

基于 AI 的无人机电网智能巡检方案研析

张仕民,雷泽宇,刘意,杨蔚,赵强,杨生兰,徐鹏
(国网四川省电力公司检修公司,四川成都 610041)

摘要: 实现电力巡线的规范化、智能化和自动化是电力巡线业务发展的终极目标。简述了电力巡线的发展历程,同时分析了人工智能赋能电力巡线行业的可行性,提出了“无人机巡检+AI智能分析”处理方案,并对人工智能与电网深度融合进行了展望。

关键词: 人工智能;无人机;电网巡检

中图分类号: TM75 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2019)03-0090-05

Research and Analysis on Intelligent Inspection Scheme of Unmanned Aerial Vehicle Based on Artificial Intelligence

Zhang Shimin, Lei Zheyu, Liu Yi, Yang Wei, Zhao Qiang, Yang Shenglan, Xu Peng
(State Grid Sichuan Maintenance Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Realizing the standardization, intellectualization and automation of power line inspection is the ultimate goal of the development of power line inspection service. The development history of power line inspection is briefly described, and the feasibility of AI-enabled power line inspection industry is analyzed. The processing scheme with UAV inspection and AI intelligent analysis is proposed, and the future of deep integration of AI and power grid is prospected.

Key words: artificial intelligence (AI); unmanned aerial vehicle (UAV); power grid inspection

0 引言

近些年,随着中国经济和社会的快速发展,电力需求也与日俱增,发电量和用电量都呈逐年上升趋势。早在“十二五”期间,中国的电网建设规模就已跃居世界首位,到目前为止中国已经建设成了南方、西北、华东、华中、华北和东北六大跨省区电网,输电线路总长度已超过了 1 150 000 km。据国际咨询机构 Global Data 报告称,到 2020 年,中国的输电线路总里程将增加至 1 590 000 km 以上,占世界近一半的里程数,输电线路建设的年复合增长率将达到 6%,高于全球 3% 的增速。

电网作为国民经济的重要支撑,电力线路的稳定性和可靠性与人们的生活和生产活动密切相关,若电网线路出现故障,将会给社会带来不可低估的经济损失,为此电网巡检工作显得十分重要,战略地位与刚性需求非常突出。

1 电网巡检的历史变迁

早期,受制于技术以及各项软硬件条件不足,中国的电力巡检主要以人力巡检为主。经过多年的技术演进和设备的发展,电力巡检方式逐渐出现了人力巡检为主、载人直升机和无人机巡检协同配合的新局面。由于载人直升机有许多局限,所以,无人机电力巡线和人力巡线的结合成为电力行业的主要趋势^[1]。

1) 传统人工巡检:完全依赖纯人力巡线,因自然环境复杂,导致此方式成本高、花费时间长,且困难大、风险高、效率较低。

传统的人工巡检主要靠巡检人员到达巡检位置后,通过望远镜或手持红外设备对塔杆进行巡查,或者登上铁塔使用相关仪器对绝缘子等进行检测。虽能第一时间发现隐患并进行处理,但是由于中国地形地貌环境较为特殊,导致输电线路分散、面积广,

所处地形复杂,自然环境恶劣。传统人工巡线往往需翻山越岭,效率极其低下,通常一个班组在山区一天只能巡视 2 座铁塔,遇到恶劣天气往往无法巡检。同时,由于巡检人员素质参差不齐,漏检误检时有发生^[2]。另一方面,预计到 2020 年,中国输电线路总长度预计将达 1 590 000 km,若以每公里人工成本 2 万元/年计算,电网公司每年在电力巡检上的花费将超过 300 亿元,且呈连年增长趋势,成本巨大。

中国电力行业长期依赖人工进行线路巡检的作业模式,如今无论是从生产效率还是成本考虑,显然已越来越不适应电力行业发展的需要。

2) 无人机巡检 + 人工处理:无人机巡线代替人力完成影像的采集,解放前端人力成本,不过影像的处理仍需人工检查,枯燥繁琐,且易遗漏。

无人机是无人驾驶飞机(unmanned aerial vehicle, UAV)的简称,是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置的不载人飞机。从某种角度来看,无人机可以在无人驾驶的条件下完成复杂空中飞行任务和各种负载任务。下面文中无人机是指可搭载相关设备,用于电力巡检的无人机。

节省人工成本、提供安全系数和效率,是无人机巡线将逐步代替人工的必然逻辑。相比传统的人工巡检方式,它可以在作业难度较大的崇山峻林和江河湖泊之间轻松作业,不仅更加高效且更加安全。在作业精度上,也逐渐实现了跟专业摄像机相当的精度效果,那些用人工很难发现的线路受损部分,通过无人机空中巡视,可以清楚地进行研判^[3]。

经过几年的探索,无人机已经在电力巡检、故障处置以及电网建设放线等领域发挥越来越重要的作用。目前,市场正处于人工巡检向无人机巡检的过渡期,国家电网公司、南方电网公司已基本完成对无人机电力巡检的前期试点及经验总结工作,无人机电力巡检进入推广阶段,市场规模潜力巨大。以南方电网为例,计划到 2020 年,基本实现“机巡为主 + 人巡为辅”的协同巡检目标,无人机的市场占有率将达到 70%。

2 国家战略导向下的产业升级

虽然无人机巡检已显著提升生产效率,但仍存在因人工检查不当造成的问题遗漏。随着人工智能(artificial intelligence,简称 AI)技术的不断成熟,用

人工智能技术来解决无人机电网巡检目前的痛点,进行产业再升级,已成为目前业界一致的看法。

2.1 人工智能带来的热潮

随着新一轮科技革命进程加快,人工智能正在全球范围内加速兴起,中国也越来越重视人工智能所带来的影响和变化,从国家顶层设计方面制定了一系列政策。2017 年 3 月,在十二届全国人大五次会议的政府工作报告中,“人工智能”首次被写入政府工作报告。2017 年 7 月国务院发布了《新一代人工智能发展规划》,将人工智能提升为国家战略高度,并为我国发展人工智能技术和应用指明了方向。2017 年 10 月,人工智能进入十九大报告,将推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合,人工智能时代已然来临。

人工智能技术是在移动互联网、大数据、超级计算等新技术以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下发展演进的,它作为一项基础技术,能够渗透至各行各业,并助力传统行业实现跨越式升级,提升行业效率,推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能化加速跃升。人工智能正在逐步成为掀起互联网颠覆性浪潮的新引擎。

2.2 AI 赋能电网智能巡检

当前采用无人机对电网线路进行巡检虽然已经在电网系统内部快速落地与推广,但是在精细化巡检中,由于目前由无人机巡检电网线路采集的影像,仍然依赖人工对影像进行检查,操作人员需要不断放大缩小观察各重点部位细节,才能识别出其中的故障和隐患;此外,巡检采集的影像总量巨大,人工检查枯燥繁琐且很难保证故障隐患的全面、及时发现。

随着人工智能技术的成熟,通过 AI 来解决目前电力巡检生产阶段的痛点,已经成为行业的共识。对无人机巡线影像数据进行 AI 处理,可以完全消除人为干扰因素,达到全流程自动化,极大提升巡检效率,降低运维成本。

3 无人机巡检 + AI 智能处理方案

这里创新性的提出了“无人机巡检 + AI 智能处理”方案,通过人工智能可以让电力巡检变成一件简单化、标准化、智能化的事情,重塑生产效率。

1) 简单化的工作:巡线工人动动手指即可完成,轻松成为可能。



图 1 无人机巡检 + AI 智能处理方案

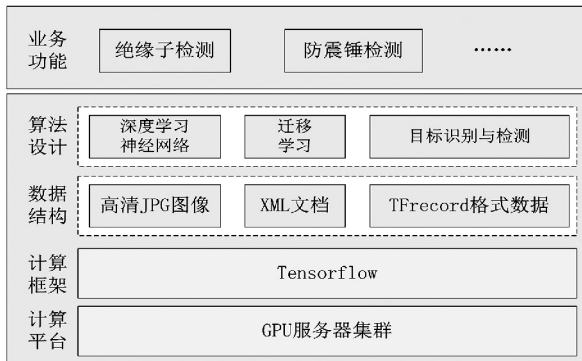


图 2 人工智能处理平台技术架构

2) 标准化的巡检流程: 剔除人为干扰因素, 让一切有章可循。

3) 智能化的一键检测: 检测报告自动生成, 极大提升效率。

3.1 总体方案简介

基于大数据、云计算、人工智能基础技术, 结合无人机线路巡检的实际业务需求, 构建无人机线路巡查的人工智能分析技术服务: 识别无人机线路巡查中的故障发生点, 对判明的故障点进行明确的标记与类别提示, 便于检查人员快速判别。通过人工智能的识别, 大幅降低人工检视分析的工作量, 并提升故障点的检出率, 减少人员因素导致的漏检发生。该无人机巡检 + AI 智能处理方案主要由以下几个功能模块组成, 见图 1 所示。

1) 数据采集: 利用无人机飞巡执行数据采集任务, 并通过地面控制平台将数据实时回传。2) 大数据分析: 对采集到的图像数据进行标注、分类、清洗, 并进行大数据分析。3) 人工智能平台处理: 通过深度学习和神经网络技术建模, 对图像数据进行智能化、自动化的处理, 一键生成报告。其中人工智能处理平台是整个方案的核心部分(见图 2)。

如图 2 所示, 人工智能处理平台的技术架构主要由以下几方面组成:

1) 计算平台(GPU 服务器集群)

• 92 •

GPU(graphic processing unit) 中文名为图形处理器, 它拥有超高的运算速度。GPU 擅长于图像处理, 主要应用于图像、视频游戏等领域。

2) 计算框架

如可采用 Google 的开源框架 Tensorflow, 它是谷歌进行研发的第二代人工智能学习系统, 其命名来源于本身的运行原理。Tensor(张量) 意味着 N 维数组, Flow(流) 意味着基于数据流图的计算, TensorFlow 为张量从流图的一端流动到另一端计算过程。TensorFlow 是将复杂的数据结构传输至人工智能神经网络中进行分析和处理过程的系统。

3) 数据结构

为了实现整个系统, 对数据、数据标注的 xml 文档进行了处理, 形成了特定的 TFrecord 格式的数据, 从而可以更好的与 Tensorflow 框架进行数据的传入传出。

4) 算法设计

通过设计专有的故障识别算法, 从而实现整个目标识别的模块。

5) 业务功能

主要是指输电线路巡线过程中的相关应用场景, 如绝缘子破损故障, 防震锤脱落及移位故障, 输电线路间隔棒脱落故障等, 并且可根据业务需求方便地进行拓展。

3.2 方案的创新性

无人机巡检 + AI 智能处理方案为全自动化的解决方案, 从前端的无人机飞巡到后端的 AI 识别, 提供一站式的服务。此方案在业界具备一定的创新性: 首先是理念创新, 将人工智能技术与电力巡线业务进行结合, 通过 AI 赋能传统行业, 提升产业新动能; 其次是技术创新, 将迁移学习引入算法框架以及目标识别框架进行故障判断, 提升准确率, 并且通过不断的落地实施, 通过飞巡图像数据的积累, 经过清洗与处理, 形成有效数据资产。

迁移学习(transfer learning) 顾名思义就是把已

学训练好的模型参数迁移到新的模型来帮助新模型训练。考虑到大部分数据或任务是存在相关性的, 所以通过迁移学习可以将已经学到的模型参数(也可理解为模型学到的知识)通过某种方式来分享给新模型, 从而加快并优化模型的学习效率, 不用像大多数网络那样从零学习(starting from scratch tabula rasa)。

在无人机电网巡线领域, 可充分利用其他领域积累的海量数据和已经建好的模型, 降低前期工作量及难度。首先通过海量源数据(如通信铁塔的防震锤图片)进行 AI 建模, 利用 faster rcnn 网络生成

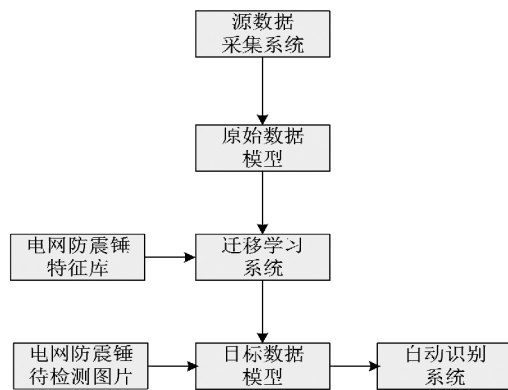


图 3 迁移学习技术应用流程

原始数据模型; 其次结合电网防震锤特征, 通过迁移学习算法等进行模型迁移, 生成目标数据模型; 最终通过目标数据模型对待检测电网防震锤图片进行自动识别和检测(见图 3)。

最后是产品创新, 针对目前需要人工检索图像的弊端, 创新性地提出一键输入及检测服务, 大大提高检测效率。通过 AI 智能处理赋能无人机巡检, 也从各个方面极大地提升了电网客户的体验, 产生很大的价值。所提方案的具体优势见表 1 所示。

表 1 方案的优势体现

| 优势 | 具体体现 |
|----------|---|
| 提高行业生产效率 | AI 智能识别, 数秒钟即可自动识别缺陷照片, 比传统人工效率提升数十数百倍, 大大提升生产效率。 |
| 降低客户支出成本 | 前端采用工业无人机, 后端采用 AI 智能识别, 替代传统人工作业, 大幅降低人工支出成本。 |
| 提升安全性能 | 传统的电力巡线需要工人在户外条件非常苛刻的环境下作业, 如高山、沙漠中, 本方案可大幅改善工人的安全生产环境。 |
| 增加准确性 | 无人机定位可以精确到厘米级, 并且携带专业的相机, 能极大提升故障检测的准确率。 |

3.3 方案的应用情况

前期应用该方案面向试点线路完成了基于玻璃绝缘子及销钉的智能识别研究, 通过对两条典型线路的绝缘子缺失故障的分析, 在绝缘子识别方面已经达到了召回率 99.3% , 准确率 97.6% 的结果, 在绝缘子缺陷识别已经达到了召回率 99% , 准确率 93% 的结果。具体识别效果如图 4 所示。

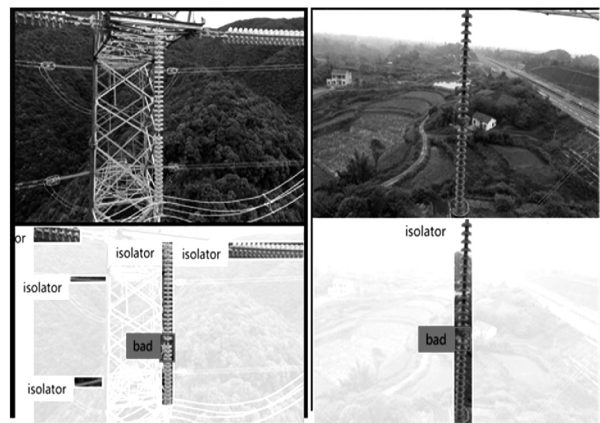


图 4 玻璃绝缘子识别效果
(上方为原图, 下方为识别结果图)

在销钉识别方面(目标图片切片后)已经达到了召回率 95% , 准确率 81% 的结果, 在销钉缺失识别(目标图片切片后)已经达到了召回率 91% , 准确率 73% 的结果。具体识别效果如图 5 所示。

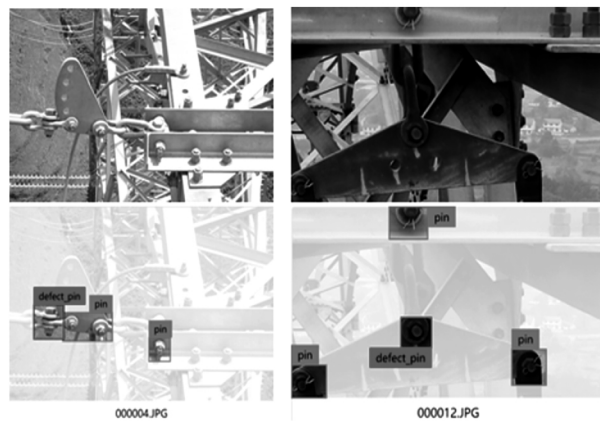


图 5 销钉识别效果
(上方为原图, 下方为识别结果图)

4 结 语

《新一代人工智能发展规划》将人工智能提升到国家战略层面, 电网行业也积极响应国家号召启动了基于人工智能的一系列专项规划, AI 赋能无人

机电力巡检正是其中最重要的一环,它是人工智能与实体经济的深度融合,是电网行业成像技术全面化、影像处理机器化、机器巡检自主化和运检工作智能化的基础,更是落实国家供给侧改革的重要举措。

相信在不久的将来,人工智能技术将深入到电网行业的各个生产环节,降本增效,助推企业升级转型,为国民经济发展提供更强大动力。

参考文献

- [1] 何桂麟. 关于配电网架空线中无人机巡视应用探讨[J]. 科技创新与应用, 2018(14):153-154.
- [2] 郑贤龙,汪旭旭,叶鹏涛. 输电线路无人机巡检技术应用现状及相关问题分析[J]. 电气开关, 2018(3):92-94.
- [3] 陶承志,黄禹铭,李宇程,等. 无人机电力巡检技术[J].

中国科技信息, 2016(18):24-25.

作者简介:

张仕民(1964), 硕士, 高级工程师, 研究方向为电力系统自动化;

雷泽宇(1980), 本科, 高级工程师, 研究方向为输电线路运维管理;

刘意(1983), 本科, 高级工程师, 研究方向为电力系统软件研发;

杨蔚(1978), 本科, 高级工程师, 研究方向为电气技术;

赵强(1975), 本科, 高级工程师, 研究方向为电力工程;

杨生兰(1987), 硕士, 工程师, 研究方向为模式识别与智能系统;

徐鹏(1989), 硕士, 工程师, 研究方向为机械制造及自动化。

(收稿日期: 2019-03-04)

《四川电力技术》投稿须知

《四川电力技术》是国网四川省电力公司主管,四川省电机工程学会和国网四川省电力公司电力科学研究院联合主办的国内外公开发行的综合性学术类电力科技期刊,主要刊登电力系统的科研、规划、生产运行、设备和系统维护等方面的研究报告、专题论述、应用研究、经验交流、技术讨论等文稿,尤其是科研创新方面的论文。本刊热诚欢迎投稿。根据科技论文规范化的要求,本刊对来稿提出以下要求。

1) 文稿内容应具有科学性、创新性和实用性;论点明确、数据可靠、说明严谨、数学推导简明;语言流畅、文字简练、层次分明、重点突出。学术论文请按 GB 7713-1987《科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式》书写,篇幅以版面不超过 6 000 字(包括图表所占篇幅)为宜。

2) 文稿须写有中文摘要、关键词。摘要内容包括研究目的、方法、结果和结论四要素。摘要在 150~300 字之内。关键词是反映论文的词组,选 3~8 个。摘要及关键词、文章题目均附英文译文。

3) 文稿表格尽量采用“三线表”。表格上方写表序和表名。表注放在表底。插图应清晰,少而精,插图下方应有图序和图名。能用文字和表格描述的尽可能不用插图。

4) 来稿计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》和符号。

5) 文中或公式中外文字母符号要注明文种、大小写、上下标、正体、斜体。

6) 参考文献应尽量选用公开发表的资料,按在正文中出现的先后次序列表于文后,以 [1]、[2]……标识序号,且与正文中的指标序号一致。按 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》、CAJ-CD B/T 1-2006《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范修证版试行稿》的要求著录文后参考文献。

文献类型及其标识为:普通图书[M];会议论文[C];报纸文章[N];期刊文章[J];学位论文[D];报告[R];标准[S];专利[P];汇编[G];档案[B];古籍[O];参考工具[K];其他未说明的文献类型,例如可公开的政府行政部门编号文件、行业或大公司的技术规范或工作手册[Z];网上期刊[J/OL];网上电子公司[EB/OL]。电子文献尚需在载体标记后加上发表或更新日期(加圆括号)、引用日期(加方括号)和电子文献网址。

7) 投稿可通过 E-mail 提供电子文档,信箱为 cdsedljs@163.com。稿件上注明详细地址、邮政编码、联系电话,并请自留底稿,本刊一律不退稿。作者在投稿 2 个月后可致电 028-69995169 或 E-mail 到编辑部了解审稿情况。

8) 本刊投稿自愿,文责自负。对录用稿件编辑部有权进行必要的删改,如不愿被删改,请在原稿上注明。

9) 本刊已加入万方数字化期刊群全文数据库、中国期刊全文数据库等,稿件一经录用刊登,作者著作权使用费用及稿酬已一次付清,如作者不同意收录,请在来稿时提出声明,本刊将作适当处理。

编辑部地址:四川省成都市高新区锦晖西二街 16 号

邮政编码:610041

电话:(028)69995169 69995168

E-mail:cdsedljs@163.com