

基于视觉识别的机械表识别系统

刘岩, 努尔兰·吐尔达洪, 张连涛

(新疆工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830023)

摘要: 机械式仪表因精度高、读数方便、可调等优点在各行业中被广泛使用。采用视觉识别的方法来对目前广泛使用的机械式仪表进行识别, 可以显著提高自动化仪表示数读取的水平, 同时也能提升检测准确率。系统基于 Python 分析常用的边缘检测、霍夫变换等图像预处理方法来识别机械仪表指针读数, 并采用归一化、灰度等预处理方法, 对图像进行了倾斜校正, 实现读数的准确识别。通过不同表盘实验, 验证了该系统能较好地识别机械表读数。

关键词: 视觉识别; 自动化仪表; 机械表识别; 边缘检测; 图像预处理

中图分类号: TP391.412 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-7241(2025)08-0094-05

Mechanical Table Recognition System Based on Visual Recognition

LIU Yan, NUERLAN Tuerdahong, ZHANG Liantao

(Xinjiang Institute of Engineering, Urumqi 830023, China)

Abstract: Mechanical instruments are widely used in various industries due to their high accuracy, convenient reading, and adjustability. The use of visual recognition methods to identify the widely used mechanical instruments can significantly improve the level of automatic instrument reading and also improve detection accuracy. This system is based on image preprocessing methods such as edge detection and Hough transform commonly used in Python analysis to identify mechanical instrument pointer readings. Normalization, grayscale, and other preprocessing methods are used, and the image is corrected for tilt to achieve accurate recognition of readings. Through four different dial experiments, it is verified that the system can effectively recognize mechanical meter readings.

Keywords: visual recognition; automatic instruments; mechanical meter recognition; edge detection; image preprocessing

0 引言

针对大部分精度较高的机械指针式仪表来说, 传统的识别通常采用人工记录处理。不仅耗时长、成本高, 还经常面临读数识别不准等问题。采用视觉识别的方法对目前广泛使用的机械式仪表进行识别, 可以显著提高自动化仪表示数读取的水平, 同时也能提升检测准确率^[1-3]。Oyedotun 等学者提出了从内切圆的方法角度来实现对图像的分割^[4-5]。该方法虽然有效解决了传统方法中进行方向校准时存在的一些问题, 但是花费的时间较长, 无法用于实时性要求较高的场景^[6-7]。徐发兵等利用改进的 EAST 算法和印刷体数字识别模型先对图像中的刻度线处数字进行识别, 再根据数字的位置计算判断指针直线和仪表圆盘的圆心^[8]。该方法对图像质量要求高, 识别步骤较多, 这样容易造成较多的系统误差。刘葵等利用连通域分析、图像阈值分割实现指针分割, 再用最小二乘法细化直接提取中轴线的方式识别读数^[9]。这种方法需要人工选取阈值, 抗击外界干扰能力差。随着机器学习技

术的发展以及应用, 给识别带来了新的途径。霍夫变换是一种重要的图像处理技术, 它可以提取出图像中的几何形状, 拥有极佳的稳定性和精准性, 为各种应用提供了有力的支持, 该方法非常广泛地应用于图像分析领域。霍夫变换的优点是可以处理任意方向的几何形状, 不需要提前知道图形方向。例如, 对于图像中的一条直线, 霍夫变换可以找到其在参数空间中的一条直线, 从而得到图像中的直线。在实际应用中, 霍夫变换常用于图像处理、计算机视觉等领域。例如, 在自动驾驶中, 霍夫变换可以用于检测道路上的直线和圆形标志, 从而帮助车辆进行自动驾驶。在医学图像处理中, 霍夫变换可以用于检测肿瘤等几何形状, 从而帮助医生进行诊断。分析时要提取并辨别相关特征, 比如分割、预处理等。本文主要采取机器学习普遍使用的霍夫变换, 该方法精确性和稳定性高, 在图像分析领域应用广泛^[10-12]。

1 总体设计

识别系统流程主要分为: 获取表盘图像, 图像处理、识别指针读数。表盘图像采集主要由罗技 C310 CMOS 摄像头通过 usb 数据线与计算机连接, OpenCV 调用相关

*基金项目: 新疆维吾尔自治区教育厅科研项目(XJEDU2020Y043)

收稿日期: 2023-12-04

的摄像头采集程序,进行图像采集。之后将采集的图像送至开源计算机视觉库(open source computer vision library, OpenCV)进行灰度变换,采用平滑滤波等方式去除噪声,以便更好地进行读数识别,再通过坎尼检测以及霍夫变换等一系列算法识别表盘读数。

2 图像采集

图像采集模块的主要功能是控制摄像头采集仪表图像。具体使用的是罗技厂商开发的C310摄像头。能够很好地适配于目前的操作系统。使用自动对焦,方便对机械式仪表的表盘进行读取。该摄像头有着较好的拍照能力,成像后的分辨率满足仪表的实际要求,同时还具有较好的降噪水平,能够输出稳定图像,在日常的开发中使用较多。该摄像头能够满足长时间使用下,输出的图像质量也保持稳定的特点。该摄像头可针对不同环境所处的光线情况,对图像本身的明暗进行调节。以上特点能够使得输出的图像清晰,满足要求,解决其他图像出现过亮或者是过暗情况。

同时,图像采集格式为RGB格式,进入设置界面,打开摄像头功能,重启后便可以进行拍照。除了自带的拍照命令,还可以在Python程序中通过打开系统摄像头再进行拍照。由于拍摄过程中可能发生抖动、光照不良等情况,直接采集一张图片可能效果不佳,故这里采用后者,先打开摄像头,不断采集显示,等图片清晰稳定后再由抄表员手动按键,读取最后一帧。

3 图像处理

图像处理分为归一化处理、倾斜校正等步骤。归一

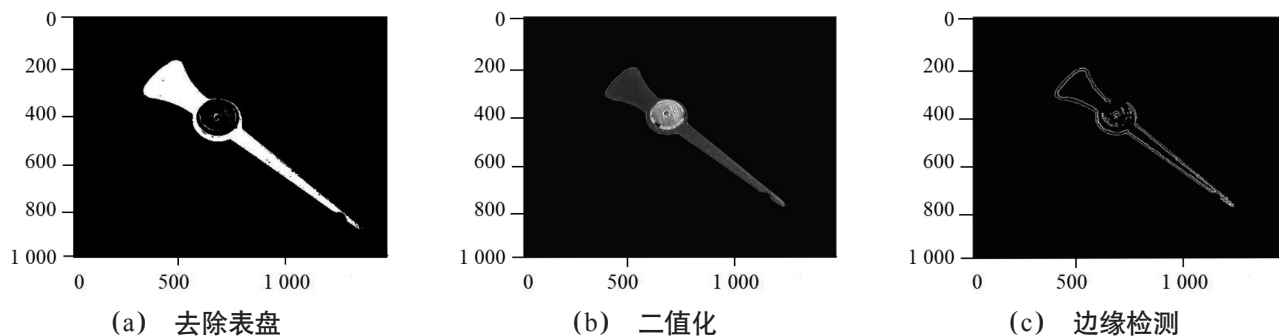


图1 边缘检测结果

4 读数识别

图像经过灰度变换、边缘检测等处理后,要对其进行识别。识别主要用到霍夫变换,经典的霍夫变换用于记录给定图像中的直线。之后,霍夫变换可以延伸识别到多种形状的对象,主要是圆、方形椭圆。霍夫变换广泛应用于图像以及视觉处理中的特征提取。其核心是利用投

化几何归一化和灰度归一化两种,主要用灰度归一化,用来增大对比度,削减光照的影响。灰度归一化为像素灰度值散布在0~255之间,计算公式为

$$y = (x - \text{MinValue}) / (\text{MaxValue} - \text{MinValue}) \quad (1)$$

式中, x 、 y 是归一化前和归一化后的值,MaxValue和MinValue分别是原始灰度图像的最大值和最小值。灰度图像由彩色图像转换而成,转换方式一般有平均法、人眼感知法、分解法、单一通道法等。这里本文采用人眼感知法,人眼对红绿蓝三色的感知程度依次是绿、红、蓝,因此通常的计算公式为

$$\text{Gray}(i, j) = 0.299 \cdot R(i, j) + 0.578 \cdot G(i, j) + 0.114 \cdot B(i, j) \quad (2)$$

倾斜校正就是将获取的指针仪表读数进行校准。图像经过灰度变换、滤波等步骤后有明显变化的边缘或者不连续的区域。因此首先要进行边缘检测,检测主要用坎尼算子,索贝尔算子等。由于Sobel算子是滤波算子的形式,用于提取边缘,可以利用快速卷积函数,比canny算子等方法简单有效,因此应用广泛^[13-14]。Sobel算子在实际的应用中,当图像的像素数值较大时,可能会发生溢出的情况。为了有效确保使用的裂纹图像完整,去掉原有方法中不好部分的结果,从而能够避免溢出。获得较好的边缘裂纹图,有效保留了裂纹图中全部的边缘信息。

本文选定因子Scale的数值为4。在灰阶边缘图中能够看到裂纹图中的相应边缘。通过阈值来调整图像中的边缘粗细,从而使得图像能够变得更加光滑。以上算子的设计,能够达到互补的效果,使得通过这几个方向结合起来获得更加准确的裂纹边缘图,如图1所示。

票算法来检测外形固定的物体。在此过程中,通过计算参数空间中累积数值的局部最大值,来当作霍夫变换的结果,获得与特定图形对应的集合。由于本文所涉及的仪表盘为圆形,并且需要识别的刻度值也都处于圆的平面上,需要从圆上读取到刻度的最大以及最小值。因此,垂直线必须穿过圆圈的中心。并且刻度所处的中心以

及仪表的指针进行旋转时也是处于同中心。所以,通过确定指针与确定的垂直线相交位置,就能够得出指针所处的中心坐标。

5 刻度线提取

由于霍夫直线检测是检测一幅图像中所有可能的直线,因此需要对原始图像去除表盘,只保留指针,再进行霍夫直线检测,求出的最长两条线为指针边的两条线,求出两条线的交点即为指针端点。通过霍夫圆检测求出圆心和半径,再刻画出圆心,通过检测出指针就得到了交点与圆心的连线,后续通过求斜率等方式可以求初角度,进而得到表盘示数。

通过轮廓查找,可以找出所有刻度线、指针区域。图像处理过程中,由于光照、纹理和噪声的影响,立体图像对在匹配过程中会有很多差异。为了在较短时间内更准确地找到匹配过程中像素之间的对应关系,应使用不同的限制条件,消除匹配过程中的不确定性。在匹配过程中有5个主要限制:限制到限制、限制到唯一性、限制到兼容性,连续性极限和视差序列极限。通常,左边图像的极限对应右边图像的唯一极限,极限各点的排列也必须沿着相应的极线顺序排列,图像的每个目标点仅对应于另一图像的单个目标点。

6 指针检测

由于表盘指针为直线,因此在图像空间中的直线检测问题转换到参数空间中对点的检测问题,通过在参数空间里寻找峰值来完成直线检测任务。先检测被测物体角点,再进行匹配。基于机器学习的角点检测法有SUSAN法,检测分以下步骤:

(1) 用所建立的圆形模板来对检测的图像进行滑动。

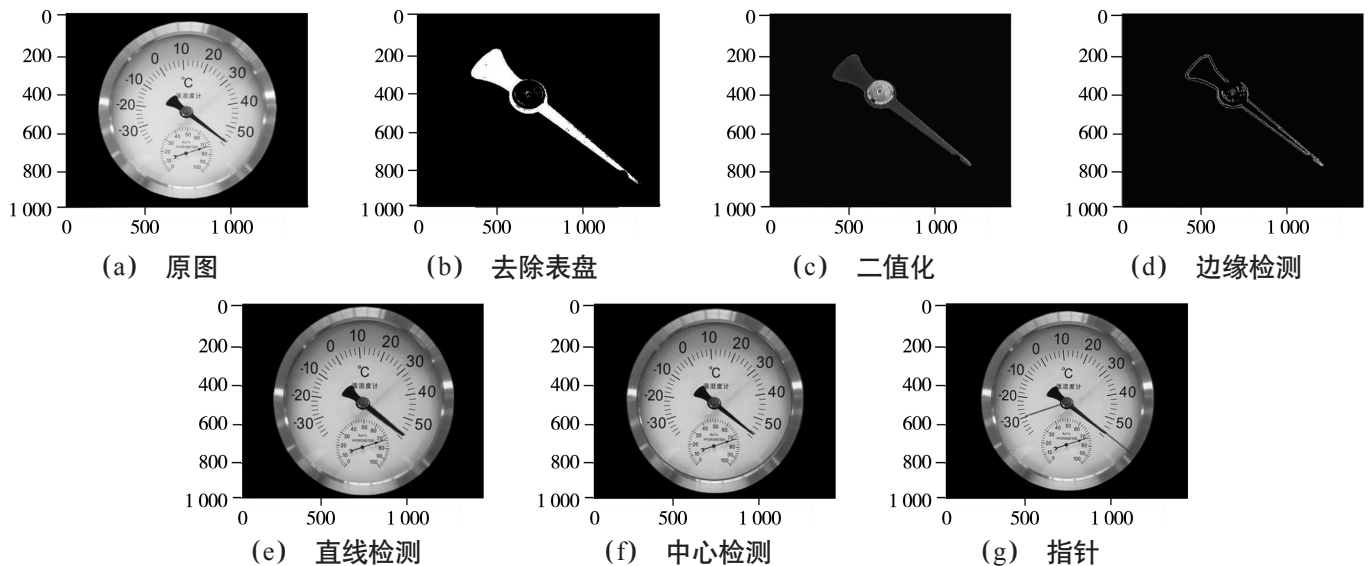


图2 指针检测结果

当目标中的像素和所设定的圆形中心有重叠时,则会对该圆形模板中的内灰度值和所要检测的图像中的素灰度值进行比较,最终形成一个USAN区域。计算公式为

$$c(x,y) = \begin{cases} 1, & |I(x,y) - I(x_0,y_0)| < t \\ 0, & |I(x,y) - I(x_0,y_0)| \geq t \end{cases} \quad (3)$$

式中, $I(x_0,y_0)$ 为模板中心对应的图像灰度值, $I(x,y)$ 则为模板覆盖的其他灰度值。当某像素与中心像素间差异低于阈值 t 时则将其归入SUSAN区域。

(2) 计算选择区域中的面积,计算公式为

$$n(x_0,y_0) = \sum_{x,y} c(x,y) \quad (4)$$

(3) 计算角点响应值,计算公式为

$$R(x,y) = \begin{cases} g - n(x_0,y_0), & (x,y) < g \\ 0, & (x,y) \geq g \end{cases} \quad (5)$$

(4) 对角点响应值做非极大值抑制。

完成上述步骤,完成指针检测。检测结果如图2所示。通过4组坐标得到了指针直线与零刻度线,可以通过计算两直线夹角的 \arctan 值,计算出角度,再通过一定的角度与示数的比例关系可以得到最后的表盘读数。

由于仪表盘为圆形,并且需要识别的刻度值也在圆的平面上,需要从圆上读取到刻度的最大以及最小值。所以,通过确定指针与确定的垂直线相交位置,就能够得出指针的所处中心坐标。再根据坐标转换得到角度。识别结果指针显示在58刻度,读数结果为58.100 1。

针对不同的指针读数的表盘,进行了不同的实验,结果如图3~5所示。

从以上实验可以得出本文算法实现了各种要求功能,如量程的识别、指针的识别、表盘圆心的识别、表盘刻度线的识别等,且能够准确读取不同区域和不同环的读数,误差范围不超过0.01,能满足读数需要。

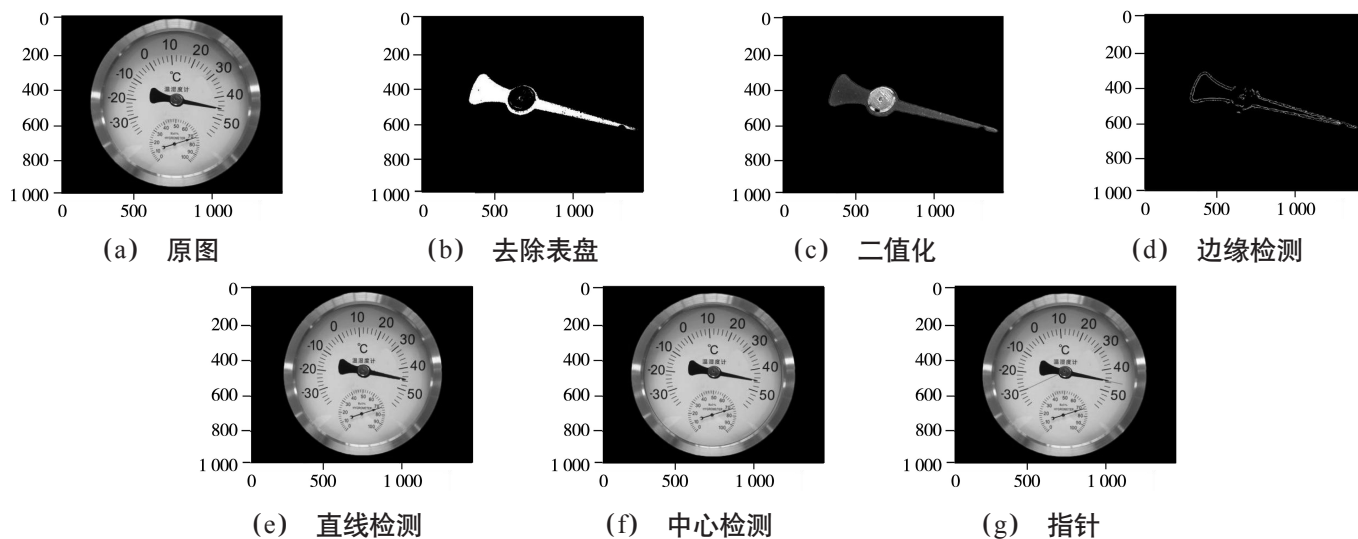


图3 读数45.500

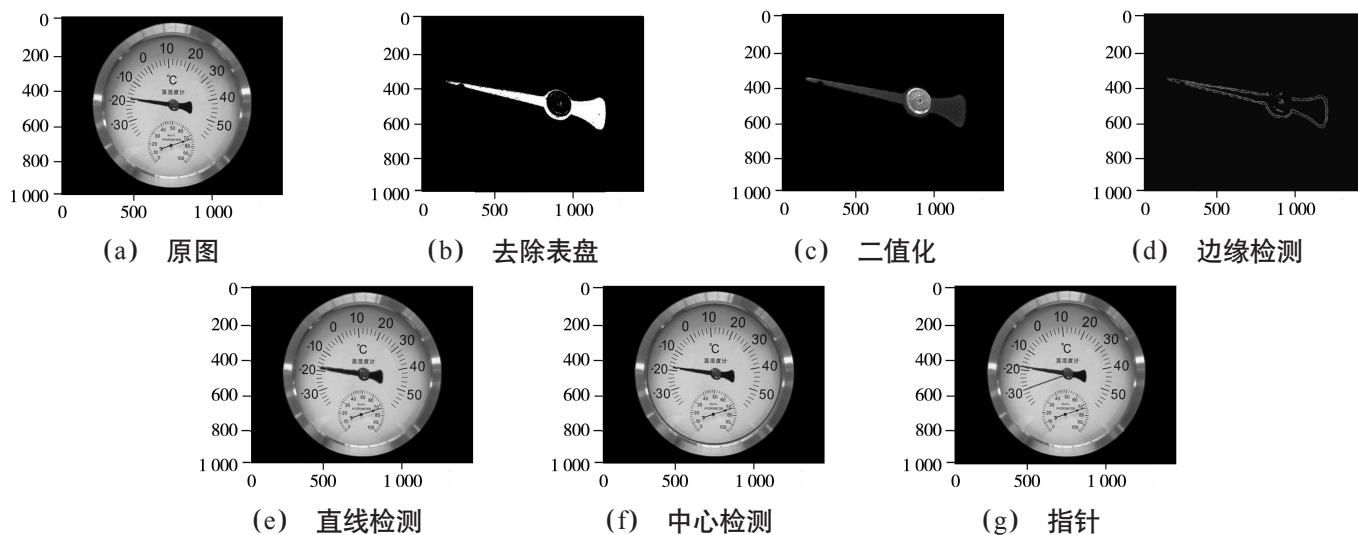


图4 读数-18.339

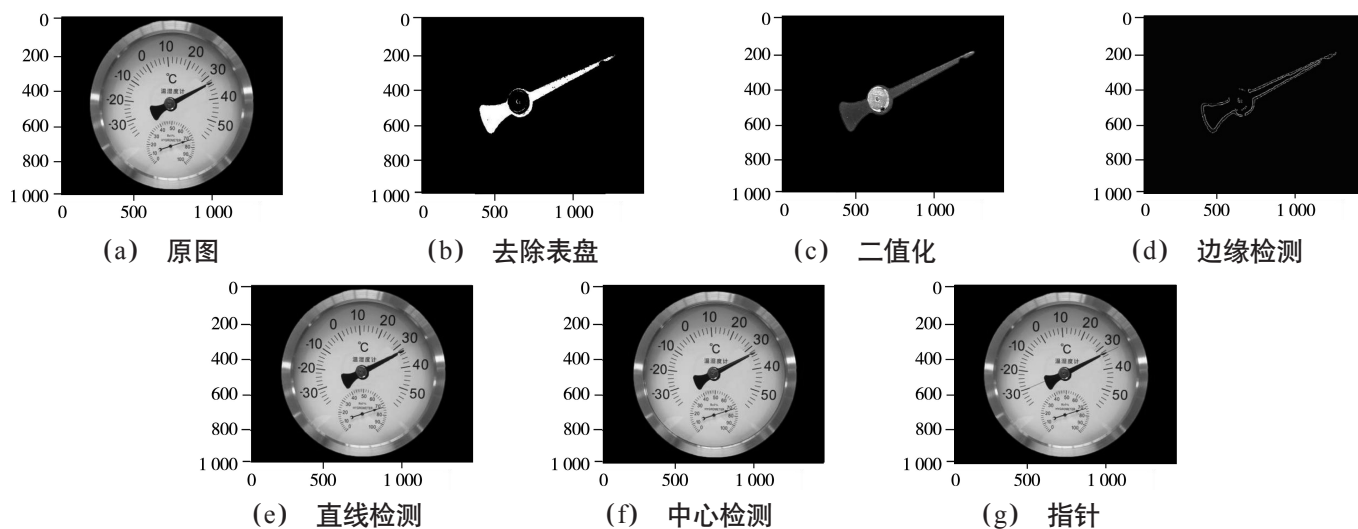


图5 读数32.8009

7 结束语

采用视觉识别技术对机械式仪表的示数进行自动读取,已经具有广泛的应用需求。本文将较为成熟的视觉

技术应用于仪表示数的读取中,讨论分析了常用的图像预处理方法,如边缘检测等,采用归一化、灰度等预处理 (下转第155页)