

基于自适应算法的新能源智慧基建管控系统

李铭志¹, 赵民², 吴嵩松², 韩北卿², 井绪龙², 赵勇¹, 李阳¹,
常洋涛¹, 温江¹

(1. 西安热工研究院有限公司, 陕西 西安 710054; 2. 中国华能集团有限公司, 北京
西城区 100031;)

New Energy Intelligent Infrastructure Management and Control System Based on Adaptive Algorithm

Li Ming-zhi¹, Zhao Min², Wu Song-song², Han Bei-qing², Jing Xu-long², Zhao Yong¹, Li Yang¹,
Chang Yang-tao¹, Wen Jiang¹

(1. Xi'an Thermal Engineering Research Institute Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710054, China;

2. China Huaneng Group Co., Ltd., Xicheng District, Beijing 100031, China)

摘要: 传统的视频监控已经在基建项目中得到了广泛地应用, 但是新能源基建中复杂的施工条件和严格的管理要求, 需要更加智能化的现场监控系统。本文采用自适应算法对新能源项目基建过程进行管理, 充分发挥人工智能技术的优势, 并且结合微波通信传输的技术特点, 实现管控系统高精度检测和较强的抗干扰能力。新能源智慧基建管控系统可实现违章及危险行为实时告警, 解决了传统视频监控多用于事后查究的问题, 系统还支持工作人员进行远程监控及在线处理, 减少安全督查工作量, 同时也可以对设备状态实时监测, 提高了新能源智慧基建的监管效率。

关键词: 新能源基建; 微波无线通讯; 信息传输

ABSTRACT: Traditional video monitoring has been widely used in infrastructure projects, but the more intelligent on-site monitoring system is needed due to the complex construction conditions and high management requirements in new energy infrastructure. In this paper, the adaptive algorithm is used to manage the capital construction process of new energy projects. The advanced artificial intelligence technology is fully utilized, and the microwave communication information transmission method is combined to achieve high detection accuracy and strong anti-interference ability. The new energy intelligent infrastructure management and control system can achieve real-time warning of violations and dangerous behaviors. As a result, it can solve the problem that traditional video surveillance can only be used to check afterwards. Meanwhile, the remote monitoring and online processing are supported for staffs, so as to reducing the workload of security supervision. Furthermore, the system can also monitor the equipment status in real time, improving the supervision efficiency of new energy smart infrastructure.

KEY WORD: New energy infrastructure; Microwave wireless communication; Information transmission

1 引言

随着绿色可持续发展理念在生产活动中的推广应用, 我国在《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》中提出要完善能源消费总量和强度双

控制度, 推动非化石能源的发展进程, 其中要着力发展新能源技术。因此, 新能源基建工地也随之增长, 这就需要高效稳定的新能源基建现场管理系统。当前, 由于新能源建设场所地理位置相对偏远, 加上基建现场环境复杂多变、建筑施工机械设备冗杂、施工安全意识淡薄等不利因素, 不仅对基建现场施工安全造成威胁, 也可能影响项目工程建设的进度和质量。因此, 有必要加强

基金项目: 中国华能集团有限公司总部科技项目(HNKJ21-H52)
Supported by: Science and Technology Project of China Huaneng Group Co., Ltd. (HNKJ21-H52)

新能源基建现场的安全管理工作^[1]。但也要看到，由于新能源基建选址导致的交通不便，使得工作人员很难实时管控现场施工情况，如果能在基建现场进行智能管控，不仅可以实时处理突发状况，减小危险源造成的损害，提高监管效率，而且对于保障员工安全有着重要意义^[2]。

随着信息技术的迅速发展，基于人工智能的基建现场安全状态评估已经较易实现^[3]，而依据计算机视觉的行为识别处理方式一般有传统方式和深度学习两种。传统方式通过人工选取特征进行分类，所用时间较多且复杂度高，实现精确度也很难保证。而深度学习则是通过端到端的学习方法，能更好地拟合不同对象和行为之间的非线性特征，以获得更佳的识别效果，在目标检测、图像分类和文本处理等方面都具有出色的处理效果^[4]。有很多学者已经将深度学习方法应用到了人体行为识别中，Donahue 等人^[5]和 Hausknecht 等人^[6]提出将卷积神经网络结构与循环神经网络结构结合起来进行人体行为识别。刘智等人^[7]通过深层卷积神经网络结构融合多尺度信息研究人体行为识别方法，能够准确分辨较为明显的人体行为。莫宏伟等人^[8]构建了改进 Faster R-CNN 算法进行人体行为检测，为行为识别提供了一种新思路。裴晓敏等人^[9]将时空特征融合到骨架行为识别算法中，具有多视角适应性及较高准确性。Zhou 等人^[10]通过双分支深度卷积神经网络模型以及 Hopcroft-Karp 算法得到人类骨骼序列图，并利用多分类支持向量机对人体行为进行识别，具有良好的准确性和鲁棒性。

综上所述，基建工地中有大量工作人员的现场作业活动，且对于人员着装、操作有着较高的规范要求。如果以传统的人员监控方法，不仅耗时耗力，而且受人员状态影响较大，因此智能监管的发展是大势所趋。在智能行为识别中传统方法的局限性比较大，而深度学习方法则在实际运用中呈现出了更出色的性能。但是，利用深度学习方法对人体行为进行识别尚有一定缺陷，如可能会出现测试集识别准确率较低等局部最优问题，以及特定危险场景中的异常行为识别应用较少等问题。因此，本文基于锚点自适应方法建立新能源智慧基建管控系统，实现对新能源基建过程中的危险行为可视化监控与识别。

2 人工智能算法在基建中的应用

深度学习方法早在 20 世纪 40 年代就已出现，但局限于当时的硬件条件而未推广应用。近年来，网络产业和大数据技术的快速兴起为深度学习的应用提供了基础保障，使其优良的识别效果得以体现，并且深度学习方法在智能性、实时性和经济性上都体现出优越性，如表 1 所示。

表 1 深度学习方法与传统监控对比
Tab.1 Comparison of deep learning methods and traditional monitoring

类别	传统视频监控	深度学习方法
智能性	无智能，仅提供视频录制功能	人工智能深度分析识别，代替人眼识别
实时性	以人工轮询方式监视现场，信息具有滞后性	实时监测，实时告警
经济性	不同厂商平台相互独立	重复利用现有视频监控平台视频源，节省开支，结合移动式现场分析监控装置适用于临时监控点

深度学习识别方法的主要流程一般为视频数据预处理、模型训练和行为识别三个阶段，如图 1 所示。具体步骤如下：

(1) 首先将输入的视频截取成单帧图像，并通过旋转、随机剪裁、缩放、颜色变换和灰度处理等操作进行数据增强；

(2) 将处理过的图像作为训练集对神经网络模型进行训练，通过调整参数、网络优化和结构改进等步骤自动拟合各行为之间的非线性特征，并保存最优网络模型参数。

(3) 通过测试集对训练好的模型进行测试，并对模型性能进行判断。

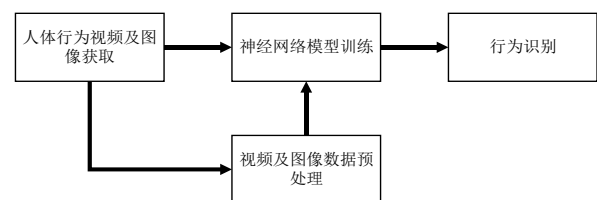


图 1 深度学习识别方法流程

Fig. 1 Process of deep learning identification method

卷积神经网络具备自动提取特征的优点，克服了人工选取特征不恰当、识别率低的难题，因此被广泛应用于各种应用场景的目标检测^[11]。基于深度学习的行为识别算法中，网络结构对模

型的特征信息提取能力有很大影响, 损失函数则关系着模型能否快速稳定达到预期的训练效果。有学者指出, 基于锚点和关键点的目标检测方法可以降低预设参数对模型产生的负面影响, 但由于关键点的位置和范围难以预测, 导致目标检测准确率和召回率较低。而基于锚点目标检测方法需要手动设定锚点参数, 在面对类型繁杂的检测对象时, 锚点往往难以自动拟合, 并且锚点生成所需的算法工作量巨大, 费时费力, 因此采用锚点自适应方法可有效解决锚点生成问题。在 2019 年的 CVPR 会议上, Wang 等人^[12]提出了基于自适应锚点 R-CNN 的目标检测算法, 该方法大大提升了识别算法的精确率和召回率, 但仍容易引起漏检等不足。

3 新型新能源基建安全行为管控系统构建

为了在新能源基建复杂现场环境下快速准确捕捉人员的各种行为, 本节提出一种基于锚点自

适应的基建现场智能管控系统, 以 Faster R-CNN 检测网络模型结合 FPN 特征金字塔网络模型, 以及采用锚点自适应方法, 建立基于锚点自适应的深度学习网络模型, 能够实现基建现场人员行为的自动检测。此外, 此模型也可以用于设备运输及安装过程中状态的监测。

3.1 技术路线

基于自适应算法的新能源智慧基建管控系统采用 B/S 架构, 该系统由基建现场监控设备、现场终端、专用通信网络、数据存储服务器、视频处理平台和操作终端等组成。整个工作过程如下: 通过基建现场的监控设备采集大量现场的图片数据, 并将图片数据上传到现场终端, 现场终端可以实时对图片行为进行识别处理, 并将处理结果反馈给操作人员。此外, 也可以将图片数据通过微波通信传输到远程端视频处理平台进行处理, 实现远程管控。系统结构如图 2 所示。

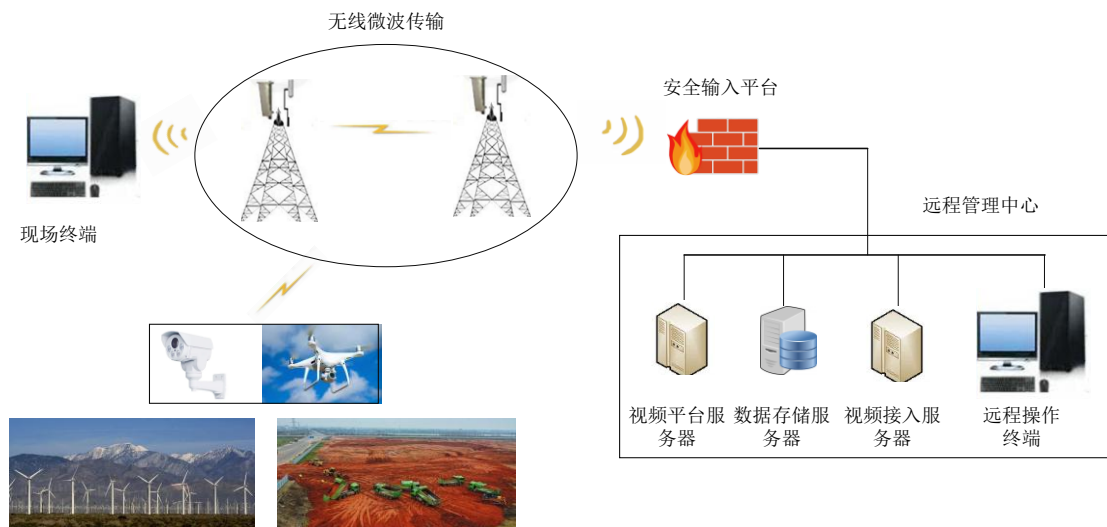


图 2 新能源智慧基建管控系统

Fig. 2 New energy intelligent infrastructure management system

该系统的核心是基于锚点自适应深度学习算法的实时行为识别模型, 如图 3 所示。该模型可以实现人员动作智能识别、文字标识牌识别等人工智能技术的综合利用, 具体工作流程为: 视频接入服务器通过施工现场的监控获取大量图片数据, 并对每一图片制作对应的样本标签文件。以 Faster R-CNN 检测网络模型和 FPN 特征金字塔网络模型为基础, 并采用锚点自适应方法, 建立基于锚点自适应的深度学习网络模型。将获得的所有基建场景及现场人员样本图片随机划分为训

练集和测试集, 对训练集图片进行随机翻转、随机亮度增强等数据增强处理。利用数据增强后的训练集图片对基于锚点自适应的深度学习网络模型进行训练, 获得初步训练后的基建现场人员检测模型; 通过测试集初步测试训练后的模型性能, 并根据测试结果动态调整训练参数与检测置信度阈值, 优化并固化基建现场人员检测模型; 针对待测图像输入固化后的基建现场人员检测模型, 获得检测结果并进行输出。最后依据检测结果、事情发生时间与地点以及目标对象信息给出

处理结果，根据处理方案的重要程度通过信息、电话等形式通知当事人以及相应负责人，并将历史记录存储到数据库中。

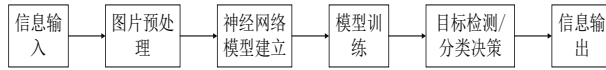


图3 行为检测与识别流程

Fig. 3 Behavior detection and recognition process

3.2 锚点自适应神经网络模型

基于 Faster R-CNN 检测网络模型和 FPN 特

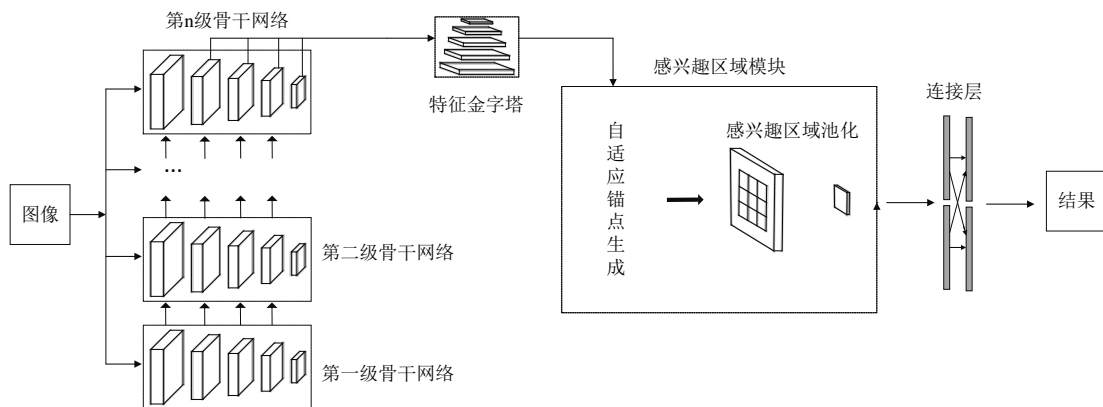


图4 基于锚点自适应的神经网络识别模型

Fig. 4 Neural network recognition model based on anchor point adaptation

锚点自适应方法可替代传统人工设置锚点，锚点生成过程中通过位置预测和形状预测相结合帮助框架生成特征图局部特征的稀疏锚点，框架根据这两个分支的输出结果与设定的阈值比较首先得到特征图上可能存在目标的中心位置，再根据中心位置附近的局部特征来预测最有可能的锚点形状。锚点的联合条件分布与锚点位置、锚点形状的条件分布满足以下公式：

$$P(x, y, w, h | I) = P(x, y | I)P(w, h | x, y, I) \quad (1)$$

式中， (x, y) 代表锚点的位置， (w, h) 代表锚点的长和宽， I 代表输入图片， $P(x, y, w, h | I)$ 为锚点的位置和形状对于输入图片的条件分布， $P(x, y | I)$ 为锚点的位置对于输入图片的条件分布， $P(w, h | x, y, I)$ 为锚点的形状对于输入图片和锚点的位置的条件分布。

锚点位置预测先产生一个与输入特征图相同尺寸的概率图，并利用 Sigmoid 函数得到 1×1 卷积核得分图的概率值，用来平衡效率和准确性。锚点形状预测则是通过产生一个两通道输出结果来预测锚点的相对长(dw)和相对宽(dh)，如

征金字塔网络模型进行图像特征提取，Faster R-CNN 检测网络模型中的骨干网络采用 ResNet50，将骨干网络的第二层到第五层特征图输入到 FPN 特征金字塔网络模型中，并将 FPN 特征金字塔网络模型的输出结果输入到感兴趣区域模块中，用锚点自适应方法替代感兴趣区域模块中人工预设生成锚点，建立基于锚点自适应的深度学习网络模型，如图4所示。

公式2所示：

$$\begin{cases} w = \alpha \cdot n \cdot e^{dw} \\ h = \alpha \cdot n \cdot e^{dh} \end{cases} \quad (2)$$

式中， α 为经验参数， n 为 FPN 输出特征图相对于输入原图的下采样倍数。

3.3 应用范围及效果分析

新能源智慧基建管控系统的主要用户分布包括基建安全管理单位、基建项目参与单位以及具体实施单位等。智慧基建管控系统可以为新能源基建工程项目人员提供具体的工程项目管理，结合新能源基建特点，建立人员行为及设备场景识别机制，并支持通过电脑、手机、现场音响等设备实时告警，实现智能管控全覆盖以代替传统人工监控，助力新能源建设。

采用该系统可以有效解决基建现场施工人员习惯性违章难题，并且有利于实现现场安全隐患清零。比如，在风电基建项目中，风机的安装是一项十分关键且危险性较高的特种作业，需要监理人员旁站监督。智慧基建管控系统可以对风机

安装过程中的人员状态进行全程监控,如在基坑清底过程中,施工人员应正确穿着工作服以及安全装备,智慧基建系统通过现场监控对清底全过程进行实时检测识别,避免施工人员因出汗或其他原因未佩戴头盔、工作服等装备而产生安全隐患。智慧基建管控系统也可以对安装过程中的设备状态进行监测,如钢筋安装过程中的马凳筋数目、封闭环形筋的布置、钢筋节点漏扎等问题,都可以在安装过程中通过实时检测发现并解决,从而减少检查验收工作量及耗时。风机吊装前需要仔细检查吊带、吊具、钢丝绳等的完整性,如发现破损必须禁止使用。以往吊装过程中的问题只能依靠现场人员进行经验判断,而智慧基建管控系统可通过无人机对吊装设备进行全方位多视角监控,并通过锚点自适应神经网络模型对视频中吊装设备的状态进行识别对比,及时发现问题并告警。

4 结论

本文提出了一种基于 Faster R-CNN 检测网络模型和 FPN 特征金字塔网络模型的新能源智慧基建管控系统,并采用输入特征自适应生成锚点算法代替人工设置,相比传统人员监控方法具有增益效果:

(1)时间层面上,新能源智慧基建管控系统可实现危险行为实时告警,告别传统视频监控只能用来事后追究的局面,减少安全督查工作量。

(2)空间层面上,新能源智慧基建管控系统支持工作人员进行远程监控及处理,减少人力资源和物力资源的浪费。

(3)新能源智慧基建管控系统采用锚点自适应方法,对新能源基建的复杂多变环境具有更好的适用性,并且采用微波通信作为信息传输方式,在实现高检测精度传输的同时具有较强的抗干扰能力。

参 考 文 献

- [1] 周凯. 建筑施工现场的安全管理研究[J]. 工程技术研究, 2019, 4(09): 129+135.
- [2] 张云佐, 张莎莎, 吕芬芬. 监控视频浓缩进展研究[J]. 电视技术, 2018, 42(05): 66-70.
- [3] Nordeng I E, Hasan A, Olsen D, et al. DEBC detection with deep learning[C]//Scandinavian Conference on Image Analysis. Springer, Cham, 2017: 248-259.
- [4] 卢静. 基于深度学习的行为识别及其在基建现场的应用[D]. 西安科技大学, 2020.
- [5] Donahue J, Anne Hendricks L, Guadarrama S, et al. Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2015: 2625-2634.
- [6] Yue-Hei Ng J, Hausknecht M, Vijayanarasimhan S, et al. Beyond short snippets: Deep networks for video classification[C]//Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2015: 4694-4702.
- [7] 刘智, 黄江涛, 冯欣. 构建多尺度深度卷积神经网络行为识别模型[J]. 光学精密工程, 2017, 25(03): 799-805.
- [8] 莫宏伟, 汪海波. 基于 Faster R-CNN 的人体行为检测研究[J]. 智能系统学报, 2018, 13(6): 967-973.
- [9] 裴晓敏, 范慧杰, 唐延东. 时空特征融合深度学习网络人体行为识别方法[J]. 红外与激光工程, 2018, 47(02): 55-60.
- [10] Zhigang Z, Guangxue D, Huan L, et al. Human behavior recognition method based on double-branch deep convolution neural network[C]//2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC). IEEE, 2018: 5520-5524.
- [11] Garea A S, Heras D B, Argüello F. Caffe CNN-based classification of hyperspectral images on GPU[J]. The Journal of Supercomputing, 2019, 75(3): 1065-1077.
- [12] Wang J, Chen K, Yang S, et al. Region proposal by guided anchoring[C]//Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019: 2965-2974.

收稿日期: 2022 年 9 月 1 日

作者简介:



李铭志

李铭志(1983-),男,工学硕士,工程师,主要从事新能源发电技术和基建管理技术方面的研究工作, limingzhi@tpri.com.cn;