

基于图像识别的变电站巡检机器人仪表识别研究

郑昌庭,王 俊,郑 克

(国网浙江省电力公司温州供电公司,浙江 温州 325000)

摘要: 目前变电站仪表识别方法易受到电信号干扰,导致识别图像中存在噪声。该文结合图像识别与中值滤波方法除去图像噪声,提高仪表识别准确性。根据图像识别预处理巡检机器人采集到的仪表图像;利用颜色图像区域搜索进行目标仪表图像区域定位,依据中值滤波去除目标图像噪声;采用脉冲耦合神经网络对仪表图像数字显示盘中的数字字符实行分割和二值化处理;通过样本匹配算法匹配仪表图像样本的数字字符,实现变电站仪表数据识别。通过实验表明,基于图像识别的方法可有效识别模糊以及缺失变电站巡检机器人仪表读数,且识别准确性高。

关键词: 图像识别; 变电站; 机器人; 仪表识别; 脉冲耦合神经网络

中图分类号: TP242.3 文献标识码: A 文章编号: 1000-0682(2020)05-0057-05

Research on instrument recognition of substation inspection robot based on image recognition

ZHENG Changting, WANG Jun, ZHENG Ke

(State Grid Zhejiang Electric Power Corporation Wenzhou Power Supply Company, Zhejiang Wenzhou 325000, China)

Abstract: At present, the identification method of substation instrument is easy to be interfered by electrical signal, which leads to noise in the recognition image. Therefore, combining image recognition and median filter to remove image noise, improve the accuracy of instrument recognition. Instrument image collected by inspection robot based on image recognition preprocessing. Using color image region search to locate the image region of the target instrument, and using median filter to remove the noise of the target image. Using pulse coupled neural network to segment and binarize the digital characters in the digital display panel of instrument image. The digital character of the image sample of the instrument is matched by the sample matching algorithm to realize the data recognition of the instrument in the substation. It can be seen from the experiment that the method based on image recognition can effectively identify the fuzzy and missing readings of the inspection robot instrument in substation, and the recognition accuracy is high.

Keywords: image recognition; substation; robot; instrument identification; PCNN - Pulse coupled neural network

0 引言

变电站属于电力系统方面的工作,因此变电站的运行、维护和电能统计等工作需要数个部门实行配合^[1]。其中比较重要的一个环节是变电设施的安全巡检^[2]。电力系统正常运作的基础是变电站安全可靠的运行,巡检人员的工作相对是比较重要

的,如果是人力巡检必会产生遗漏,因此选择安全可靠的机器人进行巡检,不仅能获取仪表的图像,降低人工读数带来的误差,还能降低成本^[3]。寻求高效的变电站巡检机器人仪表识别方法,对于提高机器人巡检的读数控制具有重要应用价值。

图像识别由图像预处理、图像分割、目标描述和图像分类等几个关键部分构成。对于识别变电站仪表图像内容会受到一些外界噪声影响,一般图像识别处理方法很难做到对损害图像和缺失图像等问题图像的完整识别^[4-6],因此该文利用了图像识别的技术避免该类问题发生,增强变电站巡检机器人仪

收稿日期: 2020-04-23

作者简介: 郑昌庭(1978),男,浙江温州市人,本科,工程师,研究方向为变电运维专业管理与研究方面。

表识别效果。

1 变电站巡检机器人仪表识别研究

1.1 图像预处理

图像预处理技术主要是精确定位数字区域和分割原始仪表图像中的显示区域。依据变电站数字显示仪表的实际使用情况^[7],对两幅原始仪表图像实行降噪预处理^[8]。明确仪表图像显示区域的位置后,将仪表图像所显示的读数分割成单个数字,方便实行下个环节的数字样本比对。

1.1.1 颜色的图像区域搜索算法

选择两幅连续仪表图像 $E_1(x, y, t_1)$ 和 $E_2(x, y, t_2)$ 设置初始时间 t_1 和 t_2 ,这两幅仪表图像都包括一个待识别跟踪的目标 $h(x_c, y_c)$,其中 (x_c, y_c) 表示质心坐标。

设置含有目标的两幅仪表图像的目标质心是 (x_{c1}, y_{c1}) 和 (x_{c2}, y_{c2}) ,其坐标位置标识在仪表图像的左下角;两幅仪表图像的采样时间分别用 t_1 和 t_2 表示,并具备: $\Delta t = t_2 - t_1$ 的性质。

确定仪表图像区域位置过程:

(1) 提取 t_1 时刻采样仪表图像的颜色信息,转变得得到 HSV 空间并存储到 COLORDB 库中。

(2) 将 t_2 时刻采样的仪表图像,从 RGB 空间转变成 HSV 空间,与 COLORDB 库中的颜色信息实行对比^[9],并获得存在该颜色信息的图像区域(可能存在多个区域)。

(3) 利用椭圆检测检测各个颜色区域,确立目标质心位置 (x_{c2}, y_{c2}) 和其余信息 (k_{c2}, k_{c2}, σ) 。

(4) 确立初始移动速度 $\vec{V} = (c_1 - c_2) / \Delta t$ 和明确跟踪目标,目标在仪表图像上移动的最大速率是 $V_{\max} = \Delta U^2 / W^2 \Delta t$, U 表示幅的宽度, W 表示幅的高度,目标质心分别是 c_1 和 c_2 。

(5) 以 $E_2(x, y, t_2)$ 中 c_2 为中心,定义 $2\beta k_1 \times 2\beta k_1$ 的区域是下一幅仪表图像判断的分析区域。正方向的边长利用加权系统来动态设置。让 $\beta_{i+1} = \|\vec{V}_i\| * \|\vec{V}_{\max}\|$,表示分析第 $i+1$ 幅图像的加权系数是 β_{i+1} ; $\vec{V} = (c_i - c_{i-1}) / \Delta t$, $i = 1, 2, \dots$ 因此对第 $i+1$ 幅仪表图像实行目标位置确定,其中 $l_{i+1} = 2\beta_{i+1} k_i$ 是正方形的边长, k_i 是椭圆目标的长轴。

1.1.2 图像分割和二值化

通过获得目标仪表图像区域,观察仪表图像中数字表盘区域,此时读取仪表中的数字会受到电信号的影响不能直接用于识别,因此对图像实行滤波。在仪表图像去噪的过程中二值噪声对图像的干扰最

大,选取中值滤波对仪表图像实行去噪处理的效果最佳。中值滤波的工作流程为:(1)依照数值的大小对某一像素点领域内的灰度值实行排列;(2)找到该序列中的中值,使得该值和这一像素实行交换。针对特殊种类的随机噪声如椒盐噪声十分有效,中值滤波器和同样尺寸的线性滤波器相比,模糊程度较低,因此中值滤波在图像处理识别中被广泛应用^[10-11]。滤波后仪表图像利用脉冲耦合神经网络对仪表数字显示盘中的数字字符实行分割和二值化处理,得到仪表数字的二值化图像方便后期工作的实行。图像分割和二值化流程图如图 1 所示。

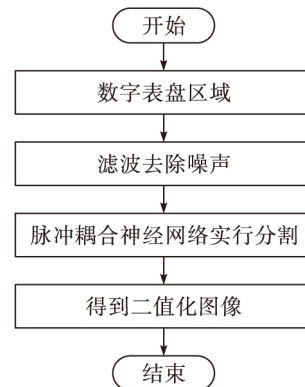


图 1 图像分割和二值化流程图

脉冲耦合神经网络以迭代算法为主,是一种新型神经网络。采用脉冲耦合神经网络释放同步脉冲即单层网络,且神经元和图像中的像素点存在一一对应的关系,当一个神经元受到激发,则邻近的神经元也会受到影响,因此会释放同步脉冲。采用脉冲耦合神经网络的这个特点,对仪表数字字符进行分割,如图 2 所示,该图是经过 4, 8, 12 和 16 次迭代后得到的巡检机器人仪表二值化的图像。



图 2 二值化后的数字图像

1.1.3 数字字符定位和分割

仪表图像数字字符完成精准识别的基础是仪表图像数字字符精准的定位和分割。采用机器人摄像头实行仪表图像采集时会受到外界环境的干扰造成采集到的仪表图像发生倾斜^[12],因此通过质心位置的计算方式判断仪表图像数字字符是否倾斜。其过程为:(1)计算出每个字符的质心坐标;(2)将每个质心连接起来并计算出倾斜率;如果图像是倾斜状态,且相应的质心连线不在水平位置,当每个质心的

连线斜率是零时,数字字符会在一致的水平位置,则仪表图像数字字符倾斜计算公式如下:

$$Z(x) = \sum_{x=x^0}^{x^1} \sum_{y=y^0}^{y^1} x \times D(x, y) / \sum_{x=x^0}^{x^1} \sum_{y=y^0}^{y^1} D(x, y) \quad (1)$$

$$Z(y) = \sum_{x=x^0}^{x^1} \sum_{y=y^0}^{y^1} y \times D(x, y) / \sum_{x=x^0}^{x^1} \sum_{y=y^0}^{y^1} D(x, y) \quad (2)$$

式中: x^0 , x^1 , y^0 和 y^1 分别代表对应字符的水平 and 数值边界; $Z(x)$ 和 $Z(y)$ 分别代表质心所在的水平和竖直方向的坐标; $D(x, y)$ 表示对应像素值 0 和 1; x 和 y 表示竖直方向的坐标。

通过以上步骤处理后的仪图像只包含黑色和白色像素,采用数字字符间的空白间隙对数字字符实行分割^[13-15]。另外,水平竖直投影法能够快速定位数字字符,但是水平投影算法存在一定的缺点,如果小数点和数字之间离得近,就不能准确确定小数点的位置。一般情况下,小数点的位置基本都是位于该数字所在区域右下角的位置,只要确定每个数字区域右下角对应的像素值是否是零就可判断小数点的位置。为了方便后期处理,对分割后的数字字符实行归一化处理如图 3 所示,图 4 为数字字符定位和分割的流程图。



图 3 读数分割的效果图

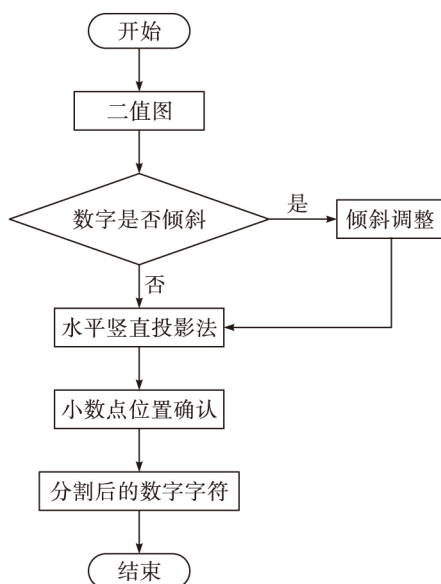


图 4 数字字符定位和分割流程图

根据图 4 可知,数字字符定位和分割首先需要对图像进行二值化处理,判断数字是否倾斜,若倾斜需要增加倾斜调整步骤,不倾斜则通过水平竖直投影法获得处理后的仪表读数,确认把小数点位置分割数字,实现数字字符的定位和分割过程。

1.2 样本匹配算法

样本匹配算法的使用范围非常广,且该算法的匹配效率非常高且便于操作。该算法的核心思想是数字样本的选取。样本的选取和待识别的数字要一模一样,且仪表图像数字结构非常稳定。室内变电站数字仪表图像的显示方式大致一样,数字结构基本相同,因此变电站数字仪表图像数字字符读数与该算法数字样本选取要求完全一致。

样本匹配算法的过程为:

- (1) 成立数字仪表读数的样本库;
- (2) 对巡检机器人收集的仪表图像进行降噪预处理;
- (3) 利用颜色的仪表图像区域搜索算法,定位仪表图像数字的区域范围;
- (4) 将定位仪表图像数字的读数进行分割成单一数字的二值化图像,且各个读数样本的大小规定为 35×30 (像素),待识别仪表数字图像的大小和样本图像的大小要相同;
- (5) 依次对比仪表图像的不同,并明确仪表数字图像数字字符。数字仪表详细的识别步骤描述为:用二值化图像像素的黑色和白色像素对应的 $N_0, N_1, N_2 \dots$ 描述相应于 10 个样本二值化图的矩阵。如果 N_s 表示将 0 和 1 做归一化处理的矩阵数字图像,则存在如下公式:

$$y(s) = \|N_s - n_i\|^2 \quad (0 \leq i \leq 9) \quad (3)$$

巡检机器人收集的仪表读数图像和样本库的样本图像间的差异数值化依据式(3)计算得出。该数值和收集的仪表读数图像与样本间的差异成反比例,当数值呈现最大值时,样本图像中的数字便是巡检机器人收集的图像数字。

2 实验分析

实验从某大型变电站中选择一款简单变电站巡检机器人作为实验对象如图 5 所示,该文方法采用 DS-2ZMN3007(B) 相机机芯用作机器人相机,可以完成自动变倍和调焦。实验为了验证该文方法的有效性,针对该巡检机器人的仪表读数进行实验分析。分别选取 2 组调焦前后的效果图,其验证结果如图

6 所示 图 6(a) 和图 6(c) 为调焦前后的仪表数显图像 图 6(b) 和图 6(d) 分别为调焦前后该文方法识别的数字显示图像。



图 5 电站巡检机器人



(a) 数显调焦前图像



(b) 调焦数字前显示图像



(c) 数显调焦后图像



(d) 调焦后的数字显示图像

图 6 调焦前后识别效果图

分析图 6 可知 ,该文方法能够准确识别出调焦前以及调焦后的机器人仪表图像中的数字 ,对变电站巡检机器人仪表识别效果好。

为了进一步验证该文方法的识别准确率 ,随机选择实验巡检机器人仪表中的 2 组缺失的仪表图像 ,采用该文方法识别其中的数字 ,结果分别见图 7 和图 8。



(a) 缺失的仪表图像



(b) 调识别后的仪表图像

图 7 第 1 组缺失仪表数字识别结果



(a) 缺失的仪表图像



(b) 调识别后的仪表图像

图 8 第 2 组缺失仪表数字识别结果

分析图 7 和图 8 可知 ,采用该文方法能够有效的将缺失部分的数字准确地识别出来 ,变电站巡检机器人仪表识别精度高。

实验为了进一步验证该文方法对变电站巡检机器人仪表的识别精度 ,选择该变电站中 10 个仪表的

实际读数和该文方法对这 10 个仪表的识别读数进行对比,结果见表 1。

表 1 该文方法识别精度

仪表类别	实际读数	该文方法识别读数结果
仪表 1	24.76	24.76
仪表 2	29.37	29.37
仪表 3	34.78	34.78
仪表 4	78.54	78.54
仪表 5	16.78	16.78
仪表 6	24.46	24.46
仪表 7	37.56	37.56
仪表 8	97.68	97.68
仪表 9	41.72	41.72
仪表 10	57.94	57.94

分析表 1 可知,该文方法对这 10 个仪表读数的识别结果和 10 个仪表的实际读数结果一模一样,说明该文方法对变电站巡检机器人仪表的识别精度。

3 结论

该文采用图像识别技术研究变电站巡检机器人仪表识别方法,实验验证无论变电站巡检机器人仪表是模糊的读数显示还是残缺的读数显示,该文方法都能有效识别出仪表中的读数,同时实验也验证了该文方法对 10 种不同类型巡检机器人仪表读数的识别准确率高,更能广泛地应用于变电站巡检机器人的数字仪表自动识别,为今后电力事业的发展提供了可靠的依据。

参考文献:

- [1] 刘云鹏,裴少通,武建华,等.基于深度学习的输变电设备异常发热红外图片目标检测方法[J].南方电网技术,2019,13(02):27-33.
- [2] 马啸川,李庆武,刘静,等.变电站机器人自动巡检中的刀闸开合状态分析[J].电子测量与仪器学报,2018,32(06):64-71.
- [3] 彭斌,祝志恒,阳军生,等.基于全景展开图像的隧道衬砌渗漏水数字化识别方法研究[J].现代隧道技术,2019,56(03):31-37+44.
- [4] 邵嘉琦,曲长文,李健伟,等.基于 CNN 的不平衡 SAR 图像舰船目标识别[J].电光与控制,2019,26(09):90-97.
- [5] 付文龙,谭佳文,吴喜春,等.基于图像处理与形态特征分析的智能变电站保护压板状态识别[J].电力自动化设备,2019,39(07):203-207.
- [6] 王建邦,袁智勇,陈波,等.变电站巡检机器人数据驱动无模型自适应控制[J].电测与仪表,2019,56(19):114-120.
- [7] 梁林勋,杨俊杰,楼志斌.基于智能空间的变电站机器人复合全局定位系统设计[J].电测与仪表,2018,55(24):100-105.
- [8] 孙平安,祁俊,谭秋月.利用卷积神经网络改进迭代深度学习算法的图像识别方法研究[J].计算机应用研究,2019,36(07):2223-2227.
- [9] 郭敦,吴志军.基于局部字典块稀疏表示的 SAR 图像目标识别方法[J].中国电子科学研究院学报,2019,14(08):813-817+829.
- [10] 魏永乐,房立金.双臂巡检机器人沿输电线路行走特性研究[J].北京理工大学学报,2019,39(08):813-818.
- [11] 杨林,马宏伟,王岩,等.煤矿巡检机器人同步定位与地图构建方法研究[J].工矿自动化,2019,45(09):18-24.
- [12] 杨应彬,尹春丽,刘波,等.基于 Hough 变换与特征聚类的指针轮廓识别方法[J].机械设计与研究,2019,35(03):7-11.
- [13] 桑浩楠,王石刚,梁庆华.户外变电站复杂环境下的移动操作机器人单目视觉定位[J].机械设计与研究,2019,35(03):1-6+11.
- [14] 温秀兰,康传帅,宋爱国,等.基于全位姿测量优化的机器人精度研究[J].仪器仪表学报,2019,40(07):81-89.
- [15] 徐晓苏,袁杰.基于改进强化学习的移动机器人路径规划方法[J].中国惯性技术学报,2019,27(03):314-320.

欢迎订阅 2020 年《工业仪表与自动化装置》

国内邮发代号:52-49 国际发行代号:BM529 定价:18.00 元/期 108.00 元/年
 地址:西安市高新区沣惠南路 8 号 邮编:710075 电话:029-81871277
 网址: <http://yb-zdh.shaangu-group.com> 电子邮箱: gyybbjb@126.com