

# 基于为害状色相多重分形的椪柑病虫害图像识别\*

温芝元<sup>1</sup> 曹乐平<sup>2</sup>

(1. 湖南农业大学理学院, 长沙 410128;

2. 湖南生物机电职业技术学院, 长沙 410127)

**摘要:**为自动识别椪柑病虫害,研究了以椪柑病虫害为害状多重分形谱特性参数为输入变量的小波神经网络病虫害识别方法。利用改进型分水岭算法提取椪柑病虫害为害状边界,对非连续的边界进行边界跟踪,将过分割区域进行区域合并,标记为害状边界,提取标记区域,生成病虫害为害状目标图像;对病虫害为害状目标图像 $0^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 这一主要色相区域4等分,产生4幅色相二值图像;对二值图像进行多重分形分析,计算其标度不变区多重分形谱的高度及宽度;以此高度及宽度作为小波神经网络的输入,进行椪柑病虫害识别,5种病虫害的平均识别正确率为87%。试验结果表明:椪柑病虫害为害状的4对多重分形谱高度及宽度值较充分地反映了椪柑病虫害色相累计信息、分布信息及区间形状的典型特征,能用此方法进行椪柑病虫害机器识别。

**关键词:**椪柑 病虫害 图像识别 机器视觉 多重分形 小波神经网络

**中图分类号:** S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)03-0262-06

## 引言

柑橘病虫害的机器识别是柑橘信息化生产管理的重要组成部分。近年来,随着光谱成像技术的快速发展,红外光谱<sup>[1-2]</sup>、多光谱<sup>[3]</sup>、高光谱成像技术<sup>[4-6]</sup>在植物病虫害监测领域显现出较好的应用前景和发展势头,不少学者开展了这方面的研究,取得了一定的成果,但基于可见光成像技术的植物病虫害检测研究鲜见报道。文献[7]用双目视觉技术采集温室植物图像,并进行RGB空间到HSV空间的转换,计算虫害位置,对靶喷药,试验误差可以接受,但结果受光照条件、虫大小和颜色影响较大。通过区分为害状颜色实现病虫害识别的方法<sup>[8-10]</sup>,因缺少颜色的分布信息,使为害状颜色的表达较粗糙而影响识别正确率。用为害状单分形、几何形状类参数间的差异实现病虫害鉴别的方法<sup>[10-15]</sup>,因参数表征为害状这种复杂形体不够细腻,形状描述不充分、不彻底,直接影响了识别正确率的提高。

针对以上不足,本文提出融合病虫害为害状形状、颜色累计与分布信息的色相多重分形谱病虫害自动识别方法,为椪柑病虫害的自动识别与对症防治提供理论借鉴。

## 1 试验样本

椪柑又名芦柑,果实扁圆形,较大,果肉脆嫩、多汁,甜浓爽口,较耐贮藏,丰产稳产,是湖南柑橘主要栽培品种之一。2012年10月28日下午晴天,在湖南省园艺研究所柑橘种植基地中,按不同地势高度、坡地朝向及树的上、中、下3个不同位置就侧多食跗线螨、柑橘炭疽病、吸果夜蛾、柑橘蓟马、花潜金龟子等常见的椪柑果实病虫害进行采样,每种病虫害果果采样40个,20个作为试验样本,另外20个作为测试样本,擦除表面灰尘,备图像采集用。

## 2 试验方法

### 2.1 病虫害图像分析与处理

#### 2.1.1 病虫害为害状目标提取

在自然光下采集病虫害果图像,图像分析用计算机配置为Lenovo PIV2.13 GHz CPU,内存256 MB,分析软件Matlab R2010a。对采集的RGB图像进行HSI色彩空间转换,512像素×512像素图像裁切,借助亮度阈值去图像背景<sup>[16]</sup>,以提高图像处理速度。为害状图像病虫害目标分割的准确性影响病虫害识别正确率,为此,用改进型分水岭算法提取病虫害为害状边界<sup>[17]</sup>,对非连续的边界进行边界跟踪,将过分割区域进行区域合并,标记边界,提取标记区

收稿日期:2013-03-15 修回日期:2013-05-06

\* 湖南省科技计划资助项目(2011NK3005、2012NK4127)

作者简介:温芝元,副教授,主要从事生物数学建模研究,E-mail: wenzhiyuan6629@163.com

通讯作者:曹乐平,教授,主要从事农业图像信息认知计算与农产品智能检测研究,E-mail: clp4218@126.com

域,形成病虫害为害状目标图像。如图 1 所示,以为害状边界(图 1b)为依据对为害果实(图 1a)进行标

记(图 1c),提取其标记区域,产生病虫害为害状目标图像(图 1d)。

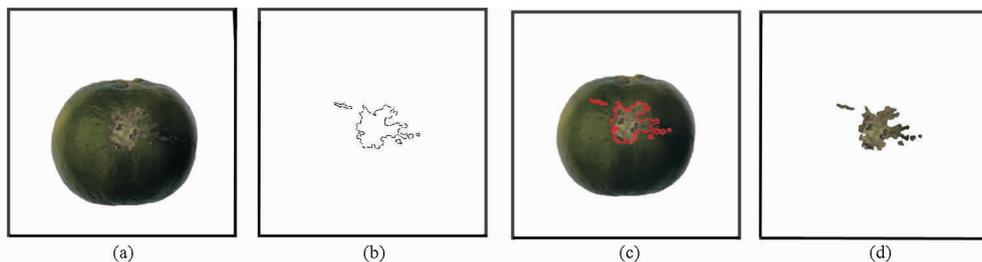


图 1 侧多食跗线螨为害状

Fig. 1 Damage pattern of *Polyphagotarsonemus latus*

(a) 为害果实 (b) 为害状边界 (c) 为害状标记 (d) 为害状

### 2.1.2 病虫害为害状色相区间图像生成

病虫害为害状的典型特征包括为害状的颜色和形状,若用颜色或形状的单一特征刻画病虫害为害状势必表达不够充分,影响病虫害识别正确率。为此,将病虫害为害状图像进行色相区域分割。统计 5 种病虫害为害状色相  $H$ ,侧多食跗线螨为害状色相为  $25^\circ \sim 85^\circ$ ,柑橘炭疽病为害状色相为  $0^\circ \sim 32^\circ$ ,吸果夜蛾为害状色相为  $0^\circ \sim 32^\circ$ ,柑橘蓟马为害状色相为  $40^\circ \sim 107^\circ$ ,花潜金龟子为害状色相为  $54^\circ \sim 104^\circ$ 。

为使 1 种病虫害为害状色相基本介于 1 个区域,同时又使各病虫害为害状色相不出现盲区,取

$0^\circ \sim 120^\circ$ 色相区域,对该区域 4 等分,将 5 种病虫害为害状图像以  $0^\circ \sim 30^\circ$ 、 $30^\circ \sim 60^\circ$ 、 $60^\circ \sim 90^\circ$ 、 $90^\circ \sim 120^\circ$ 为区段生成每 1 种病虫害为害状 4 幅色相二值图像。这些图像中包含颜色累计信息、颜色分布信息,而颜色分布的边界即为形状,自然每 1 种病虫害为害状的 4 幅色相二值图像就融合了为害状的颜色及形状典型特征。图 2 为侧多食跗线螨为害状 1 个样本色相二值图像,色相  $H$  主要分布于  $10^\circ \sim 90^\circ$ ,图 2a 像素少,图 2d 几乎没有像素。从图 1、2 可以看出,为害状色相主要分布区域黑色像点多且集中,色相主要分布区域以外黑色像点少且分散。

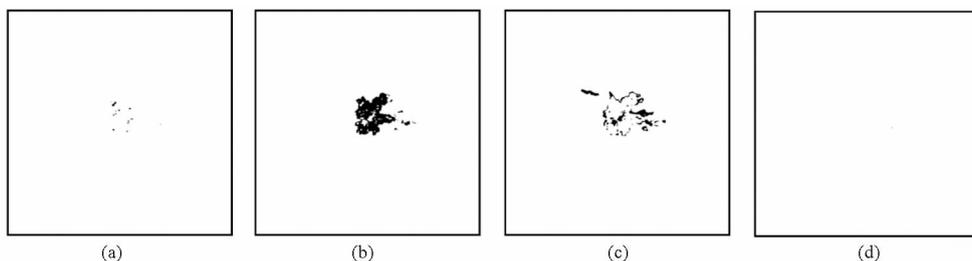


图 2 侧多食跗线螨为害状色相二值图

Fig. 2 Hue binary image of damage pattern image of *Polyphagotarsonemus latus*

(a)  $0^\circ \sim 30^\circ$  (b)  $30^\circ \sim 60^\circ$  (c)  $60^\circ \sim 90^\circ$  (d)  $90^\circ \sim 120^\circ$

## 2.2 病虫害特征提取

简单的分形对所研究的对象只能作一整体的、平均的描述与表征,无法反映病虫害为害状不同尺度下区间内部精细的信息,为此,引入多重分形的概念。

### 2.2.1 多重分形理论

多重分形也称分形测度,是定义在分形上的多个标度指数的奇异测度所组成的集合,它定量刻画了分形测度在支撑集上的分布,然后用广义分形维数或多重分形谱进行描述,得到的结果包含了被单分形忽略的累计和分布信息<sup>[18]</sup>。

定义  $q$  阶统计矩函数

$$\chi_q(\varepsilon) = \sum P_i^q(\varepsilon) \quad (1)$$

若  $q \gg 1$ ,  $\chi_q(\varepsilon)$  反映的是概率稠密区域的性质;相反,若  $q \ll 1$ ,  $\chi_q(\varepsilon)$  反映的是概率稀疏区域的性质。这样,通过加权处理,就可以对一个分形集内部结构进行精细研究。

对于一给定的  $q$ ,称满足  $\chi_q(\varepsilon) = \varepsilon^{\tau(q)}$  的  $\tau(q)$  为质量指数,计算式为

$$\tau(q) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln \chi_q(\varepsilon)}{\ln \varepsilon} \quad (2)$$

若  $\tau(q)$  为线性函数,则研究对象为单分形;若  $\tau(q)$  为凸函数,则研究对象具有多重分形特征。

为从  $\tau(q)$  和  $q$  的关系中得到多重分形谱,引入广义分形维数  $D(q)$ <sup>[19]</sup>

$$D(q) = \begin{cases} \frac{1}{q-1} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln \sum P_i^q(\varepsilon)}{\ln \varepsilon} & (q \neq 1) \\ \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\sum P_i(\varepsilon) \ln P_i(\varepsilon)}{\ln \varepsilon} & (q = 1) \end{cases} \quad (3)$$

广义分形维数  $D(q)$  与多重分形谱  $f(\alpha)$  之间满足 Legendre 变换

$$\begin{cases} f(\alpha) = q\alpha(q) - \tau(q) \\ \alpha(q) = \frac{d\tau(q)}{dq} \end{cases} \quad (4)$$

其中  $\tau(q) = (q-1)D(q)$

### 2.2.2 病虫害为害状多重分形谱

病虫害为害状 4 幅色相二值图像包含了为害状颜色及形状典型特征,故以病虫害为害状色相二值图像为对象,采用步幅为  $\delta$  的滑动窗口  $\delta \times \delta (\delta = 2^k, k = 1, 2, \dots, 9)$  对图像进行扫描,统计窗口内黑色像

素数  $n_{ij}$ , 计算窗口内黑色像素数在整幅为害状二值图像中出现的概率  $P_{ij} = n_{ij} / \sum n_{ij} (i, j = 2^{9-k})$ , 式中,  $\sum n_{ij}$  为一幅为害状色相二值图像中黑色像素总数。

为减少计算工作量,不致使计算机内存溢出,又不失为害状多重分形谱的整体性,取  $q = \pm 1, \pm 3, \dots, \pm 9$ , 在标度不变的 A 区依据式(1)~(4)计算各样本的  $f$  值,对  $f$  值进行二次拟合形成多重分形谱,分形谱高度  $\Delta f = \ln(n_{pmax}/n_{pmin})/\ln \varepsilon$  及宽度  $\Delta \alpha = \ln(p_{max}/p_{min})/\ln \varepsilon$  作为病虫害为害状特征参数。图 3 为 1 个侧多食跗线螨样本 4 个色相区间的  $\ln \chi_q(\varepsilon) - \ln \varepsilon$  曲线,从上到下各曲线对应  $q$  取值为  $-9, -7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7, 9$ 。图 4 为 5 种病虫害各 1 个样本 4 个色相区间的多重分形谱。

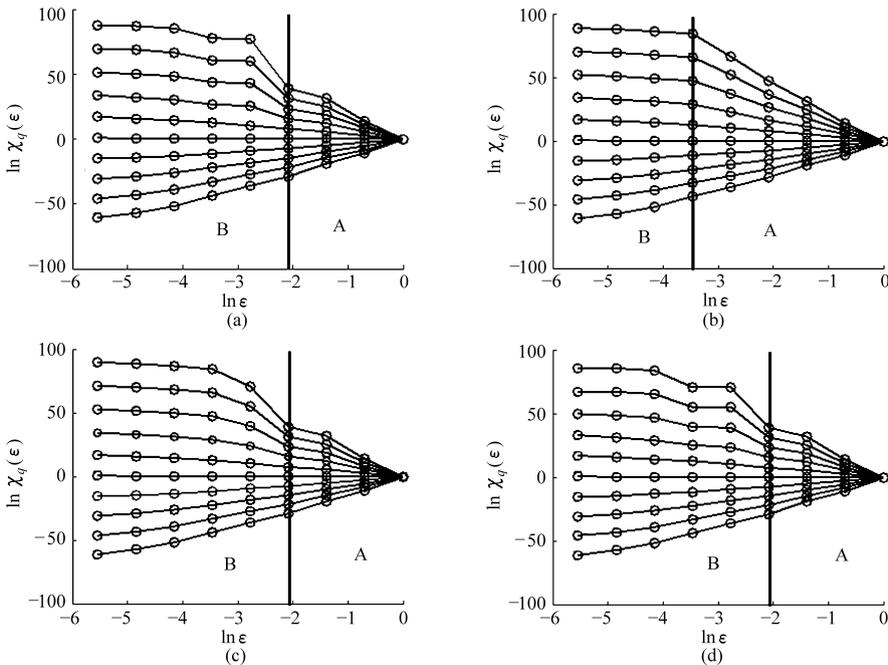


图 3 侧多食跗线螨为害状 4 个色相区间的  $\ln \chi_q(\varepsilon) - \ln \varepsilon$  曲线

Fig. 3  $\ln \chi_q(\varepsilon) - \ln \varepsilon$  curves of 4 hue regions of damage pattern image of *Polyphagotarsonemus latus*

(a) 色相范围  $0^\circ \sim 30^\circ$  (b) 色相范围  $30^\circ \sim 60^\circ$  (c) 色相范围  $60^\circ \sim 90^\circ$  (d) 色相范围  $90^\circ \sim 120^\circ$

### 2.3 病虫害识别

小波神经网络因融合了具有良好时频局域化性质的小波变换及自学习功能的神经网络,而拥有很好的逼近与容错能力,其实质是通过对小波伸缩因子和平移因子迭代计算,寻找一组合适的小波基,实现网络输出误差的最小化,且 3 层神经网络能实现任何形式的映射,因此,本文设计 3 层小波神经网络结构,输入层 8 个神经元,对应 8 个输入变量,分别为归一化的病虫害为害状  $0^\circ \sim 30^\circ, 30^\circ \sim 60^\circ, 60^\circ \sim 90^\circ, 90^\circ \sim 120^\circ$  色相区间 4 对分形谱高度和宽度特征参数。隐层神经元个数没

有固定的标准,但考虑不能有过多的冗余,取 10 个神经元,其传递函数选用 Morlet 小波函数  $\psi(t) = \exp(-0.5t^2) \cos(1.75t)$ 。输出层 1 个神经元,传递函数选用对数 S 形函数  $\varphi(t) = 1/(1 + \exp(-t))$ , 定义网络输出  $(0, 0.2]$  为侧多食跗线螨、 $(0.2, 0.4]$  为柑橘蓟马、 $(0.4, 0.6]$  为吸果夜蛾、 $(0.6, 0.8]$  为花潜金龟子、 $(0.8, 1)$  为柑橘炭疽病。用试验样本对神经网络进行训练,并在网络训练中引入动量项因子,以提高训练速度。当输出误差达到  $10^{-4}$  或训练次数达到 15 万次时,网络训练结束。

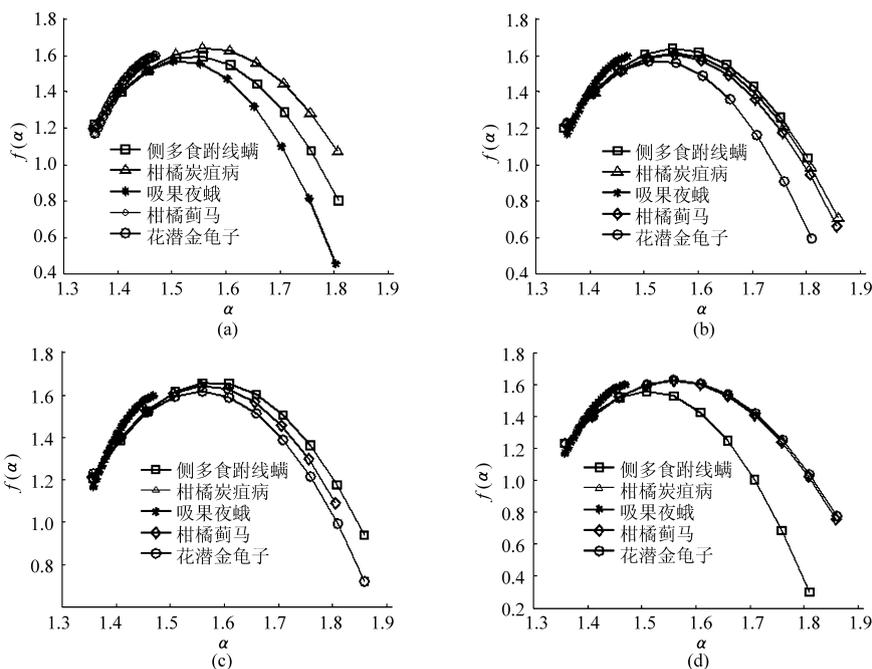


图 4 5 种病虫害为害状 4 个色相区间的多重分形谱

Fig. 4 Multi-fractal spectra of 4 hue regions of 5 pests and insects disease damage patterns

(a) 色相范围 0°~30° (b) 色相范围 30°~60° (c) 色相范围 60°~90° (d) 色相范围 90°~120°

### 3 试验结果与讨论

#### 3.1 试验结果

将训练好的小波神经网络进行病虫害识别能力检验,5 种病虫害的测试样本识别结果如表 1 所示。4 个侧多食跗线螨被误判为 3 个柑橘蓟马和 1 个柑橘炭疽病;3 个柑橘蓟马被误判为 2 个柑橘炭疽病和 1 个侧多食跗线螨;1 个吸果夜蛾被误判为花潜金龟子;2 个花潜金龟子被误判为吸果夜蛾和柑橘炭疽病;3 个柑橘炭疽病被误判为侧多食跗线螨、柑橘蓟马和花潜金龟子。在 5 种柑桔病虫害识别中,吸果夜蛾识别正确率最高为 95%,侧多食跗线螨识别正确率最低为 80%,平均正确识别率为 87%。

表 1 病虫害识别结果

Tab.1 Recognition results of pest and insects disease

参数	侧多食跗线螨	柑橘蓟马	吸果夜蛾	花潜金龟子	柑橘炭疽病
样本数量	20	20	20	20	20
误判数量	4	3	1	2	3
正确识别率/%	80	85	95	90	85

#### 3.2 讨论

比较为害状目标图像,在图 1 中,侧多食跗线螨为害状形状极不规则,在柑桔果面上分布广,大块为害状外侧呈点线发散,部分发散点线大小相当于油胞,色泽与果皮相近,这部分为害状很难通过基于颜色的算法来提取,导致其识别正确率低。遍历各样本图像,柑橘炭疽病为害状呈块状发散分布,大块外

侧众多圆点同样是几个油胞大小,危害初期颜色与果皮接近,图像分割误差大,该病识别正确率不高。柑橘蓟马为害状呈大块状,部分边界因其颜色与果皮相近难于精确提取,影响识别正确率。花潜金龟子为害状相对简单,边界清晰,算法提取彻底,识别正确率较高。吸果夜蛾为害状为独立的深红色圆形斑块,改进型分水岭算法能准确提取其边缘,识别正确率高。

柑橘炭疽病、吸果夜蛾为害状色相主要分布在 0°~30°范围,柑橘蓟马、花潜金龟子为害状色相主要介于 30°~60°、60°~90°、90°~120° 3 个区域,侧多食跗线螨为害状色相主要位于 30°~60°、60°~90°区间。由图 2 可知,色相二值图像在色相主要分布区黑色像素多且密集,其他区域黑色像素少且稀疏,病虫害为害状色相主要分布区间的色相二值图像能反映病虫害为害状色相及形状的典型特征。

比较图 3 中的  $\ln \chi_q(\varepsilon) - \ln \varepsilon$  曲线,A 区近似为从一点发出的射线段,称之为标度不变区,具有分形特征。B 区为变化较平缓的折线段,不具备标度不变性,这与像素不能无限细分有关。图 3b 的 A 区较宽,各线最接近直线。结合图 2b 可以看出:以色相二值图像中黑色像素多且集中成块的色相区间标度不变的 A 区较宽,黑色像素少且分散的色相区间标度变化的 B 区较宽。

比较图 4 中的  $f(\alpha) - \alpha$  曲线,同一病虫害 4 个色相区间中以色相二值图黑色像素点多且集中成块的色相区间  $f(\alpha)$  最大值最小,分形谱中最高点最

低,表明该色相区间黑色像素数占总像素数的比例达到峰值  $p_{\max}$ 。0°~30°色相域中,吸果夜蛾多重分形谱高度最大,柑橘蓟马多重分形谱高度最小,侧多食跗线螨多重分形谱最宽,柑橘蓟马多重分形谱最窄。30°~60°色相域中,花潜金龟子多重分形谱高度最大,吸果夜蛾多重分形谱高度最小,柑橘炭疽病多重分形谱最宽,吸果夜蛾多重分形谱最窄。60°~90°色相域中,花潜金龟子多重分形谱高度最大,吸果夜蛾多重分形谱高度最小,侧多食跗线螨多重分形谱最宽,花潜金龟子多重分形谱最窄。90°~120°色相域中,侧多食跗线螨多重分形谱高度最大,吸果夜蛾多重分形谱高度最小,柑橘蓟马多重分形谱最宽,吸果夜蛾多重分形谱最窄,表明多重分形谱  $f(\alpha)-\alpha$  曲线是对病虫害为害状色相分形结构上的复杂程度、不规则程度以及不均匀程度的一种度量,用多重分形谱的高度与宽度作为病虫害的特征参数较用颜色均值的文献[9],颜色一阶矩、二阶矩的文献[10]识别正确率有所提高。

结合5种病虫害为害状色相二值图像(其中1种如图2所示),多重分形谱高度  $\Delta f$  不仅反映色相像素的疏密程度,同时也表达了色相二值图像中黑色

像素数随步幅  $\varepsilon$  减小时的变化幅度;多重分形谱宽度  $\Delta\alpha$  反映标度不变区色相像素分布概率的不均匀程度,从而全面地描述了病虫害为害状色相分形结构上不同区域、不同层次、不同局域条件的特征;多重分形谱高度与宽度反映了病虫害色相累计信息、分布信息,进而表征了色相区间中色块形状特征,且较单分形和几何参数形状表达更彻底,自然识别正确率较文献[11-12]高。

## 4 结论

(1) 槿柑病虫害为害状色相主要分布于0°~120°区域,对该区域进行4等分,生成病虫害为害状4幅色相二值图像,这4幅色相二值图像标度不变区多重分形谱高度及宽度较充分地表达了槿柑病虫害色相累计、分布及色块形状的典型特征。

(2) 以槿柑病虫害为害状4个色相区域多重分形谱高度及宽度作为病虫害特征值,借助小波神经网络进行槿柑病虫害识别,5种病虫害平均识别正确率为87%,该方法可用于柑橘种植园病虫害机器识别。

## 参 考 文 献

- 李志永,刘刚,李伦,等.蚕豆病害叶的 FTIR 研究[J].光谱学与光谱分析,2012,32(5):1217-1220.  
Li Zhiyong, Liu Gang, Li Lun, et al. FTIR spectroscopic study of broad bean diseased leaves[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012,32(5):1217-1220. (in Chinese)
- 孙红,李民赞,周志艳,等.基于光谱技术的水稻纵卷叶螟受害区域检测[J].光谱学与光谱分析,2010,30(4):1080-1083.  
Sun Hong, Li Minzan, Zhou Zhiyan, et al. Monitoring of cnaphalocrocis medinalis guenee based on canopy reflectance[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010,30(4):1080-1083. (in Chinese)
- 冯洁,廖宁放,梁敏勇,等.用于植物病虫害诊断的多光谱成像系统[J].光谱学与光谱分析,2009,29(4):1008-1012.  
Feng Jie, Liao Ningfang, Liang Minyong, et al. Multispectral imaging system for the plant diseases and insect pests diagnosis[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2009,29(4):1008-1012. (in Chinese)
- Qin Jianwei, Thomas F Burks, Mark A Ritenour, et al. Detection of citrus canker using hyperspectral reflectance imaging with spectral information divergence[J]. Journal of Food Engineering, 2009,93(2):183-191.
- Bing Chen, Keru Wang, Shaokun Li, et al. Spectrum characteristics of cotton canopy infected with verticillium wilt and inversion of severity level [J]. Computer and Computing Technologies in Agriculture, 2008, 259:1169-1180.
- Chen Bing, Li Shaokun, Wang Keru, et al. Spectrum characteristics of cotton canopy infected with verticillium wilt and applications[J]. Agricultural Sciences in China, 2008,7(5):561-569.
- Li Yan, Xia Chunlei, Jangmyung Lee. Vision-based pest detection and automatic spray of greenhouse plant [C] // IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2009), 2009: 920-925.
- Chandra B Singh, Digvir S Jayas, Jitendra Paliwal, et al. Identification of insect-damaged wheat kernels using short-wave near-infrared hyperspectral and digital colour imaging[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010,73(2): 118-125.
- 王守志,何东健,李文,等.基于核 K-均值聚类算法的植物叶部病害识别[J].农业机械学报,2009,40(3):152-155.  
Wang Shouzhi, He Dongjian, Li Wen, et al. Plant leaf disease recognition based on kernel K-means clustering algorithm [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(3):152-155. (in Chinese)
- Camargo A, Smith J S. An image-processing based algorithm to automatically identify plant disease visual symptoms [J]. Biosystems Engineering, 2009,102:9-21.
- Wu Dake, Xie Chunyan, Ma Chengwei. The SVM classification leafminer-infected leaves based on fractal dimension [C] // 2008 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Security, 2008:147-151.
- Li Jinghui, Gao Lingwang, Shen Zuorui. Extraction and analysis of digital images feature of three kinds of wheat diseases [C] //

- 2010 3rd IEEE International Congress on Image and Signal Processing (CISP2010), 2010, 6: 2543 – 2548.
- 13 谭峰, 马晓丹. 基于叶片的植物病虫害识别方法[J]. 农机化研究, 2009, 31(6): 41 – 43.  
Tan Feng, Ma Xiaodan. The method of recognition of damage by disease and insect based on laminae[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009, 31(6): 41 – 43. (in Chinese)
- 14 Polder G, Van der Heijden G W A M, Van Doorn J, et al. Detection of the tulip breaking virus (TBV) in tulips using optical sensors[J]. Precision Agriculture, 2010, 11(4): 397 – 412.
- 15 Camargo A, Smith J S. Image pattern classification for the identification of disease causing agents in plants[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2009, 66(2): 121 – 125.
- 16 曹乐平, 温芝元, 沈陆民. 基于色调分形维数的柑橘糖度和有效酸度检测[J]. 农业机械学报, 2010, 41(3): 143 – 148.  
Cao Leping, Wen Zhiyuan, Shen Lumin. Sugar content and the valid acidity test of the citrus based on the fractal dimensions of hue [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(3): 143 – 148. (in Chinese)
- 17 温芝元, 曹乐平. 基于补偿模糊神经网络的脐橙不同病虫害图像识别[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 152 – 157.  
Wen Zhiyuan, Cao Leping. Image recognition of navel orange diseases and insect pests based on compensatory fuzzy neural networks[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(11): 152 – 157. (in Chinese)
- 18 Evertsz C J G, Mandelbrot B B. Multifractal measures (appendix B) [M] // Peitgen H O, Jurgens H, Saupe D. Chaos and Fractals. New York, Springer Verlag, 1992: 922 – 953.
- 19 闫光辉, 李战怀, 党建武. 基于多重分形的聚类层次优化算法[J]. 软件学报, 2008, 19(6): 1283 – 1300.  
Yan Guanghui, Li Zhanhuai, Dang Jianwu. Finding natural cluster hierarchies based on multi Fractal[J]. Journal of Software, 2008, 19(6): 1283 – 1300. (in Chinese)

## Damage Pattern Recognition of *Citrus reticulata* Blanco Based on Multi-fractal Analysis of Image Hue

Wen Zhiyuan<sup>1</sup> Cao Leping<sup>2</sup>

(1. College of Science, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

2. Hunan Biological and Electromechanical Polytechnic, Changsha 410127, China)

**Abstract:** The investigation proposed a new algorithm to automatize the identification process of pests and insects disease of *Citrus reticulata* Blanco var. Ponkan, in which multi-fractal spectra of image hue were set as inputs of wavelet neural network model. In the new algorithm, image boundary of damage pattern of Ponkan was extracted with improved watershed algorithm, and discontinuous boundary was processed with boundary following, meanwhile over-segmentation region was merged and boundary was marked, at last, damage pattern image was generated. After the work above, firstly, hue range  $0^{\circ} \sim 120^{\circ}$  of damage pattern image was equally segmented into 4 regions to generate 4 binary images. And then these binary images were analyzed by multi-fractal method to calculate the widths and heights of multi-fractal spectra of scale invariance region. In the end, the widths and heights of multi-fractal spectra were set as the inputs of wavelet neural network model to identify the pest and insects disease of citrus fruit. Test results showed that the accurate rate of identification of 5 pests and insects disease is about 87%, which means that widths and heights of multi-fractal spectra are sufficient to characterize the damage pattern of citrus fruit, and this method is applicable in machine automatic recognition for pests and insects disease of citrus fruit.

**Key words:** *Citrus reticulata* Blanco Pests and insects disease Image recognition Machine vision  
Multi-fractal Wavelet neural network