

基于轮廓拟合与径向分割的指针式仪表自动读数方法^①

吴 杰^{②***} 吴怀宇^{③***} 陈 洋^{***}

(* 冶金自动化与检测技术教育部工程研究中心 武汉 430081)

(** 武汉科技大学机器人与智能系统研究院 武汉 430081)

摘 要 针对指针式仪表人工读数劳动强度较大的问题,本文提出了一种基于轮廓拟合与径向分割的指针式仪表自动读数方法。该方法利用仪表的轮廓图像,结合常见的仪表盘刻度分布特性,提出轮廓分离法得到仪表盘刻度像素集,并采用最小二乘法拟合出表盘圆。在此基础上,通过分析指针的像素特性,提出径向指针分割算法,实现了仪表盘内指针区域的提取。根据指针偏转角度、零刻度和量程精度进行自动读数。为了验证算法的有效性,设计多组测试实验,结果表明本方法在读数误差允许范围内,能够克服宽窄指针、拍摄距离和表盘背景等因素的干扰,具有较强的自适应能力。

关键词 指针式仪表,轮廓分离,径向指针分割,表盘拟合,智能读数

0 引 言

在复杂的工业环境中,价格低廉、抗干扰性好的指针式仪表被大量用在变电站等工业场所,目前仪表的读数主要依靠人工的方式,但人工读数劳动强度大,读数效率低,且容易因视觉疲劳导致读数误差增大^[1-3],在高压、高温场合的指针式仪表,人工读数具有较大的安全隐患。因此采用图像处理技术对指针式仪表进行自动读数,对消除人身安全隐患、提高读数的精度和效率具有十分重要的意义^[4-6]。

针对指针式仪表自动读数问题,国内外学者从不同角度提出了一系列的方法。文献[7]提出了迭代最大类间方差法,解决因光照和镜面反射等因素对指针提取的干扰,并推导出指针角度与读数的函数关系。文献[8]利用卷积神经网络在复杂环境下确定仪表的位置,获取高质量的仪表图片,再利用Hough变换法进行指针检测和读数,实现了真实环境下的仪表自动识别。文献[9]提出了一种基于区

域生长的指针提取算法和基于Hit-Miss变换击中击中不中直线检测的算法,获得良好的指针识别精度,算法实时性高,满足实时识别的需求。文献[10]提出了多尺度同态滤波算法,对不同亮度的指针图像进行修复,同时采用透视变换对图像进行矫正,对指针识别具有较强的抗干扰性。

然而目前对指针式仪表自动读数的研究大多是直接检测仪表的指针,如Hough变换法和区域生长算法,没有充分利用仪表图像的表盘信息,且这些指针检测算法参数调节复杂,鲁棒性较差。当仪表的大小或位置发生改变时,都需要重新调节指针检测参数,难以适应实时监测的要求。

为解决上述问题,本文提出了一种基于轮廓分离和径向分割的指针式仪表自动读数方法。首先考虑到仪表类型不同及表盘背景文字的干扰,提出仪表轮廓分离方法,较好地拟合出仪表盘所在圆;接着根据指针像素分布特性,提出径向分割算法来获取指针像素集,并建立基于距离约束的指针筛选机制,解决因仪表大小变化和宽窄指针对指针定位的影

① 国家自然科学基金(61573263),湖北省科技支撑(2015BAA018)和国家重点研发计划子课题(2017YFC0806503)资助项目。
② 男,1995年生,硕士生;研究方向:计算机视觉,机器学习;E-mail: 750890983@qq.com
③ 通信作者,E-mail: wuhy@wust.edu.cn
(收稿日期:2018-11-19)

响;然后采用模板匹配法对刻度数字进行定位,计算仪表的量程精度,最后根据指针的角度和量程精度完成仪表的自动读数。指针式仪表自动读数工作流程如图 1 所示。

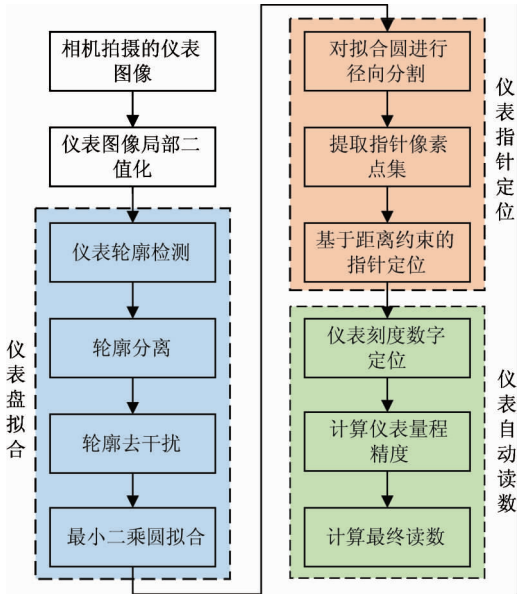


图 1 指针式仪表自动读数流程

1 指针式仪表识别与读数方法

1.1 指针式仪表盘拟合

对于指针式仪表,有圆弧和圆形两种不同刻度分布形式,且存在表盘背景杂质干扰,导致仪表盘的拟合出现困难。因此,在对仪表盘拟合过程中,需要对仪表刻度信息进行去除干扰,提高表盘拟合的精度,进而为后续的指针分割提供准确的表盘圆。

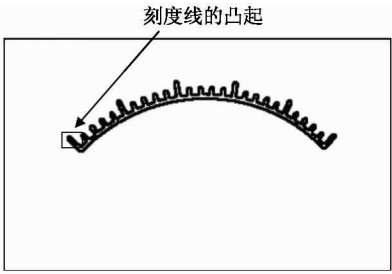
1.1.1 仪表图像局部二值化

实际中仪表图像由于受光照的影响,容易出现亮度过高或过低的情况,给仪表识别带来很大的干扰,为解决这个问题本文采用局部自适应二值化,其二值化的阈值根据相邻域块的像素分布来确定^[11],亮度较高图像区域的阈值通常会较高,而亮度较低图像区域的阈值则会相应地变小,这样过亮和过暗的仪表图像在局部自适应二值化后,能保留较完整的图像信息。

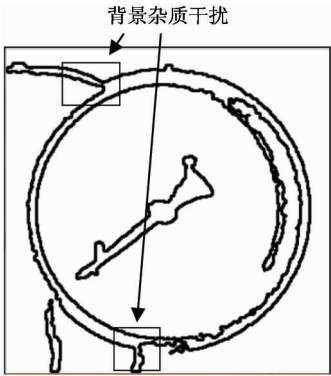
1.1.2 仪表图像轮廓检测

为了获取仪表盘的边缘信息,本文对仪表图像进行轮廓检测^[12],检测的结果如图 2 所示,检测的

轮廓既包含仪表盘的圆弧段,同时也包含由背景或刻度线产生的干扰段。对于图 2(a)的圆弧刻度仪表,刻度线在轮廓检测后形成一排有规律的凸起,其像素点位于圆弧之外,图中方框标识的仅为左上端的凸起。对于图 2(b)的圆形刻度仪表,表盘背景杂质会被误检测为仪表轮廓,图中方框标识的为背景杂质产生的干扰,其像素点不位于圆形轮廓上,会对后续拟合造成干扰。



(a) 圆弧仪表轮廓的凸起示意图



(b) 圆形仪表轮廓的干扰示意图

图 2 两种类型仪表的轮廓干扰

1.1.3 指针式仪表盘的轮廓分离

为提取仪表轮廓上的圆弧段,本文提出了一种轮廓分离法,轮廓分离算法的原理如图 3 所示。

在图 3 中,根据像素点纵坐标的大小进行分离,值较小的点为上层轮廓,值较大的点为下层轮廓,将仪表轮廓分离为上下两条边缘轮廓曲线,得到仪表轮廓中的圆弧曲线。

轮廓分离的结果如图 4 所示。图 4(b)为分离后的上层刻度线,图 4(c)为分离后的下层圆弧曲线。由结果可知,从仪表轮廓中分离出圆弧边缘曲线,有效地提取仪表盘的圆形特征,克服了不同类型仪表在轮廓上的差异。

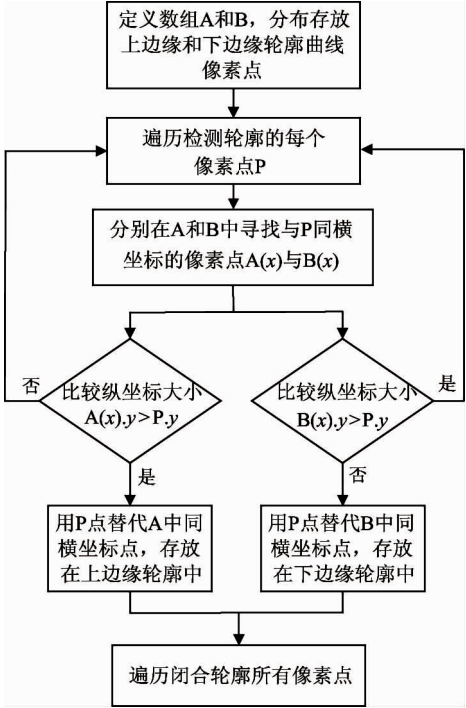


图3 轮廓分离算法的流程图

1.1.4 仪表边缘轮廓去干扰

分离后的仪表轮廓曲线上还存在少量干扰,如图5(a)所示,对于圆弧轮廓曲线,刻度线在轮廓曲线两端形成干扰,容易看出,曲线上的干扰段与圆弧段之间存在转折点。

为去除曲线上的干扰,需要找到曲线上的转折点,将间断点之间的圆弧段提取出来。因此,本文计算像素点在纵坐标上的变化率和差值,将变化率突变的点作为转折点,然后统计相邻转折点之间像素数目,将数目最多的一段作为新的仪表轮廓曲线,即可去除干扰。

去除干扰结果如图5(b)所示,干扰被较好地去除,将去干扰后的轮廓曲线进行最小二乘圆拟合,就可以得到仪表盘的拟合圆^[13]。

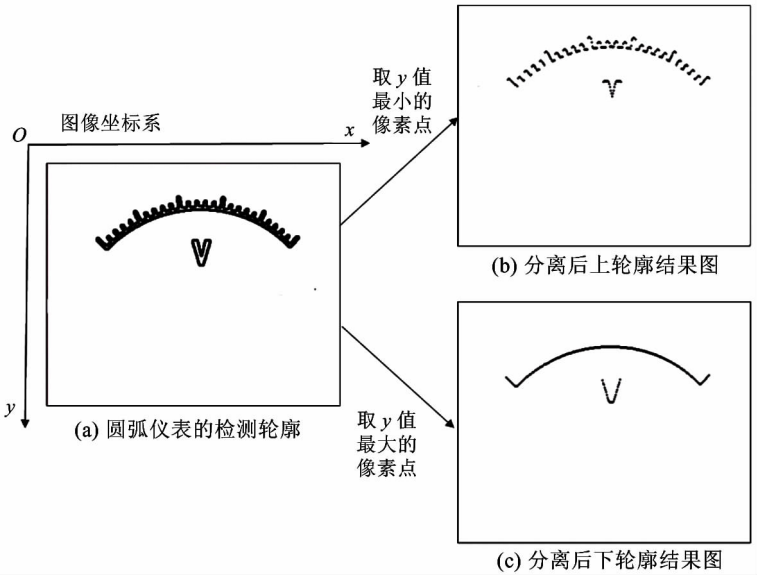


图4 仪表轮廓分离结果图

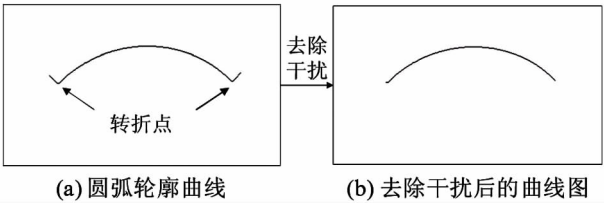


图5 去除仪表轮廓曲线上的干扰

1.2 仪表指针定位

利用 1.1 拟合得到的表盘位置,接下来是对仪

表盘的指针进行定位。通过分析仪表指针在仪表盘中的像素分布特征,提出了一种径向分割算法来得到指针像素集,并从像素集中选取离散点来拟合直线,建立基于距离约束的指针筛选机制,准确地确定出指针位置。

1.2.1 提取仪表盘中心的指针像素集

仪表指针一般位于过仪表盘圆心的直线上,且指针与表盘背景颜色不相同,经过分析,仪表盘内直径上的像素分布可以分为如图6所示的3种情况。

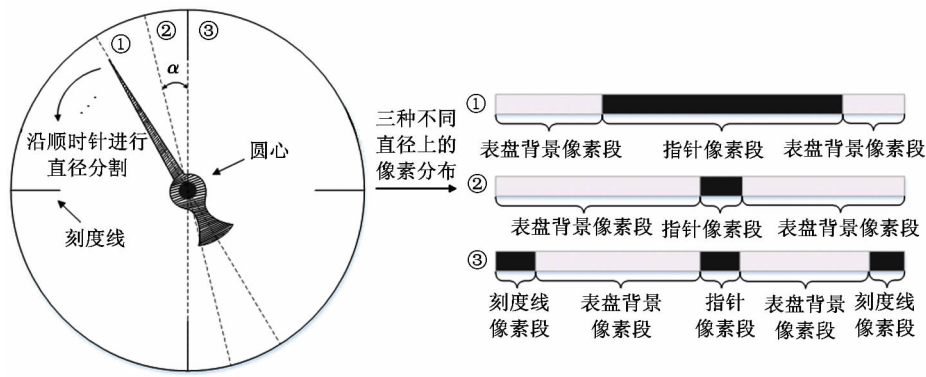


图6 仪表盘内三种不同直径上的像素分布

设仪表盘上一条直径上背景像素段的长度为 l_0 ，指针像素段的长度为 l_1 ，刻度线像素段的长度为 l_2 ，直径的长度为 d 。

则对于第一种直径，其长度关系为式(1)所示。

$$l_1 > \frac{1}{2}d > l_0 \tag{1}$$

同理类推，另两种直径的像素长度分布为式(2)所示。

$$l_0 > \frac{1}{2}d > l_1 \tag{2}$$
$$l_0 > l_2 > l_1$$

由式(1)和式(2)可知，3种直径上的指针像素段与背景像素段在像素数目上存在较大的区别，其次，两者的像素点在位置上也不同，指针的像素点和背景像素点各自聚集在一起，在边界处的像素点灰度值差异较大。

设一条直径上像素点的灰度值为 $P_c(x, y)$ ，所有像素点的灰度均值为 $\overline{G_y}$ ，如式(3)所示。

$$\overline{G_y} = \frac{1}{d} \sum_{i=1}^d P_c(x_i, y_i) \tag{3}$$

用每个像素点的灰度值与 $\overline{G_y}$ 作差，将差值同号且位置相邻的像素点放入集合 J 中，如式(4)所示。

$$\Delta = P_c - \overline{G_y} \Rightarrow \begin{cases} \Delta > 0 \rightarrow J_1 \\ \Delta < 0 \rightarrow J_2 \end{cases} \tag{4}$$

遍历完所有像素点，筛选出包含像素数目最多且灰度值小于均值的像素集，如式(5)所示。

$$\max(J_2^k) (k = 1, 2, \dots) \tag{5}$$

式中， k 表示像素集 J_2 的个数。

对每条直径都进行上述分割，提取出指针像素

集，其结果如图7所示。

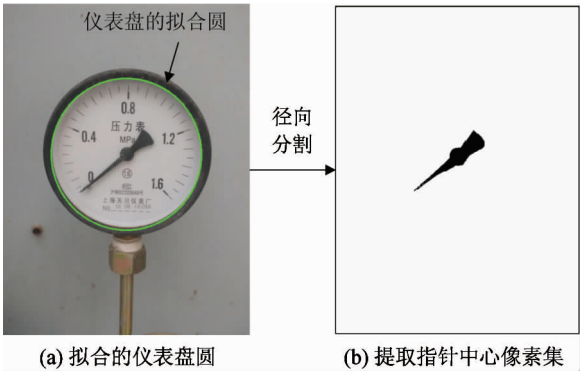


图7 提取仪表盘的指针中心像素集

图7(a)表示拟合的仪表盘圆，图7(b)为径向分割后的结果图，仪表盘中的指针像素集被有效地提取出来，通过这些像素就可以拟合出指针所在的直线。

1.2.2 仪表指针定位

经过1.2.1节的处理后，可以得到每个拟合圆中心位置的像素集，但只有一个为仪表指针的像素集，其他像素集为形状不规则的非指针像素集，为此根据指针为直线形且经过仪表圆心的特点，对中心像素集取离散点进行直线拟合，在中心像素集的每列上选取上、中、下三点作为直线拟合的样本点，这种选取方法可以充分体现中心像素集的形状，能区分直线与其他不规则图形，样本点为直线时，直线拟合的方差较小，经过实验分析，这里保留拟合方差小于5的拟合直线。在保留下来的拟合直线中筛选出指针位置的直线，筛选方法是计算拟合直线到圆心

的垂直距离,将距圆心最近的拟合直线作为仪表的指针,如图8所示。

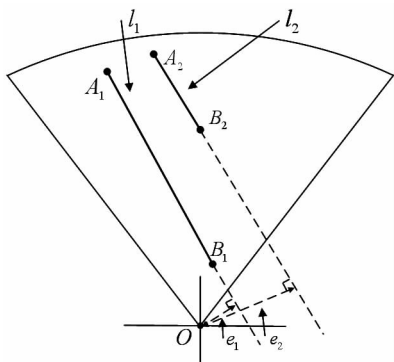


图8 基于距离约束的指针筛选原理图

假设拟合直线 l_1 和 l_2 所在拟合圆的圆心相同,均为 O 点,过 B_1 和 B_2 两点作 l_1 和 l_2 的延长线,从 O 点作到延长线的垂线,得到 O 点到拟合直线 l_1 和 l_2 的距离分别为 e_1 和 e_2 , 因为 $e_1 < e_2$, 所以直线 l_1 更接近于圆心,选择拟合直线 l_1 为仪表的指针位置,表盘的位置为该拟合直线对应的拟合圆,至此,指针式仪表的指针位置和表盘位置都被确定出来。

1.3 仪表自动读数

经过 1.1 节和 1.2 节的处理,得到仪表盘位置与指针位置,最后进行自动读数算法设计。根据指针绕圆心旋转的角度和仪表的量程精度(角度增加 1° 引起的示值变化)来自动计算读数^[14]。为了得到量程精度,本文采用模板匹配法对刻度数字进行定位,计算刻度数字绕圆心的角度,用刻度示值之差除去角度差,设量程精度为 ρ , 其计算如式(6)所示。

$$\rho = \frac{w_2 - w_1}{\theta_2 - \theta_1} \quad (6)$$

式中, w_1 和 w_2 为两个刻度数字的数值, θ_1 和 θ_2 为两个刻度数字绕圆心逆时针旋转的角度。

再用指针与一个刻度数字的角度之差,乘上仪表的量程精度,其计算结果为最终的读数,设最终读数为 r , θ_p 为指针绕圆心旋转的角度,其计算如式(7)所示。

$$r = \rho(\theta_p - \theta_1) + w_1 \quad (7)$$

为了计算仪表的量程精度,采用了模板匹配法对仪表盘数字进行定位。模板匹配法是一种在图像中寻找特定目标的方法,原理简单,遍历图像中的每

一个可能位置,比较各处与模板是否相似,当相似度足够高时,就认为找到了目标^[15]。对刻度数字进行定位,用矩形框将数字标出,将矩形框的中心与圆心分别连线,连线的角度为刻度数字的角度,如图9所示。

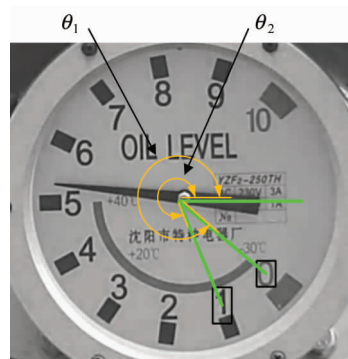


图9 仪表刻度数字定位与角度示意图

由图9可知,对刻度数字定位后,通过逆时针旋转可以得到刻度数字的角度。因为刻度值已知,再根据两个刻度的示值之差和角度之差来计算仪表量程精度,零刻度的示值为 0,最终只需计算指针的角度就可以对仪表进行自动读数。

2 实验与分析

为验证以上算法的有效性,在巡检机器人上集成本文所提出的仪表读数算法进行物理实验。机器人自身携带高清变倍相机,相机底座为两自由度的云台,可在竖直和水平方向上转动,使相机能正对仪表进行读数。如图10所示。

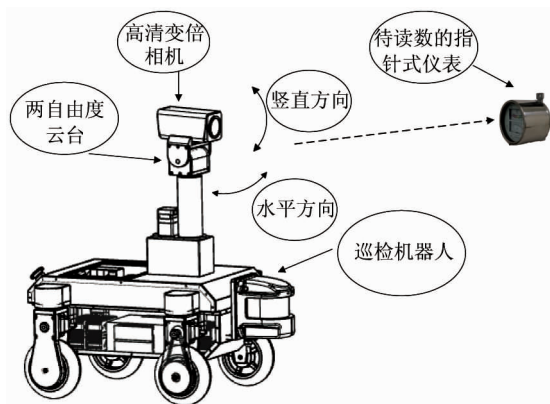


图10 巡检机器人进行仪表自动读数

指针式仪表识别算法以实际场景下的的仪表作为识别对象,在 Visual Studio 2013 软件开发平台进行仿真实验。本文的仪表自动读数算法有 3 个主要内容:(1)对仪表盘的轮廓分离与圆拟合;(2)对仪表指针与表盘的定位;(3)仪表的自动读数。为测试该方法的有效性,设计多种条件下的实验对本文所提出的自动读数算法进行验证。

2.1 实际场景下本文算法与其他仪表识别算法对比实验

目前主流的仪表识别算法是对仪表图片进行识别,在图片中仪表处于居中、大小合适的位置。在实际场景中,存在获取到的仪表图片位置发生变化、仪表区域占图像面积较小等情况。因此本文用实际场景中质量不高的仪表图片来检测算法的性能,将主流的 Hough 检测算法和本文算法进行对比实验,其结果如图 11 和图 12 所示。

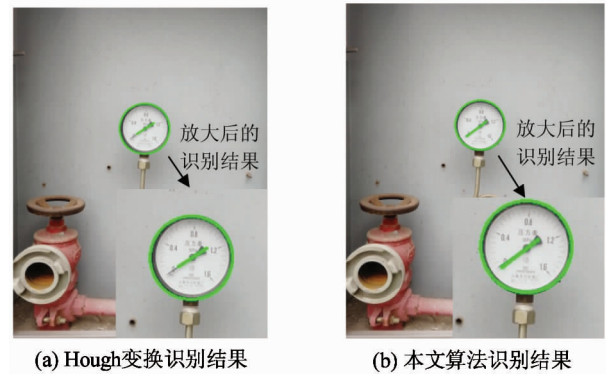


图 11 仪表区域面积较小时 Hough 变换法与本文算法识别对比

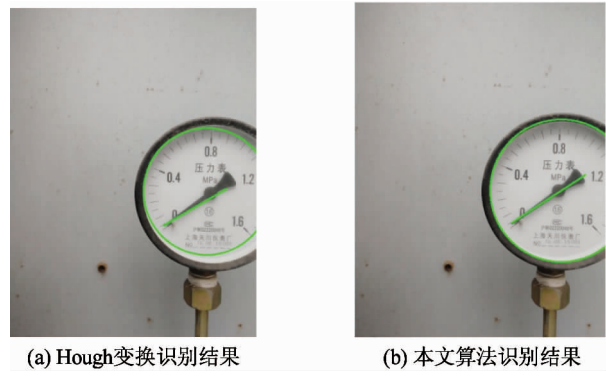


图 12 仪表位置不居中时 Hough 变换法与本文算法识别对比

当仪表区域面积较小时,Hough 变换法仍能识别出仪表盘位置,但指针的识别有缺陷,如图 11(a)所示,由于仪表区域包含特征较少,Hough 变换法没有完整拟合指针长度。图 11(b)为本文算法的识别结果,仪表盘和指针被准确识别。

当仪表位置不居中时,如图 12 所示,仪表盘在图像上显示不完整,表盘圆表示为大圆弧形状,Hough 变换的圆检测效果受到影响。如图 12(a)所示,仪表盘圆检测与实际位置出现偏差,检测的直线为仪表指针的一条边,偏离实际位置。图 12(b)为本文算法检测的结果,仪表盘和指针的识别结果与实际偏差较小,效果比 Hough 变换法好。

2.2 当指针宽窄不同时,仪表识别的鲁棒性分析

不同类型仪表的指针宽窄不同。为了适应不同类型的仪表,本文对粗细不同的指针进行识别,其结果如图 13 所示。

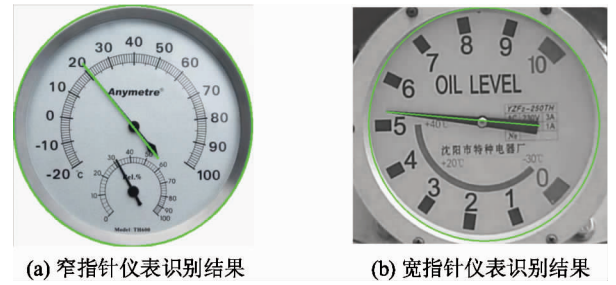


图 13 宽窄指针仪表的指针识别结果图

当仪表的指针较细时,如图 13(a)所示,本文算法能拟合出仪表指针的直线,其位置与实际无偏差。当仪表的指针较粗时,如图 13(b)所示,本文算法提取仪表指针像素集,检测出粗指针的中心线段,识别结果与实际偏差较小。因此,对于宽窄指针,基于径向分割的指针定位有较好的指针定位精度。

2.3 拍摄距离较远仪表识别的稳定性分析

由于现场环境的因素,部分仪表不能近距离拍摄,相机与仪表之间存在一定的距离,使得仪表在图像上的面积区域变小,可能会对后续仪表识别产生一定的影响。因此本文在两种远距离下对压力表进行识别实验,结果如图 14 所示。

由图 14(c)和图 14(f)可以看出,仪表的指针和表盘定位结果与实际情况相符,当拍摄距离在一定范围内增加时,仪表在图像中的大小发生改变,本文



图 14 远距离情况下的仪表识别结果

的识别方法能够克服这种影响,但拍摄距离不能超过 50 cm,因为距离过远会使仪表的图像变得很小,导致后续的识别算法发生错误。因此,在拍摄距离小于 50 cm 范围内,仪表识别的稳定性较好。

2.4 仪表盘有杂质信息时仪表识别的抗干扰性分析

由于仪表经常位于室外露天环境,表盘表面吸附的灰尘或水珠会对指针识别造成困难,此外,表盘内部的数字、型号等字符也给表盘拟合带来干扰。为了验证仪表识别方法的抗干扰性,本文进行了多组实验,在不同干扰因素下对仪表进行识别,实验结果如图 15 所示。

图 15(a)为外壳附有水珠的仪表,图 15(d)为表盘含有其余圆弧刻度的仪表,图 15(g)为表盘含有大量文字和数字符号的仪表。从最后的定位结果可以看出,表盘与指针的定位都比较精准,尽管有时由于表盘边缘与背景颜色接近导致表盘拟合出现偏差,但后续指针定位可以消除这类误差的影响,整体上该识别算法对表盘杂质具有一定的抗干扰能力。

2.5 倾斜拍摄时仪表识别的准确性分析

在实际应用中,由于现场环境的制约,相机只能倾斜拍摄仪表,而不是正对拍摄。这样拍摄的仪表图像发生特征畸变,对仪表自动读数产生干扰。为此,本文在倾斜拍摄下首先对仪表图像进行矫正,利用透视变换法将仪表侧面图转换为正面图,然后进

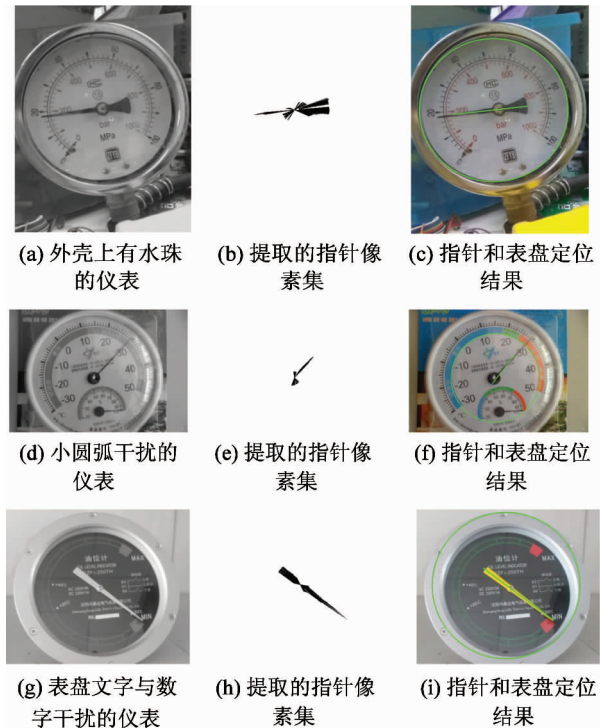


图 15 多种表盘干扰下的仪表识别结果图

行仪表识别,实验结果如图 16 所示。

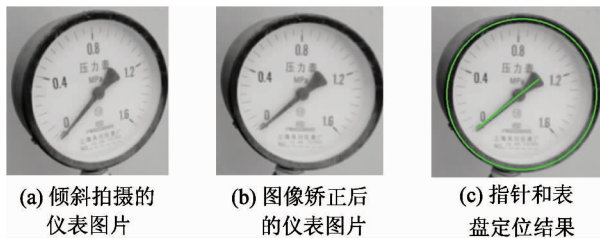


图 16 倾斜拍摄下仪表识别的实验结果

图 16(a)为倾斜拍摄的仪表照片,仪表盘圆发生畸变,显示为椭圆,不能用来进行自动读数。为此,通过透视变换法对原图像进行矫正,矫正结果如图 16(b)所示,仪表盘显示为圆形。用矫正后图像进行仪表识别,结果如图 16(c)所示,仪表盘和指针被准确识别。因此,需要对倾斜拍摄的仪表图像进行图像矫正,有利于提高仪表识别的精度。

为了方便验证所提算法的有效性,使用 QT Creator 开发了指针式仪表自动读数软件,如图 17 所示。用该软件采集指针式仪表图像,得到在不同拍摄角度、宽窄指针和表盘杂质干扰的仪表图像共 100 张,对这些仪表图像进行自动读数,其结果如表 1 所示。

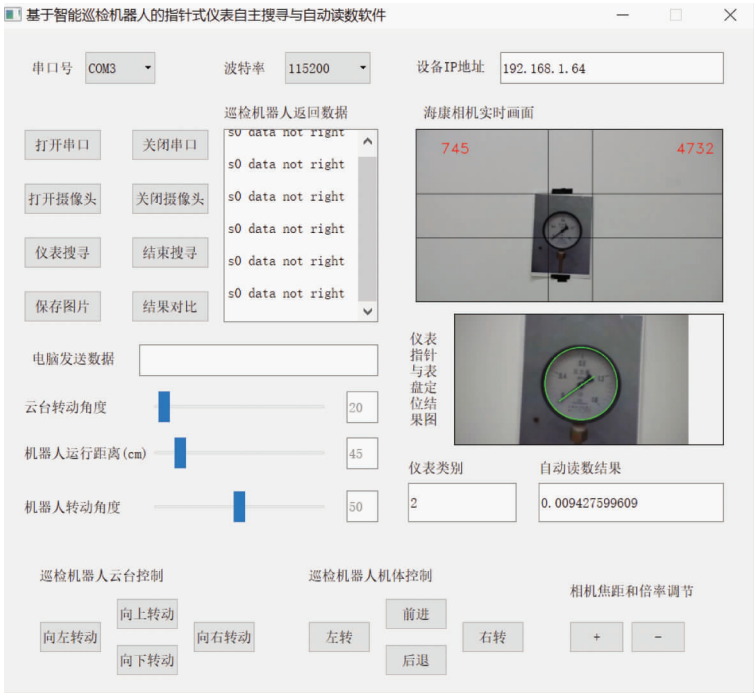


图 17 指针仪表自动读数软件界面

表 1 不同条件下仪表自动读数测试结果

仪表类别	测试条件	真实值	自动读数	相对误差(%)
宽窄指针 (20 张)	宽指针	5.2	5.34	2.63
	窄指针	21.1	21.47	1.77
	5°	54.9	55.77	1.58
	10°	54.9	55.95	1.92
不同倾斜拍摄 角度(30 张)	20°	54.9	56.28	2.51
	表壳水珠	18.0	17.52	2.69
	背景字符	36.5	37.39	2.44
不同表盘干扰 (30 张)	小圆弧杂质	29.0	28.49	1.76
	过暗	0.53	0.542	2.23
不同光照 (20 张)	过亮	0.53	0.522	1.59

由表 1 可见,在不同粗细指针、不同表盘干扰和不同光照的情况下,所提算法的鲁棒性较好,读数较准确,与真实值最大误差不超过 2.7%,能够满足指针式仪表自动读数的实际需求。

3 结 论

针对仪表图像受到拍摄距离和角度、表面杂质等环境因素对自动读数造成的影响,本文提出了一种基于轮廓拟合与径向分割的指针式仪表自动读数

方法,该方法主要由仪表盘轮廓分离、指针的径向分割与定位和仪表的自动读数 3 部分组成。其中,仪表轮廓分离将检测的表盘轮廓分离为上下两条边缘轮廓曲线,解决了仪表类型不同对轮廓拟合的影响。根据仪表指针与表盘背景颜色相差大的特点,提出径向分割方法来获取表盘中心像素集,克服了传统 Hough 变换法参数选取困难的问题。针对仪表指针为直线型、过圆心和长度较长的特点,本文增加了样本点离散化和过圆心的距离约束,有效地提高了指

针定位的精度。最后采用模板匹配方法对仪表刻度数字进行定位,利用角度法自动计算读数,实现了仪表的自动读数。多组实验结果表明,本文提出的指针式仪表自动读数方法对宽窄指针、背景干扰、拍摄距离具有较好的抗干扰能力。

指针存在阴影会对指针像素集的提取造成干扰。因此,在下一步的工作中,拟采用图像增强技术,消除仪表图像的指针阴影,提高仪表盘和指针定位精度,建立真实场景下的指针式仪表自动读数系统。

参考文献

- [1] 李伟, 张长胜, 冯广. 基于图像处理的指针式表盘自动读取系统设计[J]. 电子科技, 2018, 31(6): 24-35
- [2] 徐鹏, 曾卫明, 石玉虎. 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
- [3] 魏琦, 李涛, 何杨. 仪表自动判读方法的研究与实现[J]. 信息技术, 2018(3): 140-149
- [4] 王延华, 李腾, 张沛. 结合 HSV 与局部 Hough 变换的指针式仪表识别算法[J]. 电子设计工程, 2017, 25(2): 110-113
- [5] 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
- [6] 童伟圆, 葛一粟, 杨程光. 基于机器视觉的指针式仪表示数识别方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2018, 26(3): 162-166

- [7] 许丽, 石伟, 方甜. 巡检机器人中的指针式仪表读数识别系统[J]. 仪器仪表学报, 2017, 38(7): 1782-1790
- [8] 邢浩强, 杜志岐, 苏波. 变电站指针式仪表检测与识别方法[J]. 仪器仪表学报, 2017, 38(11): 2813-2821
- [9] 颜友福, 刘金清, 吴庆祥. 基于区域生长的指针式仪表自动识别方法[J]. 计算机系统应用, 2015, 24(4): 164-170
- [10] Zheng C, Wang S, Zhang Y, et al. A robust and automatic recognition system of analog instruments in power system by using computer vision [J]. *Measurement*, 2016, 92: 413-420
- [11] Michalak H, Okarma K. Fast adaptive image binarization using the region based approach[C]. In: *Computer Science On-line Conference*, Springer, Cham, 2018. 79-90
Doi:10.1007/978-3-319-91189-2_9
- [12] Gong X Y, Su H, Xu D, et al. An overview of contour detection approaches[J]. *International Journal of Automation and Computing*, 2018, 15(6): 656-672
- [13] 张远辉, 张鼎, 许昌. 指针式仪表总体最小二乘图像校验算法[J]. 自动化仪表, 2015, 36(5): 75-79
- [14] 张宁, 郭增军, 李静. 基于向量角度判读的水表自动检定系统研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(12): 53-56
- [15] Oron S, Dekel T, Xue T, et al. Best-buddies similarity—robust template matching using mutual nearest neighbors[J]. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 2018, 40(8): 1799-1813

A recognition method of pointer instrument based on contour fitting and radial segmentation

Wu Jie^{***}, Wu Huaiyu^{***}, Chen Yang^{***}

(* Engineering Research Center for Metallurgical Automation and Measurement Technology of Ministry of Education, Wuhan 430081)

(** Institute of Robotics and Intelligent Systems, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430081)

Abstract

Aiming at the problem of labor intensity for manual reading of pointer instrument, this paper presents an automatic reading method of pointer instrument based on contour fitting and radial segmentation. The method is based on the instrument image which is contour extracted. Combined with the common distribution characteristics of the instrument panel, the pixel of instrument arc scale is obtained by the contour separation method, and the dial panel fitting circle is calculated by the least square method. On this basis, a radial segmentation algorithm is proposed to extract the pointer region in the instrument panel by analyzing the pixel characteristics of the pointer, and finally to realize the automatic reading based on pointer deflection angle, zero scale and rang accuracy. In order to verify the validity of the algorithm, multiple experiments are designed. The tset results show that the method is within the tolerance of reading error, and it can overcome impact of wide and narrow pointer, shooting distance, dial interference and so on, and has strong adaptive adjustment ability.

Key words: pointer instrument, contour separation, radial pointer segmentation, dial fitting, intelligent reading