

研究与开发

木材缺陷图像的灰度形态滤波

王国柱¹, 周海宾², 李文彬³, 撒 潮³

(1. 北京林业大学研究生院, 北京 100083; 2. 中国林业科学研究院木材工业研究所, 北京 100091;

3. 北京林业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 介绍数学形态学中的灰度形态滤波方法, 给出对木材缺陷图像进行闭、开运算处理后的仿真图像实例, 利用木材缺陷图像截面灰度分布对处理效果进行分析。结果表明: 采用灰度形态滤波方法对木材缺陷图像进行滤波处理, 可有效去除木材缺陷图像中的噪声, 改善图像的视觉效果, 提高后期缺陷边缘检测的精确度, 从而证明该方法对木材缺陷图像进行滤波处理是可行的。

关键词: 木材缺陷; 图像处理; 灰度形态滤波; 结构元素

中图分类号: TS6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-8654(2005)05-0017-03

Gray Morphology Filtering for Wood Defect Images

WANG Guo-zhu¹, ZHOU Hai-bin², LI Wen-bin³, SA Chao³

(1. Graduate School of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Research Institute of Wood Industry,

Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 3. Industry School of Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper first defined gray morphology filtering methods based on mathematical morphology, followed with examples of a wood defect image treated before and after open, as well as closed, filtering treatments. By observing the sectional gray distribution of the wood defect image, the effects of the filtering treatments were determined. Results found that gray morphology filtering could effectively remove noise in wood defect images, improve image vision and heighten accuracy for edge detection. The results verified the feasibility of applying gray morphology filtering to treat wood defect images.

Key words: wood defect; image processing; morphology filtering; structuring element

在现代木材加工技术中, 板材缺陷的识别和定位是非常重要的环节, 直接影响木材的出材率和等级率。但是板材表面中常包含木纹、杂质和噪声等无用图像信息, 显著降低了边缘检测和图像分割的质量, 滤除这部分信息不仅能平滑图像、增强图像质量, 而且可以减少边缘检测的不确定性和运算量。

传统的木材缺陷边缘检测方法^[1-2]先对灰度图像选取适当阈值转为二值图像, 再用基于二值图像的形态变换来进行滤波和边缘检测, 在处理过程中会丢失大量有用的图像信息; 同时, 由于木纹的灰度值与缺

陷灰度值接近, 有时甚至大于缺陷灰度值, 也会残留大量的木纹图像, 给边缘检测和图像分割带来很大困难。为了解决这些问题, 基于数学形态学, 笔者尝试利用灰度形态滤波对木材缺陷图像进行处理, 以期找到一种效果更好的图像滤波和平滑处理方法, 提高缺陷边缘检测的精确度。

1 灰度形态的开、闭运算^[3-6]

数学形态学中的开、闭运算可以除去图像中的随机噪声。如图像在形成或传输过程中, 产生椒盐状的噪声, 可以用一个直径略大于最大噪声点的圆形结构元素 B 对图像进行开运算, 消去图像外部背景噪声; 而用同一结构元素对图像进行闭运算, 可消去图像内部(前景)中的噪声。

收稿日期: 2004-10-29; 修改稿: 2005-08-18

基金项目: 教育部“211”工程、振兴行动计划资助课题“木材表面缺陷计算机视觉检测”。

作者简介: 王国柱(1973—), 男, 北京林业大学研究生院讲师, 硕士。

通讯作者: 周海宾(1977—), 男, 中国林科院木材工业研究所博士。

1.1 开运算

原图 A 被结构元素 B 开记为 $A \circ B$, 定义为:

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \tag{1}$$

式(1)表示先腐蚀、后膨胀,是腐蚀和膨胀运算的串行复合,可以除去灰度曲面中的“突起”或“山峰”。其中结构元素 B 又称结构子,是由点的集合构成的各种形状,如线性、圆形、方形等,相当于在图像中不断移动的“探针”,以考察各个部分的关系;不同的点的集合形成不同性质的结构子,来检测图像不同侧面的特征,如目标的大小、形状、连通性和方向等。

图 1a 所示曲线 A 是灰度曲面 $A(x, y)$ 当 $y = y_0$ 时的一个截面,记为 $A(t)$ (t 为 x 轴方向上长度),其形状为一连串的峰谷。从几何角度直观地描述 $A \circ B$,可以看作将 B 贴着 A 的下沿滚动,并在每一点记录结构元素的最高点。设结构元素 B 是圆形的,对图 1a 进行开运算,结果如图 1b 所示,可以看出,所有比 B 直径小的山峰的高度和尖锐度都减弱了,说明开运算操作消除了比结构元素尺寸小的亮细节,而使图像整体灰度值和大的亮区域基本不受影响。

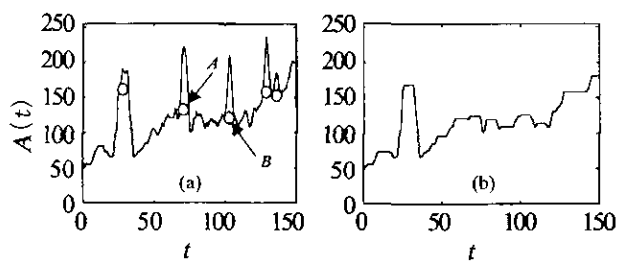


图 1 灰度开运算示意图
Fig. 1 Gray opening operation

1.2 闭运算

原图 A 被结构元素 B 闭记为 $A \ominus B$, 定义为:

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \tag{2}$$

式(2)表明,灰度闭也是腐蚀和膨胀运算的串行复合,同二值闭运算相似,可以除去灰度曲面中的“凹坑”或“低谷”。对于 $A \cdot B$,可以看作将 B 贴着 A 的上沿从一端滚到另一端。图 2b 是对图 1b 闭运算的

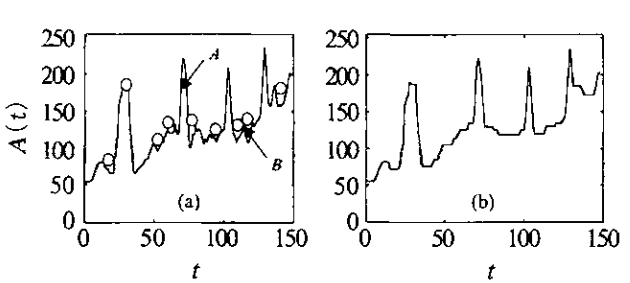


图 2 灰度闭运算示意图
Fig. 2 Gray closing operation

结果,可以看出山峰基本没有变化,而所有比 B 小的山谷得到了填充。实际中常用闭运算操作消除比结构元素尺寸较小的暗细节,并保持图像整体灰度值和暗区域不受影响。

2 灰度形态学滤波

在形态学滤波灰度闭运算中,结构元素的选择非常重要,既要做到筛除半径小于结构元素的区域,平滑表面图像,又要做到较完整地保存缺陷图像边缘。木纹由许多细小的曲线纹理构成,杂质和噪声主要为细小的点状物,而缺陷则为面积较大的团状物或块状物。

在确定结构元素大小的试验中,发现采用 3 个以上像素点构成的集合 ($B > 3$) 进行图像处理时,会筛除部分缺陷边缘区域,故选取圆形结构元素 $B = 2$ (图 3a) 对原始图像 (图 3b) 进行处理。通过闭运算得到

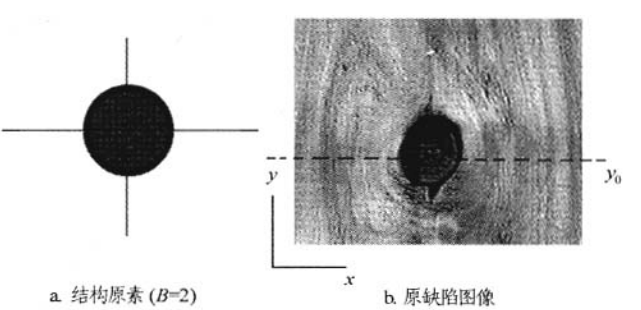


图 3 结构元素和原缺陷图像
Fig. 3 Structuring element and an original defect image

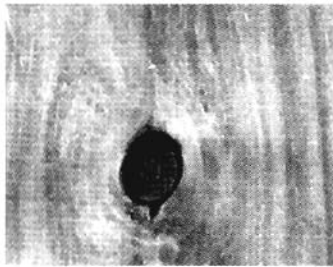


图 4 闭运算滤波后图像 ($B = 2$)
Fig. 4 The image after close filtering



图 5 开运算滤波后图像 ($B = 2$)
Fig. 5 The image after open filtering

图 4 滤波图像,可以看出,噪声得到抑制,图像平滑,但还有部分明显的尖锐噪声。再对图 4 开运算,得到图 5 滤波图像,不仅噪声得到有效抑制,图像平滑,而且其边缘较为清晰。

从缺陷板材截面灰度分布曲线,可以更明显地看到闭、开滤波处理图像的效果。图 6 是图 3b 中虚线位置的灰度分布曲线,其中有一明显的凸峰,即为缺陷波形,凸峰顶端两个尖峰为缺陷的边缘突变。图 7 是对图 6 闭运算的处理结果,滤掉了信号下方的噪声尖峰,图像有一个小的下偏移。图 8 是对图 6 开运算的处理结果,滤掉了信号上方的噪声尖峰,图像有一个小的上偏移。图 9 是对图 6 先闭、后开运算的处理结果,滤掉了噪声尖峰,有效地平滑了图像,抑制了噪声,缺陷边缘清晰,也减弱了图像的偏移。

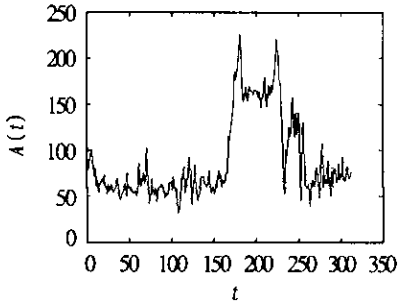


图 6 缺陷板材截面灰度分布

Fig. 6 Gray distribution of the section with defects

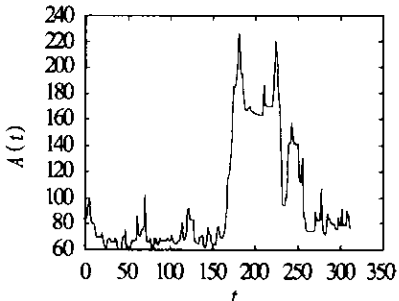


图 7 闭运算后缺陷截面图像

Fig. 7 Gray distribution of the section after close filtering

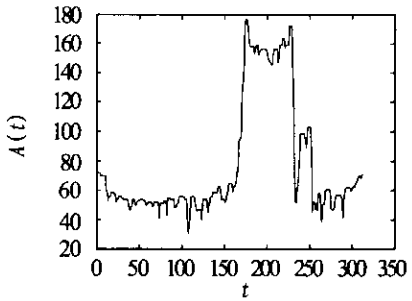


图 8 开运算后缺陷截面图像

Fig. 8 Gray distribution of the section after open filtering

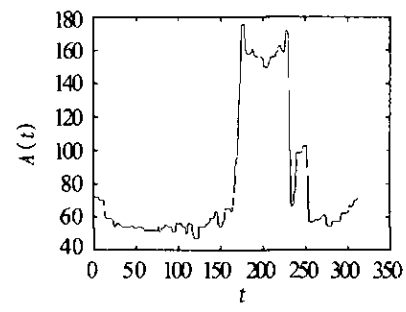


图 9 闭开运算后缺陷截面图像

Fig. 9 Gray distribution of the section after first close, then open filtering

3 结论

滤波前后图像的对比显示,在木材缺陷边缘检测中,利用灰度形态滤波对图像进行形态滤波和图像平滑等处理,只要结构元素选取正确,就可以有效去除部分木纹和杂质,滤除噪声,均衡目标灰度,改善图像的视觉效果。

经过形态滤波后的缺陷图像具有较高的信噪比,利用灰度形态学梯度可比较容易地检测出图像边缘,克服了对梯度图像进行阈值处理时阈值选取困难的缺点。基于数学形态学的灰度形态滤波算法简单、快速,可以并行处理,且易于硬件的实现。

参考文献:

- [1] 王克奇. 木质材料表面缺陷计算机视觉测量的识别方法[J]. 林业科学, 1996, 32(1): 92-96.
- [2] 王金满. 木质材料计算机视觉分析[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1998.
- [3] 崔屹. 图像处理与分析: 数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [4] 刘志敏, 杨杰. 基于数学形态学的图像形态滤波[J]. 红外与激光工程, 1999, 28(4): 10-15.
- [5] 张英琦, 何洪涛. 一种基于数学形态学的灰度图像边缘检测方法[J]. 西南交通大学学报, 1996, 31(5): 555-558.
- [6] Dougherty E R. Mathematical Morphological Image Processing [M]. New York: Marcel Dekker, 1993.

(责任编辑 向 琴)

欢迎订阅

2006 年《木材工业》杂志

邮发代号 2-311

欢迎发布信息,刊登广告