

变电站电力仪表智能检测算法研究

刘佳佳

内蒙古电力集团包头市固阳供电公司 内蒙古 包头 014200

摘要: 本文深入研究了变电站电力仪表的智能检测算法。变电站作为电力系统的关键设施,电力仪表的准确监测对于保障电网稳定运行至关重要。文章首先介绍了电力仪表的分类、工作原理以及图像识别技术在电力仪表检测中的应用基础。分析了深度学习算法在电力仪表检测中的适用性,并提出基于YOLOX检测网络、多尺度特征融合结构、3维注意力机制SimAM和TSPP细粒度特征提取结构的智能检测算法设计。该算法在变电站电力仪表监测中实现了高效、准确的检测性能,推动电力系统运维管理的智能化发展。讨论该算法在变电站的推广应用前景及其对电力系统智能化转型的推动作用。

关键词: 变电站; 电力仪表; 智能检测算法

引言: 变电站作为电力系统的核心设施,其电力仪表的准确监测对保障电网的安全、稳定与高效运行具有重要意义。然而,传统的人工巡检与定期校验方式不仅效率低下,且难以应对现代电力系统复杂多变的监测需求。随着计算机视觉和深度学习技术的快速发展,智能检测算法在电力仪表监测中的应用逐渐展现出巨大潜力。本文旨在深入研究变电站电力仪表的智能检测算法,通过融合深度学习、图像识别等技术,实现对电力仪表的高效、准确监测,为电力系统的智能化转型提供有力支持。

1 变电站电力仪表检测的基础理论

1.1 电力仪表的分类与工作原理

电力仪表是变电站中不可或缺的设备,它们主要用于测量、显示、记录和传输电力系统的电压、电流、功率、频率等参数。根据功能和用途,电力仪表可分为多种类型。指针式仪表是最早使用的电力仪表之一,通过指针在刻度盘上的移动来指示电力参数的大小。数字式仪表则采用数字显示方式,能够提供更准确和直观的读数。还有多功能电力仪表,集测量、控制、保护、通信等多种功能于一体,是智能电网的重要组成部分。这些电力仪表的工作原理各不相同,但大多数都基于电磁感应、霍尔效应或压阻效应等物理原理进行工作,将电力参数转换为可测量和显示的信号。

1.2 图像识别技术在电力仪表检测中的应用

随着计算机视觉技术的快速发展,图像识别技术已广泛应用于电力仪表的检测中。图像识别技术通过捕捉和处理电力仪表的图像信息,提取出仪表的指针位置、数字读数等关键信息^[1]。在变电站环境中,由于电力仪表的种类和数量众多,人工检测不仅费时费力,而且容易

受到人为因素的影响。而图像识别技术则可以实现对电力仪表的自动化检测,提高检测效率和准确性;图像识别技术还可以用于电力仪表的异常检测和故障诊断,通过比对正常和异常状态下的仪表图像,及时发现和处理潜在的安全隐患。

1.3 深度学习算法在电力仪表检测中的适用性

深度学习算法作为机器学习的一个重要分支,在图像处理、语音识别等领域取得了显著的成果。在电力仪表检测中,深度学习算法同样展现出强大的应用潜力。深度学习算法能够自动从大量的数据中学习出数据的特征表示和分布规律,从而实现对电力仪表图像的高效和准确识别。特别是卷积神经网络(CNN)等深度学习模型,能够提取出图像中的局部特征和全局特征,对电力仪表的指针位置、数字读数等信息进行精准识别。深度学习算法还具有强大的泛化能力,能够适应不同光照、角度和背景条件下的电力仪表检测需求。

2 变电站的基本功能及其在电力系统中的地位

变电站作为电力系统中的核心设施,其基本功能与地位至关重要,扮演着电力转换、分配与调控的关键角色。首先,变电站的核心功能在于电力转换,即将高压电能通过变压器等设备转换为适合不同用电需求的中低压电能,或反之,将分散的小电源电能汇聚升压后送入电网,实现电能的远距离高效传输与分配。这一转换过程确保了电能从发电站到用户端的安全、稳定与高效流动,是构建现代智能电网不可或缺的一环。在电力系统中,变电站占据着举足轻重的地位。它是连接发电、输电与配电三大环节的纽带,不仅承担着电能质量调控的重任,确保电压稳定、频率恒定以及波形良好,还承担着故障隔离与恢复供电的重要职责。当电力系统发生故

障时,变电站能够迅速响应,通过自动或手动操作,隔离故障区域,保护设备与人员安全,同时启动备用电源或恢复路径,最大限度地减少停电范围与时间,保障社会生产生活的连续性与稳定性^[2]。随着智能电网技术的发展,变电站还逐渐融入了自动化、信息化与智能化元素,成为电力系统中数据采集、分析与控制的重要节点,为实现电网的灵活调度、优化配置与故障预警提供了强大支撑。

3 变电站电力仪表监测的现状

变电站电力仪表监测是电力系统运维管理的关键环节,其现状呈现出智能化、网络化与集成化的发展趋势。传统上,变电站电力仪表的监测依赖于人工巡检与定期校验,这种方式不仅效率低下,且难以做到实时监测与预警,容易遗漏潜在的安全隐患。随着物联网技术与传感器技术的快速发展,变电站电力仪表监测正逐步向智能化转型。智能电力仪表内置高精度传感器与微处理器,能够实时监测电流、电压、功率因数等关键电力参数,并通过内置的通信模块,将这些数据实时上传至云端或本地监控系统。这不仅实现了电力数据的远程集中管理,还大大提高了监测的实时性与准确性。同时,变电站电力仪表监测也呈现出网络化的特点。借助以太网、无线局域网等通信技术,变电站内的电力仪表能够构建成一张庞大的监测网络,实现数据共享与协同处理。这为电力系统的故障诊断、优化调度与能效管理提供了强大的数据支撑。新一代智能电力仪表不仅具备电力参数监测功能,还集成了电能质量分析、谐波监测、故障录波等多种功能于一体,为电力系统的全面监测与精细化管理提供了可能。

4 变电站电力仪表智能检测算法设计

4.1 YOLOX检测网络搭建

YOLOX,作为YOLO系列算法的最新成员,以其高效、准确的特点在目标检测领域备受关注。本文选择YOLOX作为基础检测网络,旨在实现电力仪表的快速与精准定位。YOLOX网络结构以Darknet为骨干,通过引入一系列改进,如Anchor-Free机制、SimOTA(SimpleOnlineandAccurateTracker)等,显著提升了检测性能和训练稳定性。在搭建YOLOX检测网络时,考虑到电力仪表的多样性和复杂性。变电站中的电力仪表种类繁多,包括指针式、数字式等,且其大小、形状、位置等特性各不相同。为了应对这些挑战,对YOLOX网络进行针对性的优化。调整了网络输入尺寸以适应不同尺寸的电力仪表,并增强数据增强策略以提高模型对光照、角度、遮挡等变化的鲁棒性^[3]。在训练过程中,采用混

合精度训练和余弦学习率调度策略,以加快模型收敛并提升检测精度。同时,引入了SimOTA标签分配策略,该策略能够根据目标的分布和大小自动调整正负样本的分配,从而进一步提高模型的检测性能。

4.2 多尺度特征融合结构

在变电站环境中,电力仪表可能出现在不同的尺度上,从小型的仪表板到大型的电力监控设备都有可能。为了应对这一挑战,设计了多尺度特征融合结构,以提取和融合不同尺度的特征信息。多尺度特征融合结构的核心在于特征金字塔网络(FeaturePyramidNetwork,FPN)的改进。通过将YOLOX网络的不同层特征进行上采样或下采样操作,使得它们能够在相同的尺度上进行融合。具体而言,我们首先将高层特征进行上采样,以匹配低层特征的尺度,然后通过元素相加或拼接的方式将两者进行融合。通过这种方式,能够在不同尺度上获取到更丰富的特征信息,从而提高电力仪表的检测精度^[4]。为了进一步提高多尺度特征融合的效果,还引入了注意力机制来增强关键特征的表达。通过计算不同尺度特征之间的相关性,可以确定哪些特征对于电力仪表检测更为重要,并据此对特征进行加权处理。这样一来,模型能够更加关注于电力仪表的关键特征,从而提高检测性能。

4.3 3维注意力机制SimAM

注意力机制是深度学习中一种重要的特征增强方法,它能够让模型更加关注于输入数据中的重要信息。在电力仪表检测任务中,由于变电站环境的复杂性,模型往往需要处理大量的冗余信息和噪声。为了解决这个问题,引入了3维注意力机制SimAM(SimpleandEffectiveAttentionModule),以提高模型对关键特征的关注度和检测性能。SimAM注意力机制的核心在于其简洁性和有效性。与其他复杂的注意力机制相比,SimAM不需要额外的参数和计算开销,而是直接根据输入特征的自相关性来计算注意力权重。具体而言,SimAM首先计算输入特征的空间和通道维度的相关性矩阵,然后通过简单的运算得到注意力权重图。这些权重图能够反映出不同位置和通道特征的重要性程度。在电力仪表检测任务中,将SimAM注意力机制应用于YOLOX网络的多尺度特征融合结构上。通过计算不同尺度特征之间的注意力权重图,可以确定哪些特征对于电力仪表检测更为重要,并据此对特征进行加权处理。这样一来,模型能够更加关注于电力仪表的关键特征,从而抑制背景和噪声的干扰,提高检测精度。

4.4 基于TSPP的细粒度特征提取结构

电力仪表检测不仅需要定位到仪表的位置和大小,还

需要准确地识别出仪表的读数或状态信息。为了实现这一目标,设计了基于TSPP(TemporalSpatialPyramidPooling)的细粒度特征提取结构。TSPP是一种将时空金字塔池化思想应用于特征提取的方法,它能够有效地捕捉图像中的局部细节和全局上下文信息。在电力仪表检测任务中,TSPP细粒度特征提取结构通过将输入图像划分为多个不同尺度的时空金字塔层,并在每个层级上进行池化操作来提取特征。这些特征不仅包含了电力仪表的局部细节信息(如指针位置、数字读数等),还融合了全局上下文信息(如仪表的周围环境和背景等)。通过这种方式,能够更加全面地理解电力仪表的图像内容,从而提高检测的准确性和鲁棒性。在具体实现上,将TSPP细粒度特征提取结构嵌入到YOLOX网络的检测头部分。通过计算不同尺度下的特征金字塔表示,并将它们与原始特征进行融合处理,得到更加丰富的细粒度特征信息。这些特征信息被用于后续的分类和回归任务中,以实现

5 电力仪表智能检测算法在变电站的推广应用

电力仪表智能检测算法在变电站的推广应用,标志着电力系统运维管理向智能化、自动化迈出的重要一步。该算法凭借其高效、准确的检测性能,正逐步取代传统的人工巡检与定期校验方式,成为变电站电力仪表监测的新标准。在变电站的实际应用中,电力仪表智能检测算法通过深度学习、图像识别等技术,实现了对仪表读数的实时、远程监测^[5]。这不仅大大提高监测效率,降低人工巡检的成本,还有效避免了因人为因素导致的读数误差。同时,该算法还能够对电力仪表的异常状态进行预警,及时发现并处理潜在的安全隐患,为变电站的安全运行提供了有力保障。另外,电力仪表智能检测

算法的应用还促进变电站的数字化转型。通过与物联网、大数据等技术的融合,该算法能够将监测数据实时上传至云端或本地数据中心,为电力系统的数据分析、故障预测与优化调度提供丰富的数据源。这不仅提升电力系统的智能化水平,还为实现智能电网的全面建设奠定坚实基础。

结束语

综上所述,本文提出的变电站电力仪表智能检测算法,通过融合先进的深度学习技术和图像识别技术,实现对电力仪表的高效、准确监测。该算法在变电站的实际应用中展现出显著优势,不仅提高监测效率,降低运维成本,还为电力系统的智能化转型和全面建设智能电网奠定了坚实基础。未来,随着技术的不断进步和应用场景的拓展,相信电力仪表智能检测算法将在电力系统中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]何敏,秦亮,刘开培,等.变电站电力仪表智能检测算法研究[J].高电压技术,2024,50(7):2942-2954.DOI:10.13336/j.1003-6520.hve.20230591.
- [2]王志强,李明,赵丽.电力负荷预测对电能管理的影响分析[文献标识码].电力科学与工程,2019,35(6):45-51.
- [3]张明.智能检测技术在电力设备监测中的应用与展望[J].电力系统自动化,2021,45(10):99-105.
- [4]李伟.基于物联网的智能电力设备状态监测与分析[J].电力系统保护与控制,2020,48(12):112-118.
- [5]赵若含.变电站电力系统中电测仪表状态检修方式的思考[J].百科论坛电子杂志,2020(14):1873-1874. DOI:10.12253/j.issn.2096-3661.2020.14.4097.