

一种仪表指针位置检测的中心投影法^{*}

陈 彬, 金连文

(华南理工大学 电子与信息学院, 广东 广州 510640)

摘 要: 该方法先用 Hough 变换进行初始化的仪表指针中心点检测,然后将指针图像向中心点进行投影来搜索检测指针位置。实验结果表明:该方法能较准确地指针检测识别精度,同时与传统的 Hough 变换相比,运算速度能提高 3~4 倍左右,并可以大大减少存储空间。

关键词: 中心投影; Hough 变化; 直线检测

中图分类号: TP391. 41 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005) 01-0246-03

A New Meter Dial Indicator Detection Method Based on Center-point Projection

CHEN Bin, JIN Lian-wen

(School of Electronic & Information Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640, China)

Abstract: The Hough transform is firstly used to detect the center point of the dial. The dial image is then projected to the center point and the dial indicator is finally detected from the image center-point-based projection. Experiments show that the proposed method works very well for the dial indicator detection. Comparing with the classical Hough transform, it has the merit of fast processing speed and very low computation storage.

Key words: Center-point Projection; Hough Transform; Line Detection

1 引言

0.5 级以上各种模拟指示(指针式)标准交、直流电表在电量测量中占据很重要的作用,目前我国电力系统、铁路系统、厂矿企业、全国各省市计量部门中使用仍然十分广泛。而对这些高精度标准表进行检定,对安全、高质量生产起着至关重要的作用。几十年来,我国电学计量行业普遍采用繁重的人工仪表检定方式来对仪表进行校验检定:需要人手触摸开关来控制电量输出,同时人眼睛注视被检仪表的指针位置,并需要记录数据。2~3 个小时才能检测一块多量程的仪表(不包括数据处理),检定人员已疲劳不堪了。由于采用人工操作来检表,必然存在人为误差、视觉误差。

本文提出将利用最新的计算机信息处理技术和图像识别及自动识别技术,从摄像设备读入仪表指针的图像进行图像识别和理解,代替人眼读数,从而实现对各种指针式仪表进行自动智能化检定,并自动处理各种烦琐的检定数据。由于指针式仪表及大多数数字表没有计算机接口,并且仪表精度高(误差小于 0.5%),因此在检定中要自动读取仪表读数是实现检定自动化的关键技术之一。本文将研究基于图像处理技术来解决这一关键难题,主要研究思路包括:①利用摄像设备及图像捕捉卡采集表盘图像数据,进行图像去噪声、图像增强处理;②对增强的图像进行自动阈值化(二值化)、边缘检测、目标检测处理,最终达到对仪表有效显示区域进行精确定位;③对表盘

图像的自动分割处理,自动检测仪表刻度线位置以及自动检测仪表指针位置,最终获取仪表读数。

要识别仪表的刻度关键就是在于识别仪表的指针位置,即提取指针对应的直线。直线提取的算法也备受人们的关注,近 20 年来,人们提出了许多算法,它们各有优缺点。其中 Hough 变换^[1]是应用最广泛的方法之一,其优点是抗噪性能好,且能连接共线短直线;但缺点是参数难以选择,且计算十分复杂。Nevatia 提出的启发式连接算法^[2],其不足之处是对边缘检测的结果比较敏感,且容易产生断裂的短直线。Boldt 提出的层次记号编组法^[3],能快速提取直线,且能连接共线短直线,但参数难以选择,提取直线分辨率低。Burns 设计了相位编组法^[4],克服了已有算法只依据图像梯度的幅度信息来提取直线的缺点,因而在提取低对比度直线时有明显优势,但是抗噪性不好,对噪声很敏感。

对仪表图片的分析我们得知,仪表的指针在摆动过程中其实有一点是固定不变的,我们称为中心点,而且指针又是图片上最长的一条直线,因此只要将图片上的点向这个中心点投影,那么最大值对应的直线就是仪表的指针,这样我们就可以确定指针的角度了。

2 仪表刻度检测原理及方法

图 1 说明了本文提出的仪表刻度检测的基本原理。首先使用摄像头拍下仪表指针的图片传送给计算机,然后再对图片进行预处理、边缘检测、二值化、再用中心投影法确定仪表指针的角度,最后根据存储的数据库来确定指针的刻度。对于中心点的确定,可以利用 Hough 变换来确定。对于一种新类型的仪表,可以先测出其零刻度、满刻度两个相关刻度的角度,然后求

交点得到中心点位置。

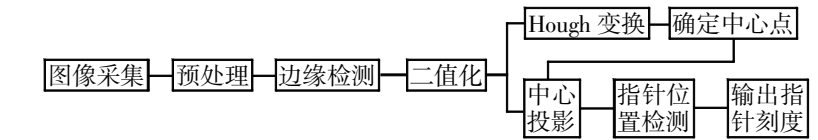


图 1 中心投影仪表指针检测原理框图

2.1 仪表图像的预处理

对图像的预处理包括图像去噪和图像的灰度拉伸两个部分。当图像输入到计算机的时候,由于各种因素的影响,使图像上有了各种各样的噪声,为此,我们使用中值滤波法对图像首先进行噪声滤除。通过图像拉伸增加了图像的对比度,避免了图像灰度集中在较暗的区域导致的图像偏暗,或图像灰度集中在较亮的区域导致的图像偏亮,改善了图像质量。

2.2 边缘检测

因为要检测的目标就是仪表中的指针,根据对图像灰度的分析我们知道,指针处的灰度和周围像素的灰度不同,而且有较大变化,因此我们用边缘检测算子来检测指针。通过对常用的各种边缘检测方法^[5~8],如 Laplacian 算子、Laplacian-Gauss 算子、Prewitt 算子、Robert 算子、Sobel 算子、Sobel 垂直算子、Sobel 水平算子的比较,发现 Sobel 垂直算子最适合对指针的检测,实验结果如图 2 所示。因为 Sobel 垂直算子可以避免仪表上垂直直线的影响,而且有相对较高的对比度和较少的噪声,所以比较适合对仪表图片进行边缘提取。

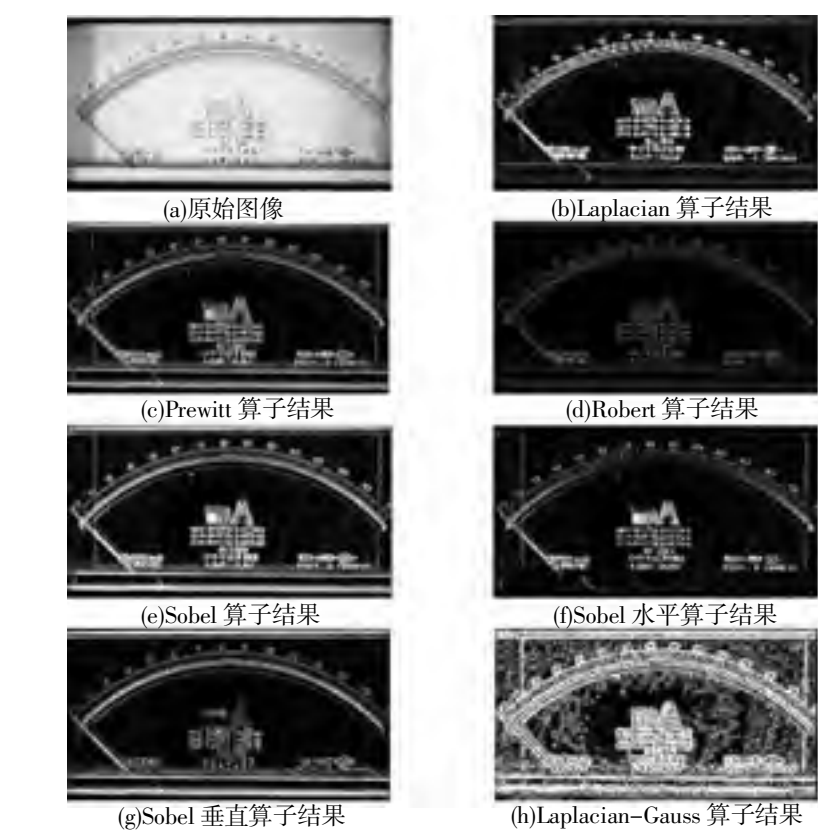


图 2 各种边缘检测的结果

2.3 确定指针角度

(1) Hough 变换检测直线的基本原理

Hough 变换就是把二值图变换到 Hough 参数空间,该空间由累加器组成,而累加器是直线参数的函数。Hough 变换中,同一直线上的点对应着同一累加器,并且直线上每一点引起对应的累加器的值加 1,从而在 Hough 参数空间形成一个与直线对应的局部最大值。

二值图像中直线可用如下方程表示为

$y = mx + b$ (1)

其中, x, y 是直线上点在二值图中的坐标, m 代表直线的斜率, b 代表直线在 y 轴上的截距。

在 Hough 参数空间直线方程可表示为

$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$ (2)

如图 3 所示, (x, y) 表示直线在二值图中的坐标, ρ 和 θ 是 Hough 参数空间的参数,其中 ρ 代表原点到直线的距离, θ 代表距离直线和 x 轴的夹角。

为找到直线段,可建立一个在 $\rho-\theta$ 空间的二维直方图,对每个点 (x_i, y_i) ,将给所有于该点 Hough 变换对应的 $\rho-\theta$ 空间的直方图累加 1,对所有点变换完后,对 $\rho-\theta$ 空间的直方图进行局部最大值搜索,以获得直线段的参数 (ρ, θ) 。

(2) 结合 Hough 变换的中心投影法

Hough 变换虽然能很准确地找出指针,但是计算量巨大,即使是一些改进的 Hough 变换算法计算量仍然很大。考虑到对仪表指针的测量不仅仅是一两次,而且仪表的指针在摆动过程中其中心点是固定不变的,我们可以先找出其中心点,这样以后要对这类仪表的指针确定角度就可以采用中心投影法来检测指针位置。

所谓中心投影法,就是将图片上的特征点向确定的中心投影,每个投影点都将对应一个角度 θ 每个角度对应一个数组 $A(\theta)$,当有一个点投向这个角度时,这个角度对应的数组增加 1,最后对角度数组进行局部最大值的搜索,这样就可以获得直线段的角度了。图 4 为中心投影的示意图,其中星号是特征点的位置, O 为中心点。对两幅不同亮度的仪表图像进行中心投影的结果如图 5 所示,其中横坐标代表角度,纵坐标代表角度的数组值。从图 5 中我们可以看到,中心投影后峰值位置(以角度表示)通常代表了仪表指针位置。

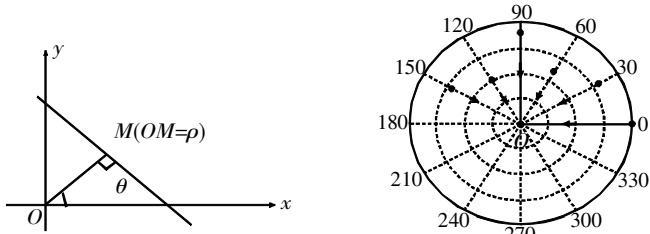


图 3 (x, y) 和 (ρ, θ) 的关系

图 4 中心投影示意图

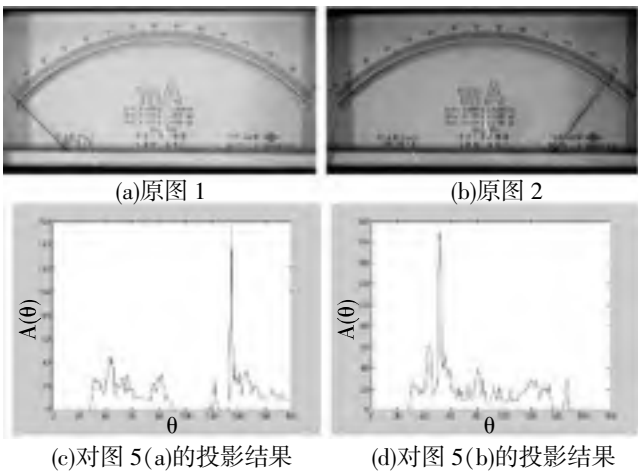


图 5 中心投影的结果

中心点 O 的确定是中心投影法的关键步骤之一,对于中心点 O ,我们用 Hough 变换来确定。首先用 Hough 变换求出指针在零刻度时对应的直线 A ,再用 Hough 变换求出指针在满刻度时对应的直线 B ,然后求出直线 A, B 的交点 O ,就是这种仪表的中心点了。

3 实验结果

我们分别用 Hough 变换和中心投影法对不同的指针图像识别,部分实验结果如图 6 所示及表 1 所示,图 6 中白线表示检测到的直线。

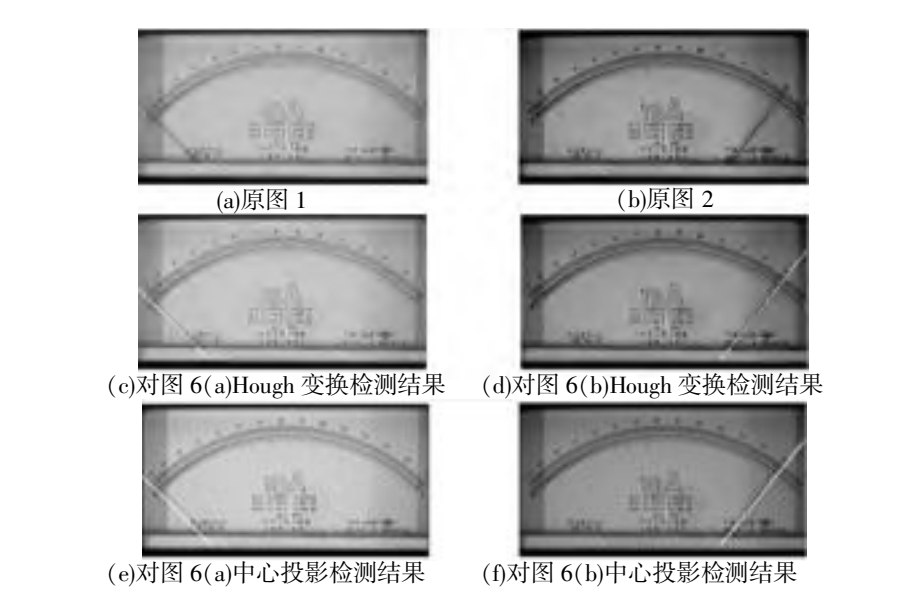


图 6 Hough 变换和中心投影指针检测结果

表 1 Hough 变换和中心投影法的比较

图片	真实刻度 (mA)	Hough 变换			中心投影法		
		刻度 (mA)	偏差 (mA)	时间 (ms)	刻度 (mA)	偏差 (mA)	时间 (ms)
1	0	0	0	187	0	0	47
2	30	30	0	219	30	0	46
3	40	39.43	0.014	172	40.85	0.021	31
4	70	69.29	0.010	139	70.28	0.004	46
5	78	77.14	0.011	250	78.03	0	47
6	88	86.57	0.016	264	87.32	0.007	31
7	97	97.57	0.006	219	98.17	0.012	46
8	107	105.43	0.015	155	107.46	0.004	46
9	129	127.43	0.012	171	129.15	0.001	47
10	140	140	0	234	0	0	34
		平均偏差 (mA)		0.0084	平均偏差 (mA)		0.0049
		平均时间 (ms)		201	平均时间 (ms)		42.1

表 1 中平均偏差根据式(3)和式(4)计算得出:

$$\text{Error} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i$$

(3)

$$\varepsilon_i = \frac{|t_i - b_i|}{b_i}$$

(4)

式中 ε_i 为每个刻度的偏差, t_i 为每个刻度的测量值, b_i 为每个刻度的真实值。

从实验结果我们看到, Hough 变换和中心投影法都能准确识别指针, 但是中心投影法的时间却只有 Hough 变换的四分之一左右, 大大提高了系统的性能。假如图像中有 N 个特征点

(通常 N 大于 20), 那么 Hough 变换需要 $180 \times N$ 个数组来存储参数, 而中心投影法只需 180 个数组, 因此可以大大节省存储量。

上述实验环境为 CPU 为 P4 1.8GHz, 内存为 512MB, 图像分辨率为 320×240 。

4 结论

本文提出了一种结合 Hough 变换的中心投影法来检测仪表指针刻度, 与传统的 Hough 变换相比, 运算速度能提高四倍左右, 同时可以大大减少存储空间, 具有较准确的指针检测识别精度。

参考文献:

[1] Illingworth, J Kittler. A Survey of the Hough Transform[J] . Com-
pute Vision Graphics Image Process, 1988, 44: 87-116.

[2] Nevatia R, Babu K. Linear Feature Extraction and Description[J] .
Computer Graphics and Image Processing, 1980, 13(3) : 257-269.

[3] Boldt M, Weiss R, *et al.* Token-based Extraction of Straight Lines[J] .
IEEE Transaction on System, Man Cyber Netics, 1989, 19(7) : 1581-
1594.

[4] Burns J, *et al.* Extracting Straight Lines[J] . IEEE Trans. Pattern A-
nalysis and Machine Intelligence, 1986, 8 (4) : 425-445.

[5] D C Marr, E Hildreth. Theory of Edge Detection[M] . London: Proc.
Roy. Soc, 1980. 187-217.

[6] K S Shanmugan, *et al.* An Optimal Frequency Domain Filter for Edge
Detection in Digital Images[J] . IEEE Trans. Pattern Analysis and
Machine Intelligence, 1979, PAMI-1: 39-47.

[7] Prewitt J M S, Menclselohn M L. The Analysis of Cell Images[J] .
Annals of the N. Y. Academy of Sciences, 1966, 128: 1035-1053.

[8] Rafael C Gonzalez. 数字图像处理[M] . 北京: 电子工业出版社,
2003. 463-474.

作者简介:

陈彬(1980-), 男, 湖南岳阳人, 研究生, 研究方向包括图像处理、模式识别; 金连文(1968-), 男, 学士, 博士, 主要研究方向为人机交互智能接口、中文信息处理、图像处理等。

(上接第 212 页) 信息的准确性越高, 越能在选路时提供保证服务质量情况下代价最小的路径; 但同时更新频率的提高, 网络的开销也要增加, 所以需要寻找一个平衡点。当前常见的更新机制有: ①周期性更新。周期性更新策略是基于时间变化的更新策略, 每隔一个固定时间发送一次节点状态信息。②带宽变化更新。带宽变化更新策略是基于带宽变化的更新策略。③有时间控制的更新策略。有时间控制的更新策略是在带宽变化策略基础上加入时间控制的更新策略。

本系统中, 我们在路由器和主机中都维持一种软状态, 所以需要更新机制。我们在本系统中采用周期更新机制, 主要原因是此机制简单, 高效, 不需要太多的系统额外开销, 同时能保证大多数服务要求。

3 总结

基于微通信元架构的 QoS 模型基本上实现了在新型网络体系结构中保证特定 QoS 的服务, 是对新型网络体系结构——微通信元系统架构的扩展和补充。

参考文献:

[1] eng Jiazhi, *et al.* Service Unit Based Network Achitecture[C] .
PDCAT '03. Proceedings of the 4th International Conference, IEEE
Press, 2003. 12-16.

[2] Adolfo Rodriguez, John Gatrell. TCP/IP 权威教程(第七版) [M] .
北京: 清华大学出版社, 2002. 411-422.

[3] R Braden, *et al.* Resource ReSer-Vation Protocol (RSVP) version 1
Functional Pecification [DB/OL] . [http://www.ietf.org/rfc/](http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt?number=2205)
[rfc2205.txt? number = 2205](http://www.ietf.org/rfc/rfc2205.txt?number=2205), 1997.

[4] Z Zhang, *et al.* Quality of Service Extensions to OSPF or Quality Of
Service Path First Routing(QOSPF) [DB/OL] . [http://citeseer.nj.](http://citeseer.nj.nec.com/zhang97quality.html)
[nec.com/zhang97quality.html](http://citeseer.nj.nec.com/zhang97quality.html), 1997.

[5] R Braden, *et al.* Integrated Services in the Internet Architecture: An
Overview[DB/OL] . [http://www.ietf.org/rfc/](http://www.ietf.org/rfc/rfc1633.txt?number=1633)
[rfc1633.txt? number = 1633](http://www.ietf.org/rfc/rfc1633.txt?number=1633), 1994-06.

[6] 徐鹏, 倪县乐, 金惠文, 等. MPLS 宽带网络技术讲座[Z] . 中国技
术通信, 2001. 3-8.

作者简介:

周坚(1975-), 男, 四川眉山人, 助理工程师, 硕士研究生, 主要研究方向为计算机体系结构、服务质量; 曾家智(1939-), 男, 四川成都人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为计算机体系结构。