

基于 ROI 最长直线提取算法的车辆超限检测系统研究

陈凌宇, 李 鸿, 朱林海

(长沙理工大学, 长沙 410004)

摘要: 针对当前公路上车辆超限而导致交通安全隐患问题, 提出了一种基于图像测量的车辆超长、超宽、超高检测系统; 利用 CCD 摄像头捕捉限速车道内行驶的车辆图片, 经过图像分类、背景去除、噪声去除提高图像清晰度, 按 ROI (region of interest) 最长直线提取算法提取 ROI 内车辆轮廓的最长像素直线, 通过相机标定获取车辆实际长宽高信息; 系统对于车辆超限能够实现不停车检测, 有效提高了公路通行速率; 实验数据表明, 该系统对于不同类型车辆, 均具有良好的准确性和鲁棒性。

关键词: 超限检测; 背景去除; 图像测量; 感兴趣区域

Vehicle Overrun Detection System Research Based on Maximum ROI Line Extraction Algorithm

Chen Lingyu, Li Hong, Zhu Linhai

(Changsha University of Science & Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: In view of the current highway vehicles overrun and cause problem such as traffic safety hidden trouble, a system based on digital image processing that measure the vehicles' surpass length, extra-wide, ultra-high is proposed. Using CCD camera to capture the slowly moving vehicles image in the driveway, after image classification, background removal, noise removal to improve image clarity, according to the maximum ROI line extraction algorithm to extract ROI longest pixel lines, then through the camera calibration to get vehicle actual dimensions information. The system for the overrun vehicle' s detection without parking, effectively improve the rate of road traffic. The experimental data show that the system for different types of vehicles, has good accuracy and robustness.

Keywords: overrun detection; background removal; image measurement; ROI

0 引言

车辆超限所带来的交通安全隐患、运输市场紊乱、基础设施破坏等问题已经越来越严峻。我国每年因车辆超限引起的直接经济损失近一百亿元。交通部门已经加大力度对车辆超限超载行为进行严打整治。车辆超限的检测成为了当前交通领域的研究热点之一。

目前, 常用的车辆超限检测方法有人工法、激光法、雷达法 3 种。人工法虽然灵活性大, 但由于人的主观性, 使得检测的准确率和误检率较高。激光法通过激光扫描来实现非接触式测量。该方法精度高, 鲁棒性好, 但实时性差。在车流量较大的时候极容易引起检测路口堵塞^[1]。雷达法是基于高精度激光雷达传感器。该方法检测精确度高, 动态性能佳, 但是鲁棒性差。在实际路口使用中, 旁边车道车辆将会对传感器造成干扰, 使得测量数据不准确^[2]。

针对上述问题, 本文以图像处理为核心, 首先分类不同光

照下提取的图像, 通过背景去除和滤波去噪得到二值图像, 提出一种基于 ROI 最长直线提取算法来提取车辆轮廓的最长像素长度, 最后用传统的相机标定方法计算得到车辆轮廓的实际长度。该系统研究的关键问题是: (1) 图像背景去除; (2) 像平面下的轮廓测量。

1 系统结构

本文系统由两个 CCD 摄像头组成, 一个安装在公路收费口的前方, 一个安装在收费口的侧面。拍照区域车道之间用颜色均匀的隔板隔开。工作原理示意图如图 1 所示。

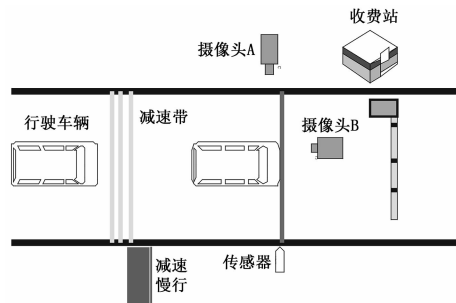


图 1 系统工作原理示意图

行驶车辆在即将到达收费站时, 由减速标志及减速带使其减速。然后车辆缓慢行驶至预定拍照区域。经传感器获取车辆

收稿日期: 2014-01-16; 修回日期: 2014-03-11。

基金项目: 国家自然科学基金 2010 年资助项目(61074018)。

作者简介: 陈凌宇(1990-), 男, 湖南常德人, 工学硕士, 主要从事交通信息工程与技术研究。

李 鸿(1962-), 男, 浙江人, 教授, 博士, 主要从事非电量电测和机电一体化、仪表及数控领域研究。

抵达信号, 开启摄像头 A 和摄像头 B, 分别获取车辆正面及侧面照片。由 DSP 经 ROI 最长直线提取算法处理得到车辆轮廓信息, 显示在拦车栏杆旁的 LED 显示屏上。

2 图像预处理及背景去除

常用的背景去除方法有形态学处理法与差分法。形态学法只需要前景图, 减少了采集图像的工作量, 但对于复杂图像处理不佳。差分法能够保证较好的去除背景但需要两幅图像, 增加了工作量。本文使用改进的差分法去除图像背景。

2.1 基于光强的图像分类

为了保证图像背景去除的有效性, 减小由于天气, 日照等一系列原因, 摄像头获取的图片时的光照强度的差异。在使用差分法处理背景前, 需要针对获取图片时的光照强度的不同进行一定的预处理。图像的整体灰度均值是一种全局的统计特性, 受到局部因素的影响非常小, 并且有较强的滤除局部噪声误差的能力。本文采用图像灰度均值来对各类光照强度下拍摄的图片进行分类^[3]。设图像灰度值分布等级为 1-L 级, 则图像的灰度均值为:

$$u_T = \sum_{i=1}^L ip(i), \quad p(i) = \frac{n_i}{N}, \quad N = \sum_{i=1}^L n_i \quad (1)$$

其中: n_i 为图片像素点的总数, N 为图像总像素数; $p(i)$ 为灰度值的概率 n_i 。通过大量的实验验证图像的整体灰度均值能够很好的反映出图像的光照强度, 并且灰度均值随光照强度成正相关的关系。

2.2 基于车道线的背景去除

利用图像差分法处理背景会存在一系列问题。如背景光照实时变化; 背景物体 (树叶等) 存在随机变化; 摄像头本身因为车辆经过而产生轻微抖动。这些因素都能够影响背景的去除质量。特别是本文研究的情况下, 在背景图片中存在其他车道车辆 (随机背景) 的问题。这一系列的问题对于背景去除与测量带来很大的影响。

由于摄像头位置固定、角度固定, 所以车道线在图像中是一个固定的背景。故车道线在图像中对应的像素点的位置不变。在相机固定之后, 把图像中的车道线固定, 确定在像平面上的车道线的直线方程。在图像预处理的过程中, 将车道线以外的区域用前期存储的背景替代以达到分离背景与前景的目的。摄像头位置示意图如图 2 所示。

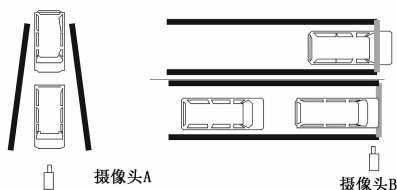


图 2 摄像头与车道位置示意图

该方法具体步骤为:

- 1) 前期获取该路口在不同光照强度下, 没有车辆的分类背景图像。
- 2) 获取当前测量图像。
- 3) 以车道线为分界线, 将车道线以外的区域用于当前光照强度相匹配的背景图像代替。

4) 用图像差分法将图像前景从背景中分离。

5) 中值滤波保留图像轮廓情况下消除高频噪声影响。

车辆在即将进入收费站时都会并入相应的车道。由于在两车道之间使用颜色均匀且相同的护栏, 可以消除摄像头 B 的背景影响。

在 Matlab 平台下的实验效果如图 3 所示。在背景替换之后的车辆左侧三轮车就已经完全被移除。



图 3 背景替换仿真图

2.3 随机噪声的处理

图像在形成、传输、处理过程中不可避免地会受到随机噪声的影响。随机噪声会影响图像的质量, 并且在图像处理的过程中可能会有产生虚假的图像信息。采用中值滤波这种非线性处理技术^[4], 在一定条件下可以克服线性滤波器所带来的图像细节模糊、而且对滤波脉冲干扰以及图像扫描噪声非常有效。中值滤波的目的就是保护图像边缘的同时去除噪声。如式 (2) 所示:

$$Y_i = \text{Med}\{f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v}\} \quad i \in \mathbf{Z}, v = \frac{m-1}{2} \quad (2)$$

由于图像相减时, 当前图片与背景图片虽然是在光照强度分类中的同一类图像, 但是不确定的图像背景扰动必定会产生噪声区域。随机性较强的噪声区域容易产生边缘, 从而影响测量。文中使用二维中值滤波来保护边缘信息, 滤除噪声区域。

3 像平面下的像素测量

背景去除后的图像边缘信息比较理想。能够进行一系列的处理得到车辆的边缘信息。通过对边缘的提取能够较好地体现车辆的轮廓。常用的边缘提取方法是 Hough 变换直线提取法。但是, Hough 变换直线提取方法在此系统下, 针对目标图像完整性缺失与边缘点可能不在同一直线的情况, 检测效果不佳。在车辆轮廓检测中, 提出的基于 ROI 最长直线提取法将明显优于 Hough 直线提取法。

3.1 Hough 变换的直线提取

Hough 变换是一种检测、定位直线和解析曲线的有效方法。它是把二值图变换到 Hough 参数空间, 在参数空间用极值点的检测来完成目标的检测。其基本思想是点一线的对偶性。即像素空间的共线的点对应参数空间里相交的直线^[5]。反之, 参数空间相交于同一点的所有直线在图像空间里与都共线的点相对应。对应直角坐标系中的直线, 如方程 (3):

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3)$$

ρ 和 θ 是原点到直线的适量长度与方向, 所以参数 ρ 和 θ 可以唯一的确定一条直线。

应用 Hough 变换进行直线提取实际上就是将直线提取问题转化为计数问题。对车辆进行 Hough 直线提取后的效果图如图 4 所示。



(1) 正面图像hough直线提取 (2) 侧面图像hough直线提取

图 4 车辆 Hough 直线提取效果图

3.2 基于 ROI 最长直线提取算法

从图 4 的实验结果可知 Hough 直线提取的效果不理想。在前景图与背景图作差运算之后，还会存在一些背景边缘以及不能被识别的边缘信息。并且车辆轮廓并不是标准的四边形，Hough 直线提取并不能将目标直线完全正确提取；对于货车而言，货物的堆放位置与高度都可能直接影响车辆轮廓参数与 Hough 直线提取的准确性。针对上述问题，本文提出一种以 ROI 最长直线提取的方式得到车辆的轮廓参数。

相机的位置是固定的，车辆在获取的图像中的位置是处于一个相对固定的区域中。通过前景与背景图像减运算之后的车辆轮廓信息比较完整，能够反映车辆一个面的长宽信息。若直接在差分后的二值图像上提取水平与垂直方向上的最长直线会导致因随机噪声引起的错误测量。本文利用两次 ROI 的划分^[6]，结合图像分块投票的方法精确了像平面直线测量，减小了随机噪声对图像的影响^[7]。

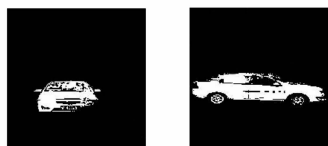
直线提取算法步骤如下：

- 1) 根据最大车辆在图像中的像素位置确定一个车辆最大 ROI。
- 2) 通过背景去除方法，对图像进行减运算，削弱背景影响。如图 5 所示。
- 3) 利用 OTUS 对图像二值分割。如图 6 所示。
- 4) 将最大 ROI 图像分块，分块图像中灰度均值大于某一阈值（一般取车辆边缘线在分块图像中占像素点个数大于 60%~70%），则确定为最小 ROI^[8]。
- 5) 提取最小 ROI 中水平及垂直方向上目标像素点的最大像素距离。如图 7 所示。



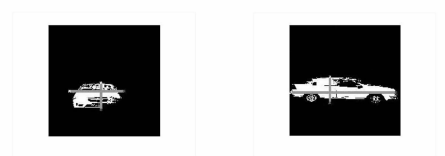
(a) 车辆正面减运算图像 (b) 车辆侧面减运算图像

图 5 背景去除后的车辆图像



(a) 正面二值图像 (b) 侧面二值图像

图 6 二值化后的车辆图像



(a) 正面测量图像 (b) 侧面测量图像

图 7 标注最大像素距离

4 相机的标定

计算机视觉测量技术就是从获取的二维图像信息触发计算出三维世界信息，也就是要知道空间点与像素点的对应关系。这种对应关系是由相机在空间所处的位置及其成像的集合模型所决定，即由相机的内部参数与外部参数所决定^[9]。

当前一般的相机标定大致分为两类：传统标定方法和自标定方法。传统标定算法是用一个精度比较高，其尺寸、形状等空间上的结构一定和已知物来进行标定，然后根据标定物在图像坐标与世界坐标的一一对应关系建立相机模型参数的约束，再利用一些算法来获得这些位置的参数。优化的目标函数如式 (4)、式 (5) 所示。

$$F(x) = \sum_{i=1}^m f_i^2(x) \tag{4}$$

$$f_i^2(x) = (U_i - u_i)^2 + (V_i - v_i)^2 \tag{5}$$

本文系统位置固定，且对精度和速度的依赖比较大。所以使用传统的标定方法，以车道线以及车道线边护栏为标定物。此方法较为成熟，具有理论清晰，求解简单，简单实用的特点。

5 实验方法及结果

本文中车辆超限检测算法流程如图 8 所示。

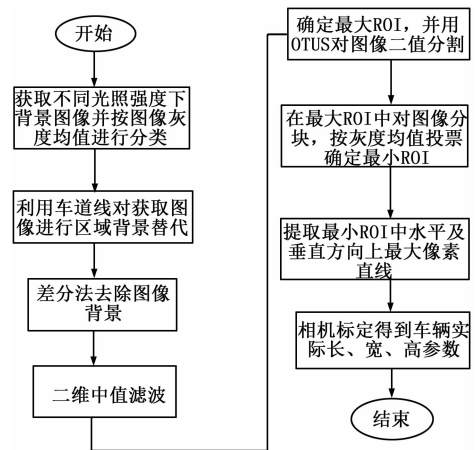


图 8 本文算法流程

首先在前期根据图像灰度均值分类得到背景图像信息，然后以车道线替代无关背景。对前景与匹配背景差分。通过滤波处理，在最大感兴趣区域中用 OTUS 得到二值图并按图像分块投票，得到最小感兴趣区域。对最小感兴趣区域中的水平与垂直方向上的最长像素距离进行标注与测量。最后，通过相机标定得到像素长度对应的实际长度。

采用苹果 4s 智能手机摄像头拍摄图像。图像处理设备为英特尔 Celeron (R) 台式机, 2.4GHz CPU、2G 内存。图像处理程序在 Matlab 平台下开发。相机距离地面 1.1 m、光轴与水平方向夹角约 20°向下倾斜。分别采集车道前方与车道旁的图像。原始图像文件为 JPG 格式, 处理时转换为灰度图片 JPG 格式。图像大小为 256 * 256 像素。其实验结果如表 1 所示。

表 1 本文检测值与实际值对比表

	长宽高(1组)	长宽高(2组)
测量值(m)	4.46/1.69/1.35	4.94/1.87/1.36
实际值(m)	4.20/1.65/1.45	4.60/1.80/1.50
	长宽高(3组)	长宽高(4组)
测量值(m)	4.12/1.52/1.85	4.10/1.66/1.71
实际值(m)	3.86/1.50/1.91	3.88/1.60/1.86

6 结论

文章提出了一种基于图像测量的车辆超限检测方法。相比以往使用的基于传感器与限定杆的测量方式, 该方法在高效性与准确性的基础上实现了检测自动化与智能化。采用基于车道线的背景去除方法以及基于 ROI 的分块投票测量法, 算法简单, 有针对性地解决了利用图像测量在车辆超限检测中存在的问题。实验中, 本文算法能够较为精确的测量车辆长、宽、高

参数, 针对不同光照与车辆均有良好的检测效果。

参考文献:

[1] 庞宏源. 高速公路超限检测中的超宽、超高、及超长检测系统 [J]. 现代工业经济和信息化, 2012, 24 (1): 75-76.
 [2] 何晓鸣. 车辆长宽高测量仪 (车辆轮廓尺寸测量仪) 介绍 [EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/ebf015fead51f01dc281f1bb.html>. 2013. 10. 01/2013. 11. 10.
 [3] 杨宁喜. 基于改进 Hough 变换的车道线检测技术 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (2): 292-294.
 [4] 张弘. 数字图像处理与分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
 [5] William K. Pratt. 数字图像处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
 [6] 贺助理. 基于图像能见度检测技术研究 [D]. 长沙: 长沙理工大学, 2012.
 [7] 刘卫国. MATLAB 程序设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
 [8] C. -C. Hsu. Three-dimensional measurement of distant objects based on laser-projected CCD images [J] IET Science, Measurement and Technology, 2009, 3 (1): 197-207.
 [9] 孟海岗. 基于平面约束的 CCD 相机标定方法改进 [D]. 长春: 吉林大学, 2009.

.....

(上接第 2010 页)

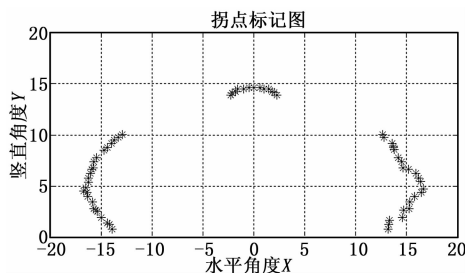


图 7 拐点标记图

为合格。

4 结论

本文通过对助航灯具光源发光特性的分析, 利用一种光强检测系统, 得到对应光强的数据, 利用改进的矩形网格法绘制光强分布曲线, 可以快速地得到平滑的等光强曲线; 同时利用找到一种计算方法可以确定光束射出角。且进行了多次实测各类助航灯具实验, 实验证明对该系统测量结果的处理, 在速度和精度上速度均满足灯具检测需求^[12]。

另外, 系统测试时改变测试范围, 扩大数据组信息量, 然后经过相关算法可以进行灯具的光轴和色度分析, 完善检测系统成为一个可以测出多种光度学参数的助航灯具检测系统。

参考文献:

[1] 国际标准和和建议措施机场民用航空公约附件十四 (第五版) [Z].

国际民航组织, 2009 (附录 2): 1-26.
 [2] 中国民用航空局机场司. AP-191-WM-CA-2000-3 《民用机场助航灯光系统运行维护规程》[Z], 2000.
 [3] 崔健超. 汽车前照灯悬吊式检测装置的研究 [D]. 吉林: 吉林大学, 2009.
 [4] 顾滨兵, 杨兆海, 高宇, 等. 基于网格序列法和端点量化的等值线生成算法 [J]. 吉林大学学报: 信息科学版, 2010, 28 (1): 78-81.
 [5] 黄州. 地质构造等值线的插值和绘制方法研究 [D]. 湖北: 武汉理工大学, 2009.
 [6] 王修岩, 李宗帅, 乔辉, 等. 基于三自由度携载机构的助航灯具光强检测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (12): 2385-2387.
 [7] 迟文学, 吴信才, 于海洋, 等. 张力样条函数在雨量等值线光滑中的应用研究 [J]. 水文, 2007, 27 (1): 22-25.
 [8] 任洪海. 计算机图形学理论与算法基础 [M]. 湖北: 辽宁科学技术出版社, 2012.
 [9] 毋河海. 数字曲线拐点的自动确定 [J]. 武汉大学学报, 2003, 28 (3): 330-335.
 [10] Zhang Q, Eagleson R, Peters T M. Rapid scalar value classification and volume clipping for interactive 3D medical image visualization [J]. Visual Computer, 2011, 27 (1): 3-19.
 [11] 中国民用航空局机场司. AP-191-WM-CA-2000-3 《民用机场助航灯光系统运行维护规程》[Z], 2000.
 [12] Sundaramoorthi G, Yezzi A. Sobolev active contours [J]. International journal of Computer Vision, 2007, 73 (3): 345-366.