

基于改进 Hough 变换的夜间内侧车道线检测

呼超, 汪杰, 冯玉松

(长安大学汽车学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 提出一种夜间直线行车道内侧车道线检测方法, 该方法先通过图像感兴趣区域操作、图像灰度化、自适应均衡化等对行车路面图像进行预处理及增强, 再对处理过的图像使用 Canny 边缘检测和累计概率霍夫变换检测车道线, 使用斜率约束的方法筛选内侧车道线; 最后在不同道路情况下对该方法进行验证。

关键词: 汽车; 车道线检测; 内侧车道线; 夜间行车; 改进 Hough 变换

中图分类号: U463.99

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)06-0001-03

车道线检测是车道保持系统的重要组成部分, 对其正常工作有很大影响。现阶段基于计算机视觉技术进行车道线检测是比较成熟的方法。文献[1]使用最小二乘法对车道线进行拟合, 但未检测出内侧车道线, 误差较大。文献[2]基于颜色特征分割识别车道线, 因车道线易被车辆阴影遮挡, 难以识别。文献[3]对相机的透视图进行逆透视变换, 在得到的俯视图中进行车道线检测和拟合, 其计算量很大。而且上述算法都是针对日间行车车道线检测提出的。目前针对夜间行车车道线检测的研究较少。文献[4]针对夜间行车车道线检测提出 Otsu 与 Canny 结合的自适应边缘检测算法, 可对不同光照情况下车道线进行边缘检测, 但其算法耗时较长, 实时性较差。夜间车辆在高速公路上行驶时, 路面一般只有车灯照明, 光照不均匀, 其他光照干扰因素相比于日间较少, 车道线轮廓清晰。该文采用 Canny 边缘检测与累计概率霍夫变换算法, 结合斜率约束方法对高速公路夜间行驶中内侧车道线进行检测。

1 图像预处理

1.1 图像感兴趣区域

在进行车道线识别之前对原行车图像进行感兴趣区域操作。图 1 为在夜间行车时随机选取的一帧图像, 将其作为待处理的原图像, 处理结果见图 2。图 2 中只保留识别车道线有效的图像部分, 直接去掉与待检测车道线无关的部分。

1.2 灰度处理

行车过程中采集的图像一般是彩色图像, 每个像素都有 R、G、B 3 个分量。而灰度图像只有亮度信息, 且存储灰度图像只需一个数据矩阵, 像素值的



图 1 原图像

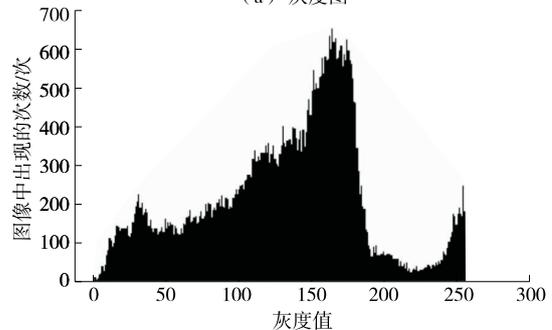


图 2 图像感兴趣区域

取值范围为 (0, 255), 采用灰度图像进行存储能显著减少文件所占用的硬盘空间, 且能提高图像处理识别速度。图像灰度化处理结果见图 3。



(a) 灰度图



(b) 灰度图直方图

图 3 图像灰度化

1.3 自适应均衡化

直方图均衡化常用来处理背景和前景都太亮或太暗的图像,对于夜间行车车道线图像同样适用。自适应均衡化操作可增加夜间车道线图像的全局对比度,尤其是当有用数据的对比度相当接近时,亮度可更好地在直方图上分布,因而可增强局部对比度且不影响整体对比度。自适应均衡化结果见图4。

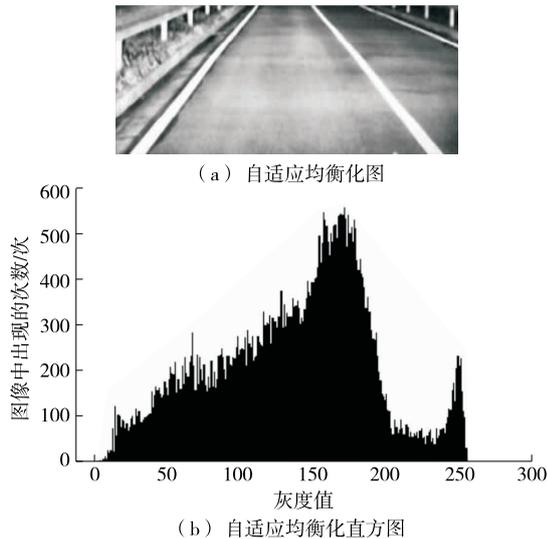


图4 自适应均衡化

2 边缘检测

边缘是图像的最基本特征,其中包含可用于识别的有用信息,可作为图像识别的一个重要特征参数。采用Canny边缘检测法检测图像的边缘信息,步骤如下:

(1) 使用高斯滤波器平滑图像,滤除噪声。中心像素点坐标为原点(0,0),距离中心最近的8个像素点的坐标为:

$$\begin{bmatrix} (-1,1) & (0,1) & (1,1) \\ (-1,0) & (0,0) & (1,0) \\ (-1,-1) & (0,-1) & (1,-1) \end{bmatrix}$$

取 $\sigma=1.5$,由高斯公式可计算出权重矩阵,再对其进行归一化处理,得卷积核 H :

$$H = \begin{bmatrix} 0.0924 & 0.1192 & 0.0924 \\ 0.1192 & 0.1538 & 0.1192 \\ 0.0924 & 0.1192 & 0.0924 \end{bmatrix}$$

$$e = H \cdot A = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & i \end{bmatrix} =$$

$$\text{sum} \begin{bmatrix} a \times h_{11} & b \times h_{12} & c \times h_{13} \\ d \times h_{21} & e \times h_{22} & f \times h_{23} \\ g \times h_{31} & h \times h_{32} & i \times h_{33} \end{bmatrix}$$

式中:矩阵 A 表示输入图像中任一像素点领域内的各个值。

高斯滤波的过程是用卷积核扫描图像中每个像素点,将领域内每个像素值与对应的权值相乘并求和,使图像的像素值与领域内其他像素值的变化程度减小,从而平滑图像。

(2) 计算每个像素点的梯度强度和方向。

(3) 通过非极大值抑制消除边缘检测带来的杂散效应。将计算出的每个像素点的梯度强度与周围像素点的梯度强度进行比较,梯度强度最大则保留,否则舍去。

(4) 应用双阈值检测确定真实和潜在的边缘。双阈值分别是最大梯度阈值 \maxVal 和最小梯度阈值 \minVal 。若梯度值 $<\minVal$,则直接舍去;梯度值 $>\maxVal$,则认为这个点是边界; $\minVal <$ 梯度值 $<\maxVal$,则作为候选边界,如果这个点和最大阈值相连则认为是一个边界,否则也舍去。

(5) 通过抑制孤立的弱边缘完成边缘检测。

从Canny边缘检测的二值图像(见图5)来看,采用Canny方法可清晰地检测出车道线的边缘。



图5 Canny边缘检测结果

3 车道线拟合

采用累计概率霍夫(Hough)变换对车道线进行检测。Hough变换是一种改进的霍夫直线检测方法,它是在二值分布图上随机选择边缘点,而不是逐行扫描边缘点。步骤如下:1) 随机抽取图像中的一个边缘点,若该边缘点已被标记为某条直线上的点,则在剩余的边缘点中再随机抽取一个,直至所有边缘点抽取完毕;2) 对随机抽取的边缘点进行霍夫变换,并进行累加和计算;3) 选取累加器中最大的点,如果高于所设定的阈值,则进行下一步,否则返回步骤1;4) 从选出的点出发,沿着直线位移的方向找出直线的两个端点;5) 计算线段长度,如果大于所设定的阈值,则认为该线段为车道线,然后返回步骤

1. 通过 Hough 变换可检测线段,对道路中的虚线也可检测到。图 6 为应用该方法检测出的车道线。



图 6 Hough 变换直线检测

对检测出的所有直线进行筛选,消除道路边缘、栏杆等物体的影响,其中最内侧车道线采用斜率约束的方法进行筛选。摄像机拍出来的照片都是透视图,根据透视原理(见图 7),靠近汽车的车道线的斜率最大,根据 Hough 变换可求出直线的端点,根据端点可求出直线的斜率,进而对检测出的直线进行筛选。

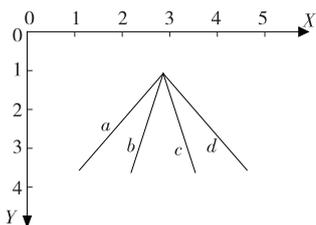


图 7 透视原理示意图

根据透视图原理,将所有直线分为左车道线集合 k_l 和右车道线集合 k_r ,选取左车道线集合绝对值最大的斜率作为左车道线斜率 k_L ,调取对应的端点坐标画出左车道线检测结果。同理可筛选出右车道线 k_R 。

$$\begin{cases} k_i \in k_l, k_i < 0, i = 0, 1, 2, \dots \\ k_i \in k_r, k_i > 0, i = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

$$k = \begin{cases} k_L, k_L = \max\{\text{abs}(k_l)\} \\ k_R, k_R = \max(k_r) \end{cases}$$

图 8 为在原图上显示最内侧车道线检测结果的图像,其中剔除了多余的直线,对最内侧车道线也进行了准确拟合。

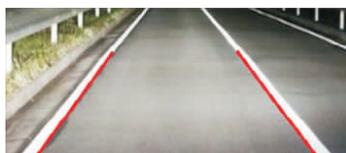


图 8 内侧车道线拟合结果

4 检测方法验证

选取双侧虚线道路、单侧虚线道路两种道路情

况的图像使用上述算法进行内侧车道线检测。

如图 9 所示,在双侧虚线且前方有车的情况下,通过图像预处理对原图像进行感兴趣区域操作和降噪处理,再进行 Canny 边缘检测,可很好地检测出车道线边缘;通过 Hough 变换边缘检测,可拟合出视野内所有疑似车道线的直线;最后经过斜率约束方法可显示出车辆所在车道的内侧车道线。该方法在双侧车道线是虚线且有前车的情况下可稳定、准确地检测出内侧车道线。

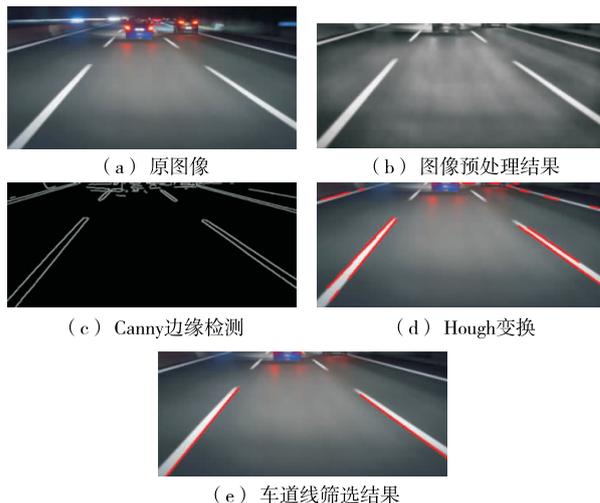


图 9 双侧虚线道路内侧车道线检测

如图 10 所示,在单侧虚线、路边有标志牌的情况下,通过图像预处理去除行车图像上部黑色天空部分及与检测内容无关的干扰信息,并增强车道线部分的对比度,相比于原图像,车道线更易于辨识;

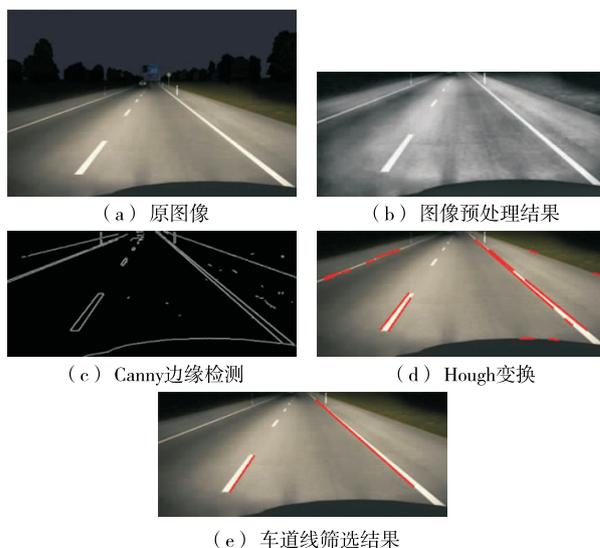


图 10 单侧虚线道路内侧车道线检测

(下转第 8 页)

tion from progressive buckling to global bending of square aluminium tubes [J]. International Journal of Impact Engineering, 2012, 48.

[7] Abramowicz W, Jones N. Dynamic progressive buckling of circular and square tubes [J]. International Journal of Impact Engineering, 1986, 4(4).

[8] 荆友录. 矩形截面薄壁梁轴向耐撞性的结构研究 [J]. 山东交通学院学报, 2009, 17(1).

[9] 荆友录, 温卫东, 魏民祥. 不同截面结构薄壁直梁的轴向耐撞性研究 [J]. 机械科学与技术, 2009, 28(4).

[10] 李志斌, 虞吉林, 郑志军. 薄壁管及其泡沫金属填充结构耐撞性的实验研究 [J]. 实验力学, 2012(1).

[11] 胡俊, 王飞虎. 多种截面形状薄壁管轴向冲击吸能特性对比研究及优化设计 [J]. 计算力学学报, 2016, 33(1).

[12] 亓昌, 董方亮, 杨姝. 锥形多胞薄壁管斜向冲击吸能特

性仿真研究 [J]. 振动与冲击, 2012, 31(24).

[13] 魏启永, 曹立波, 崔崇楨, 等. 逐级吸能薄壁结构的耐撞性优化研究 [A]. 第五届国际汽车交通安全会议论文集 [C], 2007.

[14] 张涛, 刘土光, 肖汉林, 等. 高速冲击下薄壁组合结构吸能特性研究 [J]. 爆炸与冲击, 2006, 26(5).

[15] 黎勇, 吴长风, 蓝平辉, 等. 大客车正面碰撞结构耐撞性分析与改进 [J]. 客车技术与研究, 2017(1).

[16] 陈宗渝, 邓兆祥, 徐宗俊. 微型客车耐撞性的改进方法及应用 [J]. 客车技术与研究, 2001(1).

[17] 修瑞仙, 刘艳文, 高允峰, 等. 非对称变形模式下薄壁组合结构耐撞性研究 [J]. 长春师范大学学报: 自然科学版, 2014, 33(6).

收稿日期: 2019-06-19

(上接第 3 页)

通过 Canny 边缘检测, 检测出行车图像中车道线、路边标志牌的边缘, 虽然右侧一些道路条纹也被检测出, 但这对后续 Hough 变换直线检测并没有影响; 检测出所有疑似车道线直线后, 对这些拟合直线进行斜率约束筛选, 进而准确拟合出内侧车道线。

根据上述两种不同道路情况下车道线检测结果, 文中提出的夜间行车内侧车道线检测方法在直线车道、车道线完整的情况下可排除前车、路侧较小标志牌的干扰, 对行驶车辆所在的车道线有较好的检测能力。

5 结语

该文针对夜间高速公路行车特点, 先用 Canny 边缘检测结合 Hough 变换检测出所有车道线, 再通过斜率约束的方法对内侧车道线进行筛选, 检测内侧车道线。该方法具有算法简单、鲁棒性好等优点, 对高速公路夜间行驶车辆适用。

参考文献:

[1] 贾会群, 魏仲慧, 何昕, 等. 基于神经网络与最小二乘法的车道线检测算法研究 [J]. 汽车工程, 2018, 40(3).

[2] Chiu K Y, Lin S F. Lane detection using color-based segmentation [A]. IEEE Intelligent Vehicles Symposium [C], 2005.

[3] Mohamed Alaa El-Dien Aly. Real time detection of lane markers in urban streets [A]. IEEE Intelligent Vehi-

cles Symposium [C], 2008.

[4] 李亚娣, 黄海波, 李相鹏, 等. 基于 Canny 算子和 Hough 变换的夜间车道线检测 [J]. 科学技术与工程, 2016, 16(31).

[5] 胡忠闯, 陈杰, 顾兆伦, 等. 单目视觉下结构化车道实时检测 [J]. 信号处理, 2017(4).

[6] 刘衍琦, 詹福宇. MATLAB 计算机视觉与深度学习实战 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2017.

[7] 蒲浩, 詹振炎. 公路透视图 CAD 的开发 [J]. 长沙铁道学院学报, 1997, 15(4).

[8] 叶云. 基于机器视觉的道路标线损坏智能检测设想 [J]. 公路与汽运, 2016(3).

[9] 高岩, 舒强, 郑楚清. 基于小波分解的车道偏离预警算法研究 [J]. 公路与汽运, 2012(5).

[10] 张振, 肖威, 郑琦巍, 等. 汽车直道超车道路试验方案 [J]. 客车技术与研究, 2018(3).

[11] 徐建勋, 游国平, 丁良旭, 等. 客车车道偏离报警系统性能测试与评价 [J]. 客车技术与研究, 2017(3).

[12] 刘富强, 张姗姗, 朱文红, 等. 一种基于视觉的车道线检测与跟踪算法 [J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2010, 38(2).

[13] 姜良超, 李传友, 殷凡青. 基于 OpenCV 的车道线检测 [J]. 摩托车技术, 2018(8).

[14] 任桐慧, 曹为政. 基于 opencv 的视频道路车道线检测方法研究 [J]. 科学技术创新, 2018(23).

[15] 王玉萍, 张晨晨. 基于 OpenCV 的车道线识别与跟踪算法 [J]. 企业科技与发展, 2018(2).

[16] 范海瑞. 一种基于车道线检测的自动驾驶预行驶区域判别方法 [J]. 激光杂志, 2018, 39(7).

收稿日期: 2019-03-18