

前需要训练好相应的图像识别模型. 经统计佛山地区近十年的输电线路外力破坏事件, 事故原因基本为吊车、挖掘机、桩机和大型运输车辆的碰撞引发. 故在此次的训练中, 提取了以往监控照片中存在外部隐患的典型照片约 3000 张, 包含杆塔、吊车、挖掘机、桩机和大型运输车辆五个类别. 经过图像分类、图像标注, 制作出标准格式的数据集, 输入识别模型进行训练. 训练结束后检验结果, 测试该模型识别能力 mAP 是否达标. 若不达标, 调整数据集再次训练模型. 经过多次迭代, 最终生成合格模型. 表 1 是本次实例中进行训练的图像识别模型各项指标. 其中, 精确率为正确预测的物体数与预测物体总数之比, 表示模型对图像中单个物体的判别准确度; 召回率为正确预测的物体数与真实物体数之比, 表示模型对图像中物体数量的敏感度. mAP 结合准确率和召回率, 是表示图像识别模型的总体指标.

表 1 图像识别模型的各项指标

指标	杆塔	吊车	挖掘机	桩机	运输车	综合
样本训练数量	725	918	675	402	405	3125
精确率 (%)	91	97	96	86	85	92
召回率 (%)	86	96	92	76	81	87
mAP (%)	89	96	91	83	82	91

3.2 塔上设备的布点安装方式

该智能监控系统主要针对大型机械入侵预警, 因此布点主要是选择有外力破坏隐患、重要交叉跨越、保供电的重要线路区段的杆塔上^[19,20]. 针对不同的杆塔类型(角钢塔、钢管塔、钢管角钢组合塔)设计配套支架和夹具. 安装工作 3 人一组, 地面 1 人, 塔上 2 人即可完成全部设备安装. 塔下组装设备, 塔上微调固定, 地面调通测试, 接入后台智能监控系统. 整个设备安全接入可在 1 h 内完成.

3.3 应用效果

以佛山电网为例, 已安装部署塔上监控设备 300 余套, 对存在较大外力破坏隐患的区域进行监控. 这些设备会对现场环境进行实时监控, 通过通信链路将采集的视频及图像信息上传至系统服务器. 系统服务器通过调用图像识别程序, 对回传的数据进行实时判定分析, 识别准确度达到 90% 以上. 当识别发现输电线路走廊内存在会对输电线路产生危害的大型施工机械时, 就会触发报警程序, 系统将会对该隐患进行标注, 并将相关信息自动报送给相应的运维工作人员. 通过安装摄像头遮雨板和使用专用夹具固定等措施, 该智能监控系统持续稳定运行, 经受住了暴雨、台风等恶劣天气的考验. 识别效果如图 7.

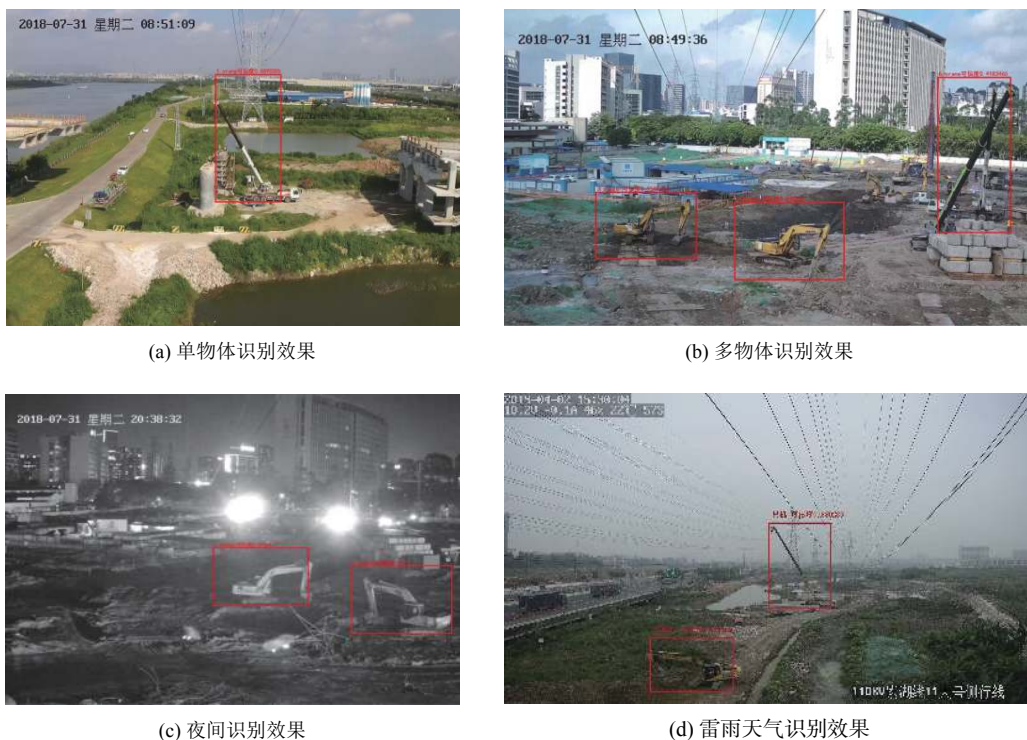


图 7 识别效果图

相较于传统的人员前往现场进行巡视的方式,输电线路智能监控系统实现了智能巡检的目标,在不借助人员的情况下,自动监控现场,自主推送隐患,解放了大量人力。由于系统可对现场持续监控,后台通过调用图像识别程序对现场状态进行实时分析,将传统的一日一巡或三日一巡的人工方式提升至实时监控,在减少人员工作量的同时,显著提高了对现场的监管水平。

4 结语

物体检测是输电线路智能监控系统的关键技术。首先对输入图像进行分割,完成候选区域的提取,然后将每个待分类的候选区域输入到卷积神经网络中提取特征,接着依据特征进行分类,最终得到物体种类以及具体的坐标位置。应用该技术的图像识别模型可以智能识别出输电线路现场环境中的安全隐患。

输电线路智能监控系统建立起前端采集图像,数据无线传输,后台识别分析,隐患定向推送的智能监控新模式。可以对输电线路现场进行24小时持续监控,通过后台调用图像识别程序对现场情况进行实时分析,自动推送隐患预警。大幅度提高了监管预防大型机械外力破坏的效率和质量,提高了输电线路运行安全。

参考文献

- 赵建青,姚瑶,邱玩辉,等.基于输电线路在线巡视系统的智能预警系统研究.电力系统保护与控制,2013,41(23): 49-54. [doi: 10.7667/j.issn.1674-3415.2013.23.008]
- 刘高,曾懿辉.嵌入式视频和图像识别技术在架空输电线路智能监控中的应用研究.计算机系统应用,2013,22(11): 58-61. [doi: 10.3969/j.issn.1003-3254.2013.11.011]
- 姚瑶.基于输电线路在线巡视系统的智能预警技术研究[硕士学位论文].武汉:华中科技大学,2014.
- 何川.高压输电线路视频监控技术研究[硕士学位论文].北京:北京交通大学,2012.
- 曹阳,黄俊,王雅文.超高压输电线路视频监控设计.数字通信,2013,40(5): 88-90. [doi: 10.3969/j.issn.1001-3824.2013.05.021]
- 郭圣,曾懿辉,张纪宾,等.输电线路防外力破坏智能监控系统的应用.广东电力,2018,31(4): 139-143.
- 张焯,黄新波,李菊清,等.视频图像处理在输电线路安防系统的应用.广东电力,2016,29(5): 102-107. [doi: 10.3969/j.issn.1007-290X.2016.05.019]
- 卢宏涛,张秦川.深度卷积神经网络在计算机视觉中的应用研究综述.数据采集与处理,2016,31(1): 1-17.
- 李彦冬,郝宗波,雷航.卷积神经网络研究综述.计算机应用,2016,36(9): 2508-2515. [doi: 10.11772/j.issn.1001-9081.2016.09.2508]
- 刘燕芝,陈立福,崔先亮,等.基于空间特征重标定网络的遥感图像场景分类.计算机工程,2019. <https://doi.org/10.19678/j.issn.1000-3428.0053726>. [2019-10-28].
- 徐舒玮,邱才明,张东霞,等.基于深度学习的输电线路故障类型辨识.中国电机工程学报,2019,39(1): 65-74.
- 冯子勇.基于深度学习的图像特征学习和分类方法的研究及应用[博士学位论文].广州:华南理工大学,2016.
- LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning. Nature, 2015, 521(7553): 436-444. [doi: 10.1038/nature14539]
- Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems. Lake Tahoe, NV, USA. 2012. 1097-1105.
- Ren SQ, He KM, Girshick R, et al. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2017, 39(6): 1137-1149. [doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031]
- Qiu RC, Antonik P. Smart grid using big data analytics: A random matrix theory approach. New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.
- 黄新波,邢晓强,李菊清,等.输电线路视频监控智能分析专家系统关键技术设计.中国电力,2018,51(1): 90-96.
- Uijlings JRR, van de Sande KEA, Gevers T, et al. Selective search for object recognition. International Journal of Computer Vision, 2013, 104(2): 154-171. [doi: 10.1007/s11263-013-0620-5]
- 刘玮,黄曙,马凯,等.视频监控技术在电力系统中的应用.广东电力,2014,27(4): 57-60. [doi: 10.3969/j.issn.1007-290X.2014.04.012]
- 陈良琴,唐海城,肖新华.基于深度学习的输电线路风险预警识别研究.电力大数据,2018,21(12): 1-5.