

刁智华,魏玉泉,刁春迎,等. 基于图像的小麦白粉病形状特征参数优化与提取[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):229-231.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.21.065

# 基于图像的小麦白粉病形状特征参数优化与提取

刁智华,魏玉泉,刁春迎,毋媛媛,钱晓亮,刘玉翠  
(郑州轻工业学院电气信息工程学院,河南郑州 450002)

**摘要:**精准识别作物病害的前提是准确地提取病害特征值,针对现有研究主要侧重于增加特征参量个数来提高病害识别率。以小麦白粉病为例,充分考虑形状描述子的平移及旋转不变性,在原有矩形度、伸长度等特征值的基础上重新构造病斑的圆形度、曲率等特征描述参数作为特征值,进行单个病斑参数的提取试验,并对获得的参数进行对比分析,以选出描述病斑形状的最优参数及其数值范围。结果表明,选用的特征参数值中圆形度  $C_2$ 、矩形度、伸长度及曲率具有较小的分散性,能精确有效地表征病斑的形状特征,显著提高病斑描述的精确性;并求取相关特征参数值的大致取值范围,增加人们对白粉病的认识,为小麦白粉病的自动识别提供数据基础。

**关键词:**小麦白粉病;形状特征参数;精确性;数值范围;图像识别;圆形度;曲率;伸长度;矩形度

**中图分类号:** TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)21-0229-03

随着图像处理技术的发展和计算机运算速度的提高,很大程度上降低了图像处理技术的使用要求;同时因为图像检测技术快速、准确、无损伤等特点,克服了传统人工识别的费事费力及病害识别不及时的特点,得到了农业领域研究者的重视,促进了农作物病害识别由人工识别转向借助机器视觉的自动识别。在病害识别过程中,病斑的形状、纹理和颜色是人们参考的 3 个重要指标,其中形状特征比其他 2 种特征有更好的特征表现力,且特征选择的好坏直接影响识别结果的好坏<sup>[1]</sup>。相关领域的研究者在病害识别的过程中对病斑的形状特征做了不少研究,刁智华将不变矩理论引入形状特征提取中,定义了 7 个 Hu 不变矩,并求其数值作为病害识别的参考<sup>[2]</sup>;王美丽等在识别小麦叶部病害时在形状特征上选取病斑的面积、周长、矩形度、圆形度和偏心率为几何特征参数,对条锈病、叶锈病和杆锈病进行分类识别<sup>[3]</sup>;田凯等在茄子褐纹病识别中选取圆形度、矩形度、偏心率、形状复杂度和 7 个 Hu 不变矩等 11 个形状特征结合纹理和颜色使样本的识别率达到 90%<sup>[4]</sup>;邵庆等以小麦条锈病为研究对象,在获取的小麦病害叶片图像中选取并计算病斑的面积、周长、矩形度、圆形度和纵横轴比 5 个特征量来作为病斑形状的描述和采集<sup>[5]</sup>;岑喆鑫在研究黄瓜的病斑识别中选用 4 项相对几何特征形状复杂性程度、偏心率、圆形性、形状参数,用于识别病斑<sup>[6]</sup>;胡秋霞在苹果病害病斑的识别中提取形状的宽长比、离散度、矩形度和伸长度 4 个特征结合纹理和颜色特征,从而取得了较高的病斑识别率<sup>[7]</sup>。

综合学者们的研究,通过多种参数的结合,也达到了较高

的病害识别率。但研究层面仍以增加变量个数来提高识别率,对提高单个特征参数的精确度、优化特征量及建立病害特征识别标准数据库的研究还不是很充分。因此,本研究以小麦白粉病单个病斑为对象,以提高单个特征参数的精确性为目的,选取具有旋转和平移不变性的特征参量重新描述病斑的形状特征,找出最优病害特征量及其精确数值范围,为小麦白粉病的自动精确诊断提供数据基础。

## 1 小麦病害叶片图像获取及图像处理

### 1.1 小麦病害叶片图像采集

本研究的地点为河南农业大学科教园区的小麦白粉病试验田区,在病害发生的全程中不对其采取任何防治措施,保证白粉病害的自然发生与生长。在大田环境下,通过使用数码相机拍摄静态图片的方法采集小麦白粉病病害部位图像。为保证病斑提取的准确性,减少其他不确定噪声的影响,以处于成形期的单个病斑为研究目标。镜头采用微距镜头,以保证采集到的图像能够清晰地展现小麦白粉病的细节,确保图像能精确反映病斑形状,准确提取特征值。由于大田环境下背景较复杂,为了简化背景处理,用红色背景布衬于病害叶片的下部,采集的原始图像如图 1 所示,最后利用自己编写的图像处理程序进行图像特征值的提取。

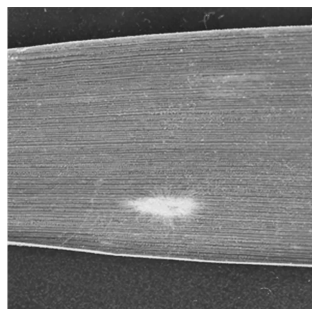


图1 叶部白粉病害原始图像

### 1.2 小麦病害叶片图像预处理

考虑到本研究的对象是白粉病的形状特征值,对图像的

收稿日期:2016-05-26

基金项目:国家自然科学基金(编号:61501407);河南省科技厅科技攻关项目(编号:162102110118);河南省高等学校重点科研项目(编号:15A413006);郑州轻工业学院研究生科技创新基金(编号:2015028)。

作者简介:刁智华(1982—),男,河南夏邑人,博士,副教授,主要从事图像处理及模式识别相关研究。E-mail:diaozhua@163.com。

颜色没有要求,纹理细节要求也较低。为减少图像处理的计算量、提高程序运行速度,以二值图像为图像特征值提取的目标图像。

首先将图像采集装置采集到的 24 位真彩色图像转换为 8 位灰度图像,图像灰度化过程中考虑到背景的颜色和叶片及病斑的颜色特征,根据与病害程度的相关性,确定 R、G、B 参数的权重值。本研究中设计了一种基于蓝色分量值的反向灰度化算法对图像进行灰度化,具体算法实现为

$$gray = \begin{cases} 255 - B & (R + G + B +) / 3 > 180 \\ 255 & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

式中:R、G、B 分别为原图像中单个像素的 R、G、B 值;gray 为灰度化后的像素灰度值。

利用该算法对原图像进行灰度化后的灰度图像见图 2,图 2 中较好地去除了背景和叶片颜色,使得原色接近白色的病斑能以较小的灰度值呈现。该算法以简单的运算步骤得到了较好的提取效果,节省了计算时间,也为后续的病斑特征值计算作了较好的病斑提取。

从图 2 可知,经过灰度化后的图像中仍存在不少噪声,图像呈现以病斑和叶部边缘为较小灰度值的特点,噪声点的灰

度值略大于病斑点的特点,因此须要加入滤波步骤以消除噪声点。本试验采用利用最大类间方差阈值滤波的方法进行噪声的消除:对于一幅图像  $F$ ,计算其灰度图像的自动阈值(简称 Otsu 阈值) $T$ ,用  $T$  将所有像素分为  $\geq T$  和  $< T$  的 2 个像素群,如果图像中的某个像素的灰度值  $< T$ ,则将该像素的灰度值设为 0,否则灰度值设为 255,其变换函数表达式如下:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & x < T \\ 255 & x \geq T \end{cases} \quad (2)$$

经过阈值处理后的图像  $F$  见图 3,图像较好地实现了噪声的消除,同时也变成了一幅二值化后的图像。从图 3 中可以看出,在二值化后的图像中往往会存在叶部边缘的轮廓,这是因为叶片在生长过程中,叶部边缘并不是和叶片一样的绿色,而是常呈现一种接近黄白色的颜色,这种颜色和病斑的颜色很相似,这种区域在人类视觉的观察下并不明显,但是在微距照片中会很明显。因此,在以精确保留病斑形状为目的的处理过程中会留下叶片边缘这一特点。鉴于病斑处于 2 条边界线内部,本试验采取依次进行上下边界线扫面的方法去除边界点,而保留病斑区域。处理后的图像见图 4,即为预处理后获得的目标图像。

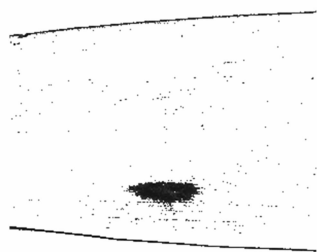


图2 叶部白粉病害灰度化后的图像

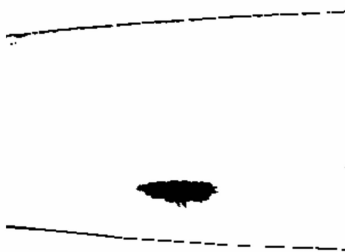


图3 叶部白粉病害二值化后的图像



图4 叶部白粉病害保留病斑的目标图像

## 2 小麦病害叶片图像形状特征选择及提取

由于人们在拍摄图片时会因为拍摄角度、位置和距离的变化而引起获得的图像中同一形状特征参数的变化,从而会严重地影响后续特征识别的准确性。如果选取的形状特征能够满足对平移、旋转的不变性要求,就可以很大程度上克服因拍摄位置而引起的特征参数的改变这一缺点。在图像特征的提取中要求生成的特征应能具体地描述物体的某一特点。在病害的识别中,病斑的面积和周长是常用的参数,但是此类绝对参数在病斑的不同生长时期及拍摄焦距、角度的不同都会呈现较大的差异性,对病害种类的区分虽有一定的贡献度,但对单种病害的识别贡献度较小。因此,本试验充分考虑了参数特征的平移、旋转不变性并结合参数的相对量选取了以下 4 个参数进行特征值的提取与分析。

### 2.1 小麦病害叶片图像圆形度(简称 $C$ )

从大量的小麦白粉病图像中可以得知,病斑形状基本都接近椭圆,个别会出现非常接近圆形的斑点,少数也会呈现长条状,总的形状特征可以用椭圆的性质特征来描述。因此,当形状接近圆时,圆形度就是一个非常有用的特征,它可以刻画一个形状接近圆的程度,它是一个平移旋转和伸缩不变量,又是一个非矢量的数值。本试验选用一种在病害识别中常用的圆形度定义方式,并重新定义 3 种新的圆形度指标进行白粉

病圆形度特征的提取:(1)圆形描述的是病斑形状接近圆形的程度,在病害识别中使用频率最高的一种定义方式为

$$C_1 = \frac{4\pi s}{L^2} \quad (3)$$

式中: $s$  为病斑区域的面积(常以像素个数计算,本研究中也用此方法); $L$  为病斑的周长,周长采用病斑区域相邻边界点的欧氏距离和来计算; $C_1$  值的范围是 0 ~ 1,在相同面积条件下,当病斑区域为圆形时周长最短,其圆形度  $C_1 = 1$ ,病斑形状越偏离圆则  $C_1$  值越小。

(2)面积与平均距离平方比值也是圆形度的度量指标,其定义如下

$$C_2 = \frac{A}{(\bar{d})^2} = \frac{AN^2}{(\sum_{i=1}^N x_i)^2} = \frac{N^3}{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}; \quad (4)$$

$$\bar{d} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (5)$$

式中: $A$ 、 $N$  分别为目标区域的面积与像素数; $x_i$  为第  $i$  个像素点到与其最近的边界像素点的距离; $\bar{d}$  为边界上的点到目标区域内部某点的平均距离。

(3)用区域  $R$  的所有边界点定义的特征量  $C_3$ ,即

$$C_3 = \frac{\mu_R}{\delta_R} \quad (6)$$

式中: $\mu_R$  为从区域中心到边界点的平均距离; $\delta_R$  为从区域中

心到边界点距离的均方差。

在二值化图像中,若图像病斑对应的像素位置坐标为  $(x_i, y_i) (i=0, 1, 2, \dots, M-1; j=0, 1, 2, \dots, N-1)$ , 那么形状质心位置坐标为

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} x_i \\ \bar{y} = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} y_i \end{cases} \quad (7)$$

式中:  $M$ 、 $N$  分别为病斑图像区域横向、纵向的最大像素个数;  $\mu_R$  及  $\delta_R$  计算公式分别如下

$$\mu_R = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \| (x_i, y_j) - (\bar{x}, \bar{y}) \|; \quad (8)$$

$$\delta_R = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [ \| (x_i, y_j) - (\bar{x}, \bar{y}) \| - \mu_R ]^2. \quad (9)$$

## 2.2 小麦病害叶片图像病斑的扁度(伸长度,简称 $D$ )

扁度可以用区域的最长弦与其垂直方向上的最长弦之比来度量,也可以用最小面积区域的外接矩形的长和宽之比来度量:

$$D = \frac{\max \{ \text{亮度} \}}{\max \{ \text{宽度} \}}. \quad (10)$$

病斑区域越细长,  $D$  越小, 当病斑区域为圆形时,  $D=1$ 。

## 2.3 小麦病害叶片图像的矩形度(简称 $E$ )

图像短形度是物体的面积与最小外接矩形的面积比值, 反映一个物体对其外接矩形的充满成度。

$$E = \frac{s}{A}. \quad (11)$$

式中:  $s$  表示病斑区域的面积(本研究采用的也是病斑区域的像素个数);  $A$  表示最小外接矩形的面积。

## 2.4 小麦病害叶片图像曲率 $F$

曲率标量描述子是边界上对角相邻的像素对数与正四邻域相邻的像素对数的比率。比值越大边界越圆滑, 比值越小边界越平直。

$$F = \frac{m}{n}. \quad (12)$$

式中:  $m$  为病斑区域边界上相邻 2 个像素间为对角时的像素对数;  $n$  为病斑区域边界上相邻 2 个像素为上下或左右时的像素对数。

## 3 结果与分析

试验中选取 20 幅单个病斑的图像, 利用本试验所述的图像处理算法进行图像的预处理, 最后按照本研究中定义的特征参数进行参数值的提取与测量, 随机选择 6 组数据(表 1)。并对 20 组样本的特征值分别求取均值和标准差, 为了衡量不同特征值间的优良性, 求取各个特征值的变异系数(其值为标准差与均值的比值), 统计结果如表 2 所示。

依据表 2 中的数据, 从 3 种圆形度的定义方式所得的数值中可以看出, 以面积与平均距离平方的比值作为度量指标的  $C_2$  具有最小的变异系数, 说明其分散性在 3 个中最小。伸长度、矩形度和曲率也具有较小的变异系数。因此本研究选取圆形度  $C_2$ 、伸长度、矩形度及曲率作为小麦白粉病的形状特征能够较好地描述白粉病病斑的形状参数。观察表 1 的统

表 1 小麦白粉病的病斑形状特征值

病斑	圆形度			伸长度	矩形度	曲率
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$D$	$E$	$F$
0	0.400 0	83.257 1	0.225 8	2.769 2	0.624 4	0.546 2
1	0.416 2	79.291 9	0.172 5	2.636 3	0.624 9	0.428 9
2	0.518 2	74.632 7	0.221 5	2.028 5	0.615 6	0.589 2
3	0.598 7	69.680 8	0.257 2	2.370 3	0.693 2	0.392 1
4	0.681 1	64.962 5	0.248 8	2.300 0	0.718 4	0.441 1
5	0.395 3	93.496 6	0.237 4	2.666 6	0.611 8	0.555 5

表 2 小麦白粉病病斑形状特征参数统计的均值、标准差及变异系数

参数	圆形度			伸长度	矩形度	曲率
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$D$	$E$	$F$
均值	0.504 1	78.564 9	0.212 1	2.400 0	0.642 1	0.483 1
标准差	0.108 7	11.062 1	0.063 0	0.302 7	0.044 8	0.062 6
变异系数	0.215 6	0.140 8	0.297 0	0.126 1	0.069 7	0.129 6

计数据, 可以得到圆形度的大小范围为 64.962 5 ~ 93.496 6, 伸长度的大小范围为 2.028 5 ~ 2.769 2, 矩形度的大小范围为 0.615 6 ~ 0.718 4, 曲率的取值范围为 0.392 1 ~ 0.589 2。这 4 个特征值的取值范围也较小, 数据比较稳定。

## 4 结论与讨论

本研究利用图像处理技术, 在 VC++ 平台下开发出小麦白粉病病斑形状特征参数提取的 MFC 程序。在考虑形状特征旋转和平移不变性的基础上, 选取定义了 6 个特征参数, 并对参数的特征值进行精确的提取与分析。分析结果表明, 在常用的 3 个圆形度指标中以面积与平均距离平方比值作为度量指标的  $C_2$  较其他 2 种定义方式具有更小的分散性, 结合伸长度、矩形度和曲率能较好地表现小麦白粉病的形状特征。特征参数精确数值的提取也为人们对小麦白粉病形状的认识提供了数据参考, 为自动识别提供了精确的数据基础, 为农作物病害诊断信息特征数据库地建立和实现奠定了基础, 优化了特征参数, 促进了小麦白粉病的自动识别。

## 参考文献:

- [1] Jhuria M, Kumar A, Borse R. Image processing for smart farming: detection of disease and fruit grading [C]//Image Information Processing (ICIIP), 2013 IEEE Second International Conference on. 2013:521-526.
- [2] 刁智华. 大田小麦叶部病害智能诊断系统的研究与应用[D]. 合肥:中国科学技术大学, 2010.
- [3] 王美丽, 牛晓静, 张宏鸣, 等. 小麦叶部常见病害特征提取及识别技术研究[J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(7): 154-157.
- [4] 田凯, 张连宽, 熊美东, 等. 基于叶片病斑特征的茄子褐纹病识别方法[J]. 农业工程学报, 2016, 32(增刊 1): 184-189.
- [5] 邵庆, 张楠, 路阳. 小麦病害图像识别处理及形状特征提取研究[J]. 农机化研究, 2014, 35(8): 35-42.
- [6] 岑喆鑫. 基于计算机视觉技术的黄瓜叶部病害自动诊断研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2008.
- [7] 胡秋霞. 基于图像分析的植物叶部病害识别方法研究[D]. 陕西:西北农林科技大学, 2013.