

夏永泉, 李耀斌, 曾 莎. 基于 HSI 颜色空间的植物叶片病斑提取方法[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(8): 406–408.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.08.132

基于 HSI 颜色空间的植物叶片病斑提取方法

夏永泉, 李耀斌, 曾 莎

(郑州轻工业学院计算机与通信工程学院, 河南郑州 450001)

摘要: 为了提高病斑图像的分割精度, 提出了 1 种在色调-饱和度-强度 (hue-saturation-intensity, HIS) 颜色空间中植物叶片病斑提取的方法。使用高精度光学设备采集样本图片, 用中值滤波对图像进行平滑处理, 去除干扰; 将图像由红绿蓝 (RGB) 颜色空间转换到 HSI 颜色空间, 对色调 (hue, H)、饱和度 (saturation, S) 分量阈值分割去除绿色像素, 提取植物叶片病斑区域。结果表明, 基于 HIS 颜色空间的植物叶片病斑提取方法是有效可行的。

关键词: 图像处理; 中值滤波; HSI 颜色空间; 病斑提取; 阈值分割

中图分类号: TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)08-0406-03

植物病害周期性大暴发, 从而导致植物大规模死亡和人类饥荒。1943 年, 在印度东北部水稻感染褐斑病, 据估计造成 100 万人死亡。2007 年在美国乔治亚洲, 植物病害损失约 6.5 亿美元。由于印度对植物病害预防措施甚至不到美国的 10%, 因此印度的经济损失应大于美国。

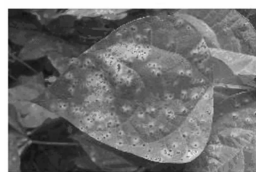
近年来, 由于计算机技术的发展, 利用数字图像处理与图像分析技术进行植物病害检测识别已经成为诊断病害的重要手段之一, 精确分割是有效进行病害识别的前提^[1]。张振升等针对煮糖过程中蔗糖结晶图像的特点, 将图像由红绿蓝 (RGB) 颜色空间转换到色调-饱和度-强度 (hue-saturation-intensity, HIS) 颜色空间, 用改进的大津法对 H 分量进行阈值分割, 将结晶颗粒从图像中分离出来^[2]。通霄等针对自然光照条件下牧草图像的分割问题, 在 HSI 颜色空间中, 根据牧草在 H 分量中的分布特点, 使用模糊 C-均值的彩色图像分割法对牧草进行分割, 可以取得比较理想的效果^[3]。马永慧提出了 1 种基于边缘检测与 HSI 彩色空间的车牌定位方法, 先提取边缘比较密集的车牌候选区域; 然后, 在 HSI 颜色空间中对剪裁出的子图像进行边缘提取, 对饱和度和亮度边缘进行边缘合成; 最后, 利用色调信息判定车牌区域, 该方法可以

精确定位车牌^[4]。上述几种方法都是在 HSI 颜色空间中进行图像分割, 但在 HSI 颜色空间进行叶片病斑分割的报道较少。

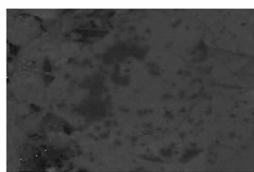
基于以上背景, 以植物叶片和病斑颜色特征差异为主要依据。本研究提出了 1 种切实可行的植物叶片病斑提取方法, 在 HSI 颜色空间中, 利用色调、饱和度、强度独立解耦^[5], 利用像素点颜色信息准确量化的特点, 将预处理后的图像利用色调 H、饱和度 S 去除叶片健康区域, 得到植物叶片病斑。结果表明, 该分割方法能有效提取出病斑。

1 HSI 颜色空间

目前, 绝大部分彩色图像是基于 RGB 颜色三基色模型, 但 RGB 颜色空间不利于彩色图像的快速处理。因此, 将图像由 RGB 颜色空间转换为 HSI 颜色空间。HSI 颜色空间从人的视觉系统出发, 采用色调、饱和度、强度描述色彩^[6]。色调是色彩属性, 它表示人的感官对不同颜色的感受。饱和度表示颜色的纯度, 饱和度越大, 颜色看起来越鲜艳, 反之亦然。强度表示颜色的明亮程度。HSI 颜色空间 3 个分量的图像如图 1 所示。



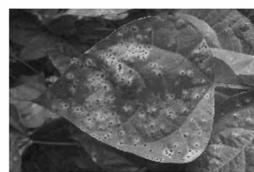
RGB 图像



H 分量



S 分量



I 分量

图1 HIS 颜色空间各分量

HSI 颜色空间和 RGB 颜色空间只是同一物理量的不同

表示方法, 从 RGB 颜色空间到 HSI 颜色空间的转换关系为^[7]:

$$H = \begin{cases} \theta, & B \leq G \\ 2\pi - \theta, & B > G \end{cases}; \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3\min(R, G, B)}{R + G + B}; \quad (2)$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B). \quad (3)$$

收稿日期: 2014-08-22

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 61302118); 河南省高校青年骨干教师资助计划 (编号: 2010GGJS-114)。

作者简介: 夏永泉 (1972—), 男, 辽宁绥中人, 博士, 副教授, 主要从事图像处理、计算机视觉、模式识别与人工智能研究。E-mail: xyqmouse@163.com。

$$\text{其中: } \theta = \arccos \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}}。$$

2 叶片病斑分割算法

2.1 最大类间方差法

最大类间方差法由日本学者大津于 1979 年提出,是 1 种自适应的阈值分割方法,又叫大津法,简称 OTSU^[8]。它是在灰度直方图的基础上用最小二乘法原理推导出来的,具有统计意义上的最佳分割阈值。

记 T 为图像 $I(x, y)$ 前景(目标)和背景的分割阈值, ω_1 为前景像素个数占图像总像素个数的比例, μ_1 为前景灰度均值, ω_2 为背景像素个数占图像总像素个数的比例, μ_2 为背景灰度均值, μ 为整幅图像的灰度均值, g 为前景和背景的方差。假设图像的背景较暗,大小为 $M \times N$, N_1 、 N_2 分别为前景、背景的像素个数,则有^[9]:

$$\omega_1 = \frac{N_1}{M \times N}; \quad (4)$$

$$\omega_2 = \frac{N_2}{M \times N}; \quad (5)$$

$$N_1 + N_2 = M \times N; \quad (6)$$

$$N_1 + N_2 = M \times N; \quad (7)$$

$$\omega_1 + \omega_2 = 1; \quad (8)$$

$$\mu = \mu_1 \times \omega_1 + \mu_2 \times \omega_2; g = \omega_1 \times (\mu - \mu_1)^2 + \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2。 \quad (9)$$

将式(8)代入式(9),得到等价公式:

$$g = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu - \mu_2)^2。 \quad (10)$$

当方差 g 最大时,可以认为前景与背景差异最大,此时 T 是最佳阈值。

2.2 迭代法

迭代法是 1 种在图像分割过程中选择合适阈值的方法,它是基于逼近的思想通过阈值迭代的方式,利用程序自动计算出比较合适的分割阈值^[10]。迭代法开始时选择 1 个迭代初值,通常选择图像最大灰度值和最小灰度值的均值作为初始阈值,然后对图像进行迭代运算不断地更新阈值,直到阈值不再变化为止。处理步骤为^[11]:

(1) R_{\min} 、 R_{\max} 分别为图像最小灰度值、最大灰度值,则初始阈为:

$$T_0 = \frac{R_{\min} + R_{\max}}{2}。 \quad (11)$$

(2) 根据阈值将图像分割为前景、背景,则它们的灰度均值分别为:

$$R_0 = \frac{\sum_{R(i,j) \leq T_i} R(i,j) \times N(i,j)}{\sum_{R(i,j) \leq T_i} N(i,j)}; \quad (12)$$

$$R_G = \frac{\sum_{R(i,j) > T_i} R(i,j) \times N(i,j)}{\sum_{R(i,j) > T_i} N(i,j)}。 \quad (13)$$

图像上 (i, j) 点的灰度值为 $R(i, j)$, 权重系数为 $N(i, j)$, 一般 $N(i, j)$ 表示 $R(i, j)$ 的个数,阈值为 T_k 。

(3) 计算出的新阈值 $T_{(k+1)}$ 为:

$$T_{(k+1)} = \frac{R_0 + R_G}{2}, k \in [0, +\infty)。 \quad (14)$$

(4) 重复步骤(2)、步骤(3),当 $T_{(k)} = T_{(k+1)}$ 时结束,即可

获得最佳阈值对图像进行分割。

2.3 HSI 颜色空间分割算法

本研究中,使用数码相机等光学设备直接获得数字图像,对图像裁剪以便于获得原始图像的子图像。

由于灰尘、水等噪声会对病斑分割和识别产生影响,采用 3×3 的矩形窗口对图像使用中值滤波去噪,以削弱或清除噪声,有利于对叶片病斑提取。

RGB 颜色模型是面向硬件设备的模型,不适合人的视觉特征,并且 2 点之间的欧氏距离与实际颜色距离不成线性比例,容易引起颜色分离中的误分离^[12]。另外,RGB 颜色模型中的红、绿、蓝 3 原色之间的相关性很大,不能用 1 个单一的参数对图像中的绿色像素划定 1 个区间,所以不能靠设置 R、G、B 的值对图像进行阈值分割,只有把 RGB 图像转换为灰度图像后再进行阈值分割,这样做会使图像损失色彩特征。

针对含有病斑的植物叶片图像,在 HSI 颜色空间下进行植物叶片病斑提取。RGB 颜色空间中 R、G、B 与 HSI 颜色空间中 H、S、I 之间的关系如表 1 所示。在 HSI 颜色空间中,色调 H 用来区分颜色,饱和度 S 用来表示颜色的纯度,强度 I 与图像的彩色信息无关,这有利于提取植物叶片上的病斑。在其他颜色空间中,可以通过一些算法消除部分光照不均的影响,但还是会对叶片病斑的提取造成影响。

表 1 2 种颜色描述方法间的关系

类别	RGB	H(°)	S	I
红	(255, 0, 0)	0	1	85
黄	(255, 255, 0)	60	1	170
绿	(0, 255, 0)	120	1	85
青	(0, 255, 255)	180	1	170
蓝	(0, 0, 255)	240	1	85
品红	(255, 0, 255)	300	1	170
黑	(0, 0, 0)		0	0
白	(255, 255, 255)		0	255

绿色像素主要代表了叶片的健康区域,不存在任何有价值的病害信息。在 HSI 颜色空间中,对 H 分量、S 分量进行阈值分割。为了准确地将叶片病斑提取出来,本研究对图像上色调不同的部位进行了大量取样,设定 H 分量范围去除绿色像素。另外, S 分量的值越大,颜色越接近纯色;值越小,颜色越接近纯灰色。限制了色调 H 和饱和度 S 的取值范围,强度 I 对色调 H 没有太大影响,不用再加以限制。

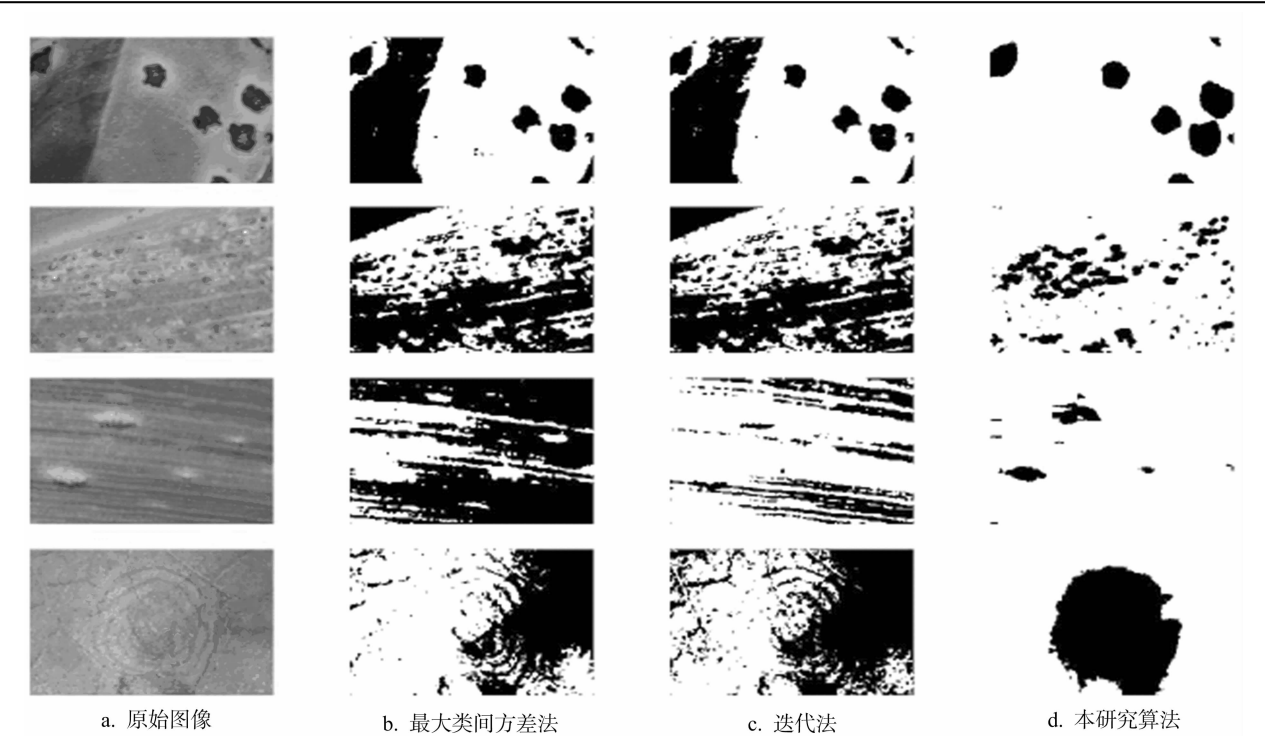
通过以上分析,构建去除叶片非病斑区域的模型为:

$$60^\circ < \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} < 180^\circ \right. \\ \left. 0.177 < S \leq 1 \right.$$

3 结果与分析

在 Matlab 7.0 下,分别用最大类间方差法、迭代法、本研究算法对植物叶片病斑分割,分割结果如图 2 所示。

由于病斑区域非连通,且颜色复杂,采用经典阈值选取的图像分割算法不能有效将病斑提取出来^[13-14]。从试验结果可以看出,图像灰度直方图双峰分布的特点不明显,采用最大类间方差法分割图像会带来一定的误差,不能达到最佳分割



由上至下依次为感染褐斑病的花生叶片、感染条锈病的小麦叶片、感染白粉病的小麦叶片、感染灰霉病的茄子叶片

图2 植物叶片病斑分割结果

效果。迭代法运算速度快,适用于目标与背景反差较大的图像,对于植物叶片病斑提取也不能达到理想效果。本研究所提出的算法不仅具有较好的分割效果,而且在时间上也有很大提高。算法处理时间如表 2 所示。

表 2 植物叶片病斑分割时间比较

叶片类别	分割时间(s)		
	最大类间方差法	迭代法	本研究算法
花生褐斑病	0.126 9	0.200 6	0.024 5
小麦条锈病	0.125 5	0.205 8	0.022 6
小麦白粉病	0.124 6	0.078 8	0.021 9
茄子灰霉病	0.121 1	0.262 5	0.021 8
平均值	0.124 5	0.186 9	0.022 7

4 结论

本研究提出了 1 种在 HSI 颜色空间中进行植物叶片病斑的提取方法,利用 HSI 颜色空间 H、S、I 3 个分量相互独立的特点,确定 H、S 分量的阈值,去除叶片健康区域,提取病斑区域,实现了精确的图像分割。与传统的阈值分割算法比较表明,本研究算法具有较高的分割精度和较快的处理时间,可以为病斑图像的病斑提取提供较好的结果。

参考文献:

[1]刘 涛,仲晓春,孙成明,等. 基于计算机视觉的水稻叶部病害识别研究[J]. 中国农业科学,2014,47(4):664-674.
[2]张振升,朱名日. 基于 HSI 颜色空间的蔗糖结晶图像分割方法

[J]. 计算机工程与应用,2011,47(11):190-193.
[3]通 霏,武 佩,韩 丁,等. 基于颜色特征的牧草图像分割方法研究[J]. 农机化研究,2014,36(5):43-47.
[4]马永慧. 基于边缘检测与 HSI 彩色空间的车牌定位方法[J]. 山西电子技术,2013(1):45-47.
[5]谢妍梅,樊 臻,张森林. 基于 HSI 颜色空间的彩色图像边缘检测[J]. 计算机工程,2013,39(9):12-14,19.
[6]程 洪,尹辉娟,马 丽,等. HSI 模型结合 OSTU 法的玉米种胚检测算法[J]. 农机化研究,2014,36(10):183-185,191.
[7]Gonzalez R C, Woods R E, Eddins S L. 数字图像处理(MATLAB 版)[M]. 阮秋琦,译. 北京:电子工业出版社,2006.
[8]Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1):62-66.
[9]沈 圆,李国勇. 图像的阈值分割法设计[J]. 机械工程与自动化,2012(5):45-46.
[10]何东健. 数字图像处理[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2003:17-33.
[11]邓林华,许 骏,程向明. 基于迭代阈值的太阳像分割算法的应用研究[J]. 计算机与现代化,2010,(10):72-74.
[12]张海波,孙 辉,朱兴华. 基于矢量运算的彩色图像边缘检测算法[J]. 西华大学学报:自然科学版,2013,32(6):1-4.
[13]栗 娜,李 萍,张善文. 基于改进遗传算法的作物叶片病斑分割算法[J]. 江苏农业科学,2014,42(7):140-142.
[14]祁广云,马晓丹,关海鹰. 采用改进遗传算法提取大豆叶片病斑图像[J]. 农业工程学报,2009,25(5):142-145.