

基于变电站视频图像的变压器冷却风机运行状态识别方法研究

汶爱文¹, 王印松¹, 常政威²

(1. 华北电力大学, 河北 保定 071003; 2. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610072)

摘要: 基于 OpenCV2 图像处理技术, 提出了两种针对变压器冷却风机转动情况判断的方案: ①连通区域质心分析法: 结合阈值算法和分水岭算法得到感兴趣区域的连通区域, 并求其质心, 通过分析质心位置的变化情况判断风机转动与否; ②直方图统计分析法: 通过求取图像直方图信息判断风机转动与否。实验结果和实验相关数据的分析验证了两种方案的可行性和实用性。

关键词: OpenCV2; 连通区域; 质心; 直方图

Abstract: Two schemes are proposed which are the judgments about the rotation of transformer cooling fan based on OpenCV2 image processing technology. One is centroid analysis of connected region: combined with threshold algorithm and watershed algorithm, the interested connected region is obtained to get its centroid, and then the changes of centroid's position are analyzed to judge whether the fan rotates or not. The other one is histogram statistical analysis: through calculating the histogram information of images, it is determined whether the fan rotates or not. The experiment results show that the proposed two schemes are feasible and practical.

Key words: OpenCV2; connected region; centroid; histogram

中图分类号: TM85 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)01-0009-05

0 引言

变压器是电网中的重要设备之一, 而变压器冷却问题是其中一个重要的问题。温升过高, 变压器将长期处于高温状态, 尤其是变压器满负荷运行且环境温度也较高时, 易使绝缘材料老化加速, 必将影响变压器的使用寿命和安全可靠性, 甚至导致短路, 造成事故, 给用户带来安全隐患。

目前, 变电站对变压器冷却风机(以下简称风机)转动情况的监视没有一个很好的手段, 当风机停止转动导致油温升高到一定程度从而引发报警, 然后才采取相应的措施。这样处理问题存在延时性, 并且会造成变压器寿命缩短等问题, 所以及时地检测风机的转动情况是一种非常有意义的解决方案。

随着电网技术的发展, 目前国内越来越多的变电站特别是智能变电站, 能远程对变电站的电气设备及运行状态进行遥测、遥信、遥控和遥调(即传统

基金项目: 国网四川省电力公司研究开发项目(52199713506h)

的“四遥”), 从而可实现变电站的无人值守。而“第五遥”(遥视方面)视频监控系统也已大量建设。

如果能有效利用视频监控系统, 通过视频处理、图像处理技术等将采集到的视频信息用于判断风机的转动情况, 这或许是未来一个发展的方向。

1 对象特性分析

研究对象风机整体相对于地面处于静止状态, 而目前被大量研究的为目标跟踪问题, 其研究对象相对于地面处于运动状态。另一方面, 风机整体呈灰色调, 彩色信息单一。基于上述两个难点, 将尝试两种方案用于判断风机扇叶相对于风机是否处于转动状态。

2 连通区域质心分析法

原理: 如果扇叶转动, 则图像中像素分布会发生变化; 而如果扇叶没有转动, 则图像中像素分布基本不发生变化。对于一幅图像, 通过提取其二值图像

的连通区域,然后计算连通区域的质心,当视频序列图像在发生变化时,其相应的连通区域的质心也会发生变化。围绕对象的这个显著特征,下面通过求取图像中连通区域的质心的变化情况进行风机转动与否的判断。

2.1 连通区域质心分析法判断步骤

(1) 求取连通区域

首先(第一帧图像)选取风机所在位置作为感兴趣区域,并通过阈值函数 $cv::threshold$ 进行阈值处理,得到合适的阈值 $threshold_value$,并再次在上述感兴趣区域中选取一部分作为进行连通区域质心分析的感兴趣区域 $rect$ 。

然后,采用 $cv::cvtColor$ 函数将感兴趣 $dstImg$ 图像灰度化,得到 $binary$ 灰度图像。并用 $cv::threshold$ 函数得到 $binary$ 图像的二值图像 $binary$ 。

下面开始进行分水岭处理。首先需要识别出确定属于前景的像素和确定属于背景的像素。用标签 255 标记前景像素,用标签 128 标记背景像素,其他像素用 0 标记。

腐蚀和膨胀是最基本的形态学运算。形态学滤波通常使用二值图像,在此用高(白色)像素表示前景物体,用低(黑色)像素表示背景。

前景图像 fg 直接取 $binary$ 即可。

对 $binary$ 二值图像先进行 $cv::dilate$ 函数膨胀处理并调用 $cv::threshold$ 函数即可得到背景图像 bg 。生成的黑色像素对应的是背景像素。这就是膨胀之后的阈值化运算将像素赋值为 128 的原因。组合使用 fg 与 bg 图像形成标记图像 $markers$ 。

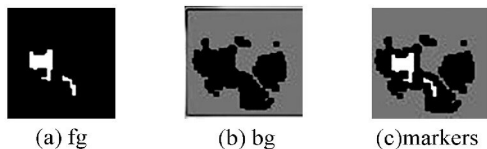


图 1 标记图像

接着调用 $cv::watershed$ 函数进行分水岭分割,从而使输入的标记图像得到更新,生成最终的分水岭分割。

标记图像得到更新,每个零像素被赋值为输入标签之一,而隶属于当前发现的边界的像素被赋予 -1,生成最终的分水岭分割,经过处理得到最终的连通区域图像 $segment$ 。

(2) 提取连通区域质心信息

提取连通区域的轮廓需要二值图像,故先使用



图 2 segment

$cv::threshold$ 进行阈值化处理,得到二值图像 $contour$ 。

使用 $cv::findContours$ 函数提取连通区域轮廓。该函数输入的为一幅二值图像,输出的是轮廓的向量,而轮廓本身是 $cv::Points$ 的向量。所以定义 $contours$ 为 $std::vector$ 的 $std::vector$ 作为第二个参数。第三个参数 CV_RETR_LIST 检索所有的轮廓,并将其放入 $list$ 中。

然后遍历所有轮廓,求取它们的力矩,并将质心坐标转化为整数得到二维点 $point_mom$ 。统计视频序列前 max_COUNT 帧中每一帧图像的 $point_mom$ 和 $contours.size()$ 的大小,并计算 $contours.size()$ 为 1 时的 $point_mom$ 点坐标的 x 和 y 变量的变动情况。

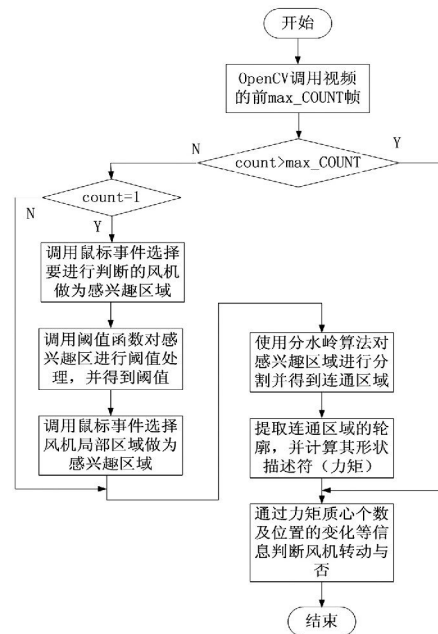


图 3 连通区域质心分析程序流程示意图

因为选取的感兴趣区域 $rect$ 很小,强制限制了 $rect.width = 12$, $rect.height = 12$,所以基本保证了这个区域中 $contours.size()$ 的大小基本为 1、2、3 或者不存在连通区域(即 $contours$ 向量为空),为 1 的概率比较大,从而统计分析 $contours.size()$ 为 1 时的 $point_mom$ 点坐标的 x 和 y 变量的变动情况可以反应风机扇叶的转动情况。当风机转动时,由于像素

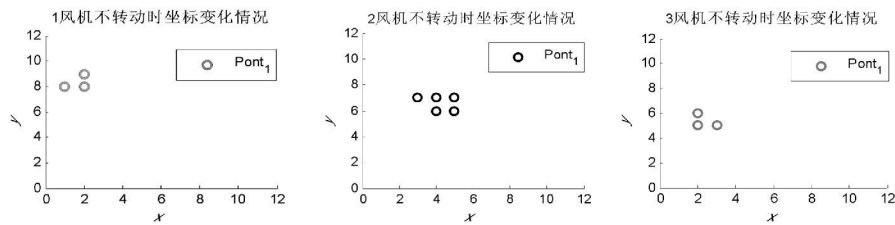


图 4 风机不转动时连通区域质心坐标变化情况

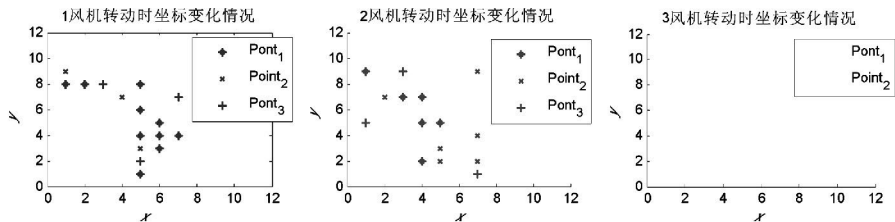


图 5 风机转动时连通区域质心坐标变化情况

分布的变化,会使感兴趣区域的连通区域发生变化,从而质心位置发生移动;而风机不转动时,连通区域基本不改变,从而质心位置基本也不移动。这样,通过计算坐标变量 x 和 y 位移大小占整个感兴趣区域的比例,便可以判断风机转动情况,从而完成所做判定。

整个程序流程示意图如图 3 所示。

2.2 数据结果分析

表 1 风机不转动数据统计表

组号	1	2	3
point_1 / 个	20	20	20
point_2 / 个	0	0	0
point_3 / 个	0	0	0
point_oth / 个	0	0	0
x_{avr} / %	1.911 8	4.274 91	1.911 8
y_{avr} / %	3.311 33	2.703 69	1.911 8
x_{per} / %	8.333 33	16.666 7	8.333 33
y_{per} / %	8.333 33	8.333 33	8.333 33
结果	不转动	不转动	不转动

表 2 风机转动数据统计表

组号	1	2	3
point_1 / 个	11	8	9
point_2 / 个	12	14	22
point_3 / 个	9	6	0
point_oth / 个	0	0	0
x_{avr} / %	12.909 9	11.356 4	9.771 7
y_{avr} / %	23.273 7	15.748 5	16.404 2
x_{per} / %	50	33.333 3	25
y_{per} / %	58.333 3	583.333 3	41.666 7
结果	转动	转动	转动

说明: point_1、point_2、point_3 分别表示一幅图像只有一个、两个、三个质心 point 时的总和, point_oth 统计不属于上述情况的 Point 总和; x_{avr} 、 y_{avr} 表示 (x, y) 坐标(平均)跳动幅度占 $rect()$ 的百分比; x_{per} 、 y_{per} 表示 (x, y) 坐标(整体)跳动幅度占 $rect()$ 的百分比。

由表 1、表 2 结果可以看出,当风机在转动时,质心位置偏移比较大,从而 x_{avr} 、 y_{avr} 、 x_{per} 、 y_{per} 值偏大。当风机转动时,质心位置变化比较大,而且连通区域的个数有时候也在交替变化。图 4、图 5 为风机不转动与转动时质心坐标的变化情况,由图 4 可以明显地看出当风机不转动时质心坐标变化不大,坐标较为集中,而由图 5 看出当风机转动时质心坐标变化很大,坐标分布很分散。这种方法最适合于阈值化后图像中扇叶与其他部分区分比较明显的场合。

3 直方图统计分析法

原理:假设两幅图像完全一致,则它们采用 $cv::addWeighted$ 函数相加后所得结果的图像的直方图会呈现“稀疏”现象,即在某一区段内,直方图中偶数容器的有值,而奇数容器的值为零。当两幅图像不完全相同时,采用上述方法得到的直方图呈现“密集”现象,即在某一区段内,直方图奇数偶数容器的值基本都不为零。利用这个现象即可判断风机的转动与否。

3.1 直方图统计分析法判断步骤

首先(第一帧图像)选取风机一部分作为感兴趣区域 $rect$,并限定 $rect.width = 12$, $rect.height = 12$ 。

循环读取每相隔 5 帧的两幅图像的灰度图像 $origgray$ 和 $origgray1$,将它们进行 $cv::addWeighted$ 运算处理,得到 add 图像。 $cv::addWeighted$ 函数计算两数组的加权值的和(注意所有的数组必须有相同的类型和相同的大小)。

$dst(i) = src1(i) * alpha + src2(i) * beta + gamma;$

然后用 `cv::calcHist` 函数统计 `add` 图像的直方图信息。

直方图是一个简单的表,它给出了一幅图像或一组图像中拥有给定数值的像素数量。因此,灰度图像的直方图有 256 个容器。0 号容器给初值为 0 的像素个数,1 号容器给出值为 1 的像素个数,以此类推。

比如一幅图中 1、2、3 号容器有值,剩余的值为零。两幅完全相同的图像通过 `cv::addWeighted` 相加(假设 $alpha = 1.0$, $beta = 1.0$, $gamma = 0.0$),则值不为零的容器变为 2、4、6 号容器了,直方图由原来的“连续”变为“间断”,即由“密集”(图 6(b))变为“稀疏”(图 6(a))。

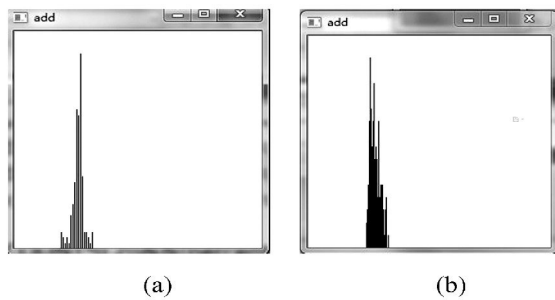


图 6 直方图的变化

通过统计视频序列前 `max_COUNT` 帧图像中感兴趣区域通过 `cv::addWeighted` 函数后直方图呈现的特征,并对其特征进行分析,即可判断风机的转动情况。

整个程序流程示意图如图 7 所示。

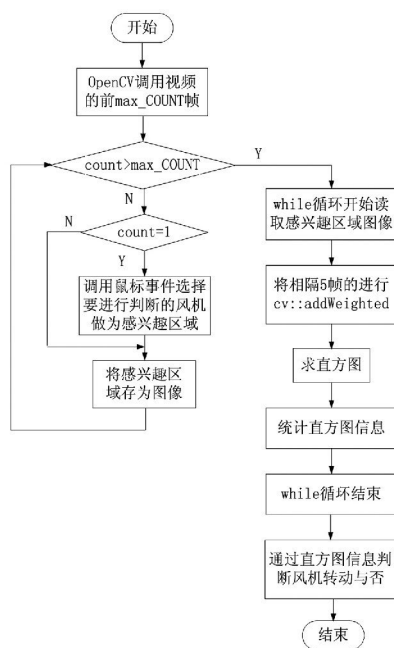


图 7 直方图统计分析法程序流程图

3.2 数据结果分析

由表 3 可以看出,当两幅图像差异大时 p_chg 值会偏大,即偏向于 100%,因为直方图容器有值的区间,不管奇数还是偶数容器都是有值的,所以趋于 100%;而当两幅图像差异很小时 p_chg 值会偏小,50%左右。由这个现象,就可以通过 p_chg 值的大小变化判断风机转动与否。图 8 可以更直观的反应 p_chg 的变化情况,当两图像差异大,即风机转动时 p_chg 曲线偏向于上端 100% (曲线 $y1、y2$);反之 p_chg 曲线偏向于下端 50% 左右(曲线 $y3、y4$)。上述判断结果跟实际情况也基本符合,而且这个方案使用简单且适用范围也较广。

表 3 直方图数据统计表

p_chg	1	2	3	4
1	95.652 2	84.090 9	82.857 1	93.750 0
2	95.238 1	82.352 9	83.783 8	73.684 2
3	84	87.719 3	76.315 8	93.877 5
4	85.714 3	78.181 8	83.783 8	91.489 4
5	100	89.583 3	48.648 6	86.274 5
6	95.454 5	84.782 6	77.777 8	86.792 4
7	95.238 1	95.454 5	48.717 9	85
8	95.454 5	90.909 1	48.717 9	78.571 4
9	100	85.714 3	74.359 0	87.931 0
10	100	71.428 6	48.717 9	50.877 2
11	100	81.632 7	81.081 1	92.857 1
12	100	88.888 9	77.777 8	92
13	91.666 7	91.304 3	51.851 9	84
14	100	93.617 0	85.185 2	46.938 8
15	52.381 0	88.095 2	51.851 9	46.933 8
16	100	85.106 4	79.411 8	46.933 8
17	100	83.636 4	76.470 6	88
18	100	85.416 7	51.515 2	87.234 0
p_{60}	1	0	7	6
p_{85}	16	11	1	6
p_{95}	14	1	0	0
结果	转动	转动	不转	不转

说明: p_chg 表示直方图从非零元素开始到结束中非零元素个数; p_{60} 、 p_{85} 、 p_{95} 分别表示 p_chg 小于 60%、大于 85%、大于 95% 时的图像个数。

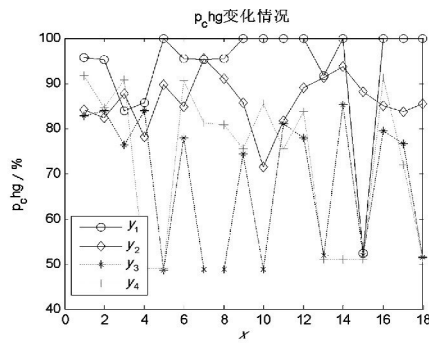


图 8 $p_c hg$ 变化情况

4 总结与展望

连通区域质心分析法有时不准确,其原因可能是因为这个方法中涉及到腐蚀、膨胀、阈值化和分水岭分割等操作,这些操作本身会改变图像,累加在一起有时候就会出现结果可能不准确现象。如果能够对连通区域有 2 个、3 个等质心时的变化情况更加详细的进行分析,则可以更好地判断风机转动与否,判断风机转动的结果将更加准确,适用场合将更加广泛。

两种方案各有优缺点,而对于两种方法,都存在如何去定义转动与不转动的界限问题及感兴趣区域大小的选定问题。如果能够采集大量的视频信息,并结合统计分析法等数学方法进行研究,可以更有

效地定义风机转动与不转动的界限,从而更广泛地适用于风机转动与否的判断。仅仅给出了两种思路,或许还可以结合两者的优点,再结合目前已有的跟踪算法如光流法、均值漂移算法等,然后通过大量的实验使其更加具有广泛实用性。

参考文献

[1] 刘瑞祯,于仕琪. OpenCV 教程——基础篇[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2007.
 [2] (加) Robert Laganiere 著;张静译. OpenCV 2 计算机视觉编程手册[M]. 北京:科学出版社,2013.
 [3] 高杨. 视频质量诊断算法研究与实现[D]. 沈阳:东北大学,2011:13-14.
 [4] (美) 布拉德斯基,克勒著;于仕琪,刘瑞祯译. 学习 OpenCV[M]. 北京:清华大学出版社,2009:1-16,351-355.
 [5] 岑银. 基于 OpenCV 的智能视频监控设计[J]. 电子元件应用,2010,12(7):47-49,52.

作者简介:

汶爱文(1990),硕士,主要研究方向为变电站视频质量诊断相关技术研究;

王印松(1967),博士生导师,主要研究方向为先进控制策略及其在电力系统中的应用、清洁能源发电控制技术;

常政威(1981),博士,高级工程师,主要研究方向为智能电网技术研究。

(收稿日期:2014-09-17)

(上接第 5 页)

[3] 茆美琴,苏建徽,张国荣,等. 大型光伏并网系统的建模与仿真[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2005,28(9):1069-1072.
 [4] Istvian Nagy, et al. Small-signal Analysis of a Dual Channel Resonant Buck and Boost Converter[C]. Industrial Electronics, Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on, July 2002, 4(8-11):1279-1284.
 [5] 郭亮,陈维荣,贾俊波,等. 基于粒子群算法的 BP 神经网络光伏电池建模[J]. 电工电能新技术,2011,30(2):84-87.
 [6] 张艳霞,赵杰. 基于反馈型神经网络的光伏系统发电功率预测[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(15):96-101.
 [7] 卢静,翟海青,刘纯,等. 光伏发电功率预测统计方法研究[J]. 华东电力,2010,38(4):0563-0567.
 [8] 王彬筌,苏适,严玉廷. 基于 BP 神经网络的光伏短期功率预测模型[J]. 电气时代,2014(5):78-81.

[9] 张岚,张艳霞,郭嫦敏,等. 基于神经网络的光伏系统发电功率预测[J]. 中国电力,2010,43(9):75-78.
 [10] 王飞,米增强,杨奇逊,等. 基于神经网络与关联数据的光伏电站发电功率预测方法[J]. 太阳能学报,2012,33(7):1171-1177.
 [11] 张艳霞,赵杰. 基于反馈型神经网络的光伏系统发电功率预测[J]. 电力系统保护与控制,2011,39(15):96-101.
 [12] 代倩,段善旭,蔡涛,等. 基于天气类型聚类识别的光伏系统短期无辐照度发电预测模型研究[J]. 中国电机工程学报,2011,31(34):28-35.
 [13] 金鑫,袁越,傅质馨,等. 天气类型聚类的支持向量机在光伏系统输出功率预测中的应用[J]. 现代电力,2013,30(4):13-18.

作者简介:

刘沛汉(1988),硕士研究生,研究方向为洁净能源及其并网技术。

(收稿日期:2014-12-22)