

# 基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识别方法研究

段翔兮,张华,高艺文,孙永超,胡蓉

(国网四川省电力公司电力科学研究院,四川 成都 610041)

**摘要:**传统电力系统设备隐患在线识别方法识别准确率低,为了解决上述问题,基于kNN算法研究了一种新的电力系统设备隐患在线识别方法。通过使用Vicon完成设备状态捕捉,采用kNN算法提取电力系统设备隐患信息,以此来完成对于设备运行状态的分析,使用8个定位点对设备进行标记,使得摄像头可以捕捉到设备运行的动作,以此来判断出是否存在故障数据。研究静电力的凹凸特性,工作人员通过触觉反馈方法去模拟采取静电力的反馈的波形,这样就可以高度地还原设备模型状况的真实性,利用工作人员的触觉采集指纹进行kNN算法和人工智能分析,确定设备是否存在故障。实验结果表明,基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识别方法识别准确率高,识别能力更强。

**关键词:**kNN算法;电力系统;设备隐患;在线识别

**中图分类号:**TP183 **文献标识码:**A **DOI:**10.19457/j.1001-2095.dqcd21900

## Research on Online Identification Method of Hidden Dangers of Power System Equipment Based on kNN Algorithm

DUAN Xiangxi, ZHANG Hua, GAO Yiwen, SUN Yongchao, HU Rong

(State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China)

**Abstract:** Traditional power system equipment hidden danger online recognition method has low recognition accuracy. In order to solve the above problem, a new online identification method of power system equipment hidden dangers based on k-nearest neighbor (kNN) algorithm was studied. Through the use of Vicon to complete the equipment status capture, kNN algorithm was used to extract the hidden danger information of power system equipment, so as to complete the analysis of equipment operation status, and 8 positioning points were used to mark the equipment, so that the camera could capture the operation of the equipment, so as to determine whether there was fault data. In order to study the concave convex characteristics of electrostatic power, the staff can simulate the feedback waveform of electrostatic power through the tactile feedback method, so that the authenticity of the equipment model can be highly restored, and the staff's tactile fingerprint can be used for kNN and artificial intelligence analysis to determine whether the equipment has faults. The experimental results show that the recognition accuracy of the method based on kNN algorithm is higher than that of the traditional method, and the recognition ability is stronger.

**Key words:** k-nearest neighbor(kNN)algorithm; power system; equipment hidden dangers; online identification

近年来,随着信息技术的发展速度越来越快,电力系统设备越来越发达,但是电力系统设备一旦出现问题就会影响整个系统的正常运行,因此必须要对信息进行在线识别。最先进的识别技术便是近年来提出的新媒体交互技术,它的

开放性、灵活性、交互性及连结性推动了我国信息社会构建模式的改革,为信息技术的发展提供了有利的平台。但新媒体交互技术在电力系统中的应用还处在一个成长的阶段,存在一些不足之处,比如说信息安全性不足,容易被入侵,导致

**基金项目:**国网四川省电力公司科技项目资助(52199718001A)

**作者简介:**段翔兮(1991—),男,博士,Email:duanXiangxi@tom.com

隐患信息识别不准确<sup>[1]</sup>。

因此,本文基于kNN(k-nearest neighbor)算法提出了一种新的电力系统设备隐患在线识别方法。kNN算法又称k最近邻分类算法,所谓k最近邻,就是k个最近的邻居的意思,说的是每个样本都可以用它最接近的k个邻近值来代表。kNN算法是一种非常特别的机器学习算法,通过测量不同特征值之间的距离来进行分类,它没有一般意义上的学习过程,主要是利用训练数据对特征向量空间进行划分,并将划分结果作为最终算法模型<sup>[2]</sup>。本文采用kNN算法充分提取电力系统设备内部隐患信息状态,利用静电力反馈波形对信息进行在线识别,提高电力系统设备隐患信息的识别效率和识别精度。

### 1 基于kNN算法的电力系统设备隐患信息提取

为实现本文研究的基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识别方法,首先是该技术下电力系统设备隐患信息提取的设计。本文应用了Vicon光学动作捕捉系统,Vicon系统是世界上第一个设计用于动画制作的动作捕捉系统。通过使用Vicon完成设备状态捕捉,以此来完成对于设备运行状态的分析,使用定点摄像头的Vicon系统将定位点附着于受试者需要被分析的部位,从而使动作捕捉系统能够检测到设备工作中的变化,设备检测示意图如图1所示。

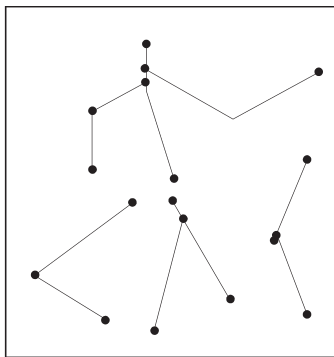


图1 设备检测节点示意图

Fig.1 Schematic diagram of device detection node

通过捕捉设备节点状态,从而达到识别设备工作中变化过程与趋势的目的,进而分析是否存在故障<sup>[3]</sup>。在图1中,节点为主要的触觉感知部位,因此使用了8个定位点对设备进行标记,使得摄像头可以捕捉到设备运行的动作,以此来判断出是否存在故障,通过这些数据的采集,传输到

虚拟现实系统中,使用一款红外三维运动捕捉系统的数据采集软件Vicon Nexus进行故障数据识别处理,如图2所示。

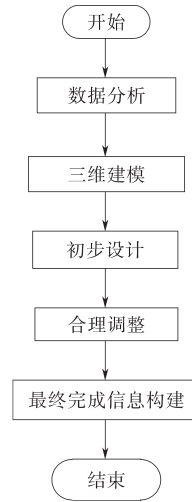


图2 隐患信息捕捉过程

Fig.2 Hidden danger information capture process

采用Vicon系统模型完成隐患信息捕捉后,运用kNN算法提取电力系统设备隐患信息,具体过程如下。

设电力系统设备隐患提取的最优函数为 $f(x_i, \theta)$ ,则构建的提取误差最小函数为

$$R_p(w) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k L(y_i) f(x_i, \theta) \quad (1)$$

式中: $L(y_i)$ 为电力设备隐患信息的误差限定函数。

kNN算法主要是靠周围有限的邻近的样本来确定所属类别,因此,可通过测量不同特征值之间的距离来进行分类。基于kNN算法的电力系统设备隐患信息样本与训练样本之间的邻近性一般采用欧式距离来度量,假设在电力系统设备隐患信息样本中存在 $l, g$ 两点,则两点间的欧式距离计算公式为

$$d(l, g) = \sqrt{\sum_{i=1}^k (l_i - g_i)^2} \quad (2)$$

式中: $l_i, g_i$ 分别为测试组向量与训练组向量中的元素。

在电力系统设备隐患信息中质量 $B$ 定义为所有信息样本属性值与质心距离的平方和,则质量 $B$ 的计算公式为

$$B = R_p(w) \sum_{i=1}^k d^2(l, g) \quad (3)$$

对质量信息 $B$ 进行评价,则可以完成电力系统设备信息的提取。

当满足下式则判定电力系统设备隐患信息

为可提取信息:

$$W_B \neq \sum_{i=1}^k B_i \quad (4)$$

## 2 基于kNN算法的电力系统设备隐患信息识别

在完成了基于kNN算法的电力系统设备隐患信息提取的设计后,需要对基于kNN算法的电力系统设备隐患信息进行在线识别。在在线识别感官体验的环节中,触觉渲染是关键的一步,为了将设备中的各种信息进行反馈,达到更好的体验效果,本文提出了基于kNN算法原理的图像纹理特征提取技术,该技术可以根据设备的纹理特征来生成触觉反应,以此达到在线识别的效果<sup>[4]</sup>。

根据静电力的凹凸特性,工作人员通过触觉反馈方法去模拟采取静电力的反馈的波形,这样就可以高度地还原模型状况的真实性,利用工作人员的触觉采集指纹进行kNN算法和人工智能分析,仪器就可以得到静电力的反馈波形<sup>[5]</sup>。当工作人员进行触觉试验时,由摩擦力、静电力、支持力三力的合力保持接触的稳定,通过各个力的分解分析得出合力是触觉点摩擦过程中受到的反作用力<sup>[6]</sup>。

人工触感受力示意图如图3所示。

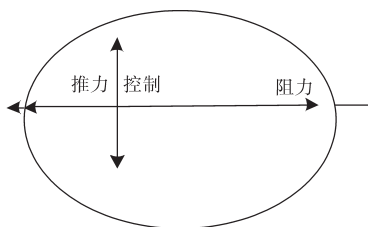


图3 人工触感受力示意图

Fig.3 Schematic diagram of the of artificial touch sensitivity forced

根据图3力的分析,工作人员不同的触摸方法或者不同位置的触碰,最终得到的合力的大小和方向都不相同。通过工作人员触觉反馈波形,判断工作人员对屏幕的施加力,并将3个力进行正交分解<sup>[7]</sup>。因为工作人员的动作不可能百分百还原,所以每次触觉反馈静电力波形都不相同。静电力触觉示意图如图4所示。根据多次实验结果并结合韦伯费希纳定律分析得出规律,人的接触量和力发生过程的时间成正比。当工作人员在对屏幕完成一个动作,越靠近结束时,静电力

越大,这就完美地解释了物体边缘静电力波形幅度越大的事实<sup>[8]</sup>。

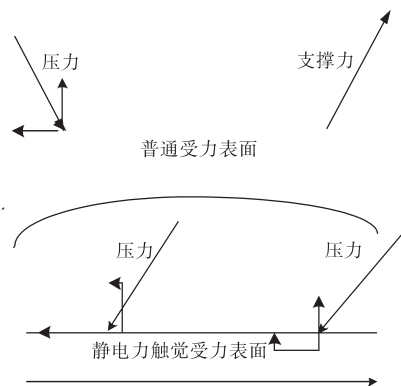


图4 静电力触觉示意图

Fig.4 Schematic diagram of electrostatic force and touch

在工作人员进行静电力反馈波形提取前,电力系统设备信息分析要进行简单地初始化操作,主要是为采取静电力过程中波形图进行数据化处理<sup>[9]</sup>。对采集的波形图像的大小格式和像素点进行初始化设置<sup>[10]</sup>。采集扫描分为正常扫描和红外定位扫描两步骤。相关人员的触觉高度反馈模型以图像灰度值最为标准,反馈过的静电力波形图的像素高度设为 $a^{[11]}$ 。

本文构建的基于kNN算法的电力系统设备在线识别方法,为了突出环境中物体的多维性,需改变传统的二维元素虚拟环境。因此,本文在二维图像为基础的条件下,在静电力波形反馈的同时,增加对虚拟环境中元素进行三维的渲染<sup>[12]</sup>。近年来比较简单的虚拟三维实物构建的方法为三维恢复解决方法<sup>[13]</sup>,主要是在二维图像的基本配置中结合阴影恢复模型。这样构建出的虚拟环境的三维事物更加真实还原静电力反馈波形图,也有利于静电力触觉渲染过程的进行。静电力反馈波形图如图5所示。

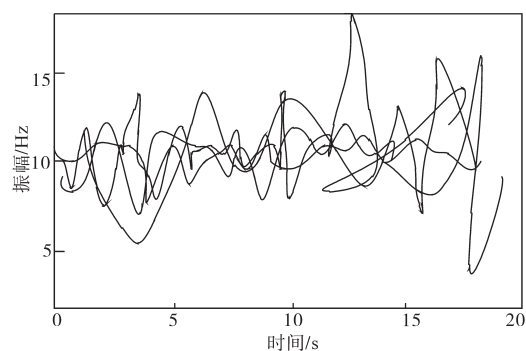


图5 静电力反馈波形图

Fig.5 Electrostatic force feedback waveforms

通过静电力反馈波形图分析设备的运行状态<sup>[14]</sup>。因为本文创建虚拟环境借助的是unity3D的方法,此方法中的模型都具有各自的标签属性,所以在阴影恢复模型中增加数据预处理,这样才能在unity3D的环境中构建虚拟现实环境<sup>[15]</sup>。阴影恢复法是图像整体通过图像的本身色差进行两个部分分割,分割避免了可能由于色差过大对二维实物构造的不准确的问题。阴影恢复法可以忽略二维实物构造过程中物体表面反射情况和不可避免的系统误差带来的影响。相对于传统的阴影恢复法,本文的方法一方面优化与默认了光源来自无限远处,排除了图像以及灯光聚焦的影响。另一方面优化了构建虚拟二维实物的朗伯体模型,提高了事物的反射质量,也保证了成像的主视图位置,从而更有利于对信息边界进行提取和修改。三维对象的渲染和纹理边界提取是在3D模型中进行的,对静电力触觉模型主要分为4个部分:

- 1) 确定要构造的实物;
  - 2) 识别视图中的电力系统模型并确定电力系统事物的纹理边界;
  - 3) 在unity3D模型系统中结合静电力反馈波形图对三维实物的渲染值进行确认;
  - 4) 对电力设备对象的纹理边界进行提取。
- 具体操作流程如图6所示。

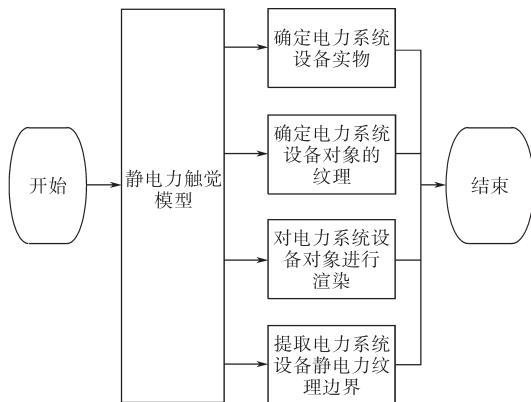


图6 静电力触觉模型操作流程

Fig.6 Operation flow of electrostatic force haptic model

此次提取需要注意的是,在对电力系统设备对象进行纹理边界提取时所采用的方法与二维图像过程中渲染视图的方法不同,二维图像过程中渲染视图的方法为平面的法线方法,此次渲染过程中采用的方法为俯视图法<sup>[16]</sup>。必须要进行方法的调换否则会渲染视图不成功。另外,二维图像的纹理边界提取过程中的高度还原是梯度还

原,但是三维事物的纹理边界提取是离散型还原,这个还原方法要注意更改,否则三维对象的高度还原模型和二维对象模型一样,就无法进行下一步骤的视图渲染。

### 3 实验研究

#### 3.1 实验目的

为了检测本文所提出的基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识别方法的效果,与传统的在线识别方法进行对比,设计实验并分析实验结果。

#### 3.2 实验参数

设定实验参数如下:处理器为ARM处理器,操作系统为Windows10,工作电压120V,工作电流150A,工作频率320Hz,操作环境为TPU,编辑语言为C++语言,接口为I/O接口。

#### 3.3 实验过程

根据上述的实验参数与实验环境设置,进行实验过程设置:在相同的实验条件下,以电力系统设备隐患识别效率、识别精度为实验指标,将本文方法与传统方法进行对比验证,并将获得的数据整理成折线图,以便于观察实验对比结果。

#### 3.4 实验结果与分析

##### 3.4.1 识别效率对比结果

本文方法与传统方法的识别效率对比结果如图7所示。

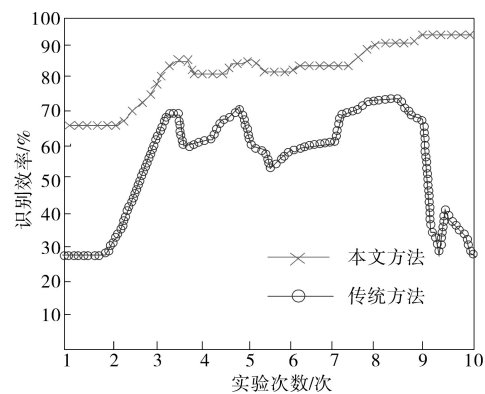


图7 识别效率对比

Fig.7 Comparison of recognition efficiency

从图7中可以看出,在实验次数不断增加的情况下,所提方法的识别效率始终高于传统方法,因此充分说明所提方法能够有效提升电力系统设备隐患的识别效率。

##### 3.4.2 识别精度对比结果

经过一段时间的运行后,识别精准度如图8所示。

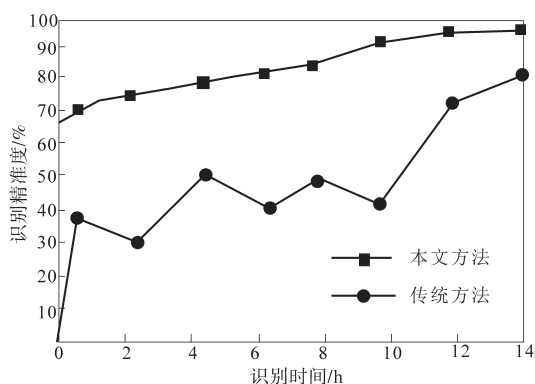


图8 识别精度

Fig.8 Recognition accuracy

根据图8可知,当识别时间为2 h时,传统识别方法识别精度为29%,本文识别方法识别精度为72%;当识别时间为6 h时,传统识别方法识别精度为37%,本文识别方法识别精度为79%;当识别时间为10 h时,传统识别方法识别精度为39%,本文识别方法识别精度为92%;当识别时间为14 h时,传统识别方法识别精度为79%,本文识别方法识别精度为97%。

通过以上数据可以得出,本文所研究的基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识别方法在识别精度、识别效率方面都远远高于传统方法。可以有效地改善传统识别方法的不足,满足电力系统设备提出的检测要求。

## 4 结论

本文在传统的电力系统设备隐患在线识别方法的基础上,提出了基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识别方法,得到以下结论:

1)采用 Vicon 系统模型完成隐患信息捕捉后,运用kNN算法提取电力系统设备隐患信息,可完成对于设备运行状态的分析;

2)通过对基于感官体验和虚拟现实的电力系统信息进行提取,利用图像纹理特征提取技术,通过静电力的反馈波形与触觉渲染得到电力系统设备的图片,可在线进行故障识别;

3)基于kNN算法的电力系统设备隐患在线识

别方法识别准确率高于传统方法,识别能力更强。

## 参考文献

- [1] 李泰,韩强,黄银龙,等.基于kNN算法的红外测温图谱的温度数字识别研究[J].电力信息与通信技术,2019,13(6):14-19.
- [2] 江志农,赵南洋,夏敏,等.一种基于流形学习和KNN算法的柴油机工况识别方法[J].噪声与振动控制,2019,39(3):1-6.
- [3] 肖勇,赵云,涂治东,等.基于改进的皮尔逊相关系数的低压配电网拓扑结构校验方法[J].电力系统保护与控制,2019,47(11):37-43.
- [4] 刘通,高世臣.基于数据空间结构的KNN方法优化[J].数学的实践与认识,2018,48(14):197-206.
- [5] 朱付保,谢利杰,汤萌萌,等.基于模糊C-Means的改进型KNN分类算法[J].华中师范大学学报(自然科学版),2017,51(6):754-759.
- [6] 马立新,徐曼如,吕梦圆.能耗系统的电力能效测评与分级方法研究[J].电子测量技术,2018,23(13):10-13.
- [7] 路敦利,宁芋,臧军.基于BP神经网络决策的KNN改进算法[J].计算机应用,2017,37(S2):65-67.
- [8] 连天友,余勤.改进KNN算法对人体身份的识别[J].计算机工程与应用,2019,55(11):11-18.
- [9] 戴志诚,李小年,陈增照,等.基于KNN算法的可变权值室内指纹定位算法[J].计算机工程,2019,25(6):310-314.
- [10] 牛涛涛,陈国鑫,刘西光,等.基于KNN算法的工业建筑混凝土结构耐久性环境指标体系[J].工业建筑,2019,12(6):63-68.
- [11] 杨朋霖,冯百明,周志阳,等.基于OpenCL的并行kNN算法设计与实现[J].计算机工程与科学,2017,39(12):2198-2202.
- [12] 王蕾,焦明海,代勇,等.群体主动学习算法的移动电力交易行为研究[J].控制工程,2019,26(3):484-491.
- [13] 张燕,杜红乐.基于异构距离的集成分类算法研究[J].智能系统学报,2019,14(4):733-742.
- [14] 徐峰,刘婷薇,李平,等.基于LabVIEW与MATLAB混合编程的手势识别系统[J].电子设计工程,2017,25(8):32-36.
- [15] 江志农,赵南洋,夏敏,等.一种基于流形学习和KNN算法的柴油机工况识别方法[J].噪声与振动控制,2019,39(3):1-6.
- [16] 方钦,陈建峡,张晓星,等.基于FKNN算法的GIS运行状态评估研究[J].湖北工业大学学报,2018,36(2):62-66.

收稿日期:2020-05-13

修改稿日期:2020-06-02