

浅析人工智能技术在电力行业的应用实践

韩冰玉

国网东北分部绿源水力发电公司太平湾发电厂

DOI:10.12238/acair.v1i3.6551

[摘要] 电力系统正经历着革命性变化,可再生能源越来越高的普及率、数据通信量越来越大,使得开发智能电力能源系统显得越来越迫切。而随着人工智能技术的发展,其深度学习、人机合作、开放式群体智能、自主控制等显著特点,符合电力行业发展需要,因此人工智能技术在电力行业中得到广泛应用,尤其是在现场作业管理和输电通道监测方面。现场作业存在点多面广、作业环境复杂的特点,采用传统的人工监督方法效率低下,且难以做到实时全过程、全方位的监督管理,容易出现监管漏洞造成安全隐患,而通过人工智能技术的运用,在人、设备两个层面准确辨识违章行为和设备状态,推动人工智能应用融入现场作业安全管控全流程。另外,输电通道作为电力传输的关键,基于大模型、边缘计算、三维环境感知等人工智能关键技术,实现导线弧垂、线路覆冰、导线舞动、杆塔倾斜、线路风偏等多状态量的精准感知,提升通道监拍影像的智能分析能力,有效减少风险,保障输电通道的高传低耗、安稳可靠。

[关键词] 人工智能技术; 电力行业; 作业现场; 输电通道; 图像监测技术

中图分类号: TM247 文献标识码: A

Exploration of the application of artificial intelligence technology in electric power operation site and transmission channel monitoring

Bingyu Han

State Grid Northeast Branch Green Source Hydroelectric Power Company Taipingwan Power Plant

[Abstract] The power system is undergoing revolutionary changes, with the increasing penetration rate of renewable energy and the increasing amount of data communication, the development of intelligent power energy system is becoming more and more urgent. With the development of artificial intelligence technology, its deep learning, man-machine cooperation, open group intelligence, autonomous control and other significant features meet the needs of the development of the power industry, so artificial intelligence technology has been widely used in the power industry, especially in the field operation management and transmission channel monitoring. The on-site operation is characterized by a wide range of aspects and a complex working environment. The traditional manual supervision method is inefficient, and it is difficult to achieve real-time and comprehensive supervision and management, which is prone to supervision loopholes and security risks. However, through the application of artificial intelligence technology, the behaviour violated the regulations and device status can be accurately identified at both human and equipment levels. Promote the integration of artificial intelligence applications into the whole process of on-site operation safety control. In addition, transmission channel, as the key to power transmission, is based on key artificial intelligence technologies such as large model, edge computing, and three-dimensional environment perception to realize the accurate perception of multi-state variables such as wire sag, cables covered with ice, conductor galloping, pole tower tilt, and line wind deviation, improve the intelligent analysis ability of channel monitoring images, and effectively reduce risks. Ensure the transmission channel high transmission low consumption, stable and reliable.

[Key words] Artificial intelligence technology; Electric power industry; Work site; Transmission channel, Image monitoring technology

引言

人工智能是试图理解智能的实质,让机器用人的思维和行为工作,可分为计算智能、感知智能和认知智能三个层次^[1]。计算智能是以数据为基础,通过强大运算能力处理海量数据,大模型技术术语这一范畴;感知智能是指机器能够感知周围环境,包括图像识别、语音识别等;认知智能是指机器具备理性思考、逻辑判别和决策能力。

近十年,随着大数据、云计算、物联网等信息技术的进步,计算能力和算法的优化改进,以深度神经网络为代表的人工智能技术发展迅速,图像分析、自然语言处理、大数据^[2]等分支技术不断迎来突破,引发了新一轮的人工智能应用热潮。当前人工智能应用在信息感知、机器学习等方面进展迅速,如阿尔法狗、深蓝、图像识别^[3,4]、语音识别^[5],但在概念抽象、推理决策等方面的能力仍有较大发展空间。电力行业作为国民经济发展中重要的基础能源产业之一,在系统设计、故障预警、状态监测等方面不断探索人工智能技术的应用实践^[6],在发电、输电等多环节持续推进人工智能技术在电力核心专业的融合应用。

1 现场作业智能管控应用实践

1.1 工作背景与业务需求

随着电力建设不断深入,各种建设工程规模不断扩大,现场生产作业环境复杂、作业人员数量多、多工种交叉作业、协作方多,呈现出施工地点分散、施工现场管理难等特点,围绕设备检修、电网建设等工作的违章行为判断、作业风险识别的安全管控压力越来越大^[7],仅通过现场监督、视频远程监督等传统现场作业管控手段,监督效率低下,难以覆盖全作业、全场景作业现场,已无法满足发展需要。

1.2 核心技术与应用实践

(1) 基于视频识别作业现场人员行为。典型违章行为有静态和动态两种,因此设计了一种融合基于视频抽帧和视频流的人体行为识别方法,解决各种电网典型场景下的人员安全行为监督问题,实现电网作业人员在线多目标违章行为识别。基于视频抽帧识别的典型违章行为有安全帽未系下颌带、未戴绝缘手套、未穿工作服与工服未规范着装、单人扛梯、通道异物、烟火识别等,基于视频流识别的典型违章行为有高处作业人员抛掷器具、充电桩不规范插拔、上跨越或下穿越围栏、现场抽烟、人员异常倒地等。通过运用基于主流的目标检测算法框架和基于多阶段单目标的目标跟踪算法框架,结合实际场景需求,训练现场作业违章行为识别模型和作业人员做目标跟踪模型,自动识别作业人员违章行为。

(2) 基于3D点云的设备状态识别。电力工程作业现场环境复杂、设备繁多,作业人员和设备互相遮挡,因此运用激光雷达技术对设备设施构建3D点云,以形成全局模型。为保障模型精度,需将模型中各个设备的位置、种类和状态信息准确叠加到点云模型上。设备违章行为辨识包含并不限于临边防护、深基坑防护、吊钩无防脱钩。通过采用目标6D姿态估计算法框架,对每个

2D检测结果分析最有可能的视角和平面内旋转,消除了其他方法在处理多个对象时所面临的高耗时的不足,实现多目标空间姿态估计。

(3) 基于二维+三维的作业人员无感定位。电力高空作业中十分重视高空保护措施的有效性,面对可能出现的作业人员被遮挡情况,需要在复杂的电力工程作业现场环境下,建立目标二维图像和三维遥感数据的映射关系,通过遥感空间语义嵌入构建多层语义符合空间,为遥感空间联合映射模型提供数据支撑,基于二维图像和三维空间关系判别作业人员是否登高,再通过图像识别,判断登高人员是否失去保护,是否存在安全带未系或安全绳低挂高用的违章行为。

为实现智能化现场管控,在现场配置大量摄像头和安全管控智能终端,通过引用人工智能技术,自动识别未佩戴安全帽、未设置安全标识牌、吊车吊臂下站人等几十类违章行为,实现高风险作业智能管控全覆盖,有效提升了现场作业安全管控水平。

2 输电通道图像监测技术应用实践

2.1 图像监测技术发展现状

图像监测是指运用图像分割、模式识别、计算机技术、数字形态等多种方法,实现对视频图像的处理、分析^[8],作为一种从大量复杂的数据中获取知识的技术,被越来越广泛地应用在实际生产中^[9],图像识别技术作为其中一个分支在电力、交通、工业、互联网等领域发挥着重要作用。图像监测装置是提升设备及通道状态感知的有效手段,近年来输电专业大力推进可视化线路建设,特高压线路已实现网线可视覆盖,有效支撑输电线路运检新模式建设。

随着先进传感技术以及人工智能技术的日益发展,图像监测装置技术持续升级,应用场景不断深化。目前,图像监测装置已开展有烟火^[10]、异物^[11]、鸟巢^[12]等隐患的实时监控及前端智能识别,实现线路通道现场人力巡检向后台集中监控转变。为实现线路的状态监测,安装了大量专业传感器,可实现线路多状态量的精准感知,但也增加了建设和运维成本。人工智能技术的发展,使基于监拍影像视频的多任务综合分析成为可能。

2.2 输电通道检测技术应用实践

随着电网覆盖范围逐渐扩大,电力系统结构愈发复杂,输电线路作为电力传输的关键^[13],因其长期暴露在自然环境下,随着投运时间的推移,输电线路容易受高温、霜冻、鸟灾等因素损坏^[14],需加强输电线路巡检能力。传统依赖人工的监测方式无法实时监测输电线路状态^[15],为保障输电通道健康安稳,运用图像技术对输电线路状态监测开展相关研究并取得一定成果。

(1) 基于跨模态大模型技术的线路舞动检测。基于亿级别参数的视觉大模型,通过构建和训练大体量的神经网络,实现通道线路的像素级智能识别,对于线路、杆塔、隐患物精准辨识,有效降低误报率。同时,像素级分割可反演空间构建模型,实现空间定位,并基于此实现线路安全域辨识、舞动检测等功能,提升模型智能化水平,并不断探索大模型与业务平台的对接和部署方式,以达到实用化水平。

(2) 基于自组网通信的全线可视监测。针对部分输电线路信号难以覆盖问题, 通过在连续杆塔上安装超多跳自组网设备和可视化装置, 采用50跳自组网通信方式实现对输电监拍视频信号的稳定传输, 提高端到端传输速率、降低端到端时延, 进而实现全线数据稳定传输和可视, 大幅降低人员巡检压力, 提高巡检效率, 推动输电集中监控体系落地实施。且通过单点接入即可回传整条线路上的视频及图像监拍数据, 可大幅节省通信资源, 缓解平台侧的物联接入压力。自组网通信技术为输电线路监拍等业务的开展奠定坚实的通信基础, 为新型电力系统安全稳定运行提供有力的技术支撑。

(3) 基于深度学习模型的图像压缩。视频监拍集中控制中, 保证时效性是关键。因此, 高效压缩图像减少带宽占用量和提高芯片运算模式降低传输能耗是解决上述问题的两种思路。压缩图像的思路可通过两种方式实现, 一是基于深度学习模型, 将输入的图像提取特征并下采样多次后进行量化和熵编码, 对熵编码后的比特流进行解码并对其进行相同次数的上采样重建原始输入的图像, 计算均方误差与峰值信噪比、多尺度结构相似性、像素深度等评价指标后显示, 深度学习算法取得比传统图像压缩方法更高的压缩比和恢复准确性; 二是基于图像编码轻量化技术, 针对视觉大模型的图像特征编码模块和预测结果生成模块进行解耦后, 将教师模型知识传递给轻量化模型, 满足输电通道前端识别需求。提高芯片性能思路可通过设计低功耗、低损耗芯片方式实现, 省去数据搬运时间和能耗, 提升人工智能计算能效比。

输电线路图像监测应用在常规可视化基础上, 集成多目、夜视、喊话、短视频、自动跟拍等功能, 依托人工智能及辅助手段智能计算施工机械、树障、山火等隐患与导线的距离, 对靠近线路的机械发出告警, 推动安全风险管控关口前移。同时, 又提升了夜视微光监拍质量、烟云雨雾气候处理能力, 通过图像压缩技术和图像编码轻量化技术降低了“压缩-解压”传输压力, 推动了人工智能技术支撑输电通道巡视应用智能水平的全面提升。

3 总结与展望

目前, 人工智能技术在电力作业现场和输电通道监测上的应用成果, 有效提升了相关领域的管控水平和工作效率, 但仍有较大的发展空间。接下来, 围绕规模化应用需求, 需持续开展模型识别精度提升和误检比降低、边缘装置性能优化与推广应用、数据传输模式优化等工作, 进一步发挥“业务+技术”双牵头作用, 推动跨专业系统及联合攻关, 深度融入班组核心业务流程, 充分贴近现场实际, 着力解决痛点、难点, 形成有效生产力。在人工智能运营方面, 主要开展样本运营、模型运营、平台运营和组件运营等工作, 建设人工智能常态化的服务运营机制, 开展成

果共建共享, 探索构建激励机制, 形成有效的商业模式。运用人工智能技术深度赋能电网业务升级, 旨在构建一体化的人工智能体系和全闭环运营支撑体系, 全面赋能各专业应用和一线班组, 加快建设具有中国特色国际领先的能源互联网企业。

【参考文献】

- [1] 杨挺, 赵黎媛, 王成山. 人工智能在电力系统及综合能源系统中应用综述[J]. 电力系统自动化, 2019, 43(01): 2-14.
- [2] 刘毅. 大数据时代人工智能在计算机网络技术中的应用分析[J]. 网络安全技术与应用, 2023, (12): 167-169.
- [3] 李倩, 季昀, 孙辅庭. 基于图像识别技术和轨道机器人的大坝安全智能移动巡检技术研究[J]. 水电能源科学, 2023, 41(4): 107-109.
- [4] 龙珊珊, 信瑞山. 基于人工智能图像识别的输电线路巡检研究[J]. 电子测量技术, 2023, 46(06): 116-121.
- [5] 高宝明, 孙国繁, 冯俊杰. 面向变电站智能运检的声音谱特征语音识别方法[J]. 高压电器, 2023, 59(11): 40-47.
- [6] 张伟, 王均. 人工智能技术在电气自动化控制中的运用探讨[J]. 信息系统工程, 2023, (09): 67-70.
- [7] 常政威, 彭倩, 陈纓. 基于机器学习和图像识别的电力作业现场安全监督方法[J]. 中国电力, 2023, 53(04): 155-160.
- [8] 周俊煌, 黄廷城, 谢小瑜. 视频图像智能识别技术在输变电系统中的应用研究综述[J]. 中国电力, 2021, 54(1): 124-134.
- [9] 杨啸, 王翔坤, 胡浩. 面向设备状态监测的可视化技术综述[J]. 计算机科学, 2022, 49(07): 89-99.
- [10] 杜旭浩, 李秉宇, 苗俊杰. 变电站蓄电池状态监测及火灾防控技术研究[J]. 电源技术, 2020, 44(03): 438-442.
- [11] 张莹, 王继业, 宋睿. 基于边缘智能的输电线路异常目标高效检测方法研究[J]. 电网技术, 2022, 46(05): 1652-1661.
- [12] 赵霖, 王素珍, 邵明伟. 基于改进YOLOv5的输电线路鸟巢缺陷检测方法[J]. 电力测量技术, 2023, 46(03): 157-165.
- [13] 金波, 陈铨, 赵青尧. 基于改进卷积神经网络的输电线路异常检测研究[J]. 高压电技术, 2023, 49(S1): 68-71.
- [14] 魏贤哲, 卢武, 赵文彬. 基于改进Mask R-CNN的输电线路防外破目标检查方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2021, 49(23): 155-162.
- [15] 康瑞, 马聪慧, 李波. 输电线路无人机自动巡检系统不间断作业实时监测方法[J]. 计算技术与自动化, 2023, 42(1): 97-102.

作业简介:

韩冰玉(1995--), 女, 汉族, 辽宁省瓦房店市人, 硕士, 国网东北分部绿源水力发电公司太平湾发电厂, 研究方向: 电力大数据与云计算。