

基于 SOPC 水果分级检测系统研究

Research on fruit grading detection system based on SOPC

乔 陆 陈 静

QIAO Lu CHEN Jing

(河南职业技术学院信息工程系, 河南 郑州 450046)

(Department of Information Engineering, Henan Polytechnic College, Zhengzhou, Henan 450046, China)

摘要:为了解决传统的水果分级检测系统存在的分级速度慢、系统庞大和成本高等问题,提出了基于 SOPC 水果分级检测系统,并将整个控制系统集成到一个 FPGA 芯片上,以脱离 PC 机平台,从而降低成本。通过 Soble 算法实现了水果图像的边缘提取,通过直方图的方法对水果的大小进行分辨,从而可以准确地对水果进行分级处理。测试结果表明,该系统具有检测速度快,开发周期短,可在线升级的优点,具有很好的应用空间。

关键词: SOPC; Soble 算法; 水果检测

Abstract: In order to solve traditional fruit grading detection system of graded speed slow, huge system and high cost, puts forward the detection system based on SOPC fruit grading, and the whole control system was integrated into a FPGA chip, which can be detached from the PC platform, greatly reduces the cost. Through the Soble algorithm to achieve the edge of the fruit image extraction, and the method of histogram of the size of the fruit to distinguish, the fruit could be accurately classified. Test results show that this system has the advantages of fast detection speed, short development cycle, and can be upgraded online, which has a good application space.

Keywords: SOPC; soble algorithm; fruit detection

随着自动化技术的快速发展,农业自动化程度也越来越高。自动化水果无损检测技术的应用越来越广泛,此技术可以在不损坏水果的前提下对水果的内外品质进行精确和有效的检测,对水果进行分级处理^[1]。目前的水果检测技术都是基于视觉技术的,都是使用单片机作为处理器,但单片机数字信号处理能力很差,其主频也很有限,前端需要增加分频器,同时还需要增加与数字信号处理的相关电路,因此虽然也能对水果的形状、大小和颜色等进行很好的检测,但是存在分级速度慢、系统庞大和成本高等问题^[2]。目前还没有

将 SOPC 应用到水果分级检测的相关研究和设计。为了解决这些问题,本研究提出了基于 SOPC(system on programmable chip)机器视觉的水果检测分级技术^[3],所谓 SOPC 就是将整个控制系统集成到一个芯片里,具有很强的数字信号处理能力和运算速度,且 SOPC 系统使用的 FPGA 芯片价格低、集成度高,可以大大降低成本。

1 水果分级检测系统总体设计

系统总体设计见图 1。

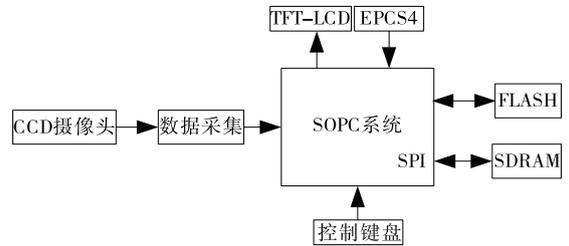


图 1 系统总体框图

Figure 1 General block diagram of the system

水果图像通过高清 CCD 摄像头得到,然后把图像信号输送到 SOPC 系统进行处理,系统通过算法可以准确地对水果进行边缘及分级检测,处理结果通过 TFT-LCD 进行显示。

2 水果图像的处理及边界提取

水果分级检测的前提是要准确地提取出图像边界。图像边界提取的算法种类很多,本研究选用的是 Soble 算法^[4]。该算法是将检测像素点作为所有像素的中心进行处理,同时还要将 3×3 领域内像素灰度的加权差融合进去。整个算法过程相当于一种梯度的幅值,选择恰当的门限,最终确定是否为边缘点^[5]。

图像边界的提取是一个非常复杂的过程,之前还必须对图像进行有效的预处理,才能进行图像边界的提取,本研究使用高斯滤波法^[6]进行预处理。高斯滤波法的实质是构建

基金项目:河南省教育厅科研项目(编号:2014SJGLX381)

作者简介:乔陆(1979—),男,河南职业技术学院讲师,硕士。

E-mail: hnqiaolu@163.com

收稿日期:2016-04-06

一个平滑滤波器,是通过二维零均值离散高斯函数实现的,该函数可表示成:

$$g[i,j] = e^{-\frac{(i^2+j^2)}{2\delta^2}}, \quad (1)$$

式中:

δ ——高斯分布参数,高斯滤波器的宽度就是通过 δ 确定的;

i ——横向像素点数,个;

j ——纵向像素点数,个;

e ——以 e 为底的指数函数。

高斯滤波器可以通过高斯函数的形状选择正确的权值,从而构建出一个线性平滑滤波器,这样就可以很好地过滤掉服从正态分布的噪音^[7]。

图2是原始图像,通过高斯滤波处理的结果见图3。通过对比图2、3可知此滤波器可以很好地过滤掉服从正态分布的噪音。



图2 原始图像

Figure 2 Original image



图3 高斯滤波后的图像

Figure 3 Image after Gauss filter

3 Sobel 边缘检测的应用

3.1 Sobel 算法原理

此算法的基本框图见图4。在使用此算法进行图像的边缘检测时,须先将水平、垂直梯度两个参数求出,再综合考虑此两个参数选取的合适门限,可得到较好的水果图像的边缘检测结果^[8]。

水果图像的 3×3 区域见图5。图5中,可以用函数分别

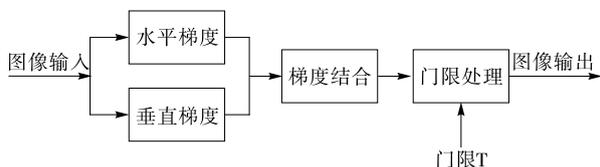


图4 Sobel 算法边缘基本框图

Figure 4 Edge basic block diagram of Sobel algorithm

z_1	z_2	z_3	-1	-2	-1	-1	0	1
z_4	z_5	z_6	0	0	0	-2	0	2
z_7	z_8	z_9	1	2	1	-1	0	1

(a) 3×3 区域 (b) x 方向梯度算法 (c) y 方向梯度算法

图5 水果图像的 3×3 区域

Figure 5 3×3 region of fruit image

表示 x, y 两个方向的梯度。

$$G_x = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3), \quad (2)$$

$$G_y = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7). \quad (3)$$

在具体计算的过程中,必须要把 G_x, G_y 和 $hist[k]=0$ ($k=0, \dots, L-1$)同时使用。

在进行门限计算时,必须满足:

$$G(X,Y) = \begin{cases} 255 & \dot{y}(x,y) \geq T \\ 0 & \dot{y}(x,y) < T \end{cases}, \quad (4)$$

式中:

T ——门限值;

$\dot{y}(x,y)$ ——像素点 (x,y) 的梯度值。

3.2 Sobel 算法的 system generator 实现

在使用此算法进行图像边缘检测时,为了得到需要的数据,必须将图像转变为 system generator^[9]。

具体的转换过程见图6。

把图像转换为 system generator 之后,就可以得到 x, y 两个方向梯度计算模型,见图7、8。

两个方向的梯度值求出后就可以选择合适的门限。

3.3 基于 SOPC 的 Sobel 算法调试

根据前面论述的 Sobel 算法过程可知,选择的门限不同,图像边缘的检测结果也不同^[10]。在进行调试时,选择的门限值分别为 4,3,2,0.8 时,得到的图像边缘检测结果见图9。

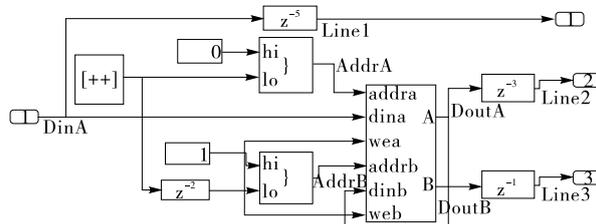


图6 图像转换过程

Figure 6 Image conversion process

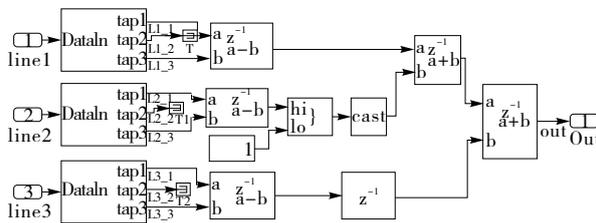


图7 X Sobel 子系统

Figure 7 X Sobel Subsystem

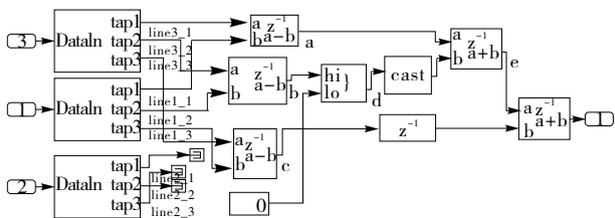


图 8 Y Sobel 子系统

Figure 8 Y Sobel Subsystem

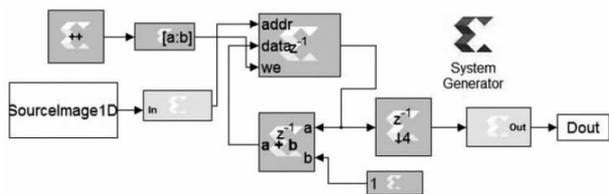


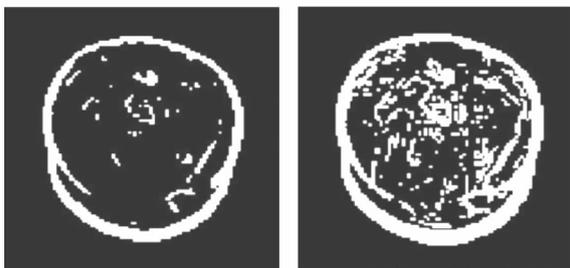
图 10 直方图模型

Figure 10 Histogram model



(a) 门限为4

(b) 门限为3



(c) 门限为2

(d) 门限为0.8

图 9 不同阈值的图像边缘检测结果

Figure 9 Image edge detection results with different threshold values

由图 9 可知,门限值越小,边缘越敏感;同时亮度也发生了很大的变化,这些变化的亮度被系统认作边缘,从而会出现边缘毛刺的情况。

4 基于 SOPC 水果分级检测系统的实现

通过 Sobel 算法可以很好地将水果边缘的特征量提取出来,要想实现对水果进行分级处理,还必须测定相应的图片面积。本研究使用直方图的方法来测定图片的面积。此方法可以把像素不同灰度值出现的次数准确地统计出来,进而能够很好地确定水果图像的一维信息^[11]。直方图的频率表达式为:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{N}, \quad (5)$$

式中:

N ——水果图像总像素;

n_k, r_k ——第 k 级灰度的像素数和灰度等级。

通过 SOPC 系统可以把直方图的模型构建出来,具体的见图 10。

为了验证直方图法的正确性,对图 11 进行直方图处理,处理的结果见图 12。

图 12 中,横坐标是灰度级别,纵坐标是频率(像素点的个数),横坐标的数值主要表示不同的像素点。其中大数值



图 11 边缘提取图像

Figure 11 Edge extraction image

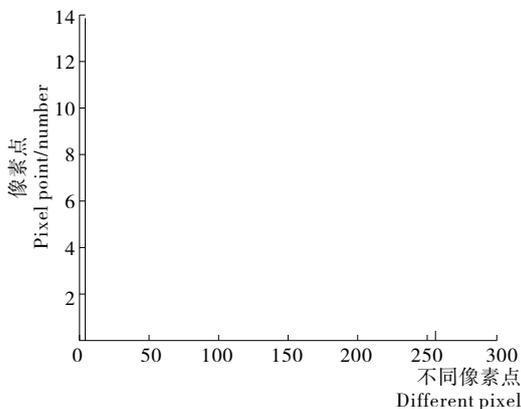


图 12 灰度直方图

Figure 12 Gray histogram

和小数值分别表示白色和黑色像素点^[12]。由此可知,将白色的像素点计算出来就可以确定图像的面积,白色像素点数越小意味着图像小,从而可以准确地对水果进行分级处理。

5 结论

本研究采用 Sobel 算法实现了对水果图像边缘的提取,通过直方图的方法对水果的大小进行分辨,整个系统通过 SOPC 系统实现,可以准确地对水果进行分级处理。

本系统和目前其它的水果分级系统相比优势明显,主要表现在检测速度和精度大大提高,本系统可以不使用 PC 机平台,成本大大降低,同时还可以实现在线升级,具有很大的市场空间。如果检测的速度要进一步的提高,可以选择性能更好的 FPGA 芯片。

参考文献

[1] 葛飞, 苏铁青, 岳晓禹. 单片机在重量分检机中应用系统设计的研
究[J]. 食品与机械, 2005, 21(3): 54-56.
[2] 葛飞, 王斌, 苏铁青. 重量分检机单片机控制系统的抗干扰设计
[J]. 食品与机械, 2004, 20(6): 39-41.

(下转第 201 页)

参考文献

- [1] DE BAETSS, VANDAMME E J. Extracellular *Tremella* polysaccharides: structure, properties and applications [J]. *Biotechnology Letters*, 2001, 23(17): 1 361-1 366.
- [2] 马素云. 银耳多糖提取纯化、结构特征及溶液性质研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012: 1-3.
- [3] 王斌, 连宾. 食药真菌多糖的研究与应用[J]. *食品与机械*, 2005, 21(6): 96-100.
- [4] CHEN Bin. Optimization of extraction of *Tremella Fuciformis* polysaccharides and its antioxidant and antitumour activities in vitro [J]. *Carbohydrate polymers*, 2010, 81(2): 420-424.
- [5] WU Qiong, ZHENG Cheng, NING Zheng-xiang, et al. Modification of low molecular weight polysaccharides from *Tremella Fuciformis* and their antioxidant activity in vitro [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2007, 8(7): 670-679.
- [6] WANG Xiao-mei, ZHANG Zhong-shan, ZHAO Ming-xing. Carboxymethylation of polysaccharides from *Tremella Fuciformis* for antioxidant and moisture-preserving activities [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2015, 72: 526-530.
- [7] 刘健影. 银耳多糖提取工艺优化及其在饮料中的应用[D]. 长春: 吉林农业大学, 2009: 5-12.
- [8] GHORAI S, BANIK S P, VERMA D, et al. Fungal biotechnology in food and feed processing [J]. *Food Research International*, 2009, 42(5/6): 577-587.
- [9] 崔蕊静, 张梅申, 刘绍军, 等. 无腥大豆中加入银耳浸提液生产酸豆奶的工艺研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(7): 158-161.
- [10] 惠秋沙. 玉米须保健饮料中多糖含量的测定[J]. *食品研究与开发*, 2011, 32(8): 103-105.
- [11] 周国海, 张泳, 赵力超, 等. 蛹虫草多糖提取纯化工艺研究[J]. *食品与机械*, 2014, 30(5): 220-224.
- [12] 王玢. 银耳制品的制备及其生理功效研究[D]. 北京: 首都师范大学, 2009.
- [13] MENSOR L L, MENEZES F S, LEITÃO G G, et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method [J]. *Phytotherapy Research*, 2001, 15(2): 127-130.
- [14] ZHANG Min, CHEN Hai-xia, LI Jin-lei, et al. Antioxidant properties of Tartary buckwheat wheat extracts as affected by different thermal processing methods [J]. *Food Science and Technology*, 2010, 43(1): 181-185.
- [15] 樊振江, 詹现璞, 栗亚琼, 等. 复合稳定剂对豇豆饮料稳定性的影响[J]. *食品与机械*, 2014, 30(1): 232-247.
- [16] 李小鑫, 罗昱, 梁芳, 等. 浑浊型刺梨果汁饮料配方及其稳定性研究[J]. *食品与发酵工业*, 2013, 39(7): 216-222.
- [17] ZHANG Hui, WANG Zhang, XU Shi-ying. Optimization of processing parameters for cloudy ginkgo (*Ginkgo biloba* Linn.) juice [J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 80(4): 1 226-1 232.
- [18] 常秀莲. 两种芦荟活性成分及其热稳定性比较研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006: 85-99.
- (上接第 97 页)
- [3] 胡向峰, 王黎明. 基于 SOPC 技术的高速数据采集系统的设计 [J]. *微电子学与计算机*, 2009, 26(6): 62-65.
- [4] 赵擎天, 尉广军, 姚义. 基于 SOPC 的多路并行同步数字信号采集系统设计[J]. *军械工程学院学报*, 2011, 23(3): 60-65.
- [5] 曹乐平, 谢培甫. vfb 基于补偿模糊神经网络的立式转鼓水果分级系统设计[J]. *食品与机械*, 2007, 23(2): 70-73.
- [6] 施健, 何建国, 张冬, 等. 基于计算机视觉鲜枣大小分级系统研究[J]. *食品与机械*, 2013, 29(5): 134-137.
- [7] 党宏社, 宋晋国. 基于 ARM 的嵌入式水果大小检测与分级系统的实现[J]. *四川农业大学学报*, 2011, 29(1): 89-92.
- [8] 李明, 赵勋杰. Sobel 边缘检测的 FPGA 实现[J]. *现代电子技术*, 2009(16): 44-46.
- [9] 展慧, 李小昱. 基于机器视觉的板栗分级检测方法[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(4): 327-331.
- [10] 袁江南. 一种图像边缘检测 FPGA 实现的快速设计方法[J]. *厦门理工学院学报*, 2010, 18(1): 56-59.
- [11] 安爱琴, 余泽通. 基于机器视觉的苹果大小自动分级方法[J]. *农机化研究*, 2008(4): 163-166.
- [12] 张辉, 曲仕茹. 基于 FPGA 硬件实现的图像边缘检测及仿真 [J]. *计算机仿真*, 2010, 27(3): 232-236.
- (上接第 155 页)
- [13] 谌小立, 赵国华. 抗氧化膳食纤维研究进展[J]. *食品科学*, 2009, 30(5): 291-294.
- [14] 周小理, 钱韻芳, 周一鸣. 植物性膳食纤维抗氧化活性的研究与应用[J]. *食品与机械*, 2010, 26(3): 158-160.
- [15] 王思远, 刘学铭, 陈智毅, 等. 富含膳食纤维的柚皮粉制备及其特性研究[J]. *现代食品科技*, 2014, 30(11): 170-174.
- [16] VERGARA V N, GRANADOS P E, AGAMA A E, et al. fibre concentrate from mango fruit: characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2007, 40(4): 722-729.
- [17] Association of Official Analytical Chemists. AOAC, Official Methods of Analysis, 18th ed[S]. USA, Gaithersburg: [s. n.], 2005.
- [18] 全国文献工作标准化委员会第七分委会. GB/T 5009—2010 食品安全国家标准汇编[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [19] LIOBERA A, CANNELLAS J. Dietary fibre content and antioxidant activity of manto negro red grape (*vitis vinifera*): pomace and stem[J]. *Food Chemistry*, 2007, 101(2): 659-666.
- [20] HASSAN F A, ISMAIL A, HAMID A A, et al. Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of *Mangifera pajang* K. fruit peels[J]. *Food Chemistry*, 2011, 126(1): 283-288.
- [21] SERPEN A, CAPUANO E, FOGLIANO V, et al. A new procedure to measure the antioxidant activity of insoluble food components[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(19): 7 676-7 681.
- [22] 王菁, 蒲彪, 伍红梅. 柑橘果皮中主要功能性成分含量测定[J]. *食品工业科技*, 2010, 31(3): 367-369.
- [23] PÉREZ-JIMÉNEZ J, SERRANO J, TABERNEROM, et al. Effects of grape antioxidant dietary fiber in cardiovascular disease risk factors[J]. *Nutrition*, 2008, 24(7/8): 646-653.