

# 基于机器视觉的板材表面缺陷检测方法

郑志霞<sup>1</sup>, 黄元庆<sup>2</sup>, 冯勇建<sup>2</sup>

(1. 莆田学院 机电工程学院, 福建 莆田 351100; 2. 厦门大学 航空航天学院, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 基于机器视觉技术对板材表面缺陷检测进行研究, 设计了在线检测的硬件系统和软件处理流程, 介绍了图像预处理、图像分割和目标提取等处理方法并对缺陷图像进行相应处理。利用C#软件对板材缺陷在线检测进行人机交互界面设计和在线调试及在线检测。实验结果表明, 本检测方法可行, 误检率低, 可很好地应用于木材自动化生产过程的在线检测。

**关键词:** 机器视觉; 表面缺陷; 在线检测; 数字图像处理

## Research on Wood Surface Defection Based on Computer Vision

ZHENG Zhixia<sup>1</sup>, HUANG Yuanqing<sup>2</sup>, FENG Yongjian<sup>2</sup>

(1. School of Mechanical and Electronic Engineering, Putian University, Putian Fujian 351100, China;

2. School of Aerospace Engineering, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China)

**Abstract:** This paper presents a study into board surface defect detection based on machine vision technology. On-line detection hardware system and software processing procedure were designed in the study. This paper also described image preprocessing, image segmentation, and object extraction techniques and covered appropriate processing of defect images. C# software was utilized to develop MMI interfaces for on-line board surface defect detection. On-line debugging and on-line detection were carried out. It has been proven by experimentation that this detection approach was feasible and registered a low error detection rate, and may be thus used with advantage in on-line detection during automatic wood production process.

**Key words:** computer vision; surface defection; on-line detection; digital image processing

## 0 引言

随着国民经济和社会发展, 我国木材的消费量逐年递增, 成为世界木材消费第二大国, 而我国的林木总蓄积量不足世界总量的3%, 每年需要进口并加工大量的木材。木材加工逐渐向机械化、自动化、规模化方向发展。由于生产环境、自然条件等因素影响, 木材表面或内部存在节子、腐蚀、虫眼、裂纹等缺陷, 这大大影响了木板的利用率<sup>[1]</sup>, 我国木材的利用率约为60%, 与世界发达国家90%以上的利用率相差很大<sup>[2]</sup>。利用自动化生产

及自动化检测技术, 能有效提高生产效率及木材利用率, 如果能提高一个百分点, 我国每年将节约木材75万m<sup>3</sup>。因此自动化生产过程中的木材缺陷检测技术成为木材加工过程的重要环节。原木加工过程, 板材的分选及分等主要靠人工视觉与经验, 根据板材的纹理结构、颜色色泽等来评价。由于板材的缺陷类型与缺陷大小不同, 以及人眼工作环境与工作强度不同, 很容易产生漏检、错检等。而且人工检测的效率不高, 这样造成大量的人力财力和木材资源的浪费。目前板材加工过程的检测主要采用人工检测、机械检测、射线检测、

收稿日期: 2016-05-05

基金项目: 福建省科技厅区域重大基金项目(2015H4009); 莆田市科技计划基金项目(2014G15)

作者简介: 郑志霞(1972-), 女, 福建莆田人, 教授, 硕士, 主要从事传感器及检测技术研究。

超声波检测以及机器视觉检测等<sup>[3]</sup>。人工检测存在效率低、误检率高和受干扰性强等不足。机械检测通常为接触式检测,存在检测范围有限、效率低、可能对板材造成损伤等缺点。射线检测虽然可提高效率和准确率,但存在手段复杂、成本高等弊端。超声波检测也为接触式检测,主要根据超声波在介质传播过程中发生的衰减和散射信号来检测,但这种检测仍然存在一些需要解决的技术难题,不适用于大规模在线检测<sup>[4]</sup>。目前研究应用比较多的是将数字图像处理技术、计算机视觉技术、BP神经网络技术应用于木材缺陷检测中,将分形理论、小波分析、模式识别等技术相结合,研究木材表面缺陷的图像增强、纹理分割、特征提取、模式识别等问题<sup>[1,5]</sup>。笔者根据莆田木材加工区的加拿大进口原松木缺陷类型和特征以及原木自动化加工生产过程的生产线速度要求,设计了视觉检测的硬件结构,选取摄像机参数、光源类别,针对缺陷类型设计软件处理流程和软件实现,并进行图像提取和缺陷特征提取。

## 1 板材缺陷检测硬件系统设计

### 1.1 加拿大进口原松木缺陷类型

木材缺陷是指能影响木材的质量和和使用价值的各种缺点的总称。木材缺陷会降低木材的刚度和强度、影响加工和装饰的质量与美观。加拿大进口原松木的缺陷主要表现为节子、腐朽、虫眼、裂纹等,最为常见的是节子和虫眼。其中节子是木材特别是松木中影响最大且最为普遍的一种天然缺陷,包括活节和死节两种,以活节居多。虫眼是木材受昆虫侵害而形成的一种后天缺陷,其大小和数量影响木材的材质和力学特性,造成木材加工过程的浪费以及降低木材的利用率。

### 1.2 缺陷检测系统硬件结构设计

板材缺陷检测图像识别硬件系统结构如图1所示。整个系统由原木加工生产线、光学照明系统、CCD工业摄像机、图像采集卡、监视器、计算机及控制机构组成<sup>[6]</sup>。其工作过程是,木材生产线将木材输送到特定位置,照明系统光线照射被测样本,其反射光线进入工业摄像机,并通过合适的图像采集卡获取被测样本图像。光照系统和CCD摄像机安装在生产线上,图像采集卡可安装在计

算机上,通过计算机上的图像采集卡,将图像的模拟信号转化为数字信号,并将摄像机采集到的图像信号传输到计算机上。计算机和监视器安装在离生产线较近的监测室内,以便适时观测系统检测情况。计算机经过图像处理后,将判断结果信号通过I/O口传送给控制机构,以便作出相应的判断动作处理。

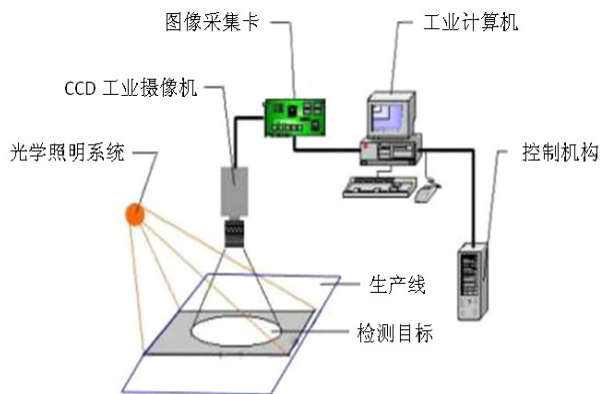


图1 视觉检测系统硬件原理

### 1.3 系统硬件参数选择

图像采集的目的是获得高质量和高分辨率图像,以便于计算机视觉检测时能够对缺陷进行准确的测量和识别。照明系统设计质量决定了图像采集的质量以及机器视觉检测的准确率。光学照明系统设计时要求光源具备亮度足够、均匀稳定、受干扰性小、照明视场足够、光谱特性稳定和使用寿命长等特点。同时还要根据生产线上被测木材的检测尺寸计算镜头的视场、确定木材与照明系统的距离,根据木材的色泽、形状、平坦度、光滑度来选择最佳的光源波长。进口原松木直径大都在80cm以上,全自动化加工的板材形状规则,色泽鲜艳纯度高,大多为橙黄色,板面平坦度和光滑度都较好。考虑到板材的颜色和加工过程中产生的木屑灰尘等因素,本设计采用黄光LED光源照明,使采集到的图像纹理更清晰,减小了图像的处理难度,同时LED灯能满足检测系统光学照明所要求的多项指标,通过现场使用表明,黄光LED灯是良好的照明光源。

木材缺陷图像的采集采用专用工业摄像机,与其他常规摄像机相比,它具有高分辨率、高精度、高清晰度、色彩还原性好、低噪声等特点。成像采用CCD耦合器件,能实现信息的获取、转换和视觉功能的扩展。本系统摄像机选用深圳美安

力MY600-830F型,752H×582V像素,扫描频率为H:15.625kHz、V:50Hz CCD的彩色摄像机。图像采集模块以图像采集卡为核心,计算机控制完成图像信号的数字化。检测实验在莆田标准木业引进的德国LINCK全自动锯材加工生产线上进行,该生产线传送速度可达20~50 m/min。

图像采集卡选用天敏SDK-2000,显示分辨率可达640×480像素,24位真彩,其接口为USB2.0,能很好实现从摄像机图像到计算机内存的可靠实时传输。板材的传输速度、摄像机的图像扫描频率、图像采集卡的信号传输速度之间能达到很好的匹配。

## 2 系统软件结构设计

### 2.1 图像处理流程

板材表面缺陷自动检测是机器视觉图像处理技术的一个新的应用。检测是在生产线的环境下进行,采集到的图像质量较低,信噪比较差,图像处理过程是去除噪声、特征缺陷的提取及识别的过程,缺陷图像的软件处理流程如图2所示。首先将采集到的图像进行目标提取,去除背景干扰,获得要处理的目标图像,并将目标图像进行一系列的前处理以便突出图像特征;然后将图像进行特征提取,即将待检测的一系列参数根据其特点,寻找合适的方法描述其特征;最后将结果分析保存,并根据参数的检测结果判断是否存在缺陷及缺陷类型。

### 2.2 目标图像提取的处理方法

板材图像传输到计算机,先进行目标提取,把

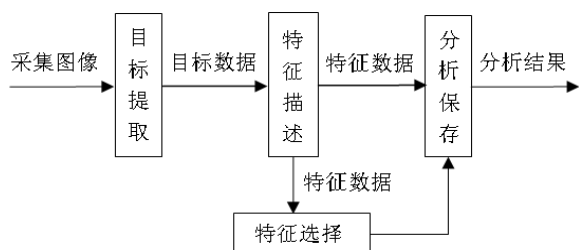


图2 软件处理流程

板材图像与背景图像分离,提高图像处理效率。目标图像的提取处理方法如图3所示。

预处理的数据进行感兴趣区域(region of interest, ROI)检测,它是一种数据降维方法,从采集到的板材图像数据中提取疑似目标区域,去除背景的复杂干扰,提高后续图像处理速度<sup>[7]</sup>。ROI检测一次可处理大量数据,满足加工过程在线检测的需要,有效降低误判率和漏检率。对ROI检测数据进行图像预处理和图像增强,使图像转化为更适合人眼观察和机器分析、识别的形式,改善图像的视觉效果,以便从图像中获取更有用的信息<sup>[8]</sup>。可采用空间域方法和频域方法进行图像的增强,空间域图像增强有基于灰度变化法和直方图法。加拿大进口原松木主要缺陷是节子,笔者随机抽取一幅死节图像,通过灰度直方图法进行图像增强,增强前后的图像对比如图4所示。

增强后的图像进行分割处理,可根据灰度不连续性或相似性进行分割。板材缺陷图像边缘清晰,图像的边缘较有代表性,采用边缘分割法进行分割更有效。缺陷图像沿边缘方向像素变化平缓,垂直于边缘方向像素变化急剧,可利用Prewitt、Kirsch、Roberts或Sobel等一阶算子或Marr-Hildreth、LOG等二阶算子进行检测<sup>[9]</sup>。采用二维阈值分割法对图像进行分割,随机抽取的死节图像及其分割后的结果如图5所示。

分割后的图像进行特征提取,板材图像的主要特征有几何特征、灰度特征、纹理特征、频谱特征等。对木材这种纹理清晰的材料,主要进行纹理特征的提取。纹理特征的分析方法有统计法、结构法、模型法、信号处理法等。图像的频谱特征分析就是频域法,通常根据板材的不同区域采用不同的分析法,板材的边缘图像采用傅里叶变换,而板材整个区域的图像分析采用小波变换法,这样更能体现图像的形态、纹理等参数。获取的特征数据进行分析后,得出分析结果,将分析结果与

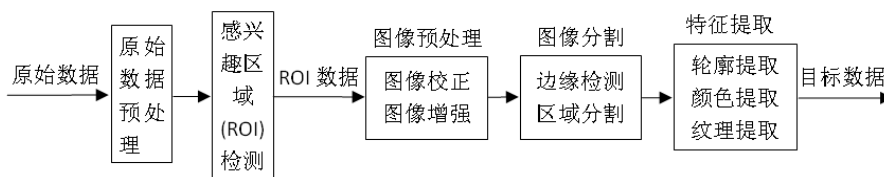


图3 目标图像提取的处理方法



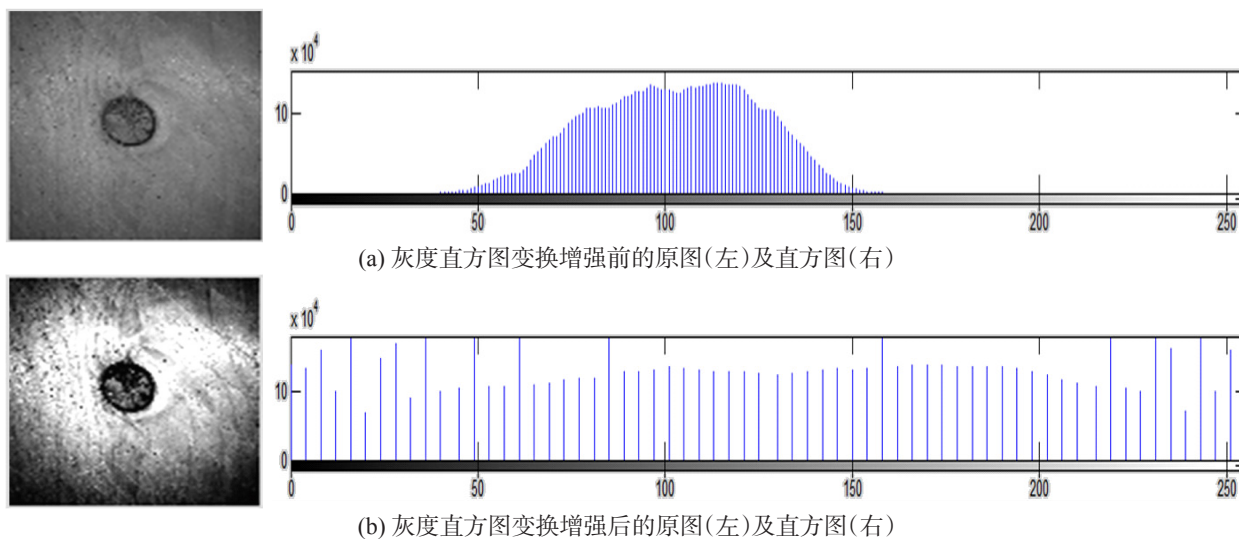


图4 灰度直方图法图像增强前后对比

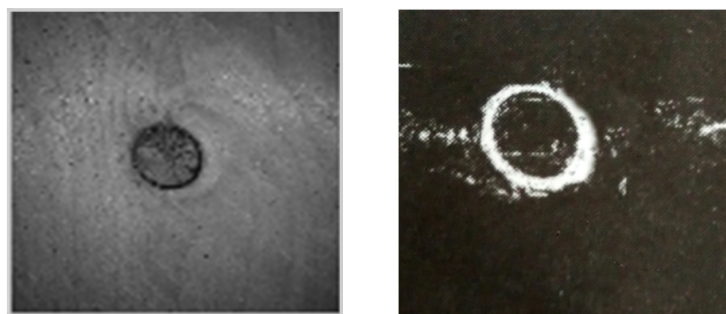


图5 死节原图像(左)及其二维阈值分割结果(右)

待检测的标准参数进行对比,就可得出检测结果,分辨出缺陷板材和无缺陷板材,并分辨出板材缺陷类型。将检测结果实时保存,形成数据库,以便统计板材的合格率。同时,将相应的检测结果通过I/O接口给出特定的指令,控制相应机构作出相应的执行动作,以保证分选出缺陷板材。

### 3 在线检测软件设计

针对加拿大进口木材的缺陷类型和缺陷特征,采用C#语言实现板材缺陷检测的具体算法,并将检测功能开发成窗体程序,以便人机交流。C#语言是面向对象的程序设计语言,其语法与C++类似,但它融入许多其他语言的特点,所以具有简单、现代、通用、适应性广等特点,可对软件工程要素提供有力保障。

#### 3.1 在线检测软件整体设计

软件界面整体由标题栏、菜单栏、功能选择区、图像显示区等组成,菜单栏设置摄像机的开启和关闭功能、软件的配置功能、程序的退出功能

等。功能选择区可根据不同板材设置,一个为黄色,另一个为不锈钢灰色。选择开始测试功能时,程序根据设定好的参数进行自动检测。但由于环境等因素的不稳定性,导致预设参数的偏差,可通过辅助调试功能进行检测参数实时修改,便于提高检测效率。检测结果将保存于日志功能模块,以便调用查询检测情况。当图像在拍摄视野中变动时,通过中心定位功能来修正图像坐标参考点。

检测结果参数在结果显示区显示,包括偏心缺陷偏移量、缺陷面积、裂纹大小和缺陷类型等。参数显示除偏移量和裂纹长度(cm)外,其余均采用像素点为单位。

#### 3.2 软件参数设置

软件参数的设定要根据具体的检测环境及板材的具体特征,参数的配置是特定的。首先设置采集摄像机的参数,在菜单栏选择摄像头的配置,手动设置图像视野的亮度、采集频率、衰减倍数、曝光时间、图像对比度和图像锐化效果等。在线检测前,对软件程序进行测试,验证程序可行性

等。软件参数设置后就可以现场调试,并进行在线检测及显示检测结果。

### 3.3 检测结果

在真实的检测环境中,在硬件设备和软件平台的支持下,实现了板材几种常见缺陷的检测,得到预期检测结果。如对上面随机抽取的死节缺陷进行检测,通过纹理特征提取法,在黄光LED照射下,提取出特征,计算结果为6500像素点的死节,即半径约为1.587cm的近圆形死节缺陷,与实际尺寸相符合。检测结果表明,本检测系统检测准确度高,能满足在线检测的需要。

## 4 结束语

文章研究机器视觉检测的相关技术,在此基础上针对木板表面缺陷的种类,对原木加工在线检测的硬件系统及软件处理流程进行设计。同时,对采集到的缺陷图像进行图像增强、图像分割和目标提取,得到板材缺陷信息。文章还应用C#软件对板材缺陷在线检测进行软件总体设计,并进行在线调试和在线检测。结果表明,本检测方法可行,误检率低,可很好地应用于原木加工自动化生产过程的在线检测。

## 参考文献:

- [1] 王克奇,白雪冰.木材表面缺陷的模式识别方法[M].北京:科学出版社,2011:3-28.
- [2] 陈水合.2013年我国木材利用情况及资源分析[J].中国木材,2014(3):4-5.
- [3] 于雷.计算机断层扫描技术在木材检测中的应用[D].哈尔滨:东北林业大学理学院,2007.
- [4] 高子震,王正.无损检测技术在木材中的应用与研究现状[J].木工机床,2014(4):5-8.
- [5] 谢永华.基于分形理论木材表面缺陷识别的研究[D].哈尔滨:东北林业大学机电工程学院,2006.
- [6] 邹丽晖.基于纹理特征木材表面缺陷识别方法的研究[D].哈尔滨:东北林业大学机电工程学院,2007.
- [7] 韩芳芳.表面缺陷视觉在线检测关键技术研究[D].天津:天津大学精密仪器与光电工程学院,2011.
- [8] 杨仁树,边亚东,程海燕,等.爆炸载荷下动态焦散图像的自动化处理[J].中国矿业大学学报,2005,34(2):133-137.
- [9] 邹福辉,李忠科.图像边缘检测算法的对比分析[J].计算机应用,2008(6):215-216.

[责任编辑 林 锋]

(上接第3页)

由引理4,可知 $\int_M (|\nabla u|^2 - \lambda u^2) dm = 0$ 。因为 $\Delta_h w = m$ ,所以 $\int_M \nabla^2 w(\nabla u, \nabla u) dm = 0$ 。由引理2和引理3,可知 $\nabla u \equiv 0$ ,所以 $u$ 为常数。

这样, $u = -\frac{1}{\lambda} \Delta_h u \equiv 0$ 。

## 参考文献:

- [1] DONNELLY H. Negative curvature and embedded eigenvalues[J]. Math Z, 1990, 203:301-308.
- [2] ESCOBAR E. On the spectrum of the Laplacian on complete Riemannian manifolds[J]. Commun Partial Differ Equations, 1985, 11:63-85.
- [3] DONNELLY H, GAROFALO N. Riemannian manifolds whose Laplacians have purely continuous spectrum[J]. Mathematische Annalen, 1992, 293:143-161.
- [4] HUANG Qin, RUAN Qihua. Applications of some elliptic equations in Riemannian manifolds[J]. Journal of Mathematical Analysis and Applications, 2014, 409(1):189-196.
- [5] 黄琴,阮其华.紧黎曼流形上的椭圆边界值问题[J].数学物理学报,2015,35A(1):43-49.
- [6] CHEEGER J, GROMOV M, TAYLOR M. Finite propagation speed, kernel estimates for functions of the laplace operator and the geometry of complete Riemannian manifolds[J]. Journal of Differential Geometry, 1982, 17:84-91.
- [7] 王伟华,阮其华.一类广义解析函数的刘维尔性质[J].莆田学院学报,2012,19(5):5-8.
- [8] CHAVEL I. Eigenvalues in Riemannian geometry[M]. New York:Academic Press, 1984.

[责任编辑 林 锋]