

文章编号: 2095-2163(2021)05-0209-04

中图分类号: TP312

文献标志码: A

核桃表面污渍识别算法设计

张 兵, 王 阳, 丁才富, 赵广文, 秦泽生, 杨 晨

(贵州大学 大数据与信息工程学院, 贵阳 550025)

摘要:为实现核桃表面污渍的识别,设计了一种基于HSV色彩分析的污渍识别算法。利用人工标记将核桃污渍区域与洁净表皮分离后,将图片转到HSV色彩空间,并分别统计污渍区域与洁净区域V分量数值;求取污渍区域与洁净表皮区域V分量均值,并利用洁净表皮V分量均值与污渍区域V分量均值确定分割阈值,对其进行分割。为了验证算法的可靠性,通过市售核桃,采集到708张带有污渍的图片数据,对算法进行测试。经过实验,本算法取得了94.12%的检测精确率以及94.74%的召回率,相较于Otsu分割算法,具有更高的识别精度及效率。

关键词:核桃; 污渍识别; 机器视觉

Algorithm design of stain recognition on walnut surface

ZHANG Bing, WANG Yang, DING Caifu, ZHAO Guangwen, QIN Zesheng, YANG Chen

(College of Big Data and Information Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

【Abstract】 In order to recognize the stains on the walnut surface, a stain recognition algorithm based on HSV color analysis was designed. First, use artificial marking to separate the walnut stained area from the clean skin. Second, transfer the picture to the HSV color space, and count the V component values of the stained area and the clean area respectively. Finally, the average value of the V component of the stained area and the clean skin area is obtained, and the average value of the V component of the clean skin and the average value of the stained area is used to determine the segmentation threshold and segment it. In order to verify the reliability of the algorithm, 708 pictures with stains were collected through commercially available walnuts to test the algorithm. After experiments, this algorithm has achieved a detection accuracy of 94.12% and a recall rate of 94.74%. Compared with the Otsu segmentation algorithm, this algorithm has higher recognition accuracy and efficiency.

【Key words】 walnut; stain recognition; machine vision

0 引言

众所周知,核桃具有丰富的营养价值,在农产品市场中占有一定地位,属于重要经济作物^[1]。核桃品质受表面缺陷影响较大,一方面,表面污渍影响商品核桃外观;另一方面,存有污渍的核桃不便于保存,容易诱发核桃霉变^[2]。因此,核桃销售前需要经过表面缺陷筛选,保证核桃品质。核桃表面污渍检测是指通过对表面污渍区域的识别,实现对存有缺陷核桃的筛选。目前,核桃表面污渍检测主要包括人工与机器视觉技术两种方法。人工检测,准确率相对较高,但检测效率低,劳动成本高^[3]。基于机器视觉的检测手段由于具有低成本、高效率的特性,是当前表面特征检测的主流方式。该方法在马铃薯、苹果、柑橘等农产品表面污渍的识别上取得了较为理想的成果^[4]。但上述农产品表面较为平滑,

污渍特征相对明显。相较之下,核桃表面复杂,污渍特征对比度相对较小,同时存在沟壑等区域的干扰。因此对于核桃表面污渍的识别,存在一定的难度。

针对核桃的表面识别,常见的识别方法包括基于光谱成像的识别。陈彩虹等人利用高光谱成像技术实现了核桃壳以及核桃仁的识别。该方法主要通过高光谱成像获取核桃壳、核桃仁光谱图像特征,结合最小二乘法等分类模型,对核桃表面特征数据进行分类,以实现核桃表面图像的识别^[5]。同时,李成吉等人采用高光谱成像技术获取核桃表面图像特征,并基于高光谱特征对核桃表面黑斑、破裂进行了特征提取,结合支持向量机等分类算法,对高光谱特征进行分类,实现了88.9%识别正确率^[6]。对于农产品的污渍识别,虽然基于高光谱的识别方法具有较高的识别精度与可靠性,但系统成本较高,同时光谱特征数据复杂不便于处理。对此,Zhiqiang Zhai

基金项目:国家自然科学基金(61604046);贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5788号);贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2018]5781号)。

作者简介:张 兵(1996-),男,硕士研究生,主要研究方向:图像处理。

通讯作者:杨 晨 Email: eliot.c.yang@163.com

收稿日期:2021-01-05

等人利用黄金分割,实现了核桃表面缺陷的识别。该方法在普通核桃图像之下,通过黄金分割来搜索核桃表面缺陷分割阈值,确定核桃曲线分割阈值为0.346 4,在该阈值之下取得了93%的正确识别率^[7]。该方法相对简单,数据获取成本较低,同时具备较强的识别能力。

综上所述,为了实现核桃表面污渍的识别,本文采用基于V分量均值的阈值分割方法,实现对核桃表面污渍区域的分割。首先,利用CCD相机采集核桃污渍图像样本,并利用人工分割方法制作了一个污渍图像数据集;其次,设计了一个基于HSV色彩空间的阈值分割算法,将核桃图像由RGB色彩空间转换到HSV色彩空间;统计核桃V分量均值,构建核桃洁净表皮以及污渍表皮V分量统计样本;根据样本中洁净表皮与污渍区域V分量均值距离,确定分割阈值,并利用该阈值实现核桃表面污渍的分割。最后,通过实验对算法进行了验证。

1 算法设计

1.1 系统结构

为实现核桃表面污渍的识别,首先利用CCD相机采集核桃污渍图像样本,并利用人工分割方法制作了一个污渍图像数据集;其次,设计了一个基于HSV色彩空间的阈值分割算法,将核桃图像由RGB色彩空间转换到HSV色彩空间;统计核桃V分量均值,构建核桃洁净表皮以及污渍表皮V分量统计样本;根据样本中洁净表皮与污渍区域V分量均值距离,确定分割阈值,并利用该阈值实现核桃表面污渍的分割,进而达到污渍识别的目的。算法主要流程如图1所示。

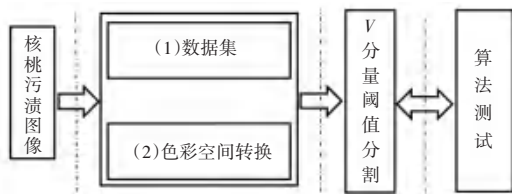


图1 算法主要流程

Fig. 1 Main flow of the algorithm

1.2 算法流程

利用CCD相机采集核桃图像,核桃污渍样本如图2所示。图中黑色标识框内深色区域即为污渍,洁净的核桃表皮呈黄色,污渍区域相较于洁净表皮像素区域颜色更深。利用普通CCD相机采集的核桃图像为RGB模式,在RGB色彩空间中,主要通过R、B、G 3个色彩通道记录图像特征,在该空间下核

桃污渍区域与洁净表皮特征差异较小。HSV色彩空间通过色调、饱和度以及明度等通道记录图像特征,因而更加符合人眼视觉观察效果。核桃污渍区域像素与洁净表皮像素区域区别主要在于明度对比,因而在V分量上可以凸显污渍区域对比特征。



图2 污渍样本

Fig. 2 Stain sample

为了更好体现二者特征差异,将核桃图像由RGB色彩空间转换到HSV色彩空间^[8]。定义核桃RGB图像为 $I_{i=R,G,B}(m,n)$,HSV图像为 $I_{i=H,S,V}(m,n)$ 。其中, m,n 表示图像尺寸, i 表示对应通道像素。

首先,利用式(1)对RGB图像像素进行归一化处理:

$$I'_{i=R,G,B} = I_{R,G,B}/255, \quad (1)$$

其次,进一步定义RGB色彩空间中通道最大值 C_{\max} ,及最小值 C_{\min} ,两者应分别满足:

$$\begin{cases} C_{\max} = \max(I'_R, I'_G, I'_B), \\ C_{\min} = \min(I'_R, I'_G, I'_B), \end{cases} \quad (2)$$

同时,定义:

$$\Delta = C_{\max} - C_{\min}. \quad (3)$$

则,RGB图像 $I_{i=R,G,B}(m,n)$ 与HSV图像 $I_{i=H,S,V}(m,n)$ 两者满足下式关系:

$$I_H = \begin{cases} 0^\circ, \Delta = 0; \\ 60^\circ \times \left(\frac{I'_G - I'_B}{\Delta} \right), C_{\max} = I'_R; \\ 60^\circ \times \left(\frac{I'_B - I'_R}{\Delta} + 2 \right), C_{\max} = I'_G; \\ 60^\circ \times \left(\frac{I'_R - I'_G}{\Delta} + 4 \right), C_{\max} = I'_B. \end{cases} \quad (4)$$

$$I_S = \begin{cases} 0, C_{\max} = 0, \\ \frac{\Delta}{C_{\max}}, C_{\max} \neq 0. \end{cases} \quad (5)$$

$$I_V = C_{\max}. \quad (6)$$

在HSV色彩空间中,核桃污渍区域像素表现为色彩明度相对较低,即V分量数值更小。据此,可通过设置合理阈值对V分量中污渍区域数据的筛选,进而实现污渍区域像素的分割。

在 N 个样本数据中。对于第 j 个样本图像,先统计同一只核桃洁净表皮与污渍区域 V 分量数据平均值 $\bar{V}_i^j (i=c,s)$ 。其中, c 表示洁净表皮像素区域, s 表示污渍像素区域, \bar{V}_i 满足:

$$\bar{V}_{i=c,s}^j = \frac{\sum_{y=1}^m \sum_{x=1}^n V_i(x,y)}{m \times n} \quad (7)$$

针对整个样本数据集,对不同程度污渍的核桃重复上述流程,得到样本量为 N 的洁净表皮及污渍 V 分量数据 $\bar{V}_{i=c,s}^N$ 。定义整个样本洁净表皮及污渍的 V 分量均值为:

$$\bar{V}_{i=c,s}^T = \frac{\sum_{j=1}^N \bar{V}_i^j}{N} \quad (8)$$

式(8)表示求取 N 个样本的洁净表皮、污渍 V 分量平均值的均值。则基于 V 分量的分割阈值 T_v 满足:

$$T_v = \bar{V}_s^T + \frac{\sqrt{(\bar{V}_c^T - \bar{V}_s^T)^2}}{2} \quad (9)$$

式中, T_v 为洁净表皮与污渍 V 分量中值,即污渍与洁净表皮分割阈值。

2 实验结果与分析

为了验证算法的可靠性,随机采购了 400 个核桃样本,利用 CCD 相机对其进行图像采集,共获取了 708 张带有污渍的核桃图像,用于算法测试。首先,利用人工方法对核桃图像污渍像素坐标进行标记,并将二者分割。分割样本如图 3 所示。



(a) 污渍样本 (b) 洁净表皮区域 (c) 污渍区域
(a) Stain sample (b) Clean skin area (c) Stain area

图3 样本展示
Fig. 3 Samples

对于分割好的洁净表皮及污渍图像集,分别将利用式(4)方法将其转换到 HSV 色彩空间;进一步提取洁净表皮的 V 分量以及污渍区域 V 分量,分别计算洁净表皮、污渍区域 V 分量均值。各样本 V 分量统计结果如图 4 所示。

图 4 中, CS 代表洁净表皮像素 V 分量均值; SS 代表污渍区域像素 V 分量均值; MCS 代表洁净表皮

样本 V 分量均值; MSS 代表污渍样本 V 分量均值; TV 表示 MCS 与 MSS 的中点。

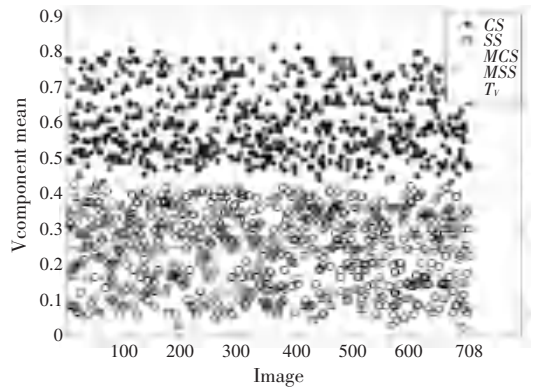


图4 V分量统计图

Fig. 4 Statistical diagram of V component

由图 4 可以观察到,样本图像中洁净表皮 V 分量均值相对于污渍像素区域 V 分量值较大,二者均值之间具有明显的距离。进一步统计所有样本洁净表皮 V 分量均值以及污渍区域 V 分量均值。统计结果见表 1。

表 1 阈值统计

Tab. 1 Threshold statistics

Statistics object	Average value
Clean skin	0.604 4
Stained area	0.250 7
Midpoint	0.427 5

根据表 1 中计算结果,选取分割阈值 $T_v = 0.427 5$,并利用该阈值对核桃 HSV 图像数据进行数值分割。当某一像素点 V 分量满足 $V \in [0, 0.427 5]$ 时,则判定该像素点为污渍像素点,否则视为洁净表皮。分割效果如图 5 所示。

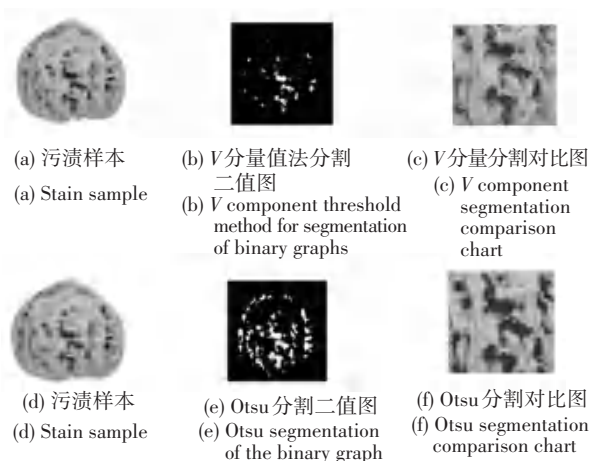


图5 污渍检测效果图

Fig. 5 Stain detection effect diagram

通过图 5 可以观察到,基于 V 分量的均值法,可

以对核桃污渍像素区域进行分割识别,相较于 Otsu 分割算法,该算法对于核桃表皮沟壑区域阴影部分的识别效果较好。

构建一个二分类混淆矩阵。

定义 TN 表示算法将污渍表皮像素点识别为洁净表皮像素点的数量, FP 为算法将洁净像素点识别为污渍表皮像素点数量, FN 表示算法将洁净表皮像素点识别为洁净像素点的数量, TP 表示算法将污渍像素点识别为污渍像素点数量。以此构建一个二分类混淆矩阵^[9]。定义算法分割精准率、召回率分别为:

$$P = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (10)$$

$$R = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (11)$$

式(10)中, P 表示算法分割精准率,式(11)中 R 表示算法召回率。利用两者表征算法分割的精度,经过计算,算法平均精准率及召回率统计结果见表 2。

表 2 污渍检测结果

Tab. 2 Stain detection results

Algorithm	Precision/ %	Recall / %
V-means	94.12	94.74
Otsu	73.71	62.81

通过表 1 可以了解到,基于 V 分量的分割算法,相较于 Otsu 算法具有更高的识别精度。

3 结束语

本文通过机器视觉的方法实现对核桃的分拣及相似度匹配。通过对 708 张存有不同污渍的核桃表面截图进行人工分割,获取了一个样本污渍图像数

据集。进一步,将图片转换到 HSV 色彩空间,利用 V 分量均值法得确定分割阈值为 0.427 5,并在该阈值下对污渍图像进行分割测试,算法平均精确率、召回率分别达到 94.12%、94.74%。此外,还将算法分割结果与 Otsu 算法进行了对比,在相同测试条件下,本算法取得了更高的识别精度。其中,精确率高于 Otsu 算法 20.14%,召回率则优于该算法 31.93%。实验证明,针对表面形态复杂的核桃图像,本算法对于核桃表面物资具有一定的识别能力,可为核桃的自动化分拣提供一定的辅助作用。

参考文献

- [1] 杨旭昆,汪禄祥,叶艳萍,等. 7 种云南产核桃中 17 种氨基酸含量测定与必需氨基酸模式分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(6): 1889-1894.
- [2] 李亚婷. 霉菌对核桃仁油脂哈败的影响研究[D]. 陕西师范大学, 2017.
- [3] 张庆磊. 核桃品质的无损检测技术研究[D]. 江苏大学, 2010.
- [4] DianRong, Lijuan Xie, Yibin Ying. Computer vision detection of foreign objects in walnuts using deep learning[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2019, 162.
- [5] 陈彩虹,张淑娟,孙海霞,等. 高光谱成像技术在核桃壳仁检测中的应用[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2018, 38(11): 27-32.
- [6] 李成吉,张淑娟,孙海霞,等. 基于计算机视觉的核桃外观缺陷检测[J]. 现代食品科技, 2019, 35(8): 247-253, 246.
- [7] ZHAI Zhiqiang, JIN Zuohui, ZHANG Ruoyu. Information integration of force sensing and machine vision for in-shell shrivelled walnut detection based on the golden-section search optimal discrimination threshold[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2019, 99(8).
- [8] 李君伟. 基于 HSV 的彩色纹理图像分类及目标追踪[D]. 西南交通大学, 2019.
- [9] ZHANG Y J. A survey on evaluation methods for image segmentation [J]. Pattern recognition, 1996, 29(8): 1335-1346.

欢迎订阅 2021 年《智能计算机与应用》期刊(月刊)

《智能计算机与应用》是由国家工业与信息化部主管,哈尔滨工业大学主办、哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院承办的国内外公开发行的学术类期刊。《智能计算机与应用》期刊中开设有(包括但不限于):学术研究与应用、系统开发与应用、专题设计与应用、科技创见与应用、工程实践与应用、控制科学与应用、网络探索与应用、其它,等多个栏目,凡属以上栏目的科技论文,本刊将优先刊登。目前,《智能计算机与应用》期刊在中国知网已取得较高影响因子,欢迎惠赐佳稿,征稿要求详见本刊封二。

《智能计算机与应用》期刊为月刊,每本定价:15.00 元,全年定价:180 元;国内读者请到当地邮局订阅,也可致电本刊编辑部订购;《智能计算机与应用》投稿 Email: ica@hit.edu.cn;编辑部地址:哈尔滨工业大学新技术楼 916 室,邮政编码:150001;联系电话:0451-86413183;联系 QQ: 2438031325。