

基于 HOG 特征的交通信号灯实时识别算法研究

周宣汝 袁家政 刘宏哲 杨 睿

(北京市信息服务工程重点实验室 北京联合大学 北京 100101)

摘 要 针对无人驾驶汽车的交通信号灯识别,提出了一种基于 HOG 特征和 SVM 的交通信号灯实时识别算法。该算法首先提取视频中的红绿色区域,筛选出符合条件的区域,提取各类信号灯的 HOG 特征,然后运用 SVM 构建对应类别信号灯的分类器,之后依据判决函数对当前信号进行实时判决,从而得到准确的信号灯信息。实验结果表明该算法有良好的准确率和实时性。

关键词 HOG 特征, SVM, 交通信号灯识别

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2014.07.065

Research on Algorithm for Real-time Recognition of Traffic Light Based on HOG Features

ZHOU Xuan-ru YUAN Jia-zheng LIU Hong-zhe YANG Rui

(Beijing Key Laboratory of Information Service Engineering, Beijing Union University, Beijing 100101, China)

Abstract For the recognition of traffic lights in driverless cars, this paper proposed a real-time traffic lights detection and recognition algorithm based on HOG features and SVM. This algorithm extracts red and green areas in the video preciously, and then the eligible area will be screened. Hereafter the HOG features of all kinds of lights will be extracted. Finally this work use SVM to build the classifier of corresponding category lights. We can get the accurate real-time information based on the judgment of the decision function. The experimental results show that the algorithm has good accuracy and real-time performance.

Keywords HOG features, SVM, Traffic lights recognition

近年来,无人驾驶汽车越来越受到研究者的关注,其不但可以在民用领域辅助人们安全驾驶,更可以广泛地应用在军用、航天等领域。基于图像处理技术的信号灯检测识别是其重要组成部分,是涉及车辆能否在路口安全行车的核心技术,在无人驾驶汽车中发挥重要作用。

近几年国内外研究人员对于信号灯的识别侧重于以下几个方面:(1)信号灯的表征,主要包括信号灯的颜色特征和形状特征;(2)机器学习;(3)先验地图。

以颜色特征来识别的研究有很多,如基于 HIS 颜色空间^[1]、HSV 颜色空间^[2,3]、RGB 颜色空间^[4,5]、RGB 空间相似距离^[6]、Lab 颜色空间^[7]等等。由于 RGB 颜色空间的分量与亮度密切相关,阈值适应性差,而从 RGB 空间转换到 HIS 和 HSV 空间都是非线性变换,计算量大,耗时多,实时性不好。以形状特征来识别的研究包括以下几种:计算候选区域圆形度^[8-10],计算候选区域圆形的标准差^[11],hough 变换检测圆^[12-14],计算候选区域的矩形度^[15],利用信号灯矩形背板来进行模板匹配^[16],利用信号灯杆的几何形状信息^[17]等,但上述方法对图像质量要求较高,要求形状特征明显,并且距离较

远时形状不利于识别,广泛实用性不强。

对于采用机器学习来进行信号灯识别的研究较少,已有的研究中是基于分类器来完成的。一种方法是提取信号灯的局部二值特征,通过分类器来训练识别^[18],但是研究对象单一,只识别了圆形信号灯。还有一种方法是采用小波变换和分类器^[19]来识别箭头形信号灯,但每帧处理时间达到 152ms,不能满足实时性的要求。

有些学者尝试了基于先验地图^[20,21]的方法:首先驾驶配置有 GPS、惯性传感器、摄像头等设备的测绘车采集大量图像来绘制先验地图,再依据先验地图和当前 GPS 信息计算出信号灯出现在相机图片中的位置,以此达到精确定位的目的。但该方法需要投入大量的人力物力来进行地图的绘制,前期工作量太大。

信号灯背板的边缘是一个明显的特征,HOG 本质上是梯度信息的统计,而梯度主要存在于边缘的地方,所以 HOG 特征适用于信号灯的表征提取。同时 HOG 特征与 SVM 分类器相结合的方法已广泛应用于图像识别领域,故本文提出一种基于 HOG 特征和 SVM 的适用于无人驾驶汽车的交通信

到稿日期:2014-03-22 返修日期:2014-04-26 本文受国家自然科学基金:基于超图形 XGML 的图像半结构化研究(61271369),国家自然科学基金:跨媒体社群图像语义理解(61372148),北京市教育委员会创新团队项目(IDHT20140508,CIT&TCD20130513),北京市教育委员会科技面上项目:智能车实时交通标志识别关键技术研究(SQKM201411417004)资助。

周宣汝(1989-),女,硕士生,主要研究方向为数字图像处理,E-mail:zhouxuanru1989@163.com;袁家政(1971-),男,博士,教授,主要研究方向为数字图像处理、文物遗迹的数字化处理、数字博物馆,E-mail:Email:xxtjiazheng@buu.edu.cn(通信作者);刘宏哲(1971-),女,博士,副教授,主要研究方向为语义计算、数字图像处理、分布式系统、人工智能。

号灯检测识别算法。首先进行 RGB 空间到 YCbCr 空间的转换,识别红绿色区域,之后算法过滤掉不相关区域,最后提取区域的 HOG 特征,通过 SVM 分类器来识别。

1 交通信号灯识别概述

本文检测识别的是位于人行横道、路口的交通信号灯,算法可以实现信号灯在不同时段、不同天气状况下的识别,信号灯类型包括圆形灯、左转弯箭头灯、直行箭头灯、右转弯箭头灯,能够识别的信号灯颜色包括红色、绿色。

2 交通信号灯检测

算法从视频中检测交通信号灯主要有 3 个小步骤:颜色提取、颜色压制及区域过滤。

2.1 颜色提取

YCbCr 颜色空间在机器视觉领域有着广泛的应用,其中 Y 是指亮度分量,Cb 指蓝色色度分量,而 Cr 指红色色度分量。该空间不仅可以很好地描述红绿灯的颜色特性,而且 RGB 空间转换到 YCbCr 空间时间短且复杂性低。经大量实验发现,红绿灯在 Cb 通道下的区分比较明显,利于颜色分割。

将 RGB 空间转换到 YCbCr 空间,转换公式如下。

$$\begin{cases} Y=0.257 \times R+0.564 \times G+0.098 \times B+16 \\ Cb=-0.148 \times R-0.291 \times G+0.439 \times B+128 \\ Cr=0.439 \times R-0.368 \times G-0.071 \times B+128 \end{cases} \quad (1)$$

颜色空间转换过后可以看出,信号灯的颜色在 Cb 通道下比较明显,提取 Cb 通道下红绿色对应的像素值,找到初步的颜色区域。 $f(x,y)$ 表示点 (x,y) 处的像素值。

$$\begin{cases} \{f(x,y) | R_{\min} \leq f_{cb} \leq R_{\max}\}, Color=Red \\ \{f(x,y) | G_{\min} \leq f_{cb} \leq G_{\max}\}, Color=Green \end{cases} \quad (2)$$

2.2 颜色压制

确定初步颜色区域之后,对其进行颜色增强,并对其他非相关区域进行颜色压制。

$$\overline{C_{RGB}}(R,G,B)=\begin{cases} (255,0,0)^T, & Color=Red \\ (0,255,0)^T, & Color=Green \\ (128,128,128)^T, & Color=Else \end{cases} \quad (3)$$

上述颜色处理过程中,将红色及绿色的区域颜色加强,其他区域像素值减弱,以突出所找到的颜色区域,方便信号灯的检测识别。

2.3 区域过滤

为了避免干扰物对信号灯检测识别的影响,本文在确定颜色区域之后对其进行了二值化处理,之后依次遍历二值图中所有轮廓,依据轮廓特征进行区域过滤,筛选出符合信号灯特征的区域。

2.3.1 面积过滤

首先遍历二值图中所有轮廓,求取所有轮廓的面积。

假定图像有 N_r 个候选区域,记为 $R_i, i=1, \dots, N_r$; A 表示轮廓面积。

$$Bool(R_i(A))=\begin{cases} 1, & A_{\min} \leq A \leq A_{\max} \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

2.3.2 形状过滤

在每个轮廓基础上,依次求取每个轮廓的外接矩形,得外接矩形的宽、高,过滤条件为外接矩形的宽高比率 R_{wh} ,同时

要求外接矩形的宽度、高度都小于 100 像素。

$$R_{wh}=R_i(width)/R_i(height) \quad (5)$$

$$Bool(R_i(R_{wh}))=\begin{cases} 1, & 0.8 \leq R_{wh} \leq 1.5 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (6)$$

2.3.3 密度过滤

求得轮廓面积后,计算二值图中每个轮廓的密度 ρ 。 $f(x,y)$ 表示二值图中点 (x,y) 处的像素值, A 为轮廓面积。

$$\rho=\frac{A}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f(x,y)} \quad (7)$$

$$Bool(R_i(\rho))=\begin{cases} 1, & \rho \geq 0.6 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (8)$$

经过上述过滤步骤,面积、形状、密度 3 个条件都满足的颜色块被保留下来,提取该颜色块的中心坐标、外接矩形的宽和高,为下步提取 HOG 特征做准备。

$$Filter(R_i)=\begin{cases} R_i, & Bool(R_i(A)) \cap Bool(R_i(R_{wh})) \cap \\ & Bool(R_i(\rho))=1 \\ 0, & \text{others} \end{cases} \quad (9)$$

3 交通信号灯识别

3.1 检测窗口选择

本算法在已知颜色块的中心坐标 (X,Y) 、宽 W 和高 H 后,依据该中心坐标框选出检测窗口区域块,如图 1 所示。

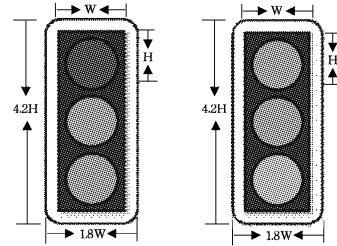


图 1 检测窗口示意图

3.2 HOG 特征提取

HOG(Histograms of Oriented Gradients, 梯度方向直方图)能够描述图像的梯度强度和梯度方向的分布情况,所以能较好地表示出局部图像的外观和形状。HOG 特征生成的过程如下:首先将待识别图像分成多个小单元,称为“cell”,将多个 cell 组成一个块,称为“block”,最后统计“cell”和“block”的梯度方向直方图。

在检测窗口内提取 HOG 特征,其具体过程如下:

(1) 计算图像水平方向和垂直方向的梯度值

$$\begin{cases} G_x(x,y)=H(x+1,y)-H(x-1,y) \\ G_y(x,y)=H(x,y+1)-H(x,y-1) \end{cases} \quad (10)$$

$H(x,y)$ 表示某点处的像素值。

(2) 计算像素点的梯度幅值和方向

$$G(x,y)=G_x(x,y)-G_y(x,y) \quad (11)$$

$$\alpha(x,y)=\tan^{-1}\left(\frac{G_x(x,y)}{G_y(x,y)}\right) \quad (12)$$

(3) 图像均匀地划分成多个 cell,梯度方向分为 9 个 bin,统计其梯度方向直方图,得到 cell 的 HOG 特征。

(4) 相邻的 cell 组成一个 block,将 block 归一化得到 block 的 HOG 特征。

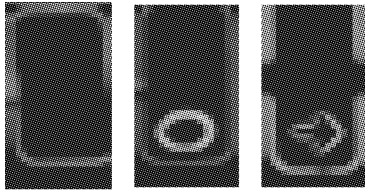


图2 信号灯梯度

3.3 SVM分类器

SVM是一种广泛应用于模式识别领域的统计学习方法,可应用于行人检测、人脸识别等方面,是有限训练样本下机器学习的通用方法。

设线性可分样本集为 S , 线性空间中判别函数的一般形式为 $g(x)$, 对应的分类面方程为 $g(x)=0$ 。将判别函数 $g(x)$ 归一化使得对两类样本都满足式(15), 得到对应的分类间隔为 t 。当满足式(17)时所有样本都能达到正确分类的效果。

$$S=\{(x_i, y_i) | i=1, \dots, n\} \quad (13)$$

$$x_i \in R^d, y_i = \{+1, -1\} \quad (14)$$

$$g(x)=w \cdot x+b \quad (15)$$

$$|g(x)| \geq 1 \quad (16)$$

$$t=2/\|w\| \quad (17)$$

$$y_i[(w \cdot x)+b]-1 \geq 0, i=1, 2, \dots, n \quad (18)$$

满足上述条件的分类面称为最优分类面。最优分类面问题的另一种表示方法是:在式(15)条件的约束下,下式目标函数的最小值。

$$\phi(w)=\frac{1}{2}\|w\|^2 \quad (18)$$

要实现 SVM 分类,提取特征是基础,算法提取的是 HOG 特征并且采用线性 SVM 进行分类,用 C 语言实现。通过进行大量实验,选取预测准确度最好的值作为模型参数中惩罚系数 C 。

3.3.1 样本训练

采集实际路况下的视频作为实验数据,从视频中截取信号灯图片(包括红、绿色状态的圆形灯及箭头灯)作为训练样本。每类信号灯的图片大小不一,采集时天气状况不同,时间段不同,所以样本有足够的泛化能力。

本算法采集的训练正样本包括以下类型的图片:红色圆形、绿色圆形、红色左转箭头、红色直行箭头、红色右转箭头、绿色左转箭头、绿色直行箭头、绿色右转箭头,负样本若干。将上述正、负样本分类并组合,提取 HOG 特征生成特征向量,用线性 SVM 进行训练,训练完毕后获得 2 类分类器(红色、绿色),每类分类器有 4 组,换言之我们获得的是分类支持向量和分类超平面。权重 w 、偏置 b 和检测窗口中提取的 HOG 特征向量 x 将作为 SVM 的分类超平面的变量输入。

3.3.2 分类识别

对于新的检测窗口,接下来就是提取 HOG 特征,之后把 HOG 特征带入超平面来进行分类识别,即可得到对应的分类结果。

首先,读取当前检测窗口,依据当前窗口内的颜色决定采用哪类分类器,每类分类器均包括 4 组。其次,通过该 4 组分类器依次判断当前窗口内的区域是不是信号灯,是不是箭头灯,是不是左转箭头灯,是不是右转箭头灯,从而得到准确的分类结果,并在图中标示出信号灯的类型及颜色。

3.4 位置及信息判别

在 SVM 判断当前区域是信号灯区域后,可以获知该分类器所对应的信号灯类型及颜色,同时该颜色区域的中心坐标已知。判断中心横坐标的大小关系并进行排序,输出位置关系及颜色信息和类型,为车辆决策行驶提供可靠依据。

4 实验结果及讨论

4.1 分类器测试

评价 SVM 分类器性能的指标一般是分类准确率,其定义是:对于给定的测试数据集,分类器正确分类的样本数与总样本数之比。根据分类器在测试数据集上的预测结果,定义如下 4 个统计值:TP—将正类预测为正类的总数,FN—将正类预测为负类的总数,FP—将负类预测为正类的总数,TN—将负类预测为负类的总数。定义准确率 ACC 为 TP 与 TN 之和占测试总数的百分比。

以红色左转箭头灯为例进行分类器测试,得到的初步实验结果如表 1 所列。

表1 分类器测试数据

正样本数	负样本数	TP	FN	FP	TN	ACC
500	453	497	3	4	449	99.27%
800	950	794	6	4	946	99.43%
1000	1200	993	7	5	1195	99.45%
1300	1560	1291	9	5	1555	99.51%
1800	2160	1788	12	10	2150	99.44%
2300	2760	2283	17	12	2748	99.43%
2754	3300	2737	17	18	3282	99.42%

4.2 最简环境测试

经过分类器准确率的测试,可以看出该分类器具有较好的准确率,具备进一步实验的条件,因此在实际上路测试之前,将本算法加载到智能车上,并且在最简环境测试场上完成了大量重复性实验,取得了良好的实验效果。

本算法采用 PIKE-F100 工业数字摄像机,其分辨率为 1000×1000 ,采用 1394 数据接口,帧率可达 60fps,安装在车前窗玻璃中上方位置,距离地面 1.2m,在最简环境测试(见图 3)时摄像机以 30fps 的帧率实时获取前方图像,可满足实际实验需要。

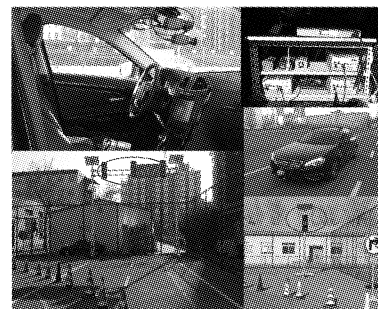


图3 最简环境测试

工控机采用 GEMOTECH 系列工控机,i7 处理器,2.67 GHz CPU,3.17GB 可用内存,同时具有良好的抗高温、抗电磁干扰能力,稳定性高。

信号灯定制了两种类型,分别位于测试场的西南侧和东北侧,配置和实际道路上完全相同。

最简测试环境在室外满足不同天气条件的要求,同时单侧最长测试车道达到 123.5m,满足测试距离多样性的要求,

在不同时段、不同状态下进行测试,统计得到准确率随距离的变化如图 4 所示。

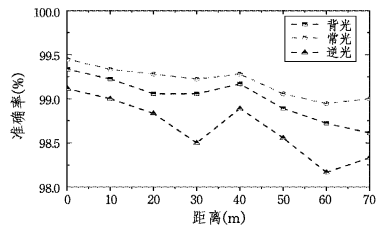


图 4 晴天环境准确率

最简环境测试中,测试场环境相对简单,同时存在与信号灯样本相似的非信号灯样本。在初始训练中,很难分辨,容易误判,故对其结果进行再次训练,得到负难样本集,这样得到的分类器准确率更高,其中晴天准确率最高达到 99.44 %。

在晴天迎光环境的测试中,信号灯易出现光晕现象,中心颜色失真而泛白,不利于颜色提取,造成准确率下降,同时由于摄像头安装于车内部,迎光行驶时车前玻璃发生光的反射造成摄像机获取的图像有七彩光,对识别有影响。背光测试时颜色提取效果较好,准确率稍有提高,正常光照下测试效果最佳。

4.3 实际场景测试

以最简环境的测试数据为基础,在上述 3 种状态下进行了实际市区道路的测试,测试时以圆形灯为测试对象,从距离停止线距离 70m 开始,得到如图 5 所示的结果。

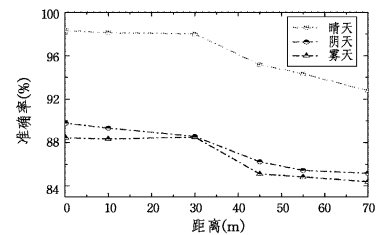


图 5 实际场景准确率

由图 5 看出,实际场景的准确率低于最简环境的准确率,原因在于实际场景下背景更复杂,干扰物多种多样,不可能将干扰物穷尽地放到负样本中去训练。

同时,在晴天常光状态下,进行所有类型信号灯的整体测试。由于信号灯信号在临近路口才发挥作用,因此当停止线出现在视觉范围内后开始统计信号灯识别结果,准确率如图 6 所示。

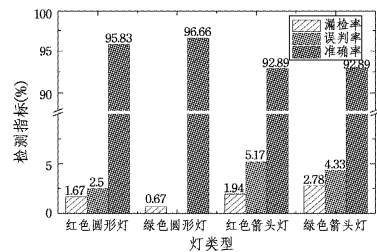


图 6 整体准确率

从图 6 实验数据可以分析出,漏检图片的原因在于颜色信息较弱,提取不到颜色区域,故没有区域可供识别。误判原因在于在图像中信号灯形状不清晰的情况下,分类时圆形灯和箭头灯相混淆,同时也存在少量非信号灯物体被误判的情况。总体上看,当天气良好,离信号灯距离适当时,实际道路也可以获得良好的检测效果。

4.4 处理时间

该算法处理每帧图片的时间是 95ms 左右,在路口可以满足实时性的要求。

4.5 与其他方法的比较

与其它方法的比较如表 2、表 3 所列。

表 2 不同方法比较(圆形灯)

方法	信号灯类型	红灯准确率	绿灯准确率
颜色特征+形状特征 ^[17]	圆形	89%	89%
LBP+SVM ^[14]	圆形	91.67%	96.84%
HOG+SVM	圆形	95.83%	96.56%

表 3 不同方法比较(箭头形灯)

方法	信号灯类型	红灯准确率	绿灯准确率
颜色特征+形状特征 ^[22]	箭头形	87.8%	87.8%
小波变换+最近邻分类器 ^[15]	箭头形	92.72%	92.72%
HOG+SVM	箭头形	92.89%	92.89%

结束语 本文提出了一种基于 HOG 特征和 SVM 的交通信号灯检测识别算法,将其机器学习方法引入到信号灯检测识别领域,能够识别出各种类型的信号灯。实验结果表明,该算法有良好的准确性与实时性,并且能够应用于无人驾驶汽车中。下一步的研究重点将是对黄色信号灯及数字信号灯的识别。

参 考 文 献

[1] 武莹,张小宁,何斌. 基于图像处理的交通信号灯识别方法[J]. 交通信息与安全,2011,29(3):51-54

[2] 赵志帅. 基于彩色图像处理的铁路信号灯识别及其测距技术研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2010

[3] Choi J, Ahn B T, Kweon I S. Crosswalk and traffic light detection via integral framework[C]// 2013 19th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision. IEEE, 2013: 309-312

[4] Yu C, Huang C, Lang Y. Traffic Light Detection During Day and Night Conditions by a Camera[C]// 2010 IEEE 10th International Conference on Signal Processing. 2010:821-824

[5] Diaz-Cabrera M, Cerri P, Sanchez-Medina J. Suspended Traffic Lights Detection and Distance Estimation Using Color Features [C]// 2012 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. 2012:1315-1320

[6] 王鹏,郑光宇,宋开亮. 一种新的基于图像识别技术的信号灯识别算法[J]. 兵工自动化,2009,28(3):73-75

[7] Yelal M R, Sasi S, Shaffer G R, et al. Color-based signal light tracking in real-time video[C]//Proceedings of the IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance. 2006:67-67

[8] 谷明琴,蔡自兴,李仪. 应用圆形度和颜色直方图的交通信号灯识别[J]. 计算机工程与设计,2012,1(33):243-247

[9] Shen Y, Ozguner U, Redmill K, et al. A robust video based traffic light detection algorithm for intelligent vehicles[C]//Intelligent Vehicles Symposium. IEEE, 2009:521-526

[10] Jie Y, Xiaomin C, Pengfei G, et al. A new traffic light detection and recognition algorithm for electronic travel aid[C]// 2013 Fourth International Conference on Intelligent Control and Information Processing(ICICIP). Beijing, China, 2013:644-648

[11] Park J H, Jeong C. Real-time signal light detection [C]//2008 Second International Conference on Future Generation Communication and Networking Symposia. IEEE, 2008, 3:139-142

[12] Lindner F, Kressel U, Kaelberer S. Robust recognition of traffic

signals[C]//2004 IEEE International Vehicle Symposium. Parma, Italy, 2004, 6: 49-53

- [13] Omachi M, Omachi S. Traffic Light Detection with Color and Edge Information[C]//2009 IEEE 10th International Conference on Signal Processing(ICSP). 2009;284-287
- [14] Omachi M, Omachi S. Detection of traffic light using structural information[C]//2010 IEEE 10th International Conference on Signal Processing(ICSP). 2010;809-812
- [15] 王厅列,徐红霞,郑龙. 一种基于机器视觉识别交通灯的方法[J]. 福建电脑, 2010, 26(3): 12-13
- [16] 徐成,谭乃强,刘彦. 基于 Lab 色彩空间和模板匹配的实时交通灯识别算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(5): 1251-1254
- [17] de Charette R, Nashashibi F. Real time visual traffic lights recognition based on spot light detection and adaptive traffic lights templates[C]// Intelligent Vehicles Symposium. IEEE, 2009; 358-363

- [18] Chiang C C, Ho M C, Liao H S, et al. Detecting and recognizing traffic lights by genetic approximate ellipse detection and spatial texture layouts[J]. International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 2011, 7(12): 6919-6934
- [19] 谷明琴,蔡自兴,黄振威,等. 城市环境中箭头型交通信号灯的实时识别算法[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2013, 44(4): 1403-1408
- [20] Fairfield N, Urmson C. Traffic light mapping and detection [C]// 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA). Shanghai, China, IEEE, 2011; 5421-5426
- [21] Levinson J, Askeland J, Dolson J, et al. Traffic light mapping, localization, and state detection for autonomous vehicles [C]// 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA). Shanghai, China, IEEE, 2011; 5784-5791
- [22] 彭祖胜,房斌,吴琪. 交通标志和信号灯实时检测与识别技术研究[D]. 重庆:重庆大学, 2012

(上接第 312 页)

在上述方法进行图像预处理和角点特征提取的基础上,进行电子稳像仿真实验,在高速运动视频集中,选择视频中 30、31 帧,122、123 帧,得到的原始图像如图 7 所示。

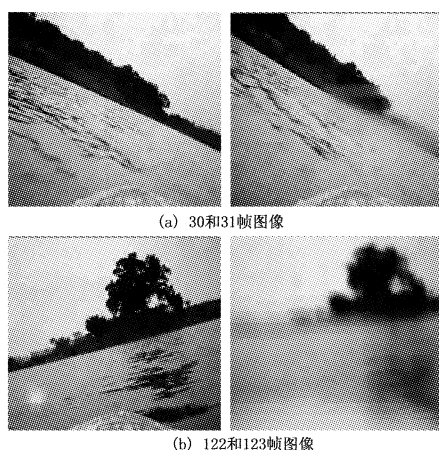


图 7 原始图像

分别采用文献[4]中的块匹配法、文献[5]中的传统的 SIFT 特征点匹配法和本文提出的基于相邻帧补偿的改进的 SIFT 特征点匹配法进行电子稳像处理。30 和 31 帧图像的处理效果如图 8 所示;122 和 123 帧图像的处理效果如图 9 所示。



图 8 30 和 31 帧图像电子稳像处理效果

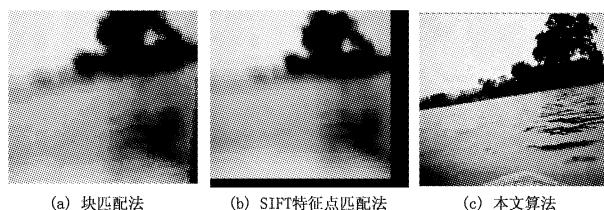


图 9 122 和 123 帧电子稳像处理效果

由稳像处理效果可以看出,块匹配的电子稳像方法虽然能够实现图像的稳像处理,但处理之后的图像不能完整反映原图像特征,部分特征丢失;文献[5]中的传统的 SIFT 特征点匹配法得到的电子稳像方法处理效果有所提高,但计算量明显增大;而本文算法在对图像进行运动补偿处理之后,能够在保留图像中的特征的同时去除图像中含有的抖动,实现了图像的稳像处理,且计算量较小,对高速运动动态视频成像的电子稳像效果理想。

结束语 为提高高速运动目标图像视觉系统采集性能,改善图像采集质量,本文提出了一种基于相邻帧补偿的高速运动目标图像稳像算法,用相邻帧补偿方法将图像的前一帧作为参考帧对当前帧进行参数补偿,实现高速运动目标的视频图像稳像处理。经算法研究和仿真实验可以得出,本文算法能合理提取到角点特征,且冗余量较少,提取方法速度更快,更适合图像处理中的实时性要求的处理;基于 SIFT 角点特征提取的运动估计方法和基于 Kalman 滤波和相邻帧补偿的运动估计方法相结合能很好地适应高速水面艇的视频图像的电子稳像处理。本文提出的电子稳像算法将在高速运动目标智能识别和稳像处理等领域具有一定的工程运用价值。

参 考 文 献

- [1] 郭哲,张艳宁,林增刚. 多信息融合的多姿态三维人脸面部五官标志点定位方法[J]. 计算机学报, 2012, 35(1): 163-170
- [2] 杨琴,齐越,沈旭昆,等. 一种快速的三维扫描数据自动配准方法[J]. 软件学报, 2010, 21(6): 1438-1450
- [3] 李计添,何永强,陈财森,等. 一种基于灰度投影算法的车载电子稳像方法[J]. 红外技术, 2010, 32(6): 328-332
- [4] 李志丹,和红杰,尹忠科,等. 基于块结构稀疏度的自适应图像修复算法[J]. 电子学报, 2013, 41(3): 549-554
- [5] 孟勃,韩广良. 基于改进的尺度不变特征变换特征点匹配的电子稳像算法[J]. 计算机应用, 2012, 32(10): 2817-2820
- [6] 杜辉. 基于小波变换的彩色图像中快速人脸检测算法[J]. 科技通报, 2012, 12(28): 89-90
- [7] 王俊,朱利. 基于图像匹配一点云融合的建筑物立面三维重建[J]. 计算机学报, 2012, 35(10): 2072-2079
- [8] 吴建,马跃. 种改进的 SIFT 算法[J]. 计算机科学, 2013, 40(7): 270-272
- [9] 罗翌陈,杨辉华,李灵巧,等. SIFT 算法在 CUDA 加速下的实时人物识别与定位[J]. 计算机科学, 2012, 39(11A): 391-394
- [10] 郝帅,程咏梅,马旭,等. 无人直升机视觉着舰中合作目标角点检测算法[J]. 西北工业大学学报, 2013, 31(4): 653-659