

计算机视觉技术在芒果重量及果面坏损检测中的应用

王江枫 罗锡文 洪添胜 戈振扬

(华南农业大学)

摘要 探讨了应用计算机视觉技术进行芒果重量及果面坏损检测的方法,分析了确定所需图像区域的算法,建立了芒果重量与其投影图像的相互关系。实验证明,这一方法对桂香芒、紫花芒检测的果重分级准确率分别达96%、92%,果面坏损分级准确率分别为76%、80%。

关键词 芒果分级 计算机视觉 芒果重量 果面坏损

水果的分级一般以形状、大小、色泽、果面坏损及果肉坚实度等为指标,不同的水果具有不同的特征,可以选取其中的某些指标进行分级^[1]。根据芒果的果形及果面较光滑的特点,选择重量和果面坏损进行芒果的分级。然而,重量是力学参数,果面坏损是几何参数,要对此两者检测,按照传统的方法,就需要采用力学和几何两种测量系统,这势必使测量装置和方法变得较复杂。为实现芒果的快速和准确分级,本文探讨了应用计算机视觉技术同时对芒果进行重量和果面坏损检测的方法。

1 芒果的光反射特性及计算机视觉系统的组成

芒果的光反射特性是芒果成像的关键,为了研究芒果的反射特性,采用分光光学辐射度仪对几个品种的芒果进行了反射强度测试。由测试结果可知,不同品种的芒果光反射强度随照射波长的变化趋势基本一致,都在600~660nm波段内取得最大反射强度,且非损部分比坏损部分(如因碰压伤、病变或腐烂坏损等原因在果面上形成的变色区域)有较大反射强度,因此可在此波段内进行芒果的重量及果面坏损检测。

在本研究中,芒果检测所采用的计算机视觉系统的组成如图1所示,其中滤波片的中心波长为630nm,带宽为20nm。该系统可完成芒果分级检测所需的图像获取、图像处理及图像识别等操作。

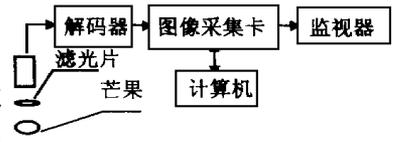


图1 芒果检测的计算机视觉系统
Fig 1 Computer vision system for mango detecting

收稿日期: 1997-07-07 1998-05-30 修订

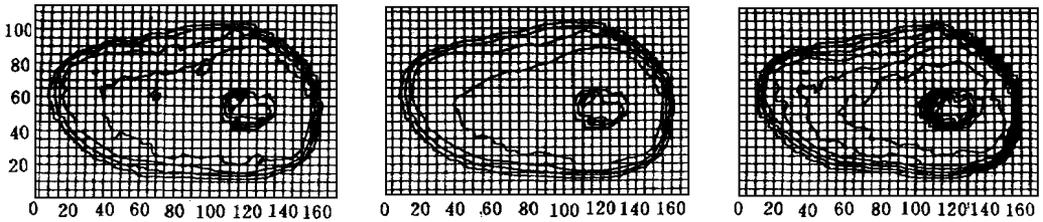
王江枫, 硕士, 广州市天河区五山 华南农业大学工程技术学院, 510642

2 图像的获取及低层处理

用 CCD 摄像机获取单个芒果自然放置的图像 $f_1(x, y)$, 用于重量检测。再移动芒果使其坏损部位正对镜头, 获得坏损图像 $f_2(x, y)$, 用于果面坏损检测。为了提高图像处理速度, 在满足检测精度要求下, 获取的 $f_1(x, y)$ 及 $f_2(x, y)$ 均为两倍放大模式图像, 即每幅图像大小从 512×512 变为 256×256 。在利用所摄取的图像进行重量和坏损区域识别分析之前, 还需对其作必要的平滑、开窗和增强等低层处理。比较局部平均、中值滤波、二值化加权平均及选择性局部平均 4 种方法对芒果图像进行平滑处理的效果, 发现二值化加权平均法平滑效果较好。其算法为^[2]

$$g(x, y) = \sum_{(i, j) \in S} W(i, j)g^{(0)}(i, j)$$

其中 (x, y) 是邻域 S 内的中心像素, $g^{(0)}(x, y) = f(x, y) + n(x, y)$ 代表有噪图像, $W(i, j)$ 代表权值, 取 0 或 1。设平滑窗口中心像素 (x, y) 的灰度级为 r , 周围 8 个邻点的灰度级均值为 m , 标准差为 σ , 则 $\alpha|r - m| < \sigma$ 时, 用 4 个与 (x, y) 点灰度级最接近的邻点求平均; 否则, 用全部 8 个点求平均。实验表明, 对于芒果图像, $\alpha = 2.5 \sim 3$ 效果较好。图 2(a) 为芒果原图像等灰度分布, 图 2(b) 为经二值化加权平滑处理后的等灰度分布。可见, 平滑后噪声基本被消除。



(a) 芒果原图像的等灰度分布 (b) 经二值化加权平滑处理后的等灰度分布 (c) 增强后图像的等灰度分布

图 2 芒果图像处理前后的等灰度分布

Fig 2 Contrast before and after image processing

为减少后续图像处理量, 对平滑后图像再作缩小窗口处理。采用自调整阈值法、峰频值法和判别分析法对图像所作的开窗实验表明, 峰频值法不仅能有效地确定阈值, 处理速度较快, 而且在光照强度变化较大时, 仍能正常运作。用峰频值法确定域值后, 还须确定新的处理窗口。为给后续处理留有余地, 避免目标信息丢失, 新窗口应比原图像上下、左右四个方向最外侧点各多 10 个步长。对芒果图像的增强, 目的是为了扩大坏损区与非坏损区之间的灰度差值。为此, 应用点处理增强中的线性灰度变换和等比灰度变换两种方法, 对经平滑开窗后的芒果图像进行增强试验, 从增强效果及便于动态处理两方面考虑, 选择线性灰度变换法对芒果进行图像增强, 其算法为

$$g(x, y) = \begin{cases} [(n - m)/(b - a)][f(x, y) - a] + m & a \leq f(x, y) \leq b \\ m & f(x, y) < a \\ n & f(x, y) > b \end{cases}$$

式中 $f(x, y), g(x, y)$ ——增强前后像素 (x, y) 的灰度; $[a, b], [m, n]$ ——增强前后灰度范围, 均为常数。图 2(c) 所示为增强后的图像等灰度分布, 与图 2(a) 比较可见, 整果和坏损区

域的边缘等灰度曲线变密,说明灰度梯度变化比原来剧烈。

3 芒果图像整果及果面坏损区域的确定

为确定芒果整果及果面坏损区域,首先应将包围区域的边缘检测出来。为此,选用梯度算子、Roberts 梯度差分算法、最大差分算子、Rosenfeld 非线性门式算子、Kirsch 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子、平移差分法、Laplacian 算子和反锐化掩模法共 10 种方法对低层处理的芒果图像进行边缘检测试验。结果表明, Kirsch 算子及以 Kirsch 算子为正象的反锐化掩模法效果较好,能检测出完整清晰的整果及坏损区域边缘。

为获得准确的整果及果面坏损目标区域,根据点处理图像阈值化原理,采用一种“泼水法”的方法,其处理过程是:取阈值 T ,在所关心的 Kirsch 界定域外择一种子点 $f_0(i, j)$ 作为中心,逆时针扩散搜索该点周围 8 个方向: $\{f_1(i, j+1), f_2(i-1, j+1), \dots, f_8(i+1, j+1)\}$,若下式 $|f_k - f_0| > T$ ($k=1, 2, \dots, 8$) 成立,则 f_k 点标记为边缘点;反之, f_k 为非边缘点,记为新种子点送入种子队列,作为新扩散中心。置 $f_0(i, j) = 0$ 。在种子队列中取另一种子点,重复上述处理,直至种子队列为空。在采用此法时应注意两点:一是应避免再次搜索种子点及边缘点;二是 Kirsch 界定边缘模糊时,需增大搜索步长。

经“泼水”处理后,理论上就可以求知目标区域了,但实际上,由于少量域外噪声的影响,可能会有非目标域外小域存在,为此可用面积阈值法进行除噪,消除小域。

综上所述,用“泼水法”从获取的图像中求取整果及坏损目标区域大小的步骤可表示为如图 2 所示的过程:

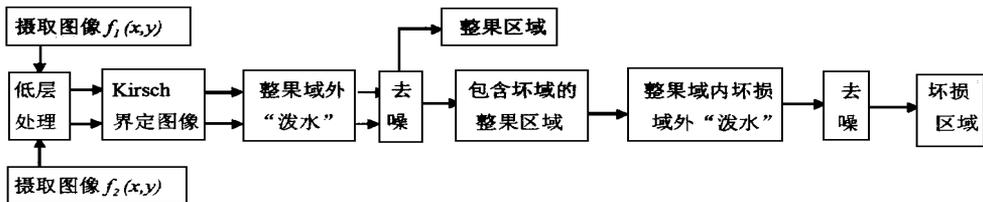


图 2 用“泼水法”确定目标区域流程图

Fig. 2 Flow chart of applying watering technique to determine target area

利用图 2 所示的步骤通过对芒果进行的一系列处理试验,使所需的整果和坏损区域被清晰地提取出来。

4 果重及果面质量检测

鉴于我国目前尚无芒果分级标准,本研究选取果重和果面坏损为分级指标,并根据首届中国农业博览会优质芒果评比标准和鲜梨分级标准(GB 10650-89)及苹果分级标准(GB 10651-89),为所建立的计算机视觉检测系统初定了芒果分级标准,见表 1。

表 1 芒果的分级标准

Tab. 1 Standard of mango grading

果重			坏损		
小型果	中型果	大型果	无坏损	小坏损	大坏损
$G < G_1$	$G_1 \leq G < G_2$	$G \geq G_2$	$N_s < 0.01$	$0.01 \leq N_s < 0.04$	$N_s \geq 0.04$

注: G_1, G_2 为小、大果重量界限,与芒果品种有关,如紫花芒取为 $G_1=150g, G_2=200g$,而桂香芒取为 $G_1=200g, G_2=300g$, N_s 为坏损率, $N_s = \text{坏损部分面积} / \text{自然放置芒果水平投影面积}$ 。

芒果坏损检测可直接通过求坏损区域与整果区域的比值,据表 1 进行坏损分级。而芒果

果重检测则需要建立果重 G 与自然放置整果水平投影面积 S (总像素数) 之间的关系。通过实验, 建立了两种芒果的线性回归方程:

$$\text{桂香芒 } G = -88.0 + 0.478S \quad \text{紫花芒 } G = -83.6 + 0.0451S$$

相关性检验结果为: 桂香芒 $r = 0.9909$ 紫花芒 $r = 0.9894$

5 试验结果与分析

试验样本为桂香芒和紫花芒, 样本数均为 25。试验结果表明, 该系统能以较高的精度进行芒果重量检测, 其中桂香芒的重量检测最大变异率为 4.67%, 重量分级准确率达到 96%。而紫花芒的重量检测最大变异率为 4.81%, 重量分级准确率达到 92%。影响准确率的原因是某些芒果重量处于临界值附近, 其检测值稍超过临界值而造成误判。桂香芒果面坏损检测准确率为 76%, 而紫花芒果面坏损检测准确率为 80%。影响准确率的原因是由于某些芒果坏损程度轻, 坏损边缘过于模糊, 不能检测到封闭的坏损边缘, 从而导致对芒果实施“泼水法”检测时产生“漏水”现象。

6 结束语

根据芒果自动分级的要求, 以果重和果面坏损为指标, 探讨了应用计算机视觉技术进行分级的方法, 所采用的“泼水法”可较精确地确定目标图像区域。建立了芒果重量与整果自然放置水平投影面积间的回归方程, 其相关关系显著。实验表明, 本文所提出的方法可有效地对芒果果重和果面坏损同时进行检测。

参 考 文 献

- 1 Mohsenin, Nuri N. Physical Properties of Plant and Animal Materials (Structure, Physical Characteristics and Mechanical Properties). New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1986
- 2 田捷, 沙飞, 张新生编著. 实用图像分析与处理技术. 北京: 电子工业出版社, 1995. 127~129

Application of Computer Vision Technology in Detecting Mango Weight and Surface Bruise

Wang Jiangfeng Luo Xiwen Hong Tiansheng Ge Zhenyang
(South China Agricultural University, Guangzhou)

Abstract The methods to detect mango weight and surface bruise by computer vision technology were investigated in this paper. The algorithm for determining the image area was analyzed and the correlation between mango weight and its image area was developed. Test results showed that the accuracy of weight grading was 96% and 92% for Guixiang mango and Zihua mango respectively, and the accuracy of surface bruise grading was 76% and 80% respectively.

Key words mango grading, computer vision, mango weight, surface bruise