

一种适用于隔离开关的边缘提取算法

石延辉, 罗毅, 涂光瑜, 吴彤

(华中科技大学电力安全与高效湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要: 随着视频监控技术成为变电站自动化及电网自动化的一个重要手段, 对隔离开关的视频监控图像处理算法的研究也上了一个更高的层次。在分析经典边缘检测算子的基础上, 针对输电线高压隔离开关的具体图像特征, 提出了一种适合其自身特征的边缘检测算法, 该算法从主动识别方面考虑, 只处理局域图像, 大大减少了处理量, 提高了处理速度。最后, 对GW17-550D型高压隔离开关的合状态和GW22-12型隔离开关的开状态分别采用经典算法和该文的算法进行了仿真, 结果表明本文的方法更满足实际要求。

关键词: 遥视; 边缘检测; 边缘提取方法; 主动识别

An edge detectable algorithm for high-voltage isolating switch

SHI Yan-hui, LUO Yi, TU Guang-yu, WU Tong

(Electric Power Security and High Efficiency Lab, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The television monitoring technology becomes an important method in the automation of the substation and electrical network, which raises a higher level to the switch frequency monitoring picture processing algorithm research. Based on the analysis of the classical edge detectable operator, and in view of the high voltage switch characteristic which is in the transmission line, one edge detectable algorithm is proposed. This algorithm considers initiative recognition, and just partially process the images, this paper which reduces a huge processing, and raises processing speed. The GW17-550D type high voltage switch of close situation and GW22-12 of open situation are adopted classic edge detectable operator and the proposed detectable algorithm respectively to simulate. The simulation results show that the new algorithm is more satisfied.

Key words: television system; edge detection; edge detectable algorithm; initiative recognition

中图分类号: TM764

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)12-0023-04

0 引言

边缘检测是最为普遍的检测灰度级间断的图像的方法^[1], 而边缘提取算法是边缘检测的关键。目前, 传统的隔离开关遥视监视方式都是由值班人员直接观察图像来获取信息, 由于值班人员经验的差异性, 视觉特有的选择性, 主动性等特征, 很容易判断错误。

为了改进这一点, 文献[2]中指出, 先利用图像预处理技术对遥视图像进行灰度拉伸, 然后使用边缘算子进行图像处理。文献[3]中同样指出可以直接利用图像边缘提取技术和红外传感技术来配合实现刀闸断口的监控, 并举了一些在锅炉方面的应用实例来说明这样是可行的。但是这些文献中并没有给出对隔离开关的图像进行实际处理的结果。且传统的边缘检测算子有梯度算子和拉氏算子等^[4], 如Sobel算子、Prewitt算子、Roberts算子、Log算子和Canny算子, 这些算子均是通过对整个图像的灰度

函数作一阶或二阶导数, 由导数的极值确定边缘的位置。其中Sobel算子、Prewitt算子和Roberts算子得到的边缘图像比较模糊, Log算子和Canny算子提取的边缘细节比较多, 容易出现毛刺。并且这个过程是对整副图像的被动认知处理, 计算量很大, 很难满足隔离开关视频处理中对实时性的要求。

本文在考虑隔离开关本身的特征和工作特点之后, 结合图像边缘处理的基本原理, 提出一种适合其自身特征的主动认知的只处理局域图像的边缘检测算法, 并对GW17-550D型高压隔离开关的合状态和GW22-12型隔离开关的开状态分别采用经典算法和本文的算法进行了仿真, 从结果的对比上可以很清楚地看出该方法很好地解决了经典算法的不足之处, 并可以从原理上看出实时性也得到了很大的提高, 这充分说明该方法更具有可行性, 更满足现场要求。

1 适用于隔离开关刀闸的边缘提取算法

1.1 算法思路

首先假定待识别物体满足以下两个条件:

a. 物体的关键部位形状特征, 并能用数学函数描述。

b. 其工作状态的改变也会引起其关键部位形状特征参数的改变。

基于以上的假设, 若想识别该物体的工作状态, 只需重点检测其形状特征改变的区域。这和传统的边缘检测算法对整副图像处理相比, 由盲目的全局检测变为选择性的局部检测, 实现了被动识别到主动识别的转换, 同时大大减少了处理的数据, 也使该方法在实时性上得到了大大提高。

输电线路上的多数隔离开关都满足上面所述的两个条件, 故本文由此提出一种针对隔离开关图像的边缘检测算法, 思路如下:

a. 针对隔离开关自身的特点, 预先确定图像处理的大致范围;

b. 根据先验工作原理等信息, 按照一定的准则进行边缘点的搜索和确定;

c. 对确定的边缘点用最小二乘法来确定其函数模型, 并在原图上绘出该函数;

d. 由函数与原始图像的重合程度来比较判断隔离开关是否处于正确的工作状态。

1.2 检测范围的确定

首先, 确定边缘的初始位置(此处允许有偏差), 因很多隔离开关的初始段的形状都是直线, 并且工作状态的改变将会引起其参数的改变, 故以直线为例来解释如何确定它的起点和终点, 设其数学函数为:

$$y = ax + b \quad (1)$$

取隔离开关底座和刀片的交点的中心点为基点, 即起点, 以隔离开关直线段的终结处的中心点为终点, 并在现场隔离开关上使用标志颜色来标出基点和终点, 利用点检测的方法^[1]确定基点和终点在图像上的位置。根据两点确定一条直线的原理, 这条直线即是搜索范围指导直线, 也即目标直线的大致范围所在。边缘处理过程中只对这条直线上的每个点上下各搜索 δ 距离^[5]。用图 1 表示如下。

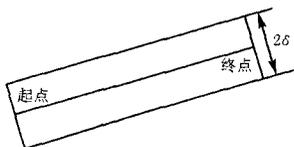


图 1 直线边缘范围的选取

Fig.1 Selection of the straight line edge scope

1.3 边缘点的搜索和确定

设图像的灰度函数为 $f(x, y)$, x 和 y 分别为像元所在的行和列的坐标, 如果在 (x, y) 处有边缘, 利用 $f(x, y)$ 在 x 和 y 方向上的变化率, 可以算出其变化最快的方向, 即梯度方向。边缘的方向垂直于这个梯度方向。有关的方向导数, 梯度幅度和相位的公式如下^[4]:

$$\frac{\partial f}{\partial \theta} = \frac{\partial f}{\partial x} \cos \alpha + \frac{\partial f}{\partial y} \sin \alpha \quad (2)$$

$$|\nabla f(x, y)| = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\theta = \arctan(\partial f / \partial y) / (\partial f / \partial x) \quad (4)$$

对于数字图象, 可用差分代替微分:

$$f_x(x, y) = f(x, y) - f(x-1, y) \quad (5)$$

$$f_y(x, y) = f(x, y) - f(x, y-1) \quad (6)$$

为表述方便, 以 f_x , f_y 代表 $f_x(x, y)$ 和 $f_y(x, y)$, 可以有下述几种方式计算梯度

$$M_1 = |f_x| + |f_y| \quad (7)$$

$$M_2 = (f_x^2 + f_y^2)^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$M_\infty = \max(|f_x|, |f_y|) \quad (9)$$

其相位角为

$$\tan \theta = f_y / f_x \quad (10)$$

沿着上述的指导直线的方向利用上面的公式确定搜索范围内的各个点的梯度值, 并记录下来各个象素点梯度值的最大值, 方向角 θ_i 和坐标值 (x_i, y_i) 。

因同一条直线上的点的梯度方向是相同的, 但搜索范围的扩大造成了梯度大小的不同, 但在同一条边缘上的点的梯度必然具有相似性, 根据这一原理来确定隔离开关的梯度方向 θ 和其边缘点的位置 (x_i, y_i) , 设定共 N 个点。

1.4 边缘曲线的拟合显示和隔离开关误操作报警

对已经得到的边缘点根据最小二乘法进行曲线拟合, 由公式(1)知, 只需求出 a 和 b 的值, 公式如下:

$$\begin{bmatrix} b \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N & \sum_{i=1}^N x_i \\ \sum_{i=1}^N x_i & \sum_{i=1}^N x_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N y_i \\ \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{bmatrix} \quad (11)$$

得到隔离开关边缘曲线函数, 然后在原来的图像上绘出这个曲线并通过监控界面显示给调度人

员。同时由第二步得到的梯度角推知刀片初始段的倾角为 $(\frac{\pi}{2} - \theta)$ ，并与事先现场量测确定的刀闸合状态时的角度范围 $[\theta_1, \theta_2]$ 比较 (隔离开关理想开或者合状态只有一个确定的角度, 在此定义范围包含实际中误差范围), 如果在其范围, 则断定是合的状态, 否则为开的状态或不正常状态, 不管是否在这一范围内, 都可以通过显示屏告知值班人员现在观测的这一刀闸的具体状态, 如果此识别的状态与本站指示的开合状态不同, 则报警提醒值班人员。

2 算法仿真

在实际电网隔离开关正常运行情况下, 其状态只有开合两种情况, 故仿真只须验证开合这两种状态即可, 其余情况均为不正常状态, 因可根据本文提出的方法中得到的倾角的大小直接判断出不正常状态, 所以在此不予验证。下面给出隔离开关在合和开两种情况下的验证结果。

2.1 隔离开关合闸状态仿真

本文对一 GW17-550D 型高压隔离开关刀闸合的图像采用 Matlab 7.1 进行仿真处理, 其原图如图 2 所示。

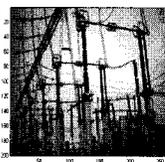


图 2 原始合状态图像

Fig.2 The originality close situation picture

对其采用经典的边缘检测算子进行检测得到的结果如图 3 所示。

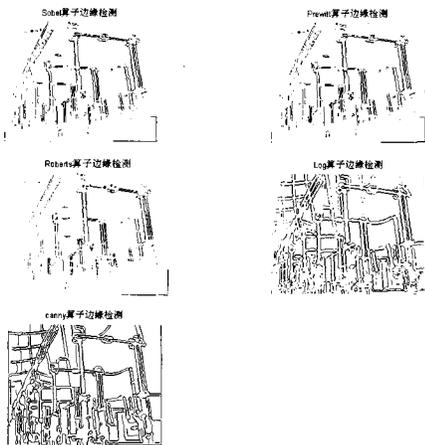


图 3 经典边缘检测算子结果

Fig.3 Result of classical edge detectable operator

从图 3 中可以看出, 经典边缘检测算子提取内容比较多, 利用 sobel 算子、prewitt 算子和 roberts 算子得到的边缘图像比较模糊, 对于刀闸的端口的具体状态无法给予清楚的指导, 而 log 算子和 canny 算子虽然提取的边缘细节比较多, 能够看出刀闸的边缘, 但是对于旁边的电线的干扰没有给予排除, 并且由于阴影的存在对隔离开关的状态也无法给出很精确的判断。所以文献中给出的直接利用边缘算子进行处理是不能在实际中接受的。

图 4 是根据本文提出的方法进行刀闸的其中一相关处理的结果, 拟合出的图像采用红线标出, 结果如图 4 所示。

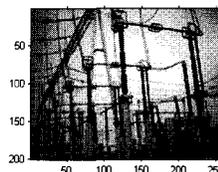


图 4 本文算法得到的图像

Fig.4 Result of this paper's edge detectable operator

由图 4 可以看出, 拟合的直线能够很清晰地在灰度图上与原来的刀闸图像重合, 可由此断定该刀闸是合的状态。同时由拟合执行之前得到的梯度角可换算出初始阶段的倾角, 其与先验建立的隔离开关合的状态倾角范围相比较, 如果符合合的状态则屏幕提示, 否则屏幕提示的同时声音报警。

2.2 隔离开关开状态仿真

下面对 GW22-12 型隔离开关开状态的图像采用 Matlab 7.0 仿真处理。其原图如图 5 所示。

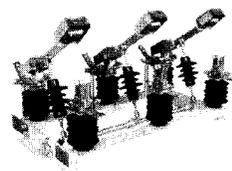


图 5 原始开状态图像

Fig.5 The originality open situation picture

对其采用经典的边缘检测算子进行检测得到的结果如图 6 所示。

同样, 因为经典边缘检测算子提取内容比较多, 对于刀闸的端口的具体状态由于其余两相刀闸的影响无法给予清楚的指导, 甚至 roberts 算子处理的结果出现了相与相之间刀闸重叠现象。和原图相比, 这么清晰的背景下, 这么大的开口还不能得到清晰的判别, 在夜晚更是不敢想象。

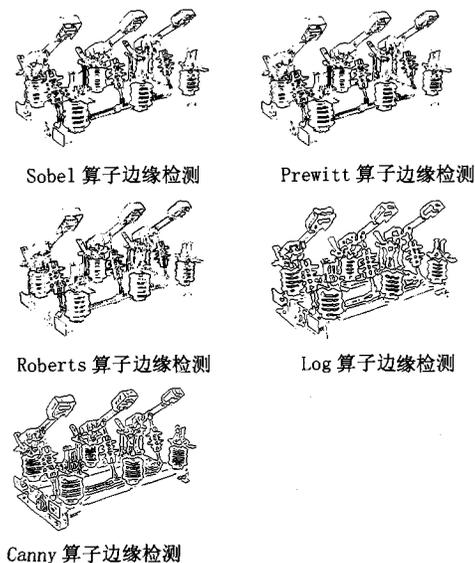


图6 经典边缘检测算子结果

Fig.6 Result of classical edge detectable operator

利用本文提出的算法得到的图片如图7。拟合出的直线用红线表示：



图7 本文算法结果

Fig.7 The result of the proposed edge detectable operator

由图7看出，拟合直线可以很好地与隔离开关刀闸重合，可以很清晰地看出开的状态。同时由拟合之前得到的梯度角换算出刀闸的倾角为 $\pi/4$ ，而对于该类型的隔离开关合状态时倾角肯定是在0附近，故在显示处理后图像之前就可以通过报警提示该隔离开关刀闸的状态是开的，由此可以大大提高故障状态出现时的处理速度，同时图像的显示也可以让值班人员视觉上对故障状态有一个更清晰的认识。

2.3 仿真小结

由此可看出本文提出的算法有以下优点：

- 1) 根据隔离开关特征和工作状态确定算法，避免了一般图像处理技术中对图像进行处理的盲目性；
- 2) 对隔离开关图像进行区域处理，而不是整副图像处理，减少了处理量，增强了实时性；
- 3) 由先验实际量测的隔离开关倾角来做标准，和算法处理计算出的倾角值进行比较判断隔离开关的状态，这个过程在软件实现上和确定隔离开关的函数是并行的，由此进一步加快了对故障状态出现时的处理速度。

3 结论

本文在介绍一些经典的边缘检测算子的基础上，根据隔离开关图像的具体特征提出了一种针对高压隔离开关的边缘检测算法，并分别对GW17-550D型高压隔离开关刀闸的图像进行了仿真处理，从和先前文献中提出的经典边缘检测算子的结果进行比较，可以看出该方法取得了更好的效果。

通过仿真结果可以看出，针对具体对象的边缘检测算法在处理本文所提的GW17型的高压隔离开关上取得了很好的效果，可是针对不同型号的高压隔离开关时还需要对软件的一些细节进行改动以增加该方法适应的广度，并且在一些具有很微小的断口的情况下还需要红外传感器的帮助进行辅助分析，况且遥视系统中的云台运行时间久时位置上会出现轻微的浮动，此时对先验确定的倾角范围需要进行一定的改动。因此，如何增进该算法使用的广度以及精确确定参考的倾角范围幅度和调整度将是接下来研究的重点。

参考文献

- [1] 冈萨雷斯. 数字图像处理(第二版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
Gonzalez R. C. Digital Image Processing[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003.
- [2] 涂光瑜, 罗毅. 电力遥视系统原理与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
RU Guang-yu, LUO Yi. The Principle and Application of the Power Television System[M]. Beijing: China Machine Press, 2005.
- [3] 龚超. 基于视觉信息的电气防误操作若干问题的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2003.
GONG Chao. The Research about Prevent Mistake Done in the Power System According to the Computer Vision[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2003.
- [4] 王润生. 图像理解[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995.
WANG Run-sheng. Image Comprehend[M]. Changsha: National Defense Science and Technology University Press, 1995.
- [5] 孙朝明, 付德贵. 面向对象的边缘检测方法[J]. 机电一体化, 2003, (6): 25-27.
SUN Chao-ming, FU De-gui. The Edge Detectable Algorithm Which Faces to Object[J]. Mechatronics, 2003, (6): 25-27.

收稿日期: 2006-11-22;

修回日期: 2007-03-23

作者简介:

石延辉(1981-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向是电力遥视系统; E-mail: zzbingshi@126.com

罗毅(1966-), 男, 副教授, 长期从事EMS和DMS研究;

涂光瑜(1941-), 男, 教授, 博士生导师, 长期从事电力系统运行与控制研究。