

基于 Blob 分析的红枣表面缺陷在线检测技术

Research on online detection for jujube surface defects based on blob analysis

海 潮 赵凤霞 孙 烁

HAI Chao ZHAO Feng-xia SUN Shuo

(郑州大学机械工程学院, 河南 郑州 450001)

(School of Mechanical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450001, China)

摘要:搭建一个基于机器视觉的红枣表面缺陷在线检测平台,实现红枣全表面信息的自动化在线实时测量。根据红枣及其表面缺陷的特征,提出在颜色空间模型中采用 Blob 分析算法进行红枣与背景的分离以及红枣表面缺陷的识别,给出不同缺陷特征种类的颜色空间模型和分割阈值,快速准确地实现破头果、霉变果、浆头果、虫蛀果等典型红枣表面缺陷的识别。试验结果表明,该方法检测结果稳健可靠,缺陷果识别的准确率可达到 90% 以上。

关键词:机器视觉;表面缺陷检测;Otsu 算法;Blob 分析;实时检测

Abstract: In this paper, an online detection platform for jujube surface defects based on machine vision is designed to realize the automatic real-time measurement of full-surface information of jujubes. According to the characteristics of jujubes and their surface defects, the blob analysis algorithm in the color space was used to separate the jujubes from the background and identification of the surface defects of jujube model was proposed. The color space model and the segmentation threshold of different defect characteristics were given, the broken fruit, mold fruit, pulp head fruit, insect fruit and other typical jujubes surface defects identification was realized speedily and accurately. It shows that the results of this study are robust and reliable in this experiment, and the accuracy of defective identification is over 90%.

Keywords: machine vision; surface defect detection; otsu algorithm; blob analysis; real-time detection

红枣作为中国独特的经济作物,具有很高的营养价值和

药用价值,受到广大民众的青睐。但一些自然因素会导致红枣产生霉变、虫蛀、破头、裂痕等表皮缺陷,这些缺陷会直接导致红枣的品质和等级降低,为了达到上市要求,必须把它们从正常红枣中筛选出来,表面缺陷检测是红枣深加工过程中的一个重要环节。目前红枣表面缺陷检测主要是靠人工,这种作业方式劳动强度大、分选效率低,分选质量受主观因素影响比较大,难以实现标准化,严重影响分选的准确性,同时工人与枣果直接接触,不符合食品加工生产卫生要求。因此,寻找智能、快速的红枣检测分选技术十分迫切。

机器视觉是代替人眼视觉的以相机、计算机、处理软件等为基础的高效识别系统,具有无损检测、判断精度高、安全等优点,目前利用机器视觉技术对农产品品质分选检测已经是一种主流技术手段。国外自 20 世纪 70 年代起就将机器视觉技术应用于农产品品质的研究,并将部分成果产业化。其中美国 AUTOLINE 公司、法国 MAF RODA 公司和新西兰 COMPAC 公司是机器视觉果品分级设备研制的主力军,研究对象主要是一些流通性好、普及性高的水果,如苹果、柑橘、猕猴桃等。由于红枣与其它水果的物料特性差异,这些设备不能直接应用于红枣的自动化检测中,因此国内外学者针对红枣品质检测进行了一系列的研究。如李运志等^[1]提出了一种以机器视觉为基础的缺陷识别方法,依据半干枣在病害和非病害区域色调值差异提取病害区域,用提取的病害区域与枣表面积的比作为阈值来确定识别精度,以识别病害和裂痕枣;马学武等^[2]利用机器视觉技术获取红枣图像,然后对图像进行处理后输出检测分级信号,信号传递给光电开关定位后控制步进电机的启停,最后实现大枣无损分级;李景彬等^[3]利用 MATLAB 软件编程实现了样本图像的灰度化、二值化、图像分割、图像滤波、图像形态学处理、边缘检测和特征量提取等处理来实现红枣的分级;张萌等^[4]针对红枣表面灰度不均匀问题提出一种表面灰度快速补偿方法,解决了表面缺陷难以快速定位的问题,显著地增强了果面缺陷特征,提高了红枣缺陷检测的准确率;Wu 等^[5]通过使用高光谱

基金项目:河南省教育厅自然科学研究计划项目(编号:2010B460020)

作者简介:海潮,男,郑州大学在读硕士研究生。

通信作者:赵凤霞(1971—),女,郑州大学教授,博士。

E-mail: zfxmail@163.com

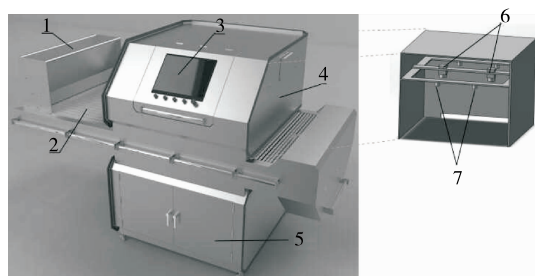
收稿日期:2017-10-23

成像技术获取反射图像,以识别枣果实的常见缺陷如淤伤、昆虫感染和裂纹;Lee等^[6]基于红外成像对自然干燥或烘干的椰枣的大小和外观进行了研究,开发了一套椰枣在线检测机器视觉系统;Wang等^[7]采用在400~720 nm光谱区域内的高光谱反射率成像方法检测鲜枣果实的外部损伤和昆虫缺陷。

本试验搭建了基于机器视觉的红枣表面缺陷在线检测平台,实现了红枣全表面信息的呈现;基于颜色空间模型将红枣R、G、B图像转换到HSV颜色空间,进行红枣与背景的分割;最后基于Blob分析技术进行了红枣典型表面缺陷的识别。

1 红枣表面缺陷检测系统

图1为基于机器视觉设计的红枣表面缺陷自动检测系统。该检测系统整体是由上料机构、传送装置、图像采集装置、图像处理系统、控制系统和分选系统等组成。其中,上料机构将红枣从无序散乱喂入状态变成单一喂入状态,且红枣能够有序导入传送装置的辊子阵列。传送装置由同时具有自转和公转运动的阵列转动辊组成,实现红枣多通道向前输送和自动翻转,达到红枣在向前输送的同时,各表面都能呈现在相机的采集范围内,通过相机的多次图像采集,获得红枣的全表面信息。图像采集装置由MER-503-20GC-P工业相机、日本Computar公司的M0814-MP2型号的镜头、LED环形光源等组成。为了避免来自其他光源的散射效应,图像采集装置放置在由不锈钢板材组成的暗箱中,光照采用正面明场漫反射的方式,布置在箱体四周略低于相机镜头。控制系统实现当每个红枣样本被传送到相机采集范围内时触发相机进行拍照,处理过程在由图像处理系统中进行,处理结果引导分选系统作出反应,最后实现各类红枣的分选。



1. 上料机构 2. 传送装置 3. 图像处理系统 4. 图像采集装置
5. 控制系统 6. 相机 7. 光源

图1 红枣缺陷检测系统

Figure 1 Jujube defect detection system

2 红枣表面缺陷检测技术

2.1 图像获取

采用触发抓拍来获取红枣图像。调节光圈大小为1.4,快门速度设定为1/8 s。在图像采集区域内安装红枣运动检测传感器,当红枣到达预定的位置时,传感器检测到并向相机发出触发信号,抓取图像进而作下一步的处理。图2是在线采集到的红枣图像,原图像像素大小为2 448×2 048。



图2 在线采集的红枣图像

Figure 2 Online collection of jujube images

2.2 背景去除

获取图像后,在进行表面缺陷识别之前,需要去掉背景,把红枣从其输送装置背景中分离出来。本试验采用Blob分析方法进行背景去除。Blob分析流程见图3。

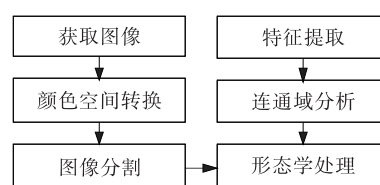


图3 Blob分析流程

Figure 3 Blob analysis process

2.2.1 颜色空间转换 由于红枣颜色与输送装置的颜色处于不同色调范围,因此可以利用颜色空间进行前景目标的提取。当前常用的颜色空间模型有RGB颜色空间、HSV颜色空间、YIQ颜色空间等。相机采集的图像即为RGB模型。HSV颜色空间中, H 表示色调, S 表示饱和度, V 表示明度;其中 H 分量以角度为度量单位,范围 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。饱和度 S 和明度 V 取值范围均为 $0 \sim 255$ 。红枣的颜色一般为褐色、紫红色等,色调大约在 $0^\circ \sim 20^\circ$ 。因此,可将图像的RGB模型转换到HSV颜色空间中,通过设定红枣色调阈值,进行背景与红枣的分割。

H 、 S 、 V 分量可以用式(1)从图像的R、G、B三通道中计算得到:

$$H = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2} [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}},$$

$$S = 1 - \frac{3[\min(R, G, B)]}{R + G + B},$$

$$V = \frac{R + G + B}{3}.$$

(1)

2.2.2 图像分割 在HSV颜色空间分别对 H 分量和 S 分量的图像进行处理。

目前最为常用的方法是基于阈值的分割方法,包括全局阈值法和局部阈值法2种。本试验采用全局阈值法对 H 分量和 S 分量分别进行阈值分割,然后对 H 、 S 分量的分割结果进行运算,即将图像分割为目标像素(Blob区域,红枣区域)和背景像素,见图4。

2.2.3 形态学处理 由于在进行区域分割时红枣的表面缺陷可能造成一个枣被分割形成多个不连续的区域,为了避免

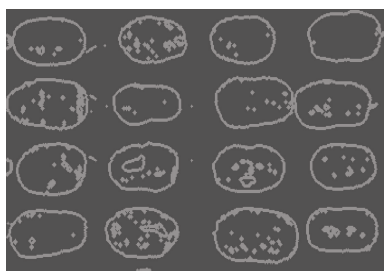


图 4 图 2 的图像分割结果

Figure 4 The image segmentation results in Fig. 2

后续发生计算错误,去除分割区域内的杂点和干扰,形态学处理这一环节显得十分重要。为去除红枣区域周围不必要的干扰,首先用圆形结构元素 S_1 对分割后的图像 I 进行开运算获得图像 I_1 ,其定义见式(2);然后对图像 I_1 用圆形结构元素 S_2 进行闭运算,将一个红枣区域中断开的缝隙闭合,以保证红枣目标区域的完整性,定义见式(3)。

$$I_1 = I \circ S_1 = (I \ominus S_1) \oplus S_1, \quad (2)$$

$$I_2 = I_1 \cdot S_2 = (I_1 \oplus S_2) \ominus S_2, \quad (3)$$

式中:

○——开运算;

·——闭运算;

⊖——腐蚀运算;

⊕——膨胀运算。

2.2.4 连通域分析 在进行阈值分割后,得到由目标像素和背景像素构成的图像,因为要对目标像素进行提取,所以需要进行连通性分析以得到目标像素连接体。本试验采用 8 邻域标记算法扫描图像进行连通域分析。连通域分析后,得到每个红枣的 Blob 区域。

2.2.5 特征提取 得到 Blob 区域后,根据红枣区域的面积特征,进行特征提取,由此得到去除背景的红枣区域图像。图 5 为特征提取得到的去除背景的红枣二值化图像。

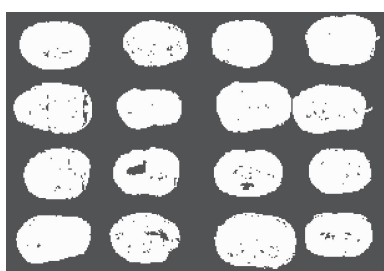


图 5 图 2 去除背景的红枣二值化图像

Figure 5 The jujubes binarized image without background of Fig. 2

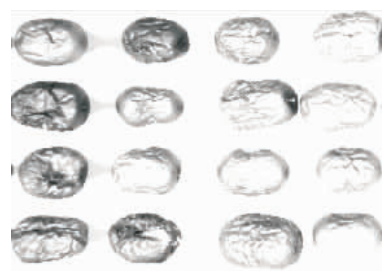
2.3 缺陷识别

缺陷识别也就是对缺陷的有效分割,根据 GB/T 12947—2009 规定,常见的缺陷类型有霉变果、破头果、浆头果、虫蛀果等。破头果是指果皮出现破口,破口不变色无霉变。霉变果的果实表面留有明显发霉痕迹,暴露的果肉部分发黑变质。浆头果是由于未达到适当干燥导致两头或局部含水率高,果颜色呈现灰暗色泽。虫蛀果的果肉受害虫危

害,伤及果肉。因此,可以根据缺陷的颜色不同,将霉变果、破头果、浆头果、虫蛀果等缺陷果分为两类,即破头果是果肉暴露的一类,缺陷部分颜色呈现为淡黄色;霉变果、虫蛀果和浆头果是变色变质的一类,缺陷部分颜色呈现为暗色。根据这一特征,同样可采用 Blob 分析方法进行缺陷识别。

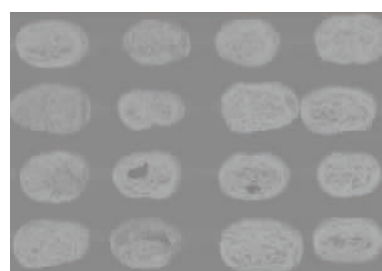
2.3.1 颜色空间转换 选择要检测的目标红枣,首先要进行颜色空间的转换,将图像转换到最适合处理的空间。

在 HSV 颜色空间模型中,当 $V=0$ 时,颜色为黑色,这与霉变果、虫蛀果和浆头果的缺陷颜色相近。因此,本试验采用 HSV 颜色空间的 V 分量进行霉变果、虫蛀果和浆头果的缺陷识别。由图 6 可以看出,在 V 分量中,变色变质缺陷枣与正常枣具有明显不同的灰度特征。

图 6 图 2 的 V 分量图像Figure 6 The V component image of Fig. 2

由式(4)从 R, G, B 通道中计算得到 Y, I, Q 分量。根据这一特征,采用 YIQ 颜色空间的 Q 分量进行破头缺陷识别,由图 7 可以看出,在 Q 分量中,破头果缺陷特征被凸显出来。

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.599 & -0.276 & -0.324 \\ 0.214 & -0.522 & 0.309 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}. \quad (4)$$

图 7 图 2 的 Q 分量图像Figure 7 The Q component image of Fig. 2

2.3.2 缺陷特征识别 对图像进行颜色空间转换后,可以依据缺陷枣区域的灰度变化范围与正常枣的灰度变化范围的差异,采用固定阈值法进行图像阈值分割。由图 8 可以看出,最大的分割阈值应小于 80,分割阈值应选择在 120 左右。

阈值分割后,对每个枣区域进行连通性分析,如果枣表面有缺陷,便得到具有一定面积大小的 Blob 区域,然后根据设定的面积阈值进行缺陷特征识别。图 9 是图 2 的缺陷识别结果。

3 实验验证

为了验证本试验所述方法的普适性,采用本试验所搭建

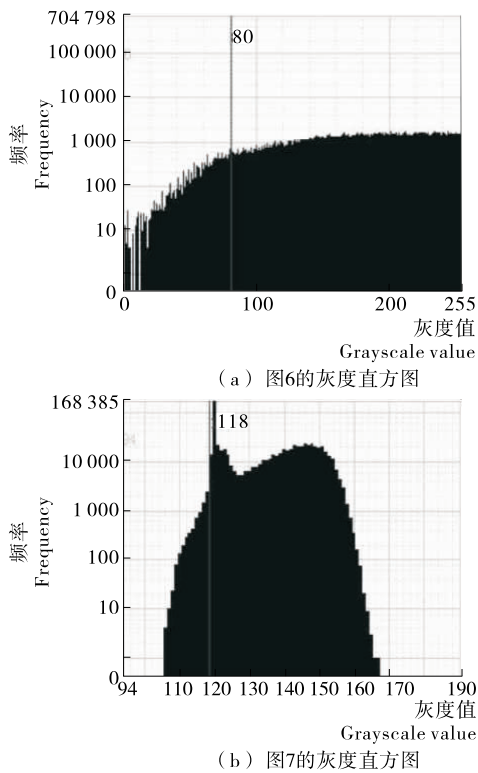


图 8 图 6、7 的灰度直方图

Figure 8 Histogram of Fig. 6 and Fig. 7

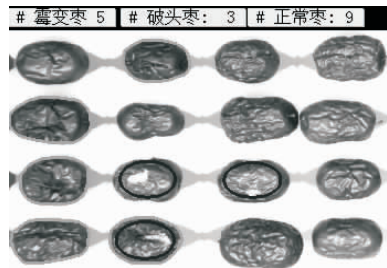


图 9 图 2 的缺陷识别结果

Figure 9 Detecting results of Fig. 2

的机器视觉检测平台对多个新郑灰枣样品进行了实验验证。选取 400 个红枣,其中包括 200 个正常枣,60 个破头类缺陷枣,霉变和虫蛀类缺陷枣 80 个,裂纹类缺陷枣 60 个,检测出破头果 59 个,正确率 98.3%;霉变虫蛀果 74 个,正确率 92.5%;裂纹果 55 个,正确率 91.6%。由于破头果具有较明显的缺陷特征,所以检测准确度较高;部分霉变虫蛀果缺陷部分颜色特征不突出,光照虽然照射均匀但还是会产生一小部分阴影,导致一定程度误判;裂纹果的判定标准也相对模糊,稍微放宽了这类的检测要求,只针对特别明显的裂纹进行筛选。结果表明:基于颜色空间转换和 Blob 分析方法可以满足对各类红枣表面缺陷的检测,准确率在 90% 以上。图 10 是几种典型红枣样品的检测结果。

4 结论

本试验搭建了一个基于机器视觉的红枣表面缺陷在线检测平台,该平台的传输装置是由能自转和公转红枣仿形辊子阵列组成,保证了红枣全表面信息的呈现,平台的传输装

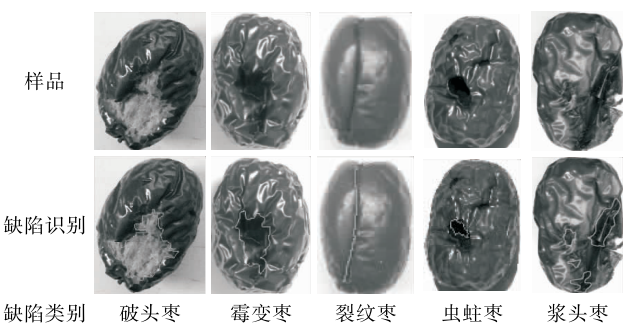


图 10 红枣样品及其检测结果

Figure 10 Jujube samples and detecting results

置、机器视觉系统、控制系统协调工作,实现了红枣全表面信息的自动化在线实时测量。根据红枣及其表面缺陷的特征,提出了采用颜色空间模型和 Blob 分析方法进行红枣与背景的分离,并进行了红枣表面缺陷的识别;所采用的方法可以准确快速地识别出破头果、霉变果、浆头果、虫蛀果等典型的缺陷红枣。通过大量的实验验证,检测结果稳健可靠,准确率可达到 90% 以上。本试验的研究增强了红枣采后的深加工能力,加快了红枣的智能化、产业化发展。

参考文献

[1] 李运志, QIANG Zhang, 陈弘毅, 等. 基于机器视觉的半干枣病害和裂纹识别研究[J]. 农机化研究, 2016, 38(8): 120-125.

[2] 马学武, 何建国. 基于机器视觉红枣无损自动分级设备的研制[J]. 宁夏工程技术, 2008(3): 213-215, 220.

[3] 李景彬, 邓向武, 坎杂, 等. 基于机器视觉的干制红枣大小分级方法研究[J]. 农机化研究, 2014, 36(2): 55-59.

[4] 张萌, 许敏. 红枣表面缺陷快速检测方法研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(7): 331-334.

[5] WU Long-guo, HE Jian-guo, LIU Gui-shan, et al. Detection of common defects on jujube using Vis-NIR and NIR hyperspectral imaging[J]. Postharvest Biology and Technology, 2016, 112: 134-142.

[6] LEE Dah-jye, SCHOENBERGER R, ARCHIBALD J, et al. Development of a machine vision system for automatic date grading using digital reflective near-infrared imaging[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86: 388-398.

[7] WANG J, NAKANO K, OHASHI S, et al. Detection of external insect infestations in jujube fruit using hyperspectral reflectance imaging [J]. Biosystems Engineering, 2011, 108: 345-351.