

模板匹配算法在动车零部件故障检测系统中的应用^①

张瑞娟^{1,2}, 蒲宝明¹, 潘世铭^{1,2}

¹(中科院研究生院 计算与通信学院, 北京 10049)

²(中国科学院沈阳计算技术研究所 计算机应用部, 沈阳 110168)

摘要: 针对动车零部件丢失、松动的故障, 设计了一套采用自动视频图像识别技术进行故障自动检测的系统; 在图像处理这一重要环节中, 采用了基于轮廓的模板匹配算法对动车零部件是否松动、是否丢失的故障进行检测。阐述了动车零部件故障检测系统架构、各部分的实现并提出了基于轮廓的模板匹配零部件检测方法, 并从对图像进行预处理、确定零部件的特征区域到设置最小分值过程进行了详细阐述。应用过程表明, 应用模板匹配算法对动车零部件故障检测能够达到预期的效果。

关键词: 模板匹配; 动车零部件; 图像识别; 故障检测

Template Matching Algorithm in the Study of CRH Train Parts Fault Detection System

ZHANG Rui-Juan^{1,2}, PU Bao-Ming¹, PAN Shi-ming^{1,2}

¹(Computing and Communications Institute, Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

²(Shenyang Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110168, China)

Abstract: For the loss and loose of CRH train parts, this paper design a set of automatic video image recognition technology for fault detection system. In this important part of image processing, using a template matching algorithm based on contour to detect whether the CRH train parts is lost or loose. This paper elaborates the architecture, implementation of each part of the CRH train fault detection system and puts forward the template matching method based on contour, and gives a detail from the image pre-preprocessing, feature regions to determine the components to the process of setting the minimum score. Application process showed that the application of template matching algorithm to fault detection CRH train parts could achieve the desired results.

Key words: template matching; CRH train parts; image Recognition; fault detection

随着动车技术的发展, 将动车故障检测系统应用到所在车站动车日常的零部件丢失、松动检测和维修中就日渐重要。目前动车检修由于普遍采用的是人工巡查检修的方式, 导致检修效率低下, 检修时间较长, 并且漏检率较大。而国内外现有的视频监控系统存在耗费人力、物力和财力大, 可靠性差, 报警监视精度低等缺点。动车视频监控与故障检测系统正是采用计算机视觉、网络多媒体、数据库技术构建的一套动车检修系统来代替人工检修方式以提高检修的效率、可靠性及精度提出的。

图像的模板匹配就是事先给定一副图像, 然后到

另一幅图像中寻找待匹配的图像, 如果找到了, 就是匹配成功^[1]。最近几年, 人们对于图像匹配的研究大多是基于灰度图像素相关性匹配的方法。鲁棒性较差, 不能有效的解决灰度失真及目标变形等问题, 因此本论文采用基于轮廓的图像匹配方法, 可以克服基于灰度图像匹配的缺点^[1]。本文基于轮廓的模板匹配算法对动车零部件提取, 以检测零部件是否丢失、松动便是一个对该算法应用成功的一例子。应用过程表明, 应用基于轮廓的模板匹配算法对动车零部件故障检测能够达到预期的效果, 检修正正确率达到 90%。

① 基金项目:安徽省教育厅自然科学基金(2005KJ004ZD)

收稿时间:2010-11-29;收到修改稿时间:2011-01-14

1 动车零部件故障检测系统架构

动车零部件故障检测系统主要包括服务端与客户端的实现相关机制,并描述了一个基于 RTSP 流媒体服务器与客户端的系统结构和实现技术。系统工作流程图如图 1 所示:

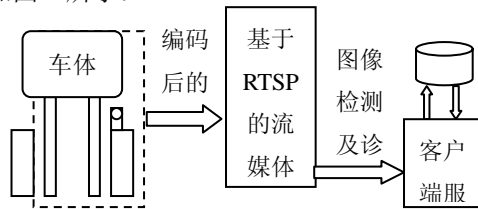


图 1 系统工作流程图

1.1 动车零部件故障检测系统简单概述

本系统主要是通过对动车组监控,进行视频采集,将采集到的视频流编码成 H.264 文件,以文件的形式上传到流媒体服务器中,在流媒体服务器中进行视频诊断,首先进行视频解码,然后采用图像处理技术完成动车底部各零部件的故障检测(螺丝松动、丢失等),之后将诊断结果上传到客户端服务器中,由后台管理系统保存至数据库服务器中;客户端与服务器建立连接,向服务器发出请求,并保证监控终端人员能够在某段时间之内点播先录下的动车底部视频,同时维修人员可以从数据库服务器中查看故障检测结果。

2 模板匹配算法基本原理与应用

计算机模式识别所要解决的问题,就是用计算机代替人去识别图像和找出一副图像中人们感兴趣的目標物。在机器识别物体的过程,常需把不同传感器或同一传感器在不同时间,不同成像条件下对同一景物获取的 2 副或多幅图像在空间上对准,或根据已知模式到另一幅图中寻找相应的模式,这就叫做匹配^[2,3]。模板匹配是一种最原始、最基本的模式识别方法。研究某一特定对象物位于图像的位置,进而识别对象,这就是匹配的问题。利用模板匹配可以在一幅图像中找到已知的物体。这里的模板指的是一幅待匹配的图像,相当于模式识别的模式。

2.1 模板匹配算法基本原理

最近几年,人们对于图像匹配的研究大多基于灰度图像像素相关性匹配方法。灰度值作为图像最基本、最直观的特征,使得灰度图像匹配成为图像匹配的基本方法之一^[2]。但是基于灰度的图像匹配技术一般对

图像的灰度变化比较敏感,鲁棒性较差,不能有效的解决灰度失真及目标变形等问题,因此本论文采用基于轮廓的模板匹配算法对零部件故障进行检测。基本的匹配原理公式推到如下所示。



图 2 模板图

图 3 匹配图

在动车零部件故障检测中如上图所示,我们要搜索 2 在 3 中的位置,拿已知的模板 2 和图像 3 中同样大小的一块区域去比对。最开始时,模板的左向角和图像的左向角点是重合的,拿模板和原图像中同样大小的一块区域去比对,然后平移到下一个像素,仍然进行同样的操作,所有的位置都对完后,差别最小的那块就是我们要找的物体。

在进行模板匹配时,本论文采用的是相似度法,其在计算机中的操作就转化为对 2 和 3 的数学模型的操作。设模板 T 为 (w x h) 叠放在搜索图 (W x H) 上平移,被模板覆盖搜索图下的那个图像叫做子图 Si, j, i, j 为这块子图的左上角像素点在 S 图的坐标,称为参考点 (1 < i, j < N-M+1), 各图像数学模型表示如图 4、图 5 所示。现在可以比较 T 和 Si, j 的内容,若两者一致,则 T 和 S 之差 (D(i, j)) 为零,因此可用公式 1 来衡量 T 和 Si, j 的相似度。设模板与图像重叠的区域一点坐标为 (m, n)^[4,5]。

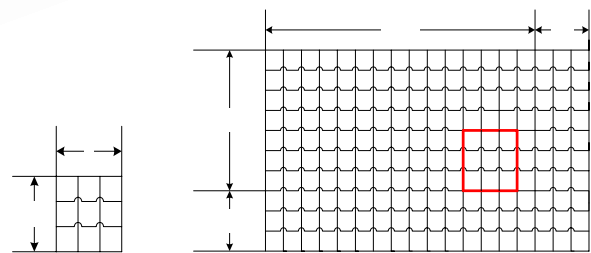


图 4 T(w x h)

图 5 b(W x H)

$$D(i, j) = \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h \left[s^{i, j}(m, n) - T(m, n) \right]^2 \quad (1)$$

公式(1)展开后得到公式(2)如下所示:

$$D(i,j) = \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h \left[S^{i,j}(m,n) \right]^2 - \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h S^{i,j}(m,n) * T(m,n) + \sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h [T(m,n)] \quad (2)$$

其中 $D(i, j)$ 表示 T 和 S 之差，公式 2 中第一项表示该项表示模板覆盖下的子图能量，随着 (i, j) 的位置缓慢的改变，第二项表示该项表示子图与模板的相互关系，随着 (i, j) 的改变而改变， T 和 $S_{i, j}$ 匹配时该项值最大。第三项表示该项表示模板总能量，是一个与 (i, i) 无关的常数。当 T 和 $S_{i, j}$ 匹配时 $D(i, j)$ 为 0，也可用以下公式 3 来进行相似性测度：

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h S^{i,j}(m,n) * T(m,n)}{\sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h \left[S^{i,j}(m,n) \right]^2} \quad (3)$$

其中 $R(i, j)$ 为模板图与原待搜索图之间的匹配程度。最终归一化为公式 4 来表示模板匹配的结果，显然当 $R(i, j)$ 为 1 时，二者完全重合，但是实际应用中，由于图像噪声等造成的误差使其值不可能为 1，因此在应用中选取最大值，便是匹配点。

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h S^{i,j}(mn) * T(mn)}{\left(\sqrt{\sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h \left[S^{i,j}(mn) \right]^2} \right) * \left(\sqrt{\sum_{m=1}^w \sum_{n=1}^h [T(mn)]^2} \right)} \quad (4)$$

2.2 模板匹配算法在应用中的前期工作

2.2.1 模板图像库与视频图像的获取

在运用模板匹配算法时需要人工建立一个零部件模板库同时也需要从摄像机获取待搜索零部件视频，通过获取视频帧来获得待搜索零部件图像。零部件模板库的获取是在动车零部件完好无损的情况下，人工进行所有零部件的图片采集，采集后选择较好的图像放入模板库中。摄像机获取待搜索零部件图像时将摄像机固定，选取与动车经过时刻其位置与摄像机垂直地方的动车视频图像作为实现系统时所用视频，并以开源项目 Live555 作为 RTSP 流媒体协议栈实现了一个基于 RTSP 的流媒体服务器，来存储采集到的视频。

2.2.2 图像预处理

图像采集时由于光照和电路等各种因素的影响零部件图像会产生非线性失真和噪声，因此对零部件故障检测时首先需要对零部件模板图像进行预处理，同时也是需要对视频图像进行相应的预处理，才能使二者很好的匹配及提高匹配的精度与速度^[6]。

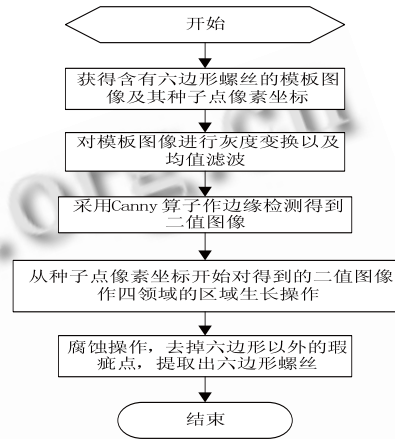


图 6 图像预处理流程图

图像预处理是对图像数据进行处理加工的过程，流程如上图图 6 所示。其基本步骤包括首先将模板图像载入，获得种子点像素坐标，将彩色图像转换为灰度图像并进行均值滤波；其次是对灰度图像进行边缘检测并进行二值化，然后对二值化图像进行轮廓提取，得到轮廓特征；轮廓的提取采用的方法是从种子点像素坐标开始对得到的二值图像作四邻域的区域生长操作，然后进行腐蚀操作，以去掉六边形以外的瑕疵点，以提取出动车零部件六边形轮廓。

在对图像进行边沿检测时供选择的算子有多种，本论文选择 Canny 算子，其是能找到一个最优边缘的检测算法，优点表现为能够尽可能多地标识出图像中的实际边缘、标示出的边缘与图像中的实际边缘尽可能接近、图像中的边缘只能标记一次并且可能存在的图像噪声不应标示为边缘。其处理步骤包括降噪、寻找图像中的亮度梯度，然后在图像中跟踪边缘以进行边缘检测^[7]。

2.2.3 模板匹配算法在零部件故障检测中的改进与应用

模板匹配算法是图像处理中的关键技术之一，在不同的应用领域中需要对匹配算法进行相应的改进。为了提高匹配的精度与速度，本论文在传统的基于灰度的模板匹配方法的基础上进行了改进，本文采用基

于轮廓特征的模板匹配方法。基于轮廓特征的模板匹配方法是对人工采集到的模板库图像进行预处理得到模板库中零部件图像的轮廓信息，对视频采集到的每帧图像也进行预处理以获得待搜索图像的轮廓信息。

对待搜索图像进行预处理时传统方法是将对处理前的模板图的左向角和图像的左向角点是重合的，拿模板和原图像中同样大小的一块区域去比对，然后平移到下一个像素，仍然进行同样的操作，……所有的位置都对完后，差别最小的那块就是我们要找的物体。我们对其改进为开始时模板的左向角和图像的左向角点是重合的，拿模板和原图像中同样大小的一块区域去比对，然后平移到下一个像素作为下一次比对开始点，仍然进行同样的操作，进行对比后我们粗略的找到匹配图像的区域，这样提高了匹配的速度^[2]。

找到模板图在待搜索区域图像的粗略地后，再对该粗略区域进行图像预处理，找出模板图在待搜索图中的轮廓位置，将模板图轮廓和从视频图像中获得的待搜索图中的模板图轮廓进行二次模板匹配，设定阈值，通过匹配结果来判断零部件是否丢失与松动，此时，完成匹配，对丢失与松动的零部件标记并提示报警。具体的过程如上图 7 所示。

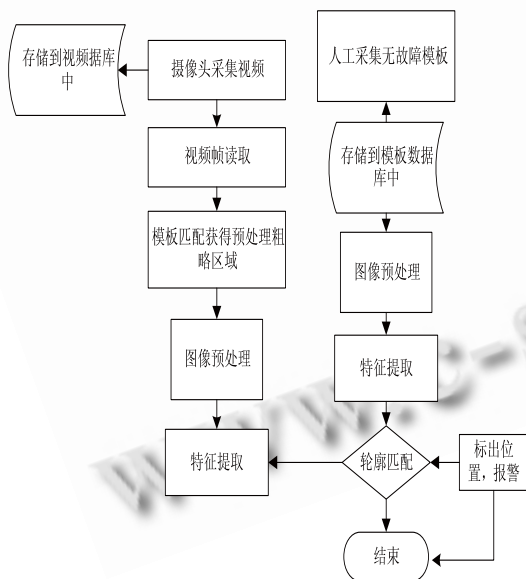
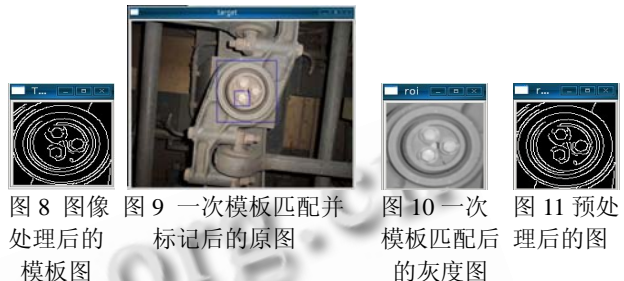


图 7 模板匹配应用过程图

根据文中的匹配算法步骤，进行了匹配算法的应用，在动车零部件故障检测系统中试验后的结果图如上图所示，图 8 为模板库中一预处理后的图像，图 9 为视频采集获得视频帧后对其一次模板匹配的结果，该次匹配得出了模板图在视频帧图中的粗略位置，然后将该粗略区域复制到单一图像区域中并对其灰度

化，结果如图 10 所示，然后单独对其预处理，预处理结果为图 11 所示。二者都被预处理后，对图 8 和图 10 中的预处理结果进行二次模板匹配，根据设置的阈值来判断匹配的结果，有实验结果得出二者的匹配程度在设置的阈值内，由此便完成了匹配。



3 结论

本文的板匹配算法在进行动车零部件故障检测中改进了以往基于灰度图像的模板匹配方法，采用了基于轮廓特征的模板匹配算法，使匹配时不再受光照、电路等拍摄图像时产生的灰度变化、噪声、像素失真等的影响，提高了模板匹配的精度与速度。

本算法在 VC2008 中结合 ffmpeg、Dshow 技术与 OpenCV 计算机视觉库实现，切实应用到了辽宁铁路部门动车零部件故障检测中。应用实验证明，该算法匹配率高，速度快；该技术的应用提高了铁路部门的检修效率，带来了巨大的效益。

参考文献

- 1 孔金生, 张小凤, 王璇. 基于轮廓特征的模板匹配方法及其应用. 计算机工程与应用, 2008, 44(22): 201-203.
- 2 熊光华, 夏庆观. 基于模板匹配的零件检测的应用. 中国制造业信息化, 2003: 420-451.
- 3 Hiechak AK, Mchugh JA. Automated fingerprint recognition using stucture matching pattern recognition. 1990, 23(8): 893-904.
- 4 帅赞, 艾廷华, 帅海燕, 倪琳. 基于形状匹配的多边形查询. 武汉大学, 2008, 33(12), 1627-167.
- 5 Ma LY, Sun YD, Feng NH, Liu Z. Image Fast Template Matching Algorithm Based on Project and Sequential Similarity Detecting. 2009, 5th International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing(956-960).
- 6 鲁宏伟, 文燕. 区域生长法在 PCB 元件分割中的应用. 2007, 8(8): 1489-1491.
- 7 阮秋琦, 阮宇智等译. 数字图像处理(第 2 版). 机械工业出版社, 2007, 20(6): 114-116.