

自动点卤槟榔图像识别方法研究

Research on recognition method for automatic orientating betel nut

黄良沛 舒勇 王宪 刘洋

HUNAG Liang-pei SHU Yong WANG Xian LIU Yang

(湖南科技大学机电工程学院, 湖南 湘潭 411100)

(School of Mechanical and Electrical Engineering, Hunan University of
Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411100, China)

摘要:针对机器对槟榔点卤出现漏点或者点空的情况,提出了一种基于H分量的图像分割方法来识别槟榔。将采集到的RGB彩色图像进行伽马增强再转换至HSV颜色空间,分离HSV颜色空间得H通道图像,再对H分量图像进行Otsu图像分割处理,结合图像形态学和区域生长法去除二值图像中出现的孔洞和小连通区域,最后通过绘制矩形框操作对识别出的槟榔进行标注。结果表明,该方法能完整地将槟榔从背景中分割出,且不会出现过度分割或者分割不足的问题。

关键词: 槟榔; 点卤; H分量; OTSU图像分割; 图像形态学; 区域生长法

Abstract: When the betel nut bitttern is in the process of betel nut bitttern, the betel nut needs to be loaded first. In this process, there will be some places in the wobble plate that are not equipped with betel nut. In turn, it will cause the machine to perform bitttern on empty positions, causing waste of bitttern and reducing the efficiency of bitttern. In view of the situation that the machine is leaking or emptying the betel nut on the betel nut swing plate, it is necessary to identify the betel nut on the bitttern plate before the bite point. Due to the large difference in color between the betel nut and the betel nut wobble plate, in order to be able to completely segment the betel nut from the wobble plate without over-segmentation or under-segmentation, an image segmentation method based on H component is proposed to identify betel nut. In this method, the acquired RGB color image is first gamma-enhanced and then transferred to the HSV color space, the HSV color space is separated, and the H channel image is obtained. The H component image is segmented by the Otsu image segmentation method, combining image morphology and regional

growth. The method removes the holes and small connected areas in the binary image, and finally marks the identified betel nuts by drawing a rectangular frame. Experimental results show that using this method can completely separate betel nuts from the background, without over-segmentation or under-segmentation. Thus accurately identifying betel nuts.

Keywords: betel nut; bitttern; H component; Otsu image segmentation; image morphology; region growing method

目前槟榔点卤加工以人工为主,生产效率低。杜鹏^[1]针对槟榔自动点卤中槟榔摆放姿态不一的情况,根据其几何、物理参数,采用静压气浮法对槟榔进行摆正定向,并开发了槟榔自动点卤装置。在此基础上,姜良兴^[2]设计了槟榔上料装置、点卤定向装置、输送装置、出料装置以及烘干系统等,完成了点卤的连续生产线设计。但上述研究主要以机械式和气动技术为主,自动点卤过程中需对每个槟榔进行摆正定向,费时且生产效率较低。

目前,中国关于槟榔的研究主要集中在槟榔的分级和轮廓设计。许月明等^[3]通过提取槟榔的颜色特征、形状特征和纹理特征,并将其代入向量机进行分级,其预测集的正确识别率达90.38%以上;朱泽敏等^[4]使用语义分割法对槟榔内核进行分割,提取图像的边界进而得到完整平滑的槟榔内核轮廓线。车金庆等^[5]针对重叠苹果果实识别误差较大的情况,使用图像分割、SUSAN算法和Bresenham算法实现重叠苹果的分离,再使用改进的随机Hough算法拟合果实圆心及半径实现苹果果实的识别。张永梅等^[6]以花椒为研究对象,分别对RGB、HSV图像中的R、H分量进行阈值分割,将两种分割结果进行融合,再使用膨胀操作识别出果实的轮廓区域,为后续的花椒采摘提供了有力的技术支持。刘芳等^[7]为了实现温室环境下番茄的精确识别,提出了一种改进型多尺度YOLO算法(IMS-YOLO),试验表明,IMS-YOLO模型对番茄图像的检测精度为97.13%,准确率为96.36%,满足其检测精度和速度要求;Ma等^[8]提出了水稻幼苗和杂

基金项目:湖南省科技厅资助科技重大专项项目(编号:2014FJ1004)

作者简介:黄良沛(1971—),男,湖南科技大学教授,博士。

E-mail: huanglp413@163.com

收稿日期:2020-09-13

草分割的全卷积网分割法;Anindita 等^[9]提出了基于轮廓的油棕果分割方法,为自然条件下油棕果采摘识别和成熟度判别提供了重要的依据。

试验拟采用图像处理技术对自动点卤过程中的槟榔图像进行处理,将摆盘中的槟榔与摆盘进行分割,并对分割图像进行进一步处理,完成摆盘中槟榔的识别定位,旨在为槟榔点卤机提供每个待点卤的槟榔的准确位置,从而实现精准点卤。

1 图像分割与识别算法

点卤盘槟榔识别算法流程如图 1 所示。将采集到的图像进行图像增强以提高图像的对比度和亮度;将图像增强后的 RGB 图像转换至 HSV 空间,并从中分离出 H 通道图像;对 H 通道图像进行 Otsu 图像分割,得到只有前景和背景的二值图像;由于分割出的图像存在孔洞和小连通域噪声,结合区域生长法和图像形态学去除孔洞和小连通域,得到不带噪声的完整的二值图像;再通过绘制连通域的最小外接矩形对识别出的槟榔图像进行标注。

2 图像预处理

2.1 伽马增强

图像采集来源于槟榔自动点卤机的图像采集系统,如图 2(a)所示。由于采集图像中的槟榔整体较暗,对比度较低,不利于图像分割,因此需对其进行增强以提高对比度,突出图像中的主要信息。伽马变换方法简单且适用性强,通过使用两个变化参数 γ 和 c 控制图像的整体亮度^[10]。其函数为:

$$s = cr^\gamma, \quad (1)$$

式中:

s ——输出图像强度;

r ——输入图像强度;

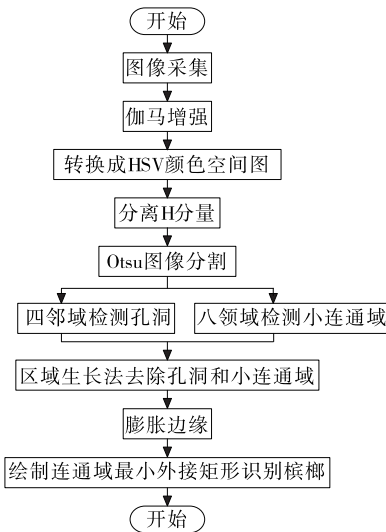


图 1 槟榔识别算法图

Figure 1 Betel nut recognition algorithm diagram

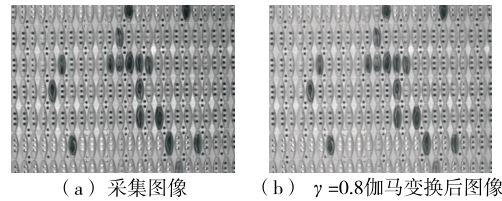


图 2 原始图像及伽马增强图像

Figure 2 Original image and gamma enhanced image

c, γ ——正常数。

由图 2(b)可知,经伽马变换后,原图像亮度得到明显增强,对比度增强。

由图 3 可知,取 $c = 1$,当 $\gamma < 1$ 时,伽马变换能拉伸图像中灰度级较低的区域,同时对灰度级较高的区域进行压缩;当 $\gamma > 1$ 时,伽马变换能拉伸图像中灰度级较高的区域,同时对灰度级较低的区域进行压缩。

2.2 颜色通道转换与分离

图像处理中,颜色空间模型主要有 RGB、HSV、YUV、YCbCr、HSL 等。其中 RGB 和 HSV 颜色空间模型在图像分割技术中应用广泛。为了使图像具有较好的分割效果,以 RGB 图像为基础,将图像转换至 HSV 颜色空间进行分析。HSV 颜色空间通过色相(H)、饱和度(S)和明度(V) 3 个分量对色彩进行描述^[11]。HSV 颜色空间各分量图如图 4 所示。颜色通道的转换式为:

$$\begin{cases} \max = \text{MAX}(r, g, b) \\ \min = \text{MIN}(r, g, b) \end{cases}, \quad (2)$$

$$h = \begin{cases} 0 & \max = \min \\ 60 \times \frac{g-b}{\max-\min} & \max = r, g \geq b \\ 60 \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360 & \max = r, g < b \\ 60 \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120 & \max = g \\ 60 \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240 & \max = b \end{cases}, \quad (3)$$

$$s = \begin{cases} 0 & \max = 0 \\ 1 - \frac{\min}{\max} & \text{other} \end{cases}, \quad (4)$$

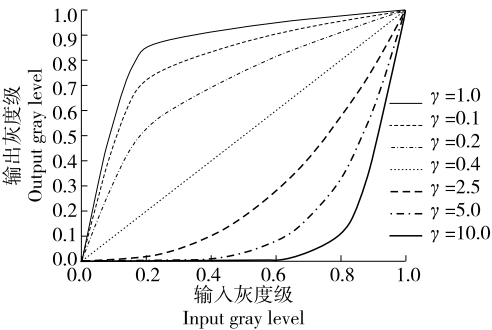


图 3 伽马变换函数图像

Figure 3 Gamma transform function image

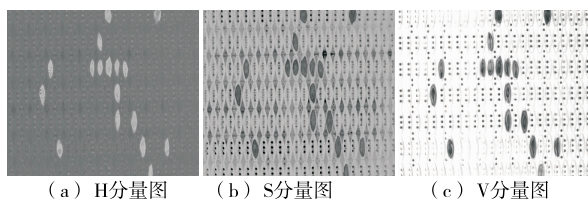


图4 HSV颜色空间分量图

Figure 4 HSV color space component map

$$v = \max, \quad (5)$$

式中:

r, g, b —— RGB 图像中的红色、绿色、蓝色分量;

h, s, v —— HSV 图像的色度、饱和度、亮度分量。

由图5可知,相比于其他分量的直方图,H分量直方图中其中一个波峰较低,但该直方图具有明显的双波峰,且波谷数值较低,能将槟榔与摆盘分割开;灰度图像直方图虽有双峰,但波谷较高,不利于槟榔与摆盘之间的分离。综合考虑,以H分量为基础,采用Otsu图像分割法对摆盘上的槟榔进行分割识别。

3 图像识别

3.1 Otsu 图像分割

预处理后,采用Otsu图像分割算法对H分量图像进行分割。Otsu法^[12]又称最大类间方差法或大津法,由日本学者大津(Nobuyuki Otsu)于1979年提出,是一种自适应的阈值确定方法。该算法不受亮度和灰度值的影响,计算简单。假设图像像素能够根据阈值被分成背景和前景两个部分,计算最佳阈值来区分这两类像素,使其区分度最大。采用Otsu分割法对H通道图进行分割,结果如图6所示。

3.2 去除孔洞和小连通域

数字图像形态学处理是指将数字形态学作为工具,

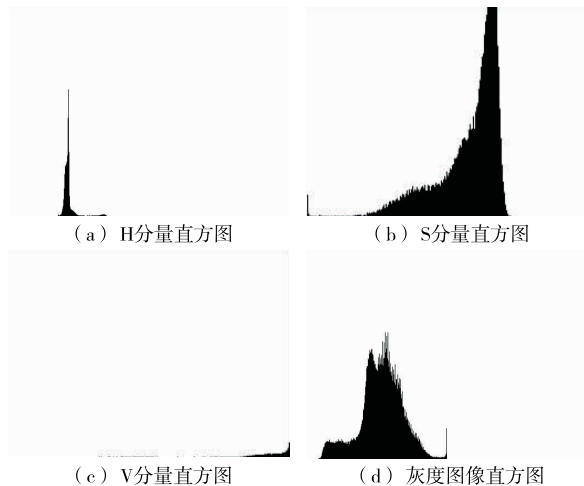


图5 HSV颜色空间各分量和灰度图像直方图

Figure 5 HSV color space components and gray image histogram

从图像中提取对表达和描述区域形状有用的图像分量^[13]。二值图像形态学则是使用结构元素对二值图像进行操作,其最基本的两种形态学处理是膨胀和腐蚀。图像膨胀操作能使图像内部孔洞填充,使边界向内部扩充;图像腐蚀操作则相反,能消除图像中存在的小噪点,使边界向内部收缩。一般的二值图中,膨胀和腐蚀能去除一些小孔洞或者将不连续的图像边缘连接完整。如果图像中出现多个小连通域和孔洞,使用腐蚀和膨胀两种运算不能达到理想的效果。

使用区域生长法能有效去除孔洞和小连通域,由于图像边缘不连续,使用膨胀运算能使边缘变得连续。由图7可知,结合区域生长法和膨胀操作有效地去除了小连通域和孔洞,可得到完整去除孔洞和小连通域,以及内部完整的图像。

设置面积阈值为800,由图6、8可知,经处理后,图像中的小孔洞和小块面积区域能被完全去除,得到所需完整的目标。最后绘制出连通域的外接矩形,并对识别出的槟榔进行框选定位。

4 结果与分析

使用Opencv库、C++语言,软件平台为Windows10系统、Vs2015,硬件环境为8GB内存、intel(R)Core(TM) i7-9750CPU @ 2.60 GHz MECHREVO的计算机。源图像经伽马变换、提取H分量图像、Otsu图像分割、去除孔



图6 Otsu分割图像

Figure 6 Otsu split image



图7 去除孔洞和小连通域图像

Figure 7 Remove holes and small connected domain images

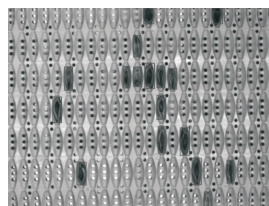


图8 槟榔识别图像

Figure 8 Betel nut recognition image

洞和连通域,最后使用绘制出连通域的最小外接矩形框将识别出的槟榔框选,实现槟榔的识别与定位。依次在摆盘上放置 10,20,30,40,50,60,70,80,90 颗槟榔,使用试验算法对槟榔进行识别,其结果如图 9 所示。由表 1 可知,试验算法识别槟榔的准确率、精确率、召回率、F1 分数均达 100%。

为了验证算法的实时性,选取 20 幅装满槟榔的图像进行试验。由表 2 可知,图像的平均运行时间为 2.648 37 s,

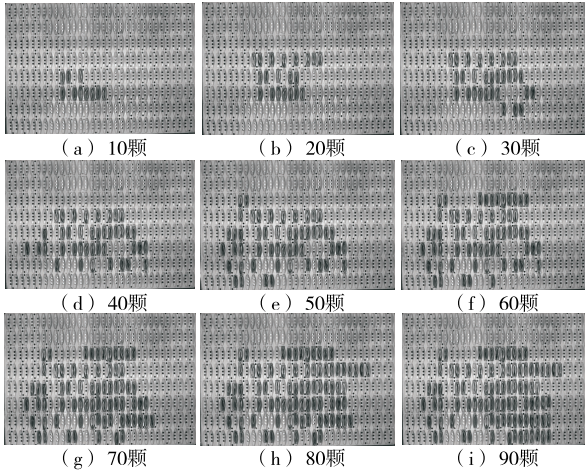


图 9 试验结果图

Figure 9 Experimental results image

表 1 槟榔识别统计参数

Table 1 Recognition statistical parameters of betel nut

槟榔数/颗	准确率/%	精确率/%	召回率/%	F1 分数/%
10	100	100	100	100
20	100	100	100	100
30	100	100	100	100
40	100	100	100	100
50	100	100	100	100
60	100	100	100	100
70	100	100	100	100
80	100	100	100	100
90	100	100	100	100

表 2 算法处理时间表

Table 2 Algorithm processing time table

编号	时间/s	编号	时间/s
1	2.460 05	12	2.661 43
2	2.614 49	13	2.711 45
3	2.676 03	14	2.644 72
4	2.616 37	15	2.631 53
5	2.655 66	16	2.634 95
6	2.599 12	17	2.688 93
7	2.711 80	18	2.676 53
8	2.639 59	19	2.688 74
9	2.677 80	20	2.710 67
10	2.654 03	平均时间	2.648 37
11	2.613 44		

能满足正常流水线工作。

5 结论

为了能准确地将槟榔从摆盘中完整地分割出来进行识别,不会产生过度分割或者分割不足,提出了一种基于 H 分量的槟榔图像分割方法,作为后续边缘检测和轮廓提取的基础。结果表明,该算法的识别准确率、精确率、召回率、F1 分数均达 100%,识别效果良好,每幅图像平均耗时 2.648 37 s。在图像处理过程中去除孔洞和小连通域方面占用了大部分处理时间,从而降低了识别的速度,后续可以优化该过程算法或者结合图像形态学来提高处理效率。

参考文献

[1] 杜鹏. 槟榔点卤关键技术与结构设计[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2017: 3-6.

[2] 姜良兴. 槟榔点卤连续生产线的设计与研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2018: 2-6.

[3] 许月明, 蔡健荣, 龚莹辉. 基于计算机视觉的槟榔分级研究[J]. 食品与机械, 2016, 32(8): 91-94, 102.

[4] 朱泽敏, 张东波, 张莹, 等. 基于语义分割的槟榔内核轮廓检测[J]. 计算技术与自动化, 2019, 38(4): 105-112.

[5] 车金庆, 王帆, 吕继东, 等. 重叠苹果果实的分离识别方法[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 469-475.

[6] 张永梅, 李菊霞. 成熟花椒果实的自动识别技术研究[J]. 农业技术与装备, 2019(1): 4-6.

[7] 刘芳, 刘玉坤, 林森, 等. 基于改进型 YOLO 的复杂环境下番茄果实快速识别方法[J]. 农业机械学报, 2020, 51(6): 229-237.

[8] MA Xu, DENG Xiang-wu, QI Long, et al. Fully convolutional network for rice seedling and weed image segmentation at the seedling stage in paddy fields[J]. PloS One, 2019, 14(4): e0215676.

[9] ANINDITA S, HAMDANI H, HELIZA R H, et al. Automatic image segmentation of oil palm fruits by applying the contour-based approach[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 261: 108939.

[10] 杨先凤, 李小兰, 贵红军. 改进的自适应伽马变换图像增强算法仿真[J]. 计算机仿真, 2020, 37(5): 241-245.

[11] 马玲, 张晓辉. HSV 颜色空间的饱和度与明度关系模型[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2014, 26(8): 1 272-1 278.

[12] OTSU N. A threshold selection method from grey-level histograms[J]. IEEE Trans System Man Cybernet, 1979, 9(1): 62-66.

[13] 王祥, 罗素云. 基于 Otsu 阈值与形态学处理的车道线检测[J]. 农业装备与车辆工程, 2019, 57(10): 69-72.