

王永昌,田景文. 基于离散脊波变换的农作物图像去噪算法[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):425-427.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.132

基于离散脊波变换的农作物图像去噪算法

王永昌, 田景文

(黔东南民族职业技术学院生物与环境工程系, 贵州黔东南 556000)

摘要: 由于农作物生长环境的复杂性, 导致在获取农作物图像过程中或多或少存在一定程度的噪声, 这给农作物成熟果实的自动化采摘造成了很大不便。因此, 结合离散脊波变换, 提出了 1 种农作物图像自适应去噪算法, 该算法通过对图像实现多尺度脊波变换, 保持低频分解系数不变, 对于高频分解系数, 首先分别采用改进非局部均值滤波算法(improved non-local means filtering, INLM)以及改进小波硬阈值去噪模型进行消噪; 然后实现低频分解系数与各自消噪后的高频分解系数重构, 从而获得 2 幅重构图像; 最后实现 2 幅重构图像的等权融合处理, 获得消噪后的农作物图像。结合相关试验, 分别将该算法与经典非局部均值滤波算法(non-local means filtering, NLM)、已有的改进非局部均值滤波算法以及小波硬阈值去噪算法进行去噪效果比较, 主观、客观分析结果表明, 用该研究算法处理后的图像清晰度较高且残留噪声较少。

关键词: 农作物; 图像; 离散脊波变换; 非局部均值滤波算法; 改进非局部均值滤波算法; 改进小波硬阈值去噪模型
中图分类号: TP391.4; S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0425-03

实现对农作物成熟果实的自动化采摘日渐成为农业信息化领域的研究热点。用机器人采摘成熟农作物的前提是对获取的图像进行准确的目标分析和判别, 但是由于农作物生长环境的复杂性以及机器人图像拍摄系统电压不稳定等因素的存在, 导致获取的图像或多或少存在一定程度的噪声, 使得图像的清晰度下降, 从而影响目标识别的准确性^[1]。近年来, 大量计算机图像处理算法的涌现, 为农作物图像处理提供了诸多有益思路, 如周洪刚等将 Ostu 分割方法与面积阈值去噪方法相结合实现对成熟柑橘的有效识别^[2]; 赵亚凤等将遗传算法与自适应同态滤波算法相结合, 应用于处理原木端面图像^[3]; 有人采用支持向量机(support vector machine, SVM)将绿色植物从农田图像中精确地分割出来; 杨福增等将杂交小波变换应用于消除农产品图像中的随机噪声, 取得了较好效果^[4]; 贺智涛等采用数学形态学方法成功地从种子图像中检测出边缘轮廓线^[5]。离散脊波变换作为 1 种新型图像处理与分析方法, 相对于小波变换而言能够更好地刻画图像的边缘等细节信息, 且具有较好的方向性^[6-7]。因此, 鉴于离散脊波变换的优良性能, 提出了 1 种基于离散脊波变换的农作物图像去噪算法。

1 图像离散脊波变换原理

记任一光滑函数为 φ , 若该函数满足以下条件:

$$\begin{cases} \int \varphi(x) dx = 0 \\ H_\phi = \int \frac{|\varphi(x)|^2}{|x|^2} dx < \infty \end{cases} \quad (1)$$

式中: x 为变量; 函数 H_ϕ 可称为容许激励函数, 对于任一参数集合 Φ 而言, H_ϕ 所生成的脊波函数 $\varphi_\phi(x)$ 可定义成:

$$\varphi_{a,b,\alpha} = \sqrt{a} \varphi[(x_1 \cos \alpha + x_2 \sin \alpha - b)/a] \quad (2)$$

式中: (x_1, x_2) 为二维平面中任意一点的坐标值; a 为脊波函数的尺度参数; b 为脊波函数的位置参数; α 为脊波函数的方向参数。

分别对参数 a, b, α 进行离散化, 可得:

$$\begin{cases} a_i = 2^{-i} \\ b_{i,j} = 2\pi i \times 2^{-j} \\ \alpha_{i,j} = 2\pi \times 2^{-j} \end{cases} \quad (3)$$

式中: $a_i, b_{i,j}, \alpha_{i,j}$ 分别为 a, b, α 在尺度 i, j 下的离散化结果; $i, j = 0, 1, 2, \dots, 2^{n-1} - 1$; n 为图像尺寸大小。

于是, 有如下关系式成立:

$$l_{i,j}(m_1, m_2) = m_1 2^{-j} \cos \alpha_{i,j} + m_2 2^{-j} \sin \alpha_{i,j} \quad (4)$$

式中: $m_1, m_2 = 0, 1, 2, \dots, n-1$ 。

则离散脊波变换可表示成:

$$\varphi_{i,j}(m_1, m_2) = 2^{j/2} \varphi\{2^j[l_{i,j}(m_1, m_2) - b_{i,j}]\} \quad (5)$$

离散脊波变换重构公式可定义成:

$$f(m_1, m_2) = \sum_{i,j} \beta_{i,j} \cdot \varphi_{i,j}(m_1, m_2) \quad (6)$$

2 改进自适应非局部均值滤波算法

农作物图像可抽象地表示为:

$$F(i, j) = f(i, j) + N(i, j) \quad (7)$$

式中: $F(i, j)$ 为图像中受到噪声污染的图像信息; $f(i, j)$ 为图像有用信息, 如图像边缘轮廓信息; $N(i, j)$ 为噪声信息。

对受到噪声干扰且对比度降低的农作物图像采用非局部均值滤波进行处理, 实质上是通过求取该图像中所有像素点灰度值的加权平均值作为图像中某个受到噪声干扰的像素点的滤波结果, 相关公式为:

$$NL[F(i, j)] = \sum_w w(i, j) \cdot F(i, j) \quad (8)$$

式中: $NL[F(i, j)]$ 为对含有噪声的农作物图像 $F(i, j)$ 进行非局部均值滤波后的结果; $w(i, j)$ 为权值, 且 $w(i, j) \in [0, 1]$,

收稿日期: 2014-06-01

作者简介: 王永昌(1966—), 男, 贵州黄平人, 副教授, 主要从事农业工程相关领域的研究。E-mail: WYQprofessor@126.com。

$\sum_{j=1}^n w(i,j) = 1$ 。 $w(i,j)$ 是根据图像上任意 2 个像素点间的相似程度来进行赋值的,而 2 点间的相似程度是由两者一定邻域内的像素灰度值矩阵决定的:

$$w(i,j) = e^{-\frac{L_{A,B}}{a^2}} \quad (9)$$

式中:参数 a 为衰减因子,其功能在于控制函数的衰减,从而影响最终的滤波效果; $L_{A,B}$ 为像素灰度值矩阵 M_A 、 M_B 的欧氏距离,即:

$$L_{A,B} = \|M_A - M_B\|_2^2 \quad (10)$$

式中: A 、 B 为图像中任意 2 个像素点, A 为待滤波点, B 为与 A 所在的局部区域结构信息相似的图像中另一局部区域中的任意一点。

由式(10)可知,经典非局部均值滤波采用的是指数型核函数,该类核函数在图像中噪声分布密度较低时,滤波效果较好;但随着噪声密度的增大,其滤波能力显著下降。因此,要大幅度改善非局部均值滤波算法的性能,关键在于构造有效的核函数模型。目前,主要有指数型、余弦型 2 类核函数模型:

$$f[L_{A,B}] = \exp\left[-\frac{(L_{A,B})^2}{a^2}\right], \quad L_{A,B} \leq a; \quad (11)$$

$$f[L_{A,B}] = \begin{cases} \cos\left[\frac{\pi \cdot L_{A,B}}{2a}\right], & L_{A,B} \leq a \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (12)$$

式(13)为余弦型核函数,对于噪声的抑制能力较好,但容易模糊图像边缘轮廓,这与指数型核函数[式(12)]性能具有一定的互补性。因此,为了实现在去噪的同时尽可能提高图像的清晰度,本研究将两者有机结合,构造出 1 种基于新型核函数模型:

$$f'[L_{A,B}] = \begin{cases} \cos\left[\frac{\pi \cdot L_{A,B}}{2a}\right] \cdot \exp\left[-\frac{(L_{A,B})^2}{a^2}\right], & L_{A,B} \leq a \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (13)$$

新型核函数模型通过对经典非局部均值滤波算法(non-local means filtering, NLM)的指数的核函数模型添加 1 个余弦型核函数作为调节系数,以此来提升算法的去噪能力。

3 算法基本框架及其实现步骤

将脊波变换与改进非局部均值滤波算法(improved non-local means filtering, INLM)有机结合实现对农作物图像去噪处理,算法基本框架见图 1。

具体实现步骤如下:

步骤 1:对含有噪声的农作物图像进行脊波变换,获得低频分解系数和高频分解系数。

步骤 2:保持低频分解系数不变,对高频分解系数采用本研究“2”节中所提出的改进自适应非局部均值滤波算法进行去噪,将去噪后的高频分解系数与原始低频分解系数进行重构,获得重构图像 1。

步骤 3:对步骤 1 中的高频分解系数采用改进型小波阈值函数模型进行处理:

$$\tilde{w}_{j,k} = \begin{cases} 2^{-n} \cdot \tilde{w}_{j,k}, & |\tilde{w}_{j,k}| \geq T \\ 0, & |\tilde{w}_{j,k}| < T \end{cases} \quad (14)$$

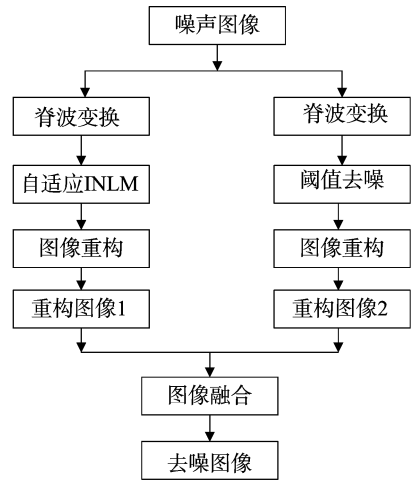


图1 本研究算法基本框架

式中: $\tilde{w}_{j,k}$ 为小波系数幅值; n 为离散小波分解层数; T 为阈值,本研究中, $T = \sigma \sqrt{2 \ln(M \cdot N)}$ (σ 为噪声方差, $M \cdot N$ 为图像尺寸)。将该模型处理后的分解系数与步骤 1 中的低频分解系数进行重构,获得重构图像 2。

步骤 4:对重构图像 1 和重构图像 2 进行等权融合处理,获得去噪后的农作物图像。

4 试验仿真

分别将经典非局部均值滤波算法、改进非局部均值滤波算法^[8]以及本研究“3”节中所提出的滤波算法采用 MATLAB 7.1 软件进行编程实现,通过对具体的农作物图像分别进行消噪处理,比较算法的优劣。试验结果如图 2、图 3 所示。

(1) 主观分析。图 2-a、图 3-a 为添加了均值为 0、方差为 0.05 的高斯白噪声以及密度为 15% 的椒盐噪声形成的噪声图像,可以看出,西红柿果实轮廓、叶子等信息基本无法辨认。采用经典非局部均值滤波算法进行消噪处理,得到如图 2-b、图 3-b 所示的图像,相对于各自的噪声图像而言,噪声密度有所降低,图像的模糊程度有了初步的改善,但要准确辨认图中的信息仍有一定难度。文献[8]采用图像的高阶微分对经典非局部均值滤波算法进行改进,从而使得改进后的算法在去噪时不仅考虑图像中像素点灰度值间的差异,而且能够对图像边缘、间断点等信息进行更好地刻画,该算法处理结果见图 2-c、图 3-c。可以看出,西红柿果实的边缘轮廓区域平滑并且叶片能够较为清晰地辨认。图 2-d、图 3-d 为本研究算法处理后的图像,可以很明显地看出,图中的噪声基本消失并且清晰度较高,图像总体质量最优,这主要得益于:(1)对脊波变换后的高频分解系数分别采用改进非局部均值滤波算法以及改进小波硬阈值函数模型进行处理,以充分发挥两者优势;(2)通过将两者滤波后的图像进行等权融合,得到高质量的消噪图像。

(2) 客观分析。采用峰值信噪比(peak signal noise to ratio, PSNR)^[9-11]对上述 3 类算法的消噪能力进行评价,结果如表 1 所示。

由表 1 可知,本研究算法的 PSNR 值明显高于其余两类算法,这与上述主观分析结果基本一致。

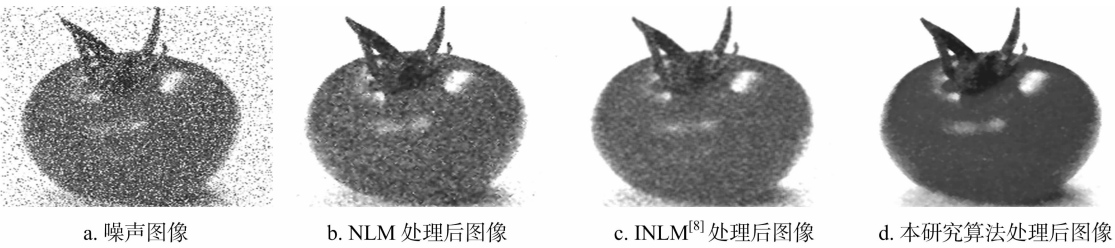


图2 第 1 幅西红柿图像消噪结果对比

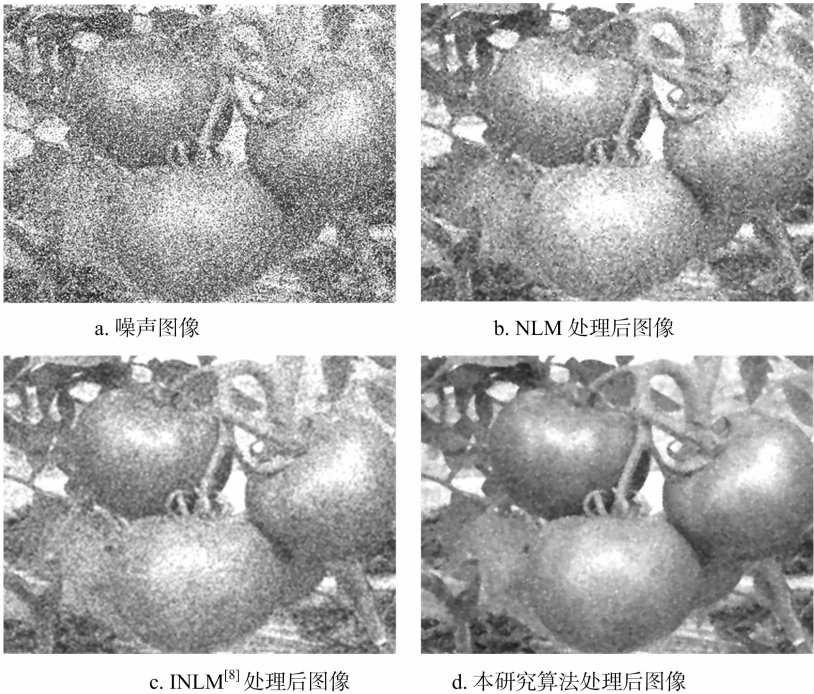


图3 第 2 幅西红柿图像消噪结果对比

表 1 3 类算法消噪能力客观比较

试验图像	噪声		PSNR 值 (dB)		
	方差	密度 (%)	NLM	INLM ^[8]	本研究算法
第 1 幅	0.01	5	23.472	25.412	27.189
第 1 幅	0.03	10	22.286	24.885	26.667
第 1 幅	0.05	15	20768	24.016	26.005
第 2 幅	0.01	5	22.390	24.750	26.487
第 2 幅	0.03	10	21.485	24.213	25.906
第 2 幅	0.05	15	20.036	23.204	25.566

5 结论

针对农作物图像中时常出现的各类噪声,以高斯白噪声和椒盐噪声构成的混合噪声模型作为研究对象,提出了 1 种基于离散脊波变换的自适应去噪算法。对于离散脊波变换后的高频分解系数,首先分别采用改进的非局部均值滤波算法和改进的硬阈值去噪模型进行处理;然后对各自去噪图像进行等权融合,获得最终的去噪图像。主观和客观分析结果表明,本研究算法具有较高的噪声去除能力。

参考文献:

[1]陈科尹,邹湘军,熊俊涛,等. 基于视觉显著性改进的水果图像模

糊聚类分割算法[J]. 农业工程学报,2013,29(6):157-165,295.
[2]周洪刚,康敏. 基于机器视觉的成熟柑橘自动识别研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):380-381.
[3]赵亚凤,任洪娥. 遗传算法和同态滤波在原木端面图像处理中的应用 1)[J]. 东北林业大学学报,2014,42(2):129-132.
[4]杨福增,田艳娜,杨亮亮,等. 基于杂交小波变换的农产品图像去噪算法[J]. 农业工程学报,2011,27(3):172-178.
[5]贺智涛,王俊,毛鹏军,等. 数学形态学在种子图像边缘检测中的应用[J]. 湖北农业科学,2008,47(5):587-589.
[6]沈宽,文玉梅,蔡玉芳. 基于脊波融合的射线图像增强算法[J]. 计算机工程与应用,2010,46(23):170-174.
[7]李根强,黄永东,蒋肖. 基于小波变换和脊波变换的自适应图像去噪算法[J]. 计算机应用研究,2012,29(8):3192-3194.
[8]彭扬. 结合高阶微分的非局部均值图像去噪算法[J]. 计算机系统应用,2014,23(1):119-123.
[9]王小兵,孙久远,汤海燕. 基于小波变换的图像混合噪声自适应滤波算法[J]. 微电子学与计算机,2012,29(6):91-95.
[10]王晓虹,韦英华. 结合 Ridgelet 变换与 Wiener 滤波的苹果图像去噪算法[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):373-375.
[11]赵辉,刘文明,岳有军,等. 一种新的去噪算法在农作物图像处理中的应用[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):371-373.