

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.S0.051

基于机器视觉的樱桃外径检测*

王 辉¹ 雷雨春¹ 康 峰^{2,3} 王 琦³ 赵 博¹ 张 勤³

(1. 中国农业机械化科学研究院, 北京 100083; 2. 北京林业大学工学院, 北京 100083;
3. 华盛顿州立大学精细和自动化农业系统中心, 华盛顿州 99350)

【摘要】 樱桃的外径尺寸是樱桃分级的重要参考标准之一。目前对樱桃分级都是人工实现,存在主观性强、劳动强度大、不够准确等缺点。利用机器视觉技术实现对樱桃外径尺寸的检测,包括椭圆拟合、圆拟合和旋转搜索。对 18 个樱桃外径进行了检测,结果表明:椭圆拟合方法最有效,与手工测量结果相比,其标准偏差为 0.48 mm,能够满足实际分级需求。

关键词: 樱桃 机器视觉 外径 椭圆拟合
中图分类号: S126; TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2012)S0-0246-04

Size Detection for Cherry Fruit Based on Machine Vision

Wang Hui¹ Lei Yuchun¹ Kang Feng^{2,3} Wang Qi³ Zhao Bo¹ Zhang Qin³

(1. Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China
2. School of Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China
3. Center for Precision & Automated Agricultural Systems, Washington State University, WA 99350, USA)

Abstract

The size of sweet cherries is an important indicator of ripeness and quality. However, as a manual process heavily relying on individual judgment, the operation is labor intensive and subjective. A machine vision system was developed. Three methods were used to measure cheery size. Tests showed that standard deviation was 0.48 mm by using ellipse fitting method. This method was better than others, such as circle fitting method and rotation searching method.

Key words Cherry, Machine vision, Fruit size, Ellipse fitting

引言

樱桃大小和表面颜色是樱桃成熟度和品质的重要表现^[1]。通常,果农通过樱桃的表面特征(颜色和尺寸)来确定樱桃的收获时间^[1],消费者也是通过樱桃的外部特征来选购樱桃^[2]。然而,当前樱桃的分级是针对其外径尺寸进行的,主要是靠人工手动进行,这种分级方法在操作过程中容易引起 2 个问题:费时和劳动密集型;外径的判别结果具有主观偏见性,主要是由于人的技术和经验不同而产生的。

因此,樱桃分级需要在分级生产线上快速和稳定的按照樱桃尺寸颜色对樱桃进行自动分级。特别是能够提高自动分级速度和精度,使果农从市场得到更大利润。

机器视觉在水果颜色自动分级中应用广泛^[3],已经成功的应用在苹果、桃子、梨和橙子的分级包装生产线上^[4~8]。另外,应义斌等^[9~12]研究了基于视觉的水果尺寸分析方法,主要有最小外接矩形法、投影面积法和旋转法等。本文比较并改进现有的外径分级方法,使其适应尺寸较小且外型不规则的水果,

收稿日期: 2012-07-07 修回日期: 2012-07-16
* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B07)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(2010CB735707)和中国博士后科学基金资助项目(2012M510622)
作者简介: 王辉,工程师,博士,主要从事机器视觉在农业自动化中的应用研究,E-mail: wanghui@caams.org.cn
通讯作者: 张勤,教授,博士生导师,主要从事农业自动化研究,E-mail: QinZhang@wsu.edu

并对樱桃进行分级测试。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

樱桃品种是 Bing,它是常见的樱桃品种,同时也是主要商业品种之一,产于美国华盛顿州,于2011 年 6 月采摘。

根据实验方法设计图像采集和处理平台,该系统主要包括 2 部分:①图像采集设备。本文选用 Sigma SD14 型数码相机作为图像采集设备。②图像处理软件。本文使用 Matlab 2009b,操作系统是 Windows XP。

利用已采集的樱桃图像,经过分析找到准确计算樱桃外径的方法。樱桃外径就是樱桃正面最宽距离,如图 1 所示,其外径就是白线对应的最大宽度。

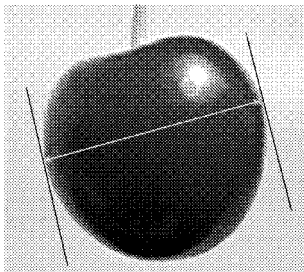


图 1 樱桃外径

Fig.1 Cherry's diameter

1.2 实验方法

在利用图像计算樱桃外径前,首先需要知道当前所用图像中每个像素对应的实际长度和宽度(mm),只有知道像素对应的实际长度才能将图像中得到樱桃外径的像素长度转换成樱桃的实际外径。这就需要根据相机的数学模型来计算。由于采集的樱桃图像中都会有一张颜色校正卡,而颜色校正卡上有对应的实际长度。假设樱桃和颜色校正卡在同一个平面上,则可以计算出像素对应的实际长度和宽度。软件实现如图 2 所示,首先按照数字顺序选取红色十字中间的白点,用来计算像素的实际长度,然后用长方形选取樱桃区域,如红色方框所示,则软件会根据选取的 3 个点自动计算出像素实际长度和宽度,然后对选取的樱桃区域进行樱桃外径的计算。

1.2.1 摄像机模型

根据摄像机的数学模型和相机内外参数,摄像机单个方向(水平或垂直)可视区域原理图,如图 3 所示,可以计算出彩色图像中的目标点(X,Y)在空间中对应的三维坐标(X_c,Y_c,Z_c)。

$$D = \sqrt{X_c^2 + Y_c^2 + Z_c^2} \tag{1}$$

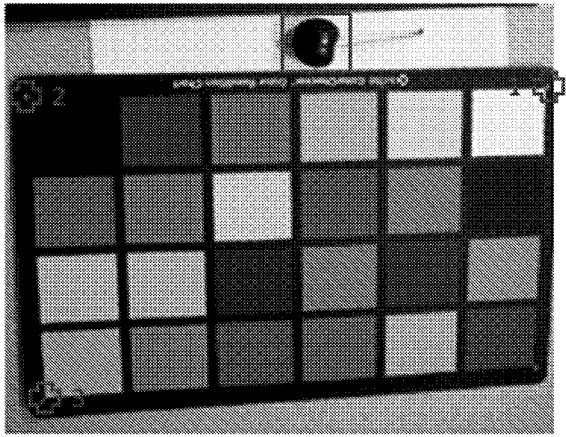


图 2 樱桃区域选取和实际长度计算

Fig.2 Cherry area selecting and physical size of one pixel

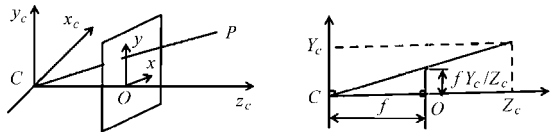


图 3 空间定位分析

Fig.3 3-D location method

$$\text{其中} \quad X_c = \frac{XZ_c}{f} \quad Y_c = \frac{YZ_c}{f}$$

式中 D ——目标到传感器的距离信息

f ——相机焦距,像素

根据图 2 可知图像坐标以及相对空间物理距离的点 1、2 和 3,利用式(1),可求得像平面上每个像素对应物平面上的实际距离(mm),然后利用图像分析方法求得像素意义下樱桃外径,再转换成实际物理长度。

1.2.2 图像预处理

根据已得像素长度,需要对选取的樱桃区域图像进行图像预处理,找到樱桃的轮廓,图 4a 为原始图像。具体操作如下:

(1)利用彩色图像的 $R、G、B$ 3 通道信息,使用超红算法快速识别樱桃目标,并对处理过的数据进行二值化处理。

$$I = 2R - G - B$$
$$B = \begin{cases} 1 & (I \geq 0) \\ 0 & (I < 0) \end{cases} \tag{2}$$

式中 I ——超红计算结果 B ——二值化结果
超红处理后结果如图 4b 所示,二值化结果如图 4c 所示。

(2)去除噪声或过度曝光点。根据噪声的类型,将整张图像面积的四分之一作为阈值,对图像中所有目标块进行识别,当其面积小于阈值时,认为是噪声,并进行二值化处理。最终得到如图 4d 所示的樱桃轮廓。

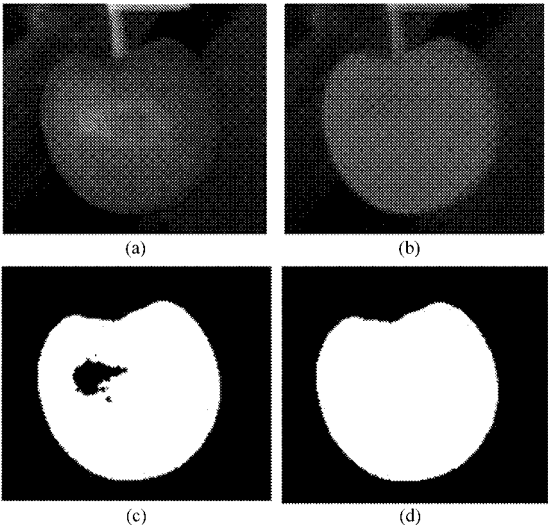


图 4 樱桃轮廓提取方法

Fig. 4 Method of cherry contour extraction

(3) 求解轮廓和面积。在已求得的二进制图像中,使用行程标记算法^[13],将二值化图像中的 8 连通区域目标单独提取出来。并根据得到的轮廓,运用圆拟合、椭圆拟合和旋转 3 种方法求解樱桃外径。

1. 2. 3 樱桃外径计算方法

(1) 圆拟合方法,根据计算得到的樱桃面积,寻找与此面积相等的圆直径作为樱桃外径。如图 5b 所示,面积相等圆的直径即认为是樱桃外径。

(2) 椭圆拟合方法,根据计算得到的樱桃面积,寻找与此区域具有相同标准二阶中心矩的椭圆长轴长度(像素),并认为其长轴长度等于樱桃外径。如图 5c 所示,椭圆长轴长度即认为是樱桃外径。

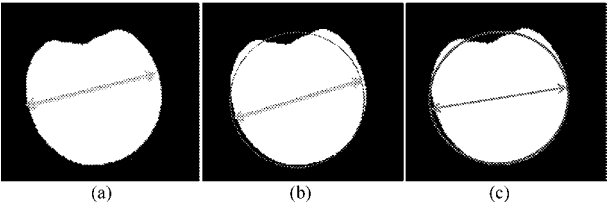


图 5 拟合法求樱桃外径

Fig. 5 Cherry diameter calculating using fitting methods

(a) 实际外径 (b) 圆拟合直径 (c) 椭圆拟合长轴宽度

(3) 旋转搜索方法,首先利用超绿方法找到绿色的果柄,并计算出果柄方向,以果柄方向为中心线旋转樱桃,如图 6b 所示,计算樱桃中心线左、右两边的边界,其边界宽度即认为为樱桃外径。并以此中心线为轴,分别左右旋转樱桃,每次 1°,直至角度为 10°,并求解出对应的外径,求这 21 个外径中的最大值,即为樱桃外径。

2 实验结果与分析

按照实验方法,对 18 个樱桃外径进行了计算,实验结果如表 1 所示。

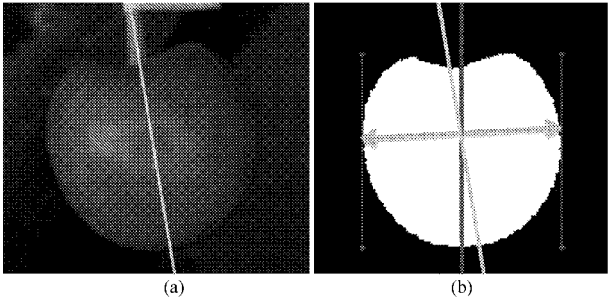


图 6 旋转搜索计算樱桃外径方法

Fig. 6 Cherry diameter calculating using rotation search method

表 1 樱桃外径测量结果

Tab. 1 Results of cherry’s diameter measurement

样本号	mm			
	手工测量	椭圆拟合	圆拟合	旋转拟合
1	27.42	27.66	25.84	27.40
2	26.06	26.12	24.81	25.48
3	25.31	24.77	23.50	24.40
4	25.83	24.66	23.23	24.46
5	25.82	25.12	23.73	24.46
6	24.58	23.97	22.99	23.65
7	26.65	25.96	25.20	25.47
8	26.98	26.12	24.30	25.76
9	25.99	26.29	24.20	27.65
10	26.76	27.01	25.91	26.46
11	26.45	25.86	24.61	25.15
12	25.19	24.92	23.56	24.74
13	26.82	26.80	24.61	26.24
14	26.35	26.79	25.59	26.15
15	26.42	26.03	24.57	25.24
16	24.42	23.63	22.57	23.19
17	25.98	25.64	24.19	23.39
18	26.29	25.40	24.34	24.63

手工测量和 3 种拟合法测量结果相比,椭圆拟合方法的结果较好,其结果与手动测量结果相关性 $R^2 = 0.822$,标准偏差为 0.48 mm。从图 7 可以发现椭圆拟合结果与手动测量结果线性关系明显。

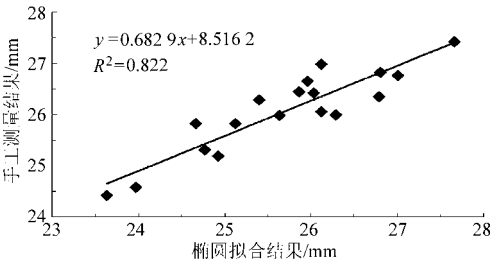


图 7 椭圆拟合结果

Fig. 7 Result of ellipse fitting

图 8 为圆结果线性拟合图,其相关性 $R^2 = 0.727$,标准偏差为 0.496 4 mm。

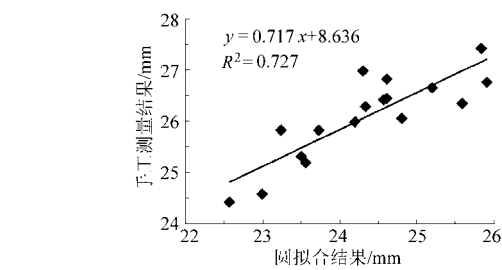


图 8 圆拟合结果
Fig. 8 Result of circle fitting

图 9 为旋转搜索求解得到的结果与手工测量的结果,其相关性 $R^2 = 0.526$,标准偏差为 0.872 6 mm。

经过实验数据分析可知,椭圆拟合方法的拟合精度高于其他 2 种,可能与其外形类似椭圆有关。另外,旋转搜索方法容易受到樱桃果柄判断方向的影响,很多时候樱桃果柄的方向并不是樱桃的中心

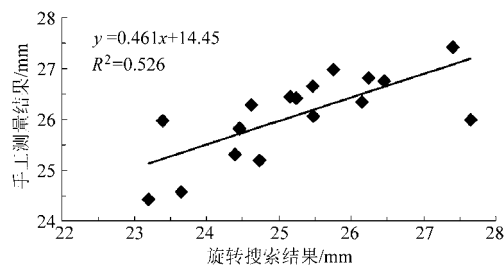


图 9 旋转搜索结果
Fig. 9 Result of rotation search

线方向,所以产生了偏差,导致偏差最大。

3 结束语

应用机器视觉技术对樱桃外径 3 种检测方法进行了分析和比较,实验结果表明椭圆拟合方法较好,其结果与手动测量结果相关性 $R^2 = 0.822$,标准偏差为 0.48 mm。

参 考 文 献

- 1 Diaz-Mula H M, Castillo S, Martinez-Romero D, et al. Sensory, nutritive and functional properties of sweet cherry as affected by cultivar and ripening stage[J]. Food Science and Technology International,2009,15: 535 ~ 543.
- 2 Timm E J, Guyer D E, Brown G K, et al. Michigan sweet cherry color measurement and prototype color chip development [J]. Applied Engineering in Agriculture,1995,11: 403 ~ 407.
- 3 Brosnan T, Sun D W. Improving quality inspection of food products by computer vision—a review[J]. Journal of Food Engineering, 2004,61: 3 ~ 16.
- 4 Kondo N. Robotization in fruit grading system[J]. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2009,3: 81 ~ 87.
- 5 Kondo N, Ahmad U, Monta M, et al. Machine vision based quality evaluation of Iyokan orange fruit using neural networks [J]. Computers and Electronics in Agriculture,2000,29:135 ~ 147.
- 6 Leemans V, Magein H, Destain M F. On-line fruit grading according to their external quality using machine vision[J]. Biosystems Engineering,2002,83:397 ~ 404.
- 7 Zou X, Zhao J, Li Y. Apple color grading based on organization feature parameters[J]. Pattern Recognition Letters, 2007, 28: 2 046 ~ 2 053.
- 8 Guyer D E, Uthaisombut P, Stockman G C. Tissue reflectance and machine vision for automated sweet cherry sorting[J]. Optics in Agriculture, Forestry, and Biological Processing II,1996,11:152 ~ 165.
- 9 应义斌,成芳. 基于最小矩形法的柑桔横径实时检测方法研究[J]. 生物数学学报,2004,19(3):352 ~ 356.
Ying Yibin, Cheng Fang. Real-time size inspection of citrus with minimum enclosing rectangle method [J]. Journal of Biomathematics, 2004,19(3):352 ~ 356. (in Chinese)
- 10 韩伟,曾庆山. 基于计算机视觉的水果直径检测方法的研究[J]. 中国农机化,2011(5):108 ~ 111.
Han Wei, Zeng Qingshan. Research on fruit diameter detecting by using computer vision [J]. Chinese Agricultural Mechanization,2011(5):108 ~ 111. (in Chinese)
- 11 李庆中. 苹果自动分级中计算机视觉信息快速获取与处理技术的研究[D]. 北京:中国农业大学,2000.
- 12 徐娟. 水果分级中计算机视觉信息并行处理技术的研究[D]. 北京:中国农业大学,1997.
- 13 凌云. 基于机器视觉的谷物外观品质检测技术研究[D]. 北京:中国农业大学,2004.
- 14 曹晶晶,王一鸣,毛文华,等. 基于纹理和位置特征的麦田杂草识别方法[J]. 农业机械学报, 2007, 38(4): 107 ~ 110.
Cao Jingjing, Wang Yiming, Mao Wenhua, et al. Weed detection method in wheat field based on texture and position features[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(4): 107 ~ 110. (in Chinese)
- 15 崔鹏,陈志,张小超. 苹果采摘机器人仿生机械手静力学分析与仿真 [J]. 农业机械学报, 2011, 42(2): 149 ~ 153.
Cui Peng, Chen Zhi, Zhang Xiaochao. Statics analysis of apple-picking robot humanoid manipulator [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(2): 149 ~ 153. (in Chinese)