO H Y M. YOLOv4: optimal speed and accuracy of object detection [J/OL]. arXiv: 2004.10934, 2020.
- [9] GAO B H, JIANG Z J, ZHANG J M. Traffic sign detection based on SSD [C] // *Proceedings of the 2019 4th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering*. [S.l.]: [s.n.], 2019: 1-6.
- [10] ZHU Z, LIANG D, ZHANG S H, *et al.* Traffic-sign detection and classification in the wild [C] // *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. [S.l.]: [s.n.], 2016: 2110-2118.
- [11] 梁礼明, 邓广宏, 卢明建, 等. 基于改进YOLOv3的有遮挡行人检测 [J]. *传感器与微系统*, 2020, 39 (5): 148-151.
- [12] LIU Z G, LI X Y, JOMAAS G. Identifying community fire hazards from citizen communication by applying transfer learning and machine learning techniques [J]. *Fire Technology*, 2021, 57 (6): 2809-2838.
- [13] 蒲家鹏, 王雪梅, 高宏伟. 基于改进YOLOv4的航拍图像目标检测方法研究 [J]. *沈阳理工大学学报*, 2023, 42 (3): 46-53.
- [14] 贾君霞, 史珂鑫. 改进型SSD道路行人目标检测算法 [J]. *国外电子测量技术*, 2022, 41 (12): 26-32.

(编辑 张永博)

欢迎订阅《应用技术学报》

欢迎订阅

发 行: 上海应用技术大学
《应用技术学报》编辑部
地 址: 上海市漕宝路 120 号
邮 址: sj@sit.edu.cn

欢迎投稿

定 价: 18 元/本, 全年 72 元
邮 编: 200235
网 址: <http://xuebao.sit.edu.cn>
电 话: 021-64691562