

基于计算机视觉的单板自动分级系统设计

程伟^{1,2}, 朱典想¹

(1. 南京林业大学, 南京 210037; 2. 淮阴工学院, 江苏淮安 223001)

摘要: 论述国内外木材及单板自动分级技术的研究进展, 提出基于计算机视觉的单板自动分级系统的设计方法。

关键词: 单板; 计算机视觉; 人工智能; 自动分级

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1001-8654(2007)03-0024-03

Design of the Veneer Automatic Classification System Based on Computer Vision

CHENG Wei^{1,2}, ZHU Dian-xiang¹

(1. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Huaiyin Institute of Technology, Huai'an 223001, Jiangsu, China)

Abstract: This paper discusses the research and development of wood and veneer automatic classification technology, and proposes a design method for the classification system based on computer vision.

Key words: veneer; computer vision; artificial intelligence; automatic classification

单板分等剪裁是胶合板生产过程中的重要工序, 直接影响到胶合板产品质量和生产效率。采用计算机视觉系统, 通过高分辨率摄像设备, 对单板的颜色、纹理、木节大小和分布以及其他缺陷进行扫描, 获得实时信息, 再通过计算机处理和分析, 应用人工智能技术达到剪裁最优化控制。这种基于计算机视觉的单板自动分级技术, 对于完成单板缺陷分类以及单板优化分级, 实现对胶合板生产中单板自动分级的技术改造和技术创新都具有重要意义, 尤其对利用人工林木材生产胶合板意义更大。

1 木材及单板自动分级系统的研究开发概况

在国外, 采用计算机视觉技术对产品进行缺陷检测与质量分级的研究, 普遍得到重视。如利用 CCD (Charge Coupled Devices) 采集各种木材缺陷的图

像, 并进行分类、识别的研究^[1]; 美国 Virginia Tech、Georgia 大学、美国国家林产品研究所 (Forest Products Lab) 及美国全美硬木材协会 (National Hardwood Lumber Association) 等, 利用机器视觉 (Machine Vision)、CT (Computed Tomography) 技术, 对木材的无损检测和分级作了大量的研究^[2-4]。在国内, 利用激光、CT、超声波等多种基于图像的木材检测手段的研究也有较大进展^[5-6]; 基于原木 CT 图像的缺陷识别和虚拟切削, 为木材的无损检测和原木的加工提供了技术基础^[7]。在木材缺陷检测和图像处理方面, 采用 X 射线进行原木无损检测, 应用分形理论, 对原木 X 射线图像的边缘进行处理, 取得了较好的效果^[8]; 计算机视觉木材表面缺陷的检测方法开发, 实现了对不同树种木材的在线检测^[9]; 应用数学形态学理论, 探讨检测木板表面缺陷的方法, 提供了可快速识别缺陷边缘的标记分水岭算法^[10]。

目前木材缺陷识别及分级的研究大多是针对原木和锯材, 而基于计算机视觉的旋切单板缺陷研究相

收稿日期: 2006-07-07; 修改稿: 2007-04-29

作者简介: 程伟 (1971—), 男, 南京林业大学博士研究生, 淮阴工学院讲师。

对较少^[11]。根据文献显示,加拿大 Matrox 公司与美国 Venten 公司合作开发的 GS2000 系统检查单板缺陷,能以 95% 的准确率对胶合板进行定级;芬兰 Mecano 公司的 VDA 系统,检测线速度最大可达 4 m/s,缺陷分析执行时间 300 ms;线扫描速度分为标准和全速 2 种,缺陷识别的分辨率分别为 0.7 mm×0.7 mm 和 0.4 mm×0.4 mm,可以分析各种缺陷,包括蓝变,具有较高的稳定性。同时提供的 Mecano Patchman 系统,可对单板进行修补。

单板缺陷自动检测与分级系统在国内外的许多工厂得到了应用,已经有超过 25 套 GS2000 系统安装在美国、加拿大和芬兰的木材加工企业中。VDA 系统配置于芬兰 Raute 公司的旋切设备,已在 100 多个胶合板生产企业中应用。Venten 公司通过利用 Matrox 公司的 MIL (Matrox Image Library) 系统,对单板图像进行分析和处理。与 GS2000 系统相似, Mecano 公司的 VDA 系统也是通过线阵 CCD 相机采集单板图像,利用了人工神经网络等技术的单板图像进行识别和分类。相比之下,VDA 系统的功能要比 GS2000 更为全面。目前,国内尚无单板缺陷自动检测系统用于生产,相关单板缺陷自动检测和分级系统研究也罕见报道。

2 单板自动分级系统的设计

2.1 单板分等的依据和原则

目前,国内大部分胶合板生产企业是凭操作工人的经验,先目测判断单板的材质缺陷,再根据胶合板的等级标准,剪裁出不同等级的单板。传送速度超过 20 m/min 以上,则不能进行正常判断和准确剪裁。如果单板缺陷多,操作人员须降低传输速度。所以,单板剪裁工序成了制约胶合板生产率的瓶颈。

单板按质量特征分等,等级取决于允许的材质缺陷、加工缺陷,以及对拼接的要求等。根据 GB/T 9846.4-2004《普通胶合板外观分等技术条件》,普通胶合板按加工后面板上可见的材质缺陷和加工缺陷分成:优等品、一等品、合格品。在单板分级过程中,除了一些可定性、定量的指标外,还存在许多无法确定的指标。如木材的天然纹理、颜色和质地等,通常按照单板的厚度、宽度、材色和质量分选单板。原则是应尽量多出面板、整板,使高等级单板产量最大化。

2.2 单板分级系统的层级结构

根据旋切单板特点和不同类别缺陷的特征,笔者提出了基于计算机视觉的旋切单板自动分级系统,可

以表述为图 1 所示的 4 层结构。

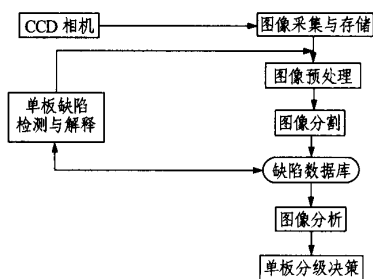


图 1 旋切单板缺陷自动分级系统框图

Fig. 1 Automatic classification system diagram for veneer defects

1) 图像获取。由 CCD 相机、图像采集卡、光源和计算机获取单板的图像数据,并将图像数字化,为后续处理做准备。

2) 特征提取和解释。该层分 2 个子层。自动识别系统根据单板特征的有无及特征的变化,对获取的图像序列进行处理、分析与特征的准确提取,即提取出对理解单板缺陷有用的不同特征。缺陷图像数据库功能是管理、维护典型缺陷图像的形态特征值、色彩和纹理,在系统进行图像识别时,将提取的该库中缺陷特征与待检单板图像的相应特征值,进行基于形态、颜色和纹理的相似距离计算,从而识别出单板缺陷的类型。

3) 图像处理和分析。根据上一层的检测结果,得到单板缺陷位置和尺寸信息,从而对整个单板带的质量和级别进行评判。

4) 分级决策。根据对缺陷位置和大小评判结果,结合生产计划和优化目标,对单板进行分级优化。

旋切单板缺陷自动分级系统中的关键技术,在于图像的采集和图像的分析与处理,也是计算机视觉技术的基础。对于大幅面单板,由于受到 CCD 器件和图像采集卡性能和价格的限制,采集图像的质量和实时性较差。因此,可利用 1 个线阵 CCD 或多个线阵 CCD 拼接,再采用线光源照明来实现图像的采集。

图像采集后,识别出图像中节子、裂纹以及变色等缺陷以及其位置,是系统的核心部分。可通过对预先存储于图像数据库中的缺陷与采集到的图像缺陷进行匹配,如基于颜色直方图的方法,计算出相似距离;运用人工神经网络技术,对经过聚类后的缺陷进行识别和分类。由于旋切单板的表面缺陷形貌繁多,如表面纹理与裂纹相似,在识别中有时很难区分有纹理背景的裂纹。而对于节子,应用人工神经网络技术

可以获得较好的识别效果。

2.3 单板分级系统的工作原理

缺陷分类 参照 GB/T 9846.4-2004 中单板的分等和允许缺陷的规定,将单板的缺陷分为:节子、裂缝、空洞、变色和腐朽以及粗糙度和纹理等 7 类,其中常见的缺陷有节子、裂缝以及变色等。

图像采集 在旋切单板时,单板带横向最大宽度为 2 700 mm(含裁边余量),裁剪速度 <15 m/min,缺陷的最小尺寸为 1 mm 以上(指裂缝宽度)。因此,单板图像中像素的分辨率至少在 1 mm 以上,在选择采集图像的线阵 CCD 的像素必须满足该要求。实际应用中,通常用 2 个以上的像素来表示所对应缺陷的尺寸,即摄像头至少要用一个 5 400(2×2 700)像素以上或多个线阵 CCD 器件组成。设计中,系统采用线阵 CCD 摄像头实现图像的采集,选择广角镜头和线光源(如 LED 光源)。

由于单板带的采集幅面较大,线阵 CCD 摄像头可以通过线扫描的方式扫描整个表面,使单板带纵向的分辨率达到理想的要求。然而,面阵 CCD 摄像头在大面积图像采集时,图像的边缘容易发生畸变,同时,大面积图像的光源较为复杂,难以达到图像采集的要求。需将摄像头采集到的图像信号,由图像采集卡输入计算机并进行处理,完成所有图像预处理、缺陷检测与分割运算。

图像分析 图像分析主要是对图像中特定的目标进行检测和测量,从而建立对图像的描述。通过采用人工智能技术和优化理论相结合,对单板的节子、裂缝和变色等缺陷进行检测、分析与对比,识别出各种缺陷,并确定缺陷在单板带的相对位置,供单板分级决策。

单板分级 单板分级的目的在于使高等级单板产量最大化。由于木材品种的变化以及单板的缺陷、纹理、颜色、质地等均是影响单板分级的因素,而且各因素间又相互影响。因此,研究各影响因素的关联度,建立相应的决策模型,对单板进行规划,可在一定约束条件下,实现预定的目标的最优化,同时满足生产的需求。

2.4 单板分级系统的特点

由于国内胶合板生产多以速生人工林原木为原料,天然缺陷相对较多。如果按照国外大径级原木的单板裁剪方式(这也是目前国内生产常用的方式),得到的单板平均等级偏低。应用单板自动分级系统可一次将整卷单板带的图像采集,对其表面缺陷进行识

别和分类,根据缺陷分布,运用优化理论,对单板进行规划后,通过合理的裁剪,获得高等级单板产量的最大化。

目前正在试运行的单板自动分级系统,设备配置包括线阵 CCD 相机、光源系统、单板传送装置以及单板缺陷识别系统等,采用计算机视觉技术和人工智能开发技术,价格将远低于国外同类系统。随着 CCD 器件和其他硬件设备的性价比不断提高,各种图像处理方法的应用,适合我国国情的单板缺陷自动分级系统将会出现在我国众多的人造板企业中。

3 结语

随着人工林木材在胶合板生产中的大量应用,单板缺陷识别的工作量大大增加,采用自动检测与分级系统日显迫切。借鉴国外和国内的相关研究成果,开发适合我国胶合板生产的单板缺陷检测和单板自动分级系统,将计算机视觉与人工智能技术引入胶合板加工领域,实现单板自动分级,将有力促进我国胶合板工业的技术进步与发展。

参考文献:

- [1] Silven O, Kauppinen H. Color vision based methodology for grading lumber [C]. Proc. 12th International Conference on Pattern Recognition, Jerusalem, 1994, 787-790.
- [2] Sarigul E, Abbott A L, Schmoltd D L. Nondestructive rule-based defect detection and identification system in CT images of hardwood logs [C]. Review of Progress in Nondestructive Evaluation, 2001(20), 1936-1943.
- [3] Bhandarkar S M. A system for detection and rendering of internal log defects using computer tomography [J]. Machine Vision and Applications, 1999, 11(4): 171-190.
- [4] Bhandarkar S M, Faust T D, Tang M. A computer vision system for lumber production planning [C]. Proc IEEE Intl Wkshp Appl Computer Vision, Princeton, NJ, Oct 19-21, 1998, 134-139.
- [5] 韩玉杰,朱国玺,田中千秋. 木材表面缺陷的激光在线检测技术[J]. 木材工业, 2002, 16(3): 28-32.
- [6] 石岭,王克奇,白雪冰,等. 板材表面缺陷检测技术[J]. 林业机械与木工设备, 2005, 33(3): 40-42.
- [7] 童雀菊,丁建文,王厚立. 非破坏性木材内部缺陷检测——木材 CT 扫描研究动态[J]. 林产工业, 2005, 32(2): 5-7.
- [8] 戚大伟. 基于分数布朗随机场与分形参数的原木漏节图像识别[J]. 林业科学, 2004, 40(4): 145-147.
- [9] 尹力. 木材表面缺陷模式特征提取的图像处理方法研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2002.
- [10] 陈永光,王国柱,撒潮,等. 木材表面缺陷边缘形态检测算法的研究[J]. 木材加工机械, 2003, 14(3): 18-22.
- [11] 吴成东,陈莉,康健,等. 胶合板缺陷模糊神经网络检测算法[J]. 沈阳建筑工程学院学报(自然科学版), 2004, 20(3): 228-231.

(责任编辑 姜征、赖威)