

基于改进的 Harris 角点检测的车型识别方法

张 彤 张 萍

(广东警官学院计算机系 广州 510230)

摘 要 利用角点信息作为车辆正面图像的特征点对车型进行识别,将 Harris 角点检测的方法进行改进,将不同方向的特征值之比加入角点响应,提高了角点检出率;考虑到视频中行进车辆的位置变动,将车牌中心点位置作为定位点,计算不同车型的角点匹配率作为判定车型的依据。实验结果证实了所提方法的有效性。

关键词 Harris 角点,角点检测,车型识别,角点响应,特征提取

中图分类号 TP391.4 文献标识码 A

Method of Vehicle Type Recognition Based on Improved Harris Corner Detection

ZHANG Tong ZHANG Ping

(Department of Computer, Guangdong Police College, Guangzhou 510230, China)

Abstract This paper used corner information as feature point in the front image of vehicle to recognize the type which the vehicle belongs to. We improved the Harris' corner detection method and added the ratio of eigenvalues which represent different directions to the corner response, and thus the more corners were detected. Because the position of vehicle in video is changeable, the center of the license plate is defined as stable point, and vehicle type was recognized by the ratio of matching corner. The results of test verified the effectiveness of this method.

Keywords Harris corner, Corner detection, Vehicle type recognition, Corner response, Feature extraction

1 引言

近年来,基于计算机视觉的车辆检测与识别方法在智能交通中得到了迅速发展,其主要应用于停车场管理、高速公路收费以及城市交通状况监控等领域,同时在防止犯罪、追捕犯罪嫌疑方面也有重要应用价值。在该系统中,汽车号牌的自动识别技术发展得最为成熟,并且得到了广泛的商业应用,为自动化管理道路交通提供了最经典的范例。然而,当汽车号牌被伪造,汽车使用假号牌或号牌受到遮挡时,车牌识别就面临失效的问题。在这种情况下,车型识别技术可以为车辆检测与识别系统提供额外的安全保障。车型识别的目标是将汽车按照其具体的型号进行分类,如将汽车分为奥迪、宝马、大众等。如果该技术能够实现,即可通过车牌号码与车型的匹配,解决汽车盗窃、车牌伪造等安全隐患,大大提升智能交通系统的功能,提升警察维持交通与侦破案件的效率。

不同型号的车辆正面车脸的结构不同,角点信息是车脸中的线和线的交汇点,角点位置可以反映不同型号的车脸结构,因此角点位置作为特征点可以识别车辆的型号。角点检测最早由 Moravec 于 1977 年提出,其利用灰度方差提取点特征的算子^[1],主要是在 4 个方向上选择具有最大、最小灰度方差的点作为特征点。Moravec 角点检测算法虽然有计算速度

较快的优点,但也存在一些问题,如只用了 4 个方向进行自相关,而响应是各向异性的,以及由于采用的是一个方形窗口,响应也含有噪音等。针对这些问题, Harris 和 Stephen 对 Moravec 角点检测算法做出了较大的改动,提出了 Harris 边缘和角点检测算法^[2]。Harris 算子是一种有效的特征点提取算子,其优点主要有:1)提取的点特征均匀而且合理。Harris 算子对图像中的每个点都计算其响应值,然后在邻域中选择最优点。2)计算简单。Harris 算子中只使用到灰度图像的一阶差分以及滤波,整个过程的自动化程度高。3)稳定。即使存在图像旋转、灰度变化、噪音影响和视点变换,它仍然是一种稳定的点特征提取算子。4)可以定量地提取特征点。由于 Harris 算子的最后一步是对所有的局部极值点进行排序,因此可以根据需要提取一定数量的最优点。

2 Harris 角点检测原理

Harris 角点检测基于角点是局部相关函数中的极值点来计算梯度的变化率。如果所有方向上的梯度变化率绝对值都很大,则认为该点是角点。

局部相关函数是不同方向上窗口中的所有像素灰度变化和,定义如下:

$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x+u, y+v) - I(x, y)]^2 \quad (1)$$

本文受广东警官学院青年骨干教师培养计划(2015QNGG11),广东省普通高校青年创新人才项目(2015KQNCX105)资助。

张 彤(1976—),女,博士,讲师,主要研究方向为图像处理、大数据处理, E-mail: susanzhangtong@126.com; 张 萍(1985—),女,博士,讲师,主要研究方向为数据处理、电子取证。

角点检测是寻找其局部的最大值。

将 $I(x+u, y+v)$ 按泰勒级数展开为:

$$I(x+u, y+v) = I(x, y) + (I_x u + I_y v) I(x, y) \quad (2)$$

则:

$$E(u, v) = \sum_{x,y} w(x, y) [I(x, y) + (I_x u + I_y v) I(x, y) - I(x, y)]^2 \quad (3)$$

即:

$$E(u, v) = \sum_{x,y} w(x, y) I^2(x, y) [I_x u + I_y v]^2 \quad (4)$$

可得:

$$E(u, v) = \sum_{x,y} w(x, y) I^2(x, y) (I_x^2 u^2 + 2I_x I_y uv + I_y^2 v^2) \quad (5)$$

表示成矩阵形式为:

$$I_x^2 u^2 + 2I_x I_y uv + I_y^2 v^2 = [u \ v] \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

将式(5)写为:

$$E(u, v) = [u \ v] \sum_{x,y} w(x, y) I^2(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (7)$$

则:

$$M = G(\sigma) * \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

其中, I_x 表示水平方向上的灰度的一阶梯度 $\frac{\partial I}{\partial x}$, I_y 表示垂直方向上的灰度的一阶梯度 $\frac{\partial I}{\partial y}$, $G(\sigma)$ 是各向同性的标准差为高斯过滤器。

定义 R 是每个像素点的 Harris 角点响应:

$$R = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2 \quad (9)$$

其中, k 是常量, 通常取 0.04. $\det(M)$ 是 M 矩阵的行列式, $\text{trace}(M)$ 是 M 矩阵的迹。即:

$$\det(M) = \lambda_1 \lambda_2 \quad (10)$$

$$\text{trace}(M) = \lambda_1 + \lambda_2 \quad (11)$$

其中, λ_1, λ_2 为 M 矩阵的特征值。

当角点响应大于设定的阈值时, 该像素点为角点。

3 角点检测的改进

是否为角点依赖于 M 矩阵, M 矩阵的特征值为 λ_1, λ_2 , 图 1 给出了由 λ_1, λ_2 的取值决定该像素的所属区域^[3]。

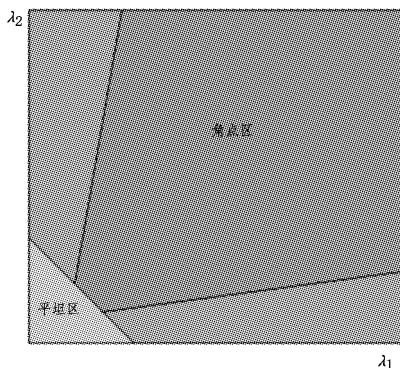


图 1 λ_1, λ_2 取值的像素所属区域

如图 1 所示, 根据矩阵 M 的特征值, 对于图像上每个像素点而言, 可以分为:

平坦区: λ_1, λ_2 很小且差值很小;

边缘区: λ_1, λ_2 一大一小, 差值很大;

角点区: λ_1, λ_2 很大且差值很小。

由于 Harris 定义的响应值计算复杂, 意义相对不明确, She-Tomasi^[4]将响应值改成下式:

$$R = \min(\lambda_1, \lambda_2) \quad (12)$$

也即用图 2 来拟合图 1。

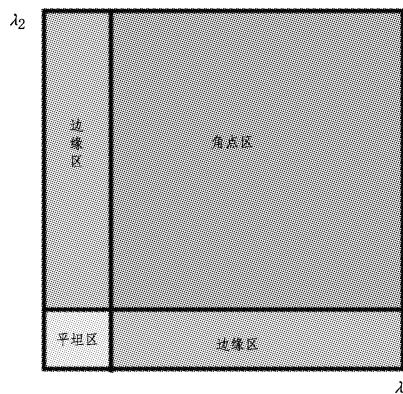


图 2 She-Tomasi 的 λ_1, λ_2 取值的像素所属区域

当 $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ 较小时, She-Tomasi 的角点响应没有影响, 即平坦区和边缘区; 但如果角点区的 λ_1, λ_2 很大且差值很小, 若完全用直线则误差较大, 因此考虑将 λ_1, λ_2 的比值加入角点响应中, 将 R 定义为:

$$R = \min(\lambda_1, \lambda_2) + k * \min(\lambda_1, \lambda_2) / \max(\lambda_1, \lambda_2) \quad (13)$$

其中, k 为加权系数, 具体取值需要考虑 $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ 的数量级。

如此改进对像素所属区域的影响为:

1) 对于平坦区, $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ 小, $\max(\lambda_1, \lambda_2)$ 小, $\min(\lambda_1, \lambda_2) / \max(\lambda_1, \lambda_2)$ 较大, 有影响, 可以采用提高阈值的方式来降低影响;

2) 对于边缘区, $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ 小, $\max(\lambda_1, \lambda_2)$ 大, $\min(\lambda_1, \lambda_2) / \max(\lambda_1, \lambda_2)$ 很小, 没有影响;

3) 对于角点区, $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ 大, $\min(\lambda_1, \lambda_2) / \max(\lambda_1, \lambda_2)$ 较大, 提高了角点的判别精度。

4 车型特征匹配

对车辆的正面车脸图像提取角点后, 需要形成描述子。考虑到视频中车辆行进时位置有变化, 会影响角点匹配, 将车牌中心作为定位点 $center(x, y)$, 将从角点位置信息转化为相对于定位点的坐标差作为描述子, 特征点的匹配数量决定是否匹配成功, 从而可以将计算复杂度降到最低。车牌的定位方法采用现有的成熟方法, 流程如图 3 所示。

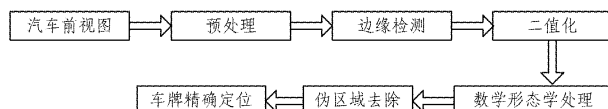


图 3 车牌定位流程图

5 实验结果

实验中采用 vs2015 在 opencv 开源库支持下处理视频及图像技术,从交通视频中截取 400×300 的静帧图片,取 $k=0.0021$ 时,图 4(a)和图 4(c)两幅图像是用 Harris 角点检测得到的不同车型的角点数和车牌中心点,图 4(a)中的 $Count=466$, $center(203, 193)$,图 4(c)的 $Count=330$, $center(212, 156)$ 。图 4(b)和图 4(d) 两幅图像是用改进后的角点检测方法得到的不同车型的角点数和车牌中心点,图 4(b)中的 $Count=495$, $center(203, 193)$,图 4(d)中 $Count=358$, $center(212, 156)$ 。

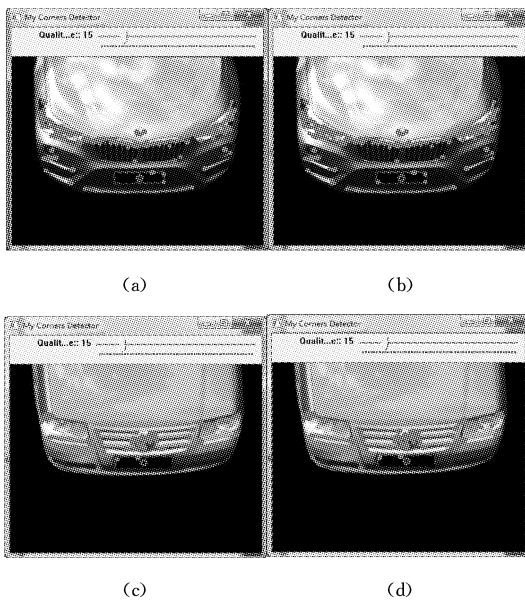


图 4 Harris 角点及改进后的角点对比图

从图 4 可以看出,本文提出的改进的角点检测方法比 Harris 角点检测多检出 8% 个角点。一方面是由于精度提高了,角点量增多;另一方面是量增加了角点响应,高于阈值的点增多了。综合两个因素得到的角点数量在处理范围内,适用于车型识别。

得到标准车型的角点信息后,在识别具体车辆时,根据具体车辆的角点与标准车型的匹配数量来决定其属于哪一种车型,图 5 给出两种具体车辆的匹配结果。图 5(a)中识别角点数 $Count=402$,车牌中心点为 $center(202, 187)$,而图 4(b)的车型角点匹配数为 $match=309$,特征点匹配率为 76.8%,可认为它们是同一种车型。图 5(b)中识别角点数 $Count=93$,车牌中心点 $center(211, 169)$,而图 4(d)的车型角点匹配数为 $match=84$,特征点匹配率为 90.3%,可认为它们是同一种车型。

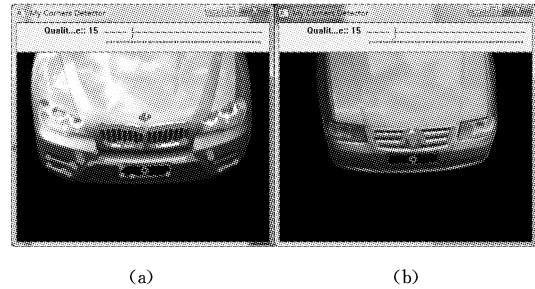


图 5 具体车辆的匹配结果

实验中,在同一路段采集大量车辆视频进行识别,识别结果如表 1 所列。

表 1 不同车型的识别结果

车型	数量	正确数
大众	10	10
宝马	10	9
奥迪	10	8
别克	10	10
现代	10	9

由表 1 可知,车型识别准确率在 90% 以上,相对其他方法如 SURF 特征^[5]和 SIFT 特征^[6]来说,算法简单,速度快,准确率较高,但受光线影响大,且对车身方向有要求。

结束语 本文将 Harris 角点检测的方法进行改进,将不同方向的特征值之比加入角点响应,提高了角点检出率。利用角点信息作为车辆正面车脸图像的特征点对车型进行识别。考虑到视频中行进车辆的位置变动,利用现有的成熟车牌定位方法,将车牌中心点位置作为定位点,计算不同车型的角点匹配率作为判定车型的依据,并通过实验证实了利用角点特征识别车型的有效性。

参 考 文 献

- [1] MORAVEC H. Towards Automatic Visual Obstacle Avoidance [C]//Proc. IJCAI. 1977;584-590.
- [2] HARRIS C, STEPHENS M. A Combined Corner and Edge Detector[C]//The Fourth Alvey Vision Conf. . 1988;147-151.
- [3] MAHESH, SUBRAMANYAM M V. Feature Based Image Mosaic Using Steerable Filters and Harris Corner Detector[J]. Image, Graphics and Signal Processing, 2013, 6: 9-15.
- [4] SHI, TOMASI C. Good Features to Track[C]//Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1994;593-600.
- [5] 张子龙, 薛静, 乔鸿海, 等. 基于改进 SURF 算法的交通视频车辆检索方法研究[J]. 西北工业大学学报, 2014, 32(2): 297-301.
- [6] 康维新, 曹宇亭, 盛卓, 等. 车辆的 Harris 与 SIFT 特征及车型识别[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2016, 17(3): 69-73.