

基于机器视觉对交通场景中车辆速度的识别研究

付勇高

(无锡市市政设施建设工程有限公司, 江苏 无锡 214011)

摘要:通过对YOLOv5机器视觉框架进行二次开发,同时融合DeepSORT追踪算法,实现对桥梁交通车辆时空信息的提取和车辆轨迹的追踪。改进了传统的虚拟线圈法,实现了对车辆速度的测量,避免了对传统方法中因检测线圈的像素变化进行阈值的设定,提高了算法的普适性。最后,将算法应用到实际的场景中,与测速仪结果进行对比,其中平均误差在1%以内,误差最大值控制在15%以内。

关键词:桥梁工程;机器视觉;YOLOv5;DeepSORT;虚拟线圈法;

中图分类号: U491.2+55

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)08-0253-03

0 引言

截至2021年末,全国公路桥梁96.11万座、7380.21万延米,以每年近5万座桥梁新增。同时交通运输量的逐年增加,我国现今拥有载货汽车1173.26万辆、17099.50万吨位,分别增长5.7%和8.3%。随着车载技术的提高,桥梁需要承受更大的交通荷载,然而实际的桥梁场景存在车流量大、车辆种类繁多、车辆运行随机性强等特点。因此,精确掌握车流量在桥梁上运行的时空信息,对桥梁的结构安全评估具有重要意义。

目前基于图像处理进行车辆速度检测有两种思路。一是固定一段距离 Δd ,检测车辆经过的这段距离的时间 Δt ,另外一种取一定的时间段 Δt 检测车辆在此时间内经过的距离 Δd ,两种方法最终都是通过 $\Delta d/\Delta t$,计算出车辆的运行速度 v 。其中,普遍应用的检测算法有两种:一是通过交叉比法对车辆的速度进行计算,其基本原理是三维物体在降维到二维平面时会遵循如“近大远小”、平行线有共同的灭点、平面有共同的灭线等透视学的理论。二是应用更为普遍的基于视频信息对车辆速度进行提取,即在视频中提取清晰的特殊标记点或特殊标记线段,当车辆经过标记点或标记选段时,记录车辆经过的帧数,从而计算出车辆经过标记点之间的时间,根据标记点之间的实际距离从而推算出车辆的速度。

本文引入机器视觉YOLOv5算法对桥梁交通场景中的运行车辆进行识别、分类和定位,融合

DeepSORT算法实现对车辆轨迹的追踪^[1],同时结合交通场景中的车道线对车辆的速度进行识别,为研究桥梁的结构分析与预测,评估桥梁结构安全性打下基础^[2]。

1 目标识别追踪算法

本文采用目前较为成熟的机器视觉算法框架YOLOv5对交通场景中的车辆进行分类和识别。相较于之前的YOLOv3和YOLOv4系列,YOLOv5在目标检测速度方面有着较大的提升,检测速度高达100FPS以上,完全满足工程项目上对于车辆运行信息的实时提取。由于目前没有明确的车辆分类标准,本文按照车轴和车型将车辆分为8个类型,依次为Sedan car、Mini bus、bus、2A truck、3A truck、4A truck、5A truck、6A truck,其中2A truck的意思是代表该车是有两个车轴的卡车类型。本文针对项目上特定的桥梁交通场景,选取2000张照片样本进行标签数据集标定,进行1000轮权重训练,来制定针对该城市桥梁场景的交通车辆的分类数据库,最终各个分类指标的mAP可以达到0.9以上,实现了良好的车辆类型识别、分类和定位效果^[3]。

本文对车辆的目标追踪算法采用的是DeepSort框架,该算法能够实现车辆运行信息的逐帧关联,以此实现适用于针对桥梁交通场景的车辆追踪功能。DeepSort算法的前身是Sort算法,该核心是融合卡尔曼滤波算法和匈牙利算法,卡尔曼滤波算法利用线性系统状态方程,通过系统输入输出观测数据,对系统状态进行最优估计的算法,匈牙利算法主要用来实现把一群检测框和卡尔曼预测的框做分配,让卡尔曼

收稿日期:2022-10-14

作者简介:付勇高(1979—),男,本科,高级工程师,从事城市道路桥梁养护管理、监测和维修加固工作。

预测的框找到和自己最匹配的检测框,改进了多目标交通车辆匹配算法效率低下的问题,实现了车辆 ID 与车辆检测框信息快速匹配。

由于 sort 算法还是比较粗糙的追踪算法,当物体发生遮挡的时候,特别容易丢失自己的 ID。因此 Deepsort 算法在 sort 算法的基础上增加了级联匹配 (Matching Cascade) 和新轨迹的确认 (confirmed)。本文通过融合目标检测算法 YOLOv5 和目标追踪算法 Deepsort,对桥梁交通中的车辆实现了车辆时空信息的识别^[4]。

2 车辆速度识别算法

本文采用改进的虚拟线圈法实现对车辆的速度识别,工作原理类似于地理式线圈检测器,通过传统虚拟感应线圈代替真实感应线圈。在图像上垂直于道路方向上定义 2 个检测线圈的位置,系统通过检测线圈的灰度变化来判断车辆经过,由车辆经过前后两个线圈的间隔帧数 p 、两个线圈在现实中的距离 l 和第二个线圈与停止线的距离 s ,可以估算出当前车辆的速度及撞线时间。

本文通过上述搭建的 YOLOv5 和 Deepsort 算法已经实现了对车辆类型的识别和空间信息的提取,因此只需要当车辆的检测框与检测线有交点时,便判定车辆经过了此检测线。改进后的方法的优点是可以避免传统的虚拟线圈法依靠图像灰度值的变化对车辆的经过进行判定,受到光线的影响较大,需要设定特定的阈值对模型进行修正,而改进后的算法不受像素的灰度值变化的影响,仅需要检测线和车辆的相对位置便可以进行判定,操作简单,耗时更短,能够实时完成速度和撞线时间估计,因此普形式更高。

改进后的车辆速度检测算法应用桥梁检测场景如图 1 所示,即当车辆识别检测框与检测线 L_1 和 L_2 第一次相交相交时,便记录车辆相交时的始末帧数,依次为 A_i 和 A_j 。



图 1 基于机器视觉桥梁智能检测场景

再根据摄像机的帧频率 FPS,因此可以得到车辆在检测线 L_1 和 L_2 之间经历的实际时间为 $\frac{|A_i-A_j|}{FPS}$ 。

同时检测线 L_1 和 L_2 之间的实际距离为 L (由实际测量得到或者通过场景中的车道线的虚实分布得到),因此可以得到车辆行驶速度 v 的公式(1):

$$v = \frac{L}{\frac{|A_i-A_j|}{FPS}} = \frac{L \times FPS}{|A_i-A_j|} \quad (1)$$

式中: v 为车辆行驶速度, m/s; L 为检测线 L_1 和 L_2 之间的实际距离, m; FPS 为摄像机的帧频率, 帧/s; A_i 和 A_j 分别为车辆相交时的始末帧数, 帧。

3 速度算法识别效果

本次车速识别算法检测实验选取在 2021 年 6 月 4 日星期五上午 10:00—11:00 期间在无锡某高架桥上行使的车辆进行样本分析,本文选用测速仪器(型号:美国 TRACER SPA3000)在道路旁进行速度测量,该仪器的精度精确到 1 km/h。然后与机器视觉智能车速算法识别的结果进行对比,场景检测框如图 1 所示。

在该场景中,当车辆检测框与检测线 L_1 和 L_2 第一次相交时,便记录视频所处的帧数分别为 A_i 和 A_j ,又因为该记录摄像头的帧频率 FPS 为 30,便可以知道车辆通过两个检测线之间的时间。同时,检测线 L_1 和 L_2 之间对应的实际距离为 $L=15$ m,计算出检测出车辆行驶的速度 v 。

最终,本文通过机器视觉对监测视频图像处理的视频和在桥梁交通实际场景通过速度测速仪器测的速度进行对比,部分结果见表 1。

表 1 车辆速度识别对比

序号	类型	线圈法	测速仪测量
1	3A truck	67.5	67
3	2A truck	72.0	70
6	Sedan car	77.14	87
4	Mini bus	67.5	62
8	5A truck	72.0	70
9	3A truck	68.0	74
10	Mini bus	72.0	65
11	Sedan car	77.14	90
14	Mini bus	83.08	77

将基于机器视觉算法识别的速度与测速仪测得速度进行对比,其中平均误差在 1% 以内,误差最大值控制在为 15% 以内。因此本文提出的车辆速度识别算法具有较高的精度,对应用在工业场景具有一

定的参考价值^[5]。

4 速度算法识别结果的误差来源

本算法框架对车辆速度识别结果受两个影响因素较大,其中之一是由于YOLOv5算法在识别车辆信息位置的时候,车辆检测框不能与车辆进行完整的贴合如图2所示。当车辆检测框的信息位置与实际车辆的位置存在较大误差时,会使得车辆经过检测线时,记录的信息存在误差,进而影响车辆速度的计算。该问题的解决方法可以从两个方面进行改进,第一在制作车辆模型训练样本集时,尽量保证标定的检测框与车辆贴合,防止过多冗余的信息干扰神经网络的权重训练,第二增大摄像头的帧频率,该算法的检测频率在100帧以上,相较于摄像头的帧频率在30 Hz,因此存在一定的计算时间富裕度,若增大摄像头的帧频率,可以使车辆在两帧之间的运行距离变化变小,因此当车辆检测框与检测线L的相交时的记录帧数A更精准。



图2 车辆检测框

误差的另外一个来源就是摄像头的角度问题。一方面摄像头的无法提供较大的检测区间,如果两个检测线的距离过近,会使得车辆经过两道检测线记录时间时产生较大的误差。如图3所示,相较于图3(a)锡宁路高架桥侧视图相邻检测线之间的距离 L 只能达到15~18 m,图3(b)南京三桥俯视图检测区域宽度为54 m可以提供更广阔的检测框范围。同时,摄像机视角也需要摆正,以俯视为主,减少因角度产生的畸变。

5 结 语

本文通过对YOLOv5机器视觉框架进行二次开发,建立对桥梁交通场景中的车辆类型的分类和车



(a) 锡宁路高架桥侧视图



(b) 南京三桥俯视图

图3 摄像头安装位置影响

辆空间信息的定位,融合DeepSORT算法,实现对车辆信息逐帧关联,进而实现对车辆信息的轨迹追踪。接着,本文改进了传统的虚拟线圈法,实现了对车辆速度的测量,避免对检测线圈中的像素变化阈值的设定,提高了算法的普适性。然后,本文将提出的算法对实际的交通场景中的车辆进行速度测量与实际测速仪测量的速度进行对比,其中平均误差在1%以内,误差最大值控制在为15%以内。最后,本文对提出的算法产生的一些速度测量误差进行分析,并提出了一些改进的意见。

参考文献:

- [1] 熊文,程瑜.基于高帧视频分析的桥梁振动与模态非接触识别算法[J].东南大学学报(自然科学版),2020,50(3):433-439.
- [2] SORIANO M, CASAS J R, GHOSN M. Simplified probabilistic model for maximum traffic load from weigh-in-motion data [J]. Structure and Infrastructure Engineering, 2017, 13(4): 454-67.
- [3] FENG M Q, LEUNG R Y, ECKERSLEY C M. Non-Contact vehicle Weigh-in-Motion using computer vision [J]. Measurement, 2020, (153): 107415-1071421.
- [4] 李永上,马荣贵,张美月.改进YOLOv5s+DeepSORT的监控视频车流量统计[J].计算机工程与应用,2022,58(5):271-279.
- [5] CHEN Z, CHAN T H T, NGUYEN A, et al. Identification of vehicle axle loads from bridge responses using preconditioned least square QR-factorization algorithm [J]. Mechanical Systems and signal processing, 2019(128):479-496.