

图像识别技术在电力设备监测中的应用

张浩¹, 王玮¹, 徐丽杰¹, 秦欢², 刘明³

(1. 北京交通大学电气工程学院, 北京 100044; 2. 华北电力大学电气与电子工程学院, 北京 102206;
3. 白山供电公司, 吉林 白山 134300)

摘要: 为减少传统基于灰度的匹配算法的计算量, 采用图像形状特征分析技术, 提出了新的模板匹配算法。该算法取隔行隔列的数据进行粗略匹配, 在此基础上进行精确匹配, 大大减少了计算的数据量。将该算法应用于电力变压器的图像识别中, 实验结果表明该匹配算法在速度上具有较大的优势, 能更快地对电力变压器进行定位识别。论述了远程数字视频监控与图像识别技术在电力系统中的应用前景。

关键词: 电力设备; 模板匹配; 视频监控; 图像识别

Application of image recognition technology in electrical equipment on-line monitoring

ZHANG Hao¹, WANG Wei¹, XU Li-jie¹, QIN Huan², LIU Ming³

(1. School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;
2. School of Electrical and Electronic Engineering, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;
3. Baishan Power Supply Corporation, Baishan 134300, China)

Abstract: In order to reduce the amount of calculation of the traditional matching algorithm which is based on grayscale, the shape characteristics of image analysis technology is used and a new template matching algorithm is proposed. The algorithm first checks out the following interlacing data and roughly matches them, and then does precise matching. Therefore, it can greatly reduce the amount of data calculation. The algorithm which is applied in the image recognition of power transformer has an advantage of speed of calculation, and it can more quickly confirm the position of the power transformer. This paper also points out the prospect of applying remote digital video monitoring and image recognition technology in power systems.

Key words: electrical equipments; template matching; video monitoring; image recognition

中图分类号: TM71 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)06-0088-04

0 引言

远程数字视频监控与图像识别系统是指能接收在远程现场采集到的数字视频信号, 并实时传送到监控中心, 在监控中心对现场进行远程监视, 控制远程摄像机动作, 并能根据需要对采集到的数字视频图像进行分析、处理和识别的系统。它主要由远程数字视频监控和数字图像识别两部分组成。这两部分以前属于两个独立的研究领域, 但数字化技术、计算机和通信技术的快速发展使这两部分功能的结合成为可能。

视频采集时采用标准的数字视频压缩格式, 如 MPEG-2、MPEG-4、H.261、H.263、MJPEG等, 视频传输时广泛采用Web技术体系, 支持Internet技术标准, 包括支持TCP/IP、HTTP、FTP、SMTP等协

议, 客户可用浏览器进行访问。整个监控网络能直接与计算机局域网、企业内部Intranet或Internet相联, 可直接采用数字图像识别技术对采集到的视频图像进行处理。因此, 将数字视频监控与数字图像识别技术相结合成为数字图像处理研究的热点^[1-2]。视频监控系统在电力、通信、交通等领域及银行、工厂、博物馆、宾馆中得到了广泛应用, 以实现生产过程监控、调度、防盗、防火等功能, 在监控过程中可利用声、光、电进行综合报警; 图像识别技术在文字识别、指纹识别、人脸识别、产品检测、军事侦察、气象分析、病理分析、自然灾害预测等方面也得到了应用^[3-4]。

目前有些电力公司在电厂、变电站安装了视频监控, 可实现监视现场设备、控制远程摄像机动作等功能^[5]。但这些视频监控系统只有视频监视

功能, 没有视频图像识别功能。为充分发挥视频监控系统的功能, 更准确地判断现场发生事故告警的原因, 应采用远程数字视频监控与数字图像识别系统, 以实现设备告警的图像识别, 为事故检测提供新的手段, 为事故分析提供可靠的依据。

1 数字图像识别技术

在数字视频监控与图像识别系统中, 首先要对视频流进行实时图像截取并保存, 然后进行图像预处理、图像特征提取和事件判决等图像识别工作, 如图1所示。



图1 图像识别的处理过程

Fig.1 Processing course of image recognition

图像信息的获取是指从接收的视频流中截取视频图像信息, 截取的彩色图像一般用红、绿、蓝3基色的8位亮度值(0~255)表示, 称为R、G、B值。图像预处理的目的是去除干扰、噪声及差异, 将原始图像变成适于计算机进行特征提取的形式, 它包括图像的变换、增强和滤波等。图像变换通常是利用傅立叶变换、余弦/正弦变换、沃尔什变换、哈达码变换、小波变换等的性质和特点, 将图像转换到频域或空间域中进行处理, 以改善图像质量, 同时还能提高运算处理速度; 图像的增强主要是指利用各种数学方法和变换手段提高图像中人们感兴趣部分的清晰度, 突出一幅图像中的某些信息, 同时削弱另一些无用信息, 包括图像灰度修正、噪声去除、图像平滑、腐蚀、锐化、图像边缘增强等。图像特征提取的作用是对视频图像信息进行整理、分析、归纳, 抽取能反映图像本质的特征, 得到可用于判决的参量。判决或分类是指通过对特征量/参量与阈值进行计算、比较和分析, 判断出图像的状态或本质, 得到最终的输出结果。

2 电力设备的识别方法

电力设备的识别分为两个步骤: 先进行图像特征分析, 然后进行图像识别。

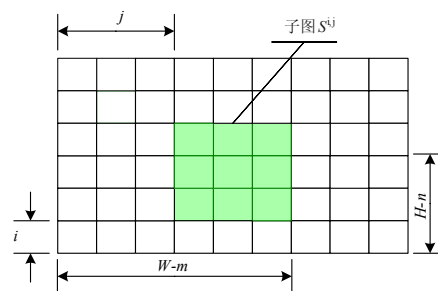
图像特征分析是图像识别的基础, 其中最主要的图像特征包括颜色、纹理和形状(轮廓)等。对变电站中各种电力设备进行识别和分析, 首先要对电力设备的特征进行提取, 作为识别和分析电力设备的依据。常见的图像特征分析方法有: 颜色特征分析、纹理特征分析、形状特征分析等等。在图像识别的发展过程中, 逐渐出现了四类有代表性的理论和方法: 统计图像识别方法、结构图像识别方法、

模糊图像识别方法和基于人工智能的识别方法。

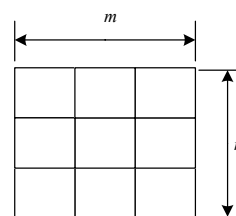
在电力设备的识别方法中, 模板匹配是最常用的方法, 在长期的应用中取得了多方面的成功。何谓模板匹配呢? 模板就是一幅已知的小图像。模板匹配就是在幅大图像中搜寻目标, 已知该图中有要找的目标, 且该目标同模板有相同的尺寸、方向和图像, 通过一定的算法可以在图中找到目标, 确定其坐标位置。

以8位图像(其1个像素由1个字节描述)为例, 如图2。模板 $T(m \times n$ 个像素)叠放在被搜索图 $S(W \times H$ 个像素)上平移, 模板覆盖被搜索图的那块区域叫子图 $S^{i,j}$ 。 i, j 为子图左上角在被搜索图 S 上的坐标。搜索范围是:

$$\begin{cases} 1 \leq i \leq W - m \\ 1 \leq j \leq H - n \end{cases} \quad (1)$$



(a) 被搜索图像S



(b) 模板T

图2 模板匹配示意图

Fig.2 Schematic diagram of template matching

通过比较 T 和 $S^{i,j}$ 的相似性, 完成模板匹配过程。可以用下式衡量 T 和 $S^{i,j}$ 的相似性:

$$\begin{aligned} D(i, j) = & \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [S^{i,j}(x, y) - T(x, y)]^2 = \\ & \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [S^{i,j}(x, y)]^2 - \\ & 2 \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n S^{i,j}(x, y) \times T(x, y) + \\ & \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n T(x, y)^2 \end{aligned} \quad (2)$$

式(2)的第一项为子图的能量, 第三项为模板的能量, 都与模板匹配无关。第二项是模板和子图

的互相关, 随 (i, j) 而改变。当模板和子图匹配时, 该项有极大值。将其归一化, 得模板匹配的相关系数:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [S^{i,j}(x, y) \times T(x, y)]}{\sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [S^{i,j}(x, y)]^2} \sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n [T(x, y)]^2}} \quad (3)$$

当模板和子图完全一样时, 相关系数 $R(i, j) = 1$ 。在被搜索图 S 中完成全部搜索后, 找出 R 的最大值 $R_{\max}(i_m, j_m)$, 其对应的子图 S^{i_m, j_m} 即为匹配目标, 该算法称为 R 算法。对相关系数的计算很好的消除了光照变化对模板识别结果的影响。但是显然, 用这种公式做图像匹配计算量大、速度较慢。

还有一种算法是衡量 $S^{i,j}(x, y)$ 和 $T(x, y)$ 之间的误差, 其公式为:

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^M |S^{i,j}(m, n) - T(m, n)| \quad (4)$$

$D(i, j)$ 最小值处即为匹配目标, 此算法称为绝对误差法。为了提高计算速度, 取一个阈值 D_0 , 当 $D(i, j) > D_0$ 时就停止该点的计算, 继续下一点的计算。实验结果表明: 被搜索图越大, 匹配速度越慢; 模板越小, 匹配速度越快。误差法速度较相关系数计算法要快, 但阈值的大小对匹配速度影响很大, 并且和模板的尺寸有关。

为了进一步提高匹配的速度和精度, 提出了改进模板匹配算法, 也就是在误差算法的基础上实现两次匹配。第一次匹配是粗略匹配。取模板的隔行隔列数据, 即四分之一的模板数据, 在被搜索图上进行隔行隔列扫描匹配, 即在原图的四分之一范围内匹配。由于数据大幅度减少, 匹配速度显著提高。为了合理的给出一个误差阈值 D_0 , 设计了一个确定误差阈值 D_0 的准则:

$$D_0 = d_0 \times \frac{m+1}{2} \times \frac{n+1}{2} \quad (5)$$

式 (5) 中 d_0 为各点平均的最大误差, 一般取 40~50 即可, m 和 n 分别为模板的长和宽。第二次匹配是精确匹配。在第一次误差最小点 (i_{\min}, j_{\min}) 的邻域内, 即在对角点为 $(i_{\min}-1, j_{\min}-1)$, $(i_{\min}+1, j_{\min}+1)$ 的矩形内, 进行搜索匹配, 得到最后结果。二次匹配误差法的部分代码如图 3 所示。

```

const int AveError = 40; //各点平均误差
int ErrorThreshold; //误差阈值
//计算误差阈值
ErrorThreshold=AveError*((lTemplateHeight+1)/2)*
                ((lTemplateWidth+1)/2);
//第一次粗略匹配,找出误差最小位置(nMinHeight, nMinWidth)
//仅使用模板中隔行隔列的数据,在被搜索图中隔行隔列匹配
nMinError = 99999999;
for (i = 0; i < lHeight - lTemplateHeight + 1; i=i+2)
{
    for(j = 0; j < lWidth - lTemplateWidth + 1; j=j+2)
    {
        nError = 0;
        for (m = 0; m < lTemplateHeight; m=m+2)
        {
            for(n = 0; n < lTemplateWidth; n=n+2)
            {
                //指向被搜索图像倒数第i+m行,第j+n个像素的指针
                lpSrc = (char *)lpDIIBits +
                        lLineBytes * (i+m) + (j+n);
                //指向模板图像倒数第m行,第n个像素的指针
                lpTemplateSrc = (char *)lpTemplateDIIBits +
                                lTemplateLineBytes * m + n;
                pixel = (unsigned char)*lpSrc;
                templatepixel = (unsigned char)*lpTemplateSrc;
                nDelta=(int)pixel-templatepixel;
                if (nDelta<0) //做绝对值运算
                    nError = nError-nDelta;
                else
                    nError = nError+nDelta;
            }
            //误差大于阈值,进入下一点计算
            if (nError>(ErrorThreshold)) break;
        }
        if (nError < nMinError) //与最小误差比较
        {
            nMinError = nError; //记录最小误差及其坐标
            nMinWidth = j;
            nMinHeight = i;
        }
    }
}
    
```

图3 二次匹配误差法部分代码

Fig.3 Part of code of secondary matching error method

3 实例分析

对变电站电力设备的识别中, 针对变电站电力设备图像的背景复杂, 且光照又常发生变化, 尤其是对某个大型的电力设备进行识别时, 如电力变压器, 我们完全可以找出电力设备上具有某种特殊特征的某一部分作为模板特征, 作为模板或者说是模式, 然后到待识别的图像中去找其存在的位置。

由于我们在变电站现场安装的工业摄像头位置是固定的, 也就是我们采集的图像由已知形状和大小的设备物体组成, 因而, 我们可以在图像中寻找电力设备, 用模板匹配的方法识别电力设备。下面是用模板匹配的方法识别电力变压器的例子, 如图 4 所示。

在图 4 中, 当识别开始时, (b) 中的模板按从左到右, 从上到下的顺序依次从图像 (a) 中移动, 依次通过相关系数法、误差法和改进误差法来判断图像中是否存在正在寻找的识别目标物体, 表 1 为匹配实验结果。



图4 电力变压器识别

Fig.4 Recognition of power transformers

表 1 三种模板匹配算法速度比较

Tab.1 Speed comparison of three template matching algorithms

被搜索图 尺寸	模板 大小	R 算法时间 /s	绝对误 差法 时间/s	二次模板匹配 法时间/s
205*138	15*35	2.547	0.718	0.375

实验结果表明在准确找到待识别模板的前提下,改进误差法的速度比R算法快了七倍左右,比绝对误差法快了2倍左右。图4(c)中通过模板匹配的方法找到了图像中与所选择模板匹配的目标图像,并进行了标记。

4 结论

本文提出了一种快速识别目标图像的二次模板匹配算法,通过实验对比得出其不仅能准确识别目标位置,并且在速度上也有不小的提高。对变压器位置的识别,不仅可以做到对电力变压器运行状态的实时监测与故障报警,同时还能对电力变压器起到防盗预警作用,从而保证变压器安全稳定运行。电力设备的远程数字视频监控与图像识别技术的研究刚刚起步,具有广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 孙凤杰, 崔维新, 张晋保, 等. 远程数字视频监控与图像识别技术在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 2005, 29(5): 84-87.
SUN Feng-jie, CUI Wei-xin, ZHANG Jin-bao, et al. Application of Remote Digital Video Monitoring and

Image Recognition Technology in Power System[J]. Power System Technology, 2005, 29(5): 84-87.

- [2] 朱秀昌. 数字图像处理与图像通信[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2002.
ZHU Xiu-chang. Digital Image Processing and Image Communication[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2002.
- [3] 李士林, 尹成群, 尚秋峰, 等. 基于图像识别理论的混沌特性判别方法[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(10): 47-50.
LI Shi-lin, YIN Cheng-qun, SHANG Qiu-feng, et al. A Method of Identifying Chaotic Nature Based on Image Recognition[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(10): 47-50.
- [4] 李汉舟, 潘泉, 张洪才, 等. 基于数字图像处理的温度检测算法研究[J]. 中国电机工程学报, 2003, 23(6): 195-199.
LI Han-zhou, PAN Quan, ZHANG Hong-cai, et al. A Study of Algorithms of Temperature Measurement Based on Digital Image Processing[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(6): 195-199.
- [5] 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.
TANG Hui-ming, ZHANG Jian. Design of Video Surveillance System for Substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(7): 56-58.
- [6] 王耀南, 李树涛, 毛建旭. 计算机图像处理与识别技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
WANG Yao-nan, LI Shu-tao, MAO Jian-xu. Computer Image Processing and Recognition Technology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2001.
- [7] 郝晓弘, 苏渊. 基于Web的变电站远程监控系统[J]. 电网技术, 2003, 27(7): 32-35.
HAO Xiao-hong, SU Yuan. A Web Based Substation Remote Supervisory Control System[J]. Power System Technology, 2003, 27(7): 32-35.

收稿日期: 2009-04-18; 修回日期: 2009-05-29

作者简介:

张浩(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力设备状态监测与故障诊断; E-mail: 07121981@bjtu.edu.cn

王玮(1959-), 男, 博士生导师, 研究方向为电气设备在线监测技术, 电力系统输配电技术。