

基于人工智能识别技术的 运维检修监测系统设计

史浩鹏, 马凡琳, 杨轲

(国网平凉供电公司, 甘肃 平凉 744000)

摘要: 提出基于人脸识别和人体检测识别的变电运维检修监测系统。分析了人脸识别、人员身份识别和规范性识别等具体内容在运维检修过程中的应用。建立了以人工智能识别技术为基础的运维检修监测系统, 说明了系统的平台构架以及卷积神经网络(CNN)等人工智能识别技术。针对该技术在人工智能识别过程中的应用分析了各种识别对象的流程, 最后根据所提出的人脸识别方法进行了仿真分析, 说明了系统和算法的有效性。

关键词: 人工智能识别; 人脸识别; 运维检修; 系统设计

Design of operation maintenance and monitoring system based on artificial intelligence recognition technology

SHI Haopeng, MA Fanlin, YANG Ke

(State Grid Pingliang Electric Power Company, Pingliang 744000, China)

Abstract: A monitoring system for substation operation and maintenance based on face recognition and human body detection and recognition is proposed. The application of specific content such as face recognition, personnel identification, and normative recognition in the process of operation and maintenance is analyzed. An operation, maintenance, and overhaul monitoring system based on artificial intelligence recognition technology is established, which explains the system's platform architecture and artificial intelligence recognition technologies such as convolutional neural networks(CNN). According to the application of this technology in the process of artificial intelligence recognition, the process of various recognition objects is analyzed. Finally, the simulation analysis is carried out according to the face recognition method proposed in this paper, which shows the effectiveness of the system and algorithm.

Key words: artificial intelligence recognition; face recognition; operation and maintenance; system design

0 引言

现阶段人工智能技术逐渐应用于变电站运行检修维护管理过程, 通过研究运维检修人员的行为特征和图像特征能够提取相应的特征数据, 实现从海量非结构化视频数据和图像数据中实现人员行为规范识别和管理。通过上述识

别内容的分析可以有效解决人员操作流程合规问题, 有效解决设备区域以及人身安全的实时安全监测和控制, 能够保障设备可靠运行, 提升运维检修管理水平。为此, 本文提出了基于人工智能识别技术的运维检修监测系统。

针对变电站内智能识别技术, 文献[1]分析了图像识别技术在变电站屏柜运检中的应

用。文献[2]提出了基于 OpenVINO 模型优化的变电站压板状态识别方法。文献[3]提出了一种基于智能巡检机器人的变电站双针仪表读数识别及其算法。文献[4]提出了基于深度学习的变电站设备油液渗漏检测识别。文献[5]针对基于变电站巡检机器人的指针式仪表读数识别展开了研究。文献[6]针对变电站指针式仪表图像自动识别进行了研究。文献[7]提出了基于图像识别的变电站巡检机器人仪表识别。文献[8]设计了基于 UWB 及图像识别的变电站无人机巡检系统。文献[9]提出了基于 OpenPose 人体姿态识别的变电站危险行为检测。文献[10]提出了基于目标跟踪的变电站隔离开关状态图像识别方法。上述文献大多针对变电站内设备识别展开，少数文献提到了人员行为识别，但是还不能满足变电运维检修的整体要求。

为此，本文提出了一种运维检修监测系统。首先针对人脸识别和人员身份识别、规范性操作行为进行了要素分析，说明了运维检修监测的主要内容；其次建立了基于人工智能识别技术的运维检修监测平台，提出了系统架构以及系统主要技术功能；然后针对智能识别流程进行了分析，提出了人脸识别、人员身份识别和安全帽识别等内容的识别流程；最后针对人脸识别进行了仿真分析，说明了卷积神经网络在误差和识别率方面的有效性。

1 运维检修监测要素分析

1.1 人员识别

现阶段变电站趋向于无人值守，因此需要对靠近或进入变电站的人员加以管控。一方面保证人员的人身安全；另一方面保证站内电力设施的安全。目前，人脸识别技术可用于变电站内人员监管以及检修运维人员的人身识别。人脸识别常用的地点包括变电站大门以及站内设备间。根据布置的人脸识别系统，可以对非法进入人员进行身份鉴定和识别；还能够有效

鉴别合法人员的身份，通过相应的系统传至上层决策，完成对检修运维人员的身份鉴定。人脸识别功能不仅能够防范非法人员的入侵，而且能够为正常运行、运维班组进站检修提供便利，避免繁冗的审批流程和手续，尤其是在紧急情况下，可以通过人脸识别的方式亮明身份，从而快速进入变电站内执行任务。

除人脸识别外，人体检测识别也是保障电力系统安全稳定运维的重要条件。由于运维人员需要对电气设备进行各项操作，在操作过程中可能出现违反安规或不规范行为，因此需要对人体的各项活动进行检测，避免超出安全阈值，并及时作出预警和告警提示。由于在不同设备间运行，维护人员所进行的操作有所差别，因此人体检测识别需要根据不同房间的设备功能和运维检修情况进行有差别对待。以通信机房为例，可以将通信机房分为服务器区域、网络设备区域、电源区域和配电柜区域。人体检测主要使用电子围栏算法，根据运维检修人员的操作类别，对作业人员进入未在规定区域内的操作行为作出相应提示，并形成行为记录，从而上传至后台供管理运维人员查看。

1.2 运维规范性识别

对于运行维护人员来说，运维的规范性是保障运行检修安全以及设备运行可靠的重要因素。因此在线识别系统也应当着重对运维人员规范性进行识别，具体如图 1 所示。

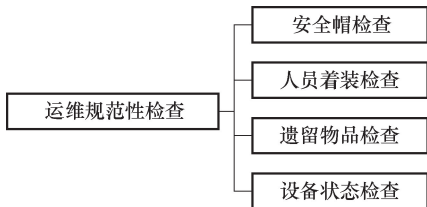


图 1 运维规范性检查

Fig. 1 Formality check for maintenance personnel

安全帽是运行维护人员穿戴规范性检查中的重要内容，由于安全帽具有较明显的标识，通过其特征、颜色和频谱等数据可以方便地识别运行。维护人员的安全帽佩戴情况，还可以

作为统计运行维护人员数量的辅助工具。通过对安全帽的特征进行分类,结合肤色检测、运动目标检测定位人脸,获得安全帽的待检测区域,通过分类训练器对安全帽的数据特征进行训练,从而形成经验数据,达到能够准确检测安全帽的佩戴区域以及佩戴情况。

人员着装识别也是识别检测中的一项内容。考虑到运行维护人员的服装较为统一,因此可以从服装的颜色、款式方面进行判断,通过图像的色彩颜色模型判断着装的规范性。

运行维护人员在结束作业之后,会出现物品遗留等现象。考虑到电力运维检修的重要性,需要结合主要操作工器具进行识别,通过视频的智能监控系统清楚地记录运行维护人员所使用的操作工具以及操作完成后工具的遗留情况,如果发现遗留则需要进行报警或上报。

变电站各设备间的运行状况对于运行维护人员的检修安全十分重要。尤其是出现异常信号报警时,例如火灾报警、烟雾报警等这类状态信息需要及时通过监控或视频采集上传至管理终端,通过及时报警将信息有效推送给相关的管理人员,从而尽可能避免事故扩大。这类识别可以协助运行维护人员进行快速处置。

2 运维检修监测系统设计

2.1 平台构架

运维检修监测系统构架如图2所示。

平台由数据采集层、数据处理层、接口服务层和中心控制层构成。数据采集层能够采集人脸、人体状态和运维规范性标识等内容,通过图像或视频的方式,将这类数据信息转化成标准格式,发送至数据处理层,由数据处理层完成对这类图形和图像信息的进一步分析和决策。在数据处理层需要对数据进行状态分析和决策分析,将决策得到的结果由数据接口传送到中心控制层。中心控制层负责全系统的运维检修、计划下发和班组管理。对底层采集到数据的分析可以进一步优化检修运维决策,实现

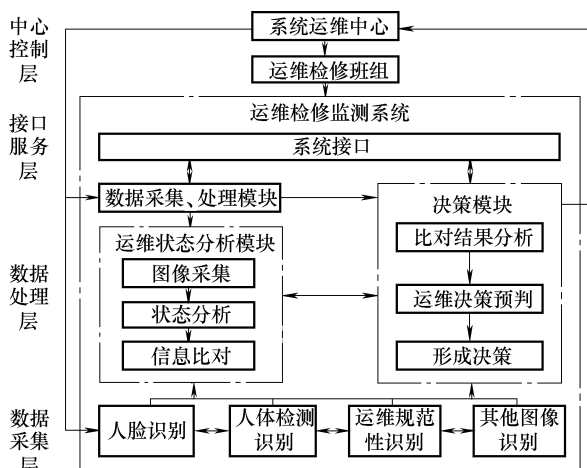


图2 平台构架

Fig. 2 Architecture of the platform

闭环优化。

2.2 平台关键技术

人工智能识别技术是该平台应用的主要技术。而人工智能识别技术分为识别技术和人工智能处理技术。识别技术主要根据训练样本对参数进行训练和离线学习,应用最广泛的为卷积神经网络。

卷积神经网络的基本结构如图3所示。图3展示的是多层的卷积神经网络,二维平面构成了每层的主要内容,每个平面又由多个独立的神经元组成。

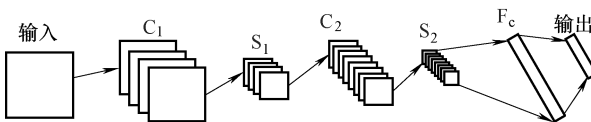


图3 卷积神经网络示意

Fig. 3 Illustration of CNN

当采集到的图像经过处理后,在 C_1 进行全系统运算,之后进入降采样层 S_1 ,降采样层通过多种池化方法得到特征映射,再经过 C_2 和 S_2 层得到最终输出结果。

这个过程的数据训练需要进行离线训练和离线学习,训练样本通过采集的图像进行分类存储。具体流程如图4所示。

本文提出的监测系统利用卷积神经网络、深度学习等技术,对各类图像进行学习、识别。

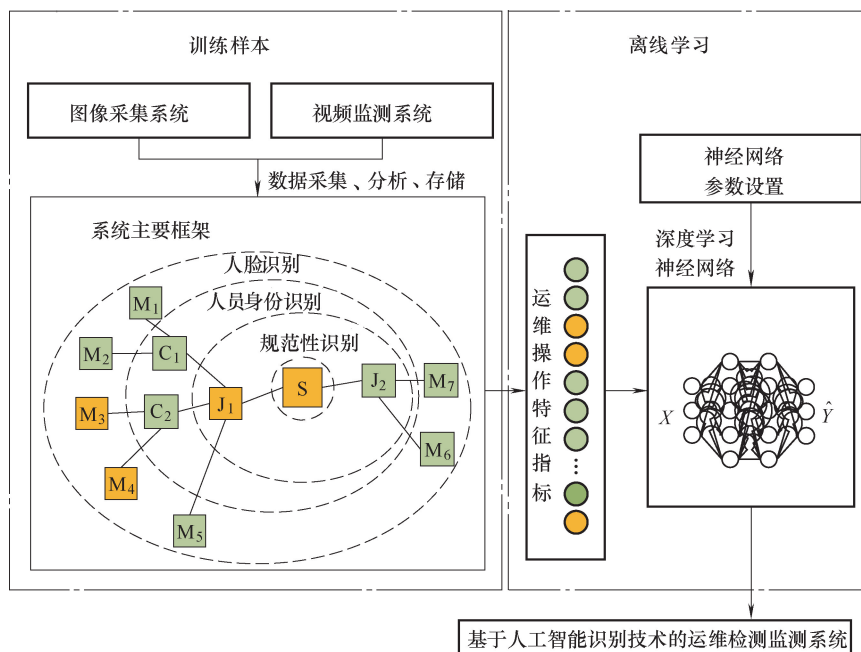


图4 识别流程

Fig. 4 Detection process

3 智能识别流程

3.1 人脸特征提取流程

人脸识别通过基于人脸全局特征识别算法实现人脸的识别过程。

1) 人脸检测。通过人脸检测在整个图像区域中的人脸进行定位，获取适合检测的人脸大小图像，通过平台提供的人脸检测模型对人脸进行定位和图像获取。

2) 图像预处理。需要对提取到的人脸模型进行图像灰度化处理、噪声处理、亮度处理和尺寸规划处理，从而形成可编辑的统一的图像。

3) 通过相应的特征提取算法，对规划的人脸图像进行特征值提取，从而方便与后期数据库中的人脸图像进行特征匹配。

4) 分类识别。通过选择合适的分类器以某种判别方式，对人脸识别特征与人脸库中的图像进行特征对比，从而形成最终的分类和识别。

5) 最后包括特征提取和分离器的选择，

这是对面脸特征识别起决定性作用的两个因素。

3.2 人体检测流程

人体检测分为离线训练和在线检测两个阶段，具体过程如图5所示。可以看出特征提取、分类器选择和检测方式选择是整个过程的关键步骤，也是决定人体检测识别成功与否的重要因素。训练阶段主要对人体分类器模型进行训练，而检测阶段主要利用训练好的模型对提取到的视频图像进行人体检测。

人体检测过程的主要处理分为如下四个步骤：

1) 预处理。针对训练样本和视频图像都要进行预处理。

2) 特征提取。利用特征提取算子对图像进行提取特征值。

3) 分类检测。将提取到图像的特征作为分类器的输入，判断是否有工作人员，并统计工作人员数量。

4) 检测方式。因实际监控画面中人员距离摄像头的位置不同，而呈现出的人体大小不

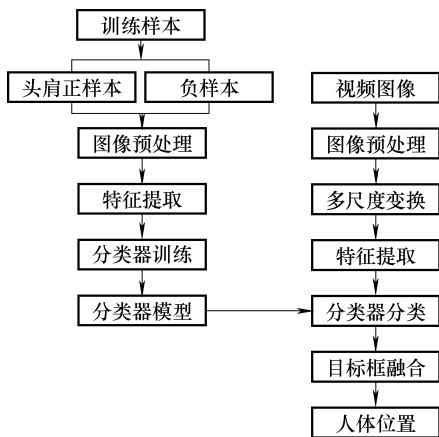


图 5 检测流程

Fig. 5 Flow chart of detection

同，若以固定人体大小检测，则效果会很差，因此，以多尺度变换的方式进行检测。

3.3 运维规范性识别流程

安全帽这一物体体积较小，识别像素较低，颜色特征较为明显，因此应当选取较为合适的指征来进行识别。在深度学习中选择迁移算法，结合卷积神经网络进行图像特征学习，从而实现在安全帽这一特征数据较少的物体上进行高效识别。

选用 Inception-V3 模型作为预训练模型，采集运维专区视频监控中的安全帽图像作为样本。用 Inception-V3 模型做迁移学习的预训练模型主要分为四个步骤：

- 1) 将现有的安全帽图像输入特征提取模型中。
- 2) 利用 Inception-V3 模型中的卷积层和池化层进行特征提取，得到安全帽的图像特征。
- 3) 将图像保存于缓存文件，节约图像处理时间成本。
- 4) 将得到的图像特征作为新的神经网络的输入，为神经网络训练新的 Softmax 函数并对图像进行分类，最终获得安全帽识别的分类。

人员着装检测过程较为简单，主要是利用

画面的像素以及颜色值。通过 HSV 颜色模型转化为二值图，通过不同着装条件下的图形特点判断着装的规范性。其算法流程图如图 6 所示。

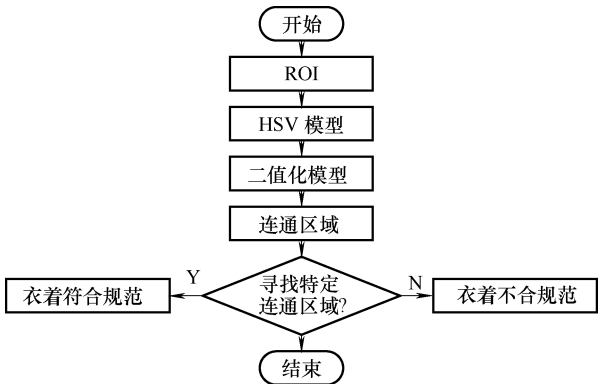


图 6 算法流程

Fig. 6 Flow chart of algorithm

在该算法中，首先选择衣着规范性检测的感兴趣区域（Region of Interest, ROI）对图像进行预处理，此处的 ROI 指在人体检测算法中得到的各类工作人员在运维专区的活动区域，预处理的流程如下：

- 1) RGB 转 ROI 模型。将 ROI 区域图像由 RGB 模型转为 HSV 模型。
- 2) HSV 模型转二值图。将 HSV 模型根据特定颜色的取值范围来设定阈值，转化为二值图，具体的转化方式为将阈值之内的部分取为 255（白色），阈值之外的部分取为 0（黑色）。
- 3) 形态学处理。将得到的二值图进行形态学处理（如腐蚀、膨胀），消除一些无关的区域，得到一个包含连通区域的图。
- 4) 在二值图中进行着装规范性的判定。当工作人员穿着工作服和工作裤时，判定为着装规范。

4 具体应用

以运维人员人脸识别为案例，利用卷积神经网络进行训练，选择不同的像素图片进行仿真。本文选择 $16 \times 16 \times 1$ 、 $16 \times 16 \times 3$ 、 $32 \times 32 \times 1$ 、 $32 \times 32 \times 3$ 、 $64 \times 64 \times 1$ 和 $64 \times 64 \times 3$ 尺寸的图

片进行仿真。其中 600 张图片用于训练, 100 张图片用于测试。所有图片均调整为 JPEG 格式, 分辨率为 640×480 , 脸部位置像素为 150×150 。Epoch 数量定为 35。利用本文 CNN 方法得到的误差曲线如图 7 所示。

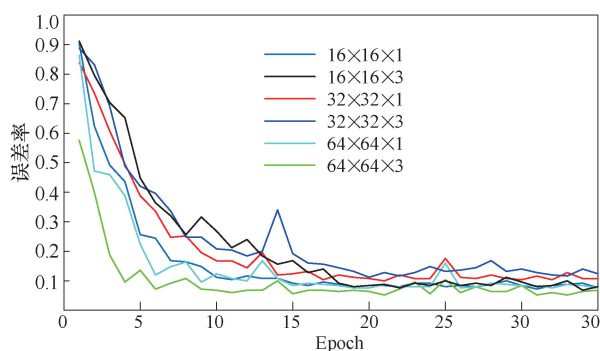


图 7 识别误差数据

Fig. 7 Error rate of the detection

可以看出, 误差最大者为 $64 \times 64 \times 3$ 。但各种像素的图片均能够满足人脸识别的要求。

5 结束语

通过本文建立的人工智能识别技术运维检修监测系统, 实现了对人脸识别、人员身份识别和规范性检修操作过程识别的全流程监控。通过本文所提出的卷积神经网络以及机器学习方法, 能够提升在变电站检修运维过程中的有效性和准确率。仿真算例说明, 本文所提出的算法和平台具有一定的有效性和可推广性。EA

参考文献

- [1] 钱金戈, 徐丹, 史豪杰. 图像识别技术在变电站屏柜巡检中的应用 [J]. 工业控制计算机, 2021, 34 (3): 7-8, 11.
- [2] 孙小磊, 陈昊, 孙子昌, 等. 基于 OpenVINO 模型优化的变电站压板状态识别 [J]. 湖北电力, 2021, 45 (1): 28-34.

- [3] 郭丹蕊, 车玉秋, 何永涛. 基于智能巡检机器人的变电站双针仪表读数识别及其算法 [J]. 数码世界, 2021 (1): 3-4.
- [4] 武建华, 梁利辉, 张喆, 等. 基于深度学习的变电站设备油液渗漏检测识别 [J]. 广东电力, 2020, 33 (11): 9-15.
- [5] 刘杨, 刘俊, 柯奕辰. 基于变电站巡检机器人的指针式仪表读数识别 [J]. 化工自动化及仪表, 2019, 46 (8): 636-639, 658.
- [6] 刘玉翠, 周志强, 曹玲芝. 复杂光照下变电站指针式仪表图像自动识别研究 [J]. 电工技术, 2018 (7): 13-15, 107.
- [7] 郑昌庭, 王俊, 郑克. 基于图像识别的变电站巡检机器人仪表识别研究 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2020 (5): 57-61.
- [8] 余楚云, 伍国兴, 张晶焯, 等. 基于 UWB 及图像识别的变电站无人机巡检系统设计 [J]. 自动化与仪表, 2020, 35 (6): 36-41.
- [9] 朱建宝, 许志龙, 孙玉玮, 等. 基于 OpenPose 人体姿态识别的变电站危险行为检测 [J]. 自动化与仪表, 2020, 35 (2): 47-51.
- [10] 张礼波, 雷鸣, 周怡君. 基于目标跟踪的变电站隔离开关状态图像识别方法 [J]. 机械与电子, 2020, 38 (1): 36-39.

作者简介



史浩鹏

史浩鹏 (1989—), 男, 国网平凉供电公司专责, 学士学位, 主要研究方向: 从事专用集成电路设计。

(收稿日期: 2021-01-20)