

图像识别技术在机组运行状态判断及 监控对点中的应用

满亚勤¹,张翹飞¹,曾 燃¹,卿 明²,童 静²,尹永亮²,谢晓鸣²,王秋霖²

(1. 四川华能宝兴河水电有限责任公司,四川 雅安 625000;

2. 四川超影科技有限公司,四川 成都 610094)

摘要:水电站主要是通过人工查看数字量输入(DI)板信号指示灯、监控画面、事件表和报警表查看机组运行状态正常与否,花费时间较多且存在遗漏的可能。文中提出了一种将图像识别技术应用到DI板信号指示灯识别的方法,通过图像识别自动生成信号点表,并将图像处理算法(模板匹配、动态规划、几何定位与区域选择算法)集成到手机应用软件(APP)。使用该APP的拍照和识别功能,实现对机组DI板信号指示灯的实时、快速识别并输出结果,识别正确率可达到98%以上。现场人员根据识别结果可快速查看机组运行时信号点状态是否正常,有针对性地检查和对点,提高了工作效率,特别是对于新建水电站机组投运和已投产水电站机组检修作业的优化效果更为明显,同时所提出的图像处理算法可推广到更多工业场景下的指示灯及仪表智能识别应用中。

关键词:水电站机组;图像识别;DI板;模板匹配;动态规划;APP

中图分类号:TM 736 **文献标志码:**B **文章编号:**1003-6954(2022)01-0062-04

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20220113

Application of Image Recognition Technology to Judgement for Operation Condition and Monitoring Signals of Hydropower Unit

MAN Yaqin¹, ZHANG Chifei¹, ZENG Ran¹, QING Ming², TONG Jing²,

YIN Yongliang², XIE Xiaoming², WANG Qiulin²

(1. Sichuan Huaneng Baoxing River Hydropower Co., Ltd., Ya'an 625000, Sichuan, China;

2. Sichuan Chaoying Technology Co., Ltd., Chengdu 610094, Sichuan, China)

Abstract: A hydropower station is always characterized by manual work involved in reading the indicators of digital input (DI) board, monitoring images, event lists and alarm apparatus to ensure the validity of the unit, which costs a lot of time and may ignore something by the staff. So the application of image recognition technology is proposed in reading the indicators of DI board. The signal location list is created automatically in image recognition, while the algorithms of image processing, such as template matching, dynamic programming, geometrical positioning and area selection, are integrated into a mobile APP. By taking photographs and recognizing the images, this APP can enable the user to read the indicators of DI board and output the result immediately at any time with an accuracy above 98%. According to the results, the staff can quickly know the validity of signal locations, and then inspect the locations purposefully. It is a great improvement in working efficiency, especially for the initiation of a new hydropower station or the maintenance of a running one. At the same time, the proposed image processing algorithm can be extended to more intelligent recognition applications of indicator lights and instruments in industrial scenes.

Key words: hydropower unit; image recognition; DI board; template matching; dynamic programming; APP

0 引言

水电站机组通常由现地控制单元(local control

unit,LCU)进行控制。水电站机组主机和辅机设备的运行状态均接入机组LCU,同时机组LCU也会发出各种指令,对机组主机和辅机对象进行控制。机组LCU一般布置在水电站生产设备附近,是水电站

计算机监控系统的底层控制单元^[1],机组 LCU 的数字量输入(digital input, DI)板采集水电站机组主机和辅机设备的运行状态。DI 板上的每一个指示灯亮或灭,指示了机组 LCU 所采集到的一个运行状态,如进水球阀的开或关、制动闸的顶起或落下、断路器的分闸或合闸等。

水电站机组主要有停机、空转、空载和并网 4 种标准状态。每一种标准状态对应所有指示灯中哪些亮和哪些灭,也就是每一种标准状态对应于所有指示灯亮或灭组成的标准信号点表。当某个指示灯不满足当前机组状态对应的标准信号点表时,说明有设备处于异常状态。水电站机组 DI 板上有数百个指示灯(以宝兴水电站为例,每台机组 LCU 分别有 4 块 DI 板,每块 DI 板有 64 个信号指示灯,共 256 个),目前采用的方法是通过人工查看和识别是否有指示灯处于异常状态^[2],或者是通过人工查看计算机监控系统操作员站的监控画面、事件表和报警表判断设备运行状态是否正常。由于 DI 板信号指示灯数量较多,如采用人工方式查看,其工作量较大,花费的时间较多且人眼查看存在出错的风险^[3],因此,目前判断机组运行状态及监控对点的方法存在工作效率较低以及可能出现漏检和误检的问题。

随着计算机图像处理技术的不断发展,图像识别技术已广泛应用于车牌识别、人脸识别、医学图像识别以及工业环境下信号指示灯识别等领域^[4-6]。图像识别技术能使获取所需信息的速度越来越快,给各个行业带来了极大的方便^[7]。下面提出一种对水电站机组 DI 板信号指示灯进行图像识别的方法,可大大提高判断机组运行状态及监控对点的工作效率和正确率。

1 方法设计

通过对水电站机组 4 种标准状态下 LCU 的 DI 板信号指示灯进行图像识别,识别出目前所拍图像对应的信号指示灯的亮、灭分布情况,自动生成相应的信号点表,并分别与已保存的该台机组 4 种标准状态对应的标准信号点表进行对比,分析有哪些信号指示灯不一致,并自动实时、快速、准确地输出比较结果;同时可识别任一张拍摄的图像中哪些信号指示灯不亮和哪些信号指示灯亮,并自动实时、快速、准确地输出识别结果,供现场人员查看和分析,给机组运行状

态判断以及监控对点、故障查找等提供依据和指导。

为实现上述功能,首先,需利用模板图像匹配算法^[8]、动态规划算法^[9]和几何定位与区域选择算法^[10]等来定位 DI 板每个信号指示灯的位置并识别出每个信号指示灯的亮、灭状态;其次,需关联机组 DI 板信号指示灯图像与机组 DI 信号点表,信号点表内容包括 DI 点的信号名称及编号,格式采用 xls 格式;最后,为了提高可操作性和便捷性,开发一套基于 Android 系统的具有图像识别和输出功能的手机 APP,将上述图像识别算法集成到手机应用软件(application, APP)内,并内置机组标准状态 DI 信号点表,人员可在现场使用手机 APP 的拍照和识别功能,自动生成并输出相应的 xls 格式信号点表,实现对机组 DI 信号指示灯状态的实时、快速识别和对比。

每个水电站机组 DI 板型号和数量不同,采用的图像识别技术和算法需根据特定的识别对象进行选择和优化。下面以宝兴水电站为例,对该电站机组 DI 板信号指示灯识别采用的图像识别算法和开发的 APP 进行阐述,并给出了测试结果。

2 识别算法

2.1 模板匹配

模板匹配是一种在一幅图像中寻找与另一幅模板图像最佳匹配(相似)部分的技术。

模板从源图像左上角开始,每次以模板的左上角像素点为单位从左至右、从上至下滑动,每到达一个像素点后,以该像素点的左上角为顶点,从源图像中截取出与模板一样大小的图像与模板进行像素比较运算^[11],计算所截取的图与模板图之间的相似度作为该像素点的相似度,进而计算出源图像中每个像素点的相似度。

其中,相似度计算采用的方法是 CV_TM_CCOEFF_NORMED^[12]。计算公式为:

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}} \quad (1)$$

$$T'(x', y') = T(x', y') - \frac{1}{(w \cdot h)} \cdot \sum_{x'', y''} T(x'', y'') \quad (2)$$

$$I'(x + x', y + y') = I(x + x', y + y') - \frac{1}{(w \cdot h)} \cdot \sum_{x'', y''} I(x'', y'') \quad (3)$$

式中: (x, y) 为要匹配的点的坐标; $T(x, y)$ 为用来匹配的模板图像; $I(x, y)$ 为采集的需要进行识别的源图像; $R(x, y)$ 为模板匹配得到的系数, 取值范围为 $[-1, 1]$, $R(x, y)$ 为“1”时表示完全匹配, $R(x, y)$ 为“-1”时表示完全不匹配; w 为图像的宽度(横向像素); h 为图像的高度(竖向像素)。

对于整幅图像的每一个坐标, 通过遍历 (x, y) 的周围像素 (x', y') 与模板对应位置的 (x', y') 值计算出一个相应的匹配系数 $R(x, y)$ 。同时在计算该匹配系数时, 需使用模板大小区域的平均值, 该平均值的计算需遍历模板大小区域的 (x'', y'') 。

指示灯识别算法中的匹配模板图采用“D”, 通过模板匹配算法识别出指示灯右侧的字母“D”, 该字母“D”位于机组 DI 板信号指示灯的右侧, 编号依次是 D00—D63。经模板匹配识别后相似度大于 0.5 的“D”位置点如图 1 中的圆圈所示。由于在源图像上存在其他与“D”相似的元素, 因此会获得一些误识别的“D”, 如图 1 左侧所示。



图 1 经模板匹配识别后“D”的位置

2.2 动态规划

拍照获取的面板图像中全部指示灯一般会超过 256 个, 同时由于噪声干扰, 匹配出来的“D”的个数通常大于 256 个, 需采用动态规划的方法, 寻找和定位出其中 256 个 DI 信号指示灯的准确位置。

动态规划算法的步骤: 分析优化解的结构, 递归地定义最优解的代价, 自底向上地计算优化解的代价保存之并获取构造最优解的信息, 以及根据构造最优解的信息构造优化解。

动态规划的实施过程: 对于任意一个“D”的位置, 将其作为起始点, 寻找一个有效的 64 个“D”的

垂直排列, 判断在其垂直下方给定的距离内是否有另一个“D”, 如果有, 则继续寻找第二个“D”下方是否有第三个“D”, 以此类推, 直到一共寻找到 64 个“D”的垂直排列, 则判断结束, 将这 64 个“D”作为一组有效的列。而对于一些误识别的“D”, 在此寻找过程中无法得到一个 64 个“D”的列, 这样的“D”就被排除在外, 从识别结果中删除。经动态规划后得到的“D”如图 2 中的圆圈所示。



图 2 经动态规划后有效“D”的位置

2.3 几何定位与区域选择

通过模板匹配和动态规划得到 256 个有效“D”的位置后, 就可以计算出相邻的两个“D”的距离 x 。每个指示灯的圆心位置处在每个“D”的左下方, 水平距离为 $x/1.3$, 垂直距离为 $x/2$ 。在以每一个指示灯圆心位置为圆心、 $x/2.5$ 为半径的圆内, 计算出亮度超过一个阈值的像素所占比例, 如果比例超过 20% 则识别该指示灯为“亮”, 如低于 20% 则识别该指示灯为“灭”。指示灯识别结果如图 3 所示, 其中大圆圈表示“亮”, 小圆圈表示“灭”。

3 APP 功能及测试结果

3.1 DI 标准点表维护功能

由于机组相关设备存在技术改造的可能性, 每台机组的监控信号点表会新增或删除某些信号点, 且某些信号点的定义也会发生变化。该 APP 关联 DI 板信号指示灯图像与信号点表, 内置每台机组 4 种标准状态的 DI 信号点表, 并能对每台机组的信号点表进行修改、保存和导入。APP 在第一次使用时, 使用该功能导入每台机组 4 种标准状态的 DI 信号点表。



图 3 经几何定位与区域选择得到的指示灯亮、灭结果

3.2 DI 标准图像维护功能

APP 具有通过拍照来维护标准信号点表的功能,APP 利用其选框的 4 个定位点对机组 4 种标准状态下的图像进行拍照和识别,如果识别成功,则自动生成 4 种标准状态下的 DI 信号点表,之后自动导入并替换机组 4 种标准状态下原有的标准信号点表。

3.3 DI 板状态识别功能

选择“状态识别”,APP 自动调用相机拍摄,拍摄完成后,点击“识别”按键,弹出“状态对比”和“点亮识别”选择窗口。

选择“状态对比”后弹出“机组和状态”选择窗口,选择“机组和状态”,APP 自动对所拍图像进行识别后生成信号点表,并与内置的该台机组该标准状态的信号点表进行对比,输出与标准信号点表不一致的对比结果,对比标准信号点表后某个信号指示灯是“亮”或者“不亮”。状态对比完成后会自动以 Excel 文件保存每次状态对比的结果。

选择“点亮识别”,再选择“点亮”或“未点亮”选项,选择后输出相应的识别结果。

3.4 测试结果

经测试,该 APP 能在 1 s 内识别出 256 个 DI 板信号指示灯的亮、灭状态,并输出相应的对比或识别结果,同时经人员现场核对,该 APP 的图像识别正确率和图像识别后输出结果(信号点表)的正确率均大于 98%,且该 APP 的各项功能正确。目前该图像识别 APP 已实际应用于宝兴水电站,应用效果良好。

4 结 论

前面将图像识别技术应用到水电站机组 DI 板

信号指示灯识别,并开发了一套基于 Android 系统的具有图像识别和输出功能的手机 APP。测试结果表明,使用该 APP 的拍照和识别功能,可以快速、准确地识别 DI 板信号指示灯,并输出识别结果供现场人员查看,提高了判断机组运行状态、监控对点和查找故障等的工作效率,避免了人工识别效率低和易遗漏等问题。该 APP 应用人工智能图像处理技术为现场工作赋能,具有较大的推广价值和使用价值,同时所提出的图像处理算法可应用到更多工业场景下的指示灯及仪表智能识别,也可集成到监控或巡检的工业机器人中,优化和提高工业现场巡检等工作的效率,实现工业环境的智能化作业。

参考文献

- [1] 刘佳,黄剑锋,尚进.去学水电厂计算机监控系统设计及应用[J].水电厂自动化,2020,41(1):10-12.
- [2] 戴宏伟,王宇航,魏鹏,等.水电监控远动通信信息点表自动比对及同步技术研究[J].水电能源科学,2019,37,229(9):165-168.
- [3] 王均华.高效自动化信号对点调试方法的探讨[C]//浙江省科学技术协会第十九届输配电研讨会论文集.舟山:浙江省科学技术学术委员会,2011:1-5.
- [4] 郑远攀,李广阳,李晔.深度学习在图像识别中的应用研究综述[J].计算机工程与应用,2019,55(12):20-36.
- [5] 蒋树强,闵巍庆,王树徽.面向智能交互的图像识别技术综述与展望[J].计算机研究与发展,2016,53(1):113-122.
- [6] 林庆达,禚亮,覃威威.电力系统图像识别研究综述[J].云南电力技术,2017,45(4):30-33.
- [7] 罗曦.浅谈深度学习在图像识别领域的应用现状与优势[J].科技资讯,2020,18(3):21-22.
- [8] 贾迪,朱宁丹,杨宁华,等.图像匹配方法研究综述[J].中国图象图形学报,2019,24(5):677-699.
- [9] 张莹.动态规划算法综述[J].科技视界,2014(28):126.
- [10] 姬亭.基于对偶四元数的高分辨率卫星遥感影像几何定位研究[D].南京:南京航空航天大学,2012.
- [11] 翟雨微.基于改进的 SIFT 图像匹配算法研究[D].长春:吉林大学,2017.
- [12] Kai Briechele, Uwe D Hanebeck. Template Matching Using Fast Normalized Cross Correlation [C] // Proceedings of SPIE Vol. 4387, Aero Sense Symposium, Orlando, Florida, 2001.

作者简介:

满亚勤(1975),男,高级工程师,主要从事电力系统及其自动化专业的工作。(收稿日期:2021-08-08)