

基于颜色和纹理特征的大麦主要病害识别研究

杨倩¹ 高晓阳^{1*} 武季玲² 李红岭¹ 杨占峰¹ 孔彦龙¹ 毛红玉¹ 寇敏瑜¹

(1. 甘肃农业大学 工学院/甘肃省干旱生境作物学重点实验室,兰州 730070;

2. 甘肃农业大学 生命科学技术学院,兰州 730070)

摘要 为提出一种在自然环境条件下基于采集图像的颜色一阶与二阶矩和纹理 LBP 算子改进模式综合特征参数的大麦病害识别方法,以甘肃河西地区发生的大麦白粉病、云纹病和条锈病为研究对象,采用颜色矩和 LBP 算子均匀模式综合特征参数来提取大麦病斑的颜色和纹理特征,并将该特征向量作为输入向量构建以径向基为核函数的支持向量机(SVM)分类器模型。利用 SVM 分类模型对采集到的 355 幅病害图像进行实例分析,结果表明当径向基参数时,大麦病害整体识别正确率达 84.7458%。本研究为农田大麦病害诊断提供了有效的分析手段,验证分类模型在大麦病害研究中的可行性,并可为其他农作物病害诊断提供借鉴和参考。

关键词 大麦病害; 颜色矩; 纹理特征; LBP 算子; 支持向量机

中图分类号 TP 391 41; S 126

文章编号 1007-4333(2013)05-0129-07

文献标志码 A

Identification of barley diseases based on texture color feature

YANG Qian¹, GAO Xiao-yang^{1*}, WU Ji-ling², LI Hong-ling¹, YANG Zhan-feng¹,
KONG Yan-long¹, MAO Hong-yu, KOU Min-yu

(1. College of Engineering/Gansu Provincial Key Laboratory of Aridland Crop Science,

Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. College of Life Science and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract This study aims at presenting a method for identifying barley diseases based on the comprehensive characteristic parameters of first and second moment of color and with improving LBP model of texture feature under natural environmental conditions. Barley powdery mildew, moire disease and stripe rust occurred in Hexi corridor of Gansu province and used as the objective samples. Comprehensive characteristic parameters of color moments and LBP uniform model were used to extract color and texture features from diseased regions, which were chosen as inputs to the constructed classifier model in the base of radial basis kernel function for support vector machine (SVM) on barley disease recognition. The 355 collected disease images were analyzed by SVM classification model. The results showed that the overall identification accuracy of barley disease was up to 84.7458% while RBF parameter. The system provided with an effective analysis means for barley disease diagnosis, verified the feasibility of classification model in barley diseases, and also could be used as a reference for the other crop disease diagnosis.

Key words barley diseases; color moments; texture feature; LBP; support vector machine

随着农业信息化技术的发展,数字图像处理和模式识别技术逐步在农作物亏缺营养元素识别诊

断、种子质量检验、农产品品质检测与分级等农业领域得到了广泛探索研究,取得了显著成效。大麦是

收稿日期: 2013-03-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(61164001);甘肃省教育厅高等学校科研计划项目(1102-07);甘肃省干旱生境作物学重点实验室开放基金课题(1102-11)

第一作者: 杨倩,硕士研究生, E-mail: yangqian1202@foxmail.com

通讯作者: 高晓阳,教授,博士,主要从事农业工程检测与智能控制技术及系统研究, E-mail: gaoxiao1081@sina.com

我国西北地区的重要草畜饲料和啤酒原料,在农业经济和社会生活中占有重要地位^[1]。因此,研究如何快速准确地发现并识别大麦病害,及时采取相应防治措施,对于有效减少大麦产量损失以及提升大麦品质等均具有重要意义。国内外学者应用计算机视觉技术,已对小麦、葡萄和棉花等农作物病害自动识别和诊断进行了研究,为发展植物病害的机器视觉诊断技术和实现自动化诊断提供了理论和实践基础^[2-12]。早在1989年穗波信雄等^[13]利用机器视觉技术分别对缺乏钙、铁和镁营养元素的苾荬叶片进行了基础研究,利用R、G和B直方图分析了正常和病态的颜色特征;Tao Y等^[14]利用机器视觉研究了苹果和土豆的色泽差异;Luigi Bodria等^[15]对不同真菌感染的小麦进行了多光谱图像识别;王娜等^[16]综合运用纹理、颜色和形状特征分析方法,有效地识别了田间采集的玉米病害图像;李冠林等^[17]提取了小麦病斑区域的形状、颜色和纹理特征空间的50个特征参数并用设计的SVM分类器进行了分类识别。

同我国其他主栽农作物一样,甘肃大麦的田间生长过程中也易遭受多种病虫害的侵入,而传统诊断方法多靠专家经验判断,主观性较强,病害前期诊

断误差较大,易造成大麦大幅减产。大麦白粉病、云纹病和条锈病是常见的3种病害,且都在大麦生长初期和中期爆发。大麦发病后会影响到其新陈代谢,引起植物细胞和外部形态的改变,使大麦叶片的颜色、纹理和形状发生变化^[18]。为此,本研究提出一种基于颜色与纹理综合参数的大麦早期病害特征提取方法,并将特征向量作为SVM的输入向量,旨在实现甘肃大麦主要病害的机器视觉识别。

1 材料与方法

1.1 材料及方法

1.1.1 材料

2012年5—9月在甘肃农业大学大麦试验田中采集大麦病害图像,为避免光照的影响,图像均在晴天时候进行采集,共采集正常大麦图像以及白粉病、云纹病和条纹病3种大麦病害图像共355幅,其中210幅作为训练样本,剩余的145幅作为测试样本。大麦图像采集设备为CCD数码相机,型号为Sony公司DSC-W320,分辨率为 640×480 ,设置为手动调节焦距,自动白平衡。采集到的大麦正常图像和大麦白粉病、云纹病及条纹病等3种病害图像如图1所示。



图1 大麦病害图像

Fig. 1 Disease images of barley

由图1可见,大麦白粉病、云纹病和条锈病,其发病部位主要为叶片和叶鞘,但白粉病发病初期叶面出现1~2 mm的白色霉点,逐渐扩大为或近圆形至椭圆形白色霉斑,后期发病部位霉层变为灰白色至浅褐色;大麦云纹病,其发病初期为白色透明小斑,随后扩大变为青灰至褐色,形状为长椭圆形;大麦条锈病发病时出现黄褐色条状病斑。这些均与正常大麦叶片的颜色和纹理形状显著不同,故采用机

器视觉方法进行识别分类。

1.1.2 方法

本研究对大麦病害图像的识别进行了仿真试验,软件平台为Windows XP和Matlab;硬件平台为PC机,AMD Athlon(tm)双核5 200+/2.71 GHz处理器,2 G内存。大麦病害图像识别试验的流程如图2所示,将已采集的大麦病害图像预处理后,分别提取其颜色和纹理特征,颜色特征主要提取

的是 R、G 和 B 三通道的颜色一阶矩和二阶矩，纹理特征主要提取 LBP 值，建立基于径向基核函数的 SVM 分类模型，然后输入特征实施病害分类试验。

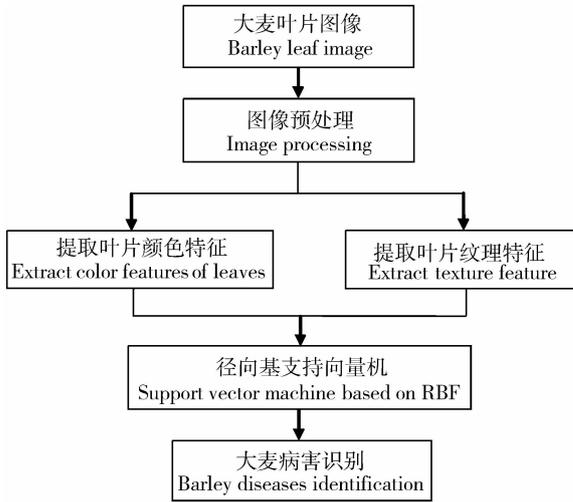


图 2 大麦病害识别流程图

Fig. 2 Flow chart of barley disease recognition

1.2 特征提取

1.2.1 颜色特征提取

Stricker^[19] 提出了利用颜色矩 (Color moments) 表示图像的颜色分布信息，它是一种简单有效的颜色特征表示方法，根据不同颜色分量的分布信息进行统计计算。由于颜色信息主要集中在低阶矩中，因此，本研究提取大麦病害图像的一阶矩和二阶矩作为颜色特征，其公式分别为：

$$\delta_1 = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N | I_i(x, y) | \quad (1)$$

$$\delta_2 = \frac{1}{M \times N} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N | I_i(x, y) - \delta_1 |^2 \quad (2)$$

其中： $I_i(x, y)$ 为图像灰度； δ_1 为一阶矩， δ_2 为二阶矩。

提取到的大麦图像 R、G、B 一阶矩和二阶矩如表 1 所示，正常大麦的 R、G、B 3 个通道的颜色二阶矩数值的数量级明显低于有 3 种病害大麦图像的，说明该类特征所含有的颜色信息可有效地用于对大麦病害图像分类。

表 1 大麦病害图像中大麦病害颜色特征参数

Table 1 Feature parameters of barley disease

大麦病害 Barley diseases	R 分量 R component		G 分量 G component		B 分量 B component	
	一阶矩 First moment	二阶矩 Second moment	一阶矩 First moment	二阶矩 Second moment	一阶矩 First moment	二阶矩 Second moment
	正常 Normal	93.086 4	7.362 7e+04	158.703 9	7.593 2e+04	88.592 1
白粉病 Powdery mildew	166.874 3	1.784 0e+07	184.933 3	1.027 7e+07	147.480 7	1.318 8e+07
云纹病 Moire disease	142.246 4	5.441 3e+07	137.349 8	2.918 6e+07	109.661 2	3.251 6e+07
条锈病 Stripe rust	104.898 9	1.894 5e+07	137.697 7	1.071 8e+07	40.529 5	1.210 4e+07

1.2.2 纹理特征提取

局部二值模式 (Local binary pattern, 简称 LBP^[20]) 是 1996 年由芬兰奥卢 (Oulu) 大学 Ojala 提出的一种描述图像局部空间结构进行局部纹理特征提取的非参数线性降维算子。原始模式定义如下式所示。

$$LBP_{p,R} = \sum_{p=0}^{p-1} s(g_p - g_c) 2^p \quad (3)$$

$$s = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

其中： g_c 表示中间点的灰度值， $g_p (p=0, 1, \dots, p-1)$ 表示围绕 g_c 以 R 为半径的像素点的灰度值。

随后，Ojala 等^[21] 对 LBP 算子进行了发展和改进。2002 年 Ojala 研究表明具有旋转不变性的 LBP 算子均匀模式 $LBP_{p,R}^{riu2}$ 可作为纹理的基本属性，它能包含图像大部分的纹理信息，具有较强的分类能力，其表达式为

$$LBP_{p,R}^{riu2} = \begin{cases} \sum_{p=0}^{p-1} s(g_p - g_c) 2^p & U(LBP_{(p,R)}) \leq 2 \\ p + 1 & \text{其他模式} \end{cases} \quad (5)$$

$$U(LBP_{(p,R)}) = |s(g_{p-1} - g_c) - s(g_0 - g_c)| + \sum_{i=1}^{p-1} |s(g_i - g_c) - s(g_{i-1} - g_c)| \quad (6)$$

其中, $U(LBP_{p,R})$ 表示 LBP 算子的均匀性度量, 当 $U(LBP_{p,R}) \leq 2$ 时为均匀模式。

当采用 LBP 算子原始模时, LBP 算子维数为 $256 = 2^p = 2^8$; 然而, 若采用 LBP 算子均匀模式, LBP 算子维数为 $58 = p \times (p - 1) + 2 = 8 \times (8 - 1)$

+ 2。当区域内包含的采样象素个数 p 取较大值时, 得到的直方图向量维数就会较高, 导致分类时间耗费较多, 因此选用模版为 $LBP_{8,1}$ 均匀模式, 对计算得到的 LBP 统计值进行抛弃处理, 剔除非关键信息得到均匀模式 LBP 算子维数为 18。图 3 为图 1 中 3 种病害的 LBP 值统计绘制的火柴杆图, 每幅图片中上图为采用均匀模式且将得到的 LBP 统计值进行抛弃处理后的统计图, 下图为传统 LBP 模式统计图。经多次试验表明, R 通道的 LBP 值最具分类效果。

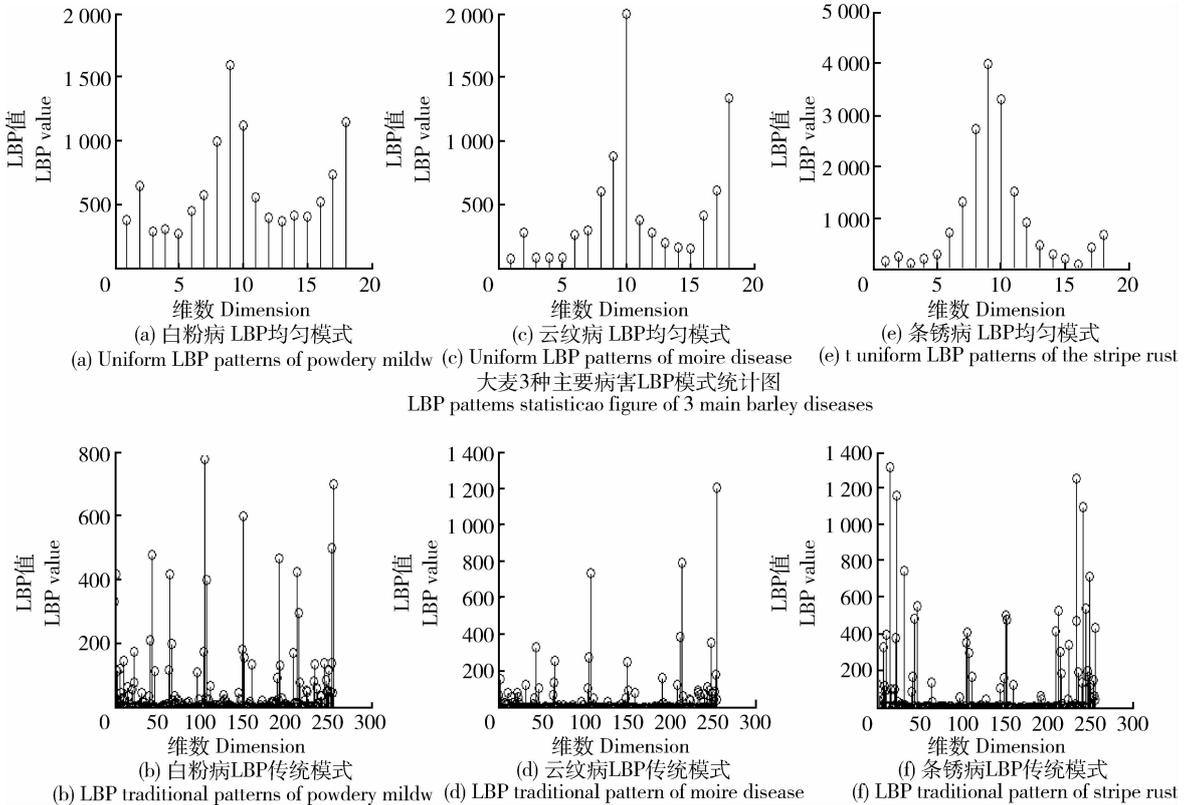


图 3 R 通道 LBP 值火柴杆图

Fig. 3 Stem of LBP value on R channel

1.3 基于 SVM 的分类模型建立

支持向量机 (Support vector machine, 简称 SVM^[22]) 是由 V. Vapnik 于 1995 年提出的一种基于统计学理论和结构最小风险原理基础上的机器学习方法, 能够较好的解决小样本学习、非线性以及高维等实际问题, 在模式识别中得到广泛应用^[23]。由于 RBF 核函数的计算复杂度不随参数的变化而变化, 且在全部参数空间都满足 Mercer 条件, 是 SVM

方法中最常用的核函数, 因此选取径向基核函数, 其数学表达式为

$$K(\psi, \psi_i) = \exp\left(-\frac{|\psi - \psi_i|^2}{2\sigma^2}\right) \quad (7)$$

其中, ψ 为输入特征值, ψ_i 为该特征值 ψ 对应的结果; σ 为径向基核函数参数, $\sigma > 0$ 。

基于径向基核函数的 SVM 图像分类流程图如图 4 所示。

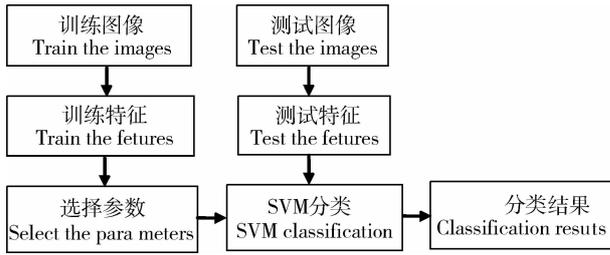


图 4 SVM 图像分类流程图

Fig. 4 Flow chart of Image classification based on SVM

从采集到的甘啤 6 号大麦 355 幅图像中选取 210 幅作为训练样本。大麦叶片的颜色及纹理特性,采用前述综合特征参数对大麦病害图像进行特征提取。首先,通过最近邻插值法对图像进行大小调整,将图像大小调整为 30×30 ;再对图像进行离散傅里叶变换(DCT);然后,分别提取 R、G 和 B 三通道颜色的一阶矩和二阶矩共 6 个特征参数,试验表明该类参数可对大麦正常图像与病害图像进行有效的分类;接着,对图像分 R、G 和 B 三通道进行灰度化,分别提取 R、G 和 B 三通道的 LBP 算子均匀模式的 LBP 值;最后,将由这 9 个参数构成的特征向量作为输入向量输入以径向基为核函数的 SVM 分类系统,利用 Libsvm 工具箱得到分类回归模型。

核函数选取径向基(RBF)核函数,输出采用十进制编码输出,即 0 代表正常、1 代表白粉病、2 代表云纹病和 3 代表条锈病,总共 4 个输出。经多次对比试验得到,当惩罚参数 C 为 50, RBF 参数 $\sigma^2 = 0.5$ 时,分类效果最好。利用如下代码创建符合上述要求的 SVM 分类模型。

```
Train_data=[train_data0;train_data1;train_data2;train_data3];
```

```
Train_label=[train_label0;train_label1;train_label2;train_label3];
```

```
Svm_train_result=svmtrain(train_label,train_data,'c 50');
```

```
[Predict_label,accuracy]=svmpredict(train_label,train_data,svm_train_result)
```

2 结果与分析

将采集到的 355 幅大麦图像中的 145 幅选作为第一组测试样本,其中正常图像 29 幅、白粉病 43

幅、云纹病 33 幅以及条锈病 40 幅,其识别结果如表 2 所示。

表 2 试验 1 检测试验结果

Table 2 Result of barley disease in test 1

病害名称 Disease name	识别正确数目(总数) Correct number identified (total)	正确率/% Accuracy
正常 Nomal	24(29)	82.758 6
白粉病 Powdery mildew	43(43)	100.000 0
云纹病 Moire disease	26(33)	78.787 9
条锈病 Stripe rust	30(40)	75.000 0
合计 Total	123(145)	84.827 6

再次从采集到的大麦病害图像中选择 150 幅图像作为第二组测试样本,其中正常图像 33 幅、白粉病 42 幅、云纹病 35 幅以及条锈病 40 幅,其识别结果如表 3 所示。

表 3 试验 2 检测试验结果

Table 3 Result of barley disease in test 2

病害名称 Disease name	识别正确数目(总数) The correct number identified (total)	正确率/% accuracy
正常 Nomal	29(33)	87.325 6
白粉病 Powdery mildew	38(42)	90.556 8
云纹病 Moire disease	28(35)	81.332 5
条锈病 Stripe rust	32(40)	80.562 3
合计 Total	127(150)	84.666 7

由表 2 和表 3 所示 2 次随机测试分类试验可知,大麦病害图像的错分总数 $n=45$,测试样本总数 $N=295$,整体分类正确率 $p = (1 - \frac{n}{N}) \times 100\% = 84.745 8\%$,分类效果良好。

3 讨论

1)从农田应用的角度来考虑,植物病害的病斑颜色特征值在大田环境下会随着光照强度的变化而变化,且病斑的颜色在不同的发病时期会发生变化等,难以单纯利用颜色特征建立病斑和病害图像之间的对应关系。为此徐贵力等^[23]和刘志华等^[24]利

用计算机视觉技术并采用遗传算法,对黄瓜斑疹病叶片进行采样,利用正常部分和病斑部分的分光反射特性对病害进行了识别。马晓丹等^[25]运用图像处理和神经网络技术,基于病斑 RGB 颜色特征实现了大豆叶片病斑区域的识别。本研究显示,由 R、G、B 三通道颜色二阶矩可分类出大麦正常图像与病害图像,并具有显著的区分度;其次采用 LBP 算子提取局部纹理特征和综合应用 SVM 分类器,其训练组识别准确率达 100%,与采用 BP 神经网络和遗传算法等相比也具有更好的分类效果。

2) 纹理是所有表面所具有的内在特性,纹理特征是区域性特征。田有文等^[26]利用色度矩提取葡萄黑豆病、白粉病、霜霉病叶片纹理图像的特征向量,然后将径向基核函数的支持向量机(SVM)分类方法应用在葡萄病害纹理图像的识别,其总体识别率达 90% 以上。田有文等^[27]利用色度矩提取玉米大斑病、小斑病、灰斑病叶片纹理图像的特征向量,将径向基核函数的 SVM 分类方法应用于玉米病害纹理图像的识别,平均识别率为 87.5%。张静等^[28]利用归一化灰度共生矩阵计算黄瓜角斑病和黄瓜斑疹病的纹理特征参数,提取了能量、惯性、熵和均匀性等特征参数描述叶片图像的表面病症,对比后发现惯性值作为特征参量来区分这 2 种病害比较准确。本研究显示,与采用灰度共生矩阵相比,采用 R、G、B 三通道颜色 LBP 算子均匀模式的 LBP 值进行局部纹理特征提取,显著降低了向量维数并提高了识别分类准确度;综合应用 LBP 算子均匀模式和 SVM 分类器,相比前述研究其训练组识别准确率更高,达 100%。

3) 目前多数研究都是利用病害图像颜色、纹理和形状等单变量特征参数,但可有效识别的病害数目较少。为此作物病害机器视觉诊断应综合利用颜色、纹理和形态等特征参数并结合植物病理学等知识进行多变量特征参数互补优化,建立病害特征矢量参数组合识别模型,综合多元特征对于病害识别效果将会更佳。本研究虽基本实现了对大麦叶部主要常见病害的识别,为小麦病害的自动识别奠定了基础,但由于农作物病害因发病时间、发病部位和发病程度不同而复杂多变,为此在其他农作物和病虫害上的应用还需继续研究。

4) 由于田间图像采集时的光照条件以及拍照时间不完全一致,且采集的样本数目有限,因而对该分类模型分类结果造成了一定程度的错分影响。在今后试验研究中,要注意适当加大病害图像采样数,优化算法,完善分类模型。

4 结 论

1) 本研究进行了大麦病害图像综合特征参数提取优化研究。试验选用颜色的一阶矩和二阶矩提取图像的颜色特征;采用基于单一分块的 LBP 均匀模式进行图像的纹理特征提取;并将提取到的颜色和纹理特征优化综合。

2) 采用 6 个颜色特征参数和 3 个纹理特征参数构成的特征向量输入 SVM 分类器,实现了大麦病害图像的识别。分类试验结果表明,该综合特征参数能够很好的对大麦病害进行分类识别。当径向基参数 $\sigma^2 = 0.5$ 时,整体分类正确率达 84.745 8%,且每种病害图像的分类正确率均在 75% 以上,为农田大麦病害诊断提供了有效的分析手段。

参 考 文 献

- [1] 卢良恕. 中国大麦科学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 2-10
- [2] Sammany M T, Medhat; Dimensionality reduction using rough set approach for two neural networks-based applications[C]// Rough Sets and Intelligent Systems Paradigms. Heidelberg: Springer Berlin, 2007: 639-647
- [3] Chesmore D, Bernard T, Inman A J, et al. Image analysis for the identification of the quarantine pest *Tilletia indica* [J]. EPPO Bulletin, 2003, 33(3): 495-499
- [4] 陈兵旗, 郭学梅, 李晓华. 基于图像处理的小麦病害诊断算法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(12): 190-195
- [5] 邓继忠, 李敏, 袁之报, 等. 基于图像识别的小麦腥黑穗病害特征提取与分类[J]. 农业工程学报, 2012, 28(3): 172-176
- [6] 赵玉霞, 王克如, 白中英, 等. 基于图像识别的玉米叶部病害诊断研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(4): 698-703
- [7] 田有文, 李天来, 李成华, 等. 基于支持向量机的葡萄病害图像识别方法[J]. 农业工程报, 2007, 23(6): 175-180
- [8] 陈红, 熊利荣, 胡筱波, 等. 基于神经网络与图像处理的花生仁霉变识别方法[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 158-161
- [9] 耿长兴, 张俊雄, 曹峥勇, 等. 基于色度和纹理的黄瓜霜霉病识别与特征提取[J]. 农业机械学报, 2011, 42(3): 170-174
- [10] 刘志华, 程鹏飞, 崔艳丽, 等. 温室植物病害的图像处理及特征值提取方法的研究[J]. 农业工程学报, 2005(学术年会论文集): 400-405
- [11] 刘禾, 汪懋华. 基于数字图像处理的苹果表面缺陷分类方法

- [J]. 农业工程学报, 2004, 20(6): 138-140
- [12] 孔彦龙, 高晓阳, 李红玲, 等. 基于机器视觉的马铃薯质量和形状分选方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(17): 143-148
- [13] 赖军臣, 李少昆, 明博, 等. 作物病害机器视觉诊断研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(4): 1215-1221
- [14] Tao Y, Heinemann P H, Varghese Z, et al. Machine vision for color inspection of potatoes and apples[J]. Transactions of the ASAE, 1995, 38: 1555-1561
- [15] Luigi Bodria, Marco Fiala, Roberto Oberti. Chlorophyll fluorescence sensing for early detection of crop diseases symptoms[R]. 021114, Hyatt Regency Chicago; 2002 ASAE Annual International Meeting/CIGR XVth World Congress Sponsored by ASAE and CIGR, 2002
- [16] 王娜, 王克如, 谢瑞芝, 等. 基于 Fisher 判别分析的玉米叶部病害图像识别[J]. 中国农业科学, 2009, 42(11): 3836-3842
- [17] 李冠林, 马占鸿, 王海光. 基于支持向量机的小麦条锈病和叶锈病图像识别[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(2): 72-79
- [18] 陈健. 大麦病害及其特征[J]. 江西农业学报, 2009, 21(5): 77-80
- [19] Ojala T, Pietikainen M, Harwood D. A comparative study of texture measures with Classification based on feature distributions [J]. Pattern Recognition, 1996, 29(1): 51-59
- [20] T Ojala, M Pietikinen. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(7): 971-987
- [21] Vapnic V. Statistical learning theory[M]. New York: Wiley, 1998
- [22] 张淑雅, 赵一鸣, 李均利. 基于 SVM 的图像分类算法与实现[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(25): 41-43
- [23] 徐贵力, 毛罕平, 李萍萍. 缺素叶片彩色图像颜色特征提取的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 150-154
- [24] 刘志华, 程鹏飞. 黄瓜侵染性病害图像处理及特征值提取方法的研究[J]. 山西农业大学学报, 2006, 26(3): 351-354
- [25] 马晓丹, 祁广云. 基于神经网络的大豆叶片病斑的识别与研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2006, 18(2): 84-87
- [26] 田有文. 基于纹理特征和支持向量机的葡萄病害的识别[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(8): 606-608
- [27] 田有文, 王滨, 唐晓明. 基于纹理特征和支持向量机的玉米病害的识别[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(6): 730-732
- [28] 张静, 王双喜, 董晓志, 等. 基于温室植物叶片纹理的病害图像处理及特征值提取方法的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 282-285

责任编辑：王燕华