

文章编号: 2095-4980(2017)02-0273-06

## 特种车辆仪表指针提取

郭迎春<sup>1</sup>, 张伏龙<sup>1</sup>, 张丹阳<sup>2</sup>, 白真龙<sup>3</sup>, 王涛<sup>1</sup>

(1.特种车辆研究所 综合保障室, 北京 100072; 2.中国人民解放军装甲兵工程学院 技保系, 北京 100072;  
3.北京科技大学 自动化学院, 北京 100083)

**摘要:** 提出了一种基于检测和验证相结合的指针综合提取方案, 目的是实现特种车辆指针式仪表图像识别的自动识别和自动矫正。该方案优化利用了 Hough 变换法、极坐标中心投影以及边缘点集合的最小二乘法等算法, 使得指针的自动提取无论针对何种品质的图像都非常准确。经验证, 采用该方法进行特种车辆仪表指针提取, 准确度达到 99% 以上。

**关键词:** 指针式仪表; 指针提取; 检测与验证

**中图分类号:** TN911.4

**文献标志码:** A

**doi:** 10.11805/TKYDA201702.0273

## Detection and verification based pointer extraction for special vehicle car dial instrument images

GUO Yingchun<sup>1</sup>, ZHANG Fulong<sup>1</sup>, ZHANG Danyang<sup>2</sup>, BAI Zhenlong<sup>3</sup>, WANG Tao<sup>1</sup>

(1.Special Vehicle Institute, Beijing 100072; 2.Academy of Armored Forces Engineering of PLA, Beijing 100072; 3.School of Automation, University of Science and Technology, Beijing 100083)

**Abstract:** A detection and verification based approach is applied to pointer exact extraction for automatical calibration and automatic recognition of dial instruments for vehicle car. The synthetic approach optimizes algorithms such as Hough Transformation, polar central projection, Least Square algorithm, etc., which brings the high performance to dial reading results. It is tested that, the veracity of the synthetic approach can reach above 99%.

**Keywords:** dial instrument with pointer; pointer extraction; detection and verification

特种车辆上有大量的指针式仪表, 为了对这些仪表的视频图像进行识别和校准, 需要准确提取仪表的指针。

基于图像识别的仪表分析系统有很多。其中 Correa Alegria 等在文献[1]中讲述了通过图像摄取采集到原始仪表盘图像, 然后采用 Hough 变换法计算出指针和刻度的相对位置, 从而得出指针读数。Sablatnig 等在文献[2]中提出了用于自动识别水表等刻度为一圆周的表的算法, 在图像分割后直接采用 Hough 变换法算出指针角度, 从而识别出指针读数。目前国内进行仪表自动识别技术研究的个人和团队有了一定规模, 比如王三武、戴亚文等研究的水表多刻度盘的图像识别检定系统取得了突出的成效<sup>[3]</sup>。常发亮等提出基于计算机视觉的实时表针方位自动检测方法, 并在变配电无人值守表针指示数据自动读取中进行了应用<sup>[4]</sup>。此外, 李铁桥和孙琳等对仪表进行了研究<sup>[5-6]</sup>, 岳国义等提到了智能识别指针刻度线, 这些研究都是针对指针偏角来对指针进行自动识别<sup>[7-9]</sup>。相对于前人的工作, 本文的工作有如下特点: a) 已有的研究中, 指针的提取主要是基于一种方法, 针对的是特定类型的仪表。在实际情况中, 仪表的种类非常多。单一方法的缺点是可能带来精确度不够。本文提出了一种基于检测和验证相结合的方法来进行指针提取, 综合了 Hough 变换法、极坐标中心投影、边缘点集合的最小二乘法等算法, 并且对指针的细微性进行了处理, 因此达到了更加精确提取指针的效果; b) 已有的研究主要针对工业仪表, 没有关于特种车辆仪表识别的讨论。而特种车辆仪表有自己独特的特点, 比如指针相对工业仪表更短, 仪表表盘大多为黑底, 中心点不在表盘中等, 这也给特种车辆仪表识别带来了很大的困难。

### 1 指针提取

为了更好地获取特种车辆的仪表指针, 提出了基于检测和验证的综合算法用以精确提取圆盘仪表的指针, 包

含 Hough 变换的方法、灰度图像的极坐标中心投影的方法、基于块分割和指针边缘点的最小二乘。

基于检测与验证的方法用于提取图像中的直线在文献[9]中得到了应用和阐述，但是文献[9]仅仅用于文档图像中直线的提取，而本文中用于特种车辆仪表的指针提取，其目标相似，但实际存在很大差异。

如图 1 是基于检测与验证的方法提取特种车辆仪表指针的算法的总流程图，其中 Hough 变换法与极坐标中心投影法作为指针检测方法，双边缘线规则和最小二乘法作为验证方法。对于采用 Hough 变换后，进行验证得到不可信结果的仪表图像，进行极坐标灰度投影法获取指针。下面进行详细的阐述。

### 1.1 根据 Hough 变换求得指针

由于指针是直线的，因此可以利用 Hough 变换检测直线的方法得到可能的指针的边缘线段，再由指针的边缘线段推算出指针的精确位置。

Hough 变换进行直线检测的基本思想是点—线的对偶性。在 XY 坐标系的图像空间里，所有过点 (x, y) 的直线都满足方程：

$$y = px + q \tag{1}$$

式中：p 为斜率；q 为截距。其对应的 PQ 坐标系的参数空间可以写成：

$$q = -px + y \tag{2}$$

如果 (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>), (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>) 在 XY 坐标系的空间中都在直线 y = px + q 上，也就是符合：

$$y_1 = px_1 + q, \quad y_2 = px_2 + q \tag{3}$$

那么在坐标系为 PQ 的参数空间中，会有：

$$q = -x_1p + y_1, \quad q = -x_2p + y_2 \tag{4}$$

也就是在坐标系为 PQ 的参数空间中上面对应 2 条直线相交于 (p, q) 这个点。

总的来说，在 XY 坐标系的图像空间中共线的点对应于在 PQ 坐标系的参数空间中相交的点。根据这个对偶性，Hough 直线变换的原理就是把 XY 坐标系里图像空间检测直线的问题转化到对参数空间中直线的交点，并根据交点 (p, q) 的累加值 A(p, q)，由 A(p, q) 的大小可以得到图像空间中直线 y = px + q 上的共线点的个数。

根据上述原理，可以用 Hough 变换求得线段。针对黑底特种车辆仪表图像，先对图像进行预处理，其中包括反色处理和边缘提取 2 个步骤，见图 2。

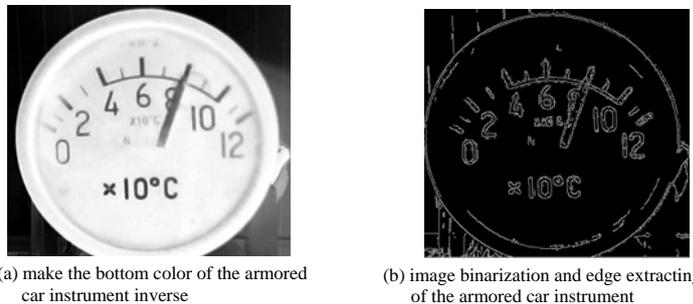


Fig.2 Pretreatment before the Hough transformation of the armored car instrument  
图 2 对特种车辆仪表进行 Hough 变换前的预处理

通过 Hough 变换找到可能的线段，如图 3 所示，根据圆盘中心点的位置，和圆盘边缘的位置，找到了很多直线线段。采用的是以下 2 项原则：

- 1) 指针的边缘线是仪表圆盘内最长直线段；
- 2) 指针的边缘线离指针固定点的距离很小。

首先计算每条线段的长度，然后计算每条线段离仪表指针固定点的距离，对线段的长度、其距离仪表圆中心

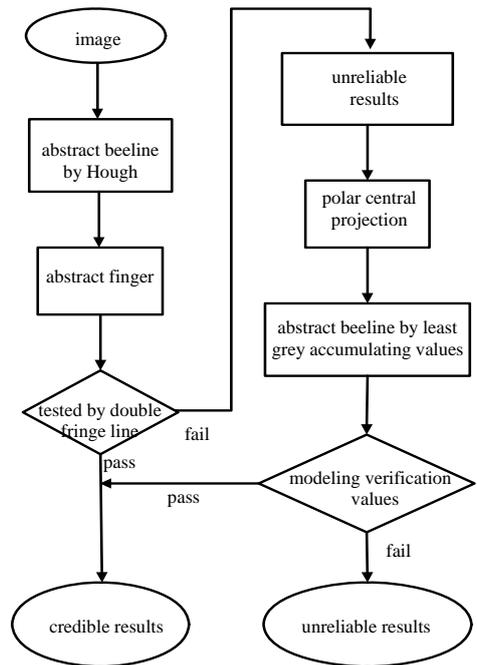


Fig.1 Pointer extraction integrated based on detection and verification  
图 1 基于检测与验证的指针提取综合算法

的距离等参数设置，便可得到可能的指针边缘线段，在图 3 由白色的 2 条直线表示。

如图 3 中，指针的中心线用红色线表示，指针两侧的边缘线用白色的线表示。在指针的边缘，用 Hough 变换找到了 2 条很长的绿白线。这 2 根绿线的中心线就是要寻找的指针。

对于能提取 2 条指针边缘线的情况，取这 2 条边缘线的中心线，就得到了指针的非常精确的位置。如果图像不够清晰，或者指针周围有文字和阴影干扰，往往只能准确获取一条指针边缘线，甚至不能准确获取指针边缘线，如图 4 所示，按 Hough 变换所得的角度和真实值有 0.026 rad 的偏差。



Fig.3 Line by the Hough transformation  
图 3 由 Hough 变换求得的直线段



Fig.4 Results of Hough transformation when only one edge line found  
图 4 只找到指针 1 个边缘线时 Hough 变换结果

Hough 变换往往找不到 2 条边缘直线，而只找到 1 条甚至 0 条边缘直线。对于有 2 条边缘指针直线的指针提取结果，图 1 通过了验证，其结果是可信的。对于只有 1 条边缘直线的指针提取结果，甚至 0 条边缘直线的指针提取结果，认为是不可信的，有偏差情况(1 条边缘直线)或者没有找到的(0 条边缘直线)指针提取结果，用极坐标中心灰度投影的方法进行进一步的指针提取。

对于用 Hough 变换可以找到 2 条边缘直线的指针，如图 5 所示，反过来可以去修正指针固定点，特别是指针固定点和圆盘中心重合的情况下。

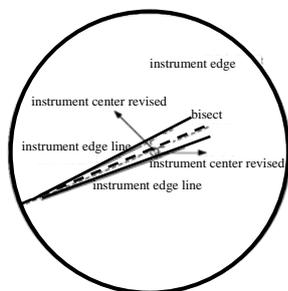


Fig.5 Results of Hough transformation with two edge lines found  
图 5 获得 2 条边缘线的指针处理结果



Fig.6 Pointers acquired by the method of the grey projection based on the polar center  
图 6 基于极坐标中心灰度投影方法获得的指针

### 1.2 极坐标中心灰度投影的方法

第 2 种方法直接在灰度图像上寻找指针的位置。根据仪表圆环所有点的灰度值在极坐标  $(r, \theta)$  和角度坐标  $\theta$  上进行投影，也就是在  $[0, 2\pi]$  空间上对不同的半径进行投影，取灰度累加的最小值求得指针的角度。如图 4 的特种车辆仪表中，由于指针部分是白色的，因此在角度空间上其针对不同方向的黑颜色的累加值会最小。如图 6 可以看出，指针方向上的黑颜色累加值远远小于其他部分的值。所以找指针角度问题变成了找极坐标投影、黑颜色累加值最小的问题。

基于极坐标灰度投影方法的优点是针对图像质量的鲁棒性比基于 Hough 变换的方法要好得多，这是因为基于极坐标灰度投影的方法在灰度图像上直接投影，而 Hough 变换针对的是二值图像；另外基于极坐标灰度投影的方法不会受



Fig.7 Image acquired by the method of the polar grey projection  
图 7 基于极坐标灰度投影的方法获取图像

指针旁边文字的影响。但是这种方法也有缺点,由于很多指针有一定的宽度,因此角度最大值的位置有时候并不是指针远处尖端中心的位置,可能是远处尖端边缘线的位置;因此当指针远处尖端有一定的宽度时,往往会有一些微小的误差,基于极坐标灰度投影的方法获取图像如图 7 所示。

### 1.3 最小二乘法求得指针

利用最小二乘法对指针的提取进行精确化处理。基于块分割和指针边缘点进行最小二乘法拟合提取指针的方法如下:首先将仪表图像二值化,然后进行连通域的求取,滤掉比较小的联通域块,求出中间的指针联通域块。在求出指针联通域块的基础上,针对指针周边的边缘点求出指针的精确位置。由于指针是由一系列单像素点构成,如图 8 显示了指针模型。黑色的单点表示指针边缘的一系列像素点。

最小二乘法理论描述如下,对于一系列指针边缘点 $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), 假设其符合方程 $y=ax+b$ , 那么需要满足如下的条件:

$$\sum_{i=1}^n \delta^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - (ax_i + b)]^2 \quad (5)$$

式中:  $x_i$  和  $y_i$  是像素点的水平和垂直坐标;  $\delta$  是它们的差;  $a$  和  $b$  是直线的参数。为了获取  $a$  和  $b$  的值, 构建式(2)。

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n [y_i - (ax_i + b)]^2 \quad (6)$$

为了使得  $F(a, b)$  最小, 计算方程:

$$\frac{\partial F}{\partial a} = \frac{\partial F}{\partial b} = 0 \quad (7)$$

也就是  $\frac{\partial F}{\partial a}$  和  $\frac{\partial F}{\partial b}$  是方程  $F(a, b)$  的偏微分, 等同于方程(8)。

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n [y_i - (ax_i + b)]x_i = 0 \\ \sum_{i=1}^n [y_i - (ax_i + b)] = 0 \end{cases} \quad (8)$$

在基于最小二乘法得到仪表指针的方法中, 首先获取指针的区域, 然后获取指针边缘的点, 最后用获取指针的最小二乘法的参数模型, 从而获取指针角度。

### 1.4 综合处理方法

Hough 变换方法作用在二值图像上, 如果用 Hough 变换找到 2 条指针边缘直线, 则指针的提取非常准确。但是针对图像质量不好, 或者指针旁边有文字或者表盘污渍、表盘光斑等干扰的情况, Hough 变换往往找不到 2 条边缘直线, 而只找到 1 条甚至 0 条边缘直线, 指针提取的准确度将会降低。

极坐标中心投影的方法作用在灰度图像上, 对图像的质量鲁棒性比 Hough 变换要好得多, 基本都可以找到指针。但是其对指针提取的精确程度不如能找到 2 条边缘直线的 Hough 变换法。特别是指针宽度比较大的情况下, 极坐标投影方法虽然能找到指针的大致位置, 但是由于指针宽度过大, 指针的位置不够精确。

综合 2 种算法的优缺点, 可使得指针的自动提取针对不同品质的图像都非常准确。所以优先对 Hough 变换法进行验证, 只有 Hough 变换方法得到的结果不可信的时候, 才用极坐标投影方法进行尝试。上述 2 种方法综合就可以求得可信的精确的指针位置, 综合提取指针的方法如流程图 1 所示。

如果基于 Hough 变换的方法能求得指针的 2 条边缘线段, 那么认为这种方法比较精确, 取其为正确结果; 如果 Hough 变换只能获得 1 条指针边缘的线段或者获得 0 条指针边缘线端, 那么取基于极坐标的灰度投影方法中的结果为指针的值。对于通过极坐标获取的指针图像, 用最小二乘法建模去验证, 验证通过的是可信的仪表指针, 否则是不可信的仪表指针。

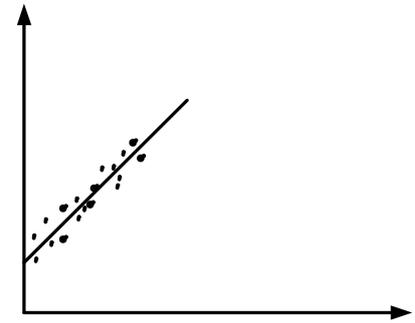


Fig.8 Least Square algorithm model based on the edge points of the pointer  
图 8 指针边缘点的最小二乘法模型

## 2 实验结果分析

主要针对多类型的特种车辆仪表进行了大量的测试，测试结果如图 9 所示。图 9 包括了在不同的光照条件下多种类型的仪表。从图 9 可以看出，指针已经被完全提取出来。针对 10 种类型的仪表不同光照条件下总共 300 幅仪表静态图像做了实验，实验结果见表 1。

表 1 指针提取实验结果  
Table 1 Results of pointer extraction experiment

critierion	Hough transformation/%	polar central projection/%	synthesis/%
(a)	99	100	100
(b)	93	95	99

Notes:(a) when the deviation of finger less than 0.05 rad,it is right; (b) when the deviation of finger less than 0.02 rad,it is right



Fig.9 Pointer extraction results for different types of instrument  
图 9 针对不同类型仪表的指针提取结果

## 3 结论

本文针对特种车辆指针式仪表的特点，提出了一种基于检测和验证相结合的方法，这个方法综合了 Hough 变换法、极坐标中心投影、边缘点集的最小二乘法等算法，并且对指针的细微性进行了处理，因此达到了对特种车辆仪表指针提取更加精确的效果。本文的算法有针对性，并且最终证明效果很好。

在本文的各个图的展示中，总共涉及了多种类型的仪表，在这些圆盘形仪表中，最后仪表指针都得到了正确的提取。

### 参考文献：

- [ 1 ] CORREA Alegria F,CRUZZ Serra A. Automatic calibration of analog and digital measuring instruments using computer vision[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2000,49(1):94-99.
- [ 2 ] SABLATNIG R,KROPATSH W G. Automatic reading of analog display instruments presented at the proc[J]. 12th IAPR International Conference of Pattern Recognition, 1994(1):479-797.
- [ 3 ] 王三武,戴亚文,景仁坤. 复杂仪表的图像自动读数识别方法[J]. 武汉理工大学学报, 2003,25(6):76-78. (WANG Sanwu, DAI Yawen,JING Renkun,et al. An algorithm of image reading recognized automatic for complicated instruments[J]. Journal of Wuhan University of Technology, 2003,25(6):76-78.)

- [4] 常发亮,许有才,乔谊正. 无人值守表针实时视觉自动识别与分析方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2006,20(2):35-38. (CHANG Faliang,XU Youcai,QIAO Yizheng. The automated identification and analysis method for the actual vision of the unattended pointer[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2006,20(2):35-38.)
- [5] 李铁桥,富丽宇,张虹,等. 图像处理在指针式压力表自动判读方面的应用[J]. 自动化仪表, 1996,17(12):13-15. (LI Tiejiao, FU Liyu,ZHANG Hong,et al. The application of the image processing in the inferred for the dial pressure gage[J]. Process Automation Instrumentation, 1996,17(12):13-15.)
- [6] 孙琳,王永东. 指针式仪表自动检定图像识别技术[J]. 现代电子技术, 2011,34(8):101-104. (SUN Lin,WANG Yongdong. The image recognition technology of the dial instrument calibration automatically[J]. Modern Electronics Technique, 2011,34(8):101-104.)
- [7] 岳国义,李宝树,赵书涛. 智能型指针式仪表识别系统的研究[J]. 仪器仪表学报, 2003,24(4):430-431. (YUE Guoyi,LI Baoshu,ZHAO Shutao. The research on the recognition system of the intelligent dial instrument[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2003,24(4):430-431.)
- [8] 迟健男,张闯,王翠娟,等. 双摄像机双光源视线追踪系统标定方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2011,32(4):883-891. (CHI Jiannan,ZHANG Chuang,WANG Cuijuan,et al. Calibration for gaze tracking system of binocular vision and double infrared light source[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2011,32(4):883-891.)
- [9] 王坤,游安清,邓浩,等. 基于梯度增强扩散的线形纹理图像去噪算法[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014,12(4):567-571. (WANG Kun,YOU Anqing,DENG Hao,et al. Algorithm for image denoising with line-type texture based on gradient enhanced diffusion[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014,12(4):567-571.)

#### 作者简介:



郭迎春(1983-),女,山东省聊城市人,主要研究方向为计量测试、测试性论证.  
email:gggg19830303@163.com.

张伏龙(1963-),男,北京市人,主要研究方向为综合检测、计量测试、测试仪器等.

张丹阳(1980-),男,辽宁省辽阳市人,主要研究方向为综合保障、精确保障、适应性等.

王涛(1978-),男,吉林省柳河县人,主要研究方向为综合检测、计量测试、测试仪器等.

白真龙(1972-),男,长沙市人,主要研究方向为视频图像处理、模糊识别等.