

复杂场景下基于视觉的非完整车位识别的算法改进

黄鼎键^{1,2}, 江灏^{1,2}, 钟勇^{1,2}

(1. 福建省汽车电子与电驱动技术重点实验室, 福建 福州 350118;

2. 福州市汽车机电行业技术创新中心, 福建 福州 350118)

摘要: 为提高复杂场景下非完整车位识别的准确性, 提出了一种基于视觉的车位识别改进算法。该识别算法采用了限制对比度自适应直方图均衡化方法, 增强了图像细节; 通过设置感兴趣区域和全局阈值分割法, 区分了车位和背景、减少了车位周围环境噪声对车位识别的影响; 利用形态学和连通域分析, 排除了车位上的细小噪声和其他剩余噪声; 结合 Canny 边缘检测标记车位线轮廓边缘点, 在原图上绘制准确的车位线轮廓。不同复杂环境下开展了非完整车位识别的试验, 试验结果表明, 所提出的改进算法相对于传统车位识别算法能够更准确地识别非完整车位, 且具有较好的适应性和实时性。

关键词: 复杂场景; 视觉; 车位识别; 连通域分析

中图分类号: TP242

文献标志码: A

文章编号: 2097-3853(2024)01-0054-04

Algorithm improvement of vision-based incomplete parking space recognition in complex scenes

HUANG Dingjian^{1,2}, JIANG Hao^{1,2}, ZHONG Yong^{1,2}

(1. Fujian Key Laboratory for Automotive Electronics and Electric Drive Technology, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China;

2. Fuzhou Automobile Electromechanical Industry Technology Innovation Center, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: In order to enhance the accuracy of incomplete parking space recognition in complex scenes, an improved vision-based parking space recognition algorithm was proposed. This recognition algorithm adopts a contrast-limited adaptive histogram equalization method to enhance image details. By setting regions of interest and using the global threshold segmentation method, the parking spaces and backgrounds are distinguished, and the impact of ambient noise around parking spaces on parking recognition is reduced. Morphology and connected component analysis are utilized to eliminate other small noises and residual noises on the parking space. Combined with Canny edge detection, the edge points of the parking line contour are marked, and the accurate parking line contour is drawn on the original image. Experiments were conducted on incomplete parking space recognition in different complex environments, and results show that compared with traditional parking space recognition algorithms, the proposed improved algorithm can identify incomplete parking spaces more accurately and has better adaptability and real-time performance.

Keywords: complex scenes; vision; parking space recognition; connected component analysis

随着汽车智能化水平的提高, 自动泊车技术应运而生, 这一技术在提高泊车效率的同时大大

减少泊车失误带来的损失^[1], 实现这一技术需要在车位识别环节中能准确获取车位信息。学者们

收稿日期: 2023-12-12

基金项目: 福建理工大学科研启动基金项目(GY-Z19119); 福州市科技重大项目(2022-ZD-008); 中国国家留学基金资助项目(202109360001)

第一作者简介: 黄鼎键(1982—), 男, 福建福州人, 副教授, 博士, 研究方向: 智能网联汽车仿真与设计等。

为提高车位识别准确性已做了许多研究。田海勇等^[2]针对自动泊车中车位线检测的问题,在边缘检测阶段提出了边缘编组的方法,对于完整车位线具有较好检测有效性和实时性。江浩斌等^[3]选取车位中的车位角建立图像梯度模板,再通过图像梯度匹配来实现车位识别,在车位角完整无磨损情况下,实现对不同车位线的识别。张悦旺^[4]提出一种基于改进的 Hough 变换算法,该算法能够较好地获取车位线边缘直线,但无法剔除阴影遮挡、光线反射带来的噪声影响。姜武华等^[5]通过获取车位角点的方式来实现车位识别,该方法适用车位与背景对比明显的情况。还有一些学者在光照条件复杂、雨雪天等环境下,利用视觉进行车位识别和算法研究,但因各种外在噪声的影响,车位识别的准确性还有待进一步提高^[6-9]。

本文针对复杂场景下的非完整车位提出了一种车位识别改进算法,开展多种复杂场景下的车位识别试验,结果证明,该算法能有效提高非完整车位的识别准确性。

1 非完整垂直车位识别改进算法

针对复杂场景下出现非完整情况的平行、垂直、斜方车位进行车位识别改进算法的研究,图 1(a)为采集的非完整垂直车位,从局部放大图可知,采集的车位中存在车位线不平整、地面有光线反射的情况。在这类情况下,传统车位识别算法难以准确识别出车位线轮廓,如图 1(b)所示。因此,需要对非完整垂直车位识别算法进行改进。



(a) 垂直类型非完整车位

(b) 传统算法识别结果

图 1 非完整垂直车位与传统算法识别结果

Fig.1 Incomplete vertical parking space and traditional algorithm identification results

非完整车位识别过程中图像噪声对车位识别的影响较大,根据噪声来源主要有车位周围环境

产生的噪声、车位线本身的细小噪声以及除此之外的其他小面积噪声。针对上述噪声,在图像预处理阶段使用限制对比度自适应直方图均衡化以增强车位线特征,感兴趣区域选取用于减少车位周围环境的噪声,全局阈值分割将车位与背景做初步分割;利用形态学处理剔除车位线细小噪声并填充车位线断裂部分;通过领域连通域分析并计算连通域平均面积,剔除小于平均面积的区域,实现剩余的其他小面积噪声的处理。然后结合 Canny 边缘检测标记车位线轮廓边缘点,并在原图中绘制准确的车位线轮廓,最终实现多噪声干扰环境下非完整车位的识别。

1.1 图像预处理和灰度化

现实环境中采集到的车位图像往往会受到光线强弱、背景复杂程度等环境因素影响,产生干扰信息,降低图像分析处理效率的同时影响车位信息的准确提取。通过图像预处理能够减少干扰信息的影响,提高分析处理效率,增加车位的可检测性,对后续的车位线提取起到至关重要的作用。

摄像头采集的图像通常为彩色图像,直接用于识别会出现分析处理量大、计算效率低的问题,因此本文使用加权平均值法,将彩色图像的 RGB 值通过加权平均转换为灰度图像的灰度值实现灰度化^[10]。

1.2 限制对比度的自适应直方图均衡化

自适应直方图均衡化通过计算图像中每个像素块区域的直方图,重新分配亮度,改变图像的对比度来提高图像细节,但该方法存在过度增强图像中噪声的问题,并且由于每个像素块区域间没有过渡,导致输出的图像不平顺。利用限制对比度自适应直方图均衡化对每个像素块区域进行对比度限制,同时使用双线性插值方案实现了块与块之间的过渡,增强局部对比度的同时保留了图像细节^[11]。

1.3 感兴趣区域选取和阈值分割

通过框选车位外轮廓作为感兴趣区域,避免了车位周围环境噪声的干扰,更好提取车位信息。

使用全局阈值分割的方法对选取后感兴趣区域的图像进行阈值分割,其公式如下:

$$\text{dst}(x, y) = \begin{cases} \text{maxval} & \text{if } \text{src}(x, y) > \text{thresh} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

设定一个阈值,图像中大于该阈值的像素设为最大值 255(白色),小于该阈值的像素设为 0(黑色),将目标区域与背景区域用黑与白初步分

割开^[12]。

1.4 形态学处理

使用开运算对二值图像处理,通过腐蚀操作缩减车位背景中噪声轮廓,用膨胀操作平滑车位线轮廓。结果如图 2(a)所示。

由于后续算法采用计算连通域平均面积,过滤小于平均面积区域的方法剔除图像当中剩余的噪声。为保证图像中车位线缺损、空洞部分不被作为噪声剔除,使用膨胀操作将车位线缺损、空洞部分连接起来,结果如图 2(b)所示。

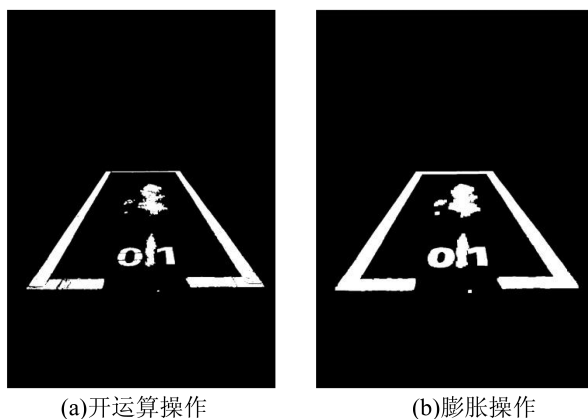


图 2 形态学处理结果

Fig.2 Results of morphological treatment

1.5 连通域处理

车位图像中每个像素与相邻像素间常有 4 邻域与 8 邻域的关系^[13],选择的相邻关系不同,得到的连通域也不同,通过对比试验结果,最终选择 4 邻域进行连通域分析。通过算法搜寻并标记所有连通域,然后根据所计算的连通域面积,保留大于平均面积的连通域,剔除小于平均面积的连通域。结果如图 3 所示,车位线部分由于面积较大被保留,而中间部位连通域面积较小的被剔除,从而避免了这部分噪声的影响。

1.6 Canny 边缘检测

在图 3 基础上,通过边缘检测可以在车位原图上绘制车位线轮廓,将有利于后续自动泊车的研究。在图像处理中常用 Roberts、Prewitt、Sobel、Canny 等算子进行边缘检测,其中 Canny 算子具有边缘误检率低,定位准确等优点^[14],因此本文使用 Canny 算子进行边缘检测。首先利用高斯滤波去除图像噪声并计算图像中每个像素点的梯度强度和方向,对图像边缘使用非极大值抑制并过滤非边缘像素;然后对检测出的边缘进行双阈值处理,得

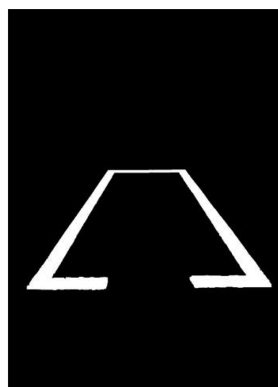


图 3 连通域处理结果

Fig.3 Connected domain processing result

到强边缘和弱边缘;最后分析弱边缘的连通域与强边缘的连通域是否有相邻,若相邻则将该连通域作为强边缘,反之则将其视为噪声予以剔除。

2 非完整垂直车位识别改进算法的试验效果

运用改进后的车位识别算法对非完整垂直车位进行识别、车位轮廓线的绘制,得到如图 4 所示的结果,通过与图 1 对比可知,车位轮廓线更加平整光滑、车位中间区域因反光、数字、灰土等产生的噪声被处理了,车位线内部的噪声也被剔除;这些改进都可为车位尺寸判断、自动泊车提供信息支撑。

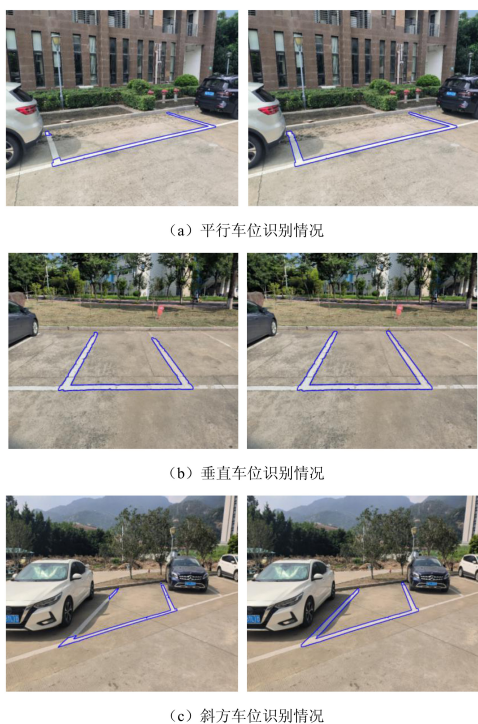


图 4 原图与轮廓绘制结果

Fig.4 Original drawing and outline drawing results

3 其他不同复杂场景下的试验与结果

在校区采集平行、垂直、斜方 3 种类型车位试验,如图 5 所示。使用 OpenCV3.2.0 库和 Python 语言在 Ubuntu 18.04 系统中进行,计算机处理器型号为 Core i5-10500,主频为 3.10 GHz。



(a) 平行车位识别情况

(b) 垂直车位识别情况

(c) 斜方车位识别情况

图 5 传统算法与本文改进算法的识别情况对比

Fig.5 Recognition result comparison between traditional algorithm and improved algorithm proposed in this paper

参考文献:

- [1] ZHANG J D, LIU T, YIN X L, et al. An improved parking space recognition algorithm based on panoramic vision[J]. Multi-media Tools and Applications, 2021, 80(12): 18181-18209.
- [2] 田海勇,王靖岳,王若羽,等. 基于边缘编组的车位线检测方法[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(31): 13988-13994.
- [3] 江浩斌,王成雨,马世典,等. 基于图像梯度匹配的自动泊车系统车位识别方法[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2020, 41(6): 621-626.
- [4] 张悦旺. 基于改进 Hough 变换的车位线识别方法[J]. 计算机工程与设计, 2017, 38(11): 3046-3050.
- [5] 姜武华,辛鑫,陈无畏,等. 基于信息融合的自动泊车系统车位线车位识别和决策规划[J]. 中国机械工程, 2020, 31(10): 1190-1196.
- [6] LI Y Y, MAO H Y, YANG W, et al. Research on parking space status recognition method based on computer vision[J]. Sustainability, 2022, 15(1): 107.
- [7] HUANG C, YANG S Y, LUO Y G, et al. Visual detection and image processing of parking space based on deep learning[J]. Sensors, 2022, 22(17): 6672.
- [8] MA S D, FANG W F, JIANG H B, et al. Parking space recognition method based on parking space feature construction in the scene of autonomous valet parking[J]. Applied Sciences, 2021, 11(6): 2759.
- [9] 张成涛,覃立仁,杨航,等. 自动泊车关键技术研究进展综述[J]. 汽车工程学报, 2023, 13(5): 603-614.
- [10] ZHANG X, ZHAO W, JIANG Y Q. Study on parking space recognition based on improved image equalization and YOLOv5[J]. Electronics, 2023, 12(15): 3374.
- [11] 苗作华,朱良建,赵成诚,等. 基于 Retinex 的低光照车位图像增强[J]. 汽车工程, 2023, 45(6): 989-996.
- [12] 李尧,王彦. 基于全局阈值分割及多项式拟合的车道线识别[J]. 南华大学学报(自然科学版), 2021, 35(1): 77-82, 96.
- [13] 黄晨,刘泽,罗禹贡,等. 基于背景光照去除和连通区域的车位检测[J]. 汽车工程, 2020, 42(1): 47-51, 73.
- [14] 董翼宁,曹景胜,孙飞宇,等. 基于 OpenCV 图像处理的车道线识别研究[J]. 仪器仪表与分析监测, 2023(3): 29-32.

利用本文提出的车位识别改进算法对 3 种典型非完整车位依次试验,分别是邻车阴影遮挡车位线且车位背景复杂的平行车位、车位线磨损缺失且车位线被尘土覆盖的垂直车位、邻车阴影遮挡车位线且车位线上有胎印的斜方车位;将识别的效果与传统车位识别算法对比。可以看出,改进后的车位识别算法能很好克服邻车阴影遮挡车位线、车位线磨损、尘土掩盖车位线等情况的干扰,准确识别出非完整车位线轮廓,有效提高了复杂场景下非完整车位的识别准确性。

4 结论

1) 运用限制对比度自适应直方图均衡化的方法,解决了邻车阴影遮挡导致车位识别不全。

2) 通过设置感兴趣区域和连通域,采用全局阈值分割、形态学处理的方法,剔除了图像中细小噪声,提高了车位识别的准确性。

3) 运用改进的算法能在多种复杂场景下有效识别非完整车位,为下一步自动泊车路径规划提供参考。