

印红群,吴达胜. 5 种小波阈值去噪法处理木材缺陷图像的仿真比较[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):288-290.

5 种小波阈值去噪法处理木材缺陷图像的仿真比较

印红群¹, 吴达胜^{1,2}

(1. 浙江农林大学信息工程学院,浙江临安 311300; 2. 浙江大学信息学院,浙江杭州 310000)

摘要:针对当前木材缺陷图像小波阈值去噪法存在的不足,通过引入 3 种典型的平滑和非平滑小波阈值去噪法,将其与软、硬阈值法一同在 Matlab 环境下进行仿真对比分析,从而优选出消去平滑小波阈值去噪法这一总体最为理想的木材缺陷图像处理法,改善了木材缺陷无损检测的效果,为小波阈值去噪法在木材缺陷检测上的应用提供一个新选择。

关键词:小波;阈值去噪法;木材缺陷图像;无损检测

中图分类号:S781.5;TP391.41

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2013)05-0288-02

木材缺陷检测是木材加工的重要准备工序之一。只有首先准确地确定好木材缺陷的位置、形状、大小,才能对木材缺陷进行针对性加工处理,然后才能进入后续工序。由于木材缺陷种类繁多,形态和颜色各异,加上木材本身的纹理图案不同也带来大量的噪声冗余,大大增加了识别难度。要实现木材缺陷的自动检测与定位,木材缺陷图像处理方法的研究一直都是这一课题的热点和难点问题^[1-3]。小波变换法能在不同大小尺度上分析图像,其局部化特性突出,高频分量有丰富的细节边缘信息^[4],能够实现准确边缘分割从而重构出高质量的图像。通过运用小波变换法,根据频段不同把图像在整个频域内进行分解,然后再对各频段图像进行并行处理,在有效实现了图像分割的同时,减少曲线演化次数而极大地提高计算速度^[5-8]。目前应用较多的软、硬阈值法拥有小波变换的良好特性,实现简单、计算量小并且效果不错^[8-9],然而两者都存在一些难以克服的缺陷,如硬阈值函数法存在间断点,而软阈值函数法的真实信号小波系数与估计的小波系数之间存在恒定偏差,从而对去噪效果都产生一定的干扰性影响^[10]。为避免这 2 种方法的缺陷,研究人员提出了一些新的小波阈值去噪法,改善了去噪效果,大大拓展了其应用前景^[11-12]。本研究引入了平滑和非平滑小波阈值去噪法的几种典型方法,并将它们与软、硬阈值法一同在 Matlab 环境下进行仿真对比,并在此基础上优选出了综合效果最好的木材缺陷图像处理法,从而改进了木材无损检测的方法,为小波阈值去噪法在木材缺陷检测上的应用提供一个新方案。

1 试验的硬件与软件环境

1.1 试验设备

本试验选择内含中空缺陷的标准榆木件。试验设备为 XXQ-2005 型变频气绝缘携带式 X 射线探伤机,暗箱(内装

有微光摄像机和接收屏),具有半自动化检测功能的传动系统。

1.2 小波阈值去噪原理与步骤

小波阈值法的去噪原理:含噪图像信号经小波变换后得到小波系数,若该小波系数大于给定阈值,则认为此系数含有信号分量而予以保留;若其小于给定阈值,则认为其不含信号分量而主要是噪声干扰的结果而滤掉,从而去除噪声。选择何种小波、分解层数、阈值函数和阈值的选取都是影响小波去噪效果的重要因素。具体步骤如下:(1)选择合适的去噪小波与分解层数来处理含噪信号,在各个尺度上进行小波分解而获得小波系数;(2)保留全部的低分辨率下小波系数,保留大于和等于给定阈值的高分辨率下各尺度小波系数,而将低于该值的系数置零;(3)将保留的小波系数用逆小波变换进行重构获得去噪后信号。

1.3 去噪小波函数类型与分解层数的选取

根据小波阈值去噪的原理可见,研究的第一步就是去噪小波类型及分解层数的选择。本研究通过试验来选择适合木材缺陷图像去噪的小波函数类型与分解层数。去噪小波函数类型的选取:对于同一图像,采用不同的小波函数处理将产生不同的结果,要结合木材缺陷图像阈值去噪的要求来选择合适的函数类型。选取 CoifN 小波不同的 n 值和 Bior5.5、Db5、sym5、Coif5 对木材标准件图像进行去噪,根据 MSE 值和 PSNR 值大小来选择合适的去噪小波。试验结果表明,对于木材空心缺陷图像来说,具有双正交性、近似对称性和紧支撑性的 CoifN 小波函数去噪效果优于其他小波,且 $n=5$ 时到达最优。另外,在层数选择上, $J=2$ 时 MSE 值最小且 PSNR 值最大,但尺度过于小而不利于噪声与信号的分离; $J=6$ 时, MSE 值和 PSNR 值都较好,但层数太多容易造成失真严重,导致重构时误差大。综合来看当 $J=5$ 时层数适中, MSE 值和 PSNR 值都能兼顾,因此比较合适。在阈值选取试验中,发现默认阈值去噪法使空心标准件图像的模糊度增加,失真明显,而局部阈值和给定阈值去噪法都得到较好的视觉效果。同时 MSE 值和 PSNR 值的定量分析也显示,局部阈值去噪法的 MSE 值较小,和 PSNR 值比较大,优于全局阈值去噪法,相对更适合木材缺陷图像的去噪。

1.4 木材缺陷图像去噪的 5 种阈值量化法

阈值量化的关键是量化方法及策略的选择。根据对部分

收稿日期:2012-12-16

基金项目:浙江省自然科学基金项目(编号:Y3090061、Y1080777)。

作者简介:印红群(1973—),女,湖北人,硕士研究生,讲师,研究方向为计算机图形图像处理、森林资源信息管理系统设计。E-mail:252210637@qq.com。

通信作者:吴达胜,博士,副教授,研究方向为数据挖掘、森林资源信息管理与信息系统设计。E-mail:wuds@zafu.edu.cn。

小波系数超过和低于给定的阈值的不同处理策略和不同估计方法,将阈值量化方法分为硬阈值、软阈值、平滑和非平滑阈值法。其中平滑和非平滑阈值法各有多种不同的处理方法。本研究将选择典型方法,通过仿真模拟比较其在木材缺陷图像去噪处理中的效果,从而筛选出适合木材无损检测的最优方法。

1.4.1 硬阈值 是指将绝对值大于或等于阈值 T 的小波系数予以保留,而其他小波系数则作为噪声置 0,可表示为

$$\hat{W}_{j,k} = \begin{cases} W_{j,k} & |W_{j,k}| \geq T \\ 0 & |W_{j,k}| < T \end{cases}$$

其中: $W_{j,k}$ 为含噪信号经小波变换后的系数, $\hat{W}_{j,k}$ 为经阈值去噪后 $W_{j,k}$ 的估计值, T 为给定的阈值变量(下同)。

1.4.2 软阈值 是指将绝对值大于或等于阈值 T 的小波系数,向着减小系数幅值的方向做一个收缩,而其他小波系数置 0,可表示为(sgn 表示符号函数)

$$\hat{W}_{j,k} = \begin{cases} \text{sgn}(W_{j,k})(|W_{j,k}| - T) & |W_{j,k}| \geq T \\ 0 & |W_{j,k}| < T \end{cases}$$

1.4.3 指数平滑阈值法 平滑阈值函数是指在 $W_{j,k} = T$ 处连续的阈值函数系列,其包括指数平滑阈值函数、对数平滑阈值函数、消去平滑阈值函数和比值平滑阈值函数等。本研究在试验比较之后,选择去噪效果相对较好的指数平滑阈值函数和消去平滑阈值函数做为平滑阈值函数的典型代表来进行本试验,其中指数平滑阈值函数的表达式为:

$$\hat{W}_{j,k} = \begin{cases} \mu W_{j,k} + \text{sgn}(W_{j,k})(1 - \mu)(|W_{j,k}| - T) & |W_{j,k}| \geq T \\ 0 & |W_{j,k}| < T \end{cases}$$

其中: $\mu = 1 - \exp[-m(|W_{j,k}| - T)^2]$ ($m > 0$), 且 $0 \leq \mu \leq 1$, m 为调节因子。该函数在 $W_{j,k} = T$ 处连续。随着 $W_{j,k}$ 增大, μ 收敛于 0,从而使 $\hat{W}_{j,k}$ 趋近 $W_{j,k}$ 。因子 m 可以调整 μ 的大小,这样就能使指数阈值函数界于硬阈值函数和软阈值函数两者之间。

1.4.4 消去平滑阈值法 消去平滑阈值函数运用了消去法的思想,其函数的表达式为:

$$\hat{W}_{j,k} = \begin{cases} \text{sgn}(W_{j,k}) \left[|W_{j,k}| - \frac{T}{\ln(|W_{j,k}| - T + 1)} \right] & |W_{j,k}| \geq T \\ 0 & |W_{j,k}| < T \end{cases}$$

1.4.5 折中非平滑阈值法 非平滑阈值函数主要有折中非平滑阈值法和均方根非平滑阈值法。通过试验发现,折中非平滑阈值法在处理木材缺陷图像方面优于均方根非平滑阈值法,因此选择前者来代表非平滑阈值法进行去噪效果比较,其函数表达式为:

$$\hat{W}_{j,k} = \begin{cases} W_{j,k} + \alpha T + 2\alpha T / (1 + e^{W_{j,k}}) & |W_{j,k}| \geq T \\ 0 & |W_{j,k}| < T \end{cases}$$

其中: α 为可变参数,且 $\alpha \in [0, 1]$ 。 $\alpha = 0$ 时满足硬阈值函数的要求; $\alpha = 1$ 时满足软阈值函数的要求。 e 为自然对数。 α 值的变动能有效调节小波系数的绝对值与估计值之间的恒定偏差。阈值折中法仅对软、硬阈值函数进行了折中,无平滑作用。

2 结果与分析

为优选出木材缺陷处理的最优方法,对以上 5 种阈值函

数进行了对比仿真分析,分别用被相同白噪声 (gaussian) 污染的 Blocks、Bumps、Heavisine 及 Doppler 作为输入信号。运用 Daubechies 5 对输入信号进行 5 层分解,选择通用阈值 $\delta \sqrt{2 \ln(N)}_j$ 对分解后的小波系数进行阈值去噪。将去噪信号的 MSE 值与 PSNR 值作为判定指标来比较各种方法的优劣。仿真结果见表 1 与表 2。MSE 与 PSNR 的函数表达式分别为:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (f - f_c)^2}{n}$$
$$PSNR = 10 \ln \left[\frac{n(2^n - 1)^2}{\sum_{i=1}^n (f - f_c)^2} \right]$$

其中: n 为信号长度, f 为原始输入信号, f_c 为去噪后的信号。

从表 1 和表 2 可见,对比 MSE 值与 PSNR 值,各种去噪法都有各自的优缺点,很难挑选出在每一种输入信号下都优于其他的阈值法。但是综合来看,根据平均值来排序,从 MSE 值来看,消去法 > 指数法 > 硬阈值法 > 折中法 > 软阈值法 (> 表示优于,下同。);从 PSNR 值来看,消去法 > 指数法 > 软阈值法 > 硬阈值法 > 折中法。从排序结果可见,消去法的 2 个指标都排在第 1 位,因此相对更适合于对木材缺陷图像进行去噪处理。

表 1 各种阈值法得到的 MSE 值

输入波形	软阈值法	硬阈值法	折中法	指数法	消去法
Blocks	2.828	1.313	2.223	1.616	1.717
Bumps	2.222	1.717	1.919	1.414	1.414
HeaviSine	0.707	1.212	1.21	0.505	0.404
Doppler	0.606	1.01	1.009	0.707	0.606
平均值	1.591	1.313	1.59	1.061	1.035

表 2 各种阈值法得到的 PSNR 值

输入波形	软阈值法	硬阈值法	折中法	指数法	消去法
Blocks	43.711	50.736	45.95	49.141	48.276
Bumps	22.219	24.424	24.167	26.654	26.127
HeaviSine	61.413	56.463	55.642	64.92	66.603
Doppler	20.914	16.24	17.033	19.951	21.552
平均值	37.064	36.966	35.698	40.167	40.64

3 结语

针对当前常规使用的小波软、硬阈值去噪法存在的不足,本研究通过引入了 3 种典型的平滑和非平滑小波阈值去噪法,将它们与软、硬阈值法一同在 Matlab 环境下进行仿真对比分析后发现,消去平滑小波阈值法在总体上是最为理想的木材缺陷图像处理法。运用这一方法,能在一定程度上提高木材缺陷无损检测的效果,为小波阈值去噪法在木材缺陷检测上的应用提供一个新思路。

参考文献:

[1] 飞思科技产品研发中心. 小波分析理论与 MATLAB 实现[M]. 北京:电子工业出版社,2005:321-330.
[2] 张翠芳. 小波降噪及其在 MATLAB 中的仿真与比较[J]. 信息技术,2008(3):4-5.

颀江,覃川杰,侯平,等. 沱江宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼脂肪酸组成分析[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):290-292.

沱江宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼脂肪酸组成分析

颀江¹,覃川杰¹,侯平¹,龚全²,王永明¹,岳兴建¹,谢碧文¹,齐泽明¹

(1. 内江师范学院生物系,四川内江 641112; 2. 四川省农业科学院水产研究所,四川成都 611731)

摘要:为探求宽体沙鳅及中华沙鳅亲鱼性腺发育对脂肪酸的需求,采用毛细管气相色谱等方法分析了野生宽体沙鳅和中华沙鳅肌肉、肝脏、卵组织中脂肪酸的组成。结果表明,宽体沙鳅和中华沙鳅肌肉中脂肪酸种类丰富,均含 23 种脂肪酸,而其卵组织中只检测到 18 种脂肪酸。肌肉中 C18:1n-9 所占比例最高,其次为 C16:0 及 C22:5n-3,而在卵组织中 C16:0 含量最高,其次为 C18:1n-9 及 C22:6n-3。宽体沙鳅和中华沙鳅卵组织中 C22:5n-3、C20:5n-3、C20:4n-6、PUFA 及 Σ n-3 PUFA 所占比例显著高于肌肉和肝脏($P < 0.05$)。因此,C22:6n-3、C20:5n-3、C20:4n-6 等 PUFA 是宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼性腺发育的重要营养素,为提高宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼卵子的质量,应在亲鱼培育饲料中添加上述脂肪酸。

关键词:中华沙鳅;宽体沙鳅;脂肪酸;卵;肌肉

中图分类号:S917 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2013)05-0290-03

宽体沙鳅(*Botia reevesae*)和中华沙鳅(*Botia superciliaris*)均属于鳅科沙鳅属,是长江上游特有鱼类。它们肉质细嫩,味道鲜美,营养价值和药用价值兼备;体态纤细,体色艳丽,体表具美丽的斑纹,观赏价值和食用价值都很高,市场需求旺盛,价格达到 400~500 元/kg^[1]。目前,宽体沙鳅和中华沙鳅主要通过采集野生亲鱼开展人工繁殖,而长江上游一系列大型水利工程的修建及过度捕捞使得其野生亲鱼资源量急剧下降^[2]。此外,在生产实践中发现,与野生亲鱼相比,驯化养殖后的宽体沙鳅和中华沙鳅亲鱼绝对怀卵量及成熟系数下降明显。因此,开展宽体沙鳅和中华沙鳅的人工驯养及亲鱼培育势在必行。多数鱼类在性腺发育前积累大量脂类,为雌性生殖细胞发育储存必需的重要能源和结构物质,对胚胎发育进程及早期仔鱼的存活至关重要^[3]。亲鱼饵料中脂肪酸的适宜含量对胚胎发育非常重要,亲鱼若缺乏必需脂肪酸(essen-

tial fatty acids,EFA),会影响亲鱼的产卵数以及卵的发育质量,导致鱼卵孵化率下降^[4],而鱼卵含有由胚胎发育和仔鱼生长过渡到外源性营养阶段所必需的全部营养元素。本研究分析了野生亲鱼肌肉、卵等组织脂肪酸组成模式,为宽体沙鳅及中华沙鳅亲鱼的脂类营养需求提供了参考。

1 材料与方法

1.1 材料

宽体沙鳅和中华沙鳅于 2012 年 5—6 月采集于沱江流域(资中段),体长 89.5~121.7 mm,体重 25.5~33.2 g。捕获后,吸干体表水分,检查性腺,取发育至 IV 期的雌鱼各 3 尾,分别取其肌肉、肝脏和卵置于冰箱-20℃保存,备用。

1.2 测定方法

取新鲜样品 2 g,真空冷冻干燥 40 h,干燥完成后称重,将组织磨碎,用索氏抽提法提取脂肪:提取剂为沸程 60~90℃的石油醚,提取时间为 10 h,水浴温度控制在 85℃左右。提取完成后,计算样品中脂肪含量。脂肪酸分析采用毛细管气相色谱法,采用美国 Varian GC23800 气相色谱仪及 CPSil88-for-FAME 毛细管色谱柱,具体操作步骤及方法参照文献^[5]。

1.3 数据分析

用方差分析(ANOVA)和 Tukey's 多重比较检验等处理和

收稿日期:2012-11-05

基金项目:四川省教育厅项目(编号:11ZB025);四川省科技厅项目(编号:2011NZ0075);内江师范学院大学生创新性实验计划项目(编号:X201207);四川省内江市科技局项目(编号:120108)。

作者简介:颀江(1991—),男,四川南充人,水生动物营养学专业。

通信作者:覃川杰,博士,讲师,主要从事水产动物营养学研究。

E-mail:qinchuanjie@126.com。

[3]刘 钊,马艳丽,刘艳霞. 小波阈值图像去噪算法及 MATLAB 仿真实验[J]. 数字技术与应用,2010(6):122-123.

[4]陈 婷,郭金琴,黄文丽. 图像去噪的小波阈值法研究[J]. 软件导刊,2010(2):161-167.

[5]张广群,吴伟志,汪杭军. 基于加速鲁棒特征的木材显微图像自动配准方法[J]. 浙江农林大学学报,2012,29(4):600-605.

[6]Berkner K,Well R O. Smoothness estimates for soft-threshold denoising via translation invariant wavelet transforms[J]. Applied and Computational Harmonic Analysis,2002,12(1):1-24.

[7]Sudha S,Surssh G R,Sukanesh R. Wavelet based image denoising using adaptive thresholding[C]//International conference on computational intelligence and multimedia applications. 2007:296-300.

[8]Chen Y,Han C. Adaptive wavelet threshold for image denosing[J]. IEEE Electronics Letters,2005,10(11):77-83.

[9]Chang S G,Yu B,Vetterli M. Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression[J]. IEEE Trans on Image Processing,2000,9(9):1532-1546.

[10]Peng Y H. Denoising by modified soft-thresholding[J]. IEEE Trans on IT,2000,63:760-762.

[11]孙釜培,王朝英. 小波分析和小波包在图像消噪中的应用[J]. 通信技术,2009,42(1):285-287.

[12]王阿川,仇逊超. 木材缺陷识别新方法——改进 C-V 模型与小波变换[J]. 计算机工程与应用,2011(8):211-215.