

基于图象处理的冷轧带钢表面缺陷在线检测系统

徐 科 徐金梧

(北京科技大学)

摘 要 对基于图象处理的表面缺陷检测技术进行了研究。介绍一套目前正在开发的用于在线检测和识别冷轧带钢表面缺陷的系统,该系统采用面阵 CCD 摄像头采集带钢表面的图象,并且在硬件结构和软件流程上进行了特殊的设计,以满足系统的实时数据处理要求。同时,系统中采用了先进的图象处理和模式识别算法,以提高系统对缺陷的检出率和识别率。用实际的样本对该系统进行试验,结果表明:该系统能识别 6 种常见的表面缺陷,识别率接近 90 %。

关键词 表面检测 冷轧带钢 图象处理

ON - LINE SURFACE DEFECT INSPECTION SYSTEM FOR COLD ROLLED STRIPS BASED ON IMAGE PROCESSING

XU Ke XU Jinwu

(University of Science and Technology Beijing)

ABSTRACT The techniques of surface defect inspection based on image processing is studied. A newly developed system for on - line detection and classification of surface defects of cold rolled strips is introduced. The system is equipped with area - scan CCD cameras for capturing image of steel surface. The hardware and software of the system are specially designed to meet requirement of real - time data processing. The advanced algorithms of image processing and classification has been developed to increase detection rate and classification rate of defects. The system has been tested with field samples, the results show that six common types of defects can be classified, and the classification rate is close to 90 %.

KEY WORDS surface inspection, cold rolled strips, image processing

1 前言

表面缺陷是影响冷轧带钢质量的一个重要因素,如何在生产过程中在线检测冷轧带钢的表面缺陷,从而控制和提高产品的表面质量一直是钢铁企业非常关注的内容。传统的表面缺陷检测方法采用的是人眼目测的方法,但是,这种方法存在着以下的几点不足:

(1) 在生产过程中,带钢处于高速运动状态,冷轧精轧的出口速度可高达 10 m/s 以上。在如此高的速度下,靠人的视觉来检测表面的缺陷是不可能的;

(2) 高质量的带钢表面要求其缺陷小于 0.5

mm×0.5 mm,这种微小缺陷靠人的视觉很难发现;

(3) 检测结果容易受人的主观因素的影响;

(4) 检测人员的劳动强度很大。

为了解决这方面的问题,国外已经开发出高精度的热轧和冷轧带钢的表面缺陷自动检测系统^[1,2]。但是,国内目前还没有一套用于轧钢生产线的表面在线检测系统,使国内的板带产品由于表面缺陷而缺乏在国际市场上的竞争力,并且经常由于表面质量问题而造成用户退货或索赔现象,给企业带来巨大的经济损失,也使企业的形象受到了损害。因此,研究和开发表面自动检测技术对钢铁工业具有重大的实际意义,并且可以带来可观的经济

联系人:徐 科,副研究员,北京(100083)北京科技大学高效轧制国家工程研究中心

效益。

本文介绍了目前正在开发的一套基于图象处理的冷轧带钢表面质量检测系统,该系统采用面阵 CCD 摄像头采集运动状态下的带钢表面图象,并且由并行计算系统对数据进行处理和分析,以提高系统的数据处理能力。系统的所有功能都由软件来实现,从而保证了系统在实际应用和更新上的灵活性。

2 系统的整体结构

如图 1 所示,系统由摄像头、客户机和服务器组成^[3]。摄像头采集高速运动状态下钢板的表面图象,并且将图象传给与摄像头相连的客户机。为了提高系统的精度,系统采用多台摄像头同时采集带钢表面图象,相邻的摄像头采集到的图象之间有重叠,从而保证系统可以扫描到整个钢板的表面。每个摄像头与一台单独的客户机相连,从而保证每个摄像头采集的图象可以由单独的计算机进行处理,这样就实现多台计算机对图象的并行处理,从而提高系统的数据处理能力。所有的图象处理和模式识别过程都在客户机中完成。

客户机对图象进行处理和分析后,就把得到的处理结果(缺陷信息)传给服务器。服务器对这些结果进行合并,从而可以得到整个带卷的缺陷分布情况,以便对带卷的表面质量进行总体评价。同时,服务器还将带卷的缺陷分布情况保存在数据库中,以便存档和将来的使用。

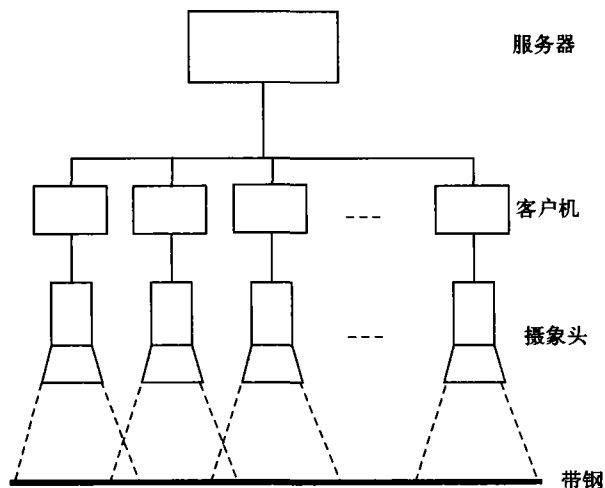


图 1 系统的结构

3 系统的软件流程

为了提供应用和更新上的灵活性,系统的所有数据处理功能都通过软件实现。系统的软件流程如图 2 所示。

可以看到,数字化后的图象需要经过 4 个步骤来处理:目标检测、图象分割、特征提取和缺陷分类。目标检测的目的是检测图象中是否存在缺陷,如果图象中没有缺陷,那么图象就不需要进一步处理,如果图象中存在缺陷,那么就把图象保存到缓冲区中,等待进一步的处理。因为大部分的图象中都不存在缺陷,所以需要进一步处理的图象数量就大为减少,从而可以大大减少系统的运算量。为了满足系统实时检测的要求,对于每幅传送到客户机的图象,图象数字化和目标检测这两个步骤都需要实时完成。而由于在目标检测步骤中检测到有缺陷存在的图象已经被保存到缓冲区中,因此只要缓冲区不溢出的话,系统可以随时从缓冲区中取出这些图象,对它们进行后面三个步骤的处理。因此后面三个步骤可以在计算机 CPU 有空闲的时候执行,这种方式称为“准时处理”方式。通过“实时处理”和“准时处理”两种方式,可以保证系统的实时检测功能。下面就讨论每个步骤中所用到的算法。

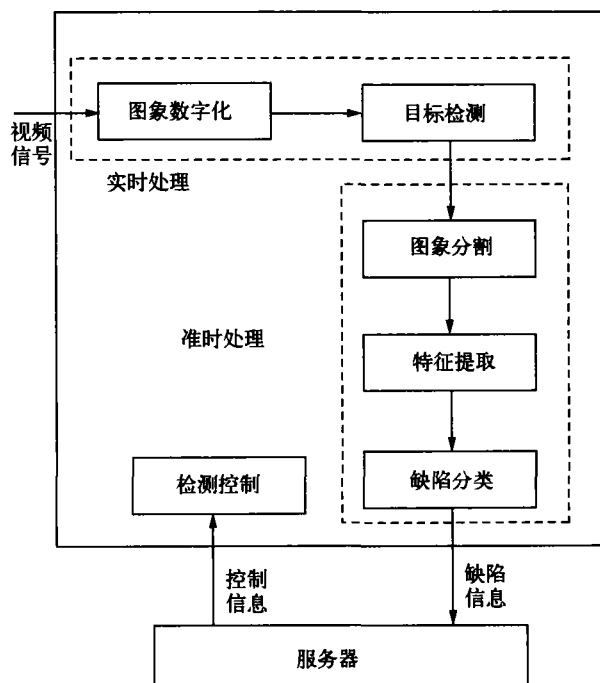


图 2 系统的软件流程

目标检测:目标检测的作用是检测图象中是否存在可疑区域。由于采集到的图象往往存在着噪声,因此这个步骤中需要用到去噪处理。由于这个步骤需要实时完成,因此不能采用复杂的算法。而且这里的算法必须加以优化。

图象分割:图象分割的作用是找出缺陷所在的

区域。图象分割中有两种比较常用的方法,一种是边缘提取方法,另外一种区域增长方法。目前,我们采用的是基于小波变换的图象边缘提取方法,研究表明,基于小波变换的边缘提取方法得到的结果要好于其他的边缘提取方法^[4]。

特征提取:特征提取的目的是计算缺陷的特征值,以便用于对缺陷的分类。从图象中可以提取出多种类型的特征值:几何特征、灰度值特征和纹理特征等。理想的特征应该具有以下几个特点^[5]:可区别性、可靠性和独立性,并且数量要少。除了上述 3 类常见的图象特征之外,一些新的特征,如分形特征和频谱特征也在研究之中。

缺陷分类:缺陷分类的作用是通过输入的特征值,对缺陷进行分类,以确定缺陷的类型和严重程度。这一步骤往往由各种分类器实现。本系统采用的是基于 BP 网络的分类器。BP 网络具有良好的容错性、自适应性和鲁棒性,在模式识别中得到了很好的应用。但是 BP 网络也存在着一些缺陷,如局部最小,学习时间长,参数的确定尚无理论依据等。因此基于别的网络类型,如 LVQ 网络和 ART2 网络的神经网络分类器也在研究之中。

4 试验

用从某大型冷轧厂采集到的钢板样本对该系统进行试验。试验中采集了 6 种常见的冷轧板表面缺陷类型:乳化液斑痕、锈痕、氧化铁皮、边裂、辊印和划痕,对所有的样本进行目标检测和图象分割,一共

得到 2788 个缺陷区域。用已训练好的分类器对这些缺陷进行识别,得到的结果如表 1 所示:

表 1 系统的试验结果

缺陷类型	缺陷数目	正确识别的 缺陷数目	识别率/%
乳化液斑痕	379	361	95.25 %
锈痕	867	795	91.70 %
压入氧化铁皮	1122	944	84.14 %
边裂	101	61	60.40 %
辊印	68	66	97.06 %
划痕	251	245	97.61 %
总计	2788	2472	88.66 %

5 结论

本文研究了基于图象处理的冷轧带钢表面缺陷自动检测技术,并且介绍了目前正在开发的一套用于冷轧薄板的表面质量检测系统,该系统具有以下特点:

(1) 采用面阵 CCD 摄像头,并且由多台摄像头同时对钢板表面进行扫描,保证系统具有很高的精度;

(2) 采用由多台客户机和 1 台服务器组成的并行计算机处理系统,以便对图象进行实时的处理,从而保证系统的实时检测功能;

(3) 所有的数据处理和分析都由软件实现,以便于系统的使用和更新;

(4) 使用了一些新的图象处理和缺陷分类算法,使检测和识别结果更为理想可靠。经试验,系统的缺陷识别率接近 90 %。

参 考 文 献

- 1 Obeso F, Gonzalez J A, Brown A. Intelligent On-line Surface Inspection on a Skinpass Mill. Iron and Steel Engineer, 1997, 9: 29~35.
- 2 Badger J C, Enright S T. Automated Surface Inspection System. Iron and Steel Engineer, 1996, 3: 48~51.
- 3 Ke XU, Jinwu XU, Shouli LU. Surface Inspection System for Cold Rolled Strips Based on Image Processing Technique. Journal of University of Science and Technology Beijing, 6:(4).
- 4 徐 科. 小波分析在设备故障诊断中的应用研究:[博士学位论文]. 北京:北京科技大学,1998.
- 5 Kenneth R. Castleman. 数字图象处理. 朱志钢,林学言,石定机,等译. 北京:电子工业出版社,1996. 445