基于嵌入式技术的大型电气监控系统设计与实现

采用传统的人工定期巡检的方式进行电力设备状态检测，一旦待检测设备较多，将会耗费大量的人力成本，且无法保证检测的实时性与检测效率，无法满足电力设备安全运行的需要。提出基于嵌入式结合计算机视觉的电气设备状态监控系统设计方法。针对计算机采集到的原始图像进行中值滤波，在最大化降低噪声的同时，更好地保护图像中的电气设备的细节信息，对去噪后的电气设备图像进行边缘增强处理，获取锐化后的电气设备图像，依据马尔可夫随机场纹理分析法原理对电力设备图像进行纹理分析，通过与正常图像模板进行比较得出差异，实现对电力设备当前状态的识别与检测。实验结果表明，利用该方法进行电力设备状态检测，能够对检测结果进行自动识别与分析，极大地提高了检测效率。

王海峰[1,2]/1.广东科学技术职业学院机械与电子工程学院 2.华南理工大学电子与信息工程学院

王海峰/讲师

关键词/Keywords
嵌入式·
电气设备·
状态监测·

随着我国电气事业的快速发展，设备规模也在不断的扩大，其中电气设备状态直接反映了设备的运行安全情况，若电气设备故障状态得不到有效及时的检测及预警，将会对电气安全产生极大的威胁，造成不可预知的后果[1-3]。因此，如何对电气设备状态进行快速、有效的检测已经成为该领域亟待研究的重要课题[4]。现阶段，主要的电气设备状态检测方法包括基于人工定期巡检的电气设备状态检测方法[5]、基于无线通信技术的电气设备状态检测方法[6]和基于红外热像仪的电气设备状态检测方法[7]。其中，最常用的是基于人工定期巡检的电气设备状态检测方法[8]。由于对电气设备状态的准确检测是决定电气设备安全稳定运行的关键因素，因此，受到相关专家学者的重点关注，拥有十分广阔的发展前景[9, 10]。

传统方法在进行电气设备状态检测过程中，若待检测设备较多时，将会耗费大量的人力成本，无法保证检测的效率与准确性。

为了避免上述算法的缺陷，提出基于计算机视觉与嵌入式相结合的电气设备状态监测方法。利用模式识别原理对电气设备的状态进行长期的检测，极大地提高了检测效率与算法性能，满足了电气设备安全运行的实际需求。

基于嵌入式视觉的电气设备检测原理

计算机视觉配合嵌入式技术的智能检测是基于图像技术进行监测的最新技术，其中，图像技术包括对图像的处理、分析以及理解。

整个嵌入式系统的控制中心是CUP核心电路。S3C2410处理器内部的RAM和ROM空间都不是很大，不能满足本系统功能的实现，所以必须要扩展SDRAM和Flash。核心电路包括：处理器、Flash、SDRAM、网络接口电路、标准JTAG接口、电源电路、复位电路和时钟电路等，如图1所示。

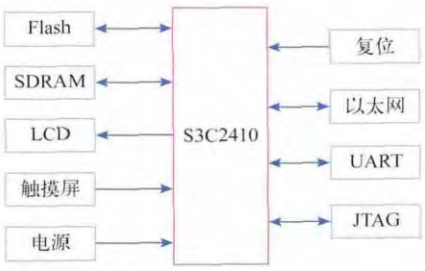

图1 核心电路连接图

中国知网 https://www.cnki.net

软件算法设计

1. 设备图像采集的中值滤波

通过计算机视频技术采集的电气设备初始图像，不可避免地包含了较多的噪声信息，采用中值滤波进行去噪处理，在有效去除噪声的同时，更多地保护了图像的细节信息，且能较为准确地识别图像的边界信息。中值滤波的具体方法：设定f_1，f_2，…，f_m为一个一维序列，m为奇数，表示所取窗口的长度。对该序列进行中值滤波，则需从序列中随机抽取m个点，为f_{i-v}，…，f_{i-1}，f_i，f_{i+1}，…，f_{i+v}，其中，i用来描述窗口中心位置，$v=0.5(m-1)$。依据数值大小顺序对m个点进行排列，取排序中间的点为该点像素值。其数学表达式为

$$Y_i=\mathrm{Med}\{f_{i-v},\cdots,f_{i-1},f_{i+1},\cdots,f_{i+v}\}$$
$$i\in Z\qquad v=\frac{m-1}{2}\tag{1}$$

对于待测电气设备图像而言，因像素值为二维数据，则可取奇数作为方形滑动模块。在实际应用中通常先取3×3再取5×5，直至中值滤波效果达到最佳，即

$$O(x,y)=\mathrm{Med}\{f(x-k,y-1),(k,l)\in W\}\tag{2}$$

式中，$f(x,y)$、$O(x,y)$分别为原始电气设备图像和中值滤波后的电气设备图像；W为二维模版。

2. 拉普拉斯算子的设备图像增强处理

利用拉普拉斯算子算法对去噪后的图像进行增强处理，因其各向同性与位移不变性特点，因此，可满足图像不同走向的边缘锐化增强的需求。

设定连续图像用$f(x,y)$表示，则其拉普拉斯算子可表示为

$$\nabla^2 f=\partial^2 f(x,y)/\partial x+\partial^2 f(x,y)/\partial y\tag{3}$$

若电气设备图像的模糊是由扩散引起时，则模糊图像与拉普拉斯运算结果的k倍值的差值，即为不模糊图像

$$g=f-k\nabla^2 f\tag{4}$$

式中，f为模糊图像；g为锐化增强后的设备图像；k为扩散效应相关系数。

由上可得，数字图像$f(i,j)$的拉普拉斯算子为

$$\nabla^2 f(i,j)=\Delta_x^2 f(i,j)+\Delta_y^2 f(i,j)\tag{5}$$

其中

$$\begin{aligned}\Delta_x^2 f(i,j)&=\Delta_x[\Delta_x f(i,j)]\\&=\Delta_x[f(i+1,j)-f(i,j)]\\&=\Delta_x f(i+1,j)-\Delta_x f(i,j)\\&=f(i+1,j)-f(i,j)-f(i,j)+f(i-1,j)\\&=f(i+1,j)+f(i-1,j)-2f(i,j)\end{aligned}\tag{6}$$

$$\Delta_y^2 f(i,j)=f(i,j+1)+f(i,j-1)-2f(i,j)\tag{7}$$

将式（6）和式（7）代入式（5）可得

$$\begin{aligned}\nabla^2 f(i,j)=&f(i+1,j)+f(i-1,j)+f(i,j+1)+\\&f(i,j-1)-4f(i,j)\end{aligned}\tag{8}$$

依据相关理论对上式进行变换可得

$$\begin{aligned}\nabla^2 f(i,j)=-5\Big\{&f(i,j)-\frac{1}{5}[f(i+1,j)+f(i-1,j)+\\&f(i,j+1)+f(i,j-1)+f(i,j)]\Big\}\end{aligned}\tag{9}$$

电气设备图像点（i，j）的灰度值与邻域均值的差值即为（i，j）点处的拉普拉斯算子。

通过上述方法可以获取到增强后的电气设备图像，为基于计算机视觉的电气设备状态检测提供支持。

3. 电气设备状态检测

采用马尔可夫随机场纹理分析法对电气设备图像进行纹理分析，通过与正常模版进行匹配实现对电气设备状态的识别。

设定$S=\{G(i,j),1\leqslant i,j\leqslant N\}$用来描述电气设备平面图像上的格点，$G$为电气图像灰度级别数，则图像纹理$\{X_s,s\in S\}$的局部特征为

$$P(X_s=k|N_i)=\binom{G-1}{k}\theta(T_i)^k[1-\theta(T_i)]^{G-k-1}\tag{10}$$

式中，$k=0$，1，…，$G-1$；$N_i(i=1,2,3,4)$为S上的四种邻域；$\theta(T_i)=\dfrac{e^{T_i}}{1+e^{T_i}}$；$T_i$为由不同阶的模型决定。

1）若为一阶模型，则

$$T_1=a+b(1,1)(t+t')+b(1,2)(u+u')\tag{11}$$

2）若为二阶模型，则

$$T_2=T_1+b(2,1)(v+v')+b(2,2)(X+X')\tag{12}$$

3）若为三阶模型，则

$$T_3=T_2+b(3,1)(m+m')+b(3,2)(l+l')\tag{13}$$

4）若为四阶模型，则

中国知网 https://www.cnki.net

$$T_4 = T_3 + b(4,1)(O_1 + O_1' + O_2 + O_2') + b(4,2)(q_1 + q_1' + q_2 + q_2') \quad (14)$$

采用马尔可夫随机场纹理分析法进行电气设备图像的纹理分析，具体步骤为：①依据所观察的图像的自然纹理数据对模型参数进行估计。②对估计的参数a，$b(i, j)$进行假设检验。③抽取综合纹理模型的样本，获取综合纹理模型的相关参数。④由上获取的两个纹理图像参数相同，对其进行视觉比较，获取其中的差异。⑤对差异进行分析，得出设备的当前状态，并对异常报警处理。

由上述方法，可实现基于计算机视觉的电气设备状态的有效检测，保证电气设备的正常运行。

实验结果及分析

为了验证本文系统的有效性，需要进行一次实验。在实验中，选取的电气设备状态检测的对象实验样本如图2所示，系统视频采集到的原始图像如图3所示。

在实验过程采用本文系统对原始图像进行处理得到的结果分别如图4、图5所示。

图2　实验样本图像

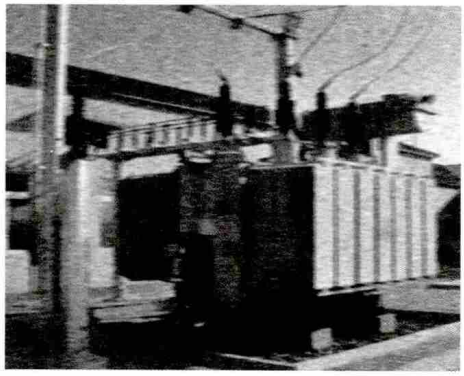

图3　视频采集原始图像

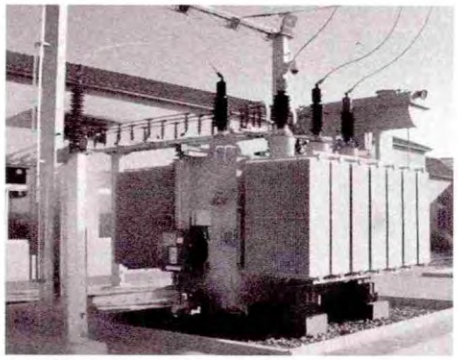

图4　改进后的系统滤波后的图像

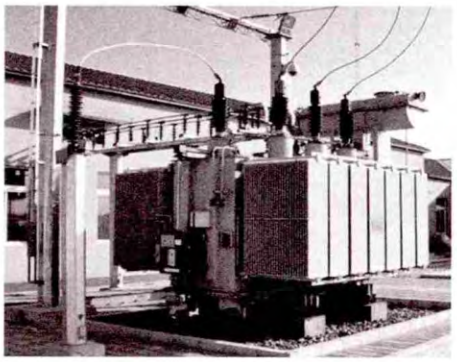

图5　改进算法增强处理后的图像

由图4、图5可以看出，采用基于计算机视觉配合嵌入式设备的方法对电气设备状态进行检测，能够获取到较为清晰的电气设备图像，能够对电气设备的如变形、损毁或者漏油等状态进行有效识别。

在仿真过程中分别就传统的人工监测和智能系统的检测结果进行对比，得到的异常状态识别率如图6所示。

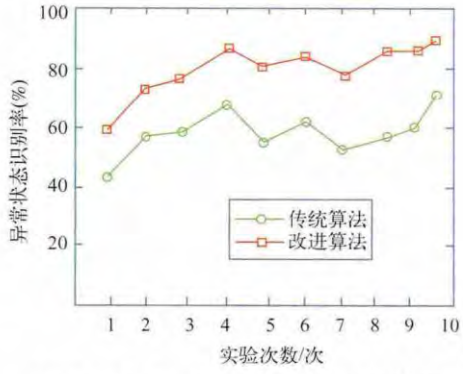

图6　不同方法的异常状态识别率对比曲线

中国知网 https://www.cnki.net

由图6可知，采用改进后的方法进行电气设备状态检测，在10次仿真实验中，获取的设备异常状态识别率均高于传统方法。

在进行相同工作量时，检测耗时对比结果如图7所示。

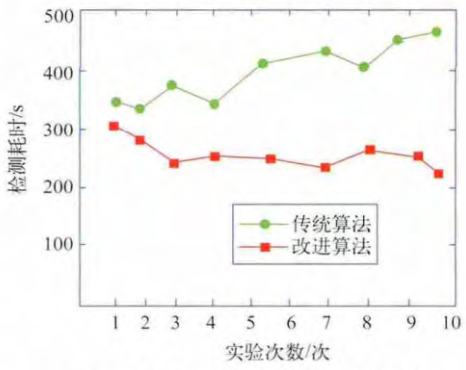

图7 不同方法的检测耗时对比曲线

通过上述不同方法耗时曲线图可以看出，在进行同等量工作时，改进方法所用时间明显少于传统算法，具有更高的效率。

综上所述，基于计算机视觉的电气设备状态检测方法，具有更高的异常状态识别率与检测效率，具有显著的优越性，能够满足电气设备状态检测的需求。

结束语

针对传统方法在进行电气设备状态检测过程中，若待检测设备较多时，将会耗费大量的人力物力成本，且无法保证检测的效率与准确性的缺陷，提出基于嵌入式与计算机视觉相结合的电气设备状态检测方法。针对计算机视觉采集到的原始图像进行中值滤波，有效地去除图像的噪声，依据拉普拉斯算子算法对去噪后的图像进行锐化处理，获取更为清晰的电气设备图像。依据马尔可夫随机场纹理分析法原理对电气设备图像进行纹理分析，将分析结果与正常图像模板进行比较，并对异常信息进行有效识别与自动报警，完成对电气设备状态的有效检测。实验结果表明，利用改进算法进行电气设备状态检测，能够提高电气设备状态检测的准确性与检测效率，具有极大的优越性。

参考文献

[1] 沙宁，马立和．基于计算机视觉的人脸识别技术应用研究[J]．科技与企业，2014（14）：159-159．

[2] Pan Xiao，Li Yunliang，Zhou Yuanfeng．A research review of superpixels generation algorithms [J]．Computer Aided Drafting，Design and Manufacturing，2014，24（1）：12-17．

[3] 高继勋，李鑫．基于计算机视觉的物流车辆多状态监控系统设计[J]．物流技术，2014，33（2）：307-309．

[4] 杨国庆，张宇．数据挖掘技术在电力设备状态检修中的应用[J]．上海电力学院学报，2012，28（2）：176-180．

[5] 杨良军，熊小伏，张媛．基于灰色关联度和理想解法的电力设备状态维修策略[J]．电力系统保护与控制，2009（18）：74-78．

[6] Wang Qun，Cheng Jun，Shen San ming，et al．Converting a display screen into a touchscreen [J]．Journal of Electronic Science Technology，2014，12（1）：139-143．

[7] Steven Puttemans，Toon Goedeme．Optimal object categorization under application specific conditions [J]．Journal of Communication and Computer，2013，10（12）：1484-1496．

[8] 周琳．基于计算机视觉的物流仓储空间控制管理系统[J]．物流技术，2014，33（2）：326-329．

[9] 黄德烽．试论电力设备状态监测与故障诊断技术[J]．中国科技博览，2014（20）：358-358．

[10] 廖浩利．电力设备状态检修中存在的问题及对策分析[J]．低碳世界，2014（7）：52-53．

（收稿日期：2014－09－30）EA

中国知网 https://www.cnki.net