

杨 青. 一种基于图像分析的玉米病虫害智能化识别方法[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(7): 128-130.

# 一种基于图像分析的玉米病虫害智能化识别方法

杨 青

(上海城市管理职业技术学院, 上海 200438)

**摘要:** 农业病虫害智能化探测是现代农业发展的必然趋势, 也是基本要求之一。以玉米病虫害为研究对象, 借助计算机图像分析技术, 提出了一种玉米病虫害智能化识别方法。首先对降质的玉米病虫害图像实现单层小波分解, 以实现图像信号的多尺度分解, 获得低频分解系数和低频分解系数。由于低频分解系数包含绝大多数图像低频信号, 降质程度可忽略不计, 设计了一种具有调节因子的自适应增强函数模型, 通过设定固定阈值, 对高于该阈值的系数进行只适应增强, 反之则进行抑制。然后对上述各高频系数进行第二层小波分解, 对获得的低频分解系数予以舍弃, 对于高频系数则通过设计一种随着分解层数的变化而自适应调整阈值的小波阈值函数模型来进行处理。最后分别进行 2 层小波系数重构。结果表明, 该方法对玉米病虫害图像的复原效果优于小波硬、软阈值函数模型, 能够根据复原后的图像进行病虫害的准确识别, 稍加改进可应用与农业智能化设备(如农业机器人)的内置程序中, 能实现对病虫害图像的实时化地获取、处理, 智能化地识别。

**关键词:** 玉米病虫害图像; 图像分析; 小波变换; 自适应增强; 小波阈值函数模型

**中图分类号:** S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)07-0128-03

农业现代化水平的不断提高, 对农业病虫害的智能化识别提出了更高的要求。近年来, 计算机图像分析技术深入发展, 诞生了一系列图像分析方法, 如小波变换<sup>[1-2]</sup>、数学形态学<sup>[3]</sup>、多重分形理论<sup>[4]</sup>等, 为该领域的研究提供了一条可供借鉴的途径。本研究将小波阈值法引入到农业病虫害识别中, 以玉米病虫害图像为例, 从图像分析的角度探究病虫害的准确识别方法。通过对复原图像的分析, 可准确判定害虫的体态、类型, 为将来制定灭虫方案提供依据。

## 1 一种小波域改进阈值函数模型

### 1.1 图像小波变换过程分析

一幅图像可以看成是一个二维矩阵, 假设该矩阵大小为  $m \times n (m, n \in \mathbb{Z}^+)$ 。小波变换通过采用低通滤波器  $L$  (LPF) 和高通滤波器  $H$  (HPF) 对影像信号进行滤波, 在此基础上进行下二采样, 实现对影像的小波分解。图像小波分解子图像高频成分用  $H$  表示, 低频成分用  $L$  表示。图像经过小波分解之后, 得到 4 个不同方向、不同分辨率的小波系数, 即  $LL^1$  为第一层低频系数;  $HL^1$  表示第一层垂直高频系数;  $LH^1$  表示第

一层水平高频系数;  $HH^1$  表示第一层高频对角方向系数。对  $LL^1$  进行二层小波分解, 可得到  $LL^2$ 、 $HL^2$ 、 $LH^2$ 、 $HH^2$ , 继续进行 3 层分解可类似地得到  $LL^3$ 、 $HL^3$ 、 $LH^3$ 、 $HH^3$ 。对于  $LL^3$  仍可进行理论上无限制的小波分解。图像 3 层小波分解过程如图 1 所示。

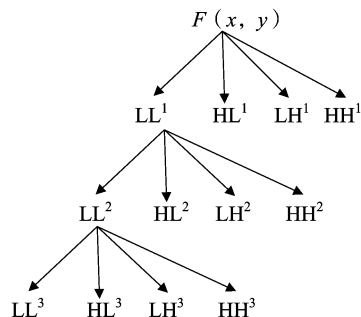


图1 图像小波分解过程

图像经过小波变换后呈现 2 类特性: (1) 图像信息的高度集中性。图像信息集中分布在小波变换后获得的各个系数中, 并且呈现水平、垂直、对角线等方向集中分布。(2) 图像信息分布不均衡性。图像经过小波变换后, 绝大部分信息集中于低频系数, 而少数高频信息(如边缘点、地物轮廓信息)则存在于高频系数中。特别是对于噪声图像而言, 经小波变

收稿日期: 2013-09-25

作者简介: 杨 青(1983—), 女, 上海人, 讲师, 从事园林和高职教学研究。E-mail: greensheep9@163.com。

[10] 刘术新, 郑海峰, 丁枫华, 等. 18 种蔬菜品种对硼毒害敏感性的研究[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10): 2017-2022.

[11] 管致和. 植物医学导论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 58-66.

[12] Nam M H, Jeong S K, Lee Y S, et al. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose[J]. Plant Pathology, 2006, 55(2): 246-249.

[13] Heyman F, Lindahl B, Persson L, et al. Calcium concentrations of soil affect suppressiveness against *Aphanomyces* root rot of pea[J].

Soil Biology and Biochemistry, 2007, 39(9): 2222-2229.

[14] Qin G, Tian S, Chan Z, et al. Crucial role of antioxidant proteins and hydrolytic enzymes in pathogenicity of *Penicillium expansum*; analysis based on proteomics approach[J]. Molecular & Cellular Proteomics, 2007, 6(3): 425-438.

[15] 黄 芳, 王建明, 徐玉梅. 硼抑制灰霉病菌孢子萌发机制的初步研究[J]. 植物病理学报, 2008, 38(4): 370-376.

[16] 徐照丽, 张晓海. 利用铁、铜间相互作用减轻烤烟铜毒害的研究[J]. 中国烟草科学, 2006, 27(2): 37-40.

换后,噪声信息大部分存在于各高频系数中。

### 1.2 改进小波阈值函数模型

对于噪声图像而言,经过小波分解后,图像信息大部分集中于低频部分,该部分系数幅值大;而噪声信息集中于各高频系数中,噪声系数幅度值较小,无论是高频系数还是低频系数,它们的幅度值均随着分解层数的增大而迅速减小。对噪声信号加以过滤,保留图像本身信号,在此基础上进行系数重构,这便是小波阈值法图像分析的基本思想。现有的研究模型大体上有硬阈值<sup>[5]</sup>、软阈值<sup>[6]</sup>以及介于两者之间的半软半硬阈值模型<sup>[7-8]</sup>等 3 类。小波硬、软阈值函数模型主要通过将待处理系数幅值与设置的阈值进行比较,若大于该阈值则直接保留或者稍加处理,否则取 0 输出。这类模型将噪声图像信号理想化为 2 类,即图像中处理噪声信号和图像信号,而事实上这样的理想化情形基本不存在,故该类模型有其局限性。在此基础上发展起来的半软半硬函数模型通过设置相关的调节因子求得软、硬阈值的有效折中,而该类系数的取值基本是凭经验来获取,在应用中存在较强的主观性。基于以上分析,本研究尝试进行如下改进。

**1.2.1 新型自适应小波阈值** 经过大量试验发现,随着分解层数增加,小波系数幅度值衰减程度非常惊人,大体呈现指数级的衰减速度。传统的小波阈值尽管也随着分解层数增加而有所减小,但这样的变换远不及事实上系数幅值衰减的速度。从这个角度上说,用传统小波阈值进行处理,难免会遗漏很大一部分的噪声信号。经典的小波阈值为:

$$T = \sigma \cdot \sqrt{2 \lg N}. \quad (1)$$

式中: $N$  为信号长度, $\sigma$  为噪声信号标准差。可由上式计算出:

$$\sigma = \text{Median} \setminus \text{Del}(L) / 0.6745. \quad (2)$$

式中: $\text{Del}(L)$  为第  $L$  分解层的高频小波系数。鉴于上述小波阈值存在的缺陷,本研究设计出一种随着小波分解层数增加而呈现 3 的指数级衰减的自适应阈值  $T^*$ :

$$T^* = \frac{\sigma \cdot \sqrt{2 \lg N}}{3^{L-1}}. \quad (3)$$

式中:相关参数同式(1)和(2)。

**1.2.2 一种改进小波阈值函数模型** 对于各小波系数而言,幅值较大则为图像信号,较小则为噪声点或者突变点,同时还存在着介于这两者间的幅值,该类幅值对应的小波系数数量相当多,若直接进行软、硬阈值抽象化处理,势必影响最终结果。本研究将小波高频系数分为以上 3 类,分别加以处理,设计出一种改进阈值函数模型:

$$\tilde{w}_{j,k} = \begin{cases} w_{j,k} & |w_{j,k}| \geq 2/3 \cdot T^* \\ \text{sgn}(w_{j,k}) \cdot (|w_{j,k}| - \sqrt{|w_{j,k}|} \cdot T^*) & 1/3 \cdot T^* \leq |w_{j,k}| < 2/3 \cdot T^* \\ 0 & |w_{j,k}| \leq 1/3 \cdot T^* \end{cases} \quad (4)$$

式中: $w_{j,k}$  为小波系数幅值, $\text{sgn}()$  为符号函数。该模型的调节因子为  $\sqrt{|w_{j,k}|}$ ,但该因子无需手动去设置,能够根据分解层数自适应确定。通过将过大幅值的小波系数直接保留,过小幅值的小波系数直接置 0,剩余的小波系数进行自适应收缩处理,能实现对高频小波系数的自适应滤波。

### 1.3 图像智能化识别算法研究思路

(1) 对降质的玉米病虫害图像采用“db7”小波基函数实

现一层小波分解,目的在于将图像信号实现粗略分开,以便后续处理,获得如图 1 所示的低频分解系数  $LL^1$  和各个高频分解系数  $HL^1$ 、 $LH^1$ 、 $HH^1$ 。

(2) 对于上述低频分解系数  $LL^1$ ,该部分系数代表图像的绝大部分信息,是低频信息,降质不严重,但也不能忽视,可采用如下自适应增强方法进行处理:

$$\tilde{w}_{j,k} = \begin{cases} \alpha \cdot |w_{j,k}| & |w_{j,k}| \geq T \\ \beta \cdot |w_{j,k}| & |w_{j,k}| < T \end{cases} \quad (5)$$

通过对系数幅值设置一阈值[公式(1)],对大幅值系数进行增强,对小幅值系数进行抑制而不是直接设置为 0,既保留了图像信息,也达到了增强图像的目的。该模型中,系数  $\alpha$  和  $\beta$  分别设置为 1.5 和 0.5。

(3) 为了进一步探究高频分解系数中图像信号的特征,采用步骤(1)中的方法进行第二层小波分解,获得  $LL^2$ 、 $LH^2$ 、 $HL^2$ 、 $HH^2$  等分解系数。

(4) 经过 2 层小波分解后,低频系数  $LL^2$  中包含的图像信息非常少,可将该部分系数舍去,不参与系数重构。

(5) 对其余的高频分解系数  $HL^2$ 、 $LH^2$ 、 $HH^2$  采用公式(4)所描述的阈值函数模型进行处理,获得处理后的分解系数  $HL'^2$ 、 $LH'^2$ 、 $HH'^2$ ,从而对该部分的图像信号进行复原。

(6) 对步骤(5)获得的图像高频信号进行小波系数重构。

(7) 对步骤(6)所获得的第一层小波高频重构系数与第一层小波低频系数  $LL^1$  进行重构,获得最终的复原图像。总体流程如图 2 所示。

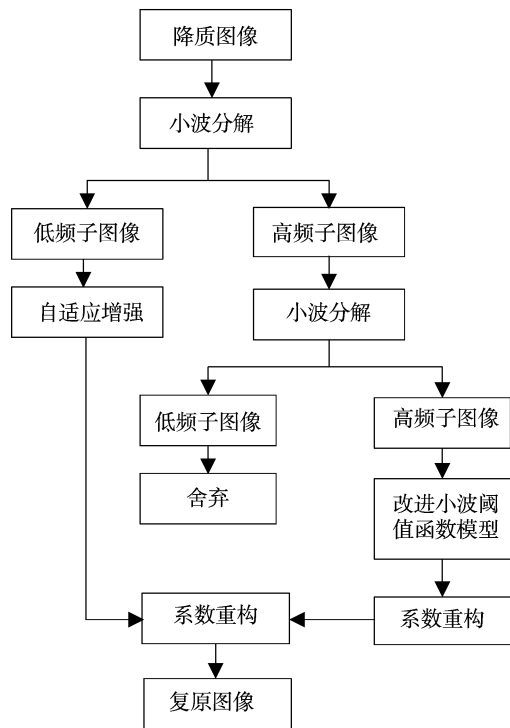


图2 图像智能化识别算法研究思路

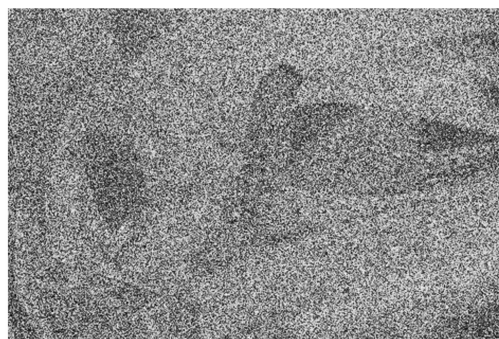
## 2 算法试验与分析

衡量某一算法的优劣,仅从理论上分析仍不足以说明问题,需要结合具体的试验并对试验结果进行定性定量分析给出评判才具有说服力。本研究将该算法应用于 1 幅实地拍摄

的玉米病虫害图像的识别,由于现实中条件的特殊性所获取的图像仅能反映某一特定条件下的降质,无法考虑到所有导致图像降质的因素。本研究通过对图像加入一定强度的随机噪声来模拟降质图像,在一定程度上能说明问题。试验结果如图 3 所示。

图 3-a 为加入了均值为 0、方差为 0.3 的高斯白噪声和 30% 椒盐噪声构成的模拟降质图像,图中信息模糊不清,无法进行辨认。采用小波硬阈值函数模型对其进行处理,结果如图 3-b 所示,图中对玉米害虫轮廓可隐约分辨出,但对于该类害虫的体态尺寸大小无法辨认,并且玉米茎叶受损情况如

何,也无法看清。图 3-c 相对于前者尽管视觉效果有所改善,但图中的信息辨认起来仍较困难,表明 2 类经典的小波阈值模型对降质图像的复原效果不是很理想。相对于前 3 幅图像而言,图 3-d 则存在本质的不同,即图中的玉米叶子受损情况可清洗辨认,并且停留在玉米叶子上的害虫,根据其体态、尺寸可认为是“玉米螟”,是玉米生长过程中常见的害虫。经过准确辨认分析后,在现实操作中,可采用夜间设置频振式杀虫灯、高压汞灯、黑光灯等设备来对成年的玉米螟来进行捕杀。表明该算法可对该类图像中的病虫害信息进行准确复原。



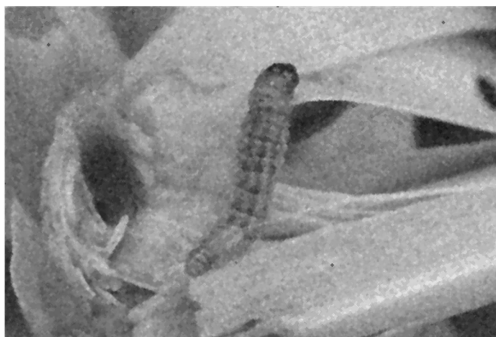
a. 降质图像



b. 小波硬阈值函数



c. 小波软阈值函数



d. 智能算法

图3 图像智能化识别算法试验结果

### 3 结论与讨论

本研究借助于计算机图像分析技术,提出了一种玉米病虫害图像智能化识别算法。该算法对降质的玉米病虫害图像先后实现 2 层小波分解,通过对第一层分解和第二层分解后所获得低频系数和高频系数分别进行自适应图像增强和自适应阈值化处理,在此基础上实现重构。结果表明,该算法能够从降质图像中将病虫害信息高效复原,通过对信息的准确辨认,准确识别出病虫害的基本情况,为有效防治害虫提供了依据。

本研究为农业病虫害的识别给出了一个粗略思路,但要真正实现智能化的处理,还有以下工作:(1)本研究仅针对玉米病虫害图像进行处理,若将该算法应用于其他农业病虫害的识别仍需要结合具体试验对算法进行适当修正。(2)将该算法程序稍加改进应用于农业智能化设备(如农业机器人)中,通过对定时获取的病虫害图像进行智能化处理,并识别出害虫的特征,提出防治害虫有效方案。

### 参考文献:

- [1] 邢航,张铁民,漆海霞,等. 薯类农产品视觉图像的去噪方法[J]. 农机化研究,2012,34(7):43-47,52.
- [2] 王亚超,薛河儒,多化琼,等. 基于小波变换的木材纹理去噪研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2013,34(1):142-145.
- [3] 程玉柱,陈勇,车军,等. 基于 Bayes 与 SVM 的玉米彩色图像分割新算法[J]. 江苏农业科学,2012,41(7):355-358.
- [4] 夏政伟. 多重分形理论在玉米病害图像特征提取中的应用[J]. 南方农业学报,2013,44(5):871-874.
- [5] Donoho D L, Jonstone I M. Idel spatial adaptation by wavelet shrinkage[J]. Biometrika, 1994, 81(3):425-455.
- [6] Donoho D L. Denoising by soft-thresholding[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1995, 41(3):613-627.
- [7] 陈晓曦,王延杰,刘恋. 小波阈值去噪法的深入研究[J]. 激光与红外,2012,42(1):105-110.
- [8] 白青,王军锋,王涛,等. 一种改进的小波阈值图像去噪综合模型[J]. 计算机技术与发展,2013,23(5):50-53.