

绝缘子图像中的特征目标提取

葛玉敏¹, 李宝树¹, 赵书涛¹, 梁爽²

(1. 华北电力大学电气工程学院, 河北 保定 071003; 2. 保定供电公司, 河北 保定 071051)

摘要: 电力系统的“遥视”功能可以监视变电站的设备运行情况,并将采集到的图像传输到终端。在对设备图像进行分析的过程中,正确提取出分析目标可以大大提高图像处理速度。分别提出了基于灰度特征和颜色特征对绝缘子图像进行目标提取的方法。前者步骤复杂,但受运行时间限制小;后者简单易行,但因涉及颜色特征,仅对运行时间短的绝缘子提取效果明显。

关键词: 遥视; 绝缘子图像; 灰度特征; 颜色特征

中图分类号: TM216

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2009)06-0056-05

Methods to Extract Target in Insulator-image

GE Yu-min¹, LI Bao-shu¹, Zhao Shu-tao¹, LIANG Shuang²

(1. School of Electrical Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China;

2. Baoding Power Supply Company, Baoding 071051, China)

Abstract: Equipments in substation can be monitored by remote video system, and the images are transferred to the terminal at the same time. Extract the correct analysis of target can greatly improve the image processing speed, during the process of image analysis equipment. In this paper, extract target in insulator-images methods are separately proposed based on gray-character and color-character. The former has complex step but the influence made by running time is little. The latter is feasible while it is only effective to the short-running time insulator because of the color character.

Key words: remote video; insulator-images; gray-character; color-character

0 引言

图像监控一直是人们关注的应用技术热点之一,它以直观、方便、信息内容丰富而得到广泛应用。许多重要变电站和无人值守变电站为了加强在安全生产、防盗保安、火警监控等方面的综合管理水平,已经建设了集中式远程图像监控系统,对各变电站的现场进行实时视频监控^[1-4]。由于简单地采集和传输无人值守变电站的图像信号已不能满足现代电网的发展需要,文[5]提出首先对变电站实时采集的图像进行分类,经识别和分析后决定是否传输。

在对图像进行自动识别分析过程中,提取识别目标是正确识别的关键步骤。目标提取是指单幅图像或序列图像中将感兴趣的目标与背景分割开来,从图像中识别和解译有意义的物体实体而提取不同的图像特征的操作。将电力设备如绝缘子从所拍图像中提取出来,对分析绝缘子的表面状态有很大

意义。

1 基于灰度特征的目标提取

1.1 图像增强

图像增强是数字图像处理最基本的方法之一,具有重要的实用价值^[6]。图像增强不以图像保真度为原则,而是通过处理有选择的突出感兴趣的信息,抑制无用信息,提高图像的利用价值,便于人或机器分析。

灰度变换中的非线性变换是一种简单而实用的图像增强方法。常用的函数模型有两种:

(1)对数变换,当希望对图像的低亮度区有较大的扩展而对高亮度区压缩时,可采用此变换,函数见式(1)

$$g(x,y)=a+\frac{\ln[f(x,y)+1]}{b\ln c} \quad (1)$$

式(1)中, a 、 b 、 c 是给定的常数,用来调整曲线的形状。

收稿日期:2009-06-08; 修回日期:2009-08-20

基金项目:华北电力大学博士学位教师科研基金(200612011)。

作者简介:葛玉敏(1978),女,硕士,讲师,研究方向为现代电磁测量技术和计算机视觉。

(2)指数变换,此种变换可以对图像的亮度区给予较大的扩展。

在拍摄绝缘子时,由于光照的原因导致绝缘子照片有些部分亮度较低,为使目标部分亮度相近,利于以后进行图像分割,选择对数变换对低亮度区进行扩展。变换曲线见图1,图像增强过程见图2。

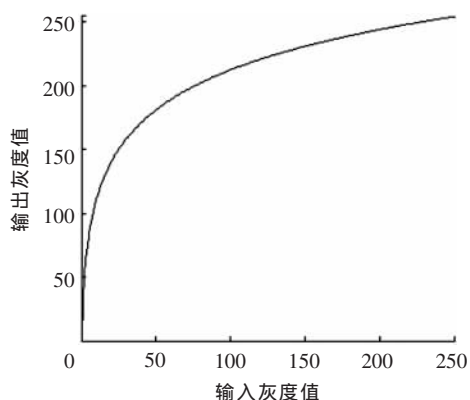
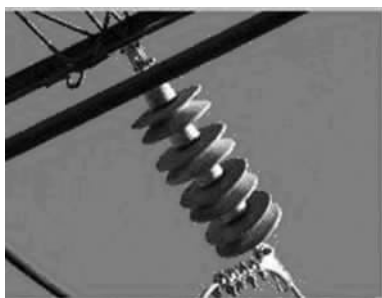


图1 变换曲线



(a)原图像



(b)灰度图像



(c)增强后图像

图2 图像增强过程

1.2 图像分割

图像分割是把图像分成若干个特定的、具有独

特性质的区域并提取出感兴趣目标的过程,是由图像处理转到图像分析的关键过程。

阈值化分割算法是图像分割中应用数量最多的一类。如果一幅图像处于目标和背景内部相邻像素间的灰度值是高度相关的,但是处于目标和背景交界处两侧的像素在灰度值上有很大的差别,则可对此图像应用阈值分割算法。对灰度图像的阈值分割就是先确定一个处于图像灰度取值范围内的灰度阈值,然后将图像中各个像素的灰度值与这个阈值相比较,并根据比较的结果将对应的像素分割为两类:像素灰度值大于阈值的一类,像素灰度值小于阈值的另一类,灰度值等于阈值的像素可以归入这两类之一。分割后的两类像素一般分属图像的两个不同区域,因此达到了区域分割的目的^[7]。对图像进行增强后,可使得目标与背景的灰度值相差较大,亦可基本消除光照条件不同的影响,阈值较好选取。

图3为图2(c)的灰度直方图,从图3中可明显看出,图像增强使得目标与背景之间灰度值差异明显,对图2(c)的分割见图4。

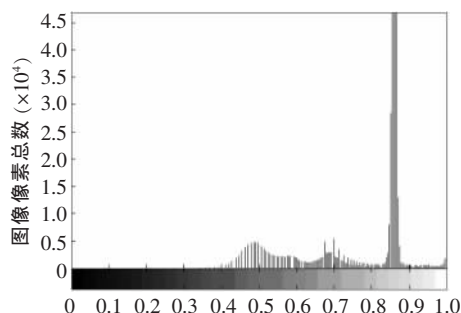


图3 图2(c)的灰度直方图



图4 图2(c)分割后图像

1.3 图像去噪

由图4可知,由于图像增强和图像分割产生了噪声,同时横杆等设备的边缘也和目标绝缘子处于同一分割区域(像素值均为1),需对图像进行去噪处理。对于线性噪声,一般采用低通滤波器清除;对于非线性噪声,Tukey在20世纪70年代初期提出的中值滤波是一种常用的方法^[8]。数学形态学^[9](Mathematical Morphology)是20世纪60年代中期

由法国数学家 G.Matheron 和 J.Serra 创立的,是一种非线性图像(信号)处理和工具,通过设计一整套的运算和算法来描述图像(信号)的基本特征或基本结构^[10],近年来在图像处理中发挥了越来越大的作用,已经成为计算机数字图像处理领域的一个主要研究领域。

膨胀和腐蚀是形态学运算的两种基础操作。膨胀的算符为 \oplus ,A 被 B 膨胀写作 $A \oplus B$,其定义为

$$A \oplus B = \{x | \hat{B}_x \cap A \neq \phi\} \quad (2)$$

式(2)中,B 通常叫做膨胀的结构元素。

腐蚀的算符为 \ominus ,A 被 B 腐蚀写作 $A \ominus B$,其定义为

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \quad (3)$$

将膨胀和腐蚀级联起来操作,可以得到形态学中另外两种重要运算:开启和闭合。

开启的算符为 \circ ,A 用 B 来开启写作 $A \circ B$,其定义为

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (4)$$

即先对图像进行腐蚀,然后膨胀其结果。开启可使图像的轮廓变得光滑,断开狭窄的间断和消除细的突出物。

闭合的算符为 \cdot ,A 用 B 来闭合写作 $A \cdot B$,其定义为

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (5)$$

即先对图像进行膨胀,然后腐蚀其结果。闭合同样可使图像的轮廓变得光滑,但和开启相反,闭合操作能消除狭窄的间断和长细的鸿沟,消除小的孔洞,并填补轮廓线中的断裂。

由于图 4 中的横杆为非目标,应作为噪声消除。因此选择对图 4 进行开启操作。去噪后图像见图 5。



图 5 去噪后图像

对于变电站内的绝缘子照片来说,背景比较单一,主要的噪声为输电线和起支撑固定作用的支架等,如本例中的横杆。此类噪声经形态学去噪后一般可得到较理想效果。

1.4 目标提取

在 MATLAB 中,图像以矩阵的形式存储。二值

图像具有 0 和 1 特性,0 在图像中显示为黑色,1 在图像中显示为白色(即亮点)。对图 5 的行和列中含有 1 的点进行统计,结果见图 6。

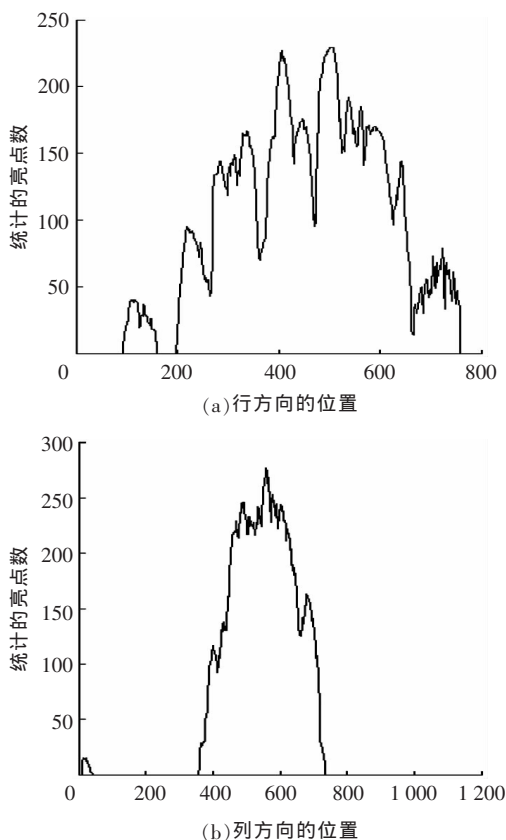


图 6 图 5 中行和列分布特性

根据统计的结果,把每一行含有亮点的总数分别与选定阈值进行比较。经过上述图像预处理之后,目标所在区域的亮点数要远远大于其余部分,因此行方向和列方向均可取平均值作为阈值。若某一行的总数值大于阈值,则定义为行的边界,类似的对列进行同样的比较,求出列的边界。根据确定的边界恢复到原图像中,即可提取出目标。提取出的目标图像见图 7。

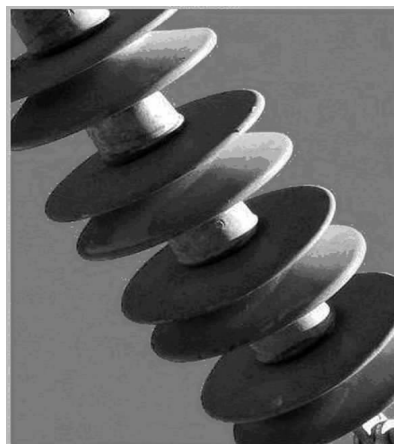


图 7 提取出的目标图像

图8给出了另一例基于灰度特征的目标提取实例,其中增强函数、阈值等参数均与前例相同,可知对此类变电站内绝缘子照片进行目标提取时,参数



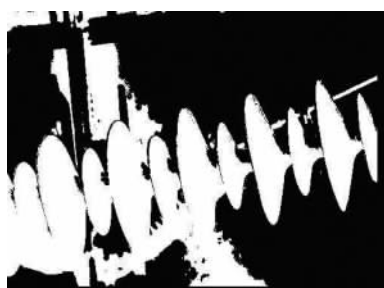
(a)原图像



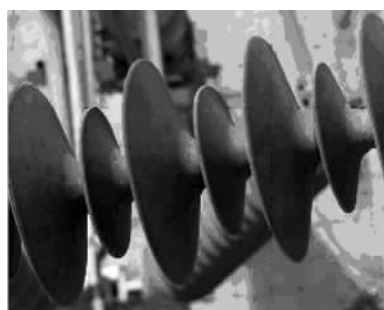
(b)灰度图像



(c)增强后图像



(d)去噪后图像



(e)目标图像

图8 另一例目标提取实例

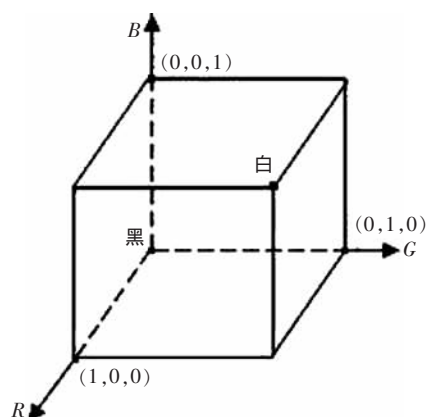
条件并不苛刻,可选范围较大。

2 基于颜色特征的目标提取

对于颜色特征突出的目标设备,如红色的复合绝缘子,可以利用其颜色特征进行提取。

2.1 空间转换

表达颜色的彩色空间有许多种,最常用的是红绿蓝(*RGB*)空间,其模型基于笛卡尔坐标系,见图9。核心部分是个正方体,原点对应黑色,离原点最远的顶点对应白色。立方体内各点对应不同的颜色,可用该点到原点的矢量表示。为方便,将立方体归一化为单位立方体,这样所有的*R*、*G*、*B*值都在区间[0,1]中。

图9 *RGB* 模型

彩色图像常用*R*、*G*、*B* 3个分量的值来表示,但这3个分量之间常有密切的相关性,直接利用这些分量进行分割常常不能得到所需的效果。为了降低彩色空间中各个特征分量之间的相关性,以及为了使所选的特征空间更方便于彩色图像分割方法的具体应用,实际中常需要将*RGB*图像变换到其他彩色特征空间中去,如*HSI*空间(色度 Hue、饱和度 Saturation 和亮度 Intensity, *HSI*)。*HSI*空间比较直观并且符合人的视觉特性,这些特点使得*HSI*模型非常适合于人的视觉系统对彩色感知特性的图像处理。从*RGB*到*HSI*的转换关系为

$$I = \frac{R+G+B}{3} \quad (6)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)] \quad (7)$$

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right] \quad (8)$$

式(8)中, $R \neq B$ 或 $G \neq B$ 。图10为*RGB*空间图像(即一般的彩色图像),图11为其在*HSI*空间的图像。

2.2 图像分割

由于目标图像红色饱和度远远高于背景图像,因此阈值很好选择。在阈值范围内的像素点值设



图 10 RGB 空间图像



图 11 HSI 空间图像

为 1,而阈值范围之外的像素值设为 0,得到分割之后的二值图像,见图 12。

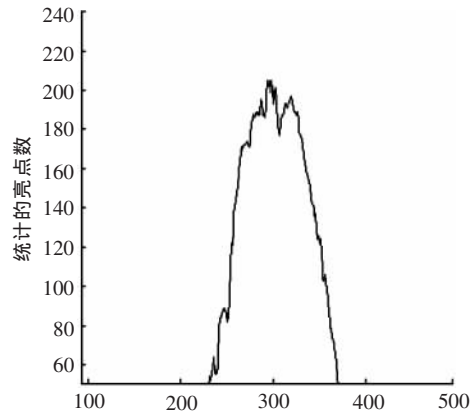


图 12 分割后的二值图像

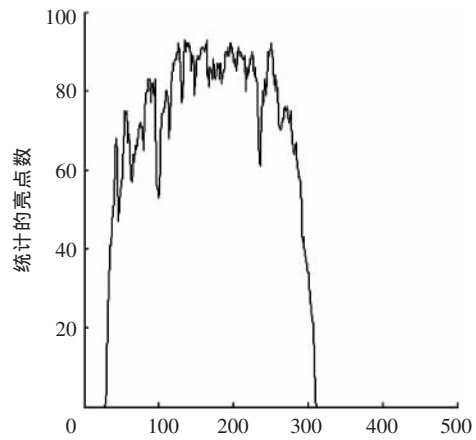
2.3 目标提取

同样,对图 12 的行和列中含有 1 的点进行统计,结果见图 13。

根据统计的结果,把每一行和列含有亮点的总数分别与选定阈值进行比较,得到行和列的边界,



(a) 行方向的位置



(b) 列方向的位置

图 13 图 12 中行和列分布特性

根据确定的边界恢复到原图像中,提取出目标。结果见图 14。

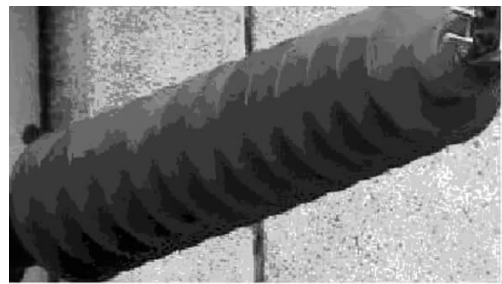


图 14 提取出的目标图像

3 结语

提出了两种分割方法提取电力设备图像的特征目标。在两种分割法中,灰度图像分割法有较复杂的步骤:灰度变换、灰度增强、形态学去噪等,而彩色图像分割只需要进行从 RGB 空间到 HSI 空间的转换后选择合理的阈值就可以了。但是,彩色图像分割法只适用于目标和背景的颜色有较明显不同的情况。实际上,绝缘子经过一段时间运行后会褪色,此时

(下转第 68 页)

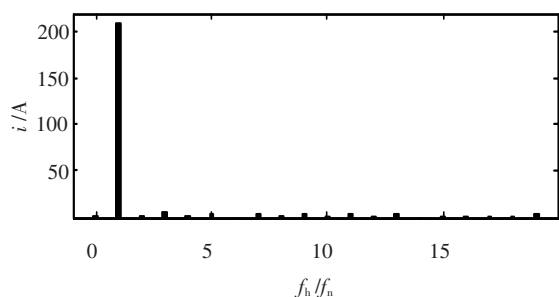


图 8 加入平衡措施后逆变器并网电流频谱

5 结论

从实验结果可将该控制方法做如下几点总结:

(1) 这种基于矢量切换方式的中性点电位平衡控制策略对三电平逆变器具有通用性;

(2) 通过这种控制方法可实现两直流电容电压偏差在允许范围内稳定工作;

(3) 由逆变电流的波形可知, 这种控制策略可有效地避免因中性点电压不平衡造成的逆变失败现象, 提高系统工作的可靠性。

(上接第 60 页)

再利用彩色图像分割法进行目标提取, 阈值选择会比较困难, 提取效果相应变差。而灰度图像分割法不受颜色限制, 因此受设备运行时间影响很小, 具有一般性。

参考文献:

- [1] 程明. 无人值守变电站监控技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.
- [2] 唐慧明, 张健. 变电站远程图像监控系统设计[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(7): 56-58.
- [3] 岳嵩, 戴礼荣, 宋彦. 基于单片 DSP 的嵌入式视频监控终端及系统的实现[J]. 计算机辅助工程, 2005, 13(3): 47-51.
- [4] 王继业. 推动电力信息化应重视的几个问题[J]. 中国电力, 2002, 35

(上接第 64 页)

- [3] GAO Y G, ZHANG S H. Electromagnetic Radiation Biology Effect[J]. Safety & EMC, 2002(6): 49-52.
- [4] U.S. Department of Energy. National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS) and National Institutes of Health [R]. Assessment of Health Effects from Exposure to Power-line Frequency Electric and Magnetic Fields, EMF Working Group (EMF RAPID Program) Report, 1999.
- [5] 林鹤云. 三维涡流场的一种迭代解法[J]. 中国电机工程学报, 1999, 19(11): 72-75.
- [6] 刘国强, 赵凌志. Ansoft 工程电磁场有限元分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [7] RUAN J J, CHEN X Z, ZHOU K D. 3D Transient Eddy Current Calculation by the Hybrid FE-BE Method Using

参考文献:

- [1] CELANOVIC N, BOROYEVICH D. A Comprehensive Study of Neutral-point Voltage Balancing Problem in Three-level neutral-point-clamped Voltage Source PWM Inverters[J]. IEEE Transactions on Power Electron, 2000(15): 242-249.
- [2] NABAE A, TAKAHASHI I, AKAGI H. A New Neutral Point Clamped PWM Inverter[J]. IEEE Trans on IA, 1981, 17(5): 518-523.
- [3] 宋文祥, 陈国呈, 丁肖宇, 等. 基于两类脉宽调制方式本质联系的三电平逆变器中点电压平衡控制的研究[J]. 电工技术学报, 2006, 21(9): 76-80.
- [4] YO-HAN LEE, BUM-SEOK SUH, CHANG-HO CHOI, et al. A New Neutral Point Current Control for a 3-level Converter/inverter Pair System[J]. IEEE Ind. Electron, 1999(3): 1528-1534.
- [5] 林磊, 邹云屏, 钟和清, 等. 二极管箝位型三电平逆变器控制系统研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(15): 33-39.
- [6] WANG F. Coordinated Control of Regenerative Three-level Neutral Point Clamped PWM Voltage Source Inverter [J]. Industry Applications Conference, 2002. 37th IAS Annual Meeting, 2002(1): 537-543.
- [7] 姚文熙, 吕征宇, 费万民, 等. 一种新的三电平中点电位滞环控制法[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(7): 92-96.

(1): 64-67.

- [5] 赵书涛, 李宝树, 崔桂彦, 等. 基于计算机视觉的远程变电站状态监测与诊断新策略[J]. 电网技术, 2005, 29(6): 63.
 - [6] 吕文阁, 刘建群, 陈泽宇. 应用数字图像处理技术的物位测控系统的研究[J]. 机床与液压, 2005(11): 106-107.
 - [7] 四维科技, 胡小锋, 赵辉. 图像处理与识别实用案例精选[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
 - [8] 张健, 唐慧明. 变电站远程图像监控系统[J]. 数字化技术, 2001(1): 18.
 - [9] 崔屹. 图像处理与分析—数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
 - [10] SERRA J. Image Analysis and Mathematical Morphology [M]. London: Academic Press, 1982.
- Magnetic Field Intensity H[J]. IEEE Trans. on Mag., 1995, 31(3): 1408-1411.
- [8] 张秀敏, 苑津莎, 程志光, 等. 电磁场数值分析中棱单元矢量插值函数的研究[J]. 电工技术学报, 2003, 18(2): 62-67.
 - [9] 张秀敏, 苑津莎, 崔翔, 等. 用棱边与节点有限元耦合的 $E-E-\psi$ 法计算涡流场[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(5): 70-74.
 - [10] 冯利君. 电抗器工频干扰磁场屏蔽研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2007.
 - [11] 张波, 崔翔. 计及导体互感的复杂接地网的频域分析方法[J]. 中国电机工程学报, 2003, 4(23): 77-80.
 - [12] 国际非离子辐射防护委员会. 限制时变电场、磁场和电磁场 (300 GHz 以下) 暴露的导则[S]. 1998.