

# 基于深度神经网络的变电站继电保护装置状态监测技术

孙静 周骏

国网上海市电力公司超高压分公司

**[摘要]** 监测变电站中继电保护装置的实时状态对避免设备损坏或故障, 维持电网稳定运行有重要意义。传统的状态监测依赖于定期的人工检查, 在耗费大量人力的同时, 也难以做到不间断实时监测, 且检测精度容易受到主观因素的限制。针对这一困境, 提出基于深度神经网络与计算机视觉技术的变电站继电保护装置状态监测技术。

**[关键词]** 变电站巡视; 继电保护装置; 深度神经网络; 计算机视觉

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2020.02.1823

变电站是电力输送系统的重要组成部分, 负责将高电压转换为中低电压, 并将电力引导至配电线路。变电站中的继电保护装置对于变电站安全具有不可替代的意义。当变电站设备发生故障时, 可以通过继电保护装置及时报警并隔离故障设施, 维持电网系统的正常运行。因此, 保持变电站继电保护装置的正常工作状态对于电力安全至关重要。随着人工智能技术的流行, 出现了各种使用计算机视觉等技术的变电站巡视机制用于克服人工检查的局限。例如, 使用实时红外图像分析变电站各类设备的老化情况以及识别隔离开关的状态等。这类方法在小规模的数据集上取得了一定的效果, 但并不适合本文讨论的复杂外部环境下的使用场景。

## 一、技术框架

本文提出基于平移变焦摄像机图像的变电站继电保护装置状态监测方案。根据摄像机的实时画面, 首先进行图像去噪声处理, 并通过图像配准技术提取图像特征, 随后基于卷积神经网络进行状态识别。

### (一) 数据标注

数据标注是系统准备阶段的工作, 只在系统部署时进行一次。在这一阶段, 对大量带有继电保护装置的变电站图像进行人工标注, 即在图像上用线框标记出继电保护装置的位置。由于卷积神经网络具有很强的特征自动提取能力, 因此标记可以是近似的矩形框, 而不必准确勾勒出目标的范围。由于数据集的质量对机器学习算法的最终效果有较强影响, 因此数据标注工作在保证一定数据量的同时, 还需要保证图像的多样性和代表性, 即需要使用各种光照等自然条件下的图片。

### (二) 图像去噪

为了减少平移变焦摄像机图像中的噪音, 特别是低光照条件的模糊情形, 输入识别模型的每张图像都使用多次连续拍摄到的图像的平均值(本文测试中使用100次连续拍摄的平均值)。这一处理使得在图像中快速移动通过的物体(如雨滴)被充分平滑以至于几乎不可见。

### (三) 图像配准

本文设计的图像配准方案适用于一般的拍摄情形, 即允许摄像机处于一定距离外, 且使用不同的平移变焦设置监控多个设备。这些设置在使用图像配置重建的过程中引入了一定随机性。一方面, 使得机器学习算法可以学习到多样的情形, 避免发生过拟合; 另一方面, 也增加了算法学习的难度。但对于本文的目标来说, 显然算法对不同情形下图像的处理能力是十分必要的。

如果图像之间互为循环移位版本, 即图像一侧的内容恰好被完整复制到相对的一侧, 则这一方法可以精确地确定图像的偏移。而实际情形中由于时间差异或摄像机设置的变化, 准确的循环移位并不存在。但真实场景下的测试表明, 只要图像中的场景保持大致相同, 就可以做到较好的估计。然而, 在图像之间存在光照的强烈变化时, 标准的图像配准做法难以处理这种情形。由于目标边缘上的梯度较强, 因此图像配准过程主要受场景结构与物体形状而非具体的像素强度影响。通过对配准方案的这一改进, 可以将配准的对象由像素变为像素之间的差

值, 从而有效地消除光照变化带来的影响。

## 二、实验结果与分析

本文所使用的卷积神经网络模型使用Python语言给予流行的开源深度学习库Tensorflow搭建, 在图像去噪与特征提取部分使用了著名的开源图像处理库OpenCV。全部实验在Ubuntu 14.04.5环境中进行。硬件配置上, 使用一台32 GB的计算机, 并借助一块NVIDIA 2080Ti GPU以加速网络的训练过程。

### (一) 数据集

实验中所使用的数据集包括了4台平移变焦摄像机收集到的图像, 分辨率为1920×1080。图像采集到某变电站一个月内拍摄的实时照片, 经过挑选, 共保留18 929张照片用于模型的训练与测试。数据集中包括了各种强度光照与各种天气条件下的照片, 具有高度代表性与多样性。根据4:1的比例, 随机地选择出3800张照片作为测试集, 15129张照片作为训练集。

### (二) 模型测试

为考察本文方法的实际表现, 在训练集上对模型进行了训练并在测试集上进行评估。为尽可能消除数据集选择过程中的不确定性与卷积神经网络参数初始化中的不确定性, 每个测试结果都是由五次测试的结果经过舍弃最高与最低值并取平均值得到的(实验表示, 该值同时也十分接近中位数)。为全面地评估模型的性能, 考察了是否进行图像配准的情形, 同时与经典的支持向量机(Support Vector Machine, SVM)方法做对比。

两种模型在不同场景下都具有较高的准确度, 但以卷积神经网络为代表的深度学习方法依然具有较明显的优势。并且, 图像配准过程对于模型分类性能的提升有一定帮助, 反映了数据集质量对预测结果的重要意义。然而, 深度学习模型在有效提升精确率的同时, 牺牲了一定的模型可解释性。在实际测试中发现, 相比于处在图像中央区域的目标, 本文设计的模型对处于图像边缘的继电保护装置的状态识别精确率存在一定程度的下降, 这一现象暂时无法全面解释, 将在后续工作中进一步研究。

### 结论:

针对变电站继电保护装置的状态监测问题, 本文提出基于深度神经网络的自动监测方案。利用平移变焦摄像机拍摄的变电站实时画面, 首先基于图像平滑进行去噪声处理, 随后, 本文设计了一种图像配准方案, 能有效地对变电站实时图像这一类特殊图像进行对齐和配准, 提升图像质量。基于尺度不变特征变换与卷积神经网络, 模型能以较高的精确率识别出图像中继电保护装置的状态。在实验与实际测试中, 本文提出的自动监测方案都有较好的表现。后续的研究中, 在进一步提升模型性能的同时, 可期待设计出具有更高可解释性的识别模型, 使模型更具可靠性。

### 参考文献:

[1] 薛钟, 董贝, 张云, 等. 继电保护装置研发的资源配置技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(4): 144-149.