

基于OHTA 颜色空间的瓜果轮廓提取方法*

郭峰 曹其新 谢国俊 周金良

【摘要】 提出了一种对彩色水果图像进行果实轮廓提取的算法。首先将图像转换为OHTA 颜色空间中的灰度图像,用阈值法实现了图像分割;然后用BLOB 算法滤去图像中的噪声;最后用插值的方法得到平滑的轮廓曲线。利用开发的智能瓜果精选分级试验样机,按照大小对温室西红柿进行分类,对算法的精度和实时性进行检验,结果表明算法的精度可达98%,分选速度达到3个/s,达到了实用化的目标。

关键词: 水果分级 机器视觉 轮廓提取

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

OHTA Color Space Based Method for Fruit Contour Detection

Guo Feng Cao Qixin Xie Guojun Zhou Jinliang

(Shanghai Jiao Tong University)

Abstract

An algorithm to realize fruit contour detection in color image is presented in this paper. At first, a color image is transformed into a grey-level image in OHTA color space, and segmented by constant threshold value; then the BLOB algorithm is utilized to erase noises in the image; a spline interpolation based algorithm is adopted to get smooth fruit contour at last. To test the speed and accuracy of algorithm, 50 green-house tomatoes were classified according to size in the exploited intelligent fruit sorting experimental prototype. The experimental result shows that the accuracy of the algorithm is higher than 98%, its calculation speed is 3 samples per second, which satisfies practical requirements.

Key words Fruit sorting, Machine vision, Contour detection

引言

实时瓜果分拣系统对果实轮廓提取算法有较高的要求:首先,提取算法的速度要快。目前对农产品无损检测速度要求是4~5个/s,即从果实图像采集到给出等级判别结果的时间一般为200~250ms,这就将轮廓提取算法的运算时间限制在100ms左右。其次,轮廓提取算法的可靠性要高。在分选流水线上拍摄到的瓜果图像背景更为复杂,而且由于受到运动和噪声的影响,图像质量有所下降,要求算法在该环境下仍能保持一定精度。最后,由于处理对象是水

果的彩色图像,需要充分利用彩色图像处理的特点,通过不同颜色空间转换来达到目的。为此本文提出基于OHTA 颜色空间的水果轮廓提取方法。

1 基于OHTA 颜色空间的彩色图像分割法

选择合适的彩色空间对于彩色图像分割有重要意义。本文采用的OHTA 颜色空间是Ohta 在经验总结的基础上,对8幅不同彩色图像进行试验,归纳得出的一组正交颜色特征集 $\{I_1, I_2, I_3\}$ ^[1]。和传统的HIS、HSV 颜色空间相比,OHTA 颜色空间与RGB 颜色空间的换算关系是线性的,在使用时不会出现

收稿日期:2004-08-03

* 上海市科技兴农重点攻关项目(项目编号:农科攻字(2001)第2-1号)

郭峰 上海交通大学机器人研究所 博士生,200030 上海市

曹其新 上海交通大学机器人研究所 博士生导师 教授

谢国俊 上海交通大学机器人研究所 博士生

周金良 上海交通大学机器人研究所 硕士生

非线性颜色空间(如HIS、HSV等)与RGB颜色空间转换时出现的色彩奇异性问题;而且计算简单。因此在彩色图像分割中得到广泛的应用。

OHTA颜色空间有两种表达方法,其与RGB颜色空间的转换公式为

$$\begin{cases} I_1 = (R + G + B) / 3 \\ I_2 = (R - B) / 2 \\ I_3 = (2G - R - B) / 4 \end{cases} \quad (1)$$

式中 I_1, I_2, I_3 ——OHTA颜色空间的正交特征

R, G, B ——传统的RGB颜色特征

$$\begin{cases} I_2 = R - B \\ I_3 = (2G - R - B) / 2 \end{cases} \quad (2)$$

式中 I_2, I_3 ——OHTA颜色空间的正交特征的另一表示

R, G, B ——传统的RGB颜色特征

利用式(1)、(2)将RGB彩色图像转换为OHTA颜色空间内各个颜色特征的灰度图像,采用单一阈值的图像分割算法对其性能进行了检验,试验结果表明OHTA颜色空间中的 I_2 特征最适合进行瓜果图像分割。分割效果如图1所示。

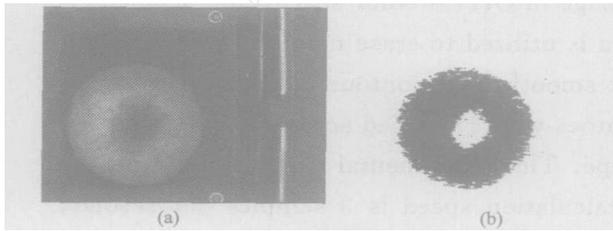


图1 分割算法结果

Fig 1 Image segmentation result

(a) 原始图像 (b) 采用阈值分割后的结果

2 基于BLOB的降噪算法

果实分级流水线上采集到的图像不可避免存在一定程度的噪声,对后续轮廓提取算法的精度造成了严重影响。采用传统中值滤波等降低噪声的方法效率较低,需要对图像进行多次滤波才有可能使图像质量满足要求,严重降低了分割算法的速度。

从分割后产生的二值图像中可以看出,果实和图像噪声之间在图形尺寸上存在较大差异,可充分利用这一条件,采用BLOB算法滤去图像中噪声。BLOB是指具有相似图像特征(如颜色、纹理等),而且在空间上是连通的像素组成的块。在图像理解时可以首先对图像进行分割(二值化),得到若干个互不相交的封闭区域,然后再对其进行处理。采用BLOB滤去噪声的步骤如下:根据分割算法的结果将图像二值化。对二值化图像进行一次遍历,生成一个动态链表来记录图像中各个BLOB的大小

位置等几何信息。在链表中查找尺寸最大的BLOB,如果其尺寸超过设定的阈值,则被认为是果实;否则认为图像中没有果实存在。

BLOB算法降噪的结果如图2所示。由于这种滤去噪声的方法充分利用了检测对象的已有知识,能够有效地去掉图像中噪声;只需对图像进行一次遍历即可完成操作,提高了算法的处理速度,满足瓜果实时分选的需要。

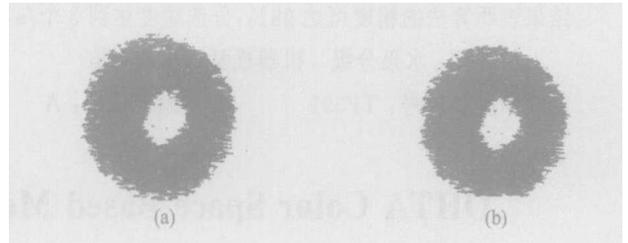


图2 BLOB算法降噪结果

Fig 2 Result of BLOB algorithm

(a) 含有噪声的图像 (b) BLOB算法滤去噪声的结果

3 基于Spline插值的轮廓生成算法

提取到准确的果实轮廓是瓜果分级的前提,由于果实表面比较平滑,没有明显的直线、尖角等特征元素,因此果实的几何特征只能通过它在图像中的边界轮廓表现出来。要实现果实外形和大小的检验,首先需要得到果实外部轮廓上各点的精确坐标,然后进行量化计算得到圆度、曲率等形状描述算子,作为对果实进行外形质量分选的依据。

图3比较了采用经典Candy算子进行轮廓提取与采用本文的算法进行轮廓提取的效果。从提取效果可以看出,由于果实边缘存在很多毛刺,采用经典边缘检测算子不能提取出平滑的轮廓曲线,需要添加后续处理算法,降低了程序执行速度。为此采用基于插值的轮廓提取算法,具体步骤如下:

(1) 在分割图像上求得果实BLOB的形心坐标

$$\begin{cases} x_0 = \frac{\int x f(x, y) dx dy}{\int f(x, y) dx dy} \\ y_0 = \frac{\int y f(x, y) dx dy}{\int f(x, y) dx dy} \end{cases} \quad (3)$$

(2) 在分割图像的边缘上每隔15确定一个点,一共确定24个边界轮廓点。

(3) 以形心为坐标原点,将得到的几何坐标转变为极坐标,利用得到的24个样本点 $[(R_1, \theta_1), (R_2, \theta_2), \dots, (R_{24}, \theta_{24})]$ 进行插值运算,得到曲线轮廓描述函数 $R = f(\theta), \theta \in [0, 360]$ 。

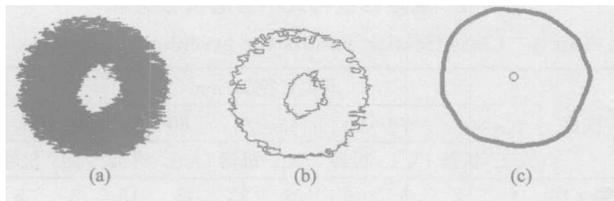


图3 不同的果实轮廓提取方法的比较

Fig 3 Comparison between different fruit contour detection algorithm

- (a) 原始图像 (b) Candy 算子获得的果实轮廓
- (c) 本文采用的方法获得的果实轮廓

(4) 利用形心坐标和轮廓描述函数重新构造果实轮廓曲线。

试验证明, 这种方法运算速度快, 满足实时分选的需要; 提取到的边缘十分平滑(如图4所示), 虽然存在一定的误差, 但能够对果实的外形特征进行定量的描述, 提高了后续分选算法的精度。

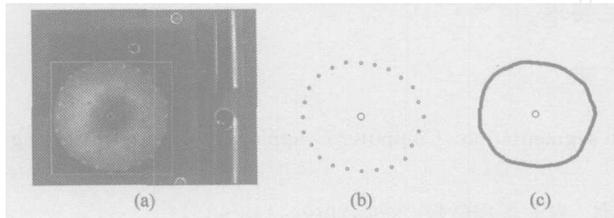


图4 插值算法过程和果实轮廓提取结果

Fig 4 A lgorithm process and fruit contour detection result

- (a) 原始图像 (b) 找到的24个轮廓点
- (c) 插值算法生成的曲线

4 瓜果图像分割试验

4.1 试验装置

图5为智能瓜果精选分级系统的结构示意图, 该系统可以检测多种圆形瓜果(主要是苹果、温室西红柿和温室甜椒), 能够自动完成瓜果上料、传送、分级、下料的整个过程。系统由果实传送分级机构、视觉检测系统、电气控制系统和智能软件系统4部分组成。果实采用链传动方式, 用于装载瓜果的托盘等间距安装在链条上, 电机带动整条流水线运动。用托盘装载瓜果, 使果实传送过程中姿态保持不变, 并且避免了传送机构对果实造成的损伤, 实现了真正意义上的“无损”检测。

彩色瓜果图像分割试验采用的光照系统如图6所示。光源采用18W环形日光灯管, 灯箱底部及四周封闭, 前后两侧开有半圆形孔用于果实进出, 上方罩有磨砂玻璃板, 使日光灯发出的光线经过漫反射照到光照箱顶部, 再经过箱体顶部的反射使光照箱内部光强分布均匀, 以最大限度地消除由光源引起

的瓜果表面反光现象。

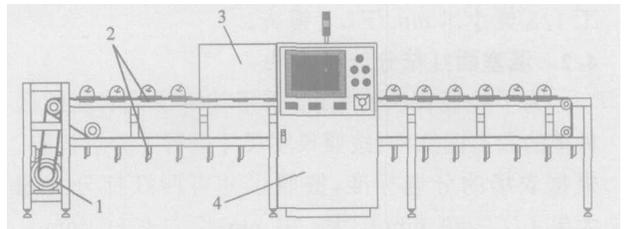


图5 智能瓜果精选分级系统示意图

Fig 5 Sketch of intelligent fruit sorting system
1. 无级调速电动机 2. 瓜果托盘 3. 光照箱 4. 控制柜

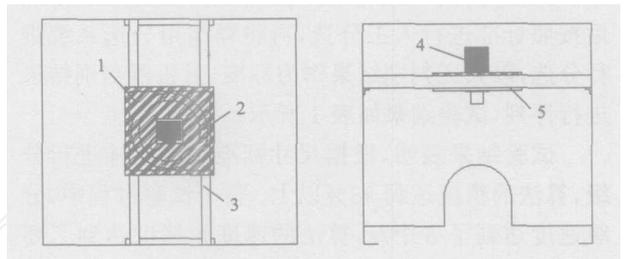


图6 光源结构示意图

Fig 6 Diagrammatic sketch of lighting box

- 1. 磨砂玻璃板 2. 环形日光灯管 3. 光源支架
- 4. 顶部摄像机 5. 底板

图7为全方位高速瓜果图像采集系统结构示意图, 它由光学成像系统、光纤传感器和用作图像采集和处理的工控机3部分组成^[2]。

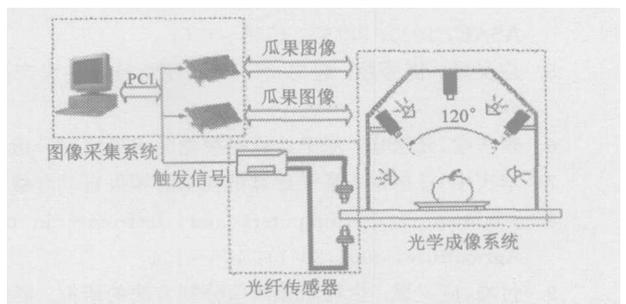


图7 全方位果实图像采集系统结构示意图

Fig 7 Block diagram of multi directional imaging system

为了尽可能获得完整的果实信息, 采用3个CCD摄像机组成全方位果实图像采集系统。2个CCD摄像机分别安装在被测水果左右上方, 相互之间呈120°夹角; 另一个摄像机(称为主摄像机)垂直布置在托盘上方。3个摄像机采集的图像区域有一定重叠, 以保证不会遗漏果实表面信息。摄像机和果实表面保持15~20cm间隔, 以避免采到的信号失真, 果实图像变形。通过对采集的3幅果实图像进行融合, 提取出果实大小、颜色和形状的特征信息。

左右两侧摄像机选用了View se公司的VC-823D彩色1/3 CCD摄像机, 分辨率为756×568像素, 采用日本精工1/3英寸、4mm/F1.2镜头; 主摄像机选用了YHDO公司的YH-9616彩色1/3 CCD

摄像机,分辨率为 512×582 像素,采用日本精工1/3英寸、6 mm/F1.2镜头。

4.2 温室西红柿分选和结果

为了验证算法的精度,采用孙桥现代农业园区种植的温室西红柿,按照果实尺寸进行了分选试验。根据农场的分选标准,按照尺寸将西红柿分为超大果($D \geq 80$ mm)、大($70 \text{ mm} < D < 80$ mm)、中($65 \text{ mm} < D < 70$ mm)、小($60 \text{ mm} < D < 65$ mm)、超小($D < 60$ mm)5个等级。

试验时,由工人现场采集50个西红柿样本,然后按照标准进行人工分选,再将样本用分选系统进行分选,以人工判别结果作为标准,对机器判别结果进行评判,试验结果如表1所示。

试验结果表明,根据尺寸标准对西红柿进行分级,算法的精度达到98%以上。整个试验过程中,分级速度达到了3个/s,算法的速度和精度达到了要求。

表1 温室西红柿大小分选试验结果

Tab 1 Classification results for greenhouse tomatoes

次序	果实直径 D /mm									
	80		70~80		65~70		60~65		<60	
	人工	机器	人工	机器	人工	机器	人工	机器	人工	机器
第1次	1	1	6	6	23	23	15	15	5	5
第2次	1	1	6	6	23	23	15	15	5	5
第3次	1	1	6	6	23	24	15	14	5	5

5 结束语

提出了一种提取彩色图像中水果轮廓的方法。首先利用简单的阈值分割方法在OHTA颜色空间中实现了图像分割,然后用BLOB方法滤掉了图像中的噪声,最后用插值的方法获得了光滑的水果轮廓。为了验证算法的精度和实时性,以温室西红柿为试验对象,在开发的智能瓜果分级试验样机上按照尺寸标准进行了分选试验,算法的实时性和精度满足要求。

参 考 文 献

- Ohta Yu-Ichi, Kanade Takeo. Color information for region segmentation. *Computer Graphics and Image Processing*, 1980, 13(3): 222~ 241
- 郭峰,曹其新,朱伟华. 全方位高速瓜果图像采集系统的研究. *农业工程学报*, 2004, 20(2): 148~ 151
- 陶霖密,徐光耀. 机器视觉中的颜色问题及应用. *科学通报*, 2001, 46(3): 178~ 190
- Tao Y, Heinenann P, Verghese Z, et al. Machine vision for color inspection of potatoes and apples. *Trans of the ASAE*, 1995, 38(5): 1555~ 1561
- 应义斌,饶秀勤,赵匀等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用研究进展. *农业工程学报*, 2000, 16(3): 4~ 8
- 李庆中,汪懋华. 基于计算机视觉的水果实时分级技术发展展望. *农业机械学报*, 1999, 30(6): 1~ 7
- 李庆中,汪懋华. 基于计算机视觉的苹果自动分级系统硬件开发. *农业机械学报*, 2000, 31(2): 56~ 59
- Studnan C J. Computers and electronics in postharvest technology—a review. *Computer and Electronics in Agriculture*, 2001, 30(1): 109~ 124
- 付峰,应义斌. 生物图像阈值分割方法的研究. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2003, 29(1): 108~ 112
- 应义斌. 水果图像的背景分割和边缘检测技术研究. *浙江大学学报(农业与生命科学版)*, 2000, 26(1): 35~ 38
- 曹其新,刘成良. 基于彩色图像处理的西红柿品质特征的提取研究. *机器人*, 2001, 23(7): 652~ 656
- 曹其新,吕恬生. 日本蔬菜和水果拣选机器人的发展状况. *机械设计与研究*, 1998(4): 9~ 12
- 章毓晋. 图像分割. 北京: 科学出版社, 2001.
- Sonka Milan, Hlavac Vaclav. 图像处理、分析与机器视觉(第二版). 北京: 人民邮电出版社, 2002
- 朱伟华. 智能瓜果精选分级系统关键技术研究: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2003
- Guo Feng, Cao Qixin. Study on color image processing based intelligent fruit sorting system. *Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation*. Hangzhou, China, 2004