

周洪刚,康 敏. 基于机器视觉的成熟柑橘自动识别研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(6):380-381.

# 基于机器视觉的成熟柑橘自动识别研究

周洪刚,康 敏

(南京农业大学工学院,江苏南京 210031)

**摘要:**针对自然生长状态下成熟柑橘图像的识别问题,采用  $2R-G-B$  色差分量,通过 Otsu 自适应阈值算法进行图像分割,用面积阈值的方法消除噪声来获取成熟柑橘图像的目标区域,然后利用最小二乘法拟合出目标区域的质心及半径等特征参数。结果显示,识别正确率在 90% 以上。

**关键词:**机器视觉;成熟柑橘;图像识别;最小二乘法;Hough 变换

**中图分类号:** TP391. 41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0380-02

利用机器视觉技术将自然生长状态下的成熟柑橘从复杂背景中自动识别出来,是柑橘采摘机器人视觉系统实现目标空间定位以及机械手协调操作的基础和关键技术<sup>[1]</sup>。在机器人视觉方面,国内外已做了大量的研究工作,但是由于田间或果园作业环境较复杂,使得采集的图像含有大量的背景噪声或干扰,造成目标信息判别速度较慢,识别的准确率不高<sup>[2-6]</sup>。因此,目前果实收获机器人的研究大都还停留在理论或试验阶段,没有真正实现商业化<sup>[7]</sup>,如何很好地解决被遮挡果实的识别问题是农业机器人发展必须解决的问题之一。本研究采用 RGB 颜色系统中  $2R-G-B$  色差的 Otsu 自适应阈值分割法和最小二乘法方法进行目标区域的识别,并进行试验验证,取得了较好的效果。

## 1 计算机视觉系统与成熟目标区域的获取

### 1.1 计算机视觉系统

计算机视觉系统包括图像采集、图像处理 2 个部分。用 CCD 摄像机在果园拍摄柑橘图像,由于摄像机与装有图像采集卡的计算机相连接,通过动态库函数即可把图像直接传送到计算机内。图像采集时间 08:00—16:00,晴天或多云,拍摄角度为背光和向光。柑橘成熟时的颜色为橙黄色,共采集各种条件下柑橘图像 50 幅。

### 1.2 成熟目标区域的获取

成熟柑橘、树叶、树枝的颜色信息不同,通过颜色阈值进行分割可以得到目标图像。将分割后的彩色图像转换为二值图像,经过形态运算消除小点噪声,通过区域标记,根据区域面积和形态去除面积较大的误分割区域,然后进行区域填充、轮廓提取,并采用最小二乘法拟合出成熟果实的圆心坐标、半径等特征值。整个程序执行流程如图 1 所示。

**1.2.1 图像的分割** Otsu 最大类间方差法是一种性能良好的自动阈值分割方法<sup>[8]</sup>。通过计算图像中目标类和背景类

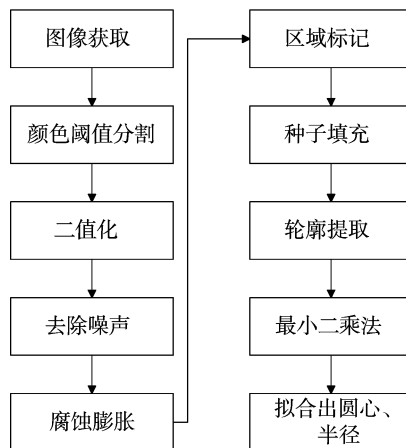


图1 柑橘的识别流程

的最小类内方差、最大类间方差求自动阈值,由成熟柑橘图像的  $(2R-G-B)$  色差图像的灰度分布可知灰度分布基本呈双峰分布,如图 2 所示。这种灰度分布特点非常适合用 Otsu 法进行分割处理的要求。因此,本研究采用 Otsu 最大类间方差法分割图像。

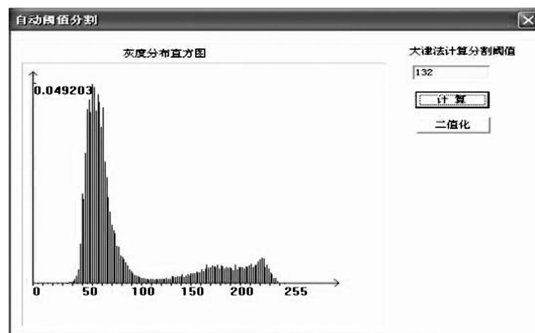


图2 灰度分布直方图示

**1.2.2 噪声的消除** 从图 3 可以看出,图像分割的整体效果比较好,整个柑橘果实基本上被分离出来了,但仍有许多像素被误判。这些被误判的像素可分为 2 类:一类是成熟柑橘由于光照反射等原因被误判为背景区域;另一类是背景区域被误判为目标区域。解决这 2 类问题的步骤如下:第一步,处在目标内部的一些小团块大多形成多个单连通区,且噪声区域的面积和柑橘果实的面积相比非常小。可根据这一特点,以

收稿日期:2012-11-07

基金项目:国家大学生创新试验项目(编号 121030780)。

作者简介:周洪刚(1990—),男,江苏南京人,主要从事数字图像处理与串口通信方面的研究。E-mail:zhg\_njau@163.com。

通信作者:康 敏,教授,博士生导师,从事 CAD/CAM 在特种加工中的应用以及机器视觉方面的研究。E-mail:kangmin@njau.edu.cn。

像素为单位计算所有单连通区的面积,然后设定一个面积阈值,当单连通区的面积小于这个阈值时,被判为噪声将其去除,反之则认为是原图中的背景予以保留。第二步,在区域内测试某一点的像素值,看其是否具有原始给定的值,也就是决定该点是否在区域内未被填充过。如果是,则改变其颜色值,然后再在其 4 个方向上扩展,继续测试,实现四连通式的区域填充。

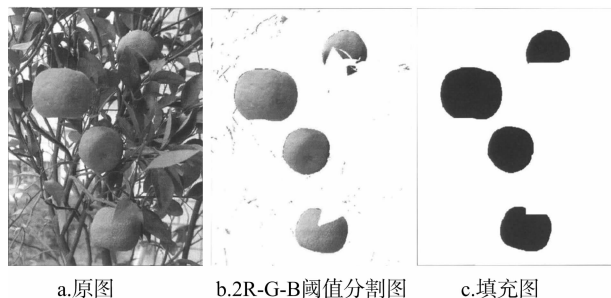


图3 图像的分割和降噪

**1.2.3 特征值的提取** 通常情况下,柑橘外形近似于球形,在二维平面中近似于圆形,通过图像边缘检测后得到的柑橘目标区域轮廓也与圆形较接近,估计目标区域的轮廓形状是后续空间定位的基础。

最小二乘法法和 Hough 变换都能较好地拟合柑橘轮廓,但两者所用时间差异较大,最小二乘法拟合时间约 0.006 3 s,而 Hough 变换拟合时间约为 1.55 s,由于采摘机器人视觉系统对实时性有较高的要求,所以采用拟合速度较快的最小二乘法拟合柑橘圆轮廓。直角坐标系中圆的方程可以表示为:  $x^2 = 2Ax + A^2 + y^2 - 2By + B^2 = R^2$ , 设  $a = -2A, b = -2B, c = A^2 + B^2 - R^2, x^2 + y^2 + ax + by + c = 0$ , 只要求得参数  $a, b, c$ , 就可求得圆心  $(X_i, Y_i)$ 、半径  $(R)$  参数, 即  $A = -a/2, B = -b/2, R = \frac{1}{2}\sqrt{a^2 + b^2 - 4c}$ , 样本集  $(X_i, Y_i)$  (其中  $i \in 1, 2, 3, \dots, n$ ) 中各个点到圆心的距离为:  $d_i^2 = (X_i - A)^2 + (Y_i - B)^2$ ; 点  $(X_i, Y_i)$  到圆边缘的距离的平方与半径平方的差为:  $\delta_i = d_i^2 - R^2 = (X_i - A)^2 + (Y_i - B)^2 - R^2 + X_i^2 + Y_i^2 + aX_i + bY_i + c$ ;  $Q(a, b, c) = \sum_{i=1}^n \delta_i^2 = \sum_{i=1}^n [(X_i^2 + Y_i^2 + aX_i + bY_i + c)]^2$ , 求参数使得  $Q(a, b, c)$  的值为最小值。  $Q(a, b, c) \geq 0$ , 故函数极小值大于或等于 0, 极大值为无穷大;  $Q(a, b, c)$  对  $a, b, c$  求偏导数且令其为 0:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q(a, b, c)}{\partial a} = \sum_{i=1}^n 2(X_i^2 + Y_i^2 + aX_i + bY_i + c)X_i = 0 \\ \frac{\partial Q(a, b, c)}{\partial b} = \sum_{i=1}^n 2(X_i^2 + Y_i^2 + aX_i + bY_i + c)Y_i = 0 \\ \frac{\partial Q(a, b, c)}{\partial c} = \sum_{i=1}^n 2(X_i^2 + Y_i^2 + aX_i + bY_i + c) = 0 \end{cases}$$

将上述三式联立方程组求解  $a, b, c$ , 完成柑橘圆形轮廓形状和半径参数的拟合。柑橘轮廓曲线进行拟合圆试验如图 4 所示。

从图 4 中可以看出,即使柑橘存在轻微的遮挡,也能够准确的识别出其周长、半径等特征信息。

## 2 结果与分析

50 幅图像中总共有 129 个柑橘,其中没有遮挡的柑橘有

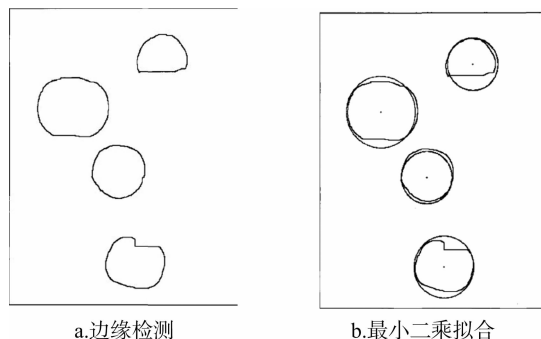


图4 图像的特征值提取

81 个,正确识别的有 76 个,正确识别率为 93.8%;部分遮挡的柑橘有 48 个,正确识别 41 个,正确识别率为 85.4%。说明本研究所用方法识别率高,当果实区域存在遮挡或重叠时,识别率仍然达到了 85.4%。错误识别的原因可能包括:(1)成熟度不够、反光等因素导致识别出的目标残缺部分较多,使算法无法识别完整果实。(2)遮挡、重叠过大或者存在多个柑橘重叠,使目标区域较小,经去噪算法操作后,误当成噪声去除。(3)当果实区域残缺大于 1/2 或果实发生较大变形等形状与圆形相差较大时,导致提取的轮廓不规则,准确率会明显下降。

## 3 结论

鉴于自然环境下生长成熟柑橘受光照影响大的特点,设计并开发了基于 VC++6.0 平台成熟柑橘识别软件。采用 2R-G-B 色差分量,通过 Ostu 阈值的分割算法能较好地适应户外光线变化,对较复杂场景下成熟柑橘识别率较高。采用最小二乘拟合法提取目标区域的特征参数可以解决目标区域部分遮挡和重叠的识别问题,并且拟合速度得到明显的提高。本研究对柑橘采摘机器人视觉识别方面进行了深入的研究,这对于提高采摘机器人的采摘速度和精确度顺利完成采摘任务,起到了非常重要的作用。

## 参考文献:

- [1] 赵金英,张铁中,杨 丽. 西红柿采摘机器人视觉系统的目标提取[J]. 农业机械学报,2006,37(10):200-203.
- [2] 牛希泉,梁艳梅. 自然场景下成熟苹果彩色图像分割方法的研究[J]. 光电子:激光,2007,18(12):1453-1456.
- [3] 蔡健荣,周小军,李玉良,等. 基于机器视觉自然场景下成熟柑橘识别[J]. 农业工程学报,2008,24(1):175-178.
- [4] 汤修映,张铁中. 果蔬收获机器人研究综述[J]. 机器人,2005,27(1):90-96.
- [5] Slaught D C, Harrell R C. Discriminating fruit for robotic harvest using color in natural outdoor scenes[J]. Transactions of the ASAE, 1989,32(2):757-763.
- [6] 蔡健荣,赵杰文. 自然场景下成熟水果的计算机视觉识别[J]. 农业机械学报,2005,36(2):61-64.
- [7] 蒋焕煜,彭永石,申 川,等. 基于双目立体视觉技术的成熟番茄识别与定位[J]. 农业工程学报,2008,24(8):279-283.
- [8] 日本农山渔村文化协会. 蔬菜生物生理学基础[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1985.