[视频图像识别技术]

基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法

文/诸浩君
上海绿色环保能源有限公司

传统的海上风电机组工作环境远程监控方法直接对海上风电机组工作环境进行监控，未对环境信号进行提取，导致监控正确率低。提出基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法，提取海上风电机组工作环境信号，为根据物联网架构监测海上风电机组的工作环境提供依据，对环境监测信号进行传输，并通过视频图像识别技术进行处理，最终实现基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控。对比实验结果表明，采用该研究方法监控的正确率为100%，可有效提高监控正确率。

我国拥有漫长的海岸线和丰富的风能资源，外海岸风能年使用时间长，风速高于地面。风电场的选择和位置布置有很大的空间。越靠近沿海电力负荷中心，海上风能的开发潜力就越大。然而海上风电机组工作环境的建造和使用存在许多风险，最集中的是监测期。因此本文提出基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法，有效监控决策者范围内的风险。基于图像识别技术对风电机组远程管理的监控得益于连续的实时监控、强大的动态操作和简单的设备安装。因此，视频识别技术可较好地应用于海上风电机组运行工况的监测。在视频图像识别的基础上构建海上风电机组监控系统需要合理配置传感器节点，创建有效的监控网络来获取和传输海上风电机组状态信息，确保监控网络的重叠和连通性。同时，考虑到海上风电机组的重负荷运行环境和需要更换的机组不足，必须通过平衡并充分利用远程监测来延长使用寿命。近年来，在视频识别技术的基础上，不断有专家研究了海上风电机组的工作环境，提出了一种基于物联网与自动化的风电机组状态视频监测方法。该方案可以通过测量被监控组件的物理参数来创建网络模型，但理论上仅建议如何配置节点，而不考虑特定的使用区域。提出了网络扫描传感器节点布置方案，该方案简单可行，但被认为只是平面的二维布置。将振动节点固定在风力发电机组内部时，可提供部件的振动状态。从最初的数据收集到最后的返回监测中心，提出了海上风电机组远程监测的概念，其中包括三维可视化监测和故障预警平台，但是没有特定的配置方法来监视节点。开发了部分用于监测大功率海上风电机组齿轮和海上风电机组运行环境的软件，并开发了上位机控制系统，然而没有关于节点配置的讨论。利用视频图像识别技术构建了船舶风电机组机舱状态远程监测，提出了一种基于覆盖的能量平衡传感器单元配置系统，在保证数据传输的同时，有效地延长了远程监测服务的寿命。该方法提供的传感器节点在二维平面上，但是风力涡轮发动机空间监视区域的性质对监视效果有一定影响。故而在上述分析的基础上，本文提出了基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法，并在现有研究成果的基础上提出空间三维部署计划，以改进远程监测，使其符合实际海上风电机组结构。同时，对用于视频图像识别的经典通信

协议进行研究，构建海上风电机组工作环境远程监控方法，最大限度地延长了海上风电机组的使用寿命。

基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法设计

1. 提取海上风电机组工作环境信号

利用传统的多参数标准对海上风电机组工作环境状态进行监测，风电机组工作环境的相互作用可能对状态信号造成干扰，从而降低工作环境状态监测的准确性。为此，创建综合监测模型，在模型中输入海上风电机组监测信号，提取海上风电机组工作环境的相关信号，并将其作为远程监测海上风电机组工作环境的依据。

设置在互联网上的海上风电机组工作环境表示为b，该状态信号的特征在点$j(b)$中表示。有效地提取海上风电机组工作环境状态信号特征的公式为

$$c = j(b) = a^T k(b) + f \tag{1}$$

式中，k为所有海上风电机组监测信号的相似性；a^T为海上风电机组监控信号的一部分；f为计算监控信号的误差。

根据支持向量机的相关原理，从海上风电机组的工作环境中提取物联网信号问题，可以转化为物联网架构下状态信号特征空间求解问题。方程为

$$\min P(b, j) = c\frac{1}{2}b^T b + \frac{1}{2}v\sum j_n \tag{2}$$

根据物联网架构，物联网监控信号必须符合以下表达式

$$c_m\left[a^x k(b_m + f)\right] + i_m = 1 \tag{3}$$

式中，$i_m \in V$，$v=1$，2，$\cdots$；j_n为海上风能机组运行环境信号采集中的一个误差；m为通过采集物联网信号代表的惩罚因子。

通过以下公式提取海上风电机组工作环境的信号

$$c(b) = \mathrm{sgn}\left[\sum \varepsilon_p c_p P(b, b_p) + f\right] \tag{4}$$

式中，$P(b,b_p)=b\ \varepsilon_p c_p$为核函数，用于提取海上风力发电机组运行的环境状态信号。

利用上述方法，可以有效地获得海上风电机组工作环境的状态信号，为根据物联网架构监测海上风电机组的工作环境提供依据。

2. 环境监测信号传输

通过提取的海上风电机组工作环境信号对海上风电机组的工作环境进行远距离监测，使用混沌粒子交换的优化方法来监测海上风电机组的工作环境的信号。在远程监测过程中，使用数据连接方法将海上风电机组准确地连接到远程环境监测站，以便在单个网络结构内实现对海上风电机组远程环境信号的传输。将网络架构中的风能单元作为混沌粒子群中的粒子，按照操作的速度和位置计算上述粒子。在网络架构中，海上风电机组环境信号可以处于混沌粒子群的初始部分，环境监测信号传输公式为

$$i_r = c(b)a_r - b_r \tag{5}$$

$$i_{r+1} = a_r + ba_r \tag{6}$$

式中，a_r为最优粒子矩阵为；b_r为全部风电机组环境信号构成的数据集合。

3. 基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控

传输到主站的环境监测信号通过视频图像识别处理后，目标运动的图像出现了区分，并且在运动对象上检测到噪点，可能导致目标不完整现象。因此应对视频图像识别结果进行处理，对未明确的识别进行确定，实现在海上环境之间的完全区分。形态学方法简化了视频图像识别技术，指定了相关成分的缺乏，并且可以保持基本的目标形式。利用视频识别技术，可以对风电机组的远程环境信号特征进行有效的分类。在分类过程中，当所有生成集的物联网信号数为q，且发电机组的状态信号数为e时，矩阵$E_{q\times r}$内容为

$$E_{q\times r} = i_r\begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \cdots & e_{1r} \\ e_{21} & e_{22} & \cdots & e_{2r} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ e_{q1} & e_{q2} & \cdots & e_{qr} \end{bmatrix} \tag{7}$$

基于视频识别技术的状态信号的一致性可以有效降低状态监测的复杂性，减少监测时间，提高海上风电机组远程监测的实时性。不同状态信号的相关性为

$$E_{q\times r} = (Y_{q\times u} + c(b)) \tag{8}$$

式中，$Y_{q\times u}$为风能单元的总距离状态信号。

基于以上说明，获得以下结果

$$W = Y_{q\times u}(\xi_1,\xi_2,...,\xi_u), u > \max(q,r) \tag{9}$$

式中，ξ_1为海上风电机组监测信号的校正。

海上风电机组状态为

$$E_n = (y_1 + \xi_1 + y_1)/n \tag{10}$$

使用视频识别技术可以获得大量的检测子单元，收集监测信号并在区域内分发海上风电机组状态监测信号。确定每个子单元的标准设置，实现对海上风电机组的远程状态的监测

$$\begin{aligned} S(c) &= \frac{1}{v}\int\int i(a,b)dadb \\ S_r(c) &= S(c_1) - S(c_m), l < m, v = 1,2,...,Q \end{aligned} \tag{11}$$

式中，$S(c)$为描述海上风电机组的远程状态信号的收集频率；$i(a,b)$为描述公共信号的收集时间；$S_r(c)$为描述子区域；Q为划分结果，在不同区域分配风能机组状态信号。

海上风电机组的复合状态信号的测量水平为

$$W_1 = \sum\sum \Delta i_l \cdot K(u,l) \tag{12}$$

式中，W_1为描述海上风电机组状态监测信号的第一个子单元测量；$K(u,l)$为描述监测信号的变化速度，可以表示为

$$K(u,l) = W_1\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \tag{13}$$

根据上面的阐述得知，可以对风电机组进行远程状态监测。假设设备之间的相互作用是在单个网络内建立的，这种相互作用会干扰不同的远程信号位置，导致物联网信号的不规则失真，并降低监测的准确性。基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控的改进措施如下：

1）在互联网上利用视频图像识别技术识别海上风电机组工作环境的远程状态，获取远程状态信号，为监测远程状态提供依据。

2）使用视频图像识别技术向海上风电机组的工作环境传输远程状态监测信号。

3）根据再处理的结果，得到最优粒子法线矩阵。

4）通过海上风电机组的远程工作环境监测，有效地将数据连接到最佳粒子矩阵，并将组合结果发送到控制中心。

至此完成基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控。

实验论证

在海上风电机组工作环境远程监控方法中，监测的准确性非常重要，为此进行了对比实验，搭建实验环境，设置基于物联网的风电机组监测方法为传统方法1，基于数字孪生驱动的风电机组监控方法为传统方法2将其作为对照组，与本文方法共同进行对比试验。

1. 实验准备

选取奉贤海上风电场为实验对象，该风电场位于芦潮港海堤线以北约12 km，东海大桥以东约10.0 km处。场地的选择分为一区和二区，规划海域面积为3.7 km ×6.3 km，距离堆场中心约12 km，规划海域为7.4 km ×2.8 km，距离厂区中心约12 km。为了验证本文方法的有效性，使用表1所列设备进行实验准备，确保实验准确无误。

表1　实验货物需求及供货范围

名称	详细型号及规格	单位	数量	备注
智能辅助控制系统	均应遵照最新版本的电力行业标准、物联网国家标准、IEC标准及国际单位制	套	1	无
综合电源	220 V	台	1	无
键盘、鼠标及22 in显示器、KVM延长器	满足设备最低要求	套	1	无
屏柜	满足三防及抗震功能，防护等级IP30	面	1	最高标准
网络交换机	应采用国产一线品牌，稳定可靠，每台至少包含24个100 M电口+2个100 M多模光口+2个1 000 M电口	台	2	无
智能接口装置	应满足各子系统数据通信需求	台	1	无
智能辅助控制系统后台主机（含软件）	国产一线品牌，稳定可靠，双网口，机架式安装	台	1	无
安装辅料	市面选择	套	1	无

2. 对比实验

首先，项目中包含的样本为海上升压站信息5条、海缆信息4条和基础设备信息6条。使用本文方法、传统方法1及传统方法2进行测试。对海上风电机组试验样本进行了评估，得到了监测值并记录，物联网远程海上风电机组状态的最终评估见表2。

表2　3种方法监控信息数量对比

监视范围	实际工作环境信息数量/条	海上风电机组工作环境信息监控数量/条		
		传统方法1	传统方法2	本文方法
海上升压站	5	4	3	5
海缆	4	1	3	4
基础设备	6	3	4	6

从表2可以看出，采用基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法得到的信息监控数量明显优于传统监控方法，比传统方法的正确率更高，为100%。实验结果证明本文方法可以有效提高监控正确率。

结束语

为了促进对海上风电机组全面、准确和智能的监测，本文设计了一种基于视频图像识别的海上风电机组工作环境远程监控方法，提取了海上风电机组工作环境状态信号，为根据物联网架构监测海上风电机组的工作环境提供依据，并对状态监测信号进行传输。实现了三维海上风电机组的可视化监测，并开发了数据缺陷的双边诊断和主要海上风电机组组件的预警。海上风电机组的实时监测是通过三维可视化、鼓励对海上风电机组的异常和错误操作进行预警和诊断来进行的，有效提高了海上风电机组维护的效率，降低了风电公司的运营和维护成本。与传统方法相比，该方法更易于海上风电机组管理。EA

（收稿日期：2023-08-10）

参考文献

[1] 韩伟，张志刚．基于监控设备运行大数据的智能变电站运行状态分析方法研究[J]．现代工业经济和信息化，2023，13(3)：46-47，50．

[2] 吴金宇，高宏慧，陶文伟，等．基于保信系统签名技术的电力监控系统主站下发指令身份验证方法[J]．计算技术与自动化，2023，42(1)：199-204．

[3] 姬建富，刘宏伟，侯云飞，等．基于温度传感器的变压器冷却海上风电机组运行状态在线监控方法[J]．工业仪表与自动化装置，2022，32(4)：80-84．

[4] 李正凡，谭良良，杨渊，等．基于时间序列的国产化水电站计算机监控系统异常行为报警方法应用[J]．中国农村水利水电，2022(12)：222-226．

[5] 周屋梁．物联网架构下风电机组状态视频自动监测方法研究[J]．自动化应用，2022(12)：153-155．

[6] 杨伟新，樊小伟，孙荣富，等．数字孪生驱动的风电机组三维可视化监控与故障预警方法[J]．弹箭与制导学报，2023，43(2)：94-102．

[7] 张彦，刘微容，刘沛栋，等．基于CIP协议的液压型风力发电机组上位监控系统通信方法研究[J]．机床与液压，2022，50(22)：84-89．

[8] 沈建忠，孙雷．基于图像识别的变电站核相验电操作机械臂研究[J]．电气应用，2021，40(8)：48-55．