基于颜色特征码本的病害图像分类算法研究

宋丽娟　(宁夏大学信息工程学院,宁夏银川 750021)

摘要　首先对枸杞叶部图像的各类别病害图像的颜色特征进行分析,建立对应病害类别的颜色特征码本,最后利用稀疏表示理论建立病害图像颜色分布与病害类别的映射关系,进行基于颜色特征码本的病害图像分类。试验结果表明,该方法能有效建立病害图像的颜色特征与病害类别之间的关系。

关键词　颜色特征码本;病害图像;稀疏表示理论;图像分类
中图分类号　S126　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517－6611(2018)04－0198－05

Study on Disease Image Classification Algorithm Based on Color Feature Codebook

SONG Li-juan　(School of Information Engineering, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract　This paper classified the disease and analyzed the image color characteristics of each category of Chinese wolfberry leaf at first. Secondly, color signature codebook corresponding to disease categories was established. Finally, with the help of the relationship between images color distribution and characteristics of disease based on theories of sparse representation, disease image classification based on the disease feature were carried out. Experimental results showed that the method could effectively create a relationship between the disease image categories and image's color characteristics.

Key words　Color feature codebook;Disease image;Sparse representation;Image classification

枸杞在宁夏已有悠久的种植历史。随着经济的发展,枸杞种植、加工、贸易已成为宁夏农林经济发展与农民增收的重要组成部分,被自治区政府列为战略性优势主导产业,并决定将宁夏建设成全国乃至全世界枸杞及其制品生产、加工基地。枸杞病害的诊断和防治一直是枸杞生产和管理的主要工作内容之一,在枸杞生长季节的管理中,病害的诊断和防治占工作总量的33%以上。截至2015年底,宁夏回族自治区枸杞种植面积达到56 754.5 hm^2,占全国枸杞种植面积的45%以上,形成了以中宁为核心,清水河流域和银川以北为两翼的区域布局。枸杞干果总产量达到8.8万t,约占全国总产量的55%,年综合产值超过80亿元以上,出口量约占全国出口量的60%以上,出口创汇7 000万美元以上。中国互联网络信息中心2015年5月发布的《农村互联网发展状况研究报告》显示,截至2014年12月,我国农村网民规模达到1.78亿,我国农民以手机上网为主,2014年宁夏回族自治区启动"枸杞信息员"项目,农业移动信息化成为枸杞产业管理和发展的利器[1]。因此,将计算机图像处理、计算机模式识别、移动网络通信等多种现代通信技术引入农作物病害防治领域,探寻一种灵活、高效、实时、准确的病害识别和分类方式是切实可行的[2-5]。

枸杞及其产业是宁夏农业的"优势产业""主导产业"和"支柱产业"。枸杞产量的高低、质量的好坏,虽然与品种、肥料等有密切关系,但要实现安全、优质、高产的目标,关键在于病害的快速识别和防治水平。病害是影响枸杞产量、品质和市场的重要因素,病害的暴发会带来大规模的减产、降质,所以将图像识别技术应用于枸杞病害识别的研究具有重要的意义。在宁夏地区,枸杞病害不同时期、同一部位的病害病症多变,客观上存在很大的识别、预警困难,针对大田环境、复杂环境下的枸杞图像,枸杞病害图像的病斑背景的复杂程度高,枸杞病害叶片与健康枸杞叶片的灰度差异不大,枸杞病害的生理信息机理决定了病害种类的规律性和稳定性,因此,若要达到最好的病害分类效果,就需要针对不同的枸杞病害在不同病理时期的关键特征(颜色信息)设置参数,及时、准确地检测识别出枸杞病害,才能有效采取防治措施,这将是亟需解决的问题。笔者基于自然图像的稀疏表示理论在图像分类中的应用,通过建立病害图像颜色分布与病害类别的映射关系,构建枸杞病害分类和识别模型。

1　图像颜色特征

颜色特征是人眼视觉敏感的图像信息,具有对图像的旋转、缩放不变性。颜色特征在各种数字图像处理系统中经常涉及到,在图像检索、分类等应用与研究中具有重要作用。直方图是颜色特征的主要表示方式,已被应用于许多的图像检索、图像识别和分类系统中。图像分类系统虽然也经常利用图像的纹理、形状等特征,但纹理依赖于图像的分辨率和所选择区域的大小、形状特征与图像中的目标区域选择相关,这两种特征的具体应用往往具有一定的针对性。Swain等[6]提出了颜色直方图的较为经典的特征比较方法,但由于各个图像所得到的颜色特征维数不一定相同,导致该方法较难应用于实际的图像分类系统;Stricker等[7]提出的累计直方图方式有效解决了图像中噪声点干扰问题,所表达图像的颜色特征鲁棒性更强。这些颜色特征表示方法大都以直方图特征表示为基础,而直方图是对图像中像素颜色频度的统计,并没有考虑到像素的空间位置特征,因此不同图像可能具有相同的颜色统计特性,参考文献[8]中的二维直方图则利用了图像的颜色和空间信息,但该方法中主观颜色非均匀量化方法却会导致图像有效颜色信息的丢失。主颜色描述(Domain color descriptor,DCD)则利用图像中的少数主要颜色值及其统计特性对图像颜色特征进行描述,在已有的研究中已经被应用于基于底层特征的图像分类中,并且DCD特

基金项目　国家自然科学基金项目(61363018);宁夏高等学校科学技术研究项目(NGY2016016)。
作者简介　宋丽娟(1978—),女,宁夏银川人,副教授,硕士,从事图像处理与机器视觉研究。
收稿日期　2017－12－13

征具有数据维数较低的优势，因此选用该方法作为病害图像的颜色特征描述子，并通过颜色空间的约束模糊聚类方法提取图像的 DCD 特征。

1.1　DCD 图像颜色特征　图像的 DCD 特征定义为[9]：$C=\{p_i,c_i,v_i,s\}$，$i=1,2,\cdots,N_{\mathrm{DCD}}$，其中 N_{DCD} 表示图像中主要颜色的种类数，p_i 表示在图像中主颜色的频度，c_i 表示主颜色，v_i 表示其他颜色与主颜色 c_i 的方差，s 为空间相关系数，用来表达图像中主颜色之间的均匀性。

由于人的视觉对亮度的敏感程度远高于对颜色浓淡的敏感程度，为了便于颜色处理和识别，人的视觉系统经常采用 HSV 颜色空间，它比 RGB 颜色空间更符合人的视觉特性。HSV 颜色空间可以用一个圆锥空间模型来描述，如图 1 所示。

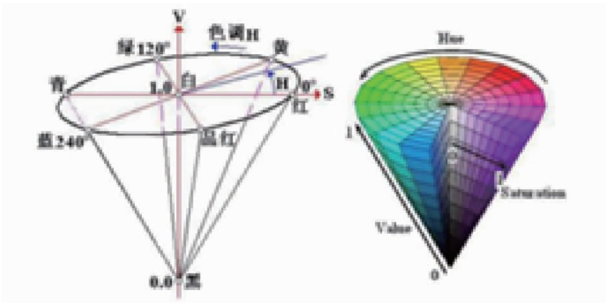


图 1　HSV 颜色空间模型

Fig. 1　HSV color space model

HSV 颜色空间的重要分量是垂直强度轴(V)、到一彩色点的向量长度(S)和这一向量与红色轴的角度(H)。其中，H 分量是该颜色模型中相对于参考点的角度，通常采用颜色向量与红色轴的角度指定色调 H；饱和度 S 是从原点到该点的向量长度，其中原点由彩色横截面与垂直强度轴定义。但这 3 个分量并不是均匀分布，如果 H、S、V 被分别划分为 L_H、L_S、L_V 等级，那么在颜色空间中所得到的每个划分小块并不是相同的，其中沿着 S 方向的第 K 个小块体积为 $V_k=\dfrac{2\pi^2(2k-1)}{L_H L_S^2 L_V}$。显然在这样的划分中，越接近中间部分的小块体积越小。由此可见，不宜直接在 HSV 颜色空间中建立图像的颜色直方图。采用公式(1)方法对 HSV 进行修正，得到颜色空间 MHSV。

$$\begin{cases}X_M=S\cos(2\pi H)\\ Y_M=S\sin(2\pi H)\\ Z_M=V\end{cases}\tag{1}$$

因为 H 和 S 都在 $0\sim1$，$\cos x$ 与 $\sin x$ 是连续函数，因此 X_M 和 Y_M 的范围为 $-1\sim1$。对于 MHSV 颜色空间，如果 X_M、Y_M、Z_M 被划分为 L_X、L_Y、L_Z 等级，则每个小块的体积均为 $1/L_X L_Y L_Z$，每个划分小块的体积是相同的，从而在 MHSV 颜色空间的基础上建立图像的颜色直方图更为合理。

1.2　空间约束模糊聚类　模糊聚类算法在数据空间中进行搜索的性能目标函数为：

$$\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{n}\mu_{ik}^{m}\|x_k-v_i\|^2,\ \sum_{i=1}^{c}u_{ik}=1\tag{2}$$

在该目标函数中，所聚类的模式被看作是互不关联的元素，即聚类模式被视为完全独立，并且某一个模式所在类的位置不会影响其他模式类的位置，但进行图像的主颜色提取时，对于 2 个距离很近的像素或区域，从它们的类属度来看，可以期望它们是潜在联系在一起的，也就是说类的位置是潜在相似的。基于此，将图像像素关于空间的信息融合到目标函数中，构成新的目标函数[10]：

$$Q=\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{n}\mu_{ik}^{m}\|x_k-v_i\|^2+\beta\sum_{i=1}^{c}\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n}(u_{ik}-u_{il})^m\psi_{kl}\|x_k-v_i\|^2$$

$$\sum_{i=1}^{c}u_{ik}=1\tag{3}$$

在上述目标函数中，权值 $\beta\geqslant0$ 用于表示领域关系视为同一模式之间的差别，领域 Ω 被看作是相似的模式对，一般可以假设领域函数具有二值特征：

$$\psi_{kl}=\begin{cases}1,x_k,x_l\in\Omega\\0,其他\end{cases}=\begin{cases}1,|k-l|\leqslant d_\varepsilon\\0,其他\end{cases}$$

利用拉格朗日乘子法，对于被聚类的元素 x_t，得到目标函数：

$$V=\sum_{i=1}^{c}u_{it}^{m}d_{it}^{2}+\beta\sum_{i=1}^{c}\Big\{\sum_{l=1,l\neq t}^{n}(u_{it}-u_{il})^m\psi_{kl}d_{it}^2+\sum_{k=1,k\neq t}^{n}(u_{ik}-u_{it})^m\psi_{kl}d_{ik}^2\Big\}-\lambda\Big(\sum_{i=1}^{c}u_{it}-1\Big)\tag{4}$$

式中，$d_{ij}=\|x_j-v_i\|$。

对公式(4)通过计算 $\dfrac{\partial V}{\partial u_{it}}=0$，得到模糊划分矩阵 U：

$$u_{jt}=\Big(1+\sum_{i=1}^{c}\frac{B_{jt}-B_{it}}{A_{it}}\Big)\Big/\sum_{i=1}^{c}\frac{A_{jt}}{A_{it}}\tag{5}$$

式中，$A_{jt}=m\big[d_{jt}^2+\beta\sum\limits_{l=1,l\neq t}^{n}\psi_{tl}d_{jt}^2-\beta\sum\limits_{k=1,k\neq t}\psi_{kt}d_{jk}^2\big]$，$B_{jt}=m\beta\big[\sum\limits_{l=1,l\neq t}^{n}u_{jl}^{m-1}\psi_{tl}d_{jt}^2+\sum\limits_{k=1,k\neq t}u_{jk}^{m-1}\psi_{kt}d_{jk}^2\big]$。

在欧氏距离范围内计算聚类中心，令 $\nabla_v Q=0$，则可得到：

$$v_j=\frac{\sum u_{jk}^{m}x_k+\beta\sum\limits_{k=1}^{n}\sum\limits_{l=1}^{n}(u_{jk}-u_{jl})^m\psi_{kl}x_k}{\sum u_{jk}^{2}+\beta\sum\limits_{k=1}^{n}\sum\limits_{l=1}^{n}(u_{jk}-u_{jl})^2\psi_{kl}}\tag{6}$$

1.3　DCD 特征计算　利用“1.2”的空间约束模糊聚类方法，进行图像颜色的模糊聚类处理，计算图像的代表色特征。根据参考文献[9]，主颜色数量设定为 8 较为合适，即进行模糊聚类处理时聚类类别设为 8 类，设定加权指数 $m=2$，利用公式(5)、(6)迭代进行聚类处理，因为图像的主要颜色可能少于 8 类，为避免因人为指定的类别数而造成图像中相近颜色的过细划分，在进行聚类处理后，将所得到的 8 种代表色进行最小误差合并处理，利用最终合并结果进行主颜色特征计算。具体算法如下：

(1)初始化聚类类别数 C，加权指数 m，设定迭代停止阈值 $\varepsilon>0$，以及算法的最多迭代次数；

(2)根据公式(5)和(6)进行迭代计算，得到模糊划分矩阵 U；

(3)对划分矩阵 U 去模糊化，得到原图像的初始 8 个聚类类别 $C_1,C_2,C_3,\cdots,C_8$；

(4)计算上述划分结果中，每类的代表色 c_i，$i=1,2,\cdots,$

8,其中:

$$c_i=\frac{\sum index_j\cdot n_j}{\sum n_j} \tag{7}$$

(5)对步骤(4)的结果进行最小误差合并处理。由公式(7)计算所得代表颜色 $c_i,c_j(i\neq j,i,j=1,2,\cdots,8)$。若 $dist(c_i,c_j)=\|c_i-c_j\|\leqslant dert_c$,则将 c_i,c_j 所代表的类别合并处理。

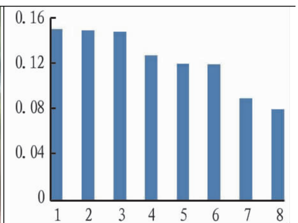
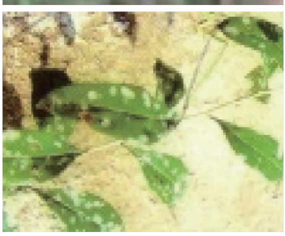
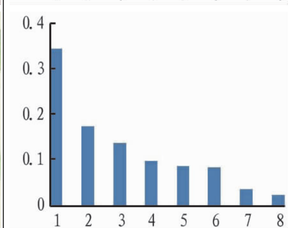
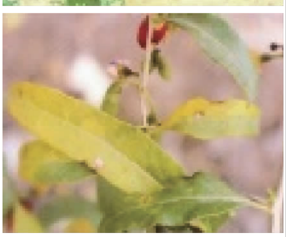
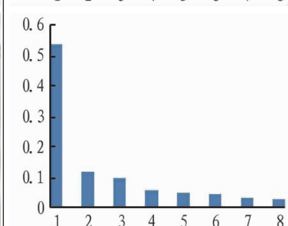
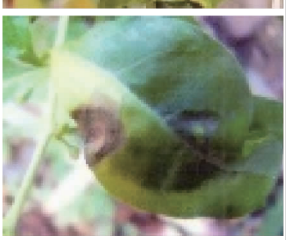
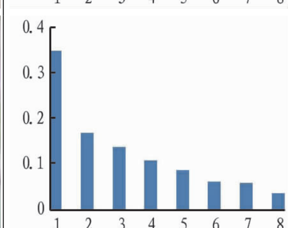
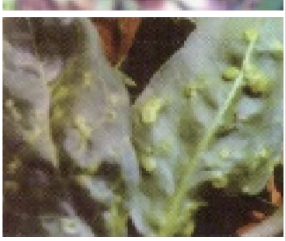
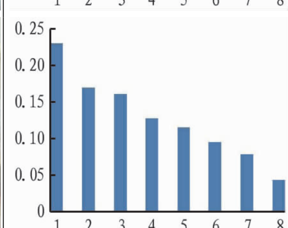
(6)根据类别合并处理结果,计算图像的最终代表颜色特征:$C=\{p_i,c_i,v_i,s\},i=1,2,\cdots,C\leqslant 8$,其中:

$$p_i=\frac{\sum n_j}{n},v_i=VAR(c_j) \tag{8}$$

表 1 列举了病害图像经过 HSV 颜色空间中的约束模糊聚类处理后结果,经过处理后图像中部分对视觉效果影响较少的少数颜色被合并,整幅图像颜色数减少为 8 种,根据这 8 种主要颜色的DCD分布,图像所表达的场景含义以及整体视觉效果并没有受到太大影响。

表 1 病害图像的 DCD 分布

Table 1 DCD distribution of disease images

序号 No.	源图 Source map	DCD 分布 DCD distribution
1		
2		
3		
4		
5		

1.4 病害图像的颜色特征码本 针对宁夏枸杞种植和病害特征的实际情况,采用图像处理技术和模式识别技术快速、有效地进行枸杞病害诊断、识别和分类。将枸杞的叶部病害图像分类后得到了"白粉病""灰斑病""炭疽病"和"瘿螨病"4 类枸杞病害。当将同类图像放在一块时,颜色视觉效果也呈现出了各自的一些特点,对病害图像的颜色特征进行分析,得到病害图像对应类别的特征码本,利用稀疏表示理论建立病害图像颜色特征分布与病害语义之间的映射关系。

利用病害样本图像,建立枸杞白粉病、枸杞灰斑病、枸杞炭疽病、枸杞瘿螨病 4 类病害图像的信息码本,码本中既包括该类图像的一些主要特征与其分布规律,又包括该特征对某一类病害类别信息的影响因子。因此,利用上述样本建立"白粉病""灰斑病""炭疽病"和"瘿螨病"4 类病害图像的颜色信息码本,码本中包括该类图像的一些代表性颜色与其分布规律。构建码本的具体方法如下:

(1)提取样本图像主颜色特征 $C_i(c_{i,j},p_{i,j}|j=1,2,3,\cdots,n),i=1,2,3,\cdots,N$;

(2)对 $C_i(c_{i,j},p_{i,j}|j=1,2,3,\cdots,n),i=1,2,3,\cdots,N$ 进行聚类,得到图像主颜色特征码本 $D_i(d_k,\rho_k\,|k=1,2,3,\cdots,K)$,$d_k$ 为聚类中心,ρ_k 为 d_k 的信息贡献,聚类时采用以下公式计算样本之间的距离:

$$d(C_a,C_b)=p_a^2+p_b^2-2\alpha_{ab}p_ap_b \tag{9}$$

$$\alpha_{ab}=1-[(v_a-v_b)^2+(s_a\cosh_a-s_b\cosh_b)^2+(s_a\sinh_a-s_b\sinh_b)^2]^{\frac{1}{2}}/\sqrt{5} \tag{10}$$

$$\rho_k=\frac{|\{p_i|p_i\in\min_{k=1,2,\cdots,K}dist(p_i,d_k)\}|}{N} \tag{11}$$

按照上述方法,得到每种病害样本图像的颜色特征字典,如图 2 所示。

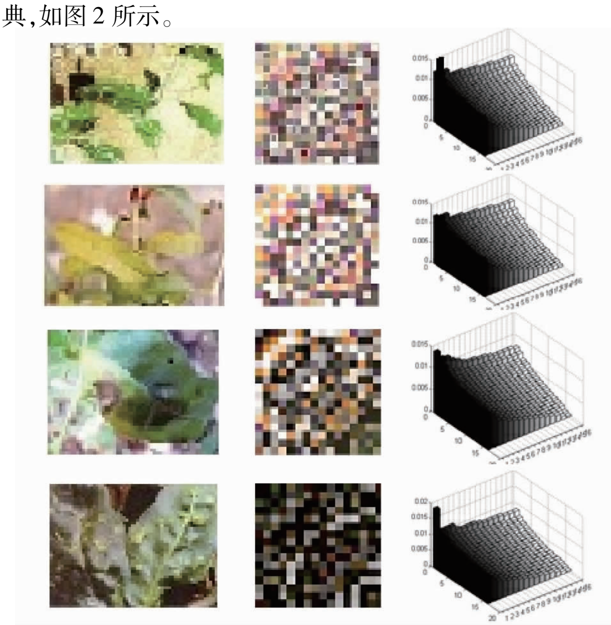


图 2 病害图像的颜色特征码本

Fig. 2 Color feature codebook of disease images

2　病害图像分类算法

病害图像的颜色分布有一定的规律性，与所建立的病害图像样本集中的颜色分布规律应该具有一定的相似特征。因此，可以寻找新病害图像颜色空间分布与样本集病害图像颜色空间分布的关系，在待分类病害图像与样本图像之间建立合理的映射关系，利用映射结果，进行新病害图像的病害类别判断。

由于图像信号对于一些固定的基元信号而言具有天然的稀疏性，因此稀疏表示在图像分类等方面得到了很好应用，而且一系列有效的凸优化贪婪算法可以被有效应用于信号稀疏表达的计算[11-12]。借鉴信号稀疏表示的思想与方法，对病害颜色信息码本进行训练[13]，得到病害图像颜色信息字典：

$$D=[D_1,D_2,\cdots,D_N]$$

式中，$D_i=[(d_{i,1},\rho_{i,1}),(d_{i,2},\rho_{i,2}),\cdots,(d_{i,M_i},\rho_{i,M_i})]$，$(d_{i,j},\rho_{i,j})$ 为第 i 类病害颜色码本的第 j 个基本元素，$j=1,2,\cdots,M_i$。

对于待分类图像 D_{new}，寻找在 D_{new} 在 D 中的稀疏表达形式：

$$D_{new}=\sum_{i=1}^{N}D_i\alpha_i+e$$

如果 D_{new} 中的颜色信息符合第 i 类病害图像颜色的基本规律，那么 D_{new} 的颜色可以主要由 D_i 中的基本元素组合得到，因此求解以下问题：

$$\min_{\alpha_1,\alpha_2,\cdots\alpha_n,e}\sum_{i=1}^{N}|\alpha_i|_0+|e|_0,\sum_{i=1}^{N}D_i\alpha_i+e=D_{new}$$

对于枸杞叶部的某幅图像而言，可能包含多样的病害类别，但对于由颜色所传达的病害信息，会被图像中数量较多的一些颜色决定，并且同一病害颜色系列中不同颜色所传达的病害信息强弱也有所区别，因此当获得 D_{new} 的稀疏表示 α 后，结合上述因素对图像可能传递的病害信息进行分析，最终决定图像颜色所表达的病害类别。具体算法如下：

(1) 对于新病害图像 D_{new}，执行“**1.3**”部分的算法，获得图像主颜色 C_{new}，用 C_{new} 代表图像 D_{new}；

(2) 计算 C_{new} 在颜色信息码本 D 中的稀疏表达 α_{new}；

(3) 按照公式 $C_k'=D_k\alpha_k$，计算 C_k'；

(4) $D_k(C_k',C_{new})=\sum_{i=1}^{n_1}p_{1,i}^2+\sum_{j=1}^{n_2}p_{2,j}^2-\sum_{i=1}^{n_1}\sum_{j=1}^{n_2}2\alpha_{1i,2j}p_{1i}p_{2j}$

式中，$\alpha_{k,l}=\begin{cases}1-d_{k,l}/d_{\max},d_{k,l}\leqslant T_d,d_{k,l}=c_k-c_l\\0,d_{k,l}>T_d\end{cases}$

(4) 判断新病害图像所表达的病害类别为类别 j，$D_j=\min\limits_{j=1,2,\cdots,K}\{D_k(C_k',C_{new})\}$

3　试验结果与分析

当农户或采摘者看到某一病害枸杞植株时，可以用智能手机、数码相机或田间摄像头拍摄一幅或几幅该枸杞植株的病害照片，并将这些图片提交给枸杞病害识别系统，系统可以根据提交的病害照片识别出此类病害的名称、防治措施和危害程度等相关信息。

枸杞病害图像主要是通过实验室采集、数码相机、智能手机和田间摄像头拍摄等多种方式采集枸杞叶片部位的不同病害的照片，以及结合互联网上的枸杞图像，建立了较大规模地区性的枸杞叶部病害图像数据库。

测试试验中，利用枸杞病害图像生成病害信息颜色码本，按照该研究采用的方法对病害图像进行识别，共收集图像 2 100 幅，经过分类评估试验，分别标注了 725 幅白粉病图像、520 幅灰斑病图像、365 幅炭疽病图像、290 幅瘿螨病图像和 200 幅无病害(健康)图像。对标注结果进行主观评价后发现，725 幅白粉病类病害图像中，553 幅图像被识别为白粉病，主观评价正确率为 76.38%；520 幅灰斑病图像中 372 幅被识别为“灰斑病”类病害，主观评价正确率为 71.56%；365 幅炭疽病图像中有 243 幅被识别为“炭疽病”类病害，主观评价正确率为 66.82%；290 幅瘿螨病图像中有 177 幅被识别为“瘿螨病”类病害，主观评价正确率为 61.33%。

在对所建立的病害图像数据进行测试时，按 2∶1的比例对所有病害样本图像划分为训练图像集和测试图像集，随机选择样本集中每类别中 2/3 的样本图像作为训练图像集，其余 1/3 作为测试图像集。根据前文所述内容，利用空间约束模糊聚类提取训练集图像的颜色特征信息，建立各类别病害图像的颜色信息码本，连接构成病害图像集的颜色信息编码字典，利用第 3 节的图像病害类别划分算法，对测试集图像进行病害分类测试。在测试过程中，对于稀疏表达时的字典大小 K，不同值对最终信号正确表达的能力不同，因此该研究测试了不同大小的字典下本文所提出的分类方法的性能，性能标准被定义为误分率，交叉试验 3 次，测试结果见表 2。

通过测试结果，当所训练的颜色信息码本大小在 400 以下时，系统的分类识别率误差较大；当在颜色信息码本长度在 600 以上，系统的分类识别率在 70% 以上；当在颜色信息码本长度超过 900 时，系统的分类性能趋于稳定，其中“白粉病”类病害图像误识率为 12%，“灰斑病”类病害图像误识率为 13%，“炭疽病”类病害图像误识率达到 36%，而“瘿螨病”类病害图像误识率达到 39%。上述结果也表明，病害图像的病害类别与图像的颜色分布有关，特别是病害程度较为强烈的病害，例如“白粉病”“灰斑病”“炭疽病”和“瘿螨病”类病害，它们与颜色之间的关系更为紧密。因此，对于自然图像所传递的颜色信息，不同田间场景下、植株背景下的颜色所能起到的作用大小不尽相同。

表 2　不同字典大小病害图像分类识别性能比较

Table 2　The classification and recognization performance comparison of disease images with different dictionary size

类别 Types	字典大小 Dictionary size							
	36	49	64	256	400	625	900	1 024
白粉病 Powdery mildew	0.40	0.44	0.39	0.36	0.31	0.24	0.14	0.12
灰斑病 Grey spot disease	0.44	0.48	0.51	0.32	0.32	0.23	0.15	0.13
炭疽病 Anthracnose	0.65	0.62	0.63	0.55	0.55	0.47	0.45	0.36
瘿螨病 Sarcoptic disease	0.69	0.66	0.67	0.59	0.59	0.51	0.49	0.40

4 小结与展望

该研究针对宁夏枸杞种植和枸杞病害特征的实际情况，采用图像处理技术和稀疏表示方法快速、有效地进行枸杞病害图像的分类[14]。首先对病害图像的病害类别进行划分，根据评估实验建立“白粉病”“灰斑病”“炭疽病”和“瘿螨病”4 种病害类别的图像样本集，然后对样本集各类别图像的颜色特征进行分析，建立其对应病害类别的颜色特征码本，利用信息稀疏表达理论的相关方法建立病害图像类别与颜色特征之间的映射关系。试验结果表明，该方法对病害图像颜色信息所传达的信息具有一定的解释能力，具有较低的误分率和较高的准确度。

参考文献

[1] CNNIC. 2014 年农村互联网发展状况研究报告[R/OL].(2015 -06 -17)[2017 -11 -17]. http://www. cnnic. cn/hlwfzyj/hlwxzbg/ncbg/201506/t20150617_52423. htm.
[2] 籍延宝. 农业主要病虫害监测预警系统通用平台的开发及初步应用[D]. 北京:中国农业大学,2014.
[3] 胡秋霞. 基于图像分析的植物叶部病害识别方法研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.
[4] BLASCO J,ALEIXOS N,MOLTÓ E. Machine vision system for automatic quality grading of fruit[J]. Biosystems engineering,2003,85(4):415 -423.
[5] 汪京京,张武,刘连忠,等. 农作物病虫害图像识别技术的研究综述[J]. 计算机工程与科学,2014,36(7):1363 -1370.
[6] SWAIN M J,BALLARD D H. Color indexing[J]. Int J Compute Vision,1991,7:11 -32.
[7] STRICKER M A,ORENGO M. Similarity of color images[C]//Proceedings of SPIE. San Jose,CA,USA:The International Society for Optical Engineering,1995:381 -392.
[8] MIN R,CHENG H D. Effective image retrieval using dominant color descriptor and fuzzy support vector maching [J]. Pattern recognition,2009,42(1):147 -157.
[9] MANJUNATH B S,SALEMBIER P,SIKORA T. Introducton to MPEG -7:Multimedia Content Description Interface [M]. Wiley:Chichester,2002.
[10] 吕泽华,金海,袁平鹏,等. 基于 Gauss 分布函数的区间值数据的模糊聚类算法[J]. 电子学报,2010,38(2):295 -300.
[11] GAO S,TSANG I W H,CHIA L T,et al. Local features are not lonely-laplacian sparse coding for image classification[C]. San Francisco,CA,USA: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR),2010:3555 -3561.
[12] HSIAO J K,KANG L W,CHANG C L,et al. Learning sparse representation for leaf image recognition[C]. Taiwan:IEEE International Conference on Consumer Electronics,2014:209 -210.
[13] 徐健,常志国. 基于聚类的自适应图像稀疏表示算法及其应用[J]. 光子学报,2011,40(2):316 -320.
[14] HUANG S,YANG Y,YANG D,et al. Class specific sparse representation for classification[J]. Signal processing,2015,116:38 -42.

(上接第 194 页)

环境、和谐生态环境的同时，也要提高农村生产能力。除了农村传统的种植业以外，应该根据各村特点，开展村庄风貌设计，着力体现一村一业、一村一品、一村一景，按照宜工则工、宜农则农、宜游则游、宜居则居、宜文则文的原则进行发展，使乡村旅游主导产业能全年衔接，杜绝季节性发展，以达到乡村产业良性循环。

参考文献

[1] 冯健. 乡村重构:模式与创新[M]. 北京:商务印书馆,2012:89.
[2] 张沛,李信仕,赵国锋. 国外乡村发展经验对我国西部地区新农村建设的若干启示[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版),2007,26(3):46 -51.
[3] 黄杉,武前波,潘聪林. 国外乡村发展经验与浙江省“美丽乡村”建设探析[J]. 华中建筑,2013(5):144 -149.
[4] WANIA A,KÜHN I,KLOTZ S. Plant richness patterns in agricultural and urban landscapes in Central Germany-spatial gradients of species richness [J]. Landscape and urban planning,2006,75(1/2):97 -110.
[5] 范宁. 苏南新农村乡村聚落绿化模式研究:以苏锡常地区为例[D]. 南京:南京林业大学,2009.
[6] 晏丹萍. 冷水江新农村人居环境绿化模式研究[D]. 长沙:中南林业科技大学,2012.
[7] 李瑞霞,陈烈,沈静. 国外乡村建设的路径分析及启示[J]. 城市问题,2008(5):89 -92.
[8] 祝维伟. 关于美丽乡村建设背景下村庄整治转型提升的思考[J]. 新农村,2013(7):6 -8.
[9] 周轶男,刘纲. 美丽乡村建设背景下分区层面村庄规划编制探索:以慈溪市南部沿山精品线规划为例[J]. 规划师,2013,29(11):33 -38.
[10] 吴理财,吴孔凡. 美丽乡村建设四种模式及比较:基于安吉、永嘉、高淳、江宁四地的调查[J]. 华中农业大学学报(社会科学版),2014,33(1):15 -22.
[11] 和沁. 西部地区美丽乡村建设的实践模式与创新研究[J]. 经济问题探索,2013(9):187 -190.
[12] 郑玲. 关于尤溪县美丽乡村建设的基本思路[J]. 今日中国论坛,2013(12):116 -117.
[13] 毛彩琴,刘瑞琳,郭丽,等. 建设美丽乡村 促新农村经济发展[J]. 特区经济,2013(11):134 -135.
[14] 王卫星. 美丽乡村建设:现状与对策[J]. 华中师范大学学报(人文社会科学版),2014,53(1):1 -6.
[15] 骆敏,李伟娟,沈琴. 论城乡一体化背景下的美丽乡村建设[J]. 太原城市职业技术学院学报,2012(3):11 -12.
[16] 李兵弟. 务实推动美丽乡村建设[J]. 小城镇建设,2013(2):25 -29.
[17] 黄燕. 美丽乡村建设应处理好的几个关系[J]. 全国商情:经济理论研究,2013(27):77 -78.
[18] 刘凤梅. 美丽乡村建设实践中农民现代主体意识的培育[J]. 中共银川市委党校学报,2013,15(6):39 -41.