

基于YOLO算法的自动驾驶汽车检测研究综述

王树云¹, 丁学文^{1,2*}, 白亮¹, 申明坤¹, 王震¹

¹天津职业技术师范大学电子工程学院, 天津

²天津云智通科技有限公司, 天津

收稿日期: 2023年10月20日; 录用日期: 2023年11月17日; 发布日期: 2023年11月24日

摘要

目标检测是自动驾驶汽车环境感知的重要内容。YOLO系列算法在检测性能领域表现突出, 对目标检测的研究有重要意义。YOLO算法能够实时监测自动驾驶车辆中的目标, 包括车辆、行人、交通标志、灯光和车道线等。同时, 自动驾驶汽车的发展对于提高交通安全、节能减排以及减少交通事故有着重要意义。在自动驾驶中, 目标检测是一项基础且关键的技术, 需要实时准确地检测和识别道路上的各类目标。本文首先介绍了目标检测中常用的评价指标; 其次, 总结了单阶段和双阶段目标检测算法的思想及其优缺点; 综述了单阶段目标检测算法-YOLO算法在自动驾驶汽车检测领域的应用, 从交通标志、交通灯、行人识别和交通车辆四个方面分开阐述和总结研究现状以及应用情况; 最后展望了现阶段目标检测存在的问题和未来发展方向, 以及YOLO算法可以在自动驾驶汽车检测方面做出哪些更具有挑战性的研究。

关键词

目标检测, YOLO算法, 交通实况, 自动驾驶

Research Review of Autonomous Vehicle Detection Based on YOLO Algorithm

Shuyun Wang¹, Xuewen Ding^{1,2*}, Liang Bai¹, Mingkun Shen¹, Zhen Wang¹

¹School of Electronic Engineering, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin

²Tianjin Yunzhitong Technology Co., Ltd., Tianjin

Received: Oct. 20th, 2023; accepted: Nov. 17th, 2023; published: Nov. 24th, 2023

Abstract

Object detection is an important part of the environmental perception of autonomous vehicles. The YOLO series algorithms have outstanding performance in the field of detection performance

*通讯作者。

文章引用: 王树云, 丁学文, 白亮, 申明坤, 王震. 基于YOLO算法的自动驾驶汽车检测研究综述[J]. 计算机科学与应用, 2023, 13(11): 2125-2135. DOI: 10.12677/csa.2023.1311212

and are of great significance to the research of object detection. The YOLO algorithm is able to monitor targets in autonomous vehicles in real time, including vehicles, pedestrians, traffic signs, lights, and lane lines. At the same time, the development of autonomous vehicles is of great significance to improve traffic safety, save energy and reduce emissions, and reduce traffic accidents. In autonomous driving, object detection is a fundamental and critical technology that requires real-time accurate detection and identification of various types of objects on the road. This paper first introduces the commonly used evaluation indicators in object detection. Secondly, the ideas of single-stage and two-stage object detection algorithms and their advantages and disadvantages are summarized. The application of single-stage object detection algorithm-YOLO algorithm in the field of autonomous vehicle detection is reviewed, and the research status and application status are summarized from four aspects: traffic signs, traffic lights, pedestrian recognition and traffic vehicles. Finally, the current problems and future development directions of object detection are prospected, and the more challenging research that YOLO algorithm can make in autonomous vehicle detection.

Keywords

Target Detection, YOLO Algorithm, The Traffic Situation, Automatic Driving

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

随着我国经济生产总值的提升,人均 GDP 也得到显著提高,一户一车已经成为普遍现象,据公安部统计,2021 年我国汽车保有量达 3.02 亿辆[1]。但是汽车使用数量上升的同时也引发了更多的交通事故,据估计,90%的车祸是由人为失误造成的[2]。面对复杂多变的道路状况,传统汽车驾驶需要驾驶员时刻保持警惕,观察到变幻莫测的周围环境,针对环境变化判断并规划出合适路线且做出相应的驾驶操作。但是疲劳驾驶、阴雨天气、陡峭崎岖的山路等特殊交通情况都会影响驾驶员的判断,这就为事故和危险的发生提供了可能性。相比之下,自动驾驶汽车的优势就显而易见了,与人为产生的失误不同,它可以进行自主判断,而且注意力会长时间保持较高的水平。同时,自动驾驶汽车能更好地节能减排、减少污染[3],应用前景一片光明。自动驾驶汽车在面对复杂的交通状况时,需要对交通车辆、路过的行人、交通标志、交通信号灯以及路面车道标识等做出准确的判断。保证汽车安全自动驾驶的关键是对目标的精准检测和识别,从而做出最优判断。本文将展开讲述 YOLO 算法在自动驾驶领域的应用,并对如何进一步提升自动驾驶汽车检测的 MAP 和 FPS 进行总结与展望。

2. 评价指标

学习目标检测算法,首先要知道有哪些评价指标。最主要的衡量指标有精确度、召回率、AP、MAP、交并比及 FPS,其中,前 4 个用来衡量分类精度,交并比(intersection over union, IoU)用来量化真实和预测边界框之间的交叠率关系,最后, FPS (frames per second)用来衡量运行速度。

2.1. 分类精度的衡量指标

目标预测有正例和负例两种,预测情况分为真阳性(True Positives, TP)、假阳性(False Positives, FP)、假阴性(False Negatives, FN)和真阴性(True Positives, TN)。

1) 精确度也称为阳性预测值，是指全部被检测出的样本中是正确样本的概率。

$$V_{\text{precision}} = \frac{TP}{TP + FP}$$

2) 准确度是指全部预测中预测正确的概率。

$$A_{\text{accuracy}} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

3) 召回率是指全部正样本中被正确预测出来的概率。

$$V_{\text{Recall}} = \frac{TP}{TP + FN}$$

通常情况下，精确度与召回率呈负相关。PR 曲线是通过精确度和召回率计算绘制的，

其中 x 轴表示召回率，y 轴表示精确度，可以直观反映算法性能，其理想点是接近(1.0, 1.0)。

4) AP 由 P-R 曲线和 x、y 轴围成的面积组成，面积与检测效果成正比。它用来表示召回率下检测的平均正确性。

5) MAP 是所有 AP 的平均值，对数据集中所有的对象类别进行计算，数值越高，效果越好。

$$V_{\text{mAP}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AP_i$$

交并比用来衡量真实和预测边界框之间的交叠率关系，是真实框与预测框的交集

对并集做比值得到的。预测效果最好时该数值达到 1。 $V_{\text{IoU}^{\text{truth}}_{\text{pred}}} = \frac{\text{truth} \cap \text{pred}}{\text{truth} \cup \text{pred}}$ 。

2.2. 运行速度的衡量指标

FPS 用来衡量运行速度，即每秒可以处理多少张图像，图像张数越多表明速度越快，效果越好。

3. 目标检测算法

目标检测的发展经历了两个阶段：“传统目标检测阶段(2014 年前)”和“基于深度学习的检测阶段(2014 年后)” [4]。基于深度学习的目标检测方法分为两类：两阶段检测方法和单阶段检测方法[5]。

3.1. 两阶段目标检测算法

2013 年 Sermanet 等人[6]提出了 OverFeat 算法。OverFeat 算法在当时非常出名，它基于 AlexNet [7] 实现了识别、定位、检测共用同一个网络框架。使用了卷积神经网络的方法，利用特征提取，分类提取到的特征再次应用到定位检测中，该算法为深度学习奠定了基础。但是有一些弊端，如：面对小目标检测实验时，精准度不高，而且很容易出错。接下来的一年诞生的 R-CNN 使用“Region Proposal (候选框) + CNN”提取的分类网络组合方式解决了前面存在的问题。两阶段目标检测算法应运而生。该目标检测算法将目标检测分为候选区域的选取和目标的分类识别两部分。所以它的优点也就显而易见了，能实现精准的定位和检测，然而，也正因为分为了两阶段，所以检测速度较慢。下面介绍 R-CNN 和 Faster R-CNN 两种两阶段目标检测算法。

3.1.1. R-CNN 系列基础框架的发展史

Girshick 等人在 2014 年提出 R-CNN [8]算法，该算法为后面的研究奠定了基础。R-CNN 的提出[9] 相比于传统的方法具有一定的优势，主要表现在它采用了选择性搜索算法提取候选区域，极大地减小了候选区域的数量，降低了网络计算量。并且，大幅度的提高了目标检测的准确度和速度。R-CNN 目标检测算法可以分成四步：第一步，利用选择性搜索算法 SS (Selective Search) [10]从图像中提取约 2100 个候选框。第二步，计算卷积特征，提取各候选框的函数向量。第三步，分类候选框，用 AlexNet 将各个函数向量发送给各个向量机(SVM)，判断是否属于此类。第四步，使用非极大值抑制算法并进行边界框回

归来获得候选的最佳框。该算法有效的提高了精确度，但 R-CNN 也有一定缺陷，由于它需要对 2000 个候选框进行特征提取，需要占用大量的内存空间，提取特征时会消耗更多的时间，并且，由于它是分两个阶段进行目标检测，每个阶段一一训练也会延长训练时间，此外，提取特征时会进行大量的重复计算，这些都会导致出现检测速度慢的问题。针对此问题，He 等人在 2015 年提出了 SPP-Net [11]算法，提升了检测速度。R-CNN 网络结构图及整体流程图分别如图 1、图 2 所示。

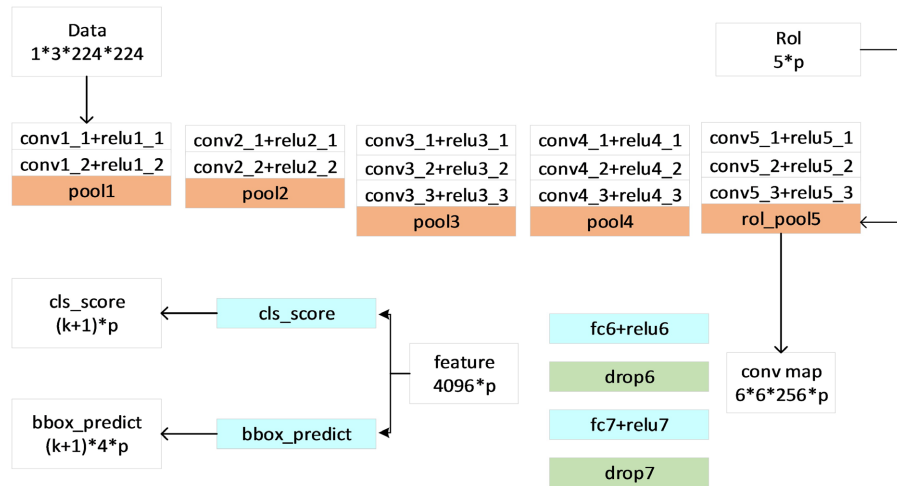


Figure 1. R-CNN network structure diagram
图 1. R-CNN 网络结构图

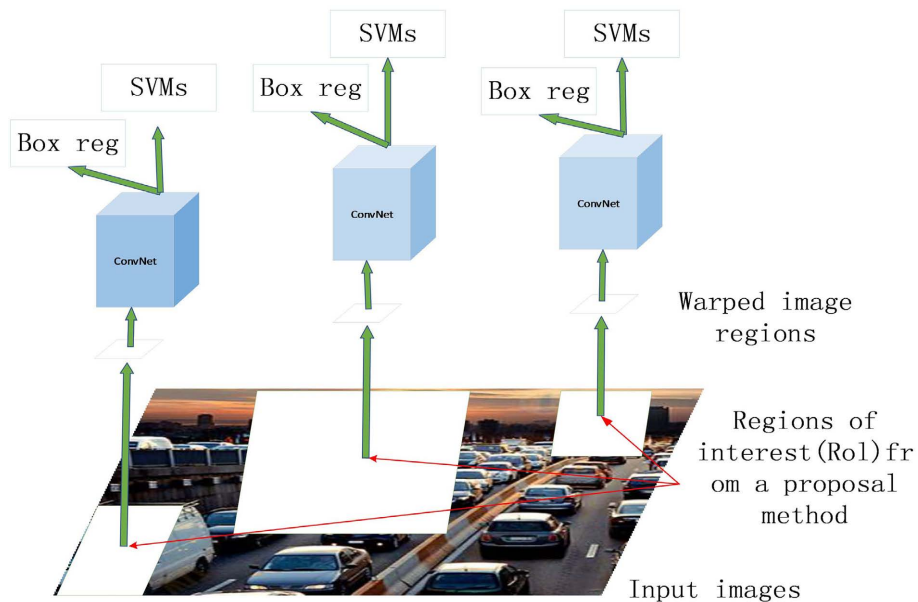


Figure 2. Overall flow chart of R-CNN
图 2. R-CNN 整体流程图

3.1.2. Faster R-CNN

继 2014 年 Girshick 等人提出 R-CNN 之后，Ross Girshick 在第二年推出了 Fast R-CNN，这一算法相比于之前的 R-CNN，它的训练时间大幅度减少，速度明显提升，从八十四小时减少为九点五小时，同时

测试时间也降低了很多,而对准确率几乎没有影响。由此可见, Faster R-CNN 结构更精巧,流程更紧密,速度更快。Faster R-CNN 没有使用传统的检测方法,而是采用 RPN 直接生成检测框的方式。所以,检测速度得到有效提升,这也成为它的显著优势。此外, Faster R-CNN 采用的是非极大值抑制方法,这种方法可以优化候选框。并且相比之前的算法,该算法的最大的区别是将候选区域和目标分类回归任务集合在一起进行,实现了端到端的连接,但是 Faster R-CNN 在小目标检测方面精度很低,针对自动驾驶汽车检测方面也存在严重漏检现象。

李学军[12]等对 Faster R-CNN 进行了改进,将 scSE 注意力分别嵌入到 FPN 网络、RPN 网络以及 ROI head 网络中,采用控制变量法,骨干网络均使用 Mobilenet V2 + FPN,在扩充后的 TT100K 数据集上探索嵌入位置影响。结合上述改进方法构成 KB-Faster-RCNN,其 map 达到了 91.8%,相比传统模型提高了 21.3%。

3.2. 单阶段目标检测算法

3.2.1. YOLO 系列目标检测算法

伴随着人工智能的普及[13],目标检测也越来越火热,当下对目标检测在精度等方面的要求也越来越高,传统的目标检测方法已经不能满足工业需求和实际应用,进而诞生了新的目标检测算法-YOLO, YOLO 从 YOLOv1 系列已经逐步迭代到目前最新的 YOLOv8。本文将详细讲述 YOLOv3、YOLOv7 和 YOLOv8。YOLO 系列的发展史如图 3 所示。

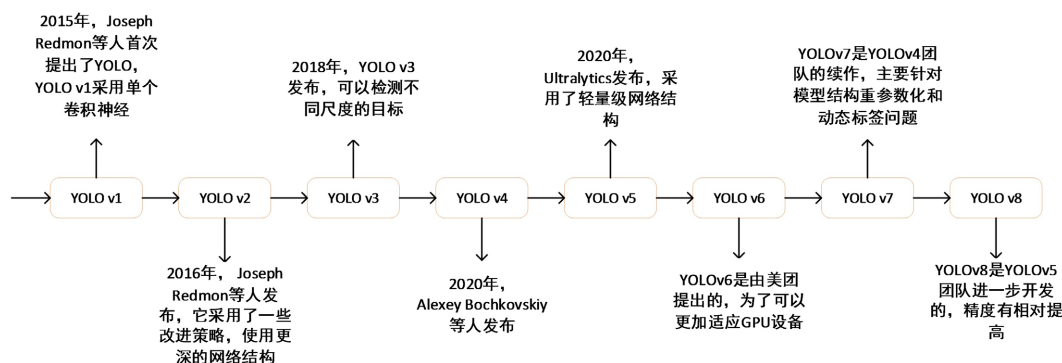


Figure 3. History of YOLO series

图 3. YOLO 系列发展史

YOLOv1 算法是典型的单阶段目标检测算法[14]。它是单阶段检测算法的开端,这一系列算法相较于之前的双阶段目标检测算法速度有了很大提升,但是在检测小目标和密集目标时精度会下降很多。

YOLOv3 [15]是由 Joseph Redmon、Ali Farhadi 二人提出,相比于 YOLO 之前的系列[16], YOLOv3 模型更复杂,但是可以通过对模型的结构和大小进行改进,从而达到提升算法精度和速度的目的。

此外, YOLOv3 在小目标检测方面也有改进,该模型[17]主要分为 Darknet-53 卷积神经网络特征提取和特征图预测识别两大部分,前者用来提取图像中所包含的多类特征,能够给特征通道升维,获得更多的图像信息,并传输到不同大小的特征图进行预测。Darknet-53 用改变卷积核步长的方式控制张量的维度,逐步达到尺寸降维、通道升维的目的。YOLOv3 算法模型拥有接近五十的图像传速率数和 92.2% 的 map。Vehicle-YOLO [18]拥有五种不同规格的特征图共同进行目标预测,而且图像规格较之前增加很多,定位也更准确,检测的平均精度高达 96.6%,对大目标的检测则有更高的定位精度。降低了误判率。但是 YOLOv3 也存在不足之处,网络结构非常复杂且体系规模宏大,因此,对设备的要求较高。YOLOv4

[19]沿用了 YOLOv3 的 head 部分，唯一的区别就是 YOLOv4 采用了经过 PANet 网络加强处理后的特征信息来进行结果预测，除此之外与 YOLOv3 是没有区别的。YOLOv4 诞生的同年提出了 YOLOv5，YOLOv5 与现在流行的 YOLOv8 接近，所以，在这里不展开讲述 YOLOv5。

YOLOv7 算法诞生于 2022 年 7 月，YOLOv7 [20]网络分为以下四部分：输入、主干、颈部和检测头，整体流程：第一，先对输入图像进行图像增强处理，调整图像大小，处理好图像后在进行特征提取。第二，对上述提取到的特征头部融合，得到不同尺寸的特征。第三，输出过程，将融合的结果传送至检测头，再进行输出。YOLOv7 的主干网络包含着很多模块，如 ELAN 模块，这些都提高了网络的准确率。YOLOv7 的优点有：1) 模型重参数化。2) 标签分配策略；YOLOv7 的分配策略采用标签式，综合前面 YOLOv5 和 YOLOX 的一些匹配策略的一种新的分配策略。3) ELAN 高效网络架构；YOLOv7 的最新网络架构以高效为主。4) 带辅助头的训练；辅助头训练不仅不会延误推理过程需要花费的时间，而且能够提高精度。此外，YOLOv7 引入了重参数化卷积、模型缩放等方法，可以优化目标特征的表达能，其结构主要分为 Input, Backbone, Neck, Head 四个部分，YOLOv7 网络结构图如图 4 所示。

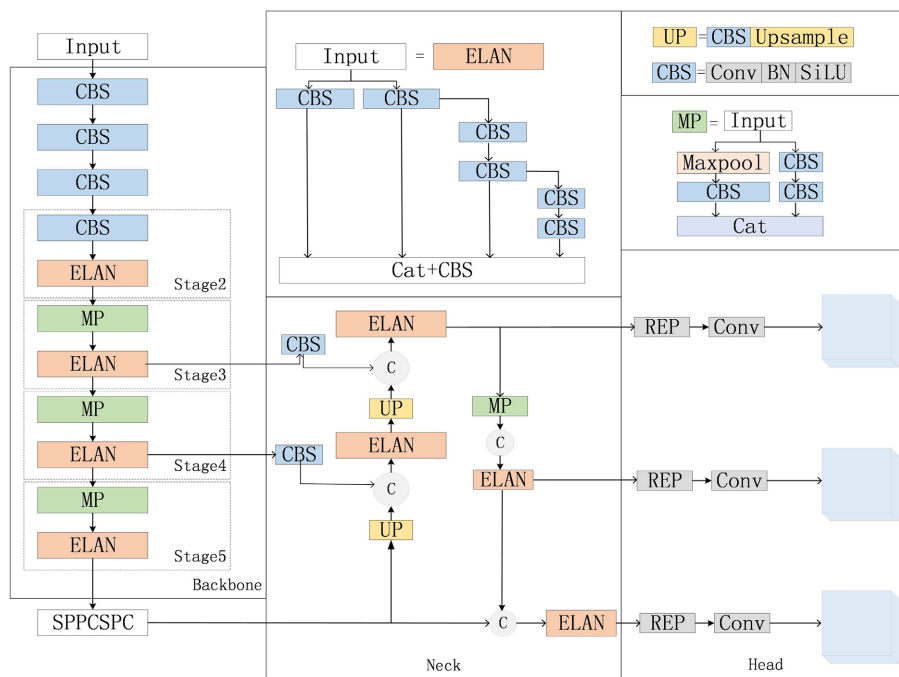


Figure 4. YOLOv7 network structure
图 4. YOLOv7 网络结构图

胡淼[21]等对 KITTI 数据集进行检测，提出使用 EIOU 损失替换 CIOU 损失使模型实验检测精度提升 0.4%。此外，还使用 SPPFCSPC 模块替换成 SPPCSPC 模块使模型实验检测精度提升 2.2%。增加了 BRA 注意力机制的消融实验。综合了所有改进方法的优点，实验检测精度达到对比结果中的最高，实验检测精度结果为 94.7%，相比于原始模型 YOLOv7 算法提升 3.1%。

YOLOv8 算法的核心延续了 YOLOv5，也对应了[22] N、S、M、L、X 等不同尺度模型，可以应用到各个复杂场景中，且在精度上较之前的算法有了大幅度提升，而且安装更加方便，训练也更流畅。相比于前面的 YOLOv7 和 YOLOv5，YOLOv8 有更小的权重文件，仅仅只有 6 MB，所以，可以非常方便的在嵌入式设备中使用，也能更快更好的满足实时检测需求。它的特性和改动可以归结为如下：提供了

一个全新的 SOTA 模型,包括 P5640 和 P6 1280 分辨率的目标检测网络和基于 YOLACT 的实例分割模型。其中,缩放系数参考了 YOLOv5 提供了不同尺度模型。骨干网络和 Neck 参考了 YOLOv7 ELAN 的思想。YOLOv8 算法更换成梯度流更丰富的 C2f 结构,调整了通道数,模型的性能有效提升。其中,改动最大的部分是 Head 部分,换了解耦头的结构及 Anchor-Free,分类与检测头分开,采用 TaskAlignedAssigner 正样本分配策略的 Loss 计算,引入 YOLOX 中的最后 10epoch 关闭 Mosaic 增强的操作,提升了精度。整体更偏向于工程实践。YOLOv8n 模型结构图如图 5 所示。

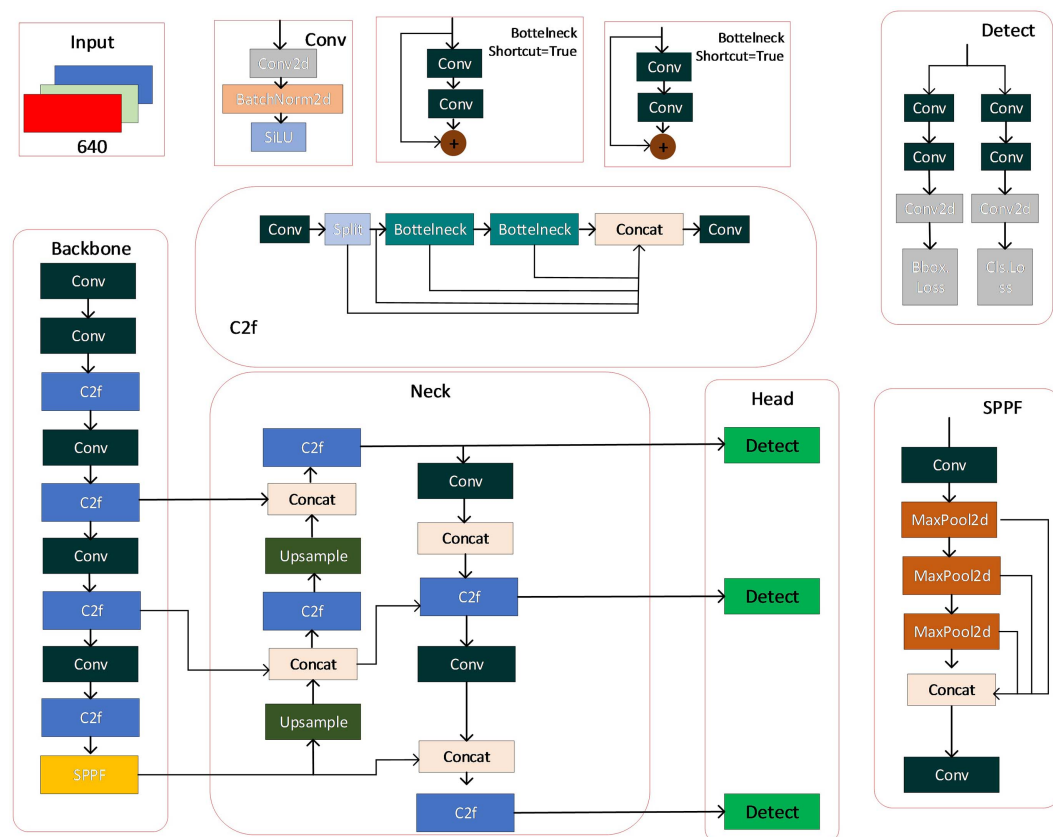


Figure 5. YOLOv8n model structure diagram

图 5. YOLOv8n 模型结构图

熊恩杰[23]等提出 Ghost-YOLOv8 算法,对 TT100K 数据集进行了目标检测。在他们的实验中添加了小目标检测层的模型相比原始的 YOLOv8n 模型, Precision、Recall、mAP@0.5 分别提高了 7.4%、2.2%; 添加了 GAM 注意力机制和轻量化模型。

3.2.2. SSD 算法

Wei Liu 等在 2016 年提出了 SSD 这种目标检测算法,用 SSD 输入一张图像,可以达到输出多个位置信息和类别信息的效果,该待检测图像到达 SSD 后,网络会输出一个多维矩阵,对这个多维的矩阵进行处理就能得到标签信息及位置信息等,一般使用非极大值抑制处理的方法对矩阵进行处理。

4. YOLO 算法在自动驾驶中的应用

基于深度学习的 YOLO 系列算法越来越热门,在多个领域中得到广泛应用,本文主要讲述在自动驾

驶领域的应用。在自动驾驶的场景中，需要对交通情况，例如：交通标志、交通灯、行人识别、交通车辆等方面进行检测，此时 YOLO 算法的优势显而易见，YOLO 算法具有更快的速度和更高的精确度等特点，对其改进可以更好的应用于自动驾驶的复杂多变的情景中。

4.1. 交通标志的检测

在日常驾驶的交通情景中，交通标志的识别与检测准确度对驾驶员及自动驾驶有着至关重要的作用。

朱宁可等[24]自制中国多类交通标志数据集 CMTSD，提出改进 Yolov5 算法。通过将 Mobilenetv3 中的倒残差结构的升维度去除降低参数量，再使用输入输出同一通道分离卷积去提取特征，替换轻量级上采样通用算子，降低信息损失，最后融合注意力，最终检测精度提升了 2.58%，检测速度提升 7.41 帧。

刘海斌等[25]提出了一种改进方法，使用 YOLOV5-S 并改进，对实时交通标志进行检测，通过构建目标长范围来捕获位置，是算法聚焦于重点特征，在网络中融合轻量级卷积技术 GSConv，降低模型的计算量。增加新的小目标检测层，提升小尺寸标志检测效果。最终 mAP@0.5 提升到 88.1%，检测速度达到 83FPS。

石镇岳等[26]提出一种基于注意力机制的交通标志检测模型 YOLOv7-PC。通过 K-means++ 聚类算法对交通标志的整个数据集进行聚类，获得适用于检测交通标志的锚框；其次引入坐标注意力机制；最后引入空洞空间金字塔化，既保证了小目标分辨率，又进一步扩大卷积的感受野。最终达到 mAP 提升 5.22%、召回率提高 9.01% 的效果。

在使用 YOLO 算法对交通标志进行目标检测的过程中，改进的方法常常有很多，最为常见的有下面这几种方式：1) 扩展更新或者自己制作数据集。2) 运用倒残差结构的升维度去除降低参数量，文献[24]将 Mobilenetv3 中的倒残差结构的升维度去除降低参数量。3) 添加注意力机制，文献[26]引入坐标注意力机制。4) 添加常见的模块，如：SPP 模块，或者添加池化层等，结合空间金字塔池化，在最大池化层中得到最优特征。

4.2. 交通灯的检测

交通灯作为整个驾驶过程中需要注意的关键信息，对其进行精准的目标检测显得尤为重要。

钱伍等[27]提出了一种改进 YOLOV5 的交通灯检测方法，运用复合数据对交通灯输入模型进行增强操作，设计多尺度代替固定尺度训练，建立多尺度检测层。此外，运用远跳链接传送信息，该方法对小目标检测特别友好，最终改进的 mAP 增加了 6.5%。

李江天等[28]对大型车辆遮挡驾驶员视线的问题进行了研究，构建了一种共享系统，该系统是基于 YOLO 创建，用于实时监测路口交通灯信息车辆。在基于 YOLO V3 的交通灯识别模型的基础上又开发了基于 YOLO Lite 的轻量化模型，该模型可以较流畅地运行于 CPUi5-750 之上，并证明了方案实施效果较好。

孙迎春等[29]做出了一种基于 YOLOv3 的交通灯检测，能够解决该算法在检测时漏检的问题，运用了 K-means 算法对数据集进行聚类处理，简化了 YOLOv3 的网络结构，解决了召回率低的问题，最后，在损失函数中，利用高斯分布特性评估边界框的准确性，改进后的 YOLOv3 检测结果的 fps 可达 30 frame/s，精准度也提升了 9%。

4.3. 行人识别的检测

在自动驾驶的研究领域中，行人识别检测也是一项非常重要的研究任务。行人检测主要是判断是否有行人存在并研究对于行人小尺寸和遮挡的问题。

Xu 等[30]替换了 YOLOv5 中的 C3 模块, 添加了 Grey-C3 模块, 并且添加了新的探测头, 相较于 YOLOv5s 模型检测行人的准确率增加了 2.6%。

Hsu 等[31]提出比例和尺度感应的 YOLO 算法, 解决了行人所占比例小, 尺寸小的问题, 此外还引入了 ratio-aware 注意力机制, 精简了网络结构, 引入 SPP 模块等进行多尺度特征融合。解决了原模型遮挡行人导致检测准确率低的问题。

Li 等[32]提出一种运用轻量级特征提取网络对 YOLOv7 算法进行改进的方法, 摒弃原有的 YOLOv7 骨干部分的网络, 挑选出 MobileNet 这种网络结构作为骨干, 并设计高分辨率特征金字塔结构和基于注意力机制的检测头, 其 mAP 达到 89.75%, 比原 YOLOv7 算法提高了 9.5%。

刘丽等[33]也引入 SPP 网络增强多尺度特征融合, 但是她是基于 YOLOv3 网络结构去改进的, 改进后的结构更加简单, 对行人检测的精度更高。

Li 等[34]设计了一种空间金字塔卷积洗牌模块, 可以提取被遮挡物体可见像素中的精细信息带有该模块的 YOLO 检测器在遮挡行人时检测的准确率高达 94.11%。

4.4. 交通车辆的检测

随着交通工具越来越多样化, 交通压力与日俱增, 对不同的交通工具行驶的道路进行了限制, 分为了机动车和非机动车道路, 这就需要对车辆类型做出检测。

周勇等[35]以 YOLOv5 目标检测器为依托, 对道路交通场景下的车辆进行目标检测实现车辆识别, 同时利用 DeepSORT 目标跟踪算法对检测到的目标车辆进行跟踪, 通过特征识别网络实现跟踪目标的 ID 跟随, 以防止重复报警。最后, 在高速公路的真实视频中进行了算法测试, 识别准确率可达到 78.4%。

杨志军等[36]提出改进型 YOLOv4-Tiny 交通车辆图像实时检测模型。首先改进模型 CSPResNet 和空间金字塔池化(Spatial Pyramid Pooling, SPP), 减少模型的计算量; 其次改进特征金字塔网络(Feature Pyramid Network, FPN)及使用池化特征增强方法, 增加少量计算量, 获取模型的多尺度特征图提升精度。最终, 模型 mAP 提升了 4.67%, 检测速度提升了 2.5FPS, 模型大小减少了 52.74%。

王承梅等[37]提出一种基于 YOLOv5 算法的轻量化车辆视觉检测方法, 可用于边缘计算平台的构建。算法方面添加卷积块注意力机制模块, 融入到骨干网络结构中, 提高模型特征提取能力, 有效克服收敛慢、迭代次数多的问题。最后, 通过公开数据集进行对比实验, 验证了设计方法在关键指标方面有所提升, 并通过搭载边缘计算平台完成在自建数据集实拍道路场景的有效性测试。

叶佳林等[38]提出一种基于 YOLOv3 的非机动车漏检的研究, 他创设了一种特征融合的特殊结构, 并且添加了 GIOU 损失函数, 最终, 解决了非机动车漏检的问题, 提高了检测精度及准确率。

Zhou 等[39]提出一种基于 YOLOv2 算法的车辆目标检测方法, 运用了深度融合的方式对车辆进行识别。其中, 是将摄像机拍摄到的信息与毫米波雷达获得的信息进行深度融合的。最终, 提升了车辆识别的准确率。

Takahashi 等[40]做出了一种轻量级目标检测器, 是基于 YOLOv3 进行改进的, 对 YOLOv3 的网络结构进行修改, 从 2D 扩展到 3D, 此外, 在深度方向也有输出信息, 可以检测到被遮挡目标, 提升了检测精度。

5. 总结与展望

在自动驾驶领域最广泛应用的算法是 YOLO 算法, 对 YOLO 算法的改进都是采用增加注意力机制、修改网络结构参数、设计模块、运用损失函数及特征增强等方法。其实 YOLO 算法可以与其它算法相结合使用如 Transformer 算法; 或者使用其他技术如领域自适应、强化学习等。同时, YOLO 等目标检测算

法在小物体、遮挡、实时性等方面还有待提高。在采集交通标志时存在数据采集不够清晰,标注有残缺和遗漏的问题,对于三种交通灯中的某一种数据集采集样本过小,影响了检测的准确度。对车辆和行人等的检测,改进方法单一,仅采用了更改网络结构和损失函数的方法。虽然后面也尝试了很多方法改进,但仍存在一定的局限。同时,现阶段 YOLO 系列的算法持续在更新,目前有越来越多的新的版本,需要进一步从不同角度运用 YOLO 算法对自动驾驶车辆进行研究。提出实用性高的[41]量化指标,对自动驾驶的数据集进行优化,并加强训练,使其能更好的模仿驾驶员驾驶场景。此外,可以使用弱监督目标检测[42]。目前的检测算法大部分是需要进行大量的数据集标注的,数据集的建立会消耗很多时间和人工成本,因此,可以运用弱监督目标检测,或者是无监督和混合监督目标检测等方法去进行检测,在使用少量及大量未标注的数据进行检测时,目标检测的研究将更具有挑战性。

项目基金

天津市科委科技计划项目(20YDTPJC01110)和天津市大学生创新创业计划训练项目(202210066064)。

参考文献

- [1] 中华人民共和国公安部. 2021 年全国机动车保有量达 3.95 亿, 新能源汽车同比增 59.25% [EB/OL]. <https://app.mps.gov.cn/gdnps/pc/content.jsp?id=8322369&mttype>, 2022-02-28.
- [2] Singh, S. (2015) Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey. National Center for Statistics and Analysis.
- [3] Luettel, T., Himmelsbach, M. and Wuensche, H.J. (2012) Autonomous Ground Vehicles—Concepts and a Path to the Future. *Proceedings of the IEEE*, **100**, 1831-1839. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2012.2189803>
- [4] Zou, Z.X., Chen, K.Y., Shi, Z.W., et al. (2023) Object Detection in 20 Years: A Survey. *Proceedings of the IEEE*, **111**, 257-276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>
- [5] Diwan, T., Anirudh, G. and Tembhurne, J.V. (2022) Object Detection Using YOLO: Challenges, Architectural Successors, Datasets and Applications. *Multimedia Tools and Applications*, **82**, 9243-9275. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13644-y>
- [6] Sermanet, P., Eigen, D., Zhang, X., et al. (2013) Overfeat: Integrated Recognition, Localization and Detection Using Convolutional Networks.
- [7] Hinton, G.E., et al. (2017) Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Communications of the ACM*, **60**, 84-90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- [8] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., et al. (2014) Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Columbus, 23-28 June 2014, 580-587. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.81>
- [9] 王忠源. 基于改进 Faster RCNN 的小目标检测技术研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春理工大学, 2022. <https://doi.org/10.26977/d.cnki.gccgc.2021.000532>
- [10] 吴素雯, 战荫伟. 基于选择性搜索和卷积神经网络的人脸检测[J]. 计算机应用研究, 2017, 34(9): 2854-2857, 2876.
- [11] He, K., Zhang, X., Ren, S., et al. (2015) Spatial Pyramid Pooling in Deep Convolutional Networks for Visual Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **37**, 1904-1916. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2015.2389824>
- [12] 李学军, 权林霏, 刘冬梅, 等. 基于 Faster-RCNN 改进的交通标志检测算法[J/OL]. 吉林大学学报(工学版), 2023: 1-10. <https://doi.org/10.13229/j.cnki.jdxbgxb.20230553>
- [13] 叶黎伟. 基于 Yolo 目标检测模型的课堂行为分析研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 华北水利水电大学, 2023. <https://doi.org/10.27144/d.cnki.ghbssc.2022.000345>
- [14] 梅健强, 黄月草. 改进 YOLOv1 的视频图像运动目标检测[J]. 天津职业技术师范大学学报, 2022, 32(2): 29-35. <https://doi.org/10.19573/j.issn2095-0926.202202005>
- [15] Redmon, J. and Farhadi, A. (2018) YOLOv3: An Incremental Improvement.
- [16] 胡桥桥. 基于深度学习的自动驾驶感知算法研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2022.

- <https://doi.org/10.27149/d.cnki.ghdsu.2022.004642>
- [17] 顾恭, 徐旭东. 改进 YOLOv3 的车辆实时检测与信息识别技术[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(22): 173-184.
- [18] 顾恭. 基于 YOLOv3 及 MSER 的车辆检测与多维信息识别技术的研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京工业大学, 2021. <https://doi.org/10.26935/d.cnki.gbjgu.2020.000488>
- [19] 沈磊. 基于 YOLO 的动物目标检测算法研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2023. <https://doi.org/10.27005/d.cnki.gdzku.2022.001482>
- [20] 程换新, 徐皓天, 骆晓玲. 基于改进 YOLOv7 的自动驾驶目标检测方法[J/OL]. 激光杂志, 2023: 1-8. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1085.TN.20231020.1329.002.html>
- [21] 胡淼, 姜麟, 陶友凤, 等. 改进 YOLOv7 的自动驾驶目标检测算法[J/OL]. 计算机工程与应用, 2023: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20230922.1630.004.html>
- [22] 王晨灿, 李明. 基于 YOLOv8 的火灾烟雾检测算法研究[J]. 北京联合大学学报, 2023, 37(5): 69-77. <https://doi.org/10.16255/j.cnki.ljxbz.2023.05.011>
- [23] 熊恩杰, 张荣芬, 刘宇红, 等. 面向交通标志的 Ghost-YOLOv8 检测算法[J/OL]. 计算机工程与应用, 2023: 1-11. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20230811.1059.002.html>
- [24] 朱宁可, 葛青, 王翰文, 等. 基于 Yolov5-MGC 的实时交通标志检测[J/OL]. 激光与光电子学进展, 2023: 1-13. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1690.tn.20231009.1303.006.html>
- [25] 刘海斌, 张友兵, 周奎, 等. 改进 YOLOv5-S 的交通标志检测算法[J/OL]. 计算机工程与应用, 2023: 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2127.TP.20230830.1343.004.html>
- [26] 石镇岳, 侯婷, 苏勇东. 改进 YOLOv7 的交通标志检测算法[J]. 计算机系统应用, 2023, 32(10): 157-165. <https://doi.org/10.15888/j.cnki.csa.009227>
- [27] 钱伍, 王国中, 李国平. 多尺度 YOLOv5 的交通灯检测算法[J]. 软件导刊, 2022, 21(9): 19-25.
- [28] 李江天, 罗定生. 一种基于 YOLO 深度学习架构的路口交通灯信息车辆间共享方法研究[J]. 系统科学与数学, 2022, 42(2): 370-385.
- [29] 孙迎春, 潘树国, 赵涛, 等. 基于优化 YOLOv3 算法的交通灯检测[J]. 光学学报, 2020, 40(12): 143-151.
- [30] Xu, L., Yan, W. and Ji, J. (2023) The Research of a Novel WOG-YOLO Algorithm for Autonomous Driving Object Detection. *Scientific Reports*, **13**, Article No. 3699. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30409-1>
- [31] Hsu, W.Y. and Lin, W.Y. (2020) Ratio-and-Scale-Aware YOLO for Pedestrian Detection. *IEEE Transactions on Image Processing*, **30**, 934-947. <https://doi.org/10.1109/TIP.2020.3039574>
- [32] Li, C., Wang, Y. and Liu, X. (2023) An Improved YOLOv7 Lightweight Detection Algorithm for Obscured Pedestrians. *Sensors*, **23**, Article No. 5912. <https://doi.org/10.3390/s23135912>
- [33] 刘丽, 郑洋, 付冬梅. 改进 YOLOv3 网络结构的遮挡行人检测算法[J]. 模式识别与人工智能, 2020, 33(6): 568-574.
- [34] Li, X., He, M., Liu, Y., et al. (2023) SPCS: A Spatial Pyramid Convolutional Shuffle Module for YOLO to Detect Occluded Object. *Complex & Intelligent Systems*, **9**, 301-315. <https://doi.org/10.1007/s40747-022-00786-7>
- [35] 周勇, 陈垦, 王兴辰. 基于 YOLOv5 的交通场景车辆检测研究[J]. 信息技术与信息化, 2023(4): 30-34.
- [36] 杨志军, 昌新萌, 丁洪伟. 基于改进 YOLOv4-Tiny 的交通车辆实时目标检测[J/OL]. 无线电工程, 2023: 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1097.TN.20230419.1542.006.html>
- [37] 王承梅, 杜豫川. 基于 YOLO 算法的复杂交通环境中车辆目标检测方法[J]. 交通与运输, 2023, 39(2): 20-24.
- [38] 叶佳林, 苏子毅, 马浩炎, 等. 改进 YOLOv3 的非机动车检测与识别方法[J]. 计算机工程与应用, 2021, 57(1): 194-199.
- [39] Zhou, T., Jiang, K., Xiao, Z., et al. (2019) Object Detection Using Multi-Sensor Fusion Based on Deep Learning. *19th COTA International Conference of Transportation Professionals*, Nanjing, 6-8 July 2019, 5770-5782. <https://doi.org/10.1061/9780784482292.496>
- [40] Takahashi, M., Ji, Y., Umeda, K., et al. (2020) Expandable YOLO: 3D Object Detection from RGB-D Images. *Proceedings of the 21st International Conference on Research and Education in Mechatronics*, Cracow, 9-11 December 2020, 1-5. <https://doi.org/10.1109/REM49740.2020.9313886>
- [41] 王文军, 李清坤, 曾超, 等. 自动驾驶接管绩效的影响因素、模型与评价方法综述[J]. 中国公路学报, 2023, 36(9): 202-224. <https://doi.org/10.19721/j.cnki.1001-7372.2023.09.017>
- [42] 邓亚平, 李迎江. YOLO 算法及其在自动驾驶场景中目标检测研究综述[J/OL]. 计算机应用, 2023: 1-12. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/51.1307.TP.20230904.1321.006.html>