

基于单目多视角机器视觉的珍珠在线分类装置*

汤一平 夏少杰 冯亦军 陈新峰 朱治亮 李陈荣

(浙江工业大学信息工程学院, 杭州 310028)

摘要: 利用摄像机前放置多枚平面镜组成的对称斗型腔体构成以物为中心的单目多视角摄像装置,在摄像机投影平面上直接获取从不同视角拍摄的珍珠表面图像;然后对不同视角的珍珠表面图像进行处理,获得反映珍珠品质的各种特征值;最后用特征融合的方式判定珍珠的品质。实验结果表明,设计的基于单目多视角机器视觉装置能保证在一个统一的颜色系统中一次获得珍珠整个球体表面的图像,实时完成珍珠的大小、形状、光泽、瑕疵和颜色等外观品质指标的视觉检测与分类。

关键词: 珍珠 机器视觉 单目多视角 品质检测 实时分类

中图分类号: TP391.4; TS933.23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)01-0288-05

引言

珍珠在我国具有悠久的使用和培育历史。到2005年,我国淡水珍珠的年产量更是达到1500 t左右,约占世界珍珠产量的95%以上。目前整个行业所采用的分级方法基本上仍停留在人工检测阶段,企业需要安排大量人员以肉眼观察的方式对珍珠的等级进行分类。这种人工检测的珍珠分级方法,由于珍珠体积小、数量多,分级工作负荷大、效率低,易疲劳,加上对经验有较高的要求,检测结果易受人为主观因素影响,不但大大增加了珍珠生产企业的生产成本,也不利于实施准确有效和稳定的质量控制。

养殖珍珠国家分级标准(GB/T 18781—2008)的出台,明确了养殖珍珠的定义、分类、质量因素及其级别标准等,使珍珠出口产品实施分级检验制度成为可能,由此对各珍珠生产和加工企业提出了新的要求。对珍珠进行准确快速的分级成为珍珠生产企业工作重心之一。

利用机器视觉对珍珠进行自动检测与分级能避免上述众多问题,节省企业成本,大幅提高生产效率,满足珍珠生产企业的迫切需求。目前各行业利用机器视觉方式进行产品在线自动分选已有很多成功案例^[1-5],尤其是在食品以及农产品的领域^[6-8]。为了实现珍珠的自动品质检测与分级,国内不少学者利用机器视觉技术进行了相关研究^[9-12]。

由于珍珠球状特殊性,对珍珠进行在线自动分级,必须获得珍珠整个球体表面的图像。因此,一颗

被检珍珠需要从不同视角获取多幅图像。传统的流水线式、滚动式和下落式图像获取方式均不可取^[9-12]。

基于机器视觉的珍珠自动检测与在线分级实现真正产业化应用,迫切需要解决以下几个问题:①如何设计一种低成本的、以物为中心的全景视觉装置来一次获得珍珠整个球体表面的图像。②如何实时完成珍珠的大小、形状、光洁、瑕疵和颜色等外观品质指标的视觉检测。③如何减少环境多义性和珍珠表面反光对机器视觉检测结果的干扰。④如何利用流水线的设计方式来提高检测速度,实现珍珠的快速实时检测和分级。为此,本文设计基于单目多视角机器视觉的珍珠在线检测分类装置。

1 单目多视角立体视觉装置设计

1.1 装置构成

为了一次性、全方位获取被检珍珠整个球体表面的图像,本文设计了由1个普通CMOS摄像机和4个平面镜构成的单目多视角的立体视觉装置,通过一个摄像机的一次成像来获取从5个视角拍摄的珍珠表面图像,实现一种以珍珠为观察中心的全方位视觉装置,如图1所示。具体实现方法是:在摄像机前面放置由4枚平面镜构成的对称斗型腔,镜面朝向腔体内侧;物体光线经过4枚平面镜反射后,投影到摄像机图像平面的不同区域,在摄像机图像平面上投影多个影像,生成单目多视角立体图像;该图像等价于不同视角的多幅图像,等价于一个单目多

视角的立体视觉装置。该装置通过一次成像就能从 5 个不同视角拍摄珍珠表面图像,为一次性地全方位检测珍珠的大小、形状、光泽、瑕疵和颜色等品质指标提供了良好的技术保障。

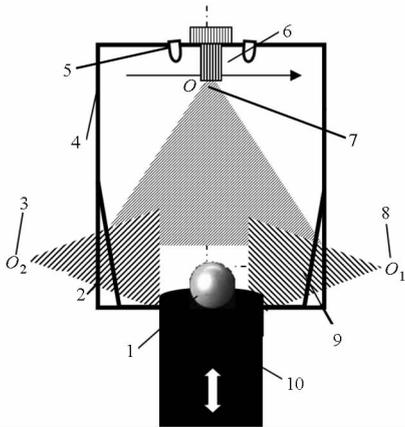


图 1 单目多视角立体视觉检测装置示意图

Fig. 1 Monocular multi-view stereo vision detection device

1. 珍珠 2. 镜面 II 3. 虚拟摄像机 II 的投影点 4. 装置外壳
5. LED 6. 摄像机 7. 真实摄像机的投影 8. 虚拟摄像机 I 的投影点 9. 镜面 I 10. 活动顶杆

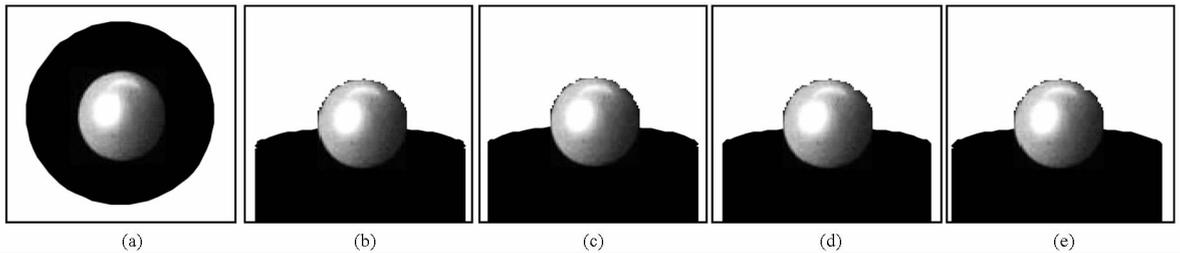


图 2 不同视角所拍摄的被测珍珠图像

Fig. 2 Pearl images captured by the different view points

- (a) 视角 0 (b) 视角 1 (c) 视角 2 (d) 视角 3 (e) 视角 4

外壳对视觉检测系统进行相对封闭。

1.2 照明光源的设计

照明方式的设计是机器视觉照明系统中最为重要的环节,本文的照明方式选择为双点对称式照明方式,照明光源采用白色 LED,LED 的位置和镜头齐高,与摄像机的主光轴呈向内 9° ,通过 4 枚平面镜构成的对称斗型腔的反射使得照射到珍珠表面的光均匀,无阴影、无反光、亮度大,满足不同检测指标的照明要求。被检珍珠安置在上下可移动的支撑杆上,通过支撑杆的升降动作将被检珍珠送入到单目多视角立体视觉检测装置内进行视觉检测。

1.3 视觉装置的标定

在常规情况下对视觉系统的标定,要使用多幅图像实现全部模型参数的精确标定。由于单目多视角摄像装置使用平面镜反射光线,拍摄的一幅多视点投影图像上包含标定板的多个影像。由平面镜反射原理可知,这些标定板影像等价于同一标定板在不同位置上分别投影到摄像机投影平面上所获得的

单目多视角立体视觉系统主要由摄像机和平面镜斗型腔组成。斗型腔由尺寸相同的等腰梯形平面镜组成,呈上大下小,镜面朝向腔体内侧,且腔体的中轴线重合于摄像机的主光轴。摄像机镜头由外壳探入腔体内,镜头入射光线由斗型腔端口的直射光线和镜面反射光线组成。通过腔体的直射光线投影在摄像机投影面的中央区域,被测珍珠通过活动支架被安置到中央区域,镜面反射光线投射到摄像机投影面的周边区域,且 4 个镜面的投影区域各不相同。因此,该装置拍摄的图像包含被测珍珠的多个影像,且这些影像来自于 5 个不同透视投影点,如图 2 所示。共有 5 个不同透视投影点,在摄像机中直接成像的为真实摄像机的透视投影点 O ,其他 4 个均为由摄像机和反射镜面所构成的虚拟摄像机的透视投影点,分别为 O_1 、 O_2 、 O_3 和 O_4 。由于都是在同一个摄像机中成像,因此该装置具有严格一致的内部参数和颜色系统。

为了减少视觉检测时环境多义性以及外界各种干扰,设计的单目多视角立体视觉检测装置由一个

多幅标定板图像。所以,使用一幅标定板的多视点投影图像标定相机内部参数,等价于使用多幅标定板图像的标定操作,图像中包含标定板的 5 幅独立影像,能够获得高精度的标定结果。

2 珍珠在线检测分类装置设计

要实现珍珠实时自动检测和分级,需要对自动检测和分级过程中所必须完成动作的机构进行设计,如图 3 所示,其中包括:用于将被检珍珠自动送入到检测装置的活动顶杆上的上料动作机构,上料动作机构要保证每次只送一颗珍珠并且珍珠的位置正好落在活动顶杆上;用于将落在活动顶杆上的被检珍珠提升到检测箱中进行视觉分析、分类和分级判断的送检动作机构;用于将活动顶杆上已检珍珠落入分级输入口的下料动作机构;用于对活动顶杆上的被检珍珠行视觉分析、分类和分级判断的微处理器;用于对活动顶杆上已检珍珠根据分级判断结果将已检珍珠收集到相对应的珍珠分级容器中的分

级执行机构。

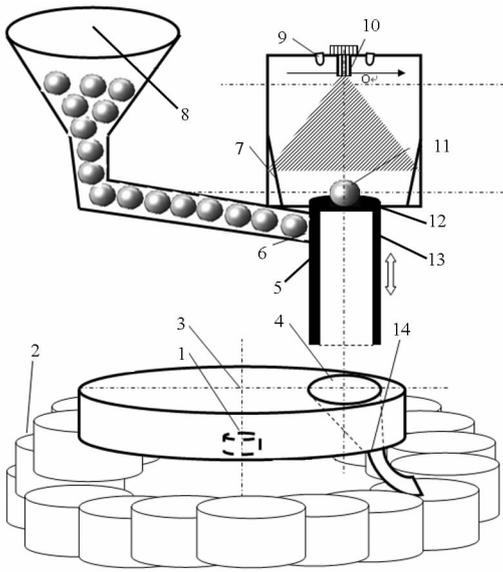


图3 基于单目多视点的机器视觉珍珠在线检测分类系统

Fig.3 Pearl online detecting and grading system based on monocular multi-view machine vision

- 1. 步进电动机 2. 珍珠分级容器 3. 分级动作机构 4. 分级输入入口
- 5. 送检动作机构 6. 上料动作机构 7. 镜面 8. 珍珠分级入料口
- 9. LED 10. 摄像机 11. 珍珠 12. 下料动作机构
- 13. 活动顶杆 14. 分级执行机构

对珍珠的视觉分析、分类和分级判断必须是在线实时完成的,而且受到整个在线分类系统一个检测周期时间的限制。因此希望对被测珍珠的大小、形状、光泽、瑕疵和颜色等品质指标的检测能并行处理,以达到最大检测效率。

3 被测珍珠的图像分析、检测与分类

根据 GB/T 18781—2008 珍珠分级国家标准,珍珠分级是根据珍珠的类别(海水、淡水),分别从颜色、大小、形状、光泽、光洁度、珠层厚度(有核珍珠)等6个方面的质量因素进行评价,其中颜色、光泽、光洁度是根据国家标准样品对比给出级别,一般分为4个级别。根据排列组合共能将被测珍珠分成20个类别。本文依据 GB/T 18781—2008 珍珠分级国家标准对被检珍珠进行分级,将这些分级指标体系写入到知识库、图像识别算法库和各种检测指标库中。

通过机器视觉能对珍珠的颜色、大小、形状、光泽和光洁度等5个方面的品质进行检测和分类。图4为基于单目多视点的机器视觉珍珠在线检测装置的硬件与软件系统框图。采用5个线程对被测珍珠的颜色、大小、形状、光泽、光洁度等5个品质因素同时进行图像分析处理,如图4中的虚线部分所示。为了提高图像处理的速度,本文采用的4核微处理器芯片的PC,开发语言为JAVA,并采用了JAVA语言中的多线程机制。

珍珠在检测箱中进行检测时,光照条件、图像背景的灰度和珍珠的反射光强度均恒定在一定区域内,采用了全局 Ostu 算法来进行图像分割,由于珍珠区域最外面有一层光晕,利用腐蚀算法去除最外层的光晕。

经过图像分割获得珍珠前景对象后,分别在5

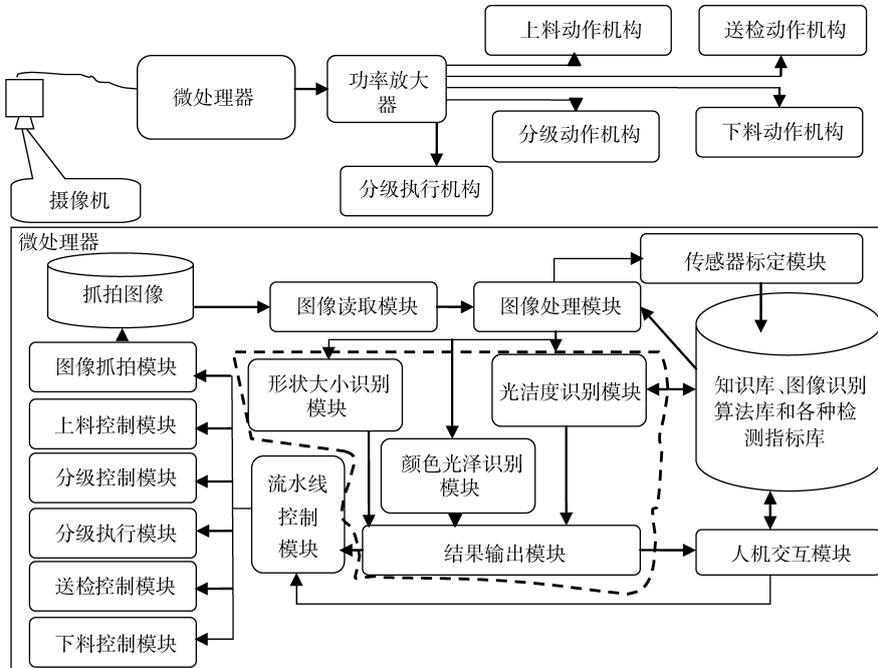


图4 基于单目多视点的机器视觉珍珠在线检测装置硬件与软件系统框图

Fig.4 Block diagram of the hardware and software systems for pearl online detecting and grading based on monocular multi-view machine vision

个线程中对珍珠的颜色、大小、形状、光泽、光洁度等 5 个品质因素根据国家标准进行检测。

4 实验结果

为了验证本文设计的单目多视角立体视觉检测装置获取珍珠整个球体表面的图像质量,开发了单目多视角立体视觉检测装置样机,如图 5 所示。图 6 为通过单目多视角立体视觉检测装置,获取的 5 个视角的图像,均能有效获得整个珍珠球体表面的图像,而且各种瑕疵、斑点、颜色等反应珍珠品质的要素都清晰可见。

从不同的照明角度,也进行了相应的实验,分为

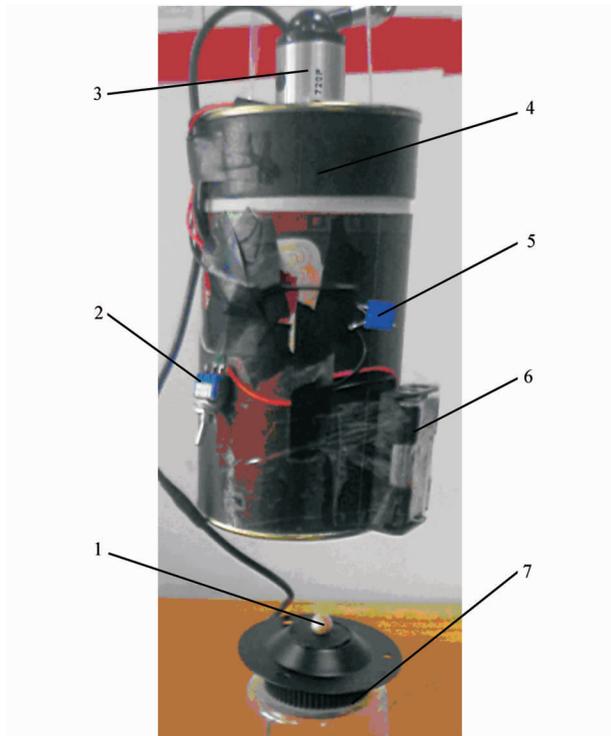


图 5 单目多视角立体视觉检测装置原型

Fig.5 Detection device prototype of monocular multi-view stereo vision

- 1. 珍珠 2. 开关 3. 摄像机 4. LED 5. 电位器 6. 电池
- 7. 上料动作机构

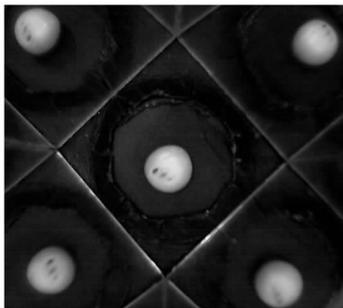


图 6 单目多视角立体视觉检测装置获取的 5 个视角珍珠图像

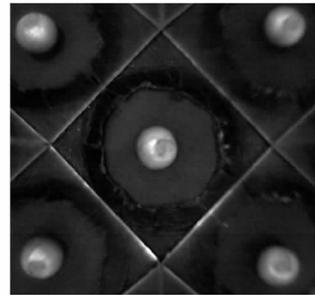
Fig. 6 Five perspective pearl images obtained by the monocular multi-view stereo vision detection device

顶光源照明、边光源照明和底光源照明,实验图像如图 7 所示。从实验结果来看各种 LED 照明方式均有各自的优缺点:

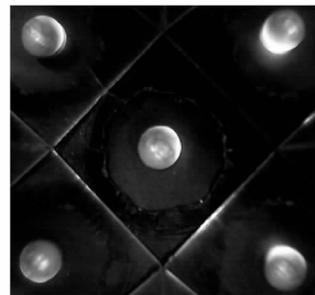
(1)顶光源照明。优点:拍摄得到的珍珠颜色最接近人眼观察到的颜色,对于大的瑕疵能够较好识别,装置也易于实现。缺点:每幅珍珠图像上都会形成一块高光区域,对瑕疵判断形成一定干扰。另外,对于细小的瑕疵也不能很好分辨,如图 7a 所示。

(2)底光源照明。优点:在光强合适的情况下检测得到的瑕疵最明显,同时也不存在高光区域,装置上也容易实现。缺点:对不同颜色的珍珠,所需要的光照强度不同,如对于白色透光性较好的珍珠需要光强较弱的灯光才能得到理想的图像,而对于黄色或紫色透光性较差的珍珠则需要光强较强的灯光才能得到理想图像。另外,在颜色判断上,采用不同的光强所拍摄到的珍珠图像的颜色差别也很显著,如图 7b 所示。

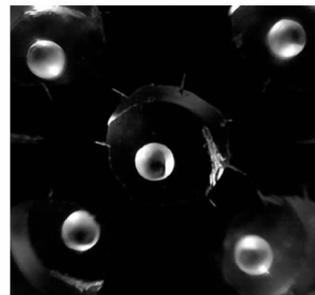
(3)边光源照明。优点:拍摄得到的珍珠图像的瑕疵较顶光源更为明显,对于不同颜色的珍珠也可以采用光强不变的光源。缺点:拍摄的珍珠颜色



(a)



(b)



(c)

图 7 不同位置光源下的珍珠图像

Fig. 7 Pearl images in the light of different positions (a) 顶光源照明 (b) 底光源照明 (c) 边光源照明

与人眼观察到的珍珠颜色有较大的差别,另外也存在高光区域,影响瑕疵的判断,如图7c所示。

综合上述各种照明的优缺点,本文采用了两枚LED安置在摄像机附近的顶光源照明方式。

另外实验中也发现由于镜面存在一定的厚度,同一束光线通过镜面时会有两次折反射,以致造成镜面反射成像中的重影现象。这种现象可以通过改变镜面涂膜面得到解决。

5 结束语

利用单目多视角的成像技术设计了一种具有相同的摄像机内部参数和颜色系统的全景机器视觉检测设备,并将该全景机器视觉检测设备应用于珍珠品质在线检测与分类,为珍珠进行自动、准确而快速的分级提供了一种技术支撑。首先,将5个不同视点所得到的珍珠图像用Ostu算法提取出前景珍珠图像,然后通过3个线程同时对5幅珍珠前景对象

进行数字图像处理,实时完成珍珠的大小、形状、光洁、瑕疵和颜色等外观品质指标的视觉检测;通过采用相对封闭的检测箱和合适的照明技术,有效减少了环境多义性和珍珠表面反光对机器视觉检测结果的干扰。

本文提出的基于单目多视角机器视觉的珍珠在线检测分类装置优点有:①采用了流水线式珍珠实时自动检测和分级方法,上料动作、图像抓拍动作、图像分析和检测处理、卸料动作和分级动作都是并行进行的,提高了自动检测和分级的效率。②通过单目多视角同时获取5幅来自不同视角的被检珍珠表面图像,极大地简化了基于机器视觉的自动检测装置的复杂度,降低了装置的制造成本,同时也为后续图像处理和分析提供了便利。③以养殖珍珠的国家分级标准进行珍珠的图像分析和检测处理,所检测的指标符合国家标准。

参 考 文 献

- 1 Dowlati M, Guardia M, Mohtasebi S S. Application of machine-vision techniques to fish-quality assessment[J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2012, 40: 168 ~ 179.
- 2 Kita Y. Special section on machine vision and its applications: Foreword[J]. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 2012, E95-D(7): 1 721.
- 3 Lorente D, Aleixos N, Gómez-Sanchis J, et al. Recent advances and applications of hyperspectral imaging for fruit and vegetable quality assessment[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2012, 5(4): 1 121 ~ 1 142.
- 4 Tian Yuanyuan, Liu Siyang, Tan Qingchang. Application of detecting part's size online based on machine vision[C] // 2012 International Conference on Future Energy, Environment, and Materials, 2012: 1 948 ~ 1 956.
- 5 Wang Yan, Tian Subo, Li Chunqiu. Application of machine vision in grading and identification of grafting seedlings[C] // 2nd International Conference on Advances in Materials and Manufacturing Processes, 2011: 1 705 ~ 1 708.
- 6 Patel K K, Kar A, Jha S N, et al. Machine vision system: a tool for quality inspection of food and agricultural products[J]. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 2012, 49(2): 123 ~ 141.
- 7 Brosnan T, Sun D W. Improving quality inspection of food products by computer vision—a review [J]. *Journal of Food Engineering*, 2004, 61(1): 3 ~ 16.
- 8 Narendra V G, Hareesh K S. Prospects of computer vision automated grading and sorting systems in agricultural and food products for quality evaluation[J]. *International Journal of Computer Applications*, 2010, 1(4): 1 ~ 9.
- 9 李革,李斌,王莹,等. 珍珠形状的计算机视觉识别[J]. *农业机械学报*, 2008, 39(7): 129 ~ 132.
Li Ge, Li Bin, Wang Ying, et al. Pearl shape recognition based on computer vision [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2008, 39(7): 129 ~ 132. (in Chinese)
- 10 徐舒畅,邱咸,张三元. 基于机器视觉的珍珠光洁度在线自动分级[J]. *计算机应用*, 2011, 31(10): 2 764 ~ 2 766.
Xu Shuchang, Qiu Xian, Zhang Sanyuan. Online automated grading of pearl surface perfection based on computer vision [J]. *Journal of Computer Applications*, 2011, 31(10): 2 764 ~ 2 766. (in Chinese)
- 11 郑华文,曹衍龙,杨将新,等. 基于计算机视觉的珍珠形状分级识别技术研究[J]. *工程设计学报*, 2008, 15(5): 365 ~ 368.
Zheng Huawen, Cao Yanlong, Yang Jiangxin, et al. Separation method for shape grading of pearls using computer vision [J]. *Journal of Engineering Design*, 2008, 15(5): 365 ~ 368. (in Chinese)
- 12 周记林,马莉. 基于机器视觉的珍珠图像采集及缺陷检测[J]. *计算机工程与应用*, 2008, 44(3): 210 ~ 213.
Zhou Jilin, Ma Li. Machine vision based image grabbing and defect detection of pearl surfaces[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(3): 210 ~ 213. (in Chinese)

Abstract: Based on Android mobile phone platform, a rapid and non-destructive method for measuring area of plant leaves was developed. After snapping the images which contained reference object with known area and plant leaf whose area would be measured, through image graying, smoothing, binarizing, geometric correcting and connected components labeling, the area of plant leaf could be obtained according to the values of pixels of reference object and plant leaf. Functionality and interface of the system were designed with programming techniques based on Android. Geometric correction method was provided for image tilt distortion problem. Many leaves of several plants, such as clover, hibiscus, wintersweet, maple, ginkgo and sakura were used as the object for experiment. Results showed that the system can effectively measure plant leaf area and is not restricted by leaf shape; the relative error of measured area is range from -2.9% to 2.7% .

Key words: Plant leaves Area Non-destructive measurement Android Mobile phone

(上接第 292 页)

Pearl Online Detecting and Grading Device Based on Monocular Multi-view Machine Vision

Tang Yiping Xia Shaojie Feng Yijun Chen Xinfeng Zhu Zhiliang Li Chenrong
(College of Information Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310028, China)

Abstract: An imaging apparatus of monocular multi-view was designed by putting a symmetric bucket cavity, which was made by 4 planar mirrors, in front of the camera. An image of the pear surface from different perspectives could be obtained by this device; then, a variety of views which present pearl quality could be obtained by image processing. Finally the quality of the pearl could be determined by feature fusion. Experimental results show that the image captured of pearl entire surface could be obtained in a unified color system by the proposed device. Besides, the device accomplishes pearl online detecting and grading according to the quality indicator such as size, shape, luster, blemish and color.

Key words: Pearl Machine vision Monocular multi-view Quality detection Online grading