

# 基于 YCbCr 颜色空间的叶片阴影检测与去除<sup>①</sup>

张华南, 冯全, 杨梅, 李妙祺

(甘肃农业大学 工学院, 兰州 730070)

**摘要:** 自然环境下获得的植物叶片图像往往由于阴影的存在而严重影响植物叶面特征的提取, 为了解决这个问题, 提出了一种基于 YCbCr 颜色空间的阴影的检测与去除方法. 首先在 YCbCr 颜色空间中计算 Y 通道强度, 采用阈值法检测阴影区域. 然后在 YCbCr 颜色空间下根据光照模型对阴影区每个像素进行光照恢复. 最后转化到 RGB 颜色空间下. 相对于直接在 RGB 空间进行的阴影去除, 该方法减弱阴影区的边缘效应, 使得去除阴影后的区域与非阴影区的颜色更加一致, 恢复图像看上去更加自然.

**关键词:** 阴影检测; YCbCr; 阴影去除

## Shadow Detection and Removal of Blade Based on YCbCr Color Space

ZHANG Hua-Nan, FENG Quan, YANG Mei, LI Miao-Qi

(Engineering College, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** With the influence of shadow on plant leaf images in natural environment, extraction of foliar features will be seriously affected. Hence, this paper proposes a method of shadow detection and removal based on YCbCr color space. First, the intensity of channel Y in YCbCr color space is calculated and the shadow regions are detected by a threshold on the intensity. Then according to the shadow model, light restorations for each pixel in shadow regions are made and the results are finally transformed to the RGB color space. Compared with direct shadow removal in the RGB space, this method weakens the edge effect, thus making the color between the post removal shadow region and non shadow region more uniform and the restored images more natural.

**Key words:** shadow detection; YCbCr; shadow removal

利用图像处理来对农作物的生长状态进行识别, 是现代农业的发展方向之一<sup>[1]</sup>. 而农作物叶片可反映作物生长状态, 所以对叶片图像处理的研究十分重要<sup>[2,3]</sup>. 在自然条件下, 由于叶片相互遮挡以及太阳入射角的影响, 获取的叶片图像常常存在阴影, 阴影的产生是源于光线被物体的遮挡, 一般阴影区域的灰度值与对比度比非阴影区域要小. 阴影的存在对很多叶片图像处理的结果造成干扰, 如叶片区域分割、颜色提取、阴影区病斑检测分割等, 进而降低到对植物生长状态判断的准确性. 因此对自然状态下获取的叶片图像, 有必要进行图像预处理, 检测并去除叶片上的阴影. 阴影的去除实际上就是将阴影区域像素点的亮度和颜色, 恢复到非阴影区域光照的效果, 从而使整幅

图像有视觉上的光照一致性.

静态图像的阴影区域检测的方法大致可分为基于模型的方法和基于特征的方法两大类<sup>[4-7]</sup>. 不少方法计算强度很大, 很难用在需要实时检测和去除阴影的场合(如定点自动喷药). 对于葡萄叶片图像, 本文采用了一种较为简单的方法达到目的. 该方法通过分析叶片阴影区域在 YCbCr 颜色空间的不同特性后, 综合考虑图像在 YCbCr 颜色空间的亮度和色度信息, 利用 YCbCr 颜色空间下亮度和色度特征进行阴影去除. 本文的方法包含阴影的检测和阴影的光照恢复两个阶段. 首先在 YCbCr 颜色空间上对阴影进行检测, 标记阴影位置得到一个二值化图像, 然后通过一个去除阴影算法, 在 YCbCr 颜色空间上对阴影进行去除. 相对于在

<sup>①</sup> 收稿时间:2015-03-18;收到修改稿时间:2015-05-07

RGB 颜色空间上的阴影去除方法达到了更好的效果。

## 1 YCbCr 颜色空间强度统计方法阴影检测

目前对于图像中阴影的检测大多基于 RGB 颜色空间的,但是该空间各分量相关性高,计算量大,冗余信息多.考虑到 YCbCr 到 RGB 颜色空间转换是线性的,且 YCbCr 颜色空间中亮度分量 Y 和色度分量 Cb、Cr 时相互独立的,本文选择在 YCbCr 颜色空间上来获取候选阴影区域.该颜色模型与人类视觉感知的过程具有相类似的结果。

YCbCr 颜色空间广泛的应用于视频图像中,亮度信息用分量 Y 来表示,颜色信息用两个色差分量 Cb 和 Cr 来存储,分量 Cb 是蓝色分量和一个参考值的差,分量 Cr 是红色分量和一个参考值的差.YCbCr 色彩系统是由 YUV 色彩系统衍生出来的,其中  $Cb=k_1U$ ,  $Cr=k_2V$ ,  $k_1$ 、 $k_2$  为压缩系数,压缩能够防止色差信号与亮度信号之间的干扰,以及防止色差信号超过亮度信号的电平<sup>[8]</sup>。

其中 YCbCr 颜色空间与 RGB 空间的数学关系如公式(1)所示

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

考虑到 YCbCr 颜色空间中亮度与色度相互独立,此外,为了简单起见,本文假设叶片上阴影区域与非阴影区域差别主要体现在亮度上的差别,与色度分量 Cb、Cr 没有关系,所以只考虑用图像的 Y 通道值来检测阴影区.对于普通数码相机获取叶片的 RGB 图像,将其转换到 YCbCr 颜色空间下,按照以下步骤实现叶片上阴影区的检测:

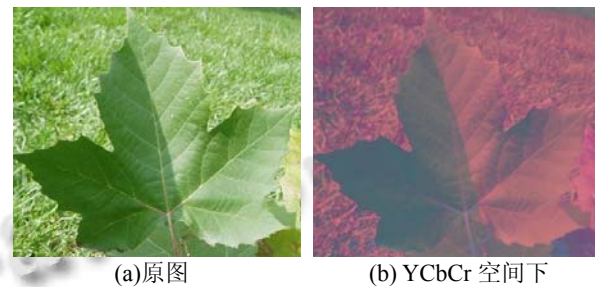
1)计算整幅图像 Y 分量的平均值  $\mu$ 。

2)将图像中 Y 分量数值小于阈值  $k_1\mu$  的像素初步标识为阴影,其它像素则标识为非阴影,其中  $k_1$  为比例系数。

3)对于每个非阴影像素使用  $m*m$  窗口,计算窗口的 Y 分量平均值和标准差  $\sigma$ ,若该像素的 Y 分量小于标准差的  $k_2\sigma$  则表示该像素为阴影,其中  $k_2$  为比例系数。

以上经过步骤 2 可以检测出大部分阴影像素,但可能会将部分阴影点误标识为非阴影点,经过步骤 3

可进一步修正许多此类错误.本检测方法获得候选区的阴影区域后,得到的二值图像往往存在空洞、断裂等问题,可用形态学方法进行修复<sup>[9]</sup>,最终得到阴影/非阴影区的掩膜.对 50 幅带有阴影的叶片图像的试验发现,参数  $k_1=0.6$ ,  $k_2=0.7$ ,  $m=3$  能较好地区分阴影和非阴影区.图 1 给出了一个叶片阴影区域检测的例子。



(c)步骤 2 处理结果 (d)步骤 3 及形态学处理后结果

图 1 叶片图像中阴影区检测例子

## 2 阴影的去除

### 2.1 阴影去除原理

自然界中光源主要有两种类型一种是直射光源,一种是环境光源,直接从光源取的光为直射光,环境光是从周围环境外表面反射的光<sup>[10]</sup>.文献[10]提出了一个在 RGB 空间中去除阴影的模型,该模型中将阴影/非阴影像素建模为:

$$I_i = (t_i \cos \theta_i L_d + L_e) R_i \quad (2)$$

其中  $I_i$  表示在第  $i$  像素的值,  $L_d$  和  $L_e$  表示在 RGB 颜色空间中的直射光和环境光的强度,  $R_i$  表示第  $i$  像素的反射率,  $\theta_i$  表示直射光源和反射表面之间的角度,  $t_i$  表示直射光源的衰减系数,如果  $t_i=1$  表示目标点在阳光照射的范围内,如果  $t_i=0$  表示目标点在阴影范围内.设第  $i$  个阴影像素系数定义为  $k_i=t_i \cos \theta_i$ ,并同时定义非阴影区域像素和阴影区域像素直接的比值  $r=L_d/L_e$ 。

由基本光照模型公式(2)可以得到,去除阴影的模型可以表示为直射光源和环境光源的和值:

$$\begin{aligned}
 I^{shadow\_free} &= (L_d + L_e)_i R_i \\
 &= (k_i L_d + L_e)_i R_i \frac{L_d + L_e}{K_i L_d + L_e}
 \end{aligned} \tag{3}$$

由式(2)、(3)和前面定义的  $r$  可得无阴影像素的各分量恢复值:

$$I_i^{shadow\_free} = \frac{r + 1}{k_i r + 1} I_i \tag{4}$$

### 2.2 基于 YCbCr 颜色空间阴影去除

基于 RGB 颜色空间对阴影进行去除虽然能够达到一定的效果,但是 RGB 三个分量在该空间各分量相关性高,计算量大,冗余信息多.所以本文考虑从 YCbCr 颜色空间进行阴影的去除.

首先将图像从 RGB 颜色空间转换到 YCbCr 颜色空间,考虑到 YCbCr 颜色空间中,亮度分量 Y 和色度分量 Cb、Cr 时相互独立,对于亮度分量 Y 与色度分量 Cb、Cr 分别进行处理.

对于 Y 分量,分别计算阴影区域与非阴影区域的平均值,计算平均值的差值,将阴影区域与非阴影区域的差值加到阴影区域,在亮度分量 Y 上进行恢复,如式(5)与(6)所示:

$$d_y = l_{avg\_y} - s_{avg\_y} \tag{5}$$

$$R_y = I_y + M * d_y \tag{6}$$

其中  $l_{avg\_y}$  表示图像在 YCbCr 颜色空间中非阴影区域 Y 分量的平均值,  $s_{avg\_y}$  表示图像阴影区域内 Y 分量的平均值,  $R_y$  表示叠加后的输出, M 表示由上节得到阴影掩膜.

其次,对于 Cb、Cr 分量,则按照光照模型所的公式(4)进行恢复.两个分量的阴影区域与非阴影区域的像素点的比值  $r$  计算如下:

$$r_k = \frac{l_{avg\_k}}{s_{avg\_k}} \tag{7}$$

其中  $r_k$  表示在 YCbCr 颜色空间下阴影区域与非阴影区域的 Cb、Cr 分量的比值,  $l_{avg\_k}$  表示非阴影区域两个分量的平均值,  $s_{avg\_k}$  表示阴影区域两个分量的平均

值,它们均可由掩膜和原图像素共同计算出来.

由此,便可获得在 YCbCr 颜色空间下,得到阴影去除后的三个分量,然后从 YCbCr 颜色空间转换为 RGB 颜色空间下即可得到去除阴影的图像.

### 3 实验结果与分析

本文的叶片图像采集于甘肃农业大学校园内(甘肃省兰州市安宁区).在自然光照条件下,使用 Sony W390 相机采用自动对焦进行拍摄.

本文对于采集的样本采用以上算法进行了阴影检测、阴影去除试验,结果表明本算法对阴影的去除效果较好,图 2 给出了其中的一些例子.作为对比,本文还直接在 RGB 颜色空间下进行阴影去除效果试验,总体上看其效果差于 YcbCr 颜色空间的方法,对应的例子也在图 2 中给出了.图 2 中 a1,b1,c1,d1 为原图像, a2,b2,c2,d2 为 RGB 颜色空间下去除效果图像, a3,b3,c3,d3 为在 YCbCr 颜色空间下去除效果图.直观上看,在 RGB 空间中,当原阴影区的阴影被去除后,阴影的边缘部分显得比较发亮;而在 YCrCb 空间去除阴影后,边缘效应弱于前者,阴影恢复区域与非阴影区域看上去更加一致和自然.

还比较了两种方法去除阴影前后的图片上三个分量的值差异.部分结果如表 1 所示,该表中计算了图 2 中的(a)、(c)两组图像.可看出,在未去除阴影前,阴影区各分量平均值远低于非阴影区;去除阴影后,两种方法都使得恢复区的各分量平均值接近非阴影区的对应平均值,但在 YCbCr 空间恢复后的各分量平均值更接近非阴影区,而在 RGB 空间去除阴影后的各分量要分别低于前者,故前者阴影恢复的效果更为自然.

值得一提的是,在病斑检测等应用中,由于常采用基于区域的分割法,故恢复图像中的边缘效应一般不影响到病斑区的分割;但为了获得更好的视觉效果,可采取其它措施减轻边缘效应,如对阴影区边缘像素不用式(4),而用其它更为精细的模型进行恢复.



(a)1 原图



(b)1 原图



(c)1 原图



(d)1 原图

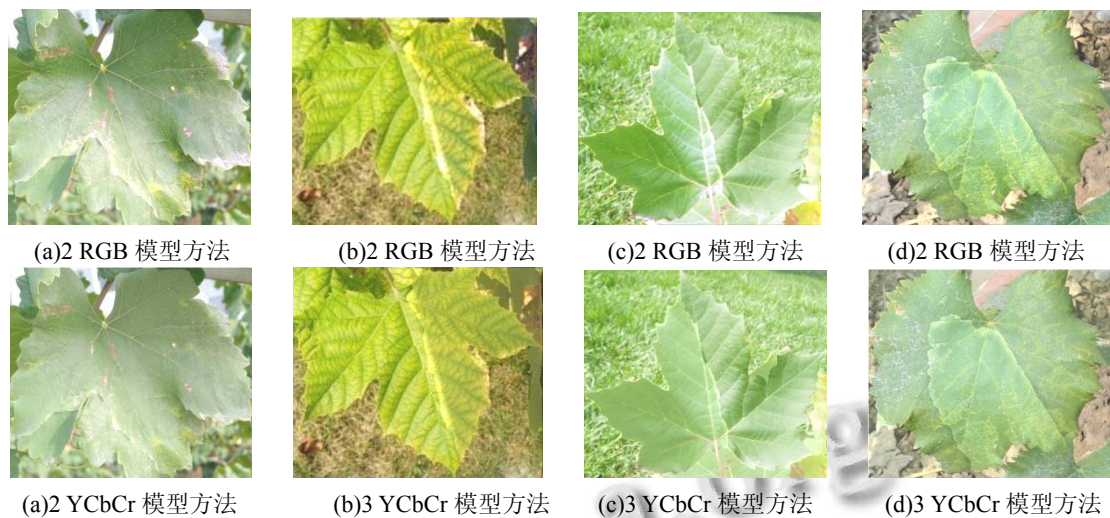


图 2 基于 YCbCr 与 RGB 颜色空间阴影去除效果

表 1 阴影去除前后三分量值的比较

通道	非阴影区	阴影区	RGB 去除	YCbcr 去除	
R	182.84	85.02	163.06	168.97	
a	G	198.33	117.88	179.29	189.36
	B	157.66	74.89	141.71	145.66
	R	151.02	70.23	124.29	137.28
c	G	184.62	118.89	170.26	176.67
	B	123.92	51.06	89.97	102.84

#### 4 结论

本文提出了一种去除叶片上阴影的方法,该方法在 YCbCr 颜色空间中利用 Y 分量检测阴影,形成阴影/非阴影掩膜,在 YCbCr 颜色空间中,利用掩膜对阴影区的 Y 分量及 Cb、Cr 分量分别采用简单的加及模型法去除阴影.相对于其他阴影检测和去除方法,该算法的计算效率更高、便于实时的阴影去除.相对于直接在 RGB 空间的阴影去除的方法,该方法能减弱阴影区域的边缘效应,能够有效的从叶片纹理图像有效去除阴影,且能保持叶片阴影部分的纹理细节.

#### 参考文献

- 1 冀荣华,祁力钧,傅泽田.机器视觉技术在精细农业中的研究进展.农业机械研究,2007.11:1-5.
- 2 Arbel E, Hel-OR H. A novel approach for shadow removal based on intensity surface approximation[Thesis]. Haifa: University of Haifa,2009:6-9.

University of Haifa,2009:6-9.

- 3 管泽鑫.基于图像的水稻病害识别方法的研究[学位论文].杭州:浙江理工大学,2010.
- 4 Arbel E, Hel-OR H. Shadow removal using intensity surfaces and texture anchor point. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(6): 1202-1216.
- 5 Yao K, Tian DS. Shadow removal from images using an improved single-scale retinex color restoration algorithm. International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization. Sanya, Hainan. IEEE. 2009, 1. 934-938.
- 6 孙静,田建东,唐延东.静态室内图像投影边缘检测方法研究.仪器仪表学报,2010,31(S2):28-31.
- 7 Lalonde JF, Efros A, Narasimhan S. Detecting ground shadows in outdoor consumer photographs. European Conference on Computer Vision. Heraklion, Crete, Greece. Springer. 2010. 322-335.
- 8 马文杰,贺立源,徐胜祥,等.基于烤烟透射特征的烟叶图像分割研究.农业工程学报,2006,22(7):134-137.
- 9 Gonzalez RC, Woods RE.数字图像处理.2版.阮秋琦,阮宇智,等译.北京:电子工业出版社,2007.
- 10 Jyothirmai MSV, Srinivas K, Srinivasa VR. Enhancing shadow area using RGB color space. Journal of Computer Engineering. 2012. 24-28.