

基于视频图像的工业仪表高速自动识别

唐 磊, 毕明德, 孙志刚*

(华中科技大学 图像信息处理与智能控制教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要: 针对工业现场高速变化的灯板仪表全自动检测的问题, 提出了一种基于图像识别的检测方法。本方法采用高速工业相机获取仪表视频图像, 并采用数字图像处理技术, 对单帧图像用 OSTU 算法进行二值化分割, 运用邻域平均法进行平滑处理, 通过闭运算以完成去噪, 运用 Hough 变换以实现对灯的逐一定位, 并用灰度检测法对灯状态进行判读, 最后保存视频。研究结果表明, 该算法可靠有效, 系统能够高速准确地应对仪表位置的变化, 为进一步的一般化视频检测奠定了基础。

关键词: 视频处理; 模式识别; 去噪算法; Hough 变换; 自动定位

中图分类号: TH86; TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1001-4551(2010)09-0069-04

An high-speed and automatic recognition method of the industry meter based on video images

TANG Lei, BI Ming-de, SUN Zhi-gang

(Image Processing and Intelligent Control Key Laboratory of Education Ministry of China,
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Aiming at the problems of the automatic detecting the status of a highly variable lights meter which is located in industrial site, a method based on digital image recognition was introduced. A high-speed industrial camera was used to catch video images of a lights meter. Having digital image processing technology being used, every single image frame was segmented by means of OSTU algorithm, smoothed by adjacent region average method and denoised by closing operation. Then every light was located through Hough transformation and the lights' status were then judged by way of gray-scale detection. At last the whole video was saved. The results indicate that the algorithm is reliable and effective while the system is sensitive and accurate to the variation of the meter's location which lays foundation for the futher more generalization video detecting.

Key words: video processing; pattern recognition; denoising algorithm; Hough transformation; automatic positioning

0 引 言

工业自动化要求机器设备或生产过程在不需要人工直接干预的情况下, 按预期的目标实现测量、操纵等信息处理和过程控制。其中, 对信息准确及时地获取和处理对生产过程有着至关重要的影响。现代工业现场生产信息的获取大部分依靠配套的仪表, 这些仪表通常具有变化速度快, 位置不固定等特点。而传统的人工读表方式因为其固有的速度慢, 易出错, 精度低等

缺点, 已经不能满足现代工业生产的需求。采用机器视觉代替人的视觉, 利用视频图像识别技术, 图像处理, 通信技术来实现仪器仪表读数的高速自动识别成为可能^[1-2]。同时, 随着机器视觉技术的发展, 可以处理的仪器仪表的速度及复杂度也不断提高。

本研究针对高速变化且位置不固定的仪表的自动识别, 提出了一系列去噪、定位及识别算法, 并开发出一套基于计算机的高速自动识别系统。

1 系统工作原理

在工业仪表面板上,各类指示灯以多种方式进行亮灭动作,高速工业相机对仪表面板进行拍摄,获取灯动态视频,以完成视频图像的实时采集,并将图像传至工控机并进行视频的处理、定位和判读。这主要包含以下两方面。

(1) 自动定位。

系统需要对成线性排列的灯进行跟踪监测,首先要对灯进行定位。考虑到实验灯板实际特征,本研究选择线检测作为对灯定位的基本方法^[3]。

普通的线检测是利用线模板对已知图像进行匹配,模板会对水平、竖直以及倾斜的方向的线条有较强的响应。在一个不变的背景上,当线条经过模板的中间线权值一线时会产生响应的最大值^[4]。在本研究实验中,线检测如图 1 所示。

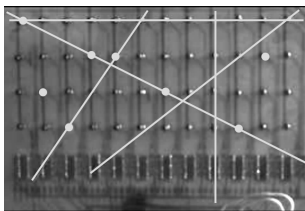


图 1 对线性排列的检测

但此方法局限性较大,它只对特定方向上的线感兴趣。在工业现场中,摄像机或信号灯面板难免会有稍许的位移,这时已有的模板便失去了作用,因此可以考虑用 Hough 变换来实现。Hough 变换可以检测已知形状的目标,可以是直线,也可以是其他任何形式的曲线,而且受噪声和曲线间断的影响小。在本研究实验中,Hough 变换的目标是定位出面板上 4 行 12 列共 48 盏灯。

(2) 自动识别。

对单帧完成定位,在各灯位置确定的情况下,以每个灯为中心的连通区域作为灯所在区域,通过灰度检测算法实现对灯状态变化的快速判定^[5]。

2 系统设计

(1) Hough 变换^[6]。

考虑图像中一点 (x_i, y_i) ,以及一条直线的斜截式方程 $y_i = ax_i + b$ 。通过点 (x_i, y_i) 的直线有无数条,且对不同的 a 和 b 值,它们都满足这个等式 $y_i = ax_i + b$ 。将等式写成 $b = -x_i a + y_i$ 的形式并参考 ab 平面,将得到对于定点 (x_i, y_i) 的唯一直线方程。

$x - y$ 坐标和 $a - b$ 坐标如图 2 所示, $x - y$ 坐标中的点 $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ 对应于 $a - b$ 坐标中的两条直线的交点,其实有无数对直线都可交于此点。而 $a - b$ 坐标中点 (a', b') 对应于 $x - y$ 坐标中的一条直线。实际所需要的 (a', b') 值是能够横贯仪表灯板上 4 行各 12 盏灯的直线参数,再由垂直关系定出纵向 12 列各 4 盏灯。

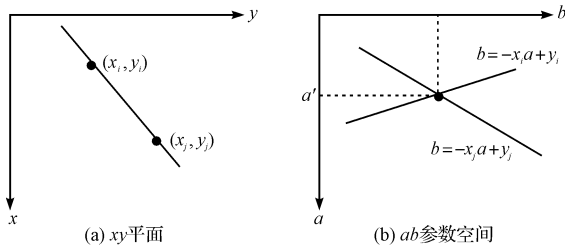


图 2 xy 平面及 ab 参数空间

由于 $x - y$ 坐标中的垂直线 a 值为无穷大,给计算带来不便,本研究通过改斜截式方程为极坐标方程来解决这一问题。直角坐标 $x - y$ 中一点 (x, y) ,经过极坐标变换:

$$p = x \cos \theta + y \sin \theta$$

在极坐标 $\theta - p$ 中变为一条正弦曲线, θ 取 $(-90^\circ, 90^\circ)$ 。在实验中,考虑到仪表灯板本身可能存在的偏转,造成位置上的变化,笔者取 θ 的最大偏转角为 30° ,以适应检测物体被强干扰下的情形。

Hough 变换将参数空间进一步分割为累加器单元,如图 3 所示。

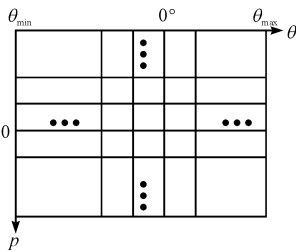


图 3 将 $\theta - p$ 平面细分为不同单元

极坐标 $\theta - p$ 上的一点 (θ, p) ,对应于直角坐标系 $x - y$ 中的一条直线,而且是一一对应。将极坐标 $\theta - p$ 量化成许多小格。根据直角坐标中每个点的坐标 (x, y) ,在 $\theta = -90^\circ \sim 90^\circ$ 内以小格步长计算各个 p 值,所得值落在某个小格内,使该小格累加器计数器加 1。当直角坐标中全部的点都变换后,对小格进行检验,计数值最大的小格,其 (θ, p) 值对应于直角坐标中所求直线^[7]。在实验中,由于每行横向灯有 12 盏,为共线灯数最多的情形,计数值最大值的直线必然能够横贯这 12 个灯区域,因此可作为所求的辅助定位直线,然后在这 4 条直线的垂直方向找到 12 条直线分别贯穿每列

的4盏灯,从而完成定位。需要注意的是,在用 Hough 变换之前要做好图像帧的二值化和去噪工作。

(2) 定位算法实现。

步骤1:二值化图像帧^[8]。

采集到一帧图像(640×480),图像为三通道(RGB 图像)。首先求出原始图像的灰度图像。利用 OSTU 分割方法求出分割阈值 T。令原始图像每一像素点 R 值减去此点灰度值,并拿差值与阈值 T 比较,小于 T 则将该像素点值置零。再次遍历图像,将图像二值化。

步骤2:去噪^[9]。

首先,对图像帧运用邻域平均法进行平滑处理;然后,对图像帧进行闭运算,进一步去除未平滑掉的毛噪点;最后,遍历图像帧中每个像素点,对每个像素的邻接像素进行判断,如为非零,则转移至此像素并对其邻接像素进行判断。如图4所示,遍历至 a,若 a 非零,则考察其上、下、左、右4个相邻像素位置,其中包括 b,若 b 非零,则对 b 进行与 a 相同的操作。直至找不到非零点,从而确定出一块连通区域。

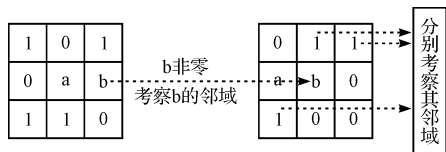


图4 像素邻接区查询示意图

求出各连通区域像素和,去除偏大偏小者。计算连通区域宽和高,去除宽度高度偏大偏小者,去除宽高比过小或过大者。最后剩下的各连通区域,为各信号灯区域,进而得出进行 Hough 变换的稀疏矩阵。

步骤3:灯的定位(Hough 变换)^[10]。

遍历稀疏矩阵各非零点,把点坐标 (x, y) 代入方程 $p = x \cos \theta + y \sin \theta$, θ 值范围为 $(-90^\circ, -60^\circ)$, $(60^\circ, 90^\circ)$, 每 1° 为单位,可得出各累加器值。

取累加器最大的4个值,给出相应的 (θ, p) 值,由此可得出横排4行灯所在直线方程。

按 p 值从大到小, $(\theta_1, p_1) \sim (\theta_4, p_4)$ 对每个连通区域,代入其各个点,只要该区域中遇到满足 $p = x \cos \theta + y \sin \theta$ 方程点,即表示该直线穿过该区域,标记该区域。依此方法定出各个连通区域(灯)共线的关系。此时,如果此4条直线出现多条都穿过同样的12区域的情形,则取共线像素点最多者,然后再由大到小取累加器值。

在以上4条直线的垂直方向进行同样的查找,找出12条直线,并分别确定出其共线的4个区域。画出各个灯区域二值图,标记出所有直线。

到此,完成单帧各灯定位。

(3) 自动识别与视频保存。

对完成灯定位的图像单帧,在已标注的横竖直线交点处,计算每一帧 $frame_n$ 各连通区域的均值 u_n , 标准差 σ_n , 并对比查看前一帧图像在此区域的灰度均值 u_{n-1} , 若 u_n 落在 $frame_{n-1}$ 的4倍 σ_{n-1} 之外,则判为灰度差别过大,进而认定为灯状态发生了变化^[11]。

同时,另有线程完成视频压缩保存,并将完整无压缩图像帧发送至上位控制机。

对读取的每一帧图像,都要完成定位、识别、发送、压缩保存这一过程,而帧率为100 fps,可对10 ms 指示灯发生的变化作出自动判别。也正是由于速度上的保证,才能使得此自动识别系统有了很高的环境适应性。

3 实验结果及分析

系统硬件采用 EPM3128CPLD 为核心芯片的电路板,通过编程实现灯的各种亮灭状态,用以模拟工业现场仪表。指示灯最短变化间隔大于10 ms。

本研究采用 VC++6.0 的 MFC 编程来完成软件平台的搭建,其中部分函数用 OpenCV 的库函数实现。相机型号是微视工业彩色面阵相机 MVC-610DAC-GE110,帧率100 fps。

实验结果如图5、图6所示。

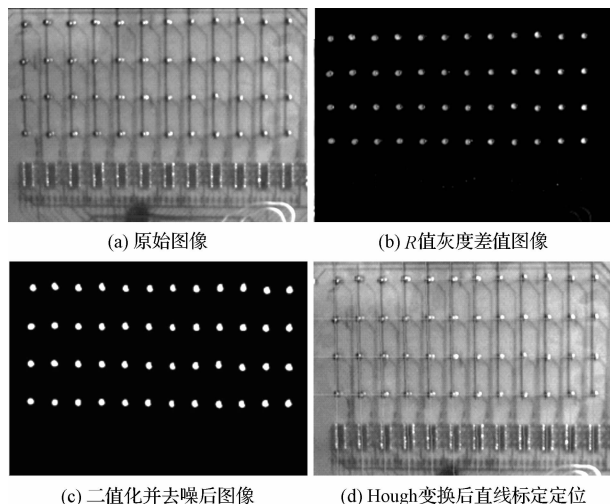


图5 信号灯定位过程各步骤截图

如图5所示,既为整个机器学习过程,也是定位的过程。

完成学习之后,再对视频进行实时检测、保存,并对灯的亮灭情况进行判断。

由图5(d)可看出,各个灯定位非常准确。由于采用了单帧定位法,在100 fps的相机帧率下,可以实现

(下转第75页)

制使得磁感应强度波形为正弦,最后同步采样励磁电流和感应电压信号进行铁损计算。

实验结果表明,用数字反馈实现波形控制,能够很好地保证磁感应强度及波形系数误差均小于0.1%,满足单片铁损测试过程中磁感应波形正弦的要求;从而使铁损测试过程速度快、测试结果精度高,能满足用户对电工钢片铁损测试的需要。

参考文献(References):

- [1] 何忠治. 电工钢[M]. 北京:冶金工业出版社,1997:29-30.
- [2] 国家标准化工作委员会. GB/T 3655-2008 用爱波斯坦方圈测量电工钢片(带)磁性能的方法[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [3] SIEVERT J. 电工钢片磁性的计量问题[J]. 中国计量学院学报,2008(2):91-97.

- [4] 程志光,高桥则雄,博扎德·弗甘尼,等. 电气工程电磁热场模拟与应用[M]. 北京:科学出版社,2009:125-126.
- [5] IEC 60404-3 Ed. 2. 1: 2002, Magnetic materials. Part3: Methods of measurement of the magnetic properties of magnetic sheet and strip by means of a single sheet tester[S].
- [6] 叶芬斌,[日]浅井博文,陈志明,等. 铁损测试仪的校准方法之研究(一)[J]. 电子质量,2003(10):20-21.
- [7] 淦君载,冯国华,王连弟. 电磁测量数字化及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1989:327-329.
- [8] 周乃明,施乾信,王兵. 采用 C8051FO20 DAC 产生任意波形[J]. 电子工程师,2006(8):27-29.
- [9] MATSUBARA K, TAKAHASHI N. Acceleration technique of waveform control for single sheet tester[J]. **IEEE Transactions on Magnetics**,1995,31(6):3400-3402.
- [10] [日]远坂俊昭. 测量电子电路设计——滤波器篇[M]. 北京:科学出版社,2006:21-25.
- [11] 白居易. 直接数字频率合成[M]. 西安:西安交通大学出版社,2007:23-24. [编辑:柴福莉]

(上接第71页)

对灯板的实时定位,即使灯板位置有了稍许改动,除去大于30°以上的偏转,系统都可以将其实时定位,从而保证了系统有了较高的精确度,如图6所示。



图6 有一定背景干扰下对灯板位置的高精度适应

实验结果表明,在高速情形下,如分辨率为640×480,本系统完全能够处理视频的检测及保存,检测也达到了较高的精确度。

4 结束语

本研究主要针对工业现场高速变化的指示仪表,采用机器视觉的方法,以高速工业相机代替人眼观察现场的仪表,并结合仪表特点,开发出一套适应性较强的高速识别算法。系统采用OSTU分割法、二值化、领域平均法平滑以及闭运算等一系列操作完成去噪也即图像预处理过程,采用Hough变换对各灯所在区域进行定位,并通过灰度的计算完成对灯状态的检测。实验结果表明,本研究采用的方法相对于传统识别算法,具有算法简明、实时性高、环境适应性强等特点,适用于灯排列基本线性的情况,而对其中Hough变换的扩展应用则可以使系统适用于非线性排列物体检测的情形。

参考文献(References):

- [1] MCCALL C, MOHAN M. Video-based lane estimation and tracking for driver assistance: survey, system and evaluation [J]. **IEEE Transaction on Intelligent Transportation System**,2006,7(1):20.
- [2] 胡习林. 智能仪表直读装置中的图像处理及识别算法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学自动化学院,2008.
- [3] LEE J W. A machine vision system for lane departure detection [J]. **Computer Vision Image Underest**,2002,86(1):52.
- [4] 尹传历,刘冬梅,宋建中,等. 基于视频图像的数字仪表读数自动识别[J]. 微计算机信息,2008,24(10):219-221.
- [5] ZHOU Yong, XU Rong, HU Xiao-feng, et al. A robust lane detection and tracking method based on computer vision[J]. **Measurement Science and Technology**,2006,21(14):736.
- [6] GONZALEZ R C, WOODS R E. 数字图像处理[M]. 阮秋琦,阮宇智,译. 2版. 北京:电子工业出版社,2008:462-478.
- [7] LI Qing, ZHENG Nan-ning, CHENG Hong. Springrobot: a prototype autonomous vehicle and its algorithms for lane detection [J]. **IEEE Transactions on Transportation System**,2004,5(4):300.
- [8] 李 梁,陈建勋. 基于二值图像的线检测法—蛙跳算法[J]. 计算机工程与设计,2009,30(10):2477-2479.
- [9] 范江涛,汪仁煌,周 武,等. 基于数字图像处理技术的针式仪表读取识别[J]. 广东工业大学学报,2007(12):76.
- [10] 杨喜宁,段建民,高德芝,等. 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):292-298.
- [11] 张 潮,汤心溢,李范鸣. 基于灰度峰谷点的快速识别定位算法[J]. 科学技术与工程,2007,7(9):1936-1938. [编辑:柴福莉]