

# 基于双目视觉的车辆闸杆防撞系统<sup>①</sup>

王 永<sup>1</sup>, 熊显名<sup>1</sup>, 李小勇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(桂林电子科技大学 电子工程与自动化学院, 桂林 541004)

<sup>2</sup>(广西交通科学研究院 研发部, 南宁 530007)

**摘 要:** 针对传统的线圈感应车辆的方法来判断车辆所在的位置, 易出现判断失误、更换设备不方便、费用较高的问题, 提出一种适应各种光线变化的双目视觉判断车辆位置的方法来解决此问题。该方法根据白天夜晚的光线不同选取白天模式还是夜间模式, 白天模式工作主要包括差值图像的中值滤波、二值图像的提取以及背景的分块实时更新, 并在此基础上提出了一种背景差分与帧间差分相结合的车辆位置检测方法, 该方法能准确的提取阈值以得到精确的目标轮廓, 当工作在夜间模式时, 开启红外灯切换到红外 CCD 采集, 根据红外灯照射区域的 RGB 三色值的大小来判断车辆的位置, 这种方法解决了车辆灯光对视频采集的影响。通过实验验证了该方法的有效性。此方法能够准确的判断车辆的位置, 并很好的控制闸杆的起落。

**关键词:** 双目视觉; 图像处理; 特征提取; 模式判断; 位置判断

## Vehicle Brake Lever Anti-Collision System Based on Binocular Vision

WANG Yong<sup>1</sup>, XIONG Xian-Ming<sup>1</sup>, LI Xiao-Yong<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(School of Electrical Engineering and Automation, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

<sup>2</sup>(Development Department, Guangxi Transportation Research Institute, Nanning 530007, China)

**Abstract:** The traditional method of detecting vehicle location by induction coil vehicle has a lot of problems, such as error in judgment, inconvenient of replacing the equipment and high cost. To solve these problems, this paper proposes a binocular vision method to detect vehicle location. This method adapts to all kinds of light changes. Selecting mode of day or night is determined by the different intensity of light surrounding environment. The mainly works of mode day include the median filtering of difference image, the extraction of binary image and the real-time update of partitioned background. Based on this, the paper proposes a method to detect vehicle location which combine the background subtraction and frame difference methods. This method can accurately extract the threshold value to acquire precise outline of the object. While in night mode, the infrared lamp is opened for switch to infrared CCD acquisition function. It's according to the values of RGB which in infrared lamp irradiation area to detect the vehicle location. This method has solved the problem of vehicle lights interference to video acquisition. Finally, the method is experimentally verified, and the results show that it can accurately detect the location of the vehicle and control the brake lever ups and downs.

**Key words:** binocular vision; image processing; feature extraction; mode identification; location detection

目前收费站主要采用线圈感应来判断车辆的位置来控制杆的起落, 但是这种方法偶尔会出现判断失误的现象, 闸杆落在车上造成交通故障和不必要的经济损失。因此提出一种可靠地车辆检测闸杆控制系统成为了急需解决的重要课题。

本文根据现有的车辆动态检测方法提出了一种双目视觉判断方法, 因考虑到光线与夜晚车辆的大灯灯光不同的影响, 采取了白天模式和夜间模式的不同的检测方法。避免了光线的改变对视频采集的影响。并在参考文献[4]的基础上提出了一种快速背景更新算法,

<sup>①</sup> 基金项目: 广西桂林电子科技大学创新团队资助

收稿时间: 2014-08-01; 收到修改稿时间: 2014-09-15

解决了快速更新背景出现失帧的现象. 并提出了改进的自适应的阈值提取方法, 该阈值可以根据图像的改变自动改变大小, 准确的提取图像的二值图像, 保证图像分割的准确性.

### 1 系统硬件设计

硬件主要分为视频采集模块、视频处理模块、网络传输模块、上位机显示模块、控制闸杆模块. 如图1 硬件结构框图所示, 视频采集模块主要采用自动光圈调节的 CCD 能够适应白天光线变化使图像不变的特性, 另外选取感红外 CCD 能够过滤掉自然光, 能够很好扑捉到红外光的特性. 视频处理模块主要 TMS320DM642 作为处理器, 此处理器是视频处理专用芯片, 具有先进的长指令字节结构, 运算速度可达到 4800MIPS, 是高速处理图像的最佳芯片<sup>[1]</sup>. 网络传输模块采用 BCM5221A4KPT, 支持 TCP/IP 协议可 100M/S 全速运行. 上位机显示模块主要通过网络接收下位机的图像数据选择判断区域发送到下位机具有实时性. 控制闸杆模块接收视频处理模块的处理信号输出控制闸杆的起落.

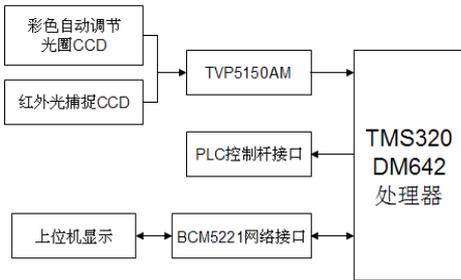


图1 硬件结构框图

### 2 系统软件的设计与实现

在软件编程上主要采用高级语言适当加入部分汇编语言, 提高了运行速率, 程序包括视频采集、中值滤波、背景更新、自适应阈值的提取、区域判断以及特征提取与车辆位置判断.

#### 2.1 软件系统的整体结构

系统的程序流程图如图2所示, 具体步骤如下.

首先系统进行初始化为采集图像做准备工作. 采集图像存入缓存, 并将图像通过网络传输给上位机并接收上位机选择的要处理图像区域的坐标. 等待起杆信号的到来并根据采集的图像判断是白天还是黑天模式. 白天模式时采集图像前几帧取平均作为背景图像.

将下一帧的图像与背景图像作差, 根据最大类间方差法求取差值图像的阈值, 从而得到二值图像. 然后对二值图像进行滤波开运算膨胀腐蚀运算, 得到清晰的二值图像并提取特征值, 如面积位置等信息. 根据提取的特征值来判断进行输出控制信号. 工作在黑天模式时, 首先打开红外灯照亮要判断的区域<sup>[5]</sup>, 提取红外灯的亮度信号, 判断车辆是否在判断区域. 判断所在区域的相似度, 如满足条件则落杆.

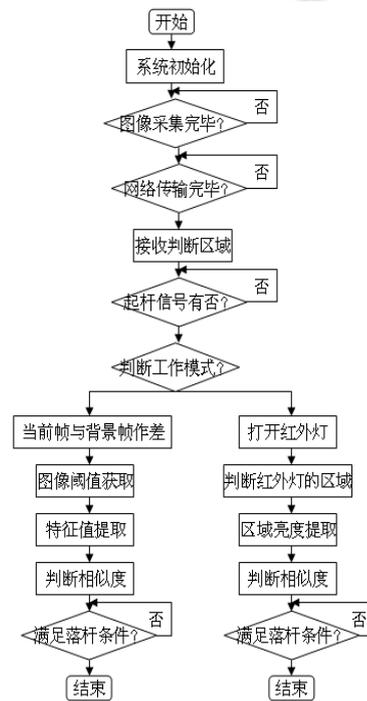


图2 程序流程图

#### 2.2 模式选择判断

红外CCD采集到的图像判断选择区域的Y分量的值来判断工作的模式, 根据光亮的程度 TW 值来切换工作模式, 但是每天的 TW 值的大小是根据外在环境的光亮程度来决定, 问题是 TW 的值如何根据四季的变化, 本文采用了红外感应 CCD 滤掉可见光只判断红外光的亮度信号这样就解决了四季变化光亮的影响. 算法实现如下所示. 设图像的每个像素点为 B(i, j), 利用公式  $Total = \sum_{i=0}^{576} \sum_{j=0}^{720} B(i, j)$  求取每个像素点之和, 根据公式  $TW = Total / NW$  求取最终亮度信号的平均值.

#### 2.3 自适应阈值选取

最大类间方差法是一种自适应阈值确定的方法简称 OTSU, 它按照灰度特性将图像分为目标和背景两

部分<sup>[3]</sup>。两者区别越大则得到的方差越大,当部分目标错分时会导致目标和背景的差别变小,因此最大类间方差最大的特点就是能够将错分概率降到最低,更能适应不同环境并得到理想的二值化图像,算法实现如下:

将图像转化为灰度图像,对每个像素点进行等级分类,每个像素点对应 0~256 之间的灰度值,可定义为  $(C_0, C_1, \dots, C_{255})$ , 求取一幅图像每个灰度值所对应的在这幅图像所具有多少个点,灰度值  $C_i$  的像素点有  $N_i$ , 可知灰度  $C_i$  所对应的总数为  $T_i = C_i \times N_i$ , 像素总数为  $N = N_0 + N_1 + \dots + N_{255}$ 。一幅图像灰度值总数为:  $DM = T_0 + T_1 + \dots + T_{255}$ 。我们设最大类间方差的初值  $\lambda_m = 0$ 。根据公式  $\omega_1 = N_1 / T_1$ ,  $\omega_2 = N_2 / T_2$ ,  $\omega_1 + \omega_2 = 1$ ,  $\mu = \mu_1 \times \omega_1 + \mu_2 \times \omega_2$ ,  $\lambda = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2$ , 采用遍历方法得到使类间方差最大的阈值  $\lambda$ 。判断  $\lambda_m$  与  $\lambda$  之间的关系,当  $\lambda > \lambda_m$  更新  $\lambda_m$  此时所对应的阈值  $TY = i$ , 当  $i$  遍历结束就可以得到阈值。

#### 2.4 图像处理

图像的快速采集多少都会受到噪声的影响,因此消除噪声的影响在图像处理中成为首要解决的问题,提高信噪比能够突出特征区域的特征点,本系统采用了中值滤波算法以及腐蚀膨胀等处理方法来减少噪声的影响突出特征值。

中值滤波是一种非线性的平滑曲线,它将每一像素点的灰度值设置为该点领域窗口内的所有像素点灰度值的中值,让周围的像素值接近真实值,从而消除孤立的噪声点。实现原理是用某种结构的二维滑动模板,将板内的像素重新排列成单调的二维数据数列。二维中值滤波输出为:

$$g(x, y) = \text{med}\{f(x-k, y-l), (k, l \in w)\},$$

其中,  $f(x, y)$ ,  $g(x, y)$  分别为原始图像和处理后图像。 $W$  为二维模板,通常为  $2 \times 2$ ,  $3 \times 3$  区域,也可以是不同的形状,如环状,圆形,十字形,圆环形等<sup>[6]</sup>。

中值滤波以后我们会进行开运算消除与结构元素比较小的两个区域,从而保证图像的整体灰度值不变也就是通过膨胀和腐蚀的相互配合得到很好的二值图像并且轮廓更加明确。

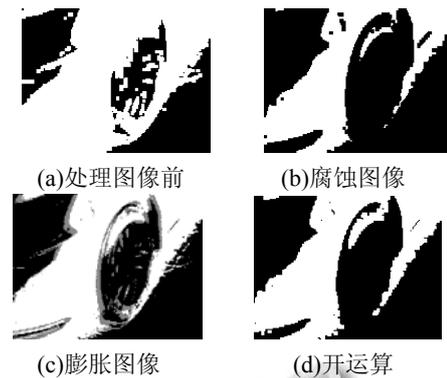


图 3 图像处理效果图

开运算处理效果如图 3 所示,其中图(a)为处理前图像,图(b)为腐蚀处理后的图像,图(c)为膨胀处理后的图像,图(d)是开运算之后的图像。图(a)明显的无规则性,显得很杂乱;图(b)中轮廓明显,但是车辆面积减小;图(c)中车辆轮廓清晰可见,但是车辆面积又明显增大;由图(b)与图(c)可知,仅使用腐蚀或膨胀一种方法不能满足要求与实物有所差距;开运算是将膨胀和腐蚀相结合,即先腐蚀后膨胀,处理结果如图(d)所示,原图像的噪声已被消除,并且车辆面积接近实际面积。因此,对二值图像进行开运算,不但能够得到完整的车辆轮廓,而且有效抑制了噪声。

#### 2.5 背景更新的实现

Surendra 具有快速性、适应性强、实时性强的特点,能够高效快速的获取背景图像,能够保障背景图像的质量,被广泛应用于图像处理领域<sup>[2]</sup>。实验验证,该算法不但能准确快速地对背景进行更新、满足系统的实时性要求、减少存储器使用的次数、能够准确的获得车辆的轮廓、并高效稳定地对车辆进行检测。Surendra 算法的具体实现步骤如下:

①首先将图像序列中的第一帧图像  $I_0(i, j)$  作为初始背景  $B_0(i, j)$ , 即:

$$B_i(i, j) = B_0(i, j) = I_0(i, j) \quad (1)$$

②求当前帧图像  $I_t(i, j)$  与上一帧图像  $I_{t-1}(i, j)$  的差分图像  $D_{diff}(i, j)$ , 即:

$$D_{diff}(i, j) = I_t(i, j) - I_{t-1}(i, j) \quad (2)$$

③使用最大类间方差法选取  $D_{diff}(i, j)$  的分割阈值  $T$ , 并将迭代次数初始化为  $m = 1$ , 最大迭代次数初始化为  $M$ ;

④利用阈值  $T$  获取差分图像  $D_{diff}(i, j)$  的二值图像  $DB(i, j)$ , 即:

$$DB(i, j) = \begin{cases} 0 & |D_{diff}(i, j)| \geq T \\ 255 & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

⑤根据二值图像  $DB(i, j)$  更新背景图像  $B_t(i, j)$ , 即:

$$B_t(i, j) = \begin{cases} B_{t-1}(i, j) & DB(i, j) = 255 \\ \alpha I_t(i, j) + (\alpha - 1) B_{t-1}(i, j) & DB(i, j) = 0 \end{cases} \quad (4)$$

⑥迭代次数  $m = m + 1$ , 并返回步骤②, 直到  $m = M$  时, 迭代结束. 此时的  $B_t(i, j)$  即为所求的背景图像.

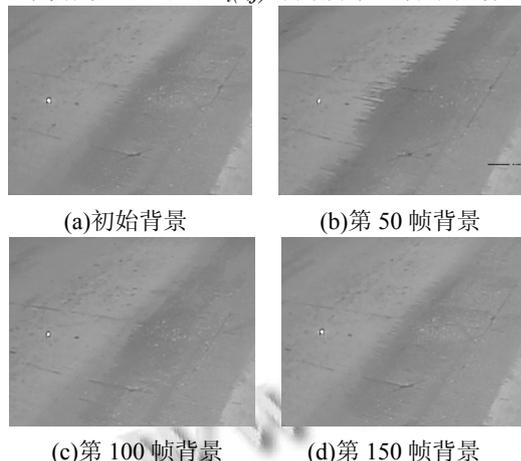


图4 Surendra 背景更新图

本文使用的最大迭代次数为  $M = 100$ 、更新因子为  $\alpha = 0.15$ , 并且采用最大类间方差法获取阈值  $T$ , 从而对 50 帧连续图像进行背景更新. Surendra 背景更新如图 4 所示, 其中图(a)为初始背景, 图(b)为第 50 帧背景, 图(c)为第 100 帧背景, 图(d)为第 150 帧背景, 据图可知背景的纯净度较高, 没有模糊的现象, 而且更新速度很快, 由图(a)、(b)、(c)和(d)的对比可知, 初始背景中出现的车印随着时间的推移而不断地变淡. 因此可知 Surendra 算法的背景更新效果明显, 完全能够满足系统的需求, 从而保障了车辆轮廓的分割效果, 进而提高车辆检测率.

### 2.6 特征值的提取与车辆位置判断

特征提取主要是判断有无车辆的通过, 因此特征的提取必须要精准以便为后面的判断提供准确的值, 为了对车辆进行检测, 提取了车辆的面积特征并作出以下判断: 面积大于阈值时, 认为检测到车辆经过, 否则判定没有车辆或是其他小物体的干扰, 则认为无车. 本系统采用统计法提取特征值, 具体的步骤如下:

①首先使用逐行扫描法找出二值图像中的所有连通区域并统计连通区域的面积取最大值作为车的面积特征并存储;

②摄像头的位置和高度确定后, 根据现场情况取

一个适当的面积阈值  $TC$ ;

③面积特征与阈值  $TC$  作比较, 大于阈值  $TC$  则认为已经检测到车辆经过, 否则认为无车经过.

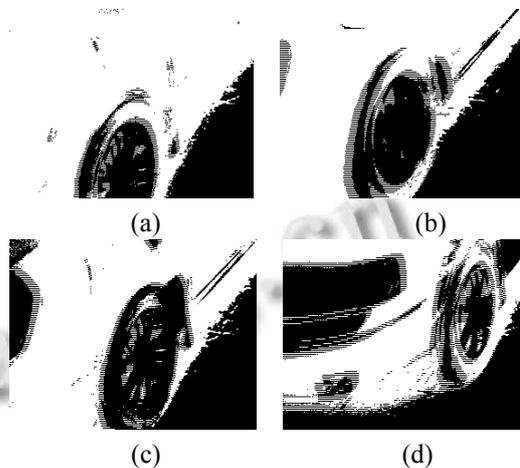


图5 车辆特征提取效果图

车辆特征提取效果如图 5 所示, 其中图(a)、(b)、(c)和(d)分别表示不同车辆在不同位置出现的图像分割效果. 本文分别对图(a)、(b)、(c)和(d)从左到右、从上往下进行遍历, 如果像素点的灰度值为 255 就对变量  $S$  进行加 1 运算, 遍历结束后  $S$  即为所求面积. 求出  $S$  所占总面积的百分比  $f$ , 根据  $f$  的大小判定是否有车辆经过, 本系统设定  $f > 0.2$  时认为有车, 否则判定为无车. 夜间时根据红外照亮区域被车辆遮挡来判断有无车辆, 当车辆经过时红外灯照亮区域被遮挡住红外摄像头采集到的亮度信号降低非常大本系统选取降低率为 0.7 则认为有车经过.

### 3 试验结果与分析

在现场进行实际测试, 装入设备后对车辆进行检测并控制闸杆的起落如下图 6 所示.



图6 现场测试图

首先选取一帧图像传输到上位机进行判别区域的选择, 上位机将选择区域的坐标发给 DSP. DSP 根据坐

标对图像进行处理如下图 7 所示



图 7 上位机坐标选取图

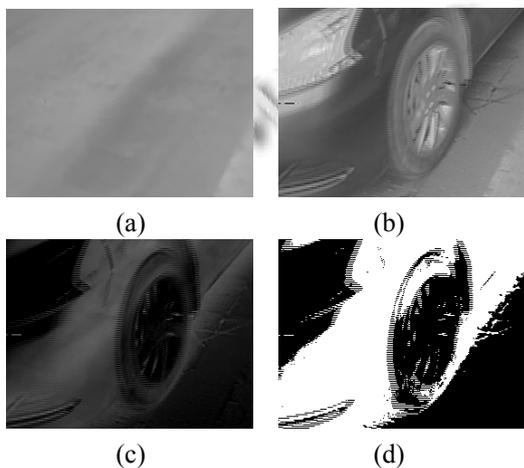


图 8 车辆检测图

根据上图 8 所示本系统能够很好的检测到车辆,

并且能够很好的提取到特征值, 根据得到的二值化图像可知能够准确判断车辆经过选择区域, 并且能够满足起落杆的要求.

图 8(a)为对应选择区域滤波后的背景, 图 8(b)为车经过时捕捉到车的图像, 图 8(c)为差分图像, 图 d 为二值化后的图像, 图 8(c)为图 8(b)与图 8(a)相减得到的图像, 根据最大类间方差法求差值图像的阈值  $T$ , 根据阈值  $T$  得到图 8(d)所示的二值图像, 根据图 8(d)求出白色面积和轮廓的周长, 根据他们的大小来判断车辆是否通过该区域. 夜间时红外灯照亮车辆经过区域, 当车辆挡住该区域时 CCD 采集不到红外灯照亮区域则认为有车经过. 经过一周的测试, 结果表明系统能够确保落杆时车辆已经离开, 没有出现落杆砸车现象, 实现了防砸防撞功能.

#### 参考文献

- 1 许永辉,杨京礼,林连雷.TMS320DM642 DSP 原理与应用实践.北京:电子工业出版社,2012.
- 2 吴凌霄,林晨,徐福海,等.基于背景差分的车辆计数方法的研究.自动化技术与应用,2011,30:72-75.
- 3 李敏,罗红艳,郑小林,等.一种改进的最大类间方差图像分割法.南京理工大学学报,2012,36(2):22-27.
- 4 杜宇人,周爱军.一种基于视频图像的运动车辆跟踪方法.电子测量与仪器学报,2009,23(3):45-48.
- 5 王妍,王向军.低对比度条件下的快速相关匹配算法.红外与激光工程,2006,35(10):89-92.
- 6 李小勇,张文涛,熊显名.基于车辆视觉的车道闸杆防撞系统研究.微计算机与应用,2014,33(1):44-45.