

未系安全带智能识别中安全带定位关键方法研究

傅生辉¹, 刘双喜², 王金星², 范连祥¹, 牟华伟¹

(1. 山东农业大学 机械与电子工程学院, 山东 泰安 271018;

2. 山东农业大学 山东省园艺机械与装备重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘要: 安全带定位是实现机动车未系安全带智能识别的关键; 针对道路监控图像特点, 提出一种基于梯度变换的安全带定位方法; 该方法在对卡口图像进行预处理的基础上, 采用自适应阈值边缘检测算法以及积分投影方式定位车辆位置, 设立车牌检测区域, 以减少运算量, 降低干扰, 同时利用训练得到的 Haar 分类器识别车牌位置, 通过逼近方式切取车辆右侧图像; 最后采用梯度变换算法求得车窗各边缘坐标, 实现车窗精准定位, 并计算得到安全带位置; 试验表明, 该方法可实现安全带的准确定位, 具有较好的实用性, 为后续安全带识别奠定基础。

关键词: 未系安全带; 识别; 安全带定位; 梯度变换; 积分投影; 车牌定位

Research on Key Method of Seatbelt Location in the Intelligent Recognition System for Seatbelt Unfasten

Fu Shenghui¹, Liu Shuangxi², Wang Jinxing², Fan Lianxiang¹, Mou Huawei¹

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China;

2. Shandong Provincial Key Laboratory of Horticultural Machineries and Equipments, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: The seatbelt location is the key to realizing the intelligent recognition of seatbelt unfasten. According to characteristics of the road monitoring image, a method of seatbelt localization based on gradient transform (GF) is proposed. With the method, by preprocessing the road monitor image, the vehicle position is located by using canny edge detection based on adaptive threshold and horizontal and vertical integration projection. And then license plate detection region is designed, with purpose of reducing image data computation, eliminating the interference from other regions. Next, license plate location is obtained by Haar-like cascaded classifier, which can get the image of vehicle on right in the method of approximation. Finally, the edge coordinates of car window can be calculated by gradient transform (GF) that can locate the position of seatbelt. The result shows that the method proposed can locate the position of vehicle window and seatbelt with relatively high applicability and accuracy, which may meet requirements of the urban traffic management.

Keywords: seatbelt unfasten; recognition; seatbelt location; integration projection; gradient transform; license plate location

0 引言

安全带是目前应用最广泛的汽车安全装置之一^[1]。如今, 未系安全带已列入违章检查范围, 但相应的检测识别却并不完善。安全带定位是安全带识别中的重要环节, 如何有效定位车窗位置, 提取安全带佩戴信息, 是实现未系安全带智能识别的关键, 同时也决定了系统的处理速度和识别的可靠性。在已有文献中, 安全带定位方法主要有: 积分投影法^[2-3], 色差均值法^[4-6], Haar 分类器级联检测法^[7-8], Hough 变换^[9-12]以及人脸识别等。虽然这些方法均在一定程度上实现车窗的提取或安全带定位, 但是由于卡口图像环境复杂、光线干扰严重、人脸模糊、难以准确定位车窗或安全带。

一种利用梯度变换定位安全带的方法。该方法采用逼近方式, 结合车辆颜色特征的先验知识, 利用积分投影与梯度变换算法相配合的方式, 实现安全带的准确定位。该方法计算量小, 处理速度快, 定位准确, 具有一定工程应用价值。

1 安全带定位过程

本研究以轿车、商务车、越野车等小型车为主要研究对象。首先对卡口图像进行预处理, 再通过积分投影算法建立车牌检测区域 (LPDR), 并利用车牌分类器对车牌位置进行识别, 然后以车牌为参照, 采用逼近方式获取车辆右侧图像。最后, 分析图像灰度变化, 通过梯度变换方式确定车窗位置, 并对安全带图像进行提取, 从而实现安全带定位。安全带定位算法流程如图 1 所示。

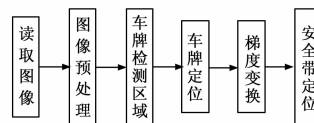


图 1 安全带定位流程

2 图像采集与预处理

本文所研究卡口图像为某市道路监控高清摄像, 分辨率为 1 600 pix×1 200 pix。为提高算法的适应性和准确度, 图像预处理采用灰度化、平滑去噪及削边处理。针对夜晚车辆光线不足的情况, 对图像进行自适应增强处理; 设立 ROI 区域, 提高车牌位置识别速度。

收稿日期:2015-12-02; 修回日期:2015-12-23。

作者简介:傅生辉(1989-),男,山东泰安人,硕士研究生,主要从事智能交通及机器视觉方向研究。

2.1 图像自适应增强

由于道路光照环境复杂,尤其夜晚光线不足,导致图像模糊不清,为提高图像质量,本研究采用自适应对比度增强算法,对图像对比度及光照条件进行处理。

假设 $x(i, j)$ 为图像中某点灰度值,局部区域定义为:以 (i, j) 为中心,大小为 $(2n+1) \times (2n+1)$ 的区域。 $f(i, j)$ 定义为 $x(i, j)$ 对应的增强后像素值。

局部平均值:

$$m_x(i, j) = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} x(k, l) \quad (1)$$

式中, $m_x(i, j)$ 为局部平均值, $(2n+1)^2$ 为局部区域, $x(k, l)$ 为点 (k, l) 灰度值;

局部标准差:

$$\sigma_x(i, j) = \sqrt{\frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} [x(k, l) - m_x(i, j)]^2} \quad (2)$$

式中, $\sigma_x(i, j)$ 为局部标准差 (LSD)。

$$f(i, j) = m_x(i, j) + G(i, j)[x(i, j) - m_x(i, j)] \quad (3)$$

式中, $G(i, j) = \frac{D}{\sigma_x(i, j)}$ 为对放大系数即对比度增益 (CG), D 为常数,一般情况下 CG 总大于 1, 高频部分 $[x(i, j) - m_x(i, j)]$ 因此得到增强;

进行图像测试时, D 取值采用全局均方差方式,并增加一个参数 Amount,以再次控制高频增强的程度。同时,对放大系数 CG 最大值进行限制,若 CG 过大,会产生像素饱和现象,即像素值超过 255,故 CG 取值范围为 5~15;同时,随着取样半径 n 的增加,每个像素涉及到区域范围越广,计算量会直线上升。为提高运行速度,Amount 应小于 300。经多次试验,参数取样半径 $n=100$, Amount 取值 150, MAXCG 为 10, 夜间图像增强效果如图 2 所示。

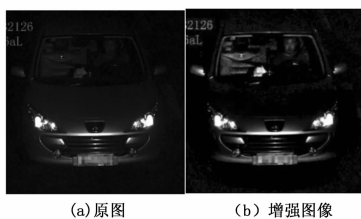


图2 夜间图像的自适应对比度增强

2.2 车牌检测区域的建立

车牌检测区域是以车牌及周边图像作为分类器检索范围,可降低无用信息对定位的干扰,减少算法时间,快速定位车牌位置。本文采用积分投影方式,确定车辆位置,建立 LPDR 区域。

首先利用基于自适应阈值的 Canny 边缘检测方法^[13]对车辆图像进行处理,并结合膨胀腐蚀算法,去除背景干扰,得到车辆边缘图像(图 3(c)所示),然后对图像进行水平和垂直方向的积分投影,实现车辆位置的粗定位,其中,图 3(b)为水平投影,对比车辆边缘图像,图中红线处峰值坐标与车辆底边位置相对应;图 3(d)为垂直投影,两侧峰值坐标与车辆两侧位置相对应,由此得到车辆粗略位置,最后,参照三点坐标,建立车牌检测区域,即图 3(c)中框图所示,以便车牌分类器对车牌进行位置定位。

3 目标定位

3.1 基于 Haar 分类器的车牌定位

车牌定位识别^[14-19]是实现安全带定位的基础,本文利用

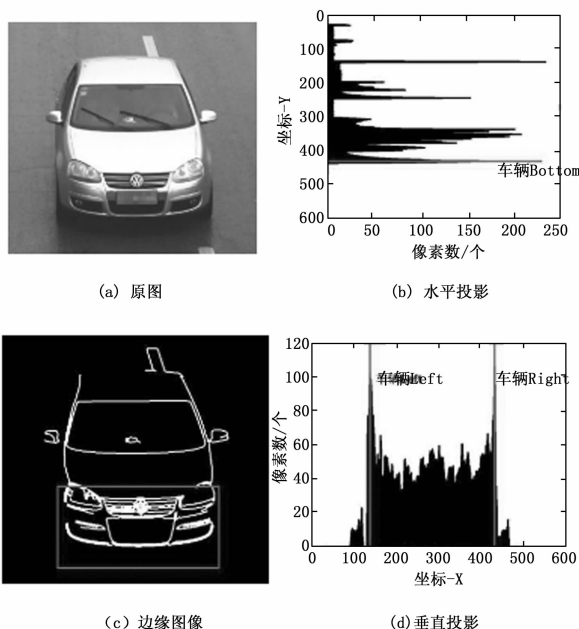


图3 车牌识别区处理

Haar 分类器对车牌位置进行识别。Haar 分类器是一种基于 Haar-Like 特征和 AdaBoost 级联算法的高效两类识别分类器。识别算法主要分为训练部分和定位部分。其中,训练部分选取各类车牌图像共计 5 300 多张为正样本,非目标负样本为 2 500 多张,一方面从车牌 Haar-Like 特征中提取关键特征用于训练,获取车牌分类器;定位部分则对 LPDR 区域进行关键 Haar-Like 特征提取,然后利用车牌分类器进行检测,获取车牌位置。整个算法流程如图 4 所示。

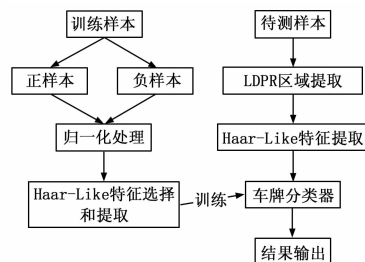


图4 定位算法流程

3.2 基于梯度变换的安全带定位

常用安全带一般经由左肩位置斜向佩戴,驾驶员肩部作为安全带识别区域受驾驶员身高、方向盘等因素干扰最少。考虑汽车外形及颜色差异等影响,本研究采用“逼近法”定位安全带。首先以车牌中心为参照建立坐标系,然后往图像上方偏移一定像素距离,切取车辆右侧图像,如图 5 所示。由于小型车的高度均在 450~530 范围内,小型车底边到车窗下边缘距离在 285~330 范围内,距离相对固定,差异较小,经试验,参照系偏移距离可设为 300 像素。最后,采用梯度变换方式得到车窗各边缘坐标定位车窗,实现安全带准确定位。

根据图像灰度值在车窗边缘会发生突变,进行梯度变换,通过计算灰度值突变确定车窗边缘坐标,实现车窗精准定位。首先对驾驶位图像进行灰度化处理,然后分别选取图像水平和垂直方向的特定行和列作梯度变换,特定行和列要保证在图像



图 5 驾驶位图像

车窗范围内，获取灰度值并计算梯度。经过多次验证，本研究选用图像第 150 行及第 60 列为扫描线，获取灰度值并计算变化梯度。梯度公式如下：

$$\Delta = \frac{(data[j+1].p - data[j].p)}{data[j].p} \quad (4)$$

其中： Δ 为变化梯度； $data[j].p$ 为点 $(j, 150)$ 灰度值，或点 $(60, j)$ 灰度值。部分样本的灰度值及梯度变化值如表 1 所示。

表 1 部分样本灰度值及梯度表

Y 坐标	灰度值	Δ 梯度	X 坐标	灰度值	Δ 梯度
48	90	0.133 333	48	139	0.021 583
49	78	0.076 923	50	136	0.014 706
50	72	0	51	138	0.007 246
51	72	0.097 222	52	137	0.029 197
52	79	0.075 949	54	133	0.015 038
53	85	0.011 765	56	135	0.007 407
54	84	0.023 81	57	134	0.007 463
55	86	0.104 651	58	133	0.052 632
56	95	0.031 579	59	126	0.007 937
57	98	0.030 612	60	125	0.04

图 6 为车辆右侧图像分别在垂直方向和水平方向的梯度变换曲线，梯度变化曲线在垂直方向有两处峰值，第一处峰值坐标点在 $(60, 56)$ 处，梯度值为 0.388 9；第二处峰值车坐标为 $(60, 252)$ ，梯度值为 0.551，由此得到车窗上下边缘点坐标 $P1$ 点和 $P2$ 点。水平梯度曲线中，峰值坐标 $(150, 154)$ ，梯度值 0.883 7，即车窗右边缘灰度发生突变，求得右边缘点 $P3$ ；而以三点坐标为参照建立 ROI 区域，实现驾驶位车窗的准确定位，如图 7 所示。

车窗准确定位后，则安全带检测区域坐标原点 $rect(x, y)$ 可求：

$$rect.x = pt3.x - 120 \quad (3)$$

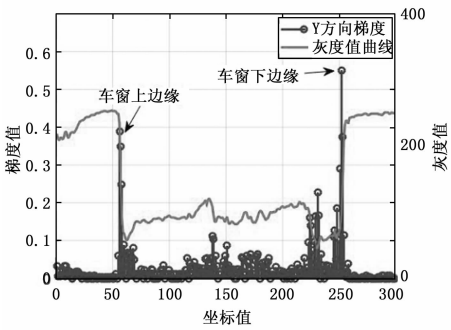
$$rect.y = \frac{pt1.y + pt2.y}{2} - 55 \quad (4)$$

根据坐标获取安全带佩戴区域图像，大小为 80 像素 $\times$ 60 像素，结果如图 8 所示。

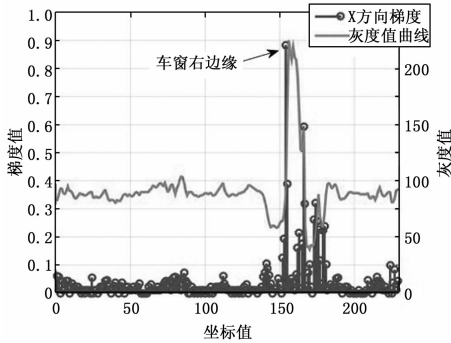
4 试验结果与分析

为验证算法的适用性和准确性，本文随机抽取某市区卡口图像 500 张进行测试，其中，白天图像 300 张，夜晚图像 200 张。所用计算机为联想扬天 M4600d，CPU 为奔腾 G2030，3.0 GHZ，内存 4.0 GB，运行环境为 VS2010。

试验结果如表 2 所示，测试样本中，有效样本 496 张，漏检 4 张，安全带定位准确率在夜晚达到 73.5%，白天定位准确



(a) 垂直梯度变换曲线图



(b) 水平梯度变换曲线图

图 6 样本梯度变化曲线图

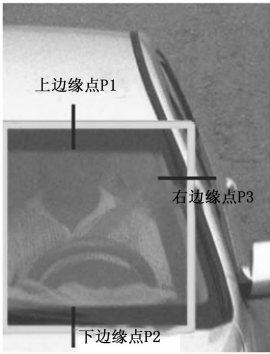


图 7 车窗定位结果

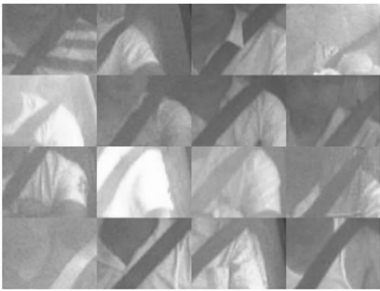


图 8 安全带区域图像

表 2 安全带定位算法结果统计表

算法名称	检测样本	正确定位样本	正确率	漏检率
车牌定位算法	500	468	93.6%	0.8%
本文安全带定位算法	白天	296	92.57%	0%
	夜晚	200	73.5%	0%
算法整体评价	496	421	84.88%	0.8%

率为 92.57%, 平均定位准确度为 84.88%。造成算法差异较大的原因主要有: 1) 灰色车辆与背景颜色相近, 引起车窗定位的偏移; 2) 夜晚光照条件较差, 图像质量较差, 造成车型轮廓不明显, 且车内无灯光, 梯度变化范围小, 影响了定位效果; 3) 部分车牌定位错误, 影响右侧车窗图像的切割。经过本文算法处理后, 图片质量有所改善, 准确率有所提高。

5 结论

安全带定位是实现智能交通系统中未系安全带识别的关键组成部分。为提高目前车窗定位及安全带定位的准确度和效率, 本文给出一种基于梯度变换的定位方法, 该方法采用逼近方式, 对复杂的图像环境逐步剖析处理, 将安全带定位转化为单线梯度定位计算, 具有较强的适用性, 对提高安全带检测的自动化处理具有一定应用价值。

参考文献:

[1] 俞学群, 武阳丰. 机动车安全带的作用、使用现状及干预策略 [J]. 中国预防医学杂志, 2008 (5): 439-442.

[2] 葛如海, 胡满江, 符凯. 基于灰度积分投影的安全带佩戴识别方法 [J]. 汽车工程, 2012 (9): 787-790.

[3] 黎华东. 智能交通中的违章识别算法研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.

[4] 王运琼, 游志胜. 基于色差均值的快速车窗定位算法 [J]. 计算机应用与软件, 2004 (1): 78-79, 117.

[5] 刘直芳, 徐欣, 游志胜, 等. 基于遗传算法的车窗定位 [J]. 计算机应用研究, 2002 (11): 72-74, 98.

[6] 张轶, 罗中良, 邵鹏, 等. 一种车窗定位算法的设计和实现 [J]. 西安航空技术高等专科学校学报, 2006 (1): 12-14.

(上接第 270 页)

4 网络通信测试

把制作好的 Uboot、内核和文件系统下载到电路板中, PC 机连接网关的调试串口, 给电路板上电, 在 Secure CRT 终端中可以看到串口的打印信息, 说明内核和文件系统移植成功, 电路板启动正常。在终端用 # ifconfig 命令查看电路板两个网口 eth0、eth1 的 IPv4 地址为 192168115 和 192168118, IPv6 地址为 fe80:: 5a76: 75ff: fe10: 57/64 和 fe80:: 1034: 56ff: fe78: 9000/64, 而且 eth0 的 HWaddr 是 58: 76: 75: 10: 00: 57, 这正是在 DM9000 驱动程序的 dm9000 _ plat _ data 结构体中定义的。

用 ping 命令与 IPv4 地址为 192168166 的虚拟机进行数据通信, 双方各自收发 10 个数据包, 在 Redhat 平台用 wire-shark 工具监控网络通信, 数据包丢失率为 0。

5 结论

在高速 PCB 的设计过程中, 本文解决了时序、噪声、电磁干扰等关键问题, 提出了削弱或消除在高速 PCB 设计过程中出现的串扰、电磁干扰、振铃和电源完整性等信号问题, 设计的高速 PCB 成功克服了信号完整性问题。

设计的基于嵌入式处理器 ARM9 的 IPv4/IPv6 双协议栈物联网 RTU, 经过连通性测试、协议转换测试、远程控制等多方面测试, 表明功能和性能指标稳定。该方案适用于 10/100 MHz 以太网接口模式, 并实现了全双工通信方式的自动

[7] 吴法. 图像处理与机器学习在未系安全带驾车检测中的应用 [D]. 杭州: 浙江大学, 2013.

[8] 陈雁翔, 李赓. 基于 AdaBoost 的安全带检测系统 [J]. 电子测量技术, 2015, 38 (4): 123-127.

[9] 李冬梅. HOV 乘客计数中的车窗定位与提取算法研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2007.

[10] 李冬梅, 郝晓莉. 基于 Hough 变换的车窗提取算法 [J]. 中国测试技术, 2007 (3): 50-52, 83.

[11] 骆玉荣. 安全带识别系统的研究与实现 [D]. 北京: 北京工业大学, 2008.

[12] 侯殿福. 车窗检测技术研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2012.

[13] 雒涛, 郑喜凤, 丁铁夫. 改进的自适应阈值 Canny 边缘检测 [J]. 光电工程, 2009, 36 (11): 106-111, 117.

[14] 文学志, 方巍, 郑钰辉. 一种基于类 Haar 特征和改进 AdaBoost 分类器的车辆识别算法 [J]. 电子学报, 2011 (5): 1121-1126.

[15] 潘秋萍, 杨万扣, 孙长银. 基于 Haar 与 MB-LBP 特征的车牌检测算法 [J]. 东南大学学报 (自然科学版), 2012, 42 (s1): 74-77.

[16] 黄泽锋. 基于 Adaboost 的车牌定位方法的研究与实现 [D]. 广州, 华南理工大学, 2012.

[17] 蒋传伟. 车牌识别系统中车牌定位与字符分割的研究 [D]. 武汉, 华中科技大学, 2006.

[18] Abolghasemi V, Ahmadyfard A. An edge-based color-aided method for license plate detection. Image and Vision Computing, 2009, 27 (8): 1134-1142.

[19] 吕文强. 基于 Adaboost 和 SVM 的车牌识别方法研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2013.

识别, 能够有效地利用宽带资源, 提升网络数据的传输速度。

测试结果表明此方案设计的嵌入式 RTU 系统工作稳定, 在智能设备的升级替换和推进物联网的建设方面有重要的借鉴作用。

参考文献:

[1] 邵鹏. 信号/电源完整性仿真分析与实践第 1 版 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2012.

[2] 吴蕾. 基于 ARM9 的车载彩色液晶仪表显示平台设计 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2009.

[3] 朱亚地. 高速 PCB 信号反射及串扰仿真分析 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2012.

[4] GangDing, Sahinoglu, Orlik et al. Tree-Based Data Broadcast in IEEE 802.15.4 and ZigBee Networks. IEEE transactions on mobile computing, 2006, 5 (11): 1565-1568.

[5] 闫铁铮. 高速 PCB 信号完整性分析及硬件系统设计中的应用 [D]. 厦门: 厦门大学, 2009.

[6] 胡海欣. 高速 PCB 板级信号完整性问题研究 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2004.

[7] GangDing, Sahinoglu, Orlik, et al. Tree-Based Data Broadcast in IEEE 802.15.4 and ZigBee Networks [J]. IEEE transactions on mobile computing, 2006, 5 (11): 1565-1568.

[8] Stevens W R. TCP/IP 详解第 1 版 [M]. 范建华, 译. 北京: 机械工业出版社, 2000.

[9] 杜晓, 雷治军. 一种嵌入式 IPv4/IPv6 双协议栈的实现 [J]. 计算机应用, 2008, 28 (2): 407.