

应用计算机视觉技术对梨碰压伤的检测

张泰岭 邓继忠

(华南农业大学)

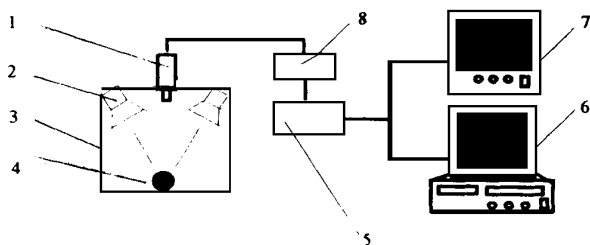
摘 要 应用计算机视觉技术对梨的碰压伤进行了检测, 提出通过区域标记技术区别多处碰压伤。为提高碰压伤面积的测量精度, 根据梨的外形及碰压伤的特征, 建立了碰压伤面积测量的数学模型。实验表明, 本方法能够准确地检测梨的多处碰压伤, 大部分测量相对误差可控制在 10 % 内。

关键词 计算机视觉 梨 碰压伤检测

对梨的碰压伤进行检测是进行梨的自动分级检测的重要内容之一。梨的分级国家标准 GB 10650-89 对梨的分类、品种、检验方法等作了详细规定, 将梨的等级分为优等品、一等品和二等品三级。在等级规格指标中, 对碰压伤的数目、每处的损伤面积都作了规定, 因此碰压伤面积检测结果必须指明碰压伤的数目及每处损伤面积的大小, 本文利用计算机视觉技术, 进行了梨的多处碰压伤检测的研究。

1 检测系统的组成

梨的碰压伤检测系统的组成如图 1 所示。检测系统中, 为排除环境光线的干扰, 采用封闭式光照控制箱。摄像机为 Panasonic WV-CP410/G 彩色 CCD 摄像机, 照射光源选用 4 个 40W 的灯泡, 对称安装于顶部。图像采集卡为 VC32, 空间分辨率为 512×512 , 灰度等级为 256。显示器选用 Philips CM 8833 彩色显示器, 水平清晰线为 600。计算机为 486DX2-80。



1. CCD 摄像机 2 光源 3 光照控制箱体 4 梨
5 图像采集卡 6 计算机 7 显示器 8 解码器

图 1 梨碰压伤检测系统的构成

Fig 1 The detecting system for pear's bruising

2 检测图像的预处理与处理

为面积检测所准备的图像必须保

证: 背景与梨样品已经进行了分割; 梨样品的正常组织和碰压伤组织进行了分割; 多区域碰压伤的各处能够互相区别。为达到以上要求, 并考虑处理速度, 采用了图像的开窗, 中值滤波, 模糊边缘增强, 图像的二值化、多值化, 图像的边缘追踪, 图像合成, 小区域消除等多种图像预处理与处理技术, 从背景与梨的正常组织中提取了碰压伤信息, 最终通过区域标记的方法实现了对各碰压伤区域的区分。

开窗处理: 梨图像在所采集的图像中仅占部分区域, 其余区域为背景。为加快处理速度, 可

收稿日期: 1998-11-07

张泰岭, 教授, CSAE 高级会员, 广州五山 华南农业大学工程技术学院, 510642

以采用一个矩形窗截取梨的图像,剔除无用的背景信息。采用二分(对分)搜索法,开窗可靠性高,速度较快。采集的原始图像的大小为 512×512 , 截取的图像约为 150×150 , 后续各项处理速度均提高 10 倍以上。

中值滤波: 消除各种噪声源对图像的干扰,消除一些因干扰所引起的虚假的样品边缘或轮廓,采用正方形 3×3 模板。

图像的模糊边缘增强: 由于背景与梨的交界处,灰度值的突变性不够,尤其当碰压伤处于图像边缘时,不易分割背景与样品,采用模糊边缘增强处理^[1]后,有效地加深了交界处的灰度差值,灰度的突变更为明显,为后续处理作了准备。

二值化的目的是为了分割背景与梨,二值化阈值采用快速迭代法^[2]自动选择。边缘追踪的目的是为了保留梨样品的外形轮廓,追踪结果是其外形轮廓曲线。

图像多值化处理: 图像经边缘增强及二值化处理后会丢失碰压伤组织的信息,多值化处理可以保存碰压伤组织的信息,并将碰压伤组织与正常组织分割开来。处理后,背景灰度值置为 0,碰压伤组织置为 40,正常组织置为 220。多值化分割采用多次二值分割的方法^[3]。

图像合成: 将边缘追踪后形成的外形轮廓曲线与多值化图像合成后,基本上完成了图像的背景与梨样品的分割,正常组织与碰压伤组织的分割。

小区域消除: 图像合成后虽然基本完成了两个分割,但是在碰压伤区域及边缘轮廓附近的样品区域包含背景像素值 0,在边缘轮廓附近的背景区域包含碰压伤像素值 40。上述问题在多值化、二值化处理之前不论采用何种边缘增强/检测方法都无法消除,这会给后续的检测、识别带来较大的误差,甚至产生误检测。小区域消除可以做到消除背景中的非背景像素,消除样品中的非样品像素,消除因各种原因在样品区域中产生的灰度值为 0 的非碰压伤小区域,彻底分割碰压伤组织与正常组织、背景与样品。

3 多处碰压伤的标记

为区分多处碰压伤,将不同的碰压伤区域赋予不同的灰度值,称之为区域标记。在进行区域标记之前,图像的背景、梨的正常组织、碰压伤组织已经完成了分割,背景灰度值置为 0,碰压伤组织置为 40,正常组织置为 220。标记是从上到下按行扫描的,位置相对在上的碰压伤区域首先被检测出来并赋予灰度值 80,区域记为 S_1 ,位置在下的区域 S_2 、 S_3 也依次被检测出来,赋予灰度值 120、160 等,要计算碰压伤各部分面积,只需要计算灰度值为 80、120、160 等区域的面积。

4 碰压伤面积的计算

碰压伤损区域在水果图像上的位置不同,其特征形状是变化的。以圆形区域在球面上的情况为例,当小圆形区域处于球面正中时,则其在图像上呈圆形,如果小圆形区域处于球面边缘位置,则投影区域呈椭圆形,这种现象称为投影畸变。产生畸变的原因是该区域中心法线与摄像机光轴有夹角。因此在计算碰压伤时,实际损伤面积不应以图像上的投影面积来计算,否则将产生较大的误差。采用计算机视觉进行水果分级检测的研究中,通常将梨、苹果、桃等品种的水果的外形作为球体或类球体看待。在缺损分类中,碰压伤的分类依据是认为缺损表面的形状接近于圆^[4~5],因此可将碰压伤作为圆形处理。基于上述理由,作两个假设: 梨是球体或类球体; 碰压伤是圆形。这样,可用碰压伤区域在梨的外形轮廓上对应的投影弦长作为碰压伤的直径来计算碰压伤面积^[3],以克服投影畸变的问题。现以球面上一个任意大小的圆形区域来代

替水果及果面上的碰压伤, 由此推导出计算碰压伤面积的数学模型。如图 2 所示, 用和球体中心轴 $Z-Z'$ 互相垂直的两个平面 A_1, A_2 去截球体, 则位于 A_1-A_2 之间的球面上, 且与平面 A_1, A_2 都相切的圆形区域 Ω , 不论处于哪个位置, 其在球体圆周上的投影弧长均为 oo' , 因此, 可以把弦长 oo' 作为圆形区域的直径来计算投影面积, 弦长与圆形区域所在位置无关, 这样就克服了投影面积的畸变问题。而且数学关系也很简单。

$$\text{测量直径 } D = oo' = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

若 o' 点所在像素位置为 (i_1, j_1) , o 点所在像素位置为 (i_2, j_2) , 则式(1)可表示为

$$D = \sqrt{(i_2 - i_1)^2 + (j_2 - j_1)^2} \quad (2)$$

$$\text{测量面积 } S = \pi D^2 / 4 \quad (3)$$

式(2), (3) 即为计算碰压伤面积的数学模型。

5 碰压伤面积的检测准则

碰压伤面积检测准则是根据梨的分级标准 GB 10650-89 而制定的。分级标准中规定碰压伤区域不能超过三处。在实际检测时为获取梨表面的所有外部信息, 本系统摄取了梨的纵切面与 CCD 摄像机镜面呈 0 和 180 的 (正, 反) 两幅图像, 这样当碰压伤处于图像边缘时, 则同一处碰压伤在正、反两幅图像中都有反映, 计算碰压伤时会求得两个测量直径。为此, 检测碰压伤时需进行两个判别: 孔数判别。判别正面、反面图像的碰压伤区域数(孔数)是否超过 3, 或正、反面孔数之和是否超过 6, 若是, 则不进行面积计算; 边缘判别。判别碰压伤是否处于边缘, 若是, 则由正、反两幅图像上求得两个直径要进行

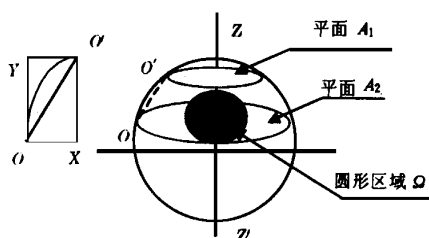


图 2 碰压伤面积计算公式的导出

Fig 2 Derived formula for calculating bruising area

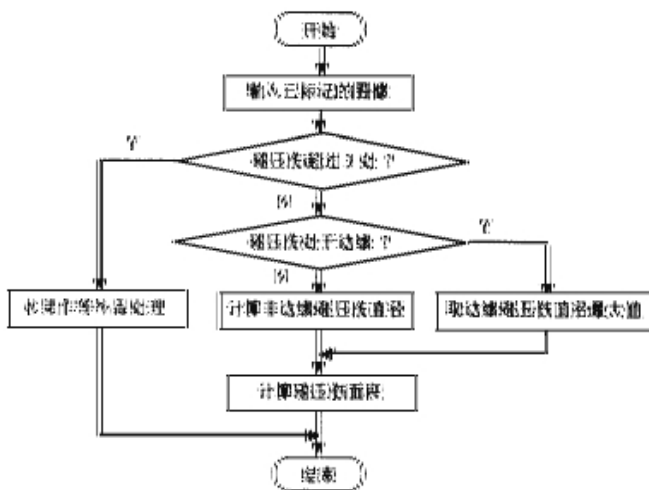


图 3 梨碰压伤的检测流程图

Fig 3 Detecting flow chart of pear's bruising

比较, 取最大值, 这样避免了将同一处碰压伤面积计算两次的情况出现。对于多处碰压伤处于边缘时的情况, 通过比较碰压伤区域灰度值就可区分, 因为区域标记是由上到下行扫描, 多处碰压伤区域在正、反两幅图像上的上下相对位置是固定的。位置相对在上的, 标记灰度值为 80, 依次按 40 递增。上述制定的检测准则可用图 3 表示如下。

6 检测实验

6.1 实验方法

采用市售河北鸭梨作样品, 将其按最大横切面直径分为大、中、小三种规格, 每种规格各 10 个样品, 共 30 个样品。为验证对碰压伤数目和碰压伤面积检测的准确性, 碰压伤由人工贴片形成, 将本文方法与统计像素法(将投影面积作为测量面积的方法, 即统计碰压伤区域的像素数)进行比较。图像面积标定以中型果靠近摄像机镜头的上果面为基准, 只标定一次, 本实验标定结果为: 单位标定面积为 $S_{bd} = 270$ 个像素/ cm^2 。实验方法: 碰压伤位于梨果面的不同位置; 每一测量位置用本文的计算模型和统计像素法各测一次; 大、中、小三种规格梨的总的测量次数为 $3 \times 2 \times 41$ 次。

测量结果的相对误差曲线见图 4。横坐标代表实验序号, 也表示碰压伤处于不同位置, 纵坐标代表相对误差。

相对误差计算方法如下:

相对误差 = (测量面积 - 标定面积) / 标定面积

测量面积、标定面积均以像素数表示, 其中

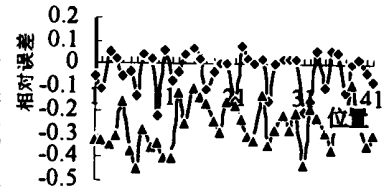
标定面积 (像素数) = 实际面积 (cm^2) \times 单位标定面积 S_{bd}

6.2 实验结果分析

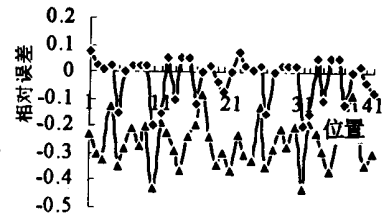
为评价实验结果对实际值的离散程度, 现用相对误差绝对值的平均值来衡量, 即平均相对误差等于各相对误差的绝对值之和除以实验次数。本方法的平均相对误差为 0.071, 统计像素法的平均相对误差为 0.268; 本方法的相对误差大部分控制在 -0.1 ~ +0.1 之间, 其余除大型规格的 11 点(相对误差为 -0.22)外, 相对误差均在 ± 0.2 内; 比较三个测量曲线可以看出, 小型规格的梨测量精度要低于中、大型规格, 原因在于面积标定是以中型规格的梨的上顶面为标定平面, 因此小型梨测量精度略低, 大型梨测量精度较高。一般情况下, 对应于同一位置, 本方法的测量精度要高于统计像素法, 在个别位置(碰压伤处于梨的顶部且顶部有严重畸变), 本方法的测量精度有所降低。实际检测中观察到, 碰压伤面积对测量精度影响不大, 梨的果形影响较大, 因为检测面积的数学模型是建立在球体或类球体基础上的。通常在梨的顶部误差较大, 其余位置精度较高, 在实际检测中, 这一问题可以纠正, 即在检测程序中, 判断碰压伤的重心位置, 若碰压伤靠近顶部, 可对测量值加一修正参数。

7 结 论

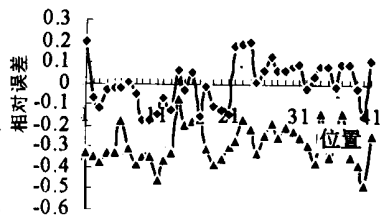
1) 应用计算机视觉技术, 采用多种图像处理技术, 对梨的碰压伤进行检测实验表明, 可降低采集图像时对光照条件的要求。



a. 大型规格的梨的测量误差



b. 中型规格的梨的测量误差



c. 小型规格的梨的测量误差

— 统计像素 — 模型测量点

图 4 三种规格梨的碰压伤测量误差

Fig 4 Measurement errors of pear's bruising for three sizes of pear

2) 采用碰压伤区域在梨的外形轮廓上对应的投影弦长作为碰压伤的直径来计算碰压伤面积, 可以克服投影畸变问题。通过上百次的梨碰压伤的检测实验, 结果表明该方法是可行的, 且准确性较高, 大部分测量相对误差可控制在 10 % 内。其计算精度高于将投影面积作为测量面积的计算方法。

致谢: 本文完成过程中承蒙罗锡文、洪添胜教授的悉心指导和帮助。

参 考 文 献

- 1 郭桂荣等. 模糊模式识别 北京: 国防科技大学出版社, 1993
- 2 程维南, 张颖. 基于迭代阈值的图像分割 第二届全国计算机应用联合学术会议论文集, 1991
- 3 邓继忠. 计算机视觉技术在梨的碰压伤检测中的应用: [硕士论文] 广州: 华南农业大学, 1997
- 4 刘 禾. 计算机视觉技术在水果自动分级中的应用研究: [博士论文] 北京: 中国农业大学, 1995
- 5 J Rehugler & A Throop. Apple sorting with machine vision Trans of the A S A E, 1986, 29(5): 1388~ 1395

Application of Computer Vision to the Detection of Pear 's Bruising

Zhang Tailing Deng J izhong

(South China A gricultural University, Guangzhou)

Abstract The application of computer vision technology to detection of pear bruising was studied. It was proposed to separate different bruising spots in the same pear with the aid of regional labeling way. To improve measuring precision of bruising area, a mathematic model for calculating bruising area was put forward according to pear appearance and the characteristics of bruising. Results from experiments confirmed that, different bruising spot can be precisely detected with these methods motioned above, and most of measuring relative errors can be controlled within 10 %.

Key words computer vision, pear, bruising detection