

# Pointer Instrument Recognition Based on Halcon Template Matching Optimization

Minglei Zhang<sup>1</sup>, Weixing Su<sup>1</sup>, Jianjun Zhao<sup>2</sup>, Zhongxin Lv<sup>1</sup>, Fang Liu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Computer Science and Technology, TianGong University, Tianjin

<sup>2</sup>Beijing Key Laboratory of Process Automation in Mining & Metallurgy, State Key Laboratory of Process Automation in Mining & Metallurgy, Beijing General Research Institute of Mining and Metallurgy, Beijing  
Email: 915750227@qq.com

Received: Apr. 21<sup>st</sup>, 2020; accepted: May 6<sup>th</sup>, 2020; published: May 13<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Pointer instrument recognition based on Halcon template matching optimization is an important method to solve the positioning problem of instrument panel in complex scenes. The traditional recognition method is based on the polar transformation of the dial, which will be affected by different scenes and shooting angles, and then the polar transformation will bring errors to the results. Through template matching and affine transformation, this method can accurately locate the instrument panel and improve the accuracy. Simulation results show that this method is more accurate than the traditional method.

## Keywords

Pointer Meter, Shape Template Matching, Affine Transformation, Polar Transformation

---

# 基于Halcon模板匹配优化的指针式仪表识别

张鸣磊<sup>1</sup>, 苏卫星<sup>1</sup>, 赵建军<sup>2</sup>, 吕众鑫<sup>1</sup>, 刘芳<sup>1</sup>

<sup>1</sup>天津工业大学计算机科学与技术学院, 天津

<sup>2</sup>矿冶过程自动控制技术国家重点实验室/矿冶自动控制技术北京市重点实验室, 北京  
Email: 915750227@qq.com

收稿日期: 2020年4月21日; 录用日期: 2020年5月6日; 发布日期: 2020年5月13日

---

## 摘要

基于Halcon模板匹配优化的指针式仪表识别是能够解决仪表表盘在复杂场景中定位问题的重要手段。传

统识别方法是通过对表盘最极坐标变换来进行识别, 会受到不同场景和拍摄角度对于表盘定位的影响, 进而使极坐标变换对结果带来误差。本方法通过模板匹配和仿射变换准确定位仪表表盘, 提高了精度, 仿真实验表明, 本方法相较于传统方法更精确。

## 关键词

指针式仪表, 形状模板匹配, 仿射变换, 极坐标变换

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着工业的自动化和信息化, 各种精密仪表的使用也逐步广泛, 而数显式仪表技术存在着电磁干扰等一系列环境因素影响的缺点, 很多生产环境(如电厂)则不宜使用数显式, 指针式仪表的传统读数方法又会受限于人为因素, 产生误差, 并且效率低[1] [2] [3]。

目前指针仪表读数识别的研究主要方法包括: 减影法[4]、Hough 直线变换法[5]、指针区域特征法[6]、基于轮廓拟合与径向分割的识别算法[7]等。工业上现有的基于 Halcon 的识别方法, 主要通过把彩色图像转换成三个单通道图像, 找到图像中的 ROI (感兴趣区域), 增项 ROI 与背景的对比度来分割得到图像中的仪表盘, 再进行极坐标变换[8]。这种方法在背景简单, 亮度变化小的场景下具有很高的识别效率, 但是该方法在实际应用中, 常常会因为光照, 图像识别角度等原因, 出现仪表盘分割的偏差, 最终影响识别精度。

本文则从现有方法的基础上进行改进, 使用模板匹配对表盘进行精准定位和仿射变换, 减少极坐标变换带来的误差, 对于同一种表, 只需要创建一次模板。同时, 再极坐标变换之后, 利用形态学处理锁定定位指针和最值并进行几何运算。此外, 模板匹配主要有基于灰度值的模板匹配, 基于相关性的模板匹配和基于形状的模板匹配。本次算法中使用的是, 基于形状的模板匹配, 其适用于杂乱场景、尺寸缩放、光照变化等情况, 能够处理复杂场景并且无需进行额外的模型训练过程, 更有利于定位表盘。

## 2. 实验平台与算法流程

本次实验是在德国 MVTec 公司研发的图像处理软件 Halcon 上实现的, 此软件提供了功能强大的视觉算法开发包, 包含了上千个涉及多领域的独立函数[8]。

为了精准定位仪表盘, 需要先创建仪表盘的模板, 以便于识别是进行匹配: 将端正摆放的仪表图像上表盘中的圆心以及另外某一特征标志进行提取, 如表盘上的图形、汉字、字母等, 目前最常用提取方法有两种, 第一种是对图像进行边缘检测后通过标志的几何形状来提取, 另一种是通过彩色图像分割的方法[9], 本文使用的方法是, 大致截取图像中的标志, 二值化分割出该标志, 将其作为模板匹配的样本。在识别中, 先匹配定位到仪表盘, 再进行仿射变换, 将图像中的仪表旋转至水平裁剪出仪表, 再进行极坐标变换。算法流程如图 1。

### 2.1. 提取标志模板

模板创建包括圆心模板和标志模板, 截取仪表中的标志, 将图像转换成灰度值图像, 并二值化分割

提取出标志区域，如图 2(a)，再利用 `create_shape_model()` 算子创建模板。并将模板识别文件保存，以便调用。使用 `write_shape_model()` 算子将两个模板识别文件进行保存。

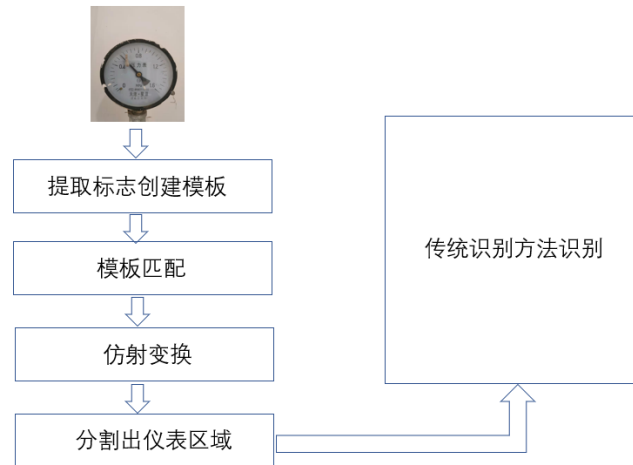
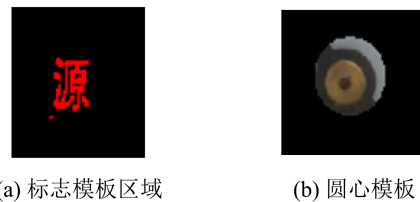


Figure 1. Algorithm flow  
图 1. 算法流程



(a) 标志模板区域 (b) 圆心模板

Figure 2. Template area  
图 2. 模板区域

## 2.2. 模板匹配

创建完模板之后，开始采集新的图像，并用 `read_shape_model()` 读取之前保存的模板识别文件。模板匹配主要是通过判定测试图像与模板间的相似度，取相似性最大的样本为输入模式所属类别[10]。其公式如下：

$$C_{fg} = \frac{100}{100} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{|f_{ij} \cap g_{ij}|}{T_f + T_g} \quad (1)$$

式中： $f$  对应模板二值图像， $g$  对应识别的仪表图像，二者的图像大小一致，均为  $M \times N$ 。 $T_f$  和  $T_g$  分别对应图像中值为 1 的像素个数。 $\cap$  为与运算。

## 2.3. 仿射变换

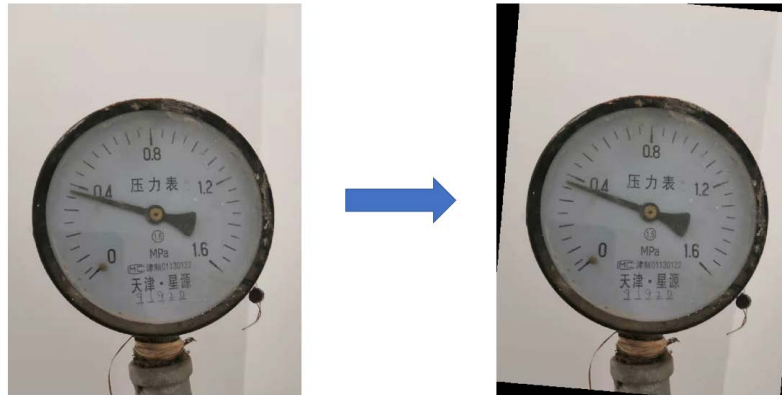
首先读取标志模板得到其像素坐标(row1,col1)和旋转角度 `angel` 后，使用 `vector_angle_to_rigid()` 和 `affine_trans_image()` 将图像转正，仿射变换公式如下：

$$HomMat2D = \begin{bmatrix} R & t \\ 00 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t \\ 0 & 1 & \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R & 0 \\ 0 & 0 \\ 00 & 1 \end{bmatrix} = H(t) * H(R) \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} Row2 \\ Column2 \\ 1 \end{pmatrix} = HomMat2D * \begin{pmatrix} Row1 \\ Column1 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

式中： $R$  为旋转矩阵； $t$  为平移矩阵； $(Row1, Column1)$  为原始点的像素坐标； $(Row2, Column2)$  为仿射变换后的点的像素坐标。

过程如图 3。再以转正后的图像为识别对象，读取圆心模板 $(row2, col2)$ ，找到表盘圆心，得到其像素坐标。



**Figure 3.** Instrument affine transformation and correction  
**图 3.** 仪表仿射变换转正

#### 2.4. 分割仪表区域

得到了圆心和标志所在的行列坐标，若表盘半径为  $R$ ，则  $R$  一定满足：

$$R = \mu(row1 - row2) \quad (4)$$

经过对多个仪表的测量拟合，我们将  $\mu$  值定义为 1.5。然后用 `reduce_domain()` 算子将表盘从图像中截取出来，如图 4。



**Figure 4.** Captured image  
**图 4.** 截取后图像

## 2.5. 传统识别方法

传统方法步骤为：第一步，极坐标变换将圆形仪表转换为水平矩形区域[11]。第二步，刻度区域，获得最值区域的横坐标  $MaxCol$  和  $MinCol$ ，形态学处理获得指针区域  $PointerCol$ 。第三步，利用 Halcon 训练好的 OCR 识别神经网络来识别最值  $MinValue$  和  $MaxValue$ 。为了提高识别率，减少误差，可以自己使用 Halcon 训练分类器进行字符识别[12] [13]。本文采用基于 BP (Back Propagation)神经网络的识别算法，将提取到的字符区域输入到一个三层神经网络 OCR 分类器中去[14]。BP 人工神经网络是一种多层前馈神经网络，由输入层、隐含层和输出层三部分组成，如图 5 [15]。

第四步，几何计算。由于指针到最小刻度的距离与最值刻度值间的距离的比值等于读数和最小值的差与量程的比值所以，仪表读数为：

$$Scale = MinValue + \frac{(PointerCol - MinCol) * (MaxValue - MinValue)}{MaxCol - MinCol} \quad (5)$$

式中： $Scale$  代表读数； $MinValue$  和  $MaxValue$  分别代表最小刻度值和最大刻度值； $MinCol$ 、 $MaxCol$  和  $PointerCol$  分别代表最小值区域的横坐标，最大值区域的横坐标和指针区域的横坐标。

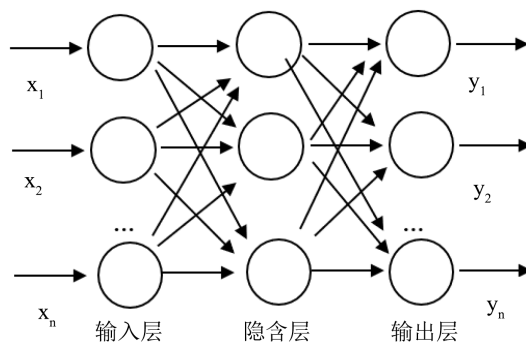


Figure 5. BP artificial neural network structure chart  
图 5. BP 人工神经网络结构图

## 3. 实验结果分析

本文采用的样本种类为图 6 中的(a)、(b)、(c)三种仪表，每种仪表各 1 个。对其分别采用：(1) 用传统算法识别；(2) 手动截取表盘后将表盘旋转水平再用传统算法识别；(3) 基于模板匹配算法识别，也就是本文提出的算法。理论上，仪表定位越精确，识别进度越高，所以第(2)种算法识别的精度最高。分别将第(1)、(3)种和第(2)种进行对比。为了控制变量，三种方法均对相同的图像进行识别。

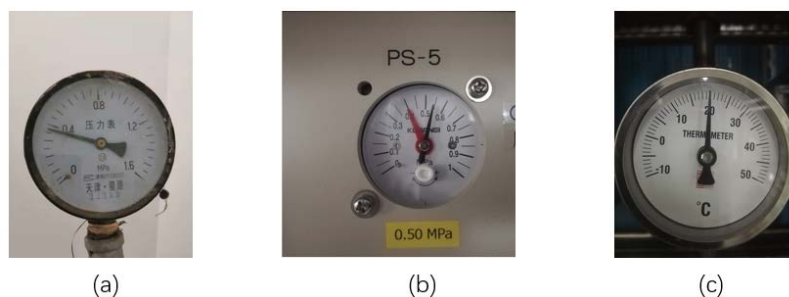


Figure 6. Three kinds of pointer meters  
图 6. 三种指针式仪表

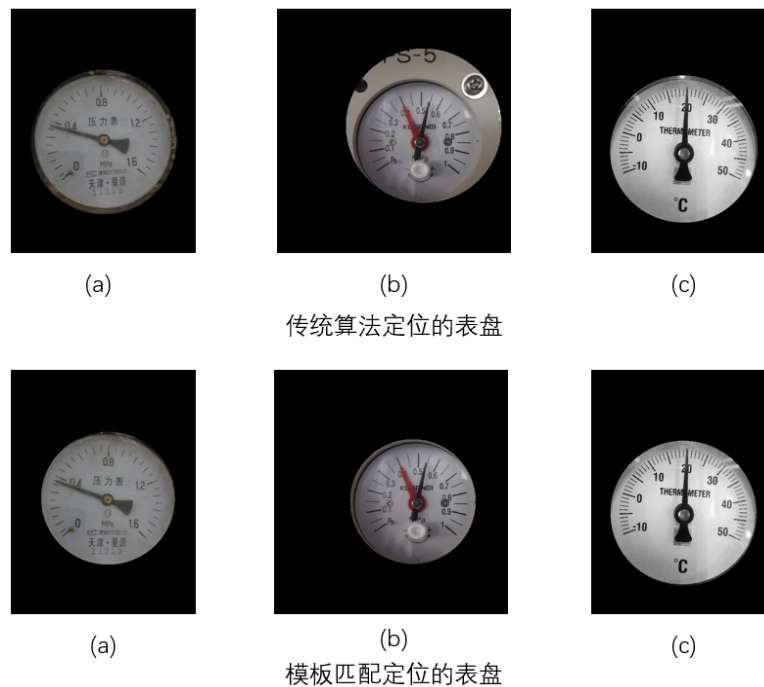
为了能直观看到其读取结果，三种算法对于图 6 所示的刻度的识别结果如表 1 所示。

**Table 1.** Comparison of recognition results

**表 1.** 识别结果对比情况

方法	仪表(a)	仪表(b)	仪表(c)
算法(1)	0.334589	红: 识别失败 黑: 识别失败	20.0582
算法(2)	0.365413	红: 0.397592 黑: 0.548960	19.9974
算法(3)	0.361587	红: 0.401655 黑: 0.543840	19.9962

由表 1 可知，本文提出的算法更靠近最优情况。为了进一步观察加入模板匹配对传统算法的优化。我们在 Halcon 中观察传统算法和本文提出的算法对仪表定位是否更加准确，Halcon 中的图像处理结果如图 7 所示。可以看出，对于表(a)，两种算法虽然定位相差不大，但是仪表向左略微倾斜，模板匹配不仅定位到了表盘，还通过仿射变换将其旋转至水平；对于表(b)，传统方法之所以会识别失败，是由于场景中的一颗螺丝钉影响了阈值分割的结果，导致定位失败，而模板匹配则只对仪表中的白色圆形标志和圆心进行匹配从而准确定位到表盘；对于表(c)，由于场景简单，两种算法的结果相近。



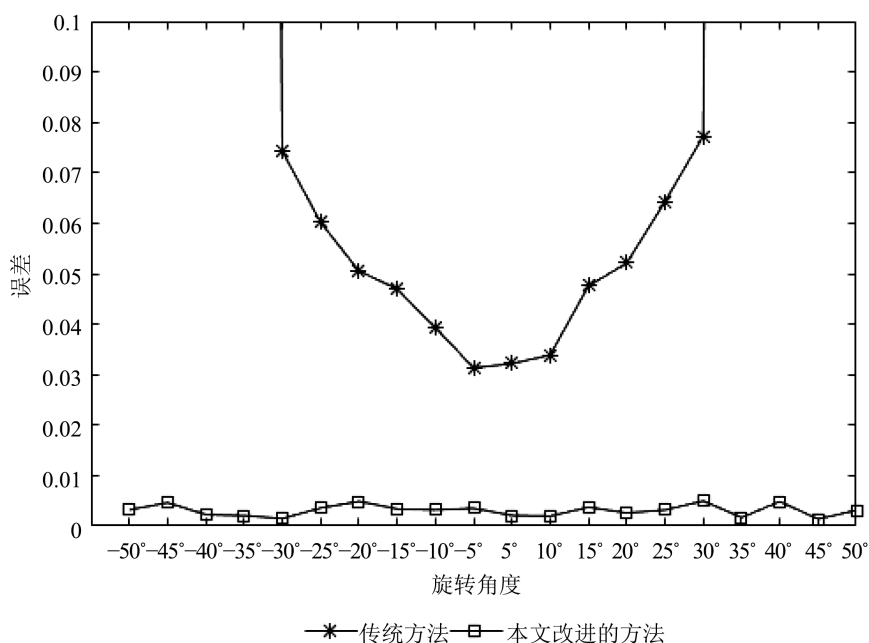
**Figure 7.** Dial positioning in algorithm

**图 7.** 算法中定位的表盘

综上所述，我们可进一步观察旋转角度对于误差的影响。为了控制其他因素影响，我们选择场景简单，亮度对比度大的表(c)，对表(c)进行 20 次不同角度的图像采集，以三种算法进行识别，并以算法(2)的识别结果作为标准值，计算传统算法和本文提出的改进算法的误差做对比，实验结果如图 8 所示。

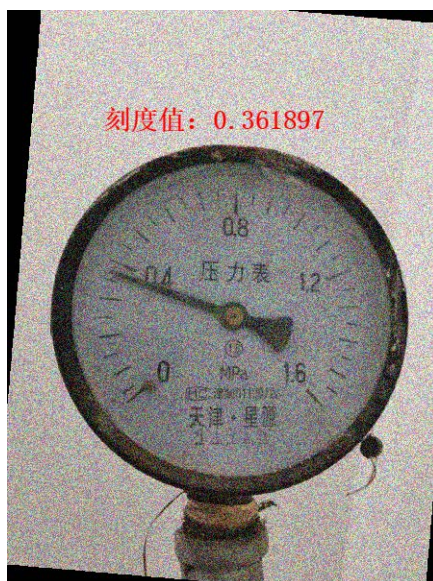
从结果我们可以看到，随着旋转角度的增大，传统算法的误差越来越大，并且旋转至一定角度时，传统算法已经无法识别。而本文提出的基于模板匹配的识别算法，依然能够在误差极小的情况下识别出读数，并且旋转角度也不再是识别结果的影响因子。





**Figure 8.** Comparison of two algorithms for recognition of rotation angle  
**图 8.** 两种算法关于旋转角度的识别对比

同时为了对识别算法的鲁棒性进行验证, 本文对图像添加了噪声干扰噪声, 识别效果如图 9 所示。读数为 0.361897, 可见识别精度为受到影响, 识别结果也只产生了轻微的改变。



**Figure 9.** Recognition effect after noise treatment  
**图 9.** 噪声处理后的识别效果

#### 4. 结论

本文利用 Halcon 以及基于形状的模板匹配, 相较于传统方法, 可以看出以下优点: 对于复杂混乱的场景可以进行更好的表盘定位; 对于倾斜的仪表可以旋转至水平后识别; 识别成功率和正确率更高。所

以, 本文提出的算法提高了表盘定位的精度进而提高了读数的精度。同时, 算法识别一张图片所需时间仅为 0.378 s, 误差小于 1%。实验结果也进一步证明了模板匹配定位表盘的算法可以对传统识别方法进行优化, 提高生产效率, 杜绝人工误读的情况, 在需要监测仪表读数的领域中都可以广泛使用。

## 基金项目

国家重点研发计划资助(2017YFB1103003)。

矿冶过程自动控制技术国家重点实验室/矿冶过程自动控制技术北京市重点实验室开放基金项目(BGRIMM-KZSKL-2019-08)。

## 参考文献

- [1] 韩绍超, 徐遵义, 尹中川. 指针式仪表自动读数识别技术的研究现状与发展[J]. 计算机科学, 2018, 45(S1): 54-57.
- [2] 李勇. 指针式仪表的自动识别技术研究及实现[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2015.
- [3] 宋人杰, 赵立亚. Hough 变换的改进及其在电厂指针式仪表自动识别中的应用[J]. 东北电力大学学报, 2011, 31(3): 46-50.
- [4] 晁阳. 基于特征识别的指针式仪表自动识别研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2008.
- [5] 段汝娇, 赵伟, 黄松岭, 等. 一种基于改进 Hough 变换的直线快速检测算法[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(12): 2774-2780.
- [6] 宋伟, 张文杰, 张家齐, 等. 基于指针区域特征的仪表读数识别算法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(12): 50-58.
- [7] 徐鹏, 曾卫明, 石玉虎, 等. 一种指针式油位计读数识别算法[J]. 计算机技术与发展, 2018, 28(9): 189-193.
- [8] 尹红敏, 葛广英, 肖海俊, 张如如. 基于 Halcon 的指针式仪表的读数[J]. 现代电子技术, 2016, 39(17): 16-19.
- [9] 刘见平, 赵丽, 牛树云, 等. 基于形状模板匹配的交通标志污损检测方法研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2018, 14(12): 278-281.
- [10] 高聪, 王福龙. 基于模板匹配和局部 HOG 特征的车牌识别算法[J]. 计算机系统应用, 2017, 26(1): 122-128.
- [11] 黄剑航. 基于 HALCON 的圆环区域字符识别实现[J]. 现代计算机(专业版), 2010(7): 58-60.
- [12] 李锦珑, 张维昭, 马宏锋, 刘馨. 基于 HALCON 的车牌识别技术研究[J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2015, 51(6): 54-57.
- [13] 肖海俊, 葛广英, 姚坤, 等. 基于 HALCON 的喷码字符识别技术的研究与实现[J]. 现代电子技术, 2015, 38(15): 95-98.
- [14] 张银苹, 葛广英. 基于 HALCON 的车牌识别研究[J]. 现代电子技术, 2014, 37(16): 92-95.
- [15] 张旭兰. 基于 BP 神经网络的车牌字符识别优化算法[J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(35): 182-185.