

DOI: 10.11830/ISSN.1000-5013.202009036



OpenCV 的车道线检测方法

李 军, 钟 鹏

(重庆交通大学 机电与车辆工程学院, 重庆 400074)

摘要: 基于开源计算机视觉库(OpenCV),提出一种轻量级的车道线检测方法.首先,对输入的原始图像进行灰度化处理,紧接着使用双边滤波滤除噪声,大幅度保留原始图像的边缘信息;然后,用 Canny 边缘检测提取图像边缘;最后,使用速度更快的渐进概率 Hough 变换(PPHT)识别车道线.仿真结果表明:预期检测车道线的效果较好.

关键词: 车道线检测; Canny 边缘检测; 渐进概率 Hough 变换; 双边滤波

中图分类号: U 491.5; TP 391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5013(2021)04-0421-04

Lane Line Detection Method Based on OpenCV

LI Jun, ZHONG Peng

(School of Mechatronics and Vehicle Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: Based on the open source computer vision library (OpenCV), a lightweight lane line detection method was proposed. First, the input original image was grayed, and next the noise was filtered out with bi-lateral filtering to greatly preserve the edge information of the original image. Then, the method of Canny edge detection was used to extract the edge of the image. Finally, a faster progressive probability Hough transform (PPHT) was adopted to recognize lane lines. The simulation results show that the effect of expected lane detection is better.

Keywords: lane line detection; Canny edge detection; progressive probability Hough transform; bilateral filtering

车道线检测经过多年的研究发展,主要分为基于特征、基于模型和基于机器学习的 3 种检测方法^[1],基于模型检测方法的效果主要取决于模型的选取.储开斌等^[2]虽提出一直有效的边缘噪声消除方案,但最后使用的是直线拟合车道线,此方法在测试曲率较大的道路时,效果较差.洪伟等^[3]使用抛物线模型的随机抽样一致(RANSAC)算法拟合提取车道线,该方法虽在曲率较大的弯道有较好的结果,但在弯道末端依然未能拟合,并且计算量很大.由于 RANSAC 算法的检测性能并不稳定,所以 Moon 等^[4]提出一种使用和声搜索(HS)算法估算消失点的新方法,相较于 RANSAC 算法,该方法可稳定估计消失点.近年来,机器学习的高准确性和高适应性使它成为近年的研究热潮,刘彬等^[5]对 Enet 网络进行改进优化,对车道线进行像素级的语义分割,检测准确率较高.除使用 Enet 网络以外,崔文靓等^[6]根据车道线固有特点,将 YOLOv3 结构进行改良完善,检测的平均准确率可达 95%.田锦等^[7]基于改进的 MaskR-CNN 模型对道路图像进行分割,结合直线和多项式进行拟合,生成优化的车道线参数方程,可提高检测速度和检测精度.基于模型的检测方法虽然在特定的道路环境下准确度很高,但选取和建立能

收稿日期: 2020-09-18

通信作者: 李军(1964-),男,教授,博士,主要从事发动机排放与控制、新能源汽车和智能车辆控制的研究. E-mail: cqleejun@163.com.

基金项目: 重庆市重点实验室资助项目(CSTC2015yfpt-zdsys30001)

够适应复杂多变道路的车道线模型难度很大。

基于机器学习的方法虽然检测精度高、适应性好,但其计算复杂且依赖大量的已标定样本数据;而且用于训练的数据集中还需要包含待检测数据的样本,计算成本也较高,难以满足快速处理和实时性^[8]。基于上述原因,本文基于开源计算机视觉库(OpenCV),提出一种更加便捷的轻量级车道线检测方法。

1 车道线检测步骤

车道线检测步骤,如图 1 所示。对输入图像进行灰度化处理、双边滤波和 Canny 边缘检测,使用速度更快的渐进概率 Hough 变换(PPHT)检测车道线。

2 灰度化处理

目前,灰度化处理常用的方法有以下 3 种^[9],对应的公式如下:

1) 最大值法

$$\text{Gray}(i,j)=\max(R(i,j),G(i,j),B(i,j)), \tag{1}$$

2) 平均值法

$$\text{Gray}(i,j)=\lceil B(i,j)+G(i,j)+R(i,j)\rceil/3, \tag{2}$$

3) 加权平均法

$$\text{Gray}(i,j)=0.299\times R(i,j)+0.587\times G(i,j)+0.114\times B(i,j). \tag{3}$$

式(1),(2)只是简单地取最大值或平均值,无法最大限度地保留原有值,进而影响后续的梯度计算和边缘提取;而式(3)符合人眼观察特性,故有利于后续的操作。灰度化处理后的图像,如图 2 所示。

3 双边滤波

车道线检测的滤波应是在达到滤除噪声的基础上,为了增加边缘检测的准确性,尽力保留图像边缘信息。双边滤波是一种综合考虑滤波器内图像空域信息和像素灰度值相似性的滤波算法,在保留区域信息的基础上实现对噪声的去除。双边滤波对高频率的波动信息起到平滑作用,同时,保留大幅值变化的信号波动,进而保留图像边缘信息^[10]。

双边滤波器与其他滤波器的不同之处在于,其他滤波器大多只计算图像的值域信息,而双边滤波器还计算图像的空域信息,使滤波器对边缘附近的像素进行滤波时,距离边缘较远的像素值不会对边缘上的像素值影响太多,从而保留边缘的清晰性。

双边滤波原理的数学表达式为

$$g(i,j)=\frac{\sum_{k,l}f(k,l)\omega(i,j,k,l)}{\sum_{k,l}\omega(i,j,k,l)}. \tag{4}$$

式(4)中: $\omega(i,j,k,l)$ 为加权系数。

空域滤波器和值域滤波器的乘积决定加权系数取值,空域滤波器表示形式为

$$d(i,j,k,l)=\exp\left[-\frac{(i-k)^2+(j-l)^2}{2\sigma_d^2}\right]. \tag{5}$$

值域滤波器表示形式为

$$r(i,j,k,l)=\exp\left[-\frac{\|f(i,j)-f(k,l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right]. \tag{6}$$

两者相乘后,加权系数为

$$\omega(i,j,k,l)=\exp\left[-\frac{(i-k)^2+(j-l)^2}{2\sigma_d^2}-\frac{\|f(i,j)-f(k,l)\|^2}{2\sigma_r^2}\right]. \tag{7}$$

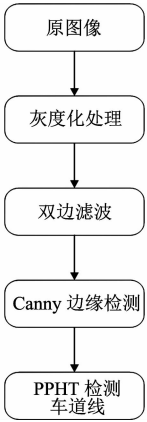


图 1 车道线检测步骤
Fig. 1 Lane line detection steps



图 2 灰度化处理后的图像
Fig. 2 Image after grayscaled

4 Canny 边缘检测

Canny 算法能够在准确提取图像边缘的前提下, 不受噪声的影响, 且能够识别图像中的弱边缘和强边缘^[11-13]. 对于车道线略微残损的道路, 相较于其他算法, Canny 算法鲁棒性较强, 并综合强弱边缘的位置关系, 给出图像整体的边缘信息. 该方法的检测过程有以下 5 个步骤.

- 1) 使用高斯核模糊图像. 为保留边缘信息, 使用的 3×3 高斯滤波器为 $G = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$.
- 2) 获得像素的梯度幅值和梯度方向. 使用 Sobel 算子分别计算图像 X,Y 方向的夹角, 幅值, 计算式分别为 $\theta = \arctan\left(\frac{I_y}{I_x}\right)$, $A = \arctan \sqrt{I_x^2 + I_y^2}$.
- 3) 使用非极大值抑制的方法, 比较当前像素的梯度强度与沿正、负方向上的两个像素, 当当前像素梯度强度均大于其余两个像素梯度强度时, 该像素点为边缘点; 反之, 该像素点被抑制.
- 4) 检测强边缘和弱边缘. 设置两个一大一小阈值, 将检测到的边缘点的梯度值与双阈值进行比较, 若边缘点梯度值小于较小阈值, 则消除该点; 若边缘点梯度值大于较小阈值, 小于较大阈值, 则确定为弱边缘; 若边缘点梯度值大于较大阈值, 则确定为强边缘.
- 5) 清除单独的弱边缘. 在步骤 4 中确定的弱边缘点的 8 邻域范围中寻找强边缘, 若存在, 则保留; 若不存在, 则去除该弱边缘. 最后, 输出结果.

Canny 边缘检测图, 如图 3 所示.

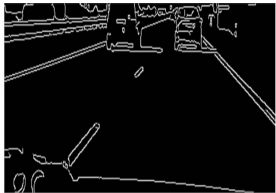


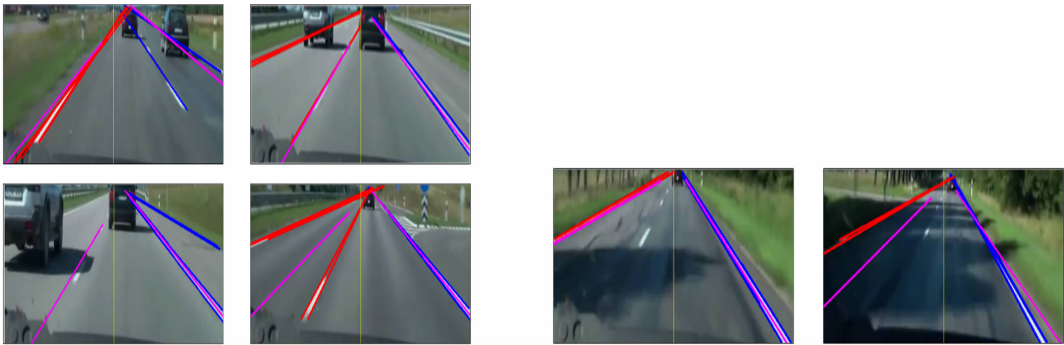
图 3 Canny 边缘检测图
Fig. 3 Canny edge detection graph

5 PPHT 检测车道线

Hough 变换虽然不易受噪声的影响, 但计算复杂、峰值不易确定^[14-15]. 为此, 使用计算时间更少的 PPHT 检测车道线.

渐进概率 Hough 变换的步骤如下: 1) 随机获取边缘图像上的前景点, 映射到极坐标系画曲线; 2) 当极坐标系里面的交点达到最小投票数时, 找出该点对应 x - y 坐标系的直线 L ; 3) 搜索边缘图像上前景点, 将直线 L 上的点(点与点之间距离要小于 \maxLineGap)连成线段, 然后, 全部删除这些点, 并且记录该线段的参数(起始点和终止点), 线段长度要满足最小长度; 4) 重复步骤 1, 2, 3.

渐进概率 Hough 变换除了计算一条独立直线的方向外, 还计算它的延长线, 并且它没有对平面中的每一个可能点进行累积, 而是只累积其中的一小部分. 所以, 相较于标准 Hough 变换的累积平面中每一个点的时间, 渐进概率 Hough 变换的速度更快. 在 Microsoft Visual Studio 2017 的编译环境下, 利用 OpenCV, 在 California Institute of Technology SURF project 数据集上进行测试, 测试的 PC 设备为 intel i5-4200H CPU 2.8 GHz. 经过渐进概率 Hough 变换检测后的车道线检测图, 如图 4 所示.



(a) 在不同车道时的检测图 (b) 阴影路面检测图

图 4 车道线检测图

Fig. 4 Lane line detection picture

6 结 束 语

OpenCV 库有大量的可用于视觉处理的函数,可减少开发过程的周期时间.但同时应当看到,虽然在滤波和车道线检测两个部分各使用一些改进优化方法,能够达到预期检测车道线的目标,却仍然难以避免误检和漏检.后续为解决误检和漏检的问题,可在渐进概率 Hough 变换检测后,基于车道线的宽度特征匹配对检测出的线段进行筛选过滤,去除车道线以外的直线.

参考文献:

[1] NAROTE S P,BHUJBAL P N,NAROTE A S,*et al.* A review of recent advances in lane detection and departure warning system[J]. Pattern Recognition,2018,73:216-234. DOI:10.1016/j.patcog.2017.08.014.

[2] 储开斌,郭俊俊,朱栋.复杂道路环境下车道线快速提取方法[J].实验室研究与探索,2020,39(7):11-15. DOI:10.3969/j.issn.1006-7167.2020.07.003.

[3] 洪伟,王吉通,刘宇,等.基于 DBSCAN 的复杂环境下车道线鲁棒检测与跟踪[J].吉林大学学报(工学版),2020,212(6):187-195.

[4] MOON Y Y,GEEM Z W,HAN G T. Vanishing point detection for self-driving car using harmony search algorithm [J]. Swarm and Evolutionary Computation,2018,41:111-119. DOI:10.1016/j.swevo.2018.02.007.

[5] 刘彬,刘宏哲.基于改进 Enet 网络的车道线检测算法[J].计算机科学,2020,47(4):142-149. DOI:10.11896/j.jsjcx.190500021.

[6] 崔文靓,王玉静,康守强,等.基于改进 YOLOv3 算法的公路车道线检测方法[J/OL].自动化学报,2019;1-9.[2019-06-06]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2109.TP.20190605.1051.001.html>. DOI:10.16383/j.aas.c190178.

[7] 田锦,袁家政,刘宏哲.基于实例分割的车道线检测及自适应拟合算法[J].计算机应用,2020,40(7):1932-1937. DOI:10.11772/j.issn.1001-9081.2019112030.

[8] 吴一全,刘莉.基于视觉的车道线检测方法研究进展[J].仪器仪表学报,2019,40(12):92-109. DOI:10.19650/j.cnki.cjsi.J1905719.

[9] TIAN Youjin,CUI Wei,LI Xingguang,*et al.* A robust lane detection method based on vanishing point estimation [J]. Procedia computer science,2018,131:354-360. DOI:10.1016/j.procs.2018.04.174.

[10] YAO Xifeng,ZHAO Chunhui. Hyperspectral anomaly detection based on the bilateral filter[J]. Infrared Physics and Technology,2018,92:144-153. DOI:10.1016/j.infrared.2018.05.028.

[11] 车畅,兰文宝. Canny 算法和中值滤波法的红外全景图像拼接[J].激光杂志,2020,41(5):109-113. DOI:10.14016/j.cnki.jgzz.2020.05.109.

[12] LAAROUSSI S,BAATAOUI A,HALLI A,*et al.* A dynamic mosaicking method for finding an optimal seamline with Canny edge detector[J]. Procedia Computer Science,2019,148:618-626. DOI:10.1016/j.procs.2019.01.050.

[13] GAURAV K,GHANEKAR U. Image steganography based on Canny edge detection, dilation operator and hybrid coding[J]. Journal of Information Security and Applications,2018,41:41-51. DOI:10.1016/j.jisa.2018.05.001.

[14] 徐超,平雪良.基于改进随机 Hough 变换的直线检测算法[J].激光与光电子学进展,2019,56(5):66-73. DOI:10.3788/LOP56.051001.

[15] CHEN Jiqing,QIANG Hu,WU Jiahua,*et al.* Extracting the navigation path of a tomato-cucumber greenhouse robot based on a median point Hough transform[J]. Computers and Electronics in Agriculture,2020,174:105472. DOI:10.1016/j.compag.2020.105.

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 崔长彩)