

## 遗传算法改进的 KSW 熵法计算黄瓜叶部角斑病密度

徐海<sup>1</sup>, 秦立峰<sup>1,2\*</sup>

(1. 西北农林科技大学机电学院, 陕西杨凌 712100; 2. 农业部农业物联网重点实验室, 陕西杨凌 712100)

**摘要** [目的] 去除复杂背景影响, 提高角斑病病斑分割精度和速度。[方法] 首先对预处理后的  $b *$  通道图像采用大津法进行初分割, 去除大部分背景和噪声。再对目标部位的灰度图, 用基于遗传算法改进的 KSW 熵阈值分割法进行二次分割, 得到病斑的二值图像, 并计算病斑面积, 最后与叶片面积做比得到病斑密度。[结果] 该方法计算的病斑密度与方格板手动计算的结果的绝对误差约为 0.02, 而病斑的分割速度提高了 45% 以上。[结论] 该方法为黄瓜角斑病病害程度自动诊断提供技术依据。

**关键词** 黄瓜角斑病; 图像分割; 遗传算法; KSW 熵

**中图分类号** S126; TP391.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)32-0212-04

## KSW Entropy Method Improved by Genetic Algorithm for Density of Cucumber Angular Leaf Spot Calculation

XU Hai<sup>1</sup>, QIN Li-feng<sup>1,2\*</sup> (1. Electromechanical College, Northwest A& F University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Key Laboratory of Agricultural EPC System Network, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract** [Objective] The aim was to eliminate the influence of complex background, and improve the precision and speed of angular leaf spot segmentation. [Method] Firstly, the Otsu method was used to segment the  $b *$  channel image after preprocessing to remove background noise. Then, the gray image of the target area was segmented through the GA-improved KSW entropy thresholding method, and the binary image of disease spot was obtained as well as disease spot area was computed. Finally, the disease spot density was calculated. [Results] The results showed that the absolute error of the method calculated by the algorithm was about 0.02 compared with grid plate manual calculation method, and the segmentation speed increased by more than 45%. [Conclusion] The method provides the technical basis for automatic diagnosis of disease degree of cucumber spot disease.

**Key words** Angular leaf spot of cucumber; Image segmentation; Genetic algorithm; KSW Entropy

蔬菜病害对生产者造成重大经济损失, 是制约蔬菜种植业发展的重要原因。黄瓜角斑病是黄瓜主要病害之一<sup>[1]</sup>, 其在叶部产生病斑数量和大小是判断病害程度的主要依据。依靠人工观察计数进行判断, 费时费力, 准确性低。利用图像处理和模式识别技术可实现角斑病病斑密度的自动统计, 作为病害防治措施的依据, 从而高效地控制病害发生, 减少经济损失, 是农业信息化技术的重要研究方向<sup>[2-5]</sup>。

病斑密度计算以病斑分割、叶片与病斑面积计算为前提。葛婧等<sup>[6]</sup>利用玉米小斑病的 RGB 图像分两步将病斑分割出来, 并利用分割结果求得玉米冠层危害程度。但该研究针对图像背景较单一, 不适用于田间复杂背景情况。田有文等<sup>[7]</sup>研发基于 Android 平台的黄瓜叶部病害严重程度实时无损检测系统, 采用迭代式阈值法分割叶片区域和背景区域; 采用模糊 C 均值聚类算法提取病斑区域; 最后计算病斑区域像素点个数与整个叶片区域像素点个数的比值。李冠林等<sup>[8]</sup>对完整的葡萄霜霉病单叶叶部病害正投影, 利用  $k$ -means 聚类算法自动分割发病区域, 计算出发病区域所占叶片总面积的百分比, 并根据分级标准给出病害严重程度级别。关辉等<sup>[9]</sup>用分水岭法提取叶片区域, 在 YUV 颜色模型下选取 V 分量进行病斑分割, 通过计算病斑面积与叶片面积的比例得出病害的染病级别。李学俊等<sup>[10]</sup>对大豆样本图片的彩色梯度图, 采用 Otsu 与分水岭相结合的算法获得病斑粗略区域, 再对粗略目标区域进行模糊 C 聚类分割得到目标病斑。由于分水岭算法收敛较慢, 使得病斑分割过程较长。

综上所述, 病斑分割是病斑密度计算的前提。阈值分割快速, 但最佳阈值自动获取较困难。Kapur 等<sup>[11]</sup>提出的 KSW 熵法是自动确定阈值的有效方法, 但计算量大。利用遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 并行搜索特点, 改进病斑分割方法, 并进一步进行密度计算。

## 1 角斑病病斑分割

**1.1 图像采集与预处理** 一幅黄瓜叶片角斑病原图图像如图 1 所示。取  $L_a * b *$  颜色空间  $b *$  通道进行初分割,  $b *$  通道特征可降低削弱背景噪声, 克服光照影响。 $b *$  通道如图 2 所示。对  $b *$  通道图像进行直方图均衡化, 以增强病斑和背景的对比度, 结果如图 3 所示。



图 1 黄瓜叶部角斑病原图

Fig. 1 Original picture of angular leaf spot of cucumber

**1.2 KSW 熵法** Kapur 等<sup>[8]</sup>将信息论中 Shannon 信息熵用于灰度图像分割, 定义前景熵与背景熵之和为 KSW 熵, 搜索使 KSW 熵最大的灰度值为最佳阈值。根据 Shannon 熵的概念, 对于灰度范围  $\{0, 1, \dots, L-1\}$  的图像直方图, 其信息熵  $H_T$  计算式为:

$$H_T = - \sum_{i=0}^{L-1} p_i \ln p_i \quad (1)$$

式中,  $p_i$  为第  $i$  个灰度级出现的概率。设阈值  $t$  将图像分为

**基金项目** 陕西省农业科技创新与攻关项目 (2015NY034)。

**作者简介** 徐海 (1995—), 男, 湖北荆州人, 本科生, 专业: 图像处理。  
\* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事农业信息化工程领域研究。

**收稿日期** 2017-08-16

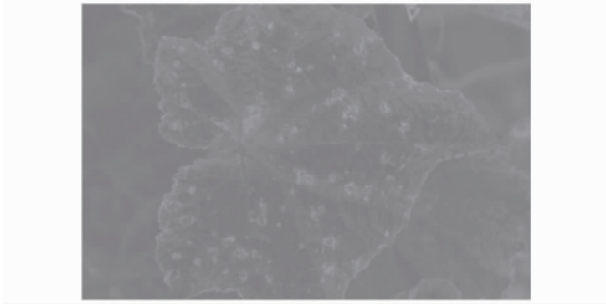


图 2  $L_a * b * \text{空间} b * \text{通道}$  图片

Fig. 2  $b * \text{channel image in } L_a * b * \text{room}$

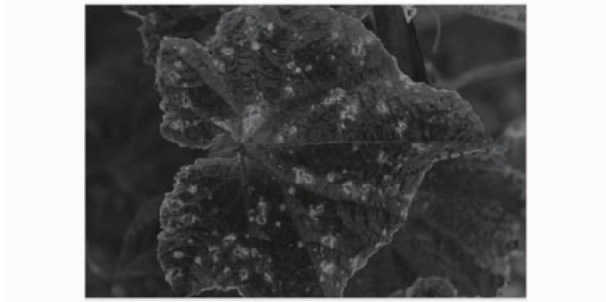


图 3 均衡化后的叶片图像

Fig. 3 Equalization leaf image

前景和背景 2 个部分, 2 类的概率分布分别为(2)和(3)式。

$$\frac{p_0}{P_t}, \frac{p_1}{P_t}, \dots, \frac{p_t}{P_t} \quad (2)$$

$$\frac{p_{t+1}}{1-P_t}, \frac{p_{t+2}}{1-P_t}, \dots, \frac{p_{L-1}}{1-P_t} \quad (3)$$

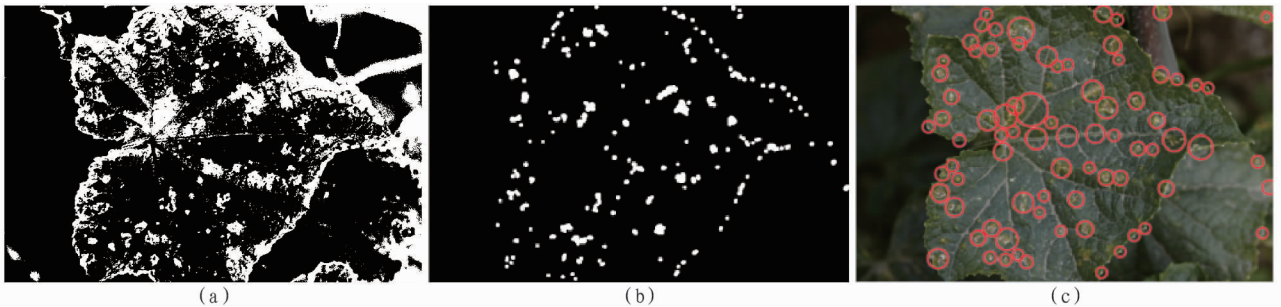
式中,  $P_t = \sum_{i=0}^t p_i$ , 前景熵  $H_A(t)$  和背景熵  $H_B(t)$  分别为:

$$H_A(t) = - \sum_{i=0}^t \frac{p_i}{P_t} \ln \frac{p_i}{P_t} = \ln P_t + \frac{H_t}{P_t} \quad (4)$$

$$H_B(t) = - \sum_{i=t+1}^{L-1} \frac{p_i}{1-P_t} \ln \frac{p_i}{1-P_t} = \ln(1-P_t) + \frac{H_T - H_t}{1-P_t} \quad (5)$$

其中,  $H_t = - \sum_{i=0}^t p_i \ln p_i$ 。

KSW 熵  $H(t)$  为  $H_A(t)$  和  $H_B(t)$  之和, 即:



注: (a)  $b * \text{通道}$  Otsu 初分割, (b) GA - KSW 熵法再分割, (c) 病斑标记

Note: (a) Segmentation of  $b * \text{channel image}$  by Otsu method, (b) Segmentation through the GA - improved KSW entropy thresholding method, (c) Disease spots marker

图 4 GA - KSW 熵的病斑分割

Fig. 4 Disease spot segmented through GA - improved KSW entropy thresholding method

$$H(t) = \ln P_t(1 - P_t) + \frac{H_T - H_t}{1 - P_t} + \frac{H_t}{P_t} \quad (6)$$

最后, 通过式(7)求取最佳阈值  $t^*$ 。

$$t^* = \arg \max_{0 \leq t \leq L-1} H(t) \quad (7)$$

**1.3 基于遗传算法改进的 KSW 熵分割法** 遗传算法是一种高效并行的全局搜索方法, 能自适应的控制搜索过程以求得最优解或满意解, 在多个领域有重要应用。该研究用遗传算法改进 KSW 熵法 (GA - KSW), 有效缩短寻找阈值的

时间。  
由于图像灰度值在 0 ~ 255, 故将各染色体编码为 8 位二进制码; 为避免种群数过多导致每一代适应度值计算量大, 设置种群数为 10, 最大繁殖代数数为 500。对二进制染色体数组解码为 0 ~ 255 的值, 以求其适应度值, 适应度函数用式(6)计算。选择阶段先采用精英算法, 再采用轮盘赌算法进行个体选择。假设群体的个体总数是  $n$ ,  $f(x_i)$  为个体  $x_i$  的适应度, 则一个体被选中的概率为:

$$p(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{j=1}^n f(x_j)} \quad (8)$$

以  $np(x_i)$  为下一代个体的数目。适应度高的个体繁殖下一代的数目多, 适应度低的个体繁殖下一代数目少甚至被淘汰。由此产生对环境适应能力较强的后代, 即选择出了与最优解接近的中间解。交叉采用改进的交叉算子, 当代数低于 20 时交叉概率取 0.8, 当代数高于 20 时, 交叉概率取 0.6; 当代数大于 30 小于 50 时, 变异概率取 0.03, 否则取 0.02。当最优个体的适应度和群体适应度不再上升或当算法执行到最大代数时, 算法停止。此时具有最高适应度值的个体即为分割阈值。

基于 GA - KSW 熵法的黄瓜叶部角斑病病斑分割过程如下: 首先对预处理后的  $b * \text{通道}$  图像采用大津阈值法进行初分割, 消除大部分背景和噪声, 同时保留病斑。用二值图像对原彩色图像进行掩膜运算, 将得到的彩色图像转到灰度空间, 用基于遗传算法改进的最佳直方图熵阈值分割法对其进行分割, 得到病斑的二值图像, 最后将得到的病斑二值图像在原图中标记出来(图 4)。

## 2 病斑的密度计算

**2.1 叶片面积计算** 对有背景噪声的叶片图像,须先将叶片从背景中分离出来并计算叶片面积,后才能统计病斑密度。首先对含病害叶片图像利用 canny 算子进行边缘提取,结果如图 5 所示。对其进行闭运算,使得各个边缘部分的像素点连通;利用面积法去掉多余像素点;再用闭运算和腐蚀使得叶片边界更加平滑,最终得到叶片的二值图像如图 6 所示。



图 5 边缘提取结果

Fig. 5 Extraction result of edge

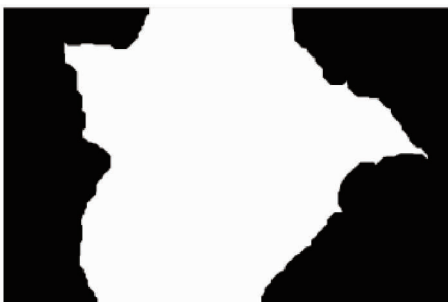


图 6 叶片的二值图像

Fig. 6 Binary image of leaf

**2.2 病斑面积计算** 由图 4(c)可见,得到的病斑中混淆了较多叶片边缘点,需要去除。先利用饼状结构元素进行形态学膨胀,使相邻像素点连接起来,膨胀后的结果如图 7 所示。再利用面积法去掉面积小边缘亮斑。再对二值图像中孔洞进行填充,最后用膨胀使未连通的细小区域相互连通,得到的结果病斑的二值图像如图 8 所示。利用二值图像对原彩色图像掩膜得到完整的病斑分割图像如图 9 所示。由图 9 可见,叶片边缘的光斑被过滤,得到了较完整病斑图像。



图 7 膨胀处理后二值图像

Fig. 7 Binary image after swelling treatment



图 8 去掉边缘点的病斑图像

Fig. 8 Disease spot image removed edge points



图 9 完整病斑

Fig. 9 Intact disease spot

**2.3 密度计算** 以像素点数  $M$  作为叶片面积。用病斑分割的二值图像的目标像素点数  $N$  作为病斑面积,则病斑密度的计算式为:

$$\rho = \frac{N}{M} \tag{9}$$

## 3 结果与分析

为检验提出算法的性能,对 3 幅黄瓜叶片角斑病病斑进行分割和密度计算。作为对比,同时对试验样本采用方格板法计算密度。将样本置于透明方格板下方,计算叶片所占方格数。每个方格为  $1 \text{ cm}^2$ ,叶片边缘超过半格的计为 1 格,不足半格舍去。病斑面积过小的,将局部病斑图片进行 10 倍放大,得到放大病斑面积后再缩小 10 倍,得到病斑实际面积。病斑密度统计结果如表 1 所示。

由表 1 可见,该文方法所计算的病斑密度与方格法的计算结果非常接近,绝对差在大约 2 百分点以下。另外,对 10 幅病斑图像进行试验,结果表明,方格法密度计算算法得到的平均密度为 7.12%,该文算法统计得到病斑的密度为 6.51%,绝对差为 0.52%。表明提出的方法具有较高的精度。与方格法相比,该文算法计算的密度偏小,这是由于利用面积法去掉叶片边缘像素点时,一些面积较小的病斑也被去掉。

统计 3 幅图片的最佳阈值搜索时间。分别用普通 KSW 熵法和基于遗传算法改进的 KSW 熵法寻找最佳阈值的时间如表 2 所示。

由表 2 可见,与普通的 KSW 熵法相比,基于遗传算法改进的最佳直方图熵阈值分割法大大缩短了寻找最佳阈值的时间,缩短比在 40% 以上。

表 1 病斑密度计算结果对比

Table 1 Calculation result of disease spot density

图片 Image	病斑像素点个数 Pixel points of disease spot		目标叶片像素点 Pixel points of objective leaf		病斑密度 Disease spot density // %		密度绝对差 Absolute error of density %
	方格板法 Grid plate method	本文方法 Method in this paper	方格板法 Grid plate method	本文方法 Method in this paper	方格板法 Grid plate method	本文方法 Method in this paper	
1	127410	115285	1789472	1770897	7.12	6.51	0.61
2	108623	99231	345643	323151	31.42	30.71	0.71
3	253975	244144	1125278	1188198	22.57	20.55	2.02

表 2 普通 KSW 熵法和优化 KSW 熵法寻找最佳阈值时间对比

Table 2 Time for finding optimal threshold of common KSW entropy thresholding method and improved KSW entropy thresholding method

图片 Image	普通 KSW 熵法 Common KSW entropy thresholding method // s	优化 KSW 熵法 Improved KSW entropy thresholding method // s	缩短时间比 Time ratio decreased %
1	0.201	0.106	47.26
2	0.251	0.139	44.62
3	0.195	0.102	47.69

## 4 结论

针对黄瓜角斑病病斑分割和密度统计问题,采用遗传算法改进最佳直方图熵阈值获取方法、边缘检测和大津阈值法对病斑图像在 2 个颜色空间下进行分割。结合数学形态学处理,计算病斑像素数;采用 canny 算子边缘检测和图形学方法计算叶片面积,最终得到角斑病病斑密度。试验结果表明,所提出的方法可提取出较完整的黄瓜叶部角斑病病斑,10 幅图像的密度与手动计算结果绝对差平均为 0.52 百分点,同时大大缩短了 KSW 熵法寻找最佳阈值的时间,使病斑的阈值选取更为精确。

该方法虽能快速准确地分割病斑,但仍然不能完

全滤掉光照和背景噪声。由于提取出完整病斑的同时过滤掉了极小的病斑,因此在计算病斑密度的时候导致结果偏小,需在后续研究中进一步改进。

## 参考文献

- [1] 赵文俊. 大棚黄瓜细菌性角斑病症状识别与防治[J]. 农民致富之友, 2017(11):56.
- [2] 张晴晴, 张云龙, 齐国红. 基于最大类间方差法的黄瓜病害叶片分割[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(12):193-195.
- [3] 袁媛, 陈雷, 吴娜, 等. 水稻纹枯病图像识别处理方法研究[J]. 农机化研究, 2016, 38(6):84-87.
- [4] 胡维伟, 张武, 刘连忠, 等. 利用图像处理技术计算大豆叶片相对病斑面积[J]. 江苏农业学报, 2016, 32(4):774-779.
- [5] 马浚诚, 温皓杰, 李鑫星, 等. 基于图像处理的温室黄瓜霜霉病诊断系统[J]. 农业机械学报, 2017, 48(2):195-202.
- [6] 葛婧, 邵陆寿, 丁克坚, 等. 玉米小斑病病害程度图像检测[J]. 农业机械学报, 2008, 39(1):114-117.
- [7] 田有文, 郑鹏辉, 许童羽, 等. 基于安卓的黄瓜叶部病害程度检测系统的研发[J]. 计算机工程与设计, 2016, 37(5):1411-1416.
- [8] 李冠林, 马占鸿, 王海光. 基于图像处理的葡萄霜霉病单叶严重度自动分级方法[J]. 中国农业大学学报, 2011, 16(6):88-93.
- [9] 关辉, 张长利, 张春媛. 基于图像处理的黄瓜叶片病斑分级方法的研究[J]. 农机化研究, 2010, 32(3):94-97.
- [10] 李学俊, 赵礼良. 扁豆病害叶片的病斑剥离分割[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(23):181-184.
- [11] KAPUR J N, SAHOO P K, WONG A K C. A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram[J]. Computer vision, graphics, and image processing, 1985, 29(3):273-285.

(上接第 171 页)

础。当前,巢湖市林业有害生物发生形势仍不容乐观,为有效遏制其蔓延和危害,巩固千万亩森林增长工程建设成果,助力林业增绿增效行动开展,进一步促进生态文明建设和林业持续健康发展,现针对林业有害生物防控工作提出如下建议。

**3.1 加强林业有害生物防治队伍建设** 现有的基层专职监测、检疫的专业技术人员较少,难以满足巢湖市林业发展需要。政府应提高对林业有害生物防治工作的重视,加大资金投入,完善机构建设和人员配备,加强对相关从业人员的专业培训,建立一支技术过硬、责任心强的林业有害生物防治队伍。

**3.2 做好植物检疫工作** 植物检疫旨在禁止某些危险性病虫害、杂草等有害生物人为地传入、传出或扩散危害,是一项根本性的预防措施。巢湖市应切实做好各项检疫工作,严格按照检疫性有害生物名单进行检疫执法,对重点有害生物实行(如松材线虫)严格检疫流程和检疫手续。

**3.3 加强林业有害生物监测预报工作** 加强林业有害生物发生的监测预报是做好预防工作的前提和开展灾害救治的基础,也是防止林业检疫性有害生物和危险性有害生物大面

积暴发、扩散、蔓延的必要保证。巢湖市在加强专业测报队伍建设的基础上,应不断提升有害生物监测硬件设施建设,逐步实现监测技术与管理体系的信息化,及时发布监测预警信息,从而为生产实践提供指导性意见。

**3.4 切实提高防治科技化水平** 巢湖市林业部门应加强与高校等科研机构联系,积极开展对林业有害生物相关问题的调查和研究,切实掌握有害生物的生物特性与发生规律。不断提高防治科技化水平,积极引入生物防治技术,探索出一套以生物防治为主体,化学、物理防治相结合的绿色、可持续防控体系,进一步优化防控效果。

## 参考文献

- [1] 牛银银. 林业有害生物现状及防治对策浅议[J]. 南方农业, 2016(17):54-55.
- [2] 庞香芝. 浅谈林业有害生物防治措施[J]. 内蒙古林业, 2014(4):17.
- [3] 董国源. 浅谈林业有害生物防治技术[J]. 科教导刊(电子版), 2015(13):189.
- [4] 张晓军, 李锦花, 刘比斯, 等. 吉林省林业有害生物发生现状及防治对策[J]. 吉林林业科技, 2007, 36(2):36-38.
- [5] 董程旺. 基于第三次林业有害生物普查的潜山县林业生物灾害防治对策[J]. 现代农业科技, 2016(7):130-131.
- [6] 王树洪, 韩会智, 侯军铭, 等. 沧州市林业有害生物普查成果初报[J]. 河北林业科技, 2016(6):40-43.