

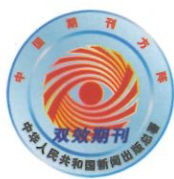
中文核心期刊·中国科技核心期刊(扩展版)·RCCSE中国核心学术期刊(A)·中国学术期刊(光盘版)收录期刊
美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊·《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊
美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊·英国《科学文摘》(SA, INSPEC数据库)收录期刊

ISSN 1001-1390
CN 23-1202/TH
CODEN DYYIA7

半月刊

16
2020

第57卷 第16期
Vol.57 No.16



电测与仪表

Electrical Measurement & Instrumentation



www.tunkia.com

全面满足 OIML R46 指令的新型电能表检定装置



TD3650 三相电能表检定装置

- 3~16 表位 / 0.01 级 / 0.02 级 / 0.05 级可选
- ACV: 0~576 V, ACI: 0.2 mA~120 A
- 基波: 45 Hz~400 Hz, 谐波: 2~64 次
- 支持尖顶波、方顶波、半波、次谐波、自定义等复杂波形输出

TD3720 负载电流快速改变试验装置

- 0.05 级 / 三相标准源输出 0~456 V / 0~120 A
- 开关由微处理器控制, 时间可自定义设置
- 支持 GB/T 17215.211 新国标和 JJF 1245.4-2019 要求的负载电流快速改变试验



TD3810R 三相电能装置现场检测系统 · TD3525 单相电能表检定装置 · TD3700 电能表工频磁场试验装置 · TD3710 电能表恒定磁场试验装置



全国服务热线 0731-84930888

长沙天恒测控技术有限公司

ISSN 1001-1390



9 771001 139204

哈尔滨电仪表研究所有限公司
中国仪器仪表学会
电磁测量信息处理仪器分会

主办



www.emijournal.net

电测与仪表[®]

DIANCE YU YIBIAO

(半月刊 1964 年创刊)

第 57 卷 第 16 期

2020 年 8 月 (下)

(总第 741 期)

主管单位: 哈尔滨电工仪表研究所有限公司

主办单位: 哈尔滨电工仪表研究所有限公司

中国仪器仪表学会电磁测量信息
处理仪器分会

社 长: 刘 文

主 编: 刘献成

副 主 编: 王艳丽

责任编辑: 任美辉

英文编辑: 金 鑫

编辑出版: 哈尔滨金河电测与仪表杂志出版
有限公司

通信地址: 哈尔滨市松北区
创新路 2000 号

邮政编码: 150028

户 名: 哈尔滨金河电测与仪表杂志出版
有限公司

开 户 行: 中国银行股份有限公司哈尔滨新
区分行

账 号: 172746320870

联 行 号: 104261004009

在线投稿: <http://www.emijournal.net>

邮 箱: dcyb@vip.163.com

稿件查询: 0451-86611021

广告邮箱: haoqiuhaohao@163.com

广告咨询: 0451-86693434

广告联系人: 王家隆

广告设计: 朱月娇

排 版: 哈尔滨金河电测与仪表杂志出版
有限公司

印 刷: 哈尔滨华德印务有限公司

国内发行: 哈尔滨市邮局

邮发代号: 14-43

订 购 处: 全国各地邮局

国外发行: 中国国际图书贸易集团有限公司

国外代号: SM4150

刊 号: ISSN 1001-1390
CN23-1202/TH

广告经营许可证: 2301070000001

出刊日期: 每月 10 日, 25 日

国内定价: 15.00 元/期

目 次

理论与实验研究

- 01 同步电机矢量控制调速研究
..... 葛腾飞, 姜建国
- 06 计及大电网安全电压约束的电网自动电压控制研究
..... 韩保军, 王彬, 代飞, 王丹, 秦军伟, 王磊
- 12 基于故障树的电气主接线可靠性及薄弱环节分析
..... 肖彦娟, 丁坚勇
- 17 一种基于简化能量比的直流线路故障区间定位方法
..... 郑思琦, 陈皓, 高传薪, 闫重熙
- 23 基于模态分析的 GIS 盆式绝缘子裂纹缺陷检测方法研究
..... 于卓琦, 高晋文, 王克胜, 张慧军, 段星辉, 潘龙雨
- 28 基于合作博弈的送端电磁环网解环量化评估方法
..... 薄利明, 陈尚, 程雪婷, 王金浩, 张文朝, 张一帆
- 33 虚拟电厂配电网复杂网络的能效分析研究
..... 孟月, 张宏立
- 39 基于选择占空比扰动的自适应 MPPT 算法
..... 何志鑫, 李少纲
- 44 基本网络元件数学模型及电磁暂态分析研究
..... 王磊, 常喜强, 艾比布勒·赛塔尔, 邢占礼, 陈疆, 李宏仲

能源互联网

- 51 风-光-水-火多能互补系统随机优化调度
..... 印月, 刘天琪, 何川, 胡晓通
- 59 直流配电网纹波测量方法
..... 朱明星, 闫奎龙
- 65 计及故障供电恢复策略的主动配电网电源规划
..... 陈滢, 杨革, 吕宇桦, 陈锦涛, 陆进威
- 71 基于无迹粒子滤波的配电网状态估计
..... 罗永平, 刘敏, 谭文勇, 张叶贵, 徐琳
- 78 电力通信网中 SDN 控制器部署方法
..... 尚秋峰, 李炎, 黄尔杰
- 83 考虑柔性负荷的能源互联型园区综合能源优化研究
..... 蒋诗百, 杨丽娜, 刘权, 杨柳

目次

- 89 三相有源滤波器直流侧电容与电压波动关系分析及设计
.....何克成, 汪耀海, 沈茜瑶, 吴泽方, 韩维荣, 王一未
- 96 相空间重构和 SVR 耦合的短期电力负荷预测
.....杨捷, 罗成臣, 张思路, 范美位, 李琰
- 101 基于配电网的配电网调度交易机构模型
.....姜文, 宋丽珠, 吴清玉, 李聪, 何勇琪, 余加喜

测量与控制

- 109 综合能源系统日前-日内多目标优化控制策略
.....杜先波, 陶苏朦, 刘述波, 姚鹏, 王琦
- 118 基于 PIR 控制器的电压不平衡下双馈风力发电机转子侧变流器控制
.....吴雷, 李岚, 程之隆, 郭潇潇
- 125 基于 STM32 的三相交流充电桩控制系统设计
.....盛杰, 郭春林, 杨洪旺
- 130 连接交流系统的 HVDC 线路暂态稳定判别及保护机制
.....高博, 汪玉, 张同谦, 陈冬, 丁津津, 李远松, 张峰

仪器仪表

- 134 智能电能表可靠性研究综述
.....张乐平, 胡珊珊, 梅能, 李若茜, 肖霞
- 141 基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法
.....黄炎, 李文胜, 李英杰, 麦晓明, 董娜
- 147 多类指针式仪表识别读数算法研究
.....张雪飞, 黄山

- 中文核心期刊
- 中国科技核心期刊(扩展版)
- RCCSE 中国核心学术期刊(A)
- 中国期刊方阵双效期刊
- 中国学术期刊(光盘版)收录期刊
- 美国《剑桥科学文摘》(CSA)收录期刊
- 美国《乌利希期刊指南》(UPD)收录期刊
- 英国《科学文摘》(SA, INSPEC 数据库)收录期刊
- 《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》(JSTChina)收录期刊

《电测与仪表》 编辑委员会

顾问委员会 (按姓氏笔画排序)

尤政(院士) 叶声华(院士)
庄松林(院士) 吴澄(院士)
张广军(院士) 张钟华(院士)
李天初(院士) 李同保(院士)
房建成(院士) 金国藩(院士)
姜会林(院士) 高洁(院士)
谭久彬(院士)

编辑委员会

主任委员

张钟华(院士)

副主任委员

赵伟 贺青 李照阳

委员 (按姓氏笔画排序)

于晓洋	王立欣	王有元
王学伟	王晓琪	王雪
王群京	公茂法	付志红
冯庆东	白凤山	刘文
刘念	刘国海	刘健
刘献成	孙天雨	孙金玮
曲延滨	许志红	余涛
张彤	张革	张国荣
张峰	李仁发	李开成
李红斌	李辉	杜新纲
杨俊华	陆以彪	陈玉
陈向群	周宗发	孟宗
陆祖良	林德浩	郑建勇
姚陈果	赵永平	徐永海
徐和平	钱政	高云鹏
章欣	黄琦	雷民
谭志强	魏国	

基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法

黄炎¹, 李文胜¹, 李英杰², 麦晓明¹, 董娜²

(1. 广东电网有限责任公司电力科学研究院, 广州 510080; 2. 天津大学 自动化学院, 天津 300072)

摘要:为了满足变电站巡检机器人对现场表计指针的智能识读要求,文中提出一种基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法。通过改进的 SIFT 算法进行图像匹配并求出单应矩阵,利用单应矩阵将在模板图像上标定的刻度弧线映射到待测图像上,通过扩展扫描区域,依据检测曲线路径上像素点的灰度值和确定指针位置并计算读数。文中对变电站现场的五种仪表,共计 500 张图片进行了测试。实验结果表明,文中所提算法简单实用、稳定且识别精度高,可以对多种不同的仪表进行识别,适用性强,在变电站多类指针表计识别中具有较好的应用前景。

关键词:特征匹配;单应矩阵;扩展扫描区域;指针识别

DOI:10.19753/j.issn1001-1390.2020.16.024

中图分类号:TM764

文献标识码:B

文章编号:1001-1390(2020)16-0141-06

Pointer recognition method for field meter based on extended scanning area

Huang Yan¹, Li Wensheng¹, Li Yingjie², Mai Xiaoming¹, Dong Na²

(1. Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Guangzhou 510080, China.

2. School of Automation, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to satisfy the intelligent identification requirements of the substation inspection robot for the field meter pointer, a pointer recognition method based on the extended scanning area has been proposed in this paper. Image matching is performed by the improved SIFT algorithm and the homography matrix could be obtained. The scale arc calibrated on the template image is mapped onto the test image by the homography matrix. Expanding the scanning area, the sum of the gray values of the pixel on the path of the detection line is determined. It determines the position of the pointer and calculates the reading. A total of 500 pictures of five meters have been tested in this paper. The experimental results show that the proposed algorithm is simple, practical, stable and has high recognition accuracy. It can identify many different meters and has strong applicability. It has good application prospect in the identification of multi-class pointer meter in substation.

Keywords: feature matching, homography matrix, extended scanning area, pointer recognition

0 引言

随着我国电网的发展,越来越多的巡检机器人开始用于变电站中现场表计指针的识别工作^[1]。变电站有许多设备配置了指针仪表,如:气压表、温度表、油温表、避雷器表等^[2-4]。利用巡检机器人对变电站内现场表计进行图像拍摄并识别,可以有效降低人工成本并提高工作效率^[5]。由于仪表种类繁多,而且巡检机器人的拍摄条件存在差异,如:角度、光照等,导致仪表识别的难度增大^[6-7]。因此,研发一种适用于变电站巡检机器人现场表计指针智能识读方法具有非常重要的意义。

目前,指针式仪表读数识别研究现状:文献[8]提

出了一种仪表识别算法,首先将现场图与模板图运用减影法得到一张无表盘指针图像,然后用 Canny 算法进行边缘检测并用细化算法获得指针刻度线,最后用 Hough 变换进行指针读数识别;文献[9]提出了一种自动读数方案,首先对 Hough 变换进行了优化,然后根据减影法获得指针位置并进行读数识别;文献[10]提出了一种基于 Snake 算法的圆盘仪表示数识别方法,采用 Hough 变换和 Snake 算法对圆盘仪表进行圆形特征定位,然后使用 Hough 变换对指针和刻度等直线特征进行定位;文献[11]提出一种基于改进 Hough 变换的仪器读数识别方法,首先使用改进的自适应中值滤波方法

进行图像滤波,然后使用改进的 Hough 变换进行指针的读数识别;文献[12]提出一种基于视觉显著性区域检测的指针式仪表读数方法,首先提取仪表图像指针区域并进行优化,然后计算指针与横轴的夹角,最后根据最小二乘法进行指针的读数识别。

综上所述,基于固定视点方式获取仪表图像的识读方法相对比较成熟,而对移动机器人获取的变电站户外现场指针仪表图像的识读是目前尚未解决的难题。在实际应用中,由于仪表种类繁多,而且巡检机器人的拍摄条件存在差异,导致仪表识别的难度增大。因此,提出一种基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法。

文中所提算法流程图如图1所示。首先通过现场图与模板图的特征匹配求出可以表示现场图和模板图像素对应关系的单应矩阵 H ,其次利用单应矩阵 H 将模板图中的弧线点集映射到现场图中,最后扩展现场图扫描区域并扫描整条弧线,找到像素累积和最大值(或最小值)的位置,按照弧线比例和量程求出读数。

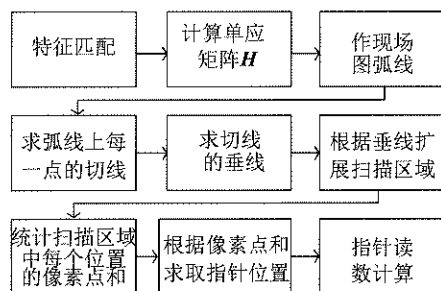


图1 基于扩展扫描区域的指针识别方法流程图

Fig.1 Flow chart of pointer recognition method based on extended scanning area

1 特征匹配

图像特征匹配的目的主要是获取同一个三维场景中同一对象或目标在两幅图像之间的对应位置关系^[13]。对于两幅不同的图像,如果有一对特征点在某种条件下非常接近,那么认为这对特征点是匹配的;反之,这对特征点是不匹配的^[14]。

常见的特征匹配方法是尺度不变特征变换匹配算法(Scale Invariant Feature Transform, SIFT)。因其不受尺度、旋转和光照等因素的影响,具有很强的稳定性,成为目前使用最广泛的特征匹配算法之一。

单应矩阵描述的是在不同的视角下拍摄的两幅图像之间的像素对应关系。假设这两幅图像之间是透视

变换,则单应性矩阵也就是透视变换矩阵 H 定义如式1所示:

$$H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad (1)$$

则基准图和现场图的像素对应关系为:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

要求出单应矩阵 H 中的 8 个参数,那么至少需要 4 对匹配点,如式3所示:

$$\begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_1'x_1 & -x_1'y_1 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 & -y_1'x_1 & -y_1'y_1 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_2'x_2 & -x_2'y_2 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 & -y_2'x_2 & -y_2'y_2 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_3'x_3 & -x_3'y_3 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 & -y_3'x_3 & -y_3'y_3 \\ x_4 & y_4 & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_4'x_4 & -x_4'y_4 \\ 0 & 0 & 0 & x_4 & y_4 & 1 & -y_4'x_4 & -y_4'y_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1' \\ y_1' \\ x_2' \\ y_2' \\ x_3' \\ y_3' \\ x_4' \\ y_4' \end{bmatrix} \quad (3)$$

SIFT 特征描述符维数较高,计算量较大,为了提高算法的计算效率,减少不必要的时间损耗,文中采用了一种减少 SIFT 算法特征点个数的方法,并利用 12 环的圆形窗口构建特征描述符^[15]。

在传统的 SIFT 算法中,为了获得局部极值点,每一个像素点都要和 26 个相邻像素点进行比较,然而过多的特征点容易导致错误匹配,影响弧线映射的准确性。为了解决这个问题,对极值点的检测方法进行了改进。对于每一个像素点,扩大了极值点的生长区域,减少极值点的数目,这样从根本上降低错误匹配几率。文中选取了 74 个相邻像素点进行比较。

SIFT 算法在对特征点进行描述时,需要保证坐标轴与关键点的方向一致。使用圆环形区域来构造特征描述符时可以满足这个条件,其中,圆环形的半径选为 12。在圆形区域中,与特征点之间的距离越近的环形区域的像素对特征点的描述贡献越大,故采用(3,3,2,2,1,1)的环数构造。引入灰度差累加直方图,计算每个环的灰度累积值,并将子环区域的灰度累加值作为一维特征向量,引入特征描述符的构建。最后,对每个子环内 10 个梯度累加值进行排序,并对特征向量进行归一化处理得到 78 维的特征描述符。

提取到两幅图像的特征点后,分别得到两幅图像的特征描述符的集合。计算现场图中的特征点与模板图中距离其最邻近的特征点间的距离和次邻近特征点的距离的比值。得到配对的关键点描述子 $d(m,n)$, 满足:

$$\frac{\text{mindis}}{\text{sub} - \text{mindis}} < \text{threshold} \quad (4)$$

式中 threshold 为配准阈值。若设置的 threshold 小于 0.4 会导致配准点数目较少;而设置的 threshold 大于 0.8 则会存在大量错误的配准。

改进的 SIFT 特征匹配点中存在误匹配点,需要去除误匹配点。在计算参数模型时,若使用了异常数据,导致图像变换参数不精确,影响图像的配准精度,甚至会出现配准失败的情况。

RANSAC 是一种参数估计算法,在改进的 SIFT 算法中使用 RANSAC 算法,去除错误的配准,从而提高算法的匹配正确率。

改进的 SIFT 算法的流程图如图 2 所示。

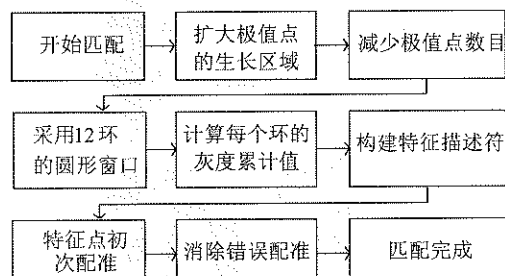


图 2 改进的 SIFT 算法的流程图

Fig. 2 Flow chart of the improved SIFT algorithm

文中的仪表图片都采用的是灰度图,灰度图可以去除光线干扰,提高特征匹配准确率;另外有利于统计指针上像素,比彩色图片更容易找到指针。特征匹配的效果如图 3 所示。

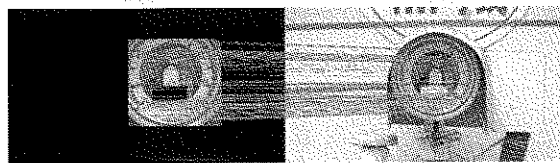


图 3 特征匹配的效果图

Fig. 3 Feature matching effect map

弧线在基准图中的位置确定,所以可以将弧线的点集通过单应矩阵映射到现场图中。图 4 为现场图中的刻度弧线位置。

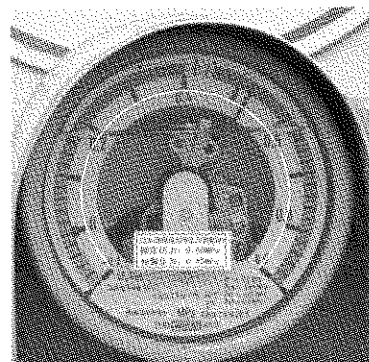


图 4 现场图中的刻度弧线位置

Fig. 4 Scale arc position in the scene map

2 基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法

变电站现场表计种类繁多,各种表盘中文字、刻度值、标记、污垢都会为指针的识别带来干扰。由于指针(延长线)与刻度弧线相交,所以文中提出一种基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法。算法描述如下:

(1) 求弧线上每一点的垂线与水平线的夹角

由于现场图中的弧线由点集组成,它并不是光滑的弧线,故可以借助该点周围点的斜率求该点的斜率。如图 5 所示。

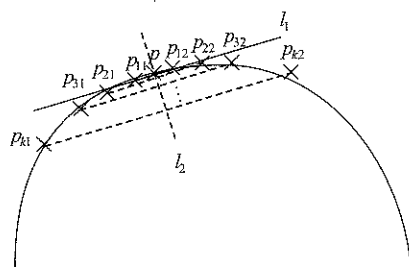


图 5 求弧线上每一点的切线斜率示意图

Fig. 5 Schematic diagram of tangent slope of each point on the arc

上图中点 p 为待求点,连接其左侧第 i ($i = 1, 2, 3, \dots, k$) 个点和右侧第 i 个点,遍历 i 从 1 到 k (k 值越大,斜率越精确,文中取 $k = 10$)。

(a) 若 10 条连线的斜率都存在时,即:

$$k_i = \frac{y_{i2} - y_{i1}}{x_{i2} - x_{i1}} \quad (5)$$

计算这 10 个连线斜率的均值作为 p 点的切线斜率 K_1 ,如实线 l_1 所示:

$$K_1 = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_{10}}{10} \quad (6)$$

过 p 点作实线 l_1 的垂线 l_2 ,如虚线所示。线 l_2 与

水平线的夹角为:

$$\alpha = \begin{cases} \arctan(-\frac{1}{K_1}), & K_1 \neq 0 \\ 90^\circ, & K_1 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

(b) 若 10 条连线中有部分连线斜率不存在时, 即:

$$\alpha = 0^\circ \quad (8)$$

(2) 扩展扫描区域

如图 6 所示, l_2 是弧线(刻度线)上 p 点处切线的垂线。 l_2 的位置是最理想的指针出现的区域, 然而由于表计种类或者设计缺陷, 指针往往与弧线切线不完全垂直, 指向 p 点的指针并不一定与线 l_2 重合, 因此我们需要扩展扫描区域。

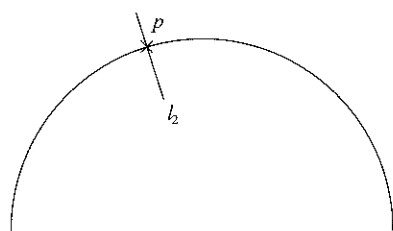


图 6 线 l_2

Fig. 6 Line l_2

如图 7 所示, 指向 p 点的指针可能与任意的虚线重合。当扇形扫描区域选取适当时, 指向 p 刻度点的指针将会出现在扫描区域内。以 p 点为旋转中心, 将线 l_2 左右各旋转 45° , 组成扫描区域, 直线分辨率为 1° 。扫描区域的范围为:

$$\theta = \alpha \pm 45^\circ \quad (9)$$

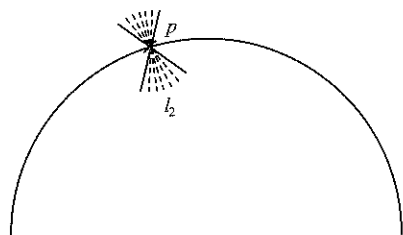


图 7 扫描扇形区域示意图

Fig. 7 Schematic diagram of scanning sector

(3) 遍历整个弧线(刻度线)

如图 8 所示, 弧线上每一个目标点都扫描其对应的扫描区域, 也就是将指针可能出现的位置进行扫描。

(4) 扫描

由于光线干扰, 表盘污垢, 刻度线干扰, 液面干扰等, 应用现场图的指针可能不清晰, 不完整。如图 9 所示。

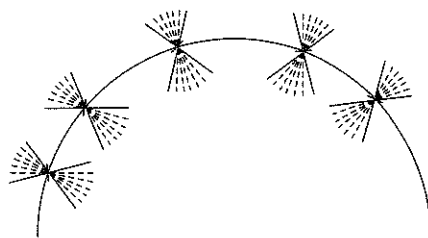


图 8 遍历整个弧线

Fig. 8 Traversing the entire arc

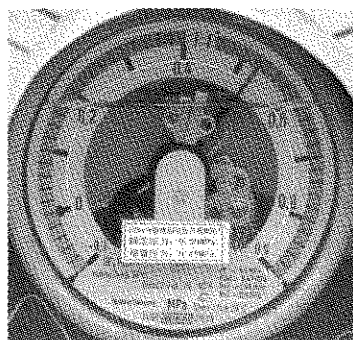


图 9 现场图指针

Fig. 9 Scene map pointer

如图 10 所示, 文中采用累积现场图在蓝色扫描线位置的像素累积和。当扫描线和指针重合时像素累积和最小(若指针为白色, 则像素累积和最大), 这时可以确定指针的位置; 当扫描线和刻度线重合时, 像素累积和不是最小值, 因此可以排除刻度线对指针识别的干扰。同理, 扫描法在液面干扰区也具有非常好的可靠性。

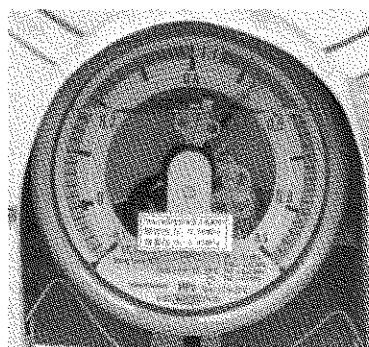


图 10 现场图扫描示意图

Fig. 10 Schematic diagram of scene map scanning

找到指针后, 对其进行标记, 结果如图 11 所示。

(5) 指针读数

设弧线点集共有 N 个点, 刻度表的量程为 M , 统计弧线点集与指针相交点的序号 n , 则指针读数识别算法为:

$$y = \frac{n}{N} \times M \quad (10)$$

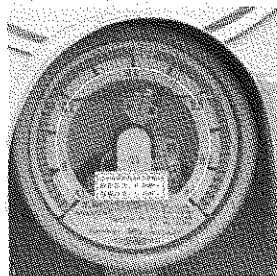


图 11 结果示意图

Fig. 11 Schematic diagram of result

3 基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法在变电站多类指针表计识别中的应用

针对变电站各种指针式仪表,为了验证文中所提算法的有效性,采集了五种仪表的图像进行验证。实验结果如图 12 所示。

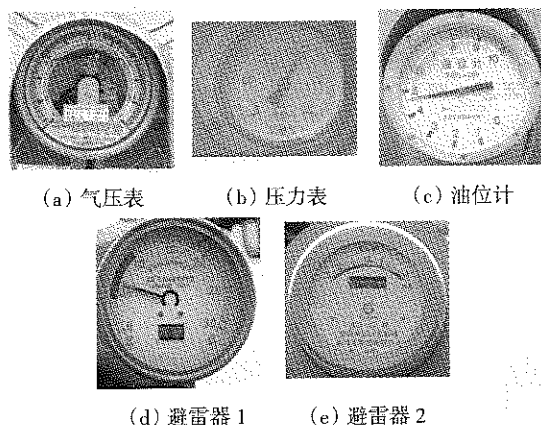


图 12 五种仪表的实验结果

Fig. 12 Experimental results of five meters

实验表明,针对五种不同的仪表,该算法都可以有效地识别指针,且读数精度较高。对于图 12(a)的液面干扰、图 12(b)的表盘模糊、图 12(c)和图 12(d)的字体和刻度干扰,文中所提算法都可以准确地识别指针,具有很好的鲁棒性;对于人眼识别比较困难的图 12(e)中的细指针,该算法也具有较好的识别效果。

为了和其他算法进行比较,文中使用了 Hough 变换检测指针的算法。这五种仪表的图像各采集了 100 张,与基准图相比,这些图像的采集条件:不同时刻,不同的光照强度(偏离幅度:±20%以内),不同的拍摄角度(偏离幅度:±20%以内),不同的焦距(保持表盘在图像内面积占到 80%以上)。

文中从两个方面进行比较:(1)100 张图像中可以

准确地从表盘中找到指针的图像数量;(2)对于可以准确找到指针的图像,计算表盘读数的精度,并取平均值。实验结果如图 13 所示。

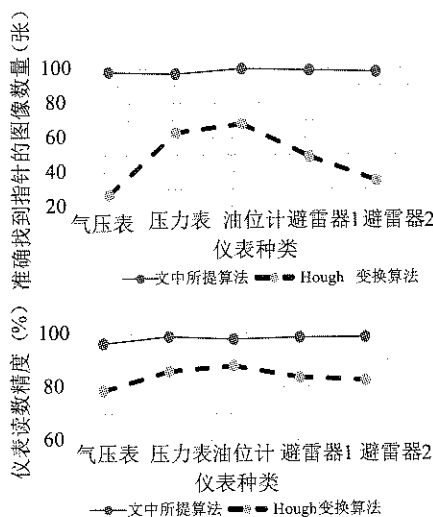


图 13 实验结果

Fig. 13 Experimental result

实验结果表明,针对五种不同的仪表,从准确找到指针的图像数量来看,绝大多数图像的指针可以通过本算法准确找到,其中油位计的 100 张图像的指针可以完全被找到,五种仪表准确找到指针的图像数量平均值为 98.4 张;使用 Hough 变换算法准确找到指针的图像数量平均值为 48.4 张,比所提算法少了 50 张,而且 Hough 变换算法对不同的仪表波动较大,对于气压表,仅能识别 27 张,而对于油位计,可以识别 68 张。

从仪表读数精度来看,Hough 变换算法的平均精度为 83.66%,文中所提算法的平均精度为 98.01%,比 Hough 变换算法提高了 14.35%。

总之,对于不同的仪表,文中所提算法都可以有效地识别指针,且读数精度较高。该算法简单实用、稳定且识别精度高,可以对多种不同的仪表进行识别,适用性强,在变电站多类指针表计识别中具有很好的应用价值。

4 结束语

针对变电站种类繁多的仪表,研发一种适用于变电站巡检机器人现场表计指针智能识读方法是迫切需要解决的问题。文中提出一个基于扩展扫描区域的现场表计指针识别方法,对变电站现场的五种仪表,共计 500 张图片进行了测试。从准确找到指针的图像数量来看,五种仪表平均值为 98.4 张;从仪表读数精度来看,五种仪表的平均精度为 98.01%。实验结果表明,

所提算法可以有效地避免液面干扰、表盘模糊、字体和刻度干扰,可准确识别指针,具有很好的鲁棒性,对于人眼识别困难的细指针,也有较好的识别效果,在变电站多类指针表计识别中具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 陈焕. 变电站仪表识别系统设计与算法研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2016.
Chen Huan. Design and Algorithm Research on Substation Instrument Recognition System[D]. Harbin Institute of Technology, 2016.
- [2] 房桦, 明志强, 周云峰, 等. 一种适用于变电站巡检机器人的仪表识别算法[J]. 自动化与仪表, 2013, 28(5): 10-14.
Fang Ye, Ming Zhiqiang, Zhou Yunfeng, et al. Meter Recognition Algorithm for Equipment Inspection Robot[J]. Automation & Instrumentation, 2013, 28(5): 10-14.
- [3] 房桦, 蒋涛, 李红玉, 等. 一种适用于智能变电站巡检机器人的双针仪表读数的识别算法[J]. 山东电力技术, 2013, (3).
Fang Ye, Jiang Tao, Li Yuhong, et al. Double Pointers Meter Recognition Algorithm for Equipment Inspection Robot[J]. Shandong Electric Power Technology, 2013, (3).
- [4] 朱柏林, 郭亮, 吴清文. 基于ORB和改进Hough变换的指针仪表智能识读方法[J]. 仪表技术与传感器, 2017, (1).
Zhu Bolin, Guo Liang, Wu Qingwen. Intelligent Recognition Method for Pointer Meters Based on ORB and Improved Hough Transform[J]. Instrument Technique and Sensor, 2017, (1).
- [5] 覃煜, 敖昌民, 谢剑翔, 等. 110~500 kV主变压器油温表运行缺陷的检测与维护策略[J]. 广东电力, 2017, 30(1): 79-82, 92.
Qin Yu, Ao Changmin, Xie Jianxiang, et al. Detection and Maintenance Strategies for Operational Defects of Oil Temperature Gauge of 110~500kV Main Transformer[J]. Guangdong Electric Power, 2017, 30(1): 79-82, 92.
- [6] 黄炎, 李文胜, 麦晓明, 等. 基于一维测量线映射的变电站指针仪表智能识读方法[J]. 广东电力, 2018, 31(12): 80-85.
Huang Yan, Li Wensheng, Mai Xiaoming, et al. Intelligent Recognition Method for Substation Pointer Meter Images Based on One-dimensional Measuring Line Mapping[J]. Guangdong Electric Power, 2018, 31(12): 80-85.
- [7] 汤亮, 何稳, 李倩, 等. 基于空间变换的指针式仪表读数识别算法研究[J]. 电测与仪表, 2018.
Tang Liang, He Wen, Li Qian, et al. A Algorithm for the Recognition of Pointer Type meter Based on Space Transformation[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2018.
- [8] 李治玮, 郭戈. 一种新型指针仪表识别方法研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23(31): 113-114.
Li Zhiwei, Guo Ge. Study on a new recognition method of pointer meters[J]. Microcomputer information, 2007, 23(31): 113-114.
- [9] 施健, 张冬, 何建国, 等. 一种指针式化工仪表的远程抄表设计方法[J]. 自动化表, 35(5): 77-80.
Shi Jian, Zhang Dong, He Jianguo, et al. Design of Remote Meter Reading Method for Pointer Type Chemical Instruments[J]. Automated Instrument, 35(5): 77-80.
- [10] 莫文雄, 裴利强, 黄青丹, 等. 基于模版匹配和查表法的高精度指针式仪表自动检定系统研制[J]. 电测与仪表, 2017(12).
Mo Wenxiong, Pei Liqiang, Huang Qingdan, et al. Development of automatic verification system for high precision pointer instrument based on template matching and table searching[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2017(12).
- [11] HAN J L, LI EN, TAO B J, et al. Reading recognition method of analog measuring instruments based on improved Hough transform [C]. International Conference on Electronic Measurement & Instrument (ICEMI), 2011, 3: 337-340.
- [12] 张文杰, 熊庆宇, 张家齐, 等. 基于视觉显著性的指针式仪表读数识别算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2015(12).
Zhang Wenjie, Xiong Qingyu, Zhang Jiaqi, et al. Pointer Type Meter Reading Recognition Based on Visual Saliency[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2015(12).
- [13] 张文杰. 基于图像配准与视觉显著性检测的指针仪表识别研究[D]. 重庆大学, 2016.
Zhang Wenjie. Pointer Meter Recognition via Image Registration and Visual Saliency Detection[D]. Chongqing University, 2016.
- [14] 李金彪. 基于Snake算法的圆盘仪表示数识别技术研究[J]. 电测与仪表, 2016, 53(9): 19-22.
Li Jinbiao. Research on Identification Technology of the Disc Instrument Based on Snake Algorithm[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2016, 53(9): 19-22.
- [15] 卢鹏, 卢奇, 邹国良, 等. 基于改进SIFT的时间序列图像拼接方法研究[J/OL]. 计算机工程与应用, 2019.
Lu Peng, Lu Qi, Zhou Guoliang, et al. Research on time series image mosaic method based on improved SIFT. Computer Engineering and Applications[J/OL]. Computer Engineering and Applications, 2019.

作者简介:



黄炎(1991—),男,汉族,工程师,工程硕士,研究方向为电力机器人技术研究与应用,图像智能识别。
Email: huangyan_dky@163.com

李文胜(1984—),男,汉族,高级工程师,工学博士,研究方向为电力机器人技术研究与应用、图像智能识别。

李英杰(1995—),男,汉族,工学硕士,研究方向为图像智能识别、机器学习。

麦晓明(1986—),男,汉族,高级工程师,工学硕士,研究方向为电力机器人技术研究与应用、图像智能识别。

董娜(1983—),女,汉族,副教授,工学博士,研究方向为图像智能识别、非线性控制算法,深度学习。

收稿日期: 2019-03-24; 修回日期: 2019-05-30

(王艳丽 编发)