

基于计算机视觉的大型车辆实时定位定向技术^①

吴海波¹, 夏胜平², 盛 锋¹

¹(国防科技大学 计算机学院, 长沙 410073)

²(国防科技大学 电子科学与工程学院 ATR 重点实验室, 长沙 410073)

摘要: 为了解决大型车辆在进行货物装卸时易出现位置和方向误差较大而需多次调整的情况, 本文提出一种基于计算机视觉的大型车辆实时定位定向技术. 本技术在指示带的辅助下, 采用霍夫变换、数字识别等图像处理方法实时测量车辆相对于停车地点的距离、方向和位置信息, 最后, 系统将利用像素的距离和数量信息来精确计算运动距离, 并以图像和数字等多种形式在车辆驾驶室内实时报告、显示. 实验证明, 该技术可实现大型车辆实时、准确的定位定向.

关键词: 计算机视觉; 大型车辆; 定位定向; 数字识别

Real-Time Positioning and Direction Method for Oversize Vehicle Based on Computer Vision

WU Hai-Bo¹, XIA Sheng-Ping², SHENG Feng¹

¹(School of Computer, National University of Defence and Technology, Changsha 410073, China)

²(ATR Lab, School of Electronic Science and Engineering, National University of Defence and Technology, Changsha 410073 China)

Abstract: In order to solve the problem that oversize vehicles are difficult to be positioned and directed when they load and unload cargos, a real-time positioning and direction method based on computer vision is presented in this paper. With the help of index strip, Hough Transform is applied to detect lines and its direction. Then, numeral recognition is introduced to compute vehicle's rough moving distance. After that, the system will accurate position the distance by using length and number information of pixel of image. Finally, the result will report in image and digital format. The experimental results demonstrate the method's accuracy and real-time performance.

Key words: computer vision; oversize vehicle; position and direction; numeral recognition

大型车辆在铁路、港口等装卸过程中, 为保证货物(主要是指集装箱)装卸的高效率和准确性, 通常要求车辆停放的位置和方向准确(货物装卸过程要求车辆的定点位置偏差精度小于3cm、定向偏差不超过5°), 但由于此类车辆的体积大、吨位重, 只依靠驾驶员人工停放车辆, 往往会因为停放位置和方向误差较大而导致需要进行多次调整, 这不仅准确度无法得到保障, 且严重影响工作执行效率.

一般大型集装箱装载车辆是由牵引车、半挂车组成, 整体长度达到数十米、宽度和高度均超过3米, 两节车体非刚性链接, 且即使直线前行时, 牵引车和半挂车的中轴线也不一致. 现有的主要方法是在预定位置划一条直线, 车轮沿着直线前行, 驾驶员依靠多名

号手反馈车辆与直线偏移距离、偏转角度等大概信息来调整车辆, 停车后还需要等待号手的测量才知道停车是否达标. 这种方式极易出现响应延迟、信息不够精确, 及时等现象, 在环境恶劣的情况下, 这种方式误差增大, 容易导致车辆定位、定向出现较大误差需要多次进行调整, 一次性成功率极低, 很难快速停好车辆.

近年来, 研究者对类似的停车辅助问题提出了多种解决方案, 文献[1]作者提出了一种基于机器视觉的停车状态检测方法, 根据驶入停车位时引起相关采样点灰度值发生变化的情况进行停车位检测. 在文献[2]中, 作者提出一种基于车道宽度特征的边缘检测算法, 在此基础上提出了车道识别算法以辅助车辆停车. 另

① 收稿时间:2015-08-20;收到修改稿时间:2015-11-11

外,当前在车辆导航领域的热点研究方向—视觉SLAM技术^[3-5]也可在一定程度上辅助车辆定向定位.文献[1-2]的方法精度虽可基本满足在本系统的技术指标,但其运算速度均难以达到实时要求,且均未能考虑大型车辆两节车体非刚性链接问题.因此,针对上述问题,本文基于光学成像信息处理方法,提出一种基于计算机视觉的大型车辆实时定位定向辅助驾驶技术,实时测量车辆相对于停放点的距离、方向和位置偏差,以图像和数字等多种形式在车辆驾驶室内实时报告、显示来实现快速、准确的定位定向.

1 系统概述

在港口货物装卸时,货物(集装箱)是由大型轨道吊车负责运输和装卸的,这些大型轨道吊车的位置和控制范围通常是固定的,相应地,车辆的停放也必须按照规定方式进行.因此,本文在构建车辆定位定向系统时,针对港口天气晴朗或夜晚没有雨水影响,且固定轨道吊车货物装卸应用场景,设计了一条辅助视觉处理的指示带,如图 1 所示.它选用了不受雨水影响的黑色橡胶材质,厚度约 1mm,在其上面印制了方向线条和编码数字符号.该辅助指示带不仅携带和铺设方便,且提供了视觉算法进行快速车辆定位和定向所必须的引导性元素,因此,通过它视觉处理系统可以大大降低计算复杂度,从而实现车辆的实时、精确定位、定向处理.

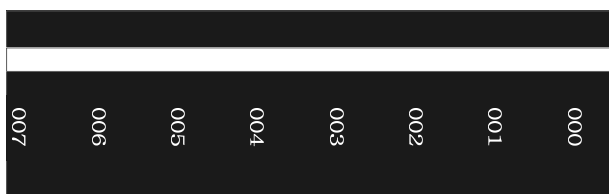


图 1 反光指示带

本文构建的基于辅助指示带引导的车辆定位定向视觉系统的组成如图 2 所示.

系统采用模块化设计,包括辅助指示带,取像传感器,视觉处理单元,显示控制单元,电源管理单元.取像传感器单元由 2 个红外/可见光摄像机组成,镜头选用平面镜,避免采集到图像出现畸变,如工作在夜晚,相机开启红外模式;视觉处理单元进行定位定向算法的实现;显示控制单元选用 10 寸高清屏终端,用吸盘固定在驾驶员前挡风玻璃上,高度可根据驾驶员

习惯调节,可折叠收起;电源管理单元进行视觉采集与处理设备供电管理.



图 2 系统组成图

2 定位定向算法设计与实现

由于辅助指示带上印有直线及数字编码信息,因此可基于计算机视觉算法对直线方向进行估计和数字识别解码,从而得出车辆当前的定位定向信息.图 3 给出了系统定位定向算法流程.



图 3 定位定向算法流程

定位定向算法设计主要包括直线检测,角度计算,图像旋转,识别区域截取,数字识别,精确距离计算等模块.在直线检测和测角部分,已有多种成熟的方法^[6],且传统的霍夫变换已可完全满足本系统的性能要求,因此,我们采用霍夫变换(Hough Transform)^[7]来进行直线检测和角度估计,并通过估计出的车辆角度来校准旋转图像,以方便数字检测和识别处理,最后通过偏移像素折算出车辆的定位结果.下面就定位定向流程中的关键环节的处理方法展开简要说明.

2.1 数字识别

我们基于 opencv^[8]图像算法库中的多个函数进行数字识别算法设计.算法流程如下:

- ①采集图像转化为灰度图,并通过均值滤波对采集图像进行平滑;
- ②采用自适应阈值对滤波后图像进行二值化处理;
- ③对分割后的图像进行形态学闭操作,以剔除无关区域;
- ④根据图像中一定范围内的白色像素数量选取矩形轮廓的待识别数字区域;

⑤利用已有的数字模板对选取的各个矩形轮廓进行模板匹配,从而得到正确的数字结果.

2.2 直线提取

我们基于 opencv 提供的函数进行直线提取,并根据一定规则选取最终需要的直线,算法流程如下:

①采集图像转化为灰度图,并通过均值滤波对采集图像进行平滑;

②采用 opencv 的相应函数提取直线集;

③剔除直线集中长度小于 *threshold1* 的直线,并选取所提直线集中余下最长的 4 条直线;

④根据 4 条直线中心与图像中心的距离大小,选取距离最小的直线,作为最终提取结果.

提取结果如图 4 所示.



图 4 直线提取

2.3 运动方向测量

设该分界线两端端点的坐标为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) (y_2 > y_1)$, 若 $x_1 > x_2$ 则当前运动方向左偏, 偏转角度值为:

$$\theta = \arctan(x_1 - x_2 / y_2 - y_1) (x_1 > x_2) \quad (1)$$

若 $x_2 > x_1$ 则当前运动方向右偏, 偏转角度值为:

$$\theta = \arctan(x_2 - x_1 / y_2 - y_1) (x_2 > x_1) \quad (2)$$

2.4 识别区域截取

在检测出运动方向后, 我们需要立即检测车辆此时离目的地的距离. 由于镜头采集的图像中含有多行数字标识, 因此在进行数字识别前, 首先需要定位表示车辆当前所处位置的数字标识.

首先设指示带数字宽度为 x_{width} , 长度为 x_{length} , 首位数字与指示线中心间隔为 $y_{numline}$, 两数字间横向间隔为 y_{width} , 纵向间隔为 y_{length} . 图像分辨率为 $a \times b$ 根据 2.1 节中指示线两端点坐标 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$, 则其待识别数字矩形区域 ROI 的四个角点坐标为:

$$\left((x_1 + x_2) / 2 + y_{numline}, b / 2 - y_{length} - x_{length} \right) \quad (3)$$

$$\left((x_1 + x_2) / 2 + y_{numline}, b / 2 + y_{length} + x_{length} \right) \quad (4)$$

$$\left((x_1 + x_2) / 2 + y_{numline} + 3x_{width} + 2y_{width}, b / 2 - y_{length} - x_{length} \right) \quad (5)$$

$$\left((x_1 + x_2) / 2 + y_{numline} + 3x_{width} + 2y_{width}, b / 2 + y_{length} + x_{length} \right) \quad (6)$$

2.5 运动距离测量

通过对采集的指示带图像进行数字识别, 从而可得到几组数字(每行为一组, 在本文中, 每次单个镜头内能采集到 4 组或 5 组数字), 选择所采集图像的中心点, 并以垂直于车辆运动方向作一条直线 L_y , 选择距离该直线 L_y 最近的一组数字 D , 则相机位置约在距离条带起点 L_1 米处:

$$L_1 = D / 10 \quad (7)$$

由于运动距离测量精度要求为 2mm, 因此需通过相机的分辨率、相机拍摄高度等参数计算出相机所采集图像中每个像素的宽度, 通过数字中心点且垂直于条带的运动方向的直线与直线 L_y 间隔的像素数量对相机当前位置进行精确定位. 设每个像素对应的长度为 a mm, 此时通过数字中心点且垂直于条带的运动方向的直线与该分界线间隔的像素数量为 b , 则精确定位后得到的相机距离起点位置 L_2 为:

$$L_2 = L_1 \pm |a \times b| / 1000 \quad (8)$$

3 实验结果与分析

为了检测本文所设计系统的性能, 我们在夜晚光线较暗的环境下进行测试. 测试平台为东方大卡车, 卡车长度约为 20 米, 卡车上安装分辨率为 720×576 的相机 2 台, 安装位置如图 5 所示, 检测处理器为 Intel(R) Core(TM) i7(2.5GHz), 内存为 8GB.



图 5 系统安装示意图

实验结果如下图所示, 图 6 为系统进行直线检测并选取数字识别区域时各步骤的结果. 图 7 为系统进行数字识别时各步骤的结果. 图 8 为返回到驾驶室检测结果, 一旦大型车辆进入指示带区域时, 系统将实时返回距离停车位置剩余距离, 当前车辆在左右方向的位移及车辆偏转的方向角度.

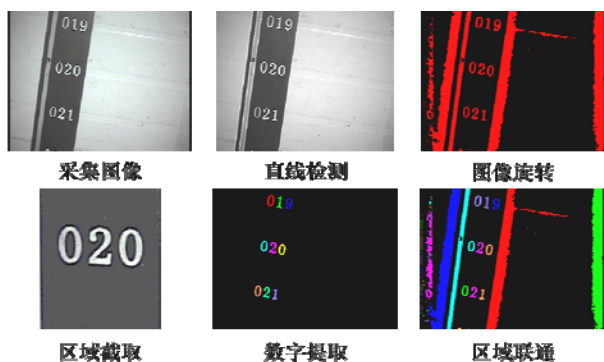


图 6 直线检测并选取数字识别区域各步骤结果

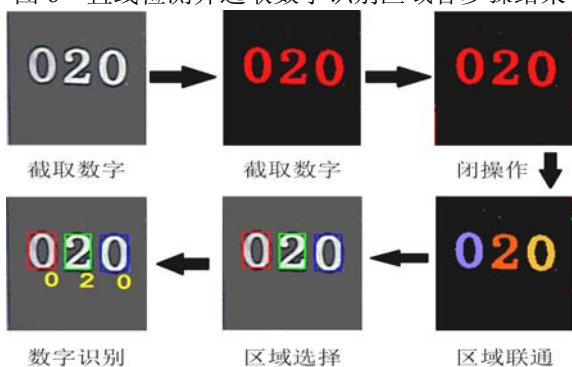


图 7 系统数字识别各步骤结果

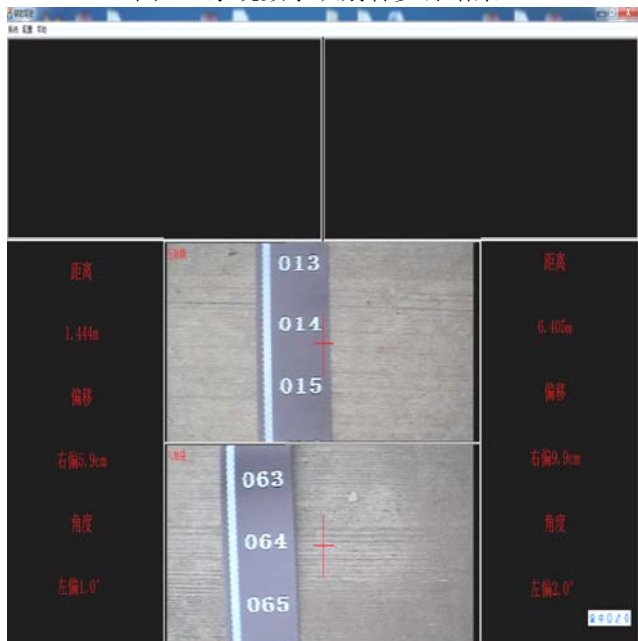
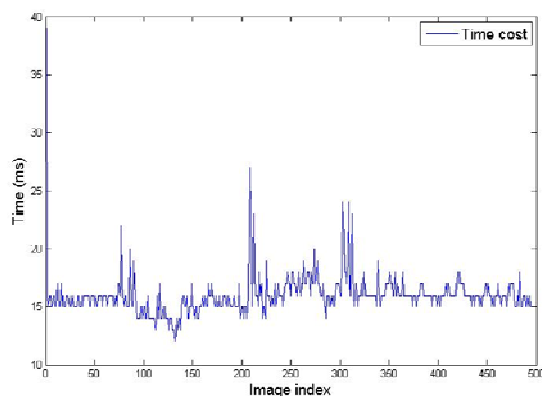
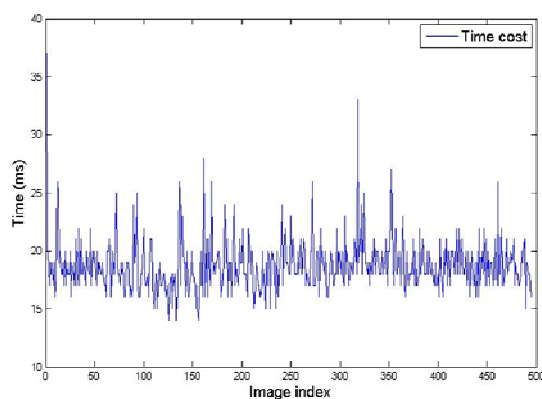


图 8 返回到驾驶室的检测结果

为了验证系统的实时性能,我们测试了单相机模式下和双相机并行处理时的处理时间,测试所得的实验数据如图 9 所示。



(a)单相机模式



(b)双相机模式

图 9 不同相机模式下的处理时间

根据上述结果可以得出本文所设计系统对每帧图像的定位定向检测时间小于 30ms,在单相机模式下每帧平均处理时间为 15.9919ms,双相机并行处理时每帧平均处理时间为 18.7556ms,完全满足大型车辆停车时的实时定位定向的要求。

为了验证系统的定位定向精度,我们进行了车不动,指示带移动的测试,指示带上白色直线在印刷时固定为 1cm 宽,各组数字中心距固定为 10cm,我们将指示带白色直线外侧对准红色定标(图像中心),此时系统反馈的偏移距离精度小于 1mm;我们将红色定标对准两组数字中心,此时系统反馈的纵向精度小于 1cm,符合我们系统的准确性要求;

为了验证使用本系统能提高大型车辆定位定向的执行效率,我们进行了 3 次对比实验,分别从相同的起点出发,开始计时,直到定点定向达到要求后停止计时,对比实验中未使用本系统的平均耗时为 21 分 15

秒,号手 2 名,驾驶员 1 名;使用了本系统的平均耗时为 6 分 07 秒,号手 0 名,驾驶员 1 名,符合我们系统设计的快速性要求。

3 结语

针对大型车辆在装卸货物过程中容易出现定位和定向误差较大而需多次调整,从而影响工作效率的情况,本文将计算机视觉技术引入到大型车辆定向定位中,通过视觉处理算法对辅助条带的进行方向估计和字符识别解码,获得了车辆的定位定向信息。实验分析表明,无论是定位定向效率,还是定位定向精度,都能够满足大型车辆快速定位定向的需求,可以有效缩短大型车辆在装卸货物时定点定向所需的时间。

参考文献

- 1 孟焱,孙军,汤一平.基于机器视觉的停车位检测技术的研究.计算机测量与控制,2012,20(3):638-641.
- 2 王家恩.基于视觉的驾驶员横向辅助系统关键技术研究[学位论文].合肥:合肥工业大学,2013.
- 3 Botterill T, Mills S, Green R. Bag of words driven, single camera simultaneous localization and mapping. Journal of Field Robotics, 2011, 28(2): 204-26.
- 4 Davison AJ. Real-time simultaneous localisation and mapping with a single camera. 2003 Proc. of Ninth IEEE International Conference on the Computer Vision. IEEE. 2003.
- 5 Song S, Xia S, Teng Z, et al. A precise and real-time loop-closure detection for SLAM using the RSOM tree. Int J Adv Robot Syst, 2015, 12(73).
- 6 Gonzalez RC, Woods RE. Digital image processing prentice hall. Upper Saddle River, NJ, 2002,
- 7 刘春阁.基于 Hough 变换的直线提取与匹配[学位论文].葫芦岛:辽宁工程技术大学,2009.
- 8 Bradski G. The opencv library. Doctor Dobbs Journal, 2000, 25(11): 120-126.