

灰度直方图在木材表面缺陷检测中的应用

尹建新, 楼雄伟, 黄美丽

(浙江林学院 信息工程学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 提出了一种基于灰度直方图检测木板材表面缺陷的方法。对图像以 4×4 像素块作 25 级灰度直方图分析, 根据灰度直方图统计中是否有颜色突变来判别木板材是否存在缺陷。缺陷图片在直方图中表现出双峰特征, 利用次波峰确定缺陷部位, 但判别时应排除杂色与纹理因素的干扰。比较次波峰与主波峰的值来消除木材杂色所产生的影响, 即当差值大于 $1/10$ 时, 次波峰代表缺陷颜色。与此同时, 借助于直方图修正排除纹理因素造成的干扰。该方法能有效地识别缺陷图像与正常图像。图 8 参 10

关键词: 林业工程; 灰度直方图; 表面缺陷; 木材检测

中图分类号: S781 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2008)03-0272-05

Application of grey histogram to wood surface defects' detection

YIN Jian-xin, LOU Xiong-wei, HUANG Mei-li

(School of Information Science and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: A method for the detection of defects in the wood surface by grey histogram, which was analyzed by 25 grades for every 4×4 block pixels, was studied in the research. It judged the existence of defects in the woods according to the color break in grey-histogram. Defect pictures had double peaks in the grey-histogram and usually the subordinate peak was the defect part. However, the influential factors including motley and texture were not considered during the first step. The subordinate peak and host peak values were compared to eliminate the disturbance caused by motley. The research findings showed that the subordinate peak value indicated defect color if it was $1/10$ times greater than the value of the host peak. Meanwhile, the disturbance caused by texture could also be eliminated through histogram amendment. [Ch, 8 fig. 10 ref.]

Key words: forest engineering; grey histogram; surface defect; wood detection

木材缺陷(包括节子、腐朽、虫眼等)会直接影响木材产品的强度、外观和档次^[1]。检测并剔除木板材表面的缺陷, 是木制品加工过程中的重要环节; 实现板材的分级分等, 充分合理利用木材资源, 对提高木材的商业价值和经济价值有着重大的意义^[2], 因而板材表面缺陷检测技术变得越来越重要。在传统木制品生产过程中, 常用的检测方式有人工检测、机械检测和射线检测等^[3,4], 主要依靠人的视觉来检测木板材缺陷, 劳动强度大, 效率低。随着计算机技术的发展, 国内外一些学者应用计算机视觉技术和图像处理技术对板材表面缺陷图像进行处理, 试图实现木材缺陷的快速而稳定的检测, 以实现计算机控制下的板材缺陷自动剔除和板材的自动分级分等^[5,6]。在国内, 相关文献^[7-9]报道了木材缺陷检测的一些研究成果。但由于板材表面缺陷在种类、大小、形状和色泽等方面的复杂性与差异性, 且受木材纹理的影响, 目前还没有关于板材表面缺陷检测实时性及鲁棒性与生产流水线要求相适应的快速检测方法的报道。笔者利用木材图片颜色突变在灰度直方图统计分析图中所表现出的波峰特征来检测板材是否存在缺陷, 并实现了缺陷的检测与缺陷的定位。

收稿日期: 2007-09-25; 修回日期: 2007-12-17

基金项目: 浙江省教育厅资助项目(2451005020)

作者简介: 尹建新, 讲师, 硕士, 从事图像处理和模式识别等研究。E-mail: yjx1018@zjfc.edu.cn

1 板材缺陷图像灰度直方图分析统计

1.1 灰度直方图概念及模型化

灰度直方图是灰度值的函数。它描述了图像中具有该灰度值的像素的个数，其横坐标表示像素的灰度级别，纵坐标表示的是该灰度出现的频率(像素的个数)^[10]。

一幅连续图像中具有灰度级 D 的所有轮廓线包围的面积用阈值面积函数 $A(D)$ 来表示。直方图可定义为：

$$H(D) = \lim_{\Delta D \rightarrow 0} \frac{A(D) - A(D + \Delta D)}{\Delta D} = -\frac{d}{dD}A(D) \tag{1}$$

即一幅连续图像的直方图是其面积函数的导数的负值。如果将图像看成是 1 个二维的随机变量，则面积函数相当于其累积分布函数，而灰度直方图相当于其概率密度函数。

对于离散函数，我们固定为 1，则式(1)变为： $H(D) = A(D) - A(D + 1)$ 。因此，对于数字图像，任意灰度级 D 的面积函数就是大于或等于灰度值 D 的像素的个数。

1.2 板材缺陷图像灰度化及模糊处理

由于我们需要提取颜色的是突变特征，而不必关心缺陷部分的颜色。因此，可以先把 RGB 图像转换成灰度图像，以降低提取特征的难度。系统对采集的 RGB 图像(图 1-a)用加权平均值法进行灰度化处理。实验和理论推导证明，当 $W_R = 0.30$ ， $W_G = 0.59$ ， $W_B = 0.11$ 时，即当 $V_g = 0.30R + 0.59G + 0.11B$ ， $R = G = B = V_g/3$ 时，能得到最合理的灰度图像，如图 1-b 所示。其中： W_R ， W_G ， W_B 分别为 R ， G ， B 的权值。

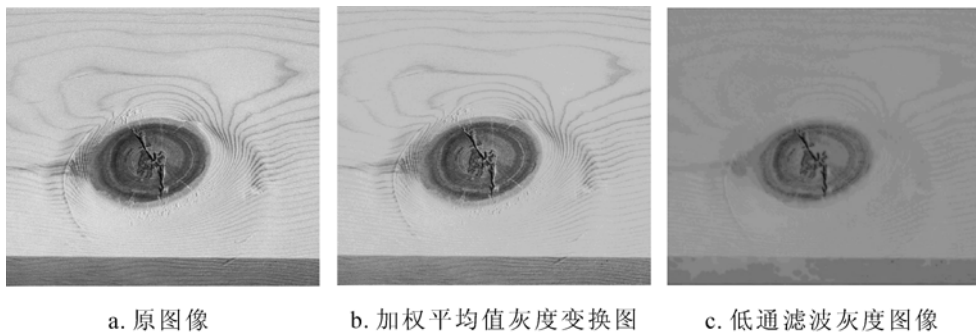


图 1 缺陷图像灰度化及模糊处理

Figure 1 Defect image grey and fuzzy processing

为了降低纹理对判别的影响，我们先对图片进行模糊处理，以减少纹理对判别的干扰。图像的模糊采用低通滤波实现，其中低通滤波器：

$$L_p = \begin{bmatrix} 1/16 & 1/8 & 1/16 \\ 1/8 & 1/4 & 1/8 \\ 1/16 & 1/8 & 1/16 \end{bmatrix}$$

得到的效果图如图 1-c 所示。

1.3 板材缺陷图像灰度直方图分析统计

对经灰度处理后的图像做直方图的分析。如图 2 所示的边缺陷图片做了 3 种类型的直方图分析。①每一像素作 256 级灰度直方图分析得到如图 3-a 所示曲线。② 4×4 像素块作 256 级灰度直方图分析得到如图 3-b 所示曲线。③每一像素作 4×4 像素块 25 级灰度直方图分析得到如图 3-c 所示曲线。

从以上 3 种方法得出的直方图可以看出，第 3 种方法所绘出的直方图(图 3-c)，曲线趋于平和，特征明显，容易进行特

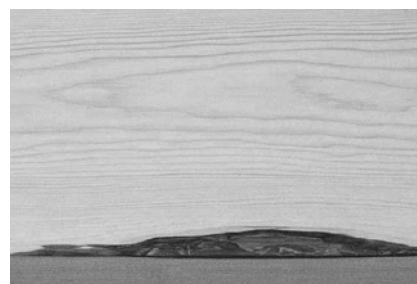


图 2 原始缺陷图像

Figure 2 The original defect image

征判别, 所以系统选用第3种方式, 即4×4像素块25级灰度统计来处理。

得出直方图后, 需要对直方图进行分析, 从而得出是否存在缺陷。对一张正常木材图片进行分析时, 由于图片颜色色彩单一, 纹理均匀, 转化成灰度图后, 经模糊处理, 其灰度颜色集中, 无大幅度波动。反之, 若对一张缺陷图片进行分析时, 由于缺陷部位颜色发生突变, 经预处理后, 缺陷部分颜色依然非常明显, 与其余部分颜色大不相同。利用此特点, 可以从直方图曲线中发现, 若存在明显的波峰变化, 则可能是缺陷图片, 否则若直方图曲线只有一个波峰, 则可能是正常木材图片。

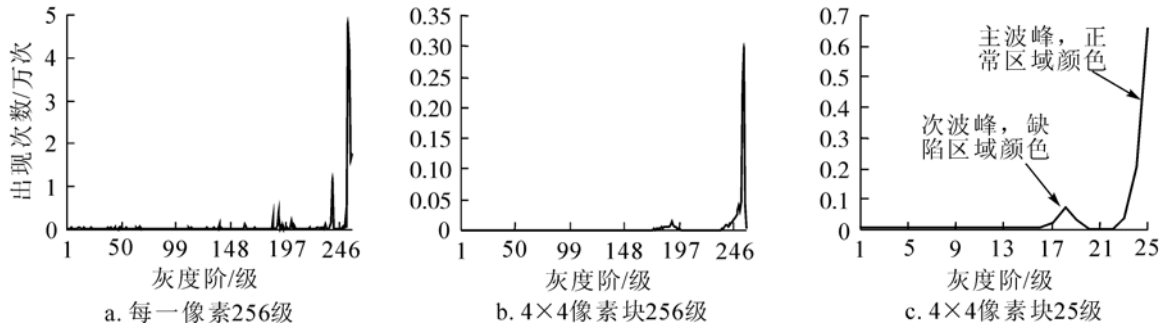


图3 3种不同方式的灰度直方图统计

Figure 3 Three styles grey histogram Statistic

例如: 从图3-c可以看出灰度阶为24~25的区域的颜色属于正常木材的颜色区域, 而灰度阶为18和19的区域的颜色属于缺陷部位的颜色。原因是: 对于大量缺陷图片的统计可以看出, 在一张图片中, 大部分区域往往是正常木材的颜色, 而小部位区域是缺陷区域的颜色。从统计特性看, 正常颜色应该占大部分, 而缺陷颜色次之。因此, 可以对直方图是否存在次波峰进行判别, 若存在次波峰, 这很可能存在缺陷区域, 否则可能为正常木材图片。如图3-c就是对直方图曲线进行判别后得出的结果。

2 缺陷木材判别

2.1 直方图分析与修正

得到灰度直方图曲线后, 需要对曲线进行分析, 以便找出缺陷部位的颜色分布。从前面的分析可以知道, 只要在曲线中找到次波峰, 再对此波峰进行分析, 就能比较容易地确定是否存在缺陷及缺陷部位的颜色。

在找出波峰之前, 首先需要确定出主波峰的位置。主波峰的颜色表示图片正常区域的颜色分布, 再从主波峰开始, 向左向右分别查找次波峰的位置。由于曲线的分布成线性关系, 所以可以利用曲线的一次导函数求得各极值点的位置及大小, 其中最大值为正常木材部分的颜色, 而次大值就是缺陷部位的颜色。但是, 这里存在2个问题: ①次大值是否一定是缺陷部位的颜色? 如果图片本身没有缺陷, 由于其他一些杂色而造成直方图中的次波峰, 所以需要进一步剔除干扰因素所产生的情况。②由于木材纹理的影响, 在主波峰位置可能会产生很多波峰。这些波峰不能被看成次波峰。

第1个问题的论证如下: 对一张具有杂色的正常木材图片, 以4×4像素块25级得到其灰度级直方图。直方图表现出了双峰特征, 其对应灰度直方图曲线如图4所示。

虽然在灰度阶为19和21的区域是次波峰的颜色区

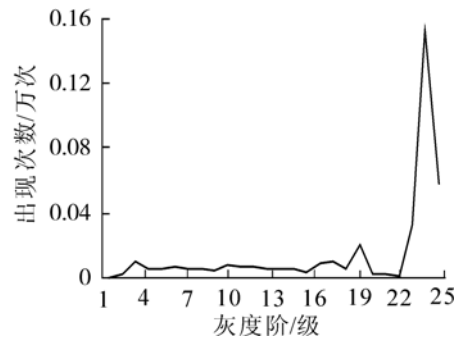


图4 具有杂色的正常图像4×4像素块25级灰度直方图

Figure 4 Twenty-five grades grey histogram every 4×4 block pixels for normal image with variedness

域，但是这里的次波峰便不是缺陷颜色。这一直方图是正常木材图片的直方图曲线，而次波峰的形成只是图片中一些杂色或纹理影响而产生的。

解决这一问题的办法是比较相邻次波峰与主波峰值的关系。经测试统计，当次波峰值比上一主波峰值大于 1/10 时，次波峰往往代表缺陷颜色；当小于 1/10 时，次波峰颜色往往是杂色或纹理产生的颜色。

第 2 个问题的论证如下：对一张具有纹理的正常木材图片依然做同样的处理，得到 4 × 4 像素块 25 级灰度级直方图，如图 5 所示。

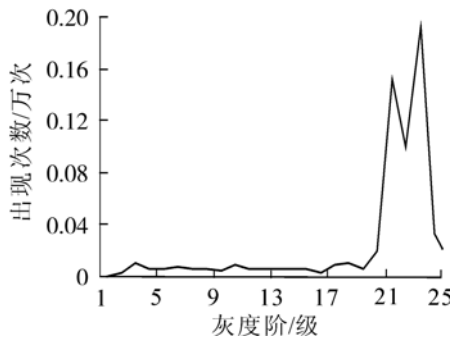


图 5 具有纹理的正常图像 4 × 4 像素块 25 级灰度直方图

Figure 5 25 grades grey histogram every 4 × 4 block pixels for normal image with texture

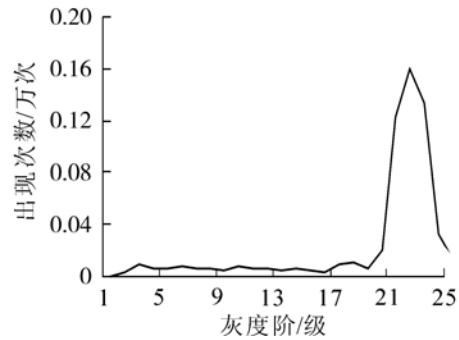


图 6 修正后的灰度直方图

Figure 6 The amendment grey histogram

从图 5 可以看出，2 个波峰靠得很近，其实这 2 个波峰都属于板材本身的颜色（纹理颜色），但是由于纹理颜色差别比较大，所以产生了锯齿现象。对于这种情况，需要对直方图进行平缓处理，使用高阶曲线函数方程对直方图曲线加以修正。修正后的直方图曲线如图 6 所示，这时表示的图片特征是没有缺陷的正常图片。

2.2 缺陷识别与定位

根据以上算法对板材图片进行缺陷检测，通过对图 2 所示的边缺缺陷的木材图片的检测，得到如图 7 所示的缺陷定位图片。从图 7 可以看出，在边缺部分标出了一些深蓝色的点，但是，没有完全画出缺陷边界，同时在木材正常部位也零星的标出了一些缺陷点，因此，需要对判别结果做进一步的处理，即滤波、边缘检测等处理。

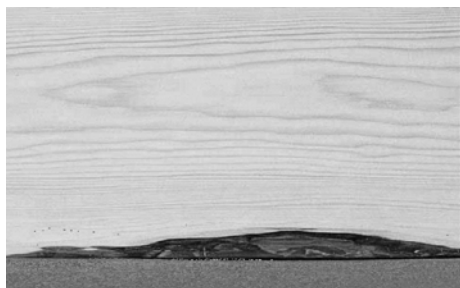


图 7 缺陷识别与定位结果图

Figure 7 The recognition and location for defect

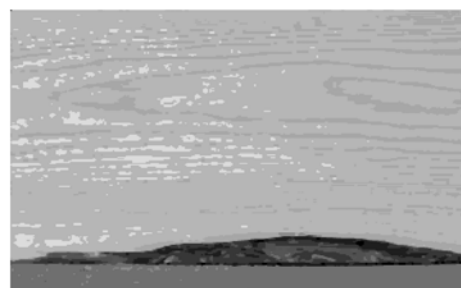


图 8 中值滤波后效果

Figure 8 The median filter effect

3 缺陷图像滤波与插值处理

3.1 滤波

从图 7 中可以发现，在木材的正常部位其中有一些标示为缺陷的分散点，所以需要对它进行滤

波。中值滤波对于消除孤立点和线段的干扰十分有用,而且可以使边缘模糊效应大大降低,其突出的优点是在消除噪声的同时,还能保护边界信息。

从图像表现特征,适合选择中值滤波来消除这些分散点,采用 3×3 邻域窗中值滤波法对含有分散点的缺陷图片(图7)进行滤波,得到的结果如图8所示。可以看出,图片中的孤立点得到了较好的消除。

3.2 插值处理

实验证明,缺陷部位的点密集,单位面积上点的数量较多。因此,可以利用插值算法对这些点进行增强,使离散的点连成片,从而得出缺陷部位的边界。由于缺陷部位相对于整张图像来说面积比较小,因此,采用三次卷积法对图像进行插值。其优点是图像质量高,不会出现像素值不连续的情况,缺点是计算量大。

其具体实现方法为:考虑1个浮点坐标 $(i+u, j+v)$ 周围的16个邻点,目的像素值 $f(i+u, j+v)$ 可由如下插值公式得到:

$$f(i+u, j+v) = [A] \times [B] \times [C]。 \quad (2)$$

$$[A] = [S(u+1) \quad S(u+0) \quad S(u-1) \quad S(u-2)],$$

$$[B] = \begin{bmatrix} f(i-1, j-1) & f(i-1, j+0) & f(i-1, j+1) & f(i-1, j+2) \\ f(i+0, j-1) & f(i+0, j+0) & f(i+0, j+1) & f(i+0, j+2) \\ f(i+1, j-1) & f(i+1, j+0) & f(i+1, j+1) & f(i+1, j+2) \\ f(i+2, j-1) & f(i+2, j+0) & f(i+2, j+1) & f(i+2, j+2) \end{bmatrix}, \quad [C] = \begin{bmatrix} S(v+1) \\ S(v+0) \\ S(v-1) \\ S(v-2) \end{bmatrix}。$$

$$S(x) = \begin{cases} 1 - 2ABSx^2 + ABSx^3, & 0 \leq ABSx < 1 \\ 4 - 8ABSx + 5ABSx^2 - ABSx^3, & 1 \leq ABSx < 2 \\ 0, & ABSx \geq 2 \end{cases}$$

其中: $S(x)$ 是对 $\sin(\pi x)/x$ 的逼近。

滤波与插值处理是为板材表面缺陷检测下一步的图像分割与边缘检测作准备的,因为至此表面缺陷的检测只是完成了工作的第一步。如果应用模式识别中的神经网络来实现板材表面缺陷检测,第1级神经网络设计可应用本论文使用的方法将木材分类出有缺陷和无缺陷2类,第2级神经网络设计用于检测出缺陷的类型^[9]。

4 结论

本研究利用缺陷部分颜色突变这一特点,统计分析其灰度直方图所表现出的波峰特征,能有效地实现缺陷板材与正常板材的分类。实验结果表明,这一方法有效地改善了以往缺陷检测算法的复杂性,基本能适应木材检测的实时性要求。研究的后续工作是对缺陷板材进行缺陷类型的分类,关于这方面的研究将在以后的论文中探讨。

参考文献:

- [1] 尹思慈. 木材品质和缺陷[M]. 北京:中国林业出版社,1990.
- [2] 杨春梅,胡万义,白帆,等. 木材缺陷检测理论及方法的发展[J]. 林业机械与木工设备,2004,32(3):8-10.
- [3] 王立海,杨学春,徐凯宏. 木材缺陷无损检测技术研究现状[J]. 林业科技,2002,27(3):35-38.
- [4] 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.
- [5] 韩彦芳,施鹏飞. 基于数字图像处理的表面缺损检测技术[J]. 测控技术,2005,24(9):15-18.
- [6] 徐贵力,毛罕平,李萍萍. 缺素叶片彩色图像颜色特征提取的研究[J]. 农业工程学报,2002,18(4):150-154.
- [7] 戚大伟,牟洪波. 人工神经网络在木材缺陷检测中的应用[J]. 森林工程,2006,22(1):21-23.
- [8] 刘一星. 进出口木材检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [9] 林文树,杨慧敏,王立海. 超声波与应力波在木材内部缺陷检测中的对比研究[J]. 林业科技,2005,30(2):39-41.
- [10] 丁建文,王宝山,徐兆军. 基于灰度直方图分析的原木CT图像分割[J]. 木材加工机械,2006(5):1-4.