DOI:10.19789/j.1004-9398.2018.04.008

基于机器视觉的草莓图像处理研究*

苏博妮[1] 化希耀[1,2]
(1. 四川文理学院智能制造学院,四川 达州 635000; 2. 达州智能制造产业技术研究院,四川 达州 635000)

摘 要

基于机器视觉的草莓采摘和分级问题是草莓自动化种植的热点研究问题. 本文从草莓图像的采集、去噪、灰度变换和增强、二值化处理、边缘检测、周长、面积和颜色特征提取等方面开展研究. 实验表明: 选用白色作为草莓图像背景可清晰地分割出草莓果实; 中值滤波算法可较好地去除草莓图像在采集过程中混入的椒盐噪声; 5种经典的边缘检测方法都可清晰、连续地分割出草莓的轮廓线; 采用草莓果实面积、周长和颜色特征来评价草莓的大小和品质等级可作为今后研制草莓自动分级设备的重要依据.

关键词: 图像处理,机器视觉,草莓,特征提取.
中图分类号: S 126

0 引 言

草莓,又名蛇莓,隶属蔷薇科植物,富含氨基酸、果糖、胡萝卜素和维生素等多种营养成分,被誉为"水果皇后"和"神奇之果". 据《本草纲目》记载: "草莓性平,味甘酸,有润肺生津、健脾胃、补血益气、凉血解毒之功效"[1].

中国是草莓种植大国,每年草莓产量为300万吨,是美国的1.5倍. 随着人民生活水平的提高,未来国内草莓的需求量还有很大的提升空间. 近年来,怎样进一步提高草莓种植自动化、智能化,减少农药和化肥使用量,从而提升草莓的品质,成为人们关注的热点. 研究者将机器视觉技术应用到草莓的生产过程中,并取得了较好的效果. 张铁中和陈利兵等[2]利用LRCD方法分割草莓图像,提取草莓图像的几何特征,从而确定草莓的重心和采摘点,为草莓采摘机器人的研制提供了理论基础; 王雪光和陈淑红[3]采用K均值聚类迭代算法在Lab彩色模式下较清晰地分割出成熟草莓; 姚立健等[4]采用SIFT算法提取草莓图像的特征向量,然后用RANSAC和极线约束法对两幅图像进行特征点匹配,最后利用双目视觉原理对图像进行匹配实验,比传统方法匹配精度提高50%; 许丽建[5]提出一种基于颜色差值分类算法的草莓成熟程度检测方法,利用多尺度图像增强处理方法对草莓图像进行增强处理,提高草莓成熟度检测准确率; 王连君和邢宇[6]建立了不同氮肥量供应下草莓冠层图像色彩参数与施氮量、土壤无机氮和植株氮素营养指标之间的关系; 牛冲等[7]运用Matlab、Visual Studio和Open CV等工具,研制了基于SVM的草莓蛇眼病害识别系统,为草莓种植进行病虫害识别和施药提供指导. 综上可见,机器视觉技术具有无接触和在线实时处理等优势,已被广泛地应用在草莓种植各个环节中. 本文从草莓图像的采集、去噪、灰度变换、二值化处理、边缘检测和特征提取等方面开展研究,以期为将来开发草莓采摘和分选机器人提供理论依据.

1 材料及方法

1.1 实验环境及材料

实验对象为成熟草莓若干颗,从达州市磐石镇草莓采摘园采摘. 实验硬件设备为: 1台索尼单反数码相机ILCE-7RM2,像素为4 240万; 1台配置Intel Core i3-2120 3.30 GHz处理器,4G内存的联想品牌计算机; 实验软件环境为Windows 7操作系统和Matlab 2012.

收稿日期: 2017-07-05
* 四川省教育厅资助科研项目(17ZB0373); 四川文理学院智能制造产业技术开发研究专项项目资助(2017ZZ005Y); 四川文理学院智能制造产业技术开发研究专项项目资助(2017ZZ002Z).

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2　草莓图像采集

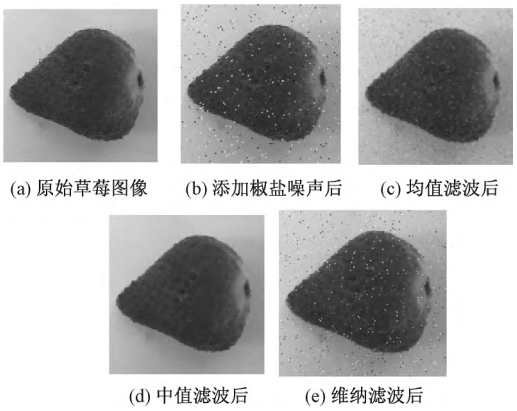
实验图像采集是在自然光照下进行,背景选用白色可方便后期图像分割处理.

1.3　草莓图像处理

草莓图像处理包括去噪、灰度变换、二值化处理、边缘检测和特征提取等.

1.3.1　图像去噪

图像在采集和传输过程中,可能会出现模糊、失真或混入噪声,最终导致图像质量下降. 引起图像模糊的原因有抖动、高斯噪声、斑点噪声或椒盐噪声等[8]. 信号主要分布在图像低频区域,而噪声主要分布在高频区域,滤除信号的高频部分就可以滤除噪声. 但是,图像的细节特征往往也处于高频区域,如何在降低噪声的同时保留图像细节部分成为图像去噪的关键. 典型的去噪方法有均值滤波、中值滤波、维纳滤波等. 本文首先对彩色草莓图像添加方差为 0.02 的椒盐噪声,然后分别采用均值滤波、中值滤波和维纳滤波对三个通道滤波. 从图 1 可以看出,中值滤波的效果最好,对椒盐噪声去除的比较彻底,草莓的纹理细节也最清晰,图像背景噪声也几乎看不出来,因而去噪效果比均值滤波和维纳滤波都好. 均值滤波去噪效果比维纳滤波效果稍好,但均值滤波会使草莓边缘细节模糊. 本文最终采用中值滤波对采集的草莓图像进行滤波去噪.



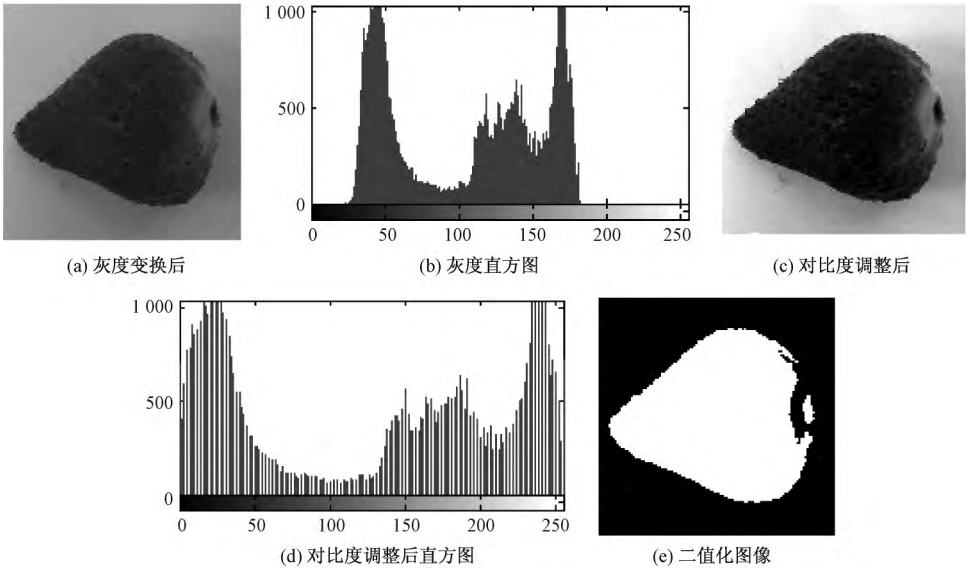
(a) 原始草莓图像　(b) 添加椒盐噪声后　(c) 均值滤波后

(d) 中值滤波后　(e) 维纳滤波后

图 1　草莓图像去噪

1.3.2　图像灰度变换、增强和二值化处理

草莓图像灰度变换可使图像的动态范围扩大、对比度增强和特征更加明显[9-10]. 灰度变换后的草莓图像和其灰度直方图如图 2 所示,从直方图可以看出,灰度草莓图像像素值主要集中在 29 ~ 120 之间,对比度并不明显. 为此需要对图像进行灰度增强. 要提取图像的边缘特征,需要将草莓灰度图像二值化处理. 二值化就是把具有多级灰度的输入图像变换成灰度值只有 0 或 1 两种值的输出图像. 阈值分割是最常用的图像二值化处理方法. 阈值是指在图像分割时,作为区分物体与背景像素的门限. 本实验中经过灰度增强后的草莓图像运用 Otsu 方法自动获取的阈值为 0.38,阈值分割后再对草莓图像值取反,得到最终的黑白图像如图 2 所示.



(a) 灰度变换后　(b) 灰度直方图　(c) 对比度调整后

(d) 对比度调整后直方图　(e) 二值化图像

图 2　草莓图像灰度变换和二值化处理

1.3.3　图像分割、边缘检测

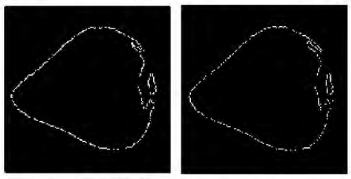
本实验分别采用 sobel 算子、prewitt 算子、canny 算子、roberts 算子和 log 算子对草莓图像进行边缘检测和对比分析[11-13]. 从图 3 所示结果可以看出,

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

5 种处理方法基本都可以检测出草莓的边缘,轮廓清晰,边缘线连续性较好,草莓图像右侧出现不连续线是由于草莓果梗处为白色,在二值化处理时和背景灰度值接近所致. 相对而言,这几种方法在单一背景下边缘检测效果无明显差别.



(a) sobel算子 (b) prewitt算子 (c) canny算子



(d) roberts算子 (e) log算子

图 3 草莓图像边缘检测

1.3.4 特征提取

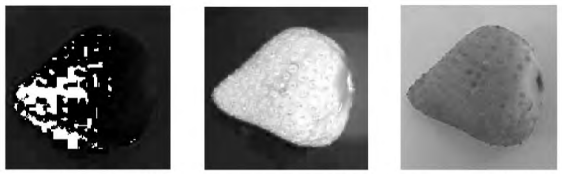
目前,国内草莓分级主要靠人工主观判断,还无相关质量标准可供参考. 根据草莓图像面积来对草莓进行自动分级,具有计算简单、实时性高等特点. 为此,本实验还计算出草莓面积和周长,分别为 26 509 像素和 782.648 8 像素,试验中图像为 256×256 像素,为今后研究和开发草莓自动分级设备提供理论参考. 草莓图像的颜色特征是一种重要的视觉性质,可被用来判断草莓的成熟度和品质检测. RGB 色彩模型是工业界的一种颜色标准,是通过 R、G 和 B 来分别代表红、绿和蓝三个通道的颜色. HSV 模型能较好地反映人们观察事物颜色的视觉特性. 其中 H 为色调,S 为饱和度,V 是亮度. 鉴于 HSV 模型的特点,未来可用此模型作草莓成熟度检测. 本实验将草莓图像的 RGB 模型转换为 HSV 模型,以此来提取草莓图像的颜色特征,其中转换公式如下:

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

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

$$V = \frac{1}{\sqrt{3}}(R+G+B). \tag{3}$$

HSV 空间[14] 图像如图 4 所示.



(a) HSV空间H分量图像 (b) HSV空间S分量图像 (c) HSV空间V分量图像

图 4 草莓图像颜色特征提取

2 结束语

我国是世界上草莓主要生产国之一. 如何提高草莓品质,提升草莓种植的自动化和智能化是研究者们关注的热点问题. 机器视觉技术具有在线、无损和实时性好等优势,已被广泛地应用在草莓生产中的营养元素诊断、成熟度检测和病虫害识别等各个环节. 然而,我们也看到草莓采摘和分级还面临着诸多问题,如草莓分级还要考虑草莓腐烂、破损等因素的影响,草莓采摘还要在复杂背景下完成草莓果实的分割和成熟度的识别. 这些问题还需要进一步探索和研究.

参 考 文 献

[1] 罗学兵,贺良明. 草莓的营养价值与保健功能 [J]. 中国食物与营养,2011,17(4):74-76.

[2] 张铁中,陈利兵,宋健. 草莓采摘机器人的研究:Ⅱ. 基于图像的草莓重心位置和采摘点的确定 [J]. 中国农业大学学报,2005,10(1):48-51.

[3] 王雪光,陈淑红. 基于 K 均值聚类的成熟草莓图像分割算法 [J]. 农机化研究,2013(6):51-54.

[4] 姚立健,倪忠进,周刚,等. 一种草莓图像立体匹配方法 [J]. 湖北农业科学,2015,54(17):4297-4299+4303.

[5] 许丽建. 颜色差值分类算法在草莓成熟程度检测中的应用 [J]. 科技通报,2012,28(10):160-162.

[6] 王连君,邢宇. 数字图像技术在草莓氮素营养诊断中的应用研究 [J]. 华南农业大学学报,2010,31(2):19-21.

[7] 牛冲. 基于图像处理的草莓病害识别方法研究 [D]. 太原:太原理工大学,2016.

[8] 孟大伟. 基于纹理信息的水果图像识别方法仿真研究 [J]. 计算机仿真,2011,28(12):293-295+322.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[9] 谢忠红,郭小清,姬长英. 基于颜色模型和纹理特征的彩色水果图像分割方法 [J]. 计算机工程与科学,2010(1) 64 -66 +100.
[10] 王雅琴,高华. 自然环境下水果图像分割与定位研究 [J]. 计算机工程,2004,30(13):128 -129 +162.
[11] 吕秋霞,张景鸿. 基于神经网络的水果自动分类系统设计 [J]. 安徽农业科学,2009,37(35):17392 -17394 +17439.
[12] 曹乐平. 基于计算机视觉技术的水果分级研究进展 [J]. 农机化研究,2007(11):10 -15.
[13] 赵茂程,侯文军. 我国基于机器视觉的水果自动分级技术及研究进展 [J]. 包装与食品机械,2007,25(5):5 -8.
[14] 白菲,孟超英. 水果自动分级技术的现状与发展 [J]. 食品科学,2005,26(z1):145 -148.

Research of Strawberry Image Processing Based on Machine Vision

Su Boni[1]　Hua Xiyao[1,2]

(1. School of Intelligent Manufacturing, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou Sichuan 635000;
2. Dazhou Industrial Technology Institute of Intelligent Manufacturing, Dazhou Sichuan 635000)

Abstract

Strawberry picking and grading based on machine vision was a hot issue in strawberry automatic planting. In this study, strawberry image acquisition, noise reduction, gray level transformation and enhancement, two value processing, edge detection, perimeter, area and color feature extraction were studied. It was showed that using white as background, strawberry fruit can be clearly separated, and median filtering algorithm can be better to remove the salt and pepper noise mixed in strawberry image acquisition process. The strawberry contour can be segmented clearly by five classic kinds of edge detection algorithms. The area, perimeter and color characteristics of strawberry were used to evaluate the size and quality grade of strawberry, which can be used as an important basis for the development of automatic strawberry grading equipment.

Key words: image processing, machine vision, strawberry, feature extraction.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net