

基于图像的圣女果表面缺陷检测

王 方¹, 王 炎²

(1. 郑州经贸职业学院计算机系, 河南 郑州 450000;

2. 南京航空航天大学机电学院, 江苏 南京 210016)

摘要: 研究圣女果表面缺陷准确检测的方法。在圣女果采摘的过程中, 如何按照圣女果表面的缺陷对圣女果等级进行划分, 已经成为圣女果相关产业中需要研究的核心问题。利用传统的图像检测方法, 很难对圣女果表面的细微缺陷进行准确的检测, 从而难以保证圣女果的品质。为了避免上述传统算法的弊端, 提出了一种基于表面缺陷定位算法的圣女果表面缺陷检测方法。计算圣女果图像中的表面缺陷区域像素, 从而为圣女果表面缺陷检测提供依据。利用表面缺陷定位方法, 获取圣女果表面出现缺陷的区域的空间位置。实验结果表明, 利用本文算法进行圣女果表面缺陷检测, 可以极大地提高检测的准确性, 从而满足实际农业生产的需求。

关键词: 圣女果; 表面缺陷; 检测; 缺陷区域定位

中图分类号: TP317.4 **文献标识码:** B

Defect detection of Tomatoes surface based on the image

WANG Fang¹, WANG Yan²

(1. Department of Computer, Zhengzhou Vocational College of Economics and Trade,

Zhengzhou Henan 450000, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University

of Aeronautics and Astronautics, Jiangsu Nanjing 210016, China)

ABSTRACT: The method for accurate defect inspection of cherry tomato surface was studied in this article. In the process of cherry tomato picking, grading according to the defects on the surface of cherry tomato has become the core of the problem needed to study in the related cherry tomato industries. We proposed a method for defect detection of tomatoes surface based on a surface defect positioning algorithm. The pixels of surface defect area in tomatoes' images can be calculated, so as to provide the basis for tomatoes surface defects detection. Then, by using surface defect positioning method, the spatial location of surface defect area was obtained. Experimental results show that the algorithm presented in this paper can greatly improve the accuracy of detection, so as to meet the needs of the actual agricultural production.

KEYWORDS: Cherry tomato; Surface defect detection; Defect area orientation

1 引言

我国是一个农业生产大国, 农业生产已经成为我国的支柱性产业^[1]。圣女果作为一种主要的农产品, 在农业中具有极为重要的作用^[2]。如何保证圣女果的质量, 已经成为农业领域需要研究的核心问题^[3]。圣女果表面缺陷, 是衡量圣女果质量的一个重要指标^[4]。所以, 圣女果表面缺陷检测, 已经成为圣女果相关产业中研究的热点问题^[5]。现阶段, 主要

的圣女果表面缺陷检测方法包括基于高斯拟合曲线算法的圣女果表面缺陷检测方法、基于 K 均值聚类算法的圣女果表面缺陷检测方法和基于蚁群算法的圣女果表面缺陷检测方法^[6-8]。其中最常用的是基于高斯拟合曲线算法的圣女果表面缺陷检测方法^[9]。由于圣女果表面缺陷检测的精度直接影响到圣女果质量, 因此受到了诸多农业专家的关注, 拥有广阔的发展前景^[10]。

在圣女果采摘的过程中, 如何按照圣女果表面的缺陷对圣女果等级进行划分, 已经成为圣女果相关产业中需要研究的核心问题。利用传统的图像检测方法, 很难对圣女果表面的细微缺陷进行准确的检测, 从而难以保证圣女果的品质。

收稿日期: 2013-05-31 修回日期: 2013-06-19

为了避免上述传统算法的弊端,提出了一种基于表面缺陷定位算法的圣女果表面缺陷检测方法。计算圣女果图像中的表面区域图像,从而为圣女果表面缺陷检测提供依据。利用表面缺陷定位方法,获取圣女果表面出现缺陷的区域的空间位置。实验结果表明,利用本文算法进行圣女果表面缺陷检测,可以极大地提高检测的准确性,从而满足实际农业生产的需求。

2 传统高斯曲线拟合算法原理

利用高斯曲线拟合算法,能够检测出圣女果表面的缺陷,从而为圣女果质量的衡量提供依据。利用下述公式能够对高斯曲线进行初始化处理:

$$\ln b = -\frac{(a-X)^2}{2\xi^2} + \ln \frac{1}{\sqrt{2\pi\xi}} \quad (1)$$

设置圣女果图像的二维曲线可以用 $b = Da^2 + Ea + F$ 表示,则利用下述公式可以计算圣女果图像中随机选取的一个像素点的灰度:

$$b(r) = \int_{r-1/2}^{r+1/2} (Da^2 + Ea + F) da \quad (2)$$

在圣女果表面缺陷检测时,表面缺陷区域曲线的拟合状态可以用下图表示:

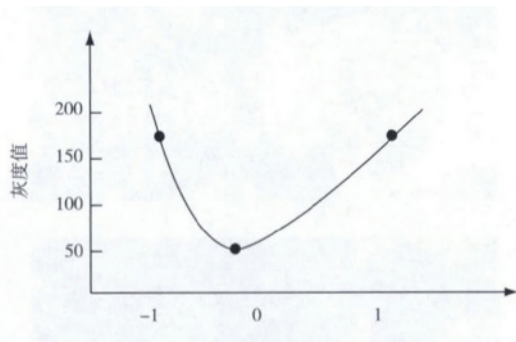


图1 圣女果表面缺陷曲线拟合图

在上述圣女果表面缺陷曲线拟合图中,设置圣女果图像的灰度值可以用 i_0 表示,邻近区域中随机选取的像素点灰度值是 -1 和 1 。根据下述公式可以计算上述像素点的灰度:

$$\begin{aligned} i_{-1} &= \int_{-3/2}^{-1/2} (Da^2 + Ea + F) da = \frac{26}{24}D - E + F \\ i_0 &= 1/12D + F \\ i_1 &= 26/24D + E + F \end{aligned} \quad (3)$$

其中 D 、 E 和 F 的取值的计算公式如下所述:

$$\begin{aligned} D &= 1/2(i_1 + i_{-1} - 2i_0) \\ E &= 1/2(i_1 - i_{-1}) \\ F &= i_0 - 1/12D = 12/13i_0 - 1/24i_{-1} - 1/24i_1 \end{aligned} \quad (4)$$

根据下述公式能够获取高斯拟合曲线顶点的坐标参数:

$$a = \frac{i_1 - i_{-1}}{2(i_0 - i_{-1} - i_1)} \quad (5)$$

根据下述公式能够计算圣女果表面缺陷区域的坐标

参数:

$$a_j = \frac{\ln i_1 - \ln i_{-1}}{2(\ln i_0 - \ln i_{-1} - \ln i_1)} \quad (6)$$

根据上面阐述的方法,可以获取圣女果表面缺陷区域的空间位置。利用传统的图像检测方法,很难对圣女果表面的细微缺陷进行准确的检测,从而难以保证圣女果的品质。

3 圣女果表面缺陷检测优化方法

利用传统算法进行圣女果表面缺陷检测,很难检测出表面细微的缺陷区域,从而降低了检测的准确性。为此,提出了一种基于表面缺陷定位算法的圣女果表面缺陷检测方法。

3.1 缺陷像素检测方法

通常情况下,圣女果表面是一个不规则的形状,该形状的复杂性比较高,很难利用规则的圆形进行描述。因此,可以将其看作一个近似于椭圆形的非规则形状,其特征是所有表面缺陷区域的轮廓线都可以用映射方法进行描述。根据表面缺陷区域的轮廓相关数据可以计算圣女果表面缺陷区域的位置。

设置圣女果表面缺陷检测的迭代处理次数极大值能够用 l 表示,该圣女果图像中全部轮廓线中的像素点数目能够用 P 表示,该轮廓区域的几何中心点的坐标能够用 (b, c) 表示,该区域的半径能够用 s 表示,圣女果表面轮廓区域映射图像的轮廓线中的像素点 $q(y_j, z_j)$ 的半径误差可以用 Δx_j 表示,对应的均方差可以用 Es_j 表示,则能够得到下述结果:

$$Es_j = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^P \Delta s_j}{P-1}} \quad (7)$$

圣女果表面缺陷区域轮廓像素点的判别公式如下所述:

$$\Delta x_j > |FS - l \times \varepsilon| \quad (8)$$

假设符合上述判别条件,则该像素点不属于圣女果表面缺陷区域。根据上述圣女果表面缺陷区域判别条件,可以设定迭代处理次数极大值是 l ,轮廓线上像素点可以用 $q(y_j, z_j)$ 表示。根据最小二乘法相关理论,能够获取迭代处理过程中的初始值,从而获取对应半径的绝对误差。根据上述数据,能够得到圣女果表面正常区域中的像素点,并且将上述像素点从像素集合中删除,从而得到圣女果表面缺陷区域的像素点。

3.2 圣女果表面缺陷区域定位

根据圣女果表面缺陷区域像素分布情况,利用表面缺陷定位方法,能够对上述缺陷区域进行准确的定位,从而完成圣女果表面缺陷检测。

设置 $Q^p(z)$ 能够用来描述第 p 个圣女果表面缺陷区域轮廓像素,利用下述公式能够对其进行微分变换:

$$\phi^p(z) = 2 \frac{e}{dz} Q^{p+1}(z) \quad (9)$$

设置圣女果表面缺陷轮廓的定位函数是对称函数,其内容如下所述:

$$\frac{1}{2} Q^p\left(\frac{z}{2}\right) = \sum_{p=1}^p j_m Q^p(z-m)$$

$$Q^p(2y) = J(y) Q^p(y) \quad (10)$$

其中,

$$J(y) = \sum j_m f^p = \frac{Q^p(2y)}{Q^p(y)} = \left[\cos \frac{y}{2} \right]^{p+1} \quad (11)$$

根据下述公式可以描述圣女果图像滤波器状态:

$$j_m = \begin{cases} \frac{1}{2^{p+1}} \left[\frac{p+1}{2} + m \right] \\ \text{其他} \end{cases} \quad (12)$$

设置圣女果表面缺陷区域的轮廓像素可以用 $K(z, a)$ 进行描述, 则根据下述公式可以对该圣女果图像进行平滑滤波处理:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} Y_2^1 K(z, a) \\ Y_2^2 K(z, a) \end{bmatrix} &= 2^k \begin{bmatrix} K \times \phi_2^1(z, a) \\ K \times \phi_2^2(z, a) \end{bmatrix} \\ &= 2^k \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial z} (K \times \rho_2)(z, a) \\ \frac{\partial}{\partial a} (K \times \rho_2)(z, a) \end{bmatrix} = 2^k \nabla (K \times \rho_2)(z, a) \end{aligned} \quad (13)$$

根据下述公式可以计算圣女果表面缺陷区域尺度变换参数:

$$\begin{cases} \phi_2^1(z, a) = \frac{1}{2^k} \phi^1\left(\frac{z}{2^k}, \frac{a}{2^k}\right) \\ \phi_2^2(z, a) = \frac{1}{2^k} \phi^2\left(\frac{z}{2^k}, \frac{a}{2^k}\right) \end{cases} \quad (14)$$

利用下述公式可以计算圣女果表面缺陷的位置:

$$G_y = \sqrt{|Y_2^1 K(z, a)|^2 + |Y_2^2 K(z, a)|^2}$$

$$G_z = \arctan \frac{|Y_2^1 K(z, a)|^2}{|Y_2^2 K(z, a)|^2} \quad (15)$$

通过上面阐述的方法, 可以计算圣女果图像中的表面缺陷区域像素, 从而为圣女果表面缺陷检测提供依据。利用表面缺陷定位方法, 获取圣女果表面出现缺陷的区域的空间位置。

4 实验结果分析

为了验证本文提出的圣女果表面缺陷检测方法的有效性, 需要进行一次实验。在实验的过程中, 需要选择 100 个圣女果图像作为样本图像。从上述样本中随机选取 10 个样本图像如下所述:

随机选择一幅样本图像, 分别利用传统算法和本文算法进行圣女果表面缺陷检测, 获取的检测结果显示在下图进行描述:

根据上述两幅图可以得知, 利用本文算法进行圣女果表面缺陷区域检测, 检测的结果与实际情况更加接近。

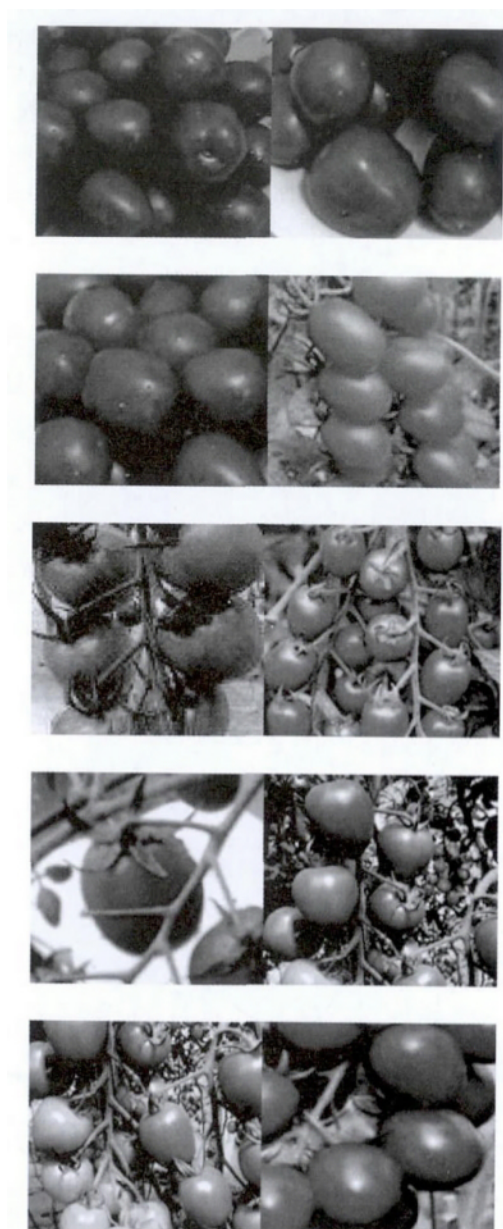


图2 样本图像



图3 传统算法检测结果

利用不同算法对所有样本图像进行表面缺陷检测, 检测的准确性可以用下图进行描述:

对实验过程中的检测数据进行整理分析, 能够得到表 1



图4 本文算法检测结果

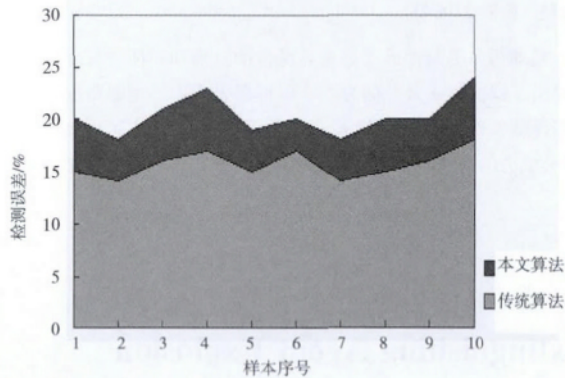


图5 不同算法检测误差对比

和表2如下所述:

表1 传统算法实验数据表

样本序号	表面缺陷实际面积(mm ²)	传统算法检测误差(%)
1	32	15
2	11	14
3	25	16
4	74	17
5	85	15
6	15	17
7	45	14
8	37	15
9	84	16
10	64	18

表2 本文算法实验数据表

样本序号	表面缺陷实际面积(mm ²)	本文算法检测误差(%)
1	89	5
2	55	4
3	67	5
4	49	6
5	42	4
6	27	3

样本序号	表面缺陷实际面积(mm ²)	本文算法检测误差(%)
7	31	4
8	44	5
9	61	4
10	72	6

将上述两个表中的数据进行对比可以得知,利用本文算法进行圣女果表面缺陷检测,检测的准确性远远高于传统算法,充分展示了本文算法的优越性。

5 结束语

本文提出了一种基于表面缺陷定位算法的圣女果表面缺陷检测方法。计算圣女果图像中的表面缺陷区域像素,从而为圣女果表面缺陷检测提供依据。利用表面缺陷定位方法,获取圣女果表面出现缺陷的区域的空间位置。实验结果表明,利用本文算法进行圣女果表面缺陷检测,可以极大地提高检测的准确性,从而满足实际农业生产的需求。

参考文献:

- [1] 王静,王海亮,向茂生,韦立登,刘忠胜.基于非极大值抑制的圆目标亚像素中心定位[J].仪器仪表学报,2012,7:1460-1468.
- [2] 李艳,彭嘉雄.基于D2样条插值和LOG算子的亚像素边缘检测[J].华中理工大学学报,2000,28(3):77-79.
- [3] 牟爱霞,董建民,李东晶.基于DSP和线阵CCD的带钢边缘检测系统[J].计算机测量与控制,2009,8:1492-1494.
- [4] 余鸿铭,陈兴无,万敏,刘志强.复杂边缘目标的亚像素定位[J].计算机仿真,2009,12:190-192.
- [5] 王克,李志敏,古利超,陈学保,靳佳伟.LED大屏幕质量检测中的像素点定位方法研究[J].灯与照明,2012,2:56-59.
- [6] 孙亦南,刘伟军,王越超,等.一种用于圆检测的改进Hough变换方法[J].计算机工程与运用,2003,20:35-37.
- [7] 刘建群,李仕勇,旷辉等.改进的随机Hough变换在检测多圆中的应用[J].微计算机信息,2007,10(1):288-290.
- [8] 罗元,聂俊齐,张毅.MEMS测量中一种新型的亚像素定位技术[J].半导体光电,2012,2:261-264.
- [9] 宋南,赵晶.基于改进型像素标记算法的目标定位[J].现代电子技术,2012,5:52-54.
- [10] 闫海霞,赵晓晖.基于书序形态学的边缘检测方法[J].计算机应用研究,2008,25(11):3497-3499.

[作者简介]



王方(1981-),女(汉族),河南安阳人,硕士研究生,讲师,主要研究领域:计算机软件。

王炎(1989-),男(汉族),河南安阳人,硕士研究生,主要研究方向:金属板料成型。