

# 基于 Sobel 算子和 CNN 的车辆轨迹识别系统

赵 胜<sup>1</sup>, 赵学健<sup>2</sup>, 张欣慧<sup>1</sup>, 孙知信<sup>2</sup>, 陈 勇<sup>3</sup>

(1. 南京邮电大学 物联网学院, 江苏 南京 210003;

2. 南京邮电大学 宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室, 江苏 南京 210003;

3. 南京龙渊微电子科技有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘 要:**随着机动车保有量的飞速增长,由此带来的交通安全问题以及如何有效地监控交通运输车辆和分析车辆轨迹行为成为当前社会关注的热点之一。对目前现有的车辆轨迹识别技术进行了改进。车辆的轨迹识别主要包括车辆目标识别和连续视频帧中车辆位置的定位两个部分。采用 HSV 颜色模型和 Sobel 算子相结合的技术来快速提取车辆目标的候选区域信息,将该信息输入到训练好的 CNN 模型中以完成车辆目标信息的提取。然后根据前后帧的关联性提取每帧视频中车辆的位置,通过以上步骤可以计算得到车辆一系列连续轨迹点,进而分析车辆在行驶过程中的状态。实验结果表明,该系统不仅能够准确地识别出视频中车辆目标,而且在连续视频帧中能够有效地对车辆轨迹进行跟踪识别。

**关键词:** CNN; 轨迹跟踪; Sobel 算子; HSV 模型

中图分类号: TP302

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2018)07-0169-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2018.07.036

## Vehicle Trajectory Recognition System Based on Sobel Operator and CNN

ZHAO Sheng<sup>1</sup>, ZHAO Xue-jian<sup>2</sup>, ZHANG Xin-hui<sup>1</sup>, SUN Zhi-xin<sup>2</sup>, CHEN Yong<sup>3</sup>

(1. Internet of Things, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. Key Laboratory of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology of Ministry of Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

3. Nanjing Longyuan Microelectronics Technology Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

**Abstract:** With the increasing of motor vehicles rapidly, the resulting traffic safety and how to effectively monitor the traffic vehicles and analyze the vehicle trajectory behavior become one of the social hot spots. For this, we have improved the existing technologies about the trajectory recognition of vehicle which mainly includes two parts: the identification of vehicle targets and the position of the vehicle between the continuous video frames. Using the HSV color model and the Sobel operator can quickly extract the candidate region's information of the vehicle target and the information is input to the trained CNN model for extraction of the information of vehicle target. And then according to the correlation between the front and rear frames, the position of the vehicle in each frame can be extracted. Through the above steps we can calculate a series of continuous track points of the vehicle, and then we can analyze the state of the vehicle on the road. The experiment shows that the system can not only identify the vehicle target in the video, but also can track the vehicle trajectory in the continuous frames.

**Key words:** CNN; trajectory tracking; Sobel operator; HSV model

## 0 引言

近年来,随着经济和交通运输业的快速发展,道路

上的机动车保有量迅速增加,而由此带来的交通问题也越来越严重,给人们的出行和生活质量带来不少的

收稿日期: 2017-06-30

修回日期: 2017-11-09

网络出版时间: 2018-03-07

**基金项目:** 国家自然科学基金(61373135, 61401225, 61572262, 61502246, 61672299); 中国博士后科学基金(2015M581844); 江苏省基础研究计划(自然科学基金)(BK20140883, BK20140894, BK20150869); 江苏省博士后科研资助计划项目(1501125B); 南京邮电大学校级科研基金(NY214101, NY215147)

**作者简介:** 赵 胜(1993-), 男, 硕士, 研究方向为信息网络技术及其在物流工程中的应用; 赵学健, 副教授, 研究方向为无线网络关键技术及海量数据的数据挖掘算法。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20180307.1416.014.html>

困扰。因此,人们日益关心如何用计算机技术来有效管理交通中的车辆,以此来解决交通拥堵和交通安全等方面的问题。随着图像处理技术和计算机视觉的快速发展,基于实时视频分析的智能交通系统也越来越受到人们的关注,从视频帧序列中准确地检测出车辆目标是智能交通的一个重要研究内容。通过对道路上的摄像头所拍摄到的实时交通视频进行分析,实时检测车辆的位置以及轨迹信息来分析车辆的行驶状态等一系列的问题,能够有效地监管交通运输中的车辆,从而极大地提高交通运输效率、保障交通安全。

基于特征信息的车辆识别是指通过对大量的车辆样本学习来提取车辆的特征模型,该模型能够针对视频中车辆目标进行有效的识别分类。文献[1]采用 HOG 特征来描述车辆的轮廓信息,利用支持向量机(SVM)良好的二分性特点来进行车辆的分类识别。为了有效地减少提取 HOG 特征的时间,在 HOG 检测阶段对图像进行缩放和窗口扫描与合并进行并行化,弥补了 HOG 特征提取的时间消耗,能够较快、较准确地识别出车辆<sup>[1]</sup>。文献[2]使用 GPU 完成了车辆 HOG 特征的提取,解决了 HOG 特征提取速度慢的问题。文献[3]中提出的基于显著性与车底阴影块的车辆感兴趣区域提取算法,对比基于灰度图车底阴影线提取的车辆检测和识别算法,在车辆感兴趣区域提取阶段就可以减少大量的干扰区域,降低后期识别等操作的负担,使用分类器可以进一步对感兴趣区域进行分类识别。

文中针对提高视频中车辆目标识别的准确性进行了研究。传统的 SVM 对大规模训练样本难以实施<sup>[4]</sup>,使得 SVM 在车辆目标识别的精确度上仍存在一定的误识别率<sup>[5-6]</sup>,采用 HOG+SVM 的方法由于 HOG 提取算法过于复杂而不适用于实时视频分析<sup>[7-8]</sup>。而采用深度学习的方法可以更好地提高车辆目标的识别分类。首先截取实时视频中的视频帧并进行分析,在每一帧中采用 HSV 颜色模型提取目标区域中颜色相对于背景区别明显的区域,将该区域作为车辆目标的候选区域,然后再使用 Sobel 算子对视频帧图片中的其余区域进行轮廓区域的识别筛选,加入到车辆目标的候选区域,将得到的所有车辆目标候选区域输入到卷积神经网络中进行车辆目标的提取,计算每帧图片中车辆的中心位置,根据前后帧中车辆的关联性得到车辆运行的轨迹点信息<sup>[9]</sup>。

### 1 系统模型

车辆识别包含了两个过程:提取车辆目标候选区域和提取车辆目标。文中采用 HSV+Sobel 算子对图片进行车辆候选区域的快速筛选,将可能存在车辆位

置的区域输入到卷积神经网络进行车辆的分类筛选,降低了卷积神经网络计算过程中的复杂运算,从而在保证车辆识别精度的前提下,提高了实时视频中车辆识别的实时性。系统流程如图 1 所示。

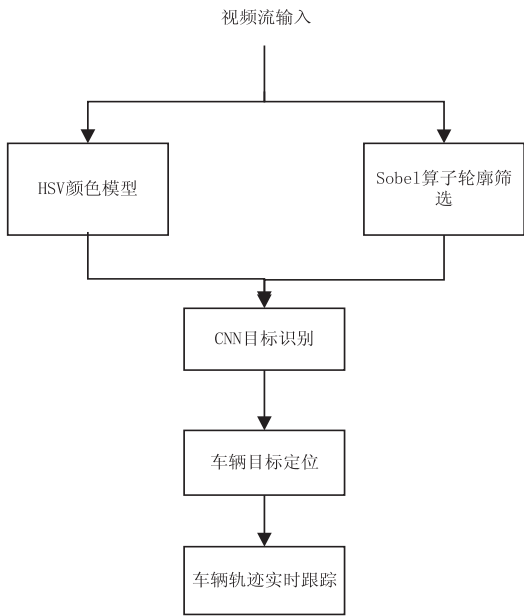


图 1 系统流程

## 2 算法原理

### 2.1 车辆目标候选区域提取

#### 2.1.1 HSV 颜色空间目标提取

采用 HSV 颜色空间模型提取图片帧中颜色相对于背景区分度较大的区域,可以将它作为车辆目标的候选区域。首先将每一帧图片中的像素转化到 HSV 颜色空间,HSV 模型中颜色的参数由色调(H)、饱和度(S)和亮度(V)组成。不同颜色对应的 HSV 模型中 H 的取值范围如下:Orange:0~22, Yellow:22~38, Green:38~75, Blue:75~130, Violet:130~160, Red:160~179。用 H 值可以代表该区域的颜色值。对视频帧中需要检测的特定颜色车辆设置阈值 $[a,b]$ ,对符合 $[a,b]$ 的像素点设置为 255,否则设置为 0,即对特定颜色区域进行二值化处理。HSV 颜色空间转换如图 2 所示。

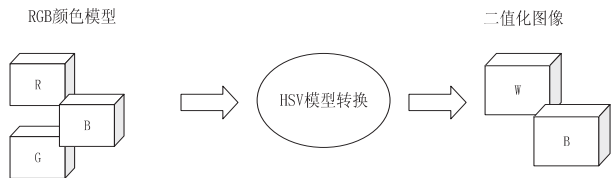


图 2 HSV 颜色空间转换

对二值化处理后的图片计算其候选目标所占据矩形的面积 $s$ ,设定一个阈值 $k$ ,当满足 $s > k$ 时才保留该区域的坐标,并将该图片及坐标加入到候选区域中。该方法可以有效地筛选道路两侧可能出现的干扰

因素<sup>[10]</sup>。

使用 HSV 颜色模型提取出车辆候选区域依赖于颜色信息,对于给定的颜色值可以迅速地提取出车辆可能出现的位置,但是会受到道路两侧的树木等因素的干扰。例如以黄色为例,在提取黄色候选区域时,会将大块的草丛误认为车辆。因此为了排除这些干扰,将这些提取出来的区域都作为车辆的候选区域,并将其输入到卷积神经网络中进行下一步的分类。

2.1.2 Sobel 算子轮廓提取

Sobel 算子是一阶导数的边缘检测算子,通过 3×3 模板作为核与图像中的每个像素点做卷积和运算,然后选取合适的阈值来提取边缘<sup>[11]</sup>。先分别计算图像横向和纵向的梯度  $G_x$  和  $G_y$ ,公式如下:

$$G_x = (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3) \quad (1)$$
$$G_y = (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7) \quad (2)$$

Sobel 算子利用  $G_x$  和  $G_y$  之和  $G$  作为检测边缘的依据,当  $G$  大于一定的阈值时,则认为是物体的边缘点,在得到所有的边缘点后,将所有的点连通,即构成了目标区域的轮廓信息<sup>[12]</sup>。

针对 HSV 在提取与背景色相近的目标区域时的不足,采用 Sobel 算子提取图片中与道路背景色相近的目标区域的轮廓。通过提取出的轮廓计算候选区域的目标的坐标位置,并将第二次提取出的候选区域加入到第一次提取的候选区域中,然后将所有的候选区域输入到预先训练好的卷积神经网络,去除干扰目标(如道路两侧的路灯、树木等)的影响,从候选区域中筛选出车辆目标,进行车辆的定位跟踪<sup>[13]</sup>。

2.2 卷积神经网络车辆识别

采用 The PASCAL Visual Object Classes Challenge 2012 (voc2012) 数据集进行卷积网络训练,得到车辆目标的分类模型<sup>[14]</sup>。卷积神经网络结构如图 3 所示。

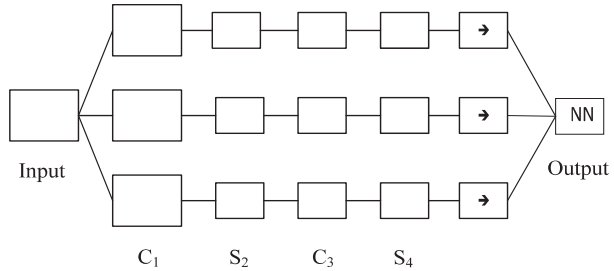


图3 卷积神经网络结构

将 voc2012 中车辆的图片数据集通过和 3 个可以训练的滤波器进行卷积<sup>[15-16]</sup>,得到  $C_1$  层的三个特征图,  $C$  层属于特征提取层,每个神经元的输入与前一层的局部感知相连并提取该局部的特征,然后特征映射图中每组的 4 个像素进行求和,加偏置,加权值,得到一个  $S_2$  层的特征映射图。再将这些特征映射图输入到滤波器,生成  $C_3$  层,然后如同  $C_1$  层生成  $S_2$  层那样

得到  $S_4$  层<sup>[17]</sup>,并最终输出分类结果。

将前面提取的车辆的候选区域目标集合作为参数输入到卷积神经网络中,进行车辆目标的提取及定位。经过卷积神经网络识别分类后,将干扰目标排除,得到车辆目标的位置信息的集合。

2.3 车辆轨迹提取

以图片帧的左上角为原点,建立车辆运动轨迹坐标系,如图 4 所示,在车辆的坐标系下分析车辆的运动,车辆的中心坐标点可以由目标识别阶段获得。

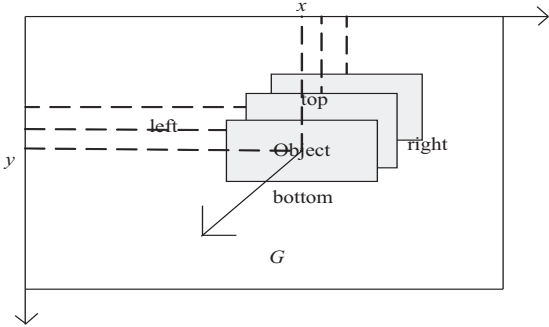


图4 车辆坐标计算

使用 Sobel 算子检索车辆轮廓信息,获取车辆最外侧的轮廓信息,计算车辆识别框的位置信息 (left, top, right, bottom),并保存车辆中心坐标位置  $(x, y)$ 。

$$\begin{cases} x = \text{left} + (\text{right} - \text{left})/2 \\ y = \text{top} + (\text{bottom} - \text{top})/2 \end{cases} \quad (3)$$

3 实验结果与分析

为了验证该方法的有效性和可行性,实地拍摄了一段交通路口的视频进行分析。该路口道路路面有 5 个车道,车流量较大,道路两侧有花坛、树木等干扰因素。视频格式为 avi, 图片大小为 856×480, 时长约为 90 s。实验环境:处理器为 i7-3770, 内存大小 8 G, GPU 为 titanX。开发环境: cuda7. 5 + ffmpeg2. 0. 7 + opencv 3. 0. 0 + qtCreator5. 5. 1。

为了验证系统的功能,对系统进行整体测试。在初步进行特定颜色车辆的筛选过程中,由于这几种颜色与背景模型的颜色差别较大,该算法可以以最快的速度筛选出第一部分的车辆候选区域。

其次,测试颜色与道路背景相似的车辆。采用 Sobel 算子快速筛选出轮廓面积区域大于一定阈值的车辆候选区域,该算法可以弥补 HSV 颜色空间在识别车辆上的不足,进一步提取出图片帧中可能存在车辆的位置区域。

Sobel 算子轮廓提取如图 5 所示。

然后将整个系统进行测试,即将 HSV+Sobel 算子筛选出的车辆候选区域输入到卷积神经网络模型进行车辆的识别筛选。

为了验证该方法的有效性,将其与传统的车辆识别方法进行对比实验,分别统计车辆目标识别的准确性,结果如表 1 所示。由表 1 知,提出的 HSV+Sobel+CNN 的方法在车辆目标的识别准确率和误识别率上较其他方法更好。



图 5 Sobel 算子轮廓提取

表 1 4 种车辆识别方法结果对比 %

车辆识别方法	识别率	误识别率
PCA+SVM <sup>[18]</sup>	94.89	4.75
Haar+Adaboost <sup>[19]</sup>	96.61	4.34
HOG+SVM <sup>[4]</sup>	95.52	4.59
HSV+Sobel+CNN	96.84	3.14

4 结束语

提出了一种车辆轨迹识别系统,在现有的技术基础上进行改进,通过 HSV 颜色空间和 Sobel 算子的方法快速筛选车辆目标的候选区域,并输入到卷积神经网络进行快速识别,达到实时识别的要求,基本能做到对道路中车辆的识别跟踪和轨迹的跟踪。同时对道路中可能出现的干扰进行标记排除,具有很好的适用性。在不同光照条件下,对道路中不同颜色车辆的识别准确性较高,且对于背景色和车辆颜色相近的车辆,采用轮廓识别的方法加以弥补。通过实验数据表明,该方法在保证识别准确率的条件下,使得车辆识别的实时性也得到了很好的保证,可以适用于复杂交通视频监控中。

参考文献:

[1] 马蓓蓓. 基于 HOG 特征的车辆检测技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2015.

[2] MACHIDA T, NAITO T. GPU & CPU cooperative accelerated pedestrian and vehicle detection[C]//2011 IEEE international conference on computer vision workshops. Barcelona, Spain; IEEE, 2011: 506-513.

[3] 乔广莹. 基于显著性和 LBP 方法的车辆检测[D]. 长春: 吉林大学, 2016.

[4] 李 星, 郭晓松, 郭君斌. 基于 HOG 特征和 SVM 的前向车

辆识别方法[J]. 计算机科学, 2013, 40: 329-332.

[5] LEE S H, BANG M, JUNG K H, et al. An efficient selection of HOG feature for SVM classification of vehicle[C]//2015 IEEE international symposium on consumer electronics. Madrid, Spain; IEEE, 2015: 1-2.

[6] SUN Diqing, WATADA J. Detecting pedestrians and vehicles in traffic scene based on boosted HOG features and SVM [C]//2015 IEEE 9th international symposium on intelligent signal processing. Siena, Italy; IEEE, 2015: 1-4.

[7] MIN W P, JUNG S K. TLD based vehicle tracking system for AR-HUD using HOG and online SVM in EHMI [C]// 2015 IEEE international conference on consumer electronics. Las Vegas, NV; IEEE, 2015: 289-290.

[8] 董天阳, 阮体洪, 吴佳敏, 等. 一种 Haar-like 和 HOG 特征结合的交通视频车辆识别方法研究[J]. 浙江工业大学学报, 2015, 43(5): 503-507.

[9] 白 天, 许晓珑, 丁 箫, 等. 一种新颖的基于轨迹分析和类型识别的车流量统计方法[J]. 计算机应用与软件, 2016, 33(12): 136-139.

[10] 赵作升. 基于 HSV 颜色空间的视频车辆检测与跟踪算法研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.

[11] 刘慧英, 王小波. 基于 OpenCV 的车辆轮廓检测[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(12): 2987-2991.

[12] 左颢睿, 张启衡, 徐 勇, 等. 基于 GPU 的快速 Sobel 边缘检测算法[J]. 光电工程, 2009, 36(1): 8-12.

[13] 汤春明, 浩欢飞, 韩 旭, 等. 车辆轨迹的增量式建模与在线异常检测[J]. 计算机应用研究, 2014, 31(7): 2008-2012.

[14] XIA Yizhang, FENG Jing, ZHANG Bailing. Vehicle logo recognition and attributes prediction by multi-task learning with CNN[C]//2016 12th international conference on natural computation, fuzzy systems and knowledge discovery. Changsha, China; IEEE, 2016: 668-672.

[15] ZHENG Jilong, WANG Yaowei, ZENG Wei. CNN based vehicle counting with virtual coil in traffic surveillance video [C]//2015 IEEE international conference on multimedia big data. Beijing, China; IEEE, 2015: 280-281.

[16] HUANG Kun, ZHANG Bailing. Fine-grained vehicle recognition by deep convolutional neural network[C]//2016 9th international congress on image and signal processing, biomedical engineering and informatics. Datong, China; IEEE, 2016: 465-470.

[17] 王 娜, 段鹏飞, 武林林. 基于卷积神经网络的非法营运车辆识别[J]. 计算机应用, 2016, 36(S2): 193-196.

[18] SIDLA O, PALETTA L, LYPETSKYY Y, et al. Vehicle recognition for highway lane survey[C]//Proceedings of 7th international IEEE conference on intelligent transportation systems. Washington, WA, USA; IEEE, 2004: 531-536.

[19] CHANG W C, CHO C W. Online boosting for vehicle detection[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics), 2010, 40(3): 892-902.