

基于图像处理的香蕉成熟度检测系统

赵文锋¹, 朱菊霞^{2*}, 董杰¹

(1.华南农业大学电子工程学院, 广州 510642; 2.江西科技学院理科教学部, 南昌 330098)

摘要: 许多研究结果表明, 水果损失主要集中在采摘、包装、保存等环节, 达到近三分之一, 其中一个重要的原因为不同成熟度的水果相互混杂。因而, 区分水果的成熟度并进行筛选加工处理, 对于提升水果等级、改善水果品质有重要意义。本文应用 MATLAB 图像处理技术对香蕉成熟度进行检测, 系统通过摄像头拍摄图片或者在给定的图片中分割出香蕉图片, 然后对香蕉图片进行二值化和滤波等分析处理, 最后依据香蕉的色素组成检测出不同成熟度的香蕉。

关键词: 成熟度, 无损检测, 图像处理

0 引言

传统意义上的水果成熟度区分主要是采用各类检测仪器如硬度计、糖度计等来测试水果的硬度、可溶性糖等相关指标,这些检测属于有损检测,不仅要破坏水果组织,而且无法大规模检测,不适合现代技术的发展。因此,无损检测技术应运而生^[1,2]。无损检测技术具有快速、准确和实时性的特性,在不破坏水果的前提下,利用水果的物理性质对其进行检测和评价,能够确定水果最佳采收期,并按成熟度进行准确分级。该技术在水果分级应用方面有着良好的应用前景^[3-5]。

本文主要应用 MATLAB 图像处理作为基础编程, 介绍 MATLAB 图像处理的特点、方法和基本步骤, 最后对香蕉成熟度检测系统验证, 并得出结论。

1 研究方法

图形数字化后的矩阵为 $N \times N$ 的方阵。一般来

说, 无论是阵列大小 N 和像素的最大灰度级数 G 都取为 2 的整次幂, 即 $N=2^n$, $G=2^m$, m 和 n 为某一个正整数。图像的清晰度主要取决于 N 和 m , 这些参量越大, 数字阵列对于原来的图像的近似就越好, 但是存储量以及由此而引起的计算量也随着 N 和 m 的增加而增加。 N 与 m 的选择, 应根据图像性质与处理目的来决定。

等间隔抽样一幅黑白灰度的图像以后，可以用一个矩阵来表示，组成矩阵量的都是离散量，具体表示如下：

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,n) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(n,1) & f(n,2) & \dots & f(n,n) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$f(x,y)$ 代表该点图像的光强度, $f(x,y)$ 必须大于零且为有限值。如果是一幅彩色图像, 各点的数值还应当反映出色彩的变化, 即可用 $f(x, y, \lambda)$ 表示, 其中 λ 为波长。如果是一幅活动的彩色图像, 还

基金项目：高等学校博士学科点专项科研基金（20134404120005）；南昌市科技局项目（2014HZZC016）

作者简介: 赵文锋 (1979-), 男, 副教授, 主要研究方向为水果处理机械化与信息化。

※通讯作者:朱菊霞(1979-),女,工程硕士,讲师,研究方向为电子信息工程。

应是时间 t 的函数, 即可表示为 $f(x, y, \lambda, t)$ [6]。

1.1 图像中对象分布的实现

一般来说所拍摄的图像都是 RGB 格式的彩色图像, 其大小为 $M \times N \times 3$ 像素 (M 、 N 均为整数)。通常将原始图像转换成灰度函数为 $f(x, y)$ (x, y 为图像中的像素位置)、灰度级为 $0 \sim 255$ 的灰度图像, 以便于后续对图像进行处理。根据颜色差异识别对象时, 首先将图像从 RGB 颜色空间转化成 HIS 颜色空间, 然后根据所设阈值分离出对象。

为了凸出对象, 通常采用颜色差异方法和常规边缘检测方法进行对象识别。使用拐点判定法中的 Roberts 算法、Prewitt 算法等各类算法来判定每一子块的对象边缘。最后可以采用边界连通、边缘连接和平滑技术对于边缘检测之后对象的某些轮廓线出现间断或不光滑的情况进行数学形态学处理。

1.2 图像纹理特征的实现

原始图像为摄像头拍摄得到的 JPEG 格式彩色图像, 其大小为 $M \times N \times 3$ 像素 (M 和 N 为整数)。首先, 将原始图像转换成灰度函数为 $f(x, y)$ (x, y 为图像中的像素位置)、灰度级为 $0 \sim 255$ 的灰度图像, 以便于后续对图像进行处理。相应的灰度函数为

$$f(k_1, k_2) = \begin{bmatrix} a(1,1) & a(1,2) & \dots & a(1,K_2) \\ a(2,1) & a(2,2) & \dots & a(2,K_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a(K_1,1) & a(K_1,2) & \dots & a(K_1,K_2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中 k_1 、 k_2 为图像中像素点的直角坐标值; $a(k_1, k_2)$ 为位置 (k_1, k_2) 处的灰度值; $k_1=1, 2, L, K_1$; $k_2=1, 2, L, K_2$ 。

本次研究采用目前常用的纹理特征分析方法, 为使用灰度 (亮度) 直方图统计图像像素灰度级的分布法、使用灰度共生矩阵统计图像像素灰度级的空间关系法。

设 L 为图像的总灰度级数, $p(f_i)$ 为对应直方图上灰度级 f_i ($i=0, 1, 2, L, L-1$) 的分布密度, 那么, 图像灰度分布的平均亮度、平均对比度、平滑程度、直方图倾斜程度、度量一致程度、信息量多少则可以分别用均值 m 、标准差 s 、平滑度 r 、3 阶矩 l 、一致性 u 和熵 e 来描述, 计算公式为 [7]

$$\left. \begin{aligned} m &= \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(f_i); \quad s = \sqrt{\sum_{i=0}^{L-1} (f_i - m)^2 p(f_i)}; \\ r &= 1 - 1/(1 + s^2); \quad l = \sum_{i=0}^{L-1} (f_i - m)^3 p(f_i); \\ u &= \sum_{i=0}^{L-1} p^2(f_i); \quad e = - \sum_{i=0}^{L-1} p(f_i) \lg_2 p(f_i) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

2 测试与试验分析

根据给定的条件以及市场对香蕉成熟度检测技术, 结合现代科技上的要求, 开发出一种无损检测系统 [8]。系统以 MATLAB 软件为基础, 采用 MATLAB 图像处理技术, 系统对获得图片进行处理, 从而开展香蕉成熟度检测并进行分级研究。该系统改善现有检测仪的缺点, 也降低了成本 [9]。

香蕉成熟度检测系统具体要实现以下功能:

1) 首先在检测过程中, 设计一个界面方便我们进行各个部分的操作, 包含了摄像头和图片预览模块, 7 个操作按钮和 1 个结果显示屏。如图 1 所示是一个简单的操作界面。

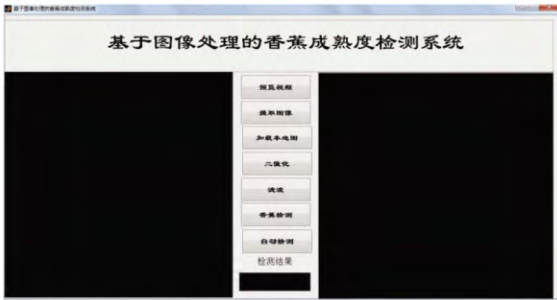


图 1 操作界面

2) 对实物的现场录入, 则需要利用摄像的原理作为一个模块在系统中起到预览视频的作用。可以实时实地进行检测, 达到方便快捷的功能, 图 2 为无香蕉的检测结果图。

3) 除了实物现场拍摄图像, 系统还具有加载图像的功能。如图 3 所示, 加载 1 张本地的图片, 显示在右边的模块中。

4) 对无论是录入的图像还是加载的图像都能进行图像处理图像, 处理过后进行香蕉成熟度的检测。首先进行的是图片的二值化处理, 把图片中香蕉分



图2 无香蕉情况的检测结果



图3 加载本地图片

割识别出来，如图4所示，系统能够识别香蕉，但是边沿轮廓比较模糊，需要进一步处理。



图4 图片二值化处理

5) 图5中有被系统没有检测到的香蕉部分，要进行后期的连接处理。本系统采用的是膨胀处理，把断开的区域连接起来。在联通的区域内，默认最大的模块为香蕉。如图5所示，系统检测出比较清晰的香蕉轮廓。

6) 进行了滤波之后，对分割得到的图片进行数据的判断。提取每个通道上青黄黑色素的值进行判断，如图6所示。



图5 膨胀处理的香蕉



图6 香蕉检测与判断

7) 软件同时支持自动检测，以上步骤可在一个按钮下完成，得到一个比较完整和清晰的香蕉图像，如图7所示。



图7 香蕉成熟度自动检测


3 结果与结论

由于系统对图片的检测的结果明确，在图片的清晰度和亮度可以保证的情况下，主要误差来源于系统设备。表1为获得摄像头拍摄的香蕉图片检测的结果，误差主要来源是摄像头集的图片的清晰度、明暗程度以及香蕉摆放的位置，干扰了系统的识别

表 1 由摄像头拍摄的香蕉图片检测的结果

测试总数	测试标准成熟度	测试认可成熟度范围	实际测试准确次数	实际测试错误次数
10	3 成熟度	2~4 成熟度	9	1
10	4 成熟度	3~5 成熟度	8	2
10	5 成熟度	4~6 成熟度	9	1
10	6 成熟度	5~7 成熟度	10	0
10	7 成熟度	6~7 成熟度	9	1

和辨色过程。

本文基于 MATLAB 图像处理技术设计了一种香蕉成熟度检测系统，系统能够通过摄像头拍取图片或者给定的图片中分割出香蕉图片，然后进行二值化和滤波等清晰度更高的香蕉图片，最后分析香蕉的色素组成检测出不同成熟度的香蕉，检测部分全部由系统自动完成，最终结论以成熟度表示出来。由于实际操作设备和外部环境因素，直接影响图片的亮暗程度，会使系统出现对香蕉色素的判断出现误差。

参考文献

[1] 陈小央. 甜瓜内在品质无损检测方法研究进展[J]. 中国蔬菜, 2011 (10): 10-15.

[2] 田海清, 王春光, 杨晓清. 厚皮甜瓜无损检测方法的研究现状及发展趋势[J]. 农机化研究, 2010, 32 (10): 245-248.

[3] 贺艳楠, 魏永胜, 郑颖. 水果成熟度无损检测技术研究进展[J]. 北方园艺, 2010 (3): 208-212.

[4] 李敏, 李宪华, 奚星林, 等. 无损检测技术在食品分析中的应用[J]. 检验检疫科学, 2008, 18 (6): 60-62.

[5] 张帅, 史磊, 张本华. 基于声学特性的香瓜成熟度检测方法[J]. 农机化研究, 2011, 33 (10): 126-129.

[6] 李玉祥. 基于数字图像处理技术的火车轮缘动态检测系统研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2003.

[7] 徐金明, 赵晓波. 边缘检测技术在确定流体包裹体迹线中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 27 (6): 1132-1134.

[8] 徐金明, 羌培, 张鹏飞. 粉质黏土图像的纹理特征分析[J]. 岩土力学, 2009, 30 (10): 2903-2907.

[9] 杨志伟, 尹秀华. 图像处理在芒果自动选别中的应用[J]. 湖北农业科学, 2009, 48 (8): 1992-1995.

Image Processing System Based on Detection of Banana Maturity

Zhao Wenfeng¹, Zhu Juxia², Dong Jie¹

(1. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2. Department of Science teching, Jiangxi University of technology, Nanchang 330098, China)

Abstract: This paper is a study of image processing for the detection of banana maturity by MATLAB.Segmentation of banana picture system through camera to take pictures or a given picture,then the value of the two filtering and higher resolution images of banana , finallydetect the pigment composition of different maturity of bananas, the detection part completedautomatically by the system, the final conclusion to the maturity of the show.
Key words: maturity, nondestructive detection, image processing