

基于计算机视觉技术的砀山酥梨果梗识别

徐旭艳, 周平*, 吕冬, 徐冯黎

(安徽农业大学工学院, 合肥 230036)

摘要: 针对酥梨果梗计算机视觉检测方法的普适性问题, 提出了一种利用像素点分析法识别果梗的算法。将酥梨图像进行二值化、滤波、形态学运算等预处理后, 用 Sobel 算子提取酥梨图像边缘, 再由一阶矩特征计算图像形心。选定形心为参考原点, 建立图像的笛卡尔坐标系; 从 Y 轴负方向开始, 逆时针分别按 15° 和 10° 形心角对轮廓边缘点进行区域分块; 统计分块区域内的像素点特征, 并依此特征识别果梗。结果表明, 对于无果梗的酥梨, 15° 和 10° 均能精确识别出来; 有果梗的酥梨, 15° 较 10° 的识别率高, 且含果梗区域的像素特征较其他区域的有很大突变。总体上果梗识别正确率可达 97%, 一定程度上可以满足酥梨果梗识别的需要。

关键词: 酥梨; 果梗; 像素畸变; 像素点分析

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)04-0642-05

Recognition of the fruit stem of Dangshan pear based on the computer vision

XU Xuyan, ZHOU Ping, LV Dong, XU Fenni

(School of Engineering, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: In this work, a universal and applicable method based on algorithm of pixel analysis was proposed to identify the pear fruit stem. After binaryzation, filtration, and morphological operation, the image edge and the centroid of the pear fruit were extracted using Sobel operator and first-order moment. The centroid was set as the reference point. Additionally, a cartesian coordinate originated from the centroid was established. Then, the image edge was equally separated into domains by 15 degrees and 10 degrees from -90 degrees anticlockwise. Finally, the fruit stem was identified based on the calculated number of pixels in different regions. The results showed that the method of 15 degrees and 10 degrees can accurately identify the pear fruit that has no fruit stem; however, the method of 15 degrees was more accurate than the method of 10 degrees. Compared with the pixel's feature of other regions, a significant difference was observed in the zone of fruit stem. The overall accuracy of this method reached to 97%, suggesting a relatively applicable and sensitive strategy for recognition of pear fruit stem.

Key words: pears; stem; pixel distortion; pixel analysis

酥梨果梗是酥梨质量等级要求中的一项重要的项目指标^[1]。传统酥梨果梗识别主要靠人工识别或半机械识别, 耗时耗力效率低, 而且不利于自动化生产。近年来, 随着农业检测技术的发展, 不少国内外专家将计算机视觉技术广泛应用于果品品质检测^[2-6]。Ruiz^[7]在柑桔果梗的研究方法上, 提出基于线性离散分析技术的色彩分割法、轮廓曲率分析法以及图像细化方法, 精度高达 90%。Unay^[8]等人采用支持向量机分类方法, 通过分类算法选择出果梗的

重要特征, 用最优特征子集进行果梗识别。Zhu^[9]等人采用 3D 增强型变换的方法, 根据表面三维梯度差将苹果的果梗与花萼很好地识别出来, 该方法的识别率达 93.87%。Bennedsen^[10]等用神经网络的方法对水果的果梗和花萼进行检测。应义斌^[11]等人提出根据苹果果梗的特性, 用分块扫描的方法判断果梗是否存在。马本学^[12]提出用数学形态学方法对香梨果梗进行提取, 且研究表明, 该方法对香梨果梗提取的精确率为 90.7%。肖爱玲^[13-14]等人通过形态

收稿日期: 2015-02-02

基金项目: 安徽农业大学人才稳定项目和校青年基金重点项目共同资助。

作者简介: 徐旭艳, 硕士研究生。E-mail: xxyan_2016@163.com

* 通信作者: 周平, 博士, 讲师。E-mail: zhoup@ahau.edu.cn

学快速检测骏枣果梗的方法, 梁伟杰^[15]等人提出一种快速判别梨果梗有无的算法。

砀山酥梨系安徽特产, 依有无果梗对其进行自动化分级是保证商品价值的一个重要环节, 因此作者设计了一种利用计算机视觉技术识别酥梨果梗的方法。

1 材料与方法

1.1 材料

实验样品选用安徽砀山瓜果苗木农场的砀山酥梨 100 只, 全部取自 5 年树龄果树, 2014 年 9 月下旬成熟果实, 单个平均重量为 280 g。根据鲜梨质量等级要求 (GBT 10650-2008) 中对果梗的感官要求, 选用有果梗的酥梨 80 只, 无果梗的 20 只。所有样本均在 JC-53ALW 恒温恒湿箱中储存, 存储温度为 16~18℃。图 1 为有果梗和无果梗的酥梨原始图像。

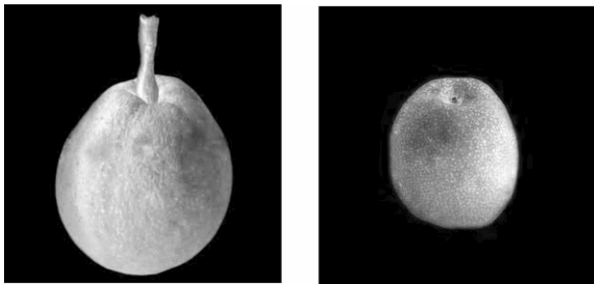


图 1 酥梨原始灰度图像
Figure 1 Original pear images

1.2 方法

依次采集酥梨图像, 通过二值化、滤波、形态学运算、边缘分割和形心提取后, 将酥梨图像边缘按形心进行角度等分, 利用像素点分析法找出果梗所在区域。

2 酥梨图像预处理

2.1 酥梨图像边缘提取

酥梨图像边缘提取前采用常用的图像预处理方法进行图像预处理。

主要步骤如下:

(1) 依次采集酥梨的图像, 分别将采集到的每一幅彩色图像转换成灰度图像, 采用直方图分析法来获取图像的灰度阈值。

(2) 利用获取的阈值对酥梨图像进行二值化处理, 二值化后图像如图 2 中的 (1) 所示。

(3) 采用中值滤波方法对图像进行滤波去噪声处理。

(4) 形态学运算: 为了能够得到精确的图像边

缘, 本文采用形态学运算的方法细化二值化过的图形。先通过图像开运算能够有效去掉图中的孤立、毛刺以及凸出区域, 其次通过闭运算填充图像内部的细小空洞, 将临近区域连接起来, 起到平滑边界作用。形态学运算处理后的图像如图 2 中 (3) 所示。

(5) 提取边缘: 本文采用 Sobel 算子提取酥梨边缘图像, 边缘提取后的图像如 2 图中的 (4) 所示。

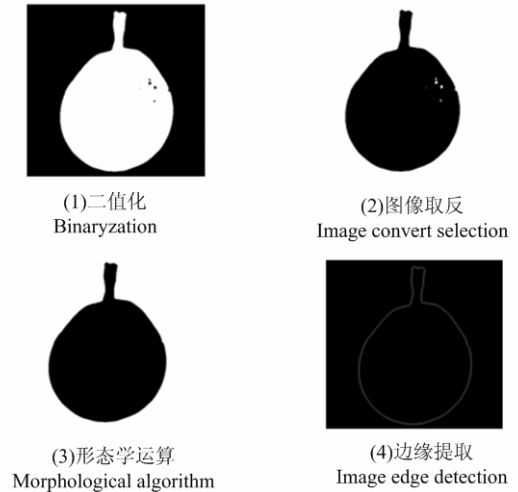


图 2 酥梨图像预处理
Figure 2 Preprocessing of pear image

2.2 酥梨形心提取

为了能覆盖住所有非果梗图像部分, 理想圆的中心应非常接近酥梨的形心, 为此需求得目标图像的形心。在不影响果梗特征提取的前提下, 可以近似将此形心作为理想圆的圆心。对于规则短梗的酥梨而言, 圆心几乎重叠在形心上; 对于不规则长梗的酥梨而言, 圆心更偏向酥梨果梗部分。

矩特征是图像重要的形状特征之一。定义坐标为 (i, j) 的像素值为 $f(i, j)$, 则已经提取出边缘的轮廓图像为 $f(i, j) = 1$, 背景像素值为 0 的二值化图像。由于该图像轮廓为离散的, 所以定义图像 $f(i, j)$ 的 $(p+q)$ 阶矩为 M_{pq} , 则

$$M_{pq} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N i^p j^q f(i, j), \quad (1)$$

酥梨图像的形心即为一阶矩与零阶矩的比值。对于一阶矩 M_{10} 和 M_{01} 以 M_{00} 标准化以后可以求出图像的形心坐标 (i_0, j_0) , 即:

$$i_0 = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad (2)$$

$$j_0 = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (3)$$

式中, M_{10} 和 M_{01} 为一阶矩, M_{00} 为零阶矩。

形心提取后的图像如3图中的(1)所示,图中红色点为形心。以形心为坐标原点,作两条相互垂直的直线作为酥梨图像的坐标轴,如3图中的(2)所示。

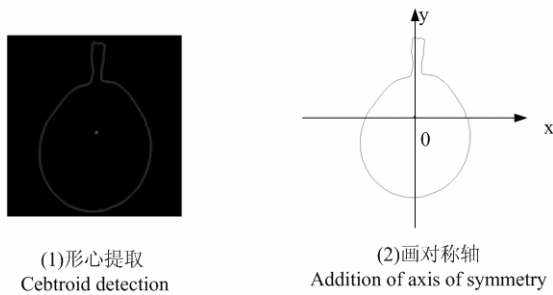


图3 酥梨图像的形心和对称轴提取
Figure 3 Centroid and axis of pear image

3 像素点分析果梗检测方法

边缘提取后的图像是由像素点0和1组成的图像,边缘所在区域的像素值 $f(i, j) = 1$,背景区域的像素值 $f(i, j) = 0$,因此可以根据区域内像素值 $f(i, j) = 1$ 像素点数识别出果梗所在的区域。

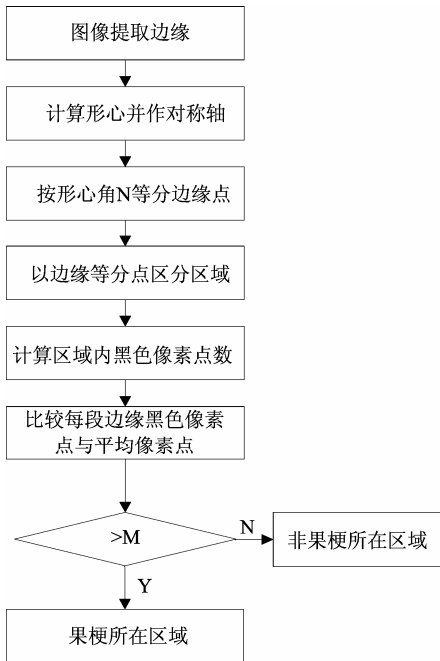


图4 果梗识别流程图
Figure 4 Flow chart of stem recognition

具体步骤为:

(1)设定参考点。设酥梨图像的边缘点坐标为 (i, j) ,提取的酥梨形心坐标为 (i_0, j_0) ,酥梨边缘上的点与形心连线的直线斜率为 k 。

$$\text{其中, } k = \frac{j - j_0}{i - i_0} \quad (4)$$

当 $i - i_0 = 0$ 时,则令 $j - j_0 = 0.000001$ 。

(2)设定参考方向。设定y轴负半轴与酥梨边缘交点处为起点,逆时针旋转。即从 $i > 0, k < \tan(-90^\circ + 360^\circ/N)$ 处开始,每隔 $360^\circ/N$ 计算等分边缘区域内的黑色像素点的数量,式中N为依据形心等分数。

(3)计算和比较。计算每一段等分形心分割边缘的像素值 $f(i, j) = 1$ 像素点数,比较每个等分区域内的像素值 $f(i, j) = 1$ 像素点数。根据酥梨样本实验,M取酥梨边缘图像平均像素数量的2倍。

(4)结果分析。本文采取2种等分形心角方法,分别每隔 15° 和每隔 10° 等分形心角来等分边缘。当每隔 15° 等分形心即按形心角将边缘分割24份时,果梗的右半区域被分到第12区域,果梗左半区域则被分到第13区域;当每隔 10° 等分形心即按形心角度将边缘分割36份时,果梗的右半区域被分到第18区域,果梗左半区域则被分到第19区域。所以,若能够出现2个连续的区域黑色像素点数明显大于其他区域内的黑色像素点数,即可认为这2个区域为果梗所在区域。

采用有果梗酥梨做实验样本,24等分形心角时,利用像素点分析法统计有果梗酥梨边缘黑色像素点数结果如图5所示。

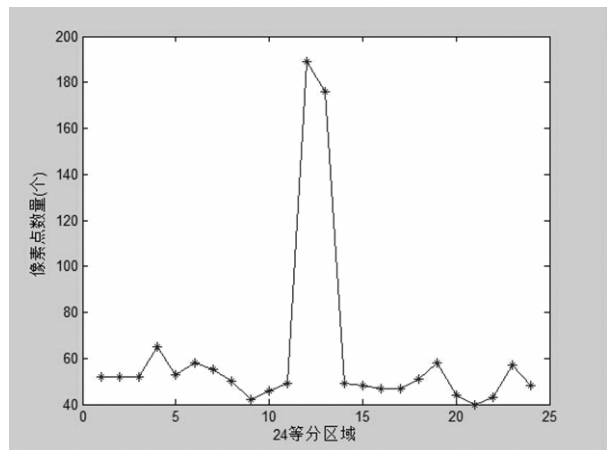


图5 有果梗酥梨像素点数统计结果(24等分)
Figure 5 Statistical results of pear with stem (24 equals)

当36等分形心角时,利用像素点分析法统计有果梗酥梨边缘黑色像素点数结果如图6所示。

从以上统计结果中可以看出,有果梗酥梨大部分区域的黑色像素点数几乎相等,只有中间2个区域内的黑色像素点数发生畸变,数量明显大于其他区域黑色像素点数,由此可以判断果梗所在的区域。

采用无果梗酥梨做实验样本,24等分形心角

时, 利用像素点分析法统计无果梗酥梨边缘黑色像素点数结果如图 7。

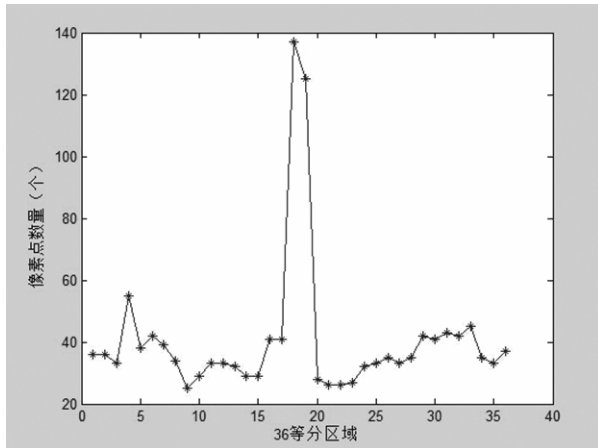


图 6 有果梗酥梨像素点数统计结果 (36 等分)

Figure 6 Statistical results of pear with stem (36 equals)

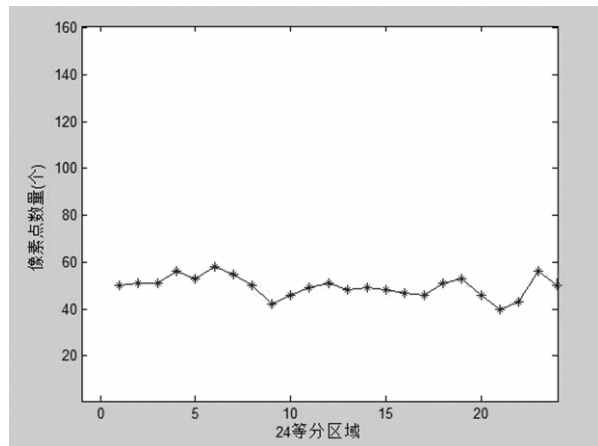


图 7 无果梗酥梨像素点数统计结果 (24 等分)

Figure 7 Statistical results of pear without stem (24 equals)

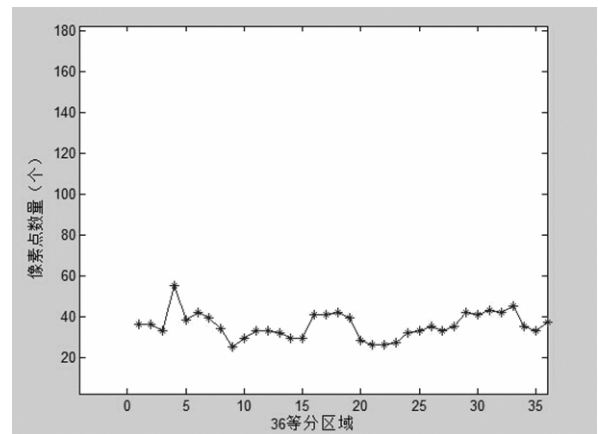


图 8 无果梗酥梨像素点数统计结果 (36 等分)

Figure 8 Statistical results of pear without stem (36 equals)

用无果梗酥梨做实验样本, 36 等分形心角时, 利用像素点分析法统计无果梗酥梨边缘黑色像素点

数结果如图 8 所示。

从以上统计结果可以看出, 对于无果梗的酥梨, 不会出现 2 个连续的区域黑色像素点数明显大于其他区域内的黑色像素点数。

4 检测结果分析

以砀山酥梨为研究对象, 试验中选取 100 只酥梨, 其中有果梗的酥梨 80 只, 无果梗的酥梨 20 只, 全部用本文设计的系统进行识别, 实验结果如表 1 和表 2。

表 1 果梗识别实验结果

Table 1 Result of recognition (N=24)

	样本数 Sample size	正确识别数 Correct recognition number	识别准确率% Accuracy Rate of recognition
有果梗 With fruit stem	80	79	98.8
无果梗 Without fruit stem	20	20	100
总计 Total	100	100	99

表 2 果梗识别实验结果

Table 2 Result of recognition (N=36)

	样本数 Sample size	正确识别数 Correct recognition number	识别准确率% Accuracy Rate of recognition
有果梗 With fruit stem	80	77	96.25
无果梗 Without fruit stem	20	20	100
总计 Total	100	98	97

由以上实验结果可知, 当每隔 15° 分割边缘时, 80 只有果梗的酥梨有一个没有被识别出来, 20 只无果梗的酥梨全部被识别出来, 总识别准确率为 99%; 当每隔 10° 分割边缘时, 80 只有果梗的酥梨有 3 个没有被识别出来, 20 只无果梗的酥梨全部识别出来, 总识别准确率为 97%。从总体分析来看, 无果梗的酥梨基本上都能够识别出来, 有果梗的酥梨的正确识别率基本能够满足果梗识别的要求。

由于作者采用先提取酥梨边缘图像, 然后对边缘图像像素点进行数量分析, 相对传统方法增加了分析计算过程, 故对酥梨果梗的识别效率低于传统方法。但该方法的识别率可达 97%, 精度高于传统方法。

采用 N=24 和 N=36 等分形心角时, 等分边缘角度分别为 15° 和 10°, 等分的边缘角度不会太大或太小, 影响统计效率和统计精度。

影响 N=24 和 N=36 识别准确率的原因: 造成

误判的原因主要包括酥梨的畸形, 以及少部分果梗过短, 几乎淹没在酥梨里; 其次果梗过细会导致果梗成像不清晰, 黑色像素点数过少, 无法与其他区域明显区别。

5 结论

根据图像形态学图像处理技术对酥梨果梗进行检测, 提出了像素点分析法对酥梨果梗进行检测的算法, 判断酥梨果梗有无以及果梗所在的位置, 发现有像素点畸变的区域认为是果梗所在区域, 该方法对果梗识别率达到 97%, 识别精准度高, 便于实现自动化应用。

像素点分析算法对酥梨姿态、果梗常规长度、图片内部情况不敏感, 但对酥梨形状敏感。由于处于完熟期的酥梨果梗状态为单纯性有和无 2 种情况, 通常保留在酥梨上的果梗都比较完整, 当酥梨的果梗由于干燥、碰撞等原因不完整时, 通常也会保留一部分果梗超出酥梨主体, 因此该算法对于酥梨分级具有很强的适应性。试验证明, 该方法对酥梨果梗检测具有一定的理论意义和工程实用价值。

参考文献:

- [1] 鲜梨质量等级要求(GB/T 10650-2008)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [2] 赵娟, 彭彦昆, Sagar D, 等. 基于机器视觉的苹果外观缺陷在线检测[J]. 农业机械学报, 2005, 36(7): 91-95.
- [3] 李江波, 饶秀勤, 应义斌. 水果表面亮度不均校正及单阈值缺陷提取研究[J]. 农业机械学报, 2011, 42(8): 159-163.
- [4] Kleynen O, Leemans V, Destain M F. Development of a multi-spectral vision system for the detection of defects on apples[J]. Journal of Food Engineering, 2005, 26(1): 41-49.
- [5] 郑冠楠, 谭豫之, 张俊雄, 等. 基于计算机视觉的马铃薯自动检测分级[J]. 农业机械学报, 2009, 40(4): 166-169.
- [6] Arman A, Asad M M, Kaveh M, et al. Recognition and localization of ripen tomato based on machine vision [J]. AJCS, 2011, 5(10): 1144-1149.
- [7] Ruiz L A, E Molto, F Juste, et al. Location and characterization of the stem-calyx area on orange by computer vision[J]. J of Agri Engng Res, 1996, 64(3): 165-172.
- [8] Unay D, Gosselin B. Stem and calyx recognition on Jonagold apples by pattern recognition [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 78: 597-605.
- [9] Zhu B, Jiang L, Tao Y. Three-dimensional shape enhanced transform for automatic apple stem-end/calyx identification [J]. Optical Engineering, 2007, 46(1): 1-9.
- [10] Bennedsen B S, Peterson D L. Identification of apple stem and calyx using unsupervised feature extraction[J]. Transactions of ASAE, 2004, 47(3): 889-894.
- [11] 章文英, 应义斌. 苹果果梗和表面缺陷的计算机视觉检测方法[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2001, 27(5): 583-586
- [12] 马本学. 基于数学形态学的香梨果梗提取方法[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2008, 26(5): 636-638
- [13] 肖爱玲, 李伟, 张俊雄, 等. 基于图像形态学的骏枣果梗检测方法[J]. 农机化研究, 2012, 12(4): 140-143.
- [14] 肖爱玲, 李伟, 李传峰. 基于圆形模型的骏枣果梗检测方法[J]. 农机化研究, 2013(1): 152-155.
- [15] 梁伟杰, 邓继忠, 张泰岭. 一种快速判别梨果梗的方法[J]. 农机化研究, 2005(5): 161-163.