

稻米粒型特性参数测试系统的开发

吴才章, 步东伟*

(河南工业大学电气工程学院, 郑州 450007)

摘要: 针对优质稻米品质国标参数检测的实际需要, 在设计稻米图像采集装置的基础上, 给出一种基于嵌入式的稻米粒型特性参数测试方法。系统以基于 ARM 内核的 S3C2410 为硬件开发平台, 以 linux 系统为软件开发平台, 采用 USB 数字摄像头, 结合图像处理与模式识别技术, 利用大津法对图像进行阈值分割, 通过边缘检测和最大距离方法获得稻米粒型国标参数, 测试误差不超过 1%。该系统为稻米国标参数的现场测试奠定了基础。

关键词: 测试, 图像处理, 参数评估, 稻米粒型, 嵌入式 linux, 大津法

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2010.12.022

中图分类号: TP29

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2010)-12-0131-05

吴才章, 步东伟. 稻米粒型特性参数测试系统的开发[J]. 农业工程学报, 2010, 26(12): 131-135.

Wu Caizhang, Bu Dongwei. Development of test system for rice shape property parameters[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(12): 131-135. (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着人们生活水平的提高, 对稻米品种和质量的要求越来越高。国家新颁的《优质稻谷》标准 GBT/17891-1999^[1]中新加入了稻米的粒型参数, 为中国优质稻谷的生产与开发提供了重要的依据。稻米的粒型参数是指稻米粒长与粒宽的比值, 在描述稻米的品种、定级中都具有重要意义。国标中对粒型参数的检测主要采用人工测量的方法, 用直尺测量 10 粒稻米的总长度和宽度, 从而计算出稻米的粒型参数。这种方法受检测人员的主观因素影响比较大, 检测时间长、重复性差, 使得检测结果的合理性和权威性大打折扣, 难以满足稻米收购、储藏等过程中对品质检测的快速、客观和准确性的要求。

近年来, 利用图像处理与模式识别技术检测农产品质量得到了国内外学者的普遍关注, 中国农业大学^[2-6]、江西农业大学^[7]、山东农业大学^[8]等机构开展了一些初步的研究。采用的方法主要是利用商用扫描仪或 CCD 采集粮食的图像, 然后利用计算机进行图像处理, 获得粮食的形态参数。这些研究主要是利用计算机进行图像处理^[9-12], 其缺点是成本高、体积庞大、携带不方便。

随着嵌入式技术的发展, 利用嵌入式系统实现图像处理的应用越来越多^[13-16]。本系统采用 ARM+USB 数字摄像头的图像采集方式, 采用 Omnivision 公司的 OV511 为控制芯片的 USB 数字摄像头为采集模块, 利用

Video4Linux 内核 API 接口函数, 编写了相应的应用程序, 实现采集图像的实时显示, 并利用 JPEG 压缩技术, 将采集的图像保存为文件, 在此基础上, 结合图像处理与模式识别技术, 对采集到的彩色图像进行灰度化处理, 将彩色图像转化为灰度图像, 而后利用大津法对图像进行分割, 进一步计算出稻米的粒型参数。

1 系统硬件设计

系统采用 Samsung 公司的 S3C2410 处理器, 该处理器内部集成了 ARM 公司的 ARM920T 处理器内核的 32 位微控制器, 资源丰富, 带独立的 16 KB 指令 Cache 和 16 KB 数据 Cache, LCD 控制器、RAM 控制器、NAND 闪存控制器、并行 I/O 口、8 路 10 位 ADC、USB 接口控制器等资源, 主频可高达 203 MHz。

为满足系统设计需要, 配置了 64 MB 的 FLASH 和 64 MB 的 SDRAM, 并通过 2 片以太网控制器芯片 AX88796 扩展了两个网口, 另外外扩了一个 USB 接口和两个 PS/2 接口。USB 接口连接数字摄像头; 一个 PS/2 接口外接键盘, 另一个接鼠标; 外接分辨率为 640 像素×480 像素的 8 寸 16 位 TFT 液晶屏, LCD 采用夏普公司 LQ080V3DG01。该系统的总体结构框图如图 1 所示。

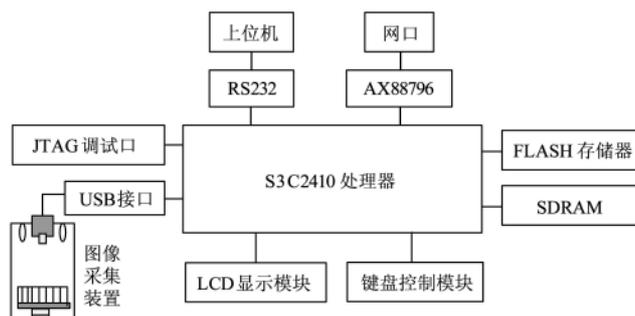


图 1 系统总体框图

Fig.1 Block diagram of the system

收稿日期: 2010-03-26 修订日期: 2010-09-12

基金项目: 河南省科技攻关项目 (.0624100003)

作者简介: 吴才章 (1968-), 男, 河南省郑州市人, 教授, 博士, 主要研究方向: 光电检测技术。郑州市中原路 195 号 河南工业大学电气工程学院, 450007. Email: wucaizhang@haut.edu.cn

*通信作者: 步东伟 (1981-), 男, 河南省许昌市人, 主要研究方向: 信号检测技术。郑州市中原路 195 号 河南工业大学电气工程学院, 450007. Email: bdw110@126.com

图像采集装置结构图如图 2 所示, 该装置由以下几部分组成: 采集箱、光源、网眼 2000 摄像头、谷物托盘、振动平台、分离梳。在采集箱内, 振动平台与分离梳结合工作, 将稻米均匀地分布在谷物托盘上。为了准确获取米粒图像, 系统采用 6 个 3 W 的磨砂散光灯形成均匀光源, 光源亮度可调, 使得米粒图像与背景图像的像素值具有合适的梯度, 以适应不同品种稻米的边缘检测。

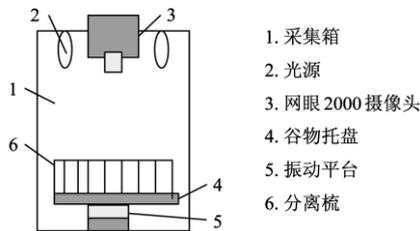


图 2 图像采集装置结构图

Fig.2 Structure diagram of the image capture device

2 软件设计

2.1 Linux 内核定制与视频函数移植

在 Linux 中, 设备驱动程序可以看成是 Linux 内核与外部设备之间的接口, 设备驱动程序向应用程序屏蔽了硬件实现的细节, 使得应用程序可以像操作普通文件一样来操作外部设备, 可以使用和操作文件相同的系统调用接口函数来完成对硬件设备的打开、关闭、读写及执行和 I/O 控制操作, 裁剪后的 Linux 内核支持以 OV511 为控制芯片的 USB 摄像头, 因此系统启动后, 系统可自动识别 USB 设备, 并将该设备模块加载到内核中, 在设备目录下出现/dev/v4l/video0 设备, 可直接利用系统调用获取设备信息和数据, 使得应用程序的开发非常方便。

V4L (Video4Linux 的简称) 是 Linux 中关于视频设备的内核驱动, 它是针对视频设备的应用程序编程提供了一系列的接口函数。在嵌入式 Linux 的内核定制过程中, 已经加入了对 V4L 模块及 OV511 设备的支持, 运行

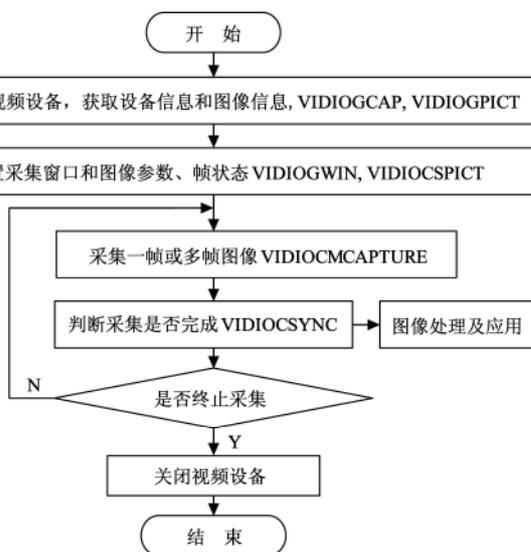


图 3 视频采集流程图

Fig.3 Flow chart of video capture

Linux 下的视频图像采集程序, 可以通过 V4L 提供的编程接口函数 (API) 从 OV511 设备中获取图像数据, 供应用程序使用。基于 V4L 的视频采集程序流程图如图 3 所示。

2.2 稻米粒型参数测试

2.2.1 大津法

阈值分割是将目标图像与背景图像分割开, 以便更好地观察目标的特征。阈值分割方法有双峰法、迭代法、大津法 (OTSU) 等。本系统采用稳定性较好的大津法将稻米图像与背景图像分割开来。

系统使用的灰度图像的灰度值为 256 级, 大津法阈值分割方法如下:

1) 定义数组 $G_range[256]$, 数组 G_range 的取值范围表示图像的最小灰度值到最大灰度值。

2) 用数组 G_range 中的一个元素值 $G_range[x]$ 将图像分割为前景和背景, 前景为灰度值大于等于 $G_range[x]$ 的像素, 背景为灰度值小于 $G_range[x]$ 的像素, 然后计算出前景像素占图像总像素的比例记为 w_0 和前景的平均灰度值记为 u_0 , 及背景像素占图像总像素比例记为 w_1 和背景的平均灰度值记为 u_1 , 图像的总平均灰度值记为 u 。

3) 计算 $\sigma^2 = w_0(u_0 - u)^2 + w_1(u_1 - u)^2$ 的值, 其中 $u = w_0 u_0 + w_1 u_1$, 从最小灰度值到最大灰度值遍历 $G_range[x]$, 当 σ^2 最大时, 此时的 $G_range[x]$ 记为 T , T 就是将前景图像与背景图像分割开的阈值。

该算法主要是计算像素类间方差值, 因为方差是灰度分布均匀性的一种度量, 方差值越大, 说明构成图像的 2 部分差别越大, 当部分前景错分为背景或部分背景错分为前景都会导致两部分差别变小, 因此使得方差最大的分割意味着错分概率最小。

2.2.2 粒型参数标准计算

单个米粒图像阈值分割如图 4 所示, 其分别为单个米粒灰度图像和单个米粒二值化图像。首先根据大津法确定米粒与背景的分割阈值 T_1 (T_1 的范围为 68~76, 在此取 $T_1 = 74$), 将小于阈值的像素量化成 0, 大于阈值的像素量化成最大灰度值 255, 将灰度图像转化为二值化图像。



a. 稻米的原始灰度图像 b. 稻米的二值化图像

图 4 单个整精米粒图像阈值分割图

Fig.4 Threshold segmentation of a single milled rice

为量化后的米粒图像建立以左上角为坐标原点, 以 2 个邻近像素点间距离为单位长度的坐标系, 如图 5 所示。建立二维坐标数组 $Coordinate[y][x]$, 数组元素值为图像的灰度值, x 、 y 为该像素的坐标, 然后计算 2 个非零像素间的最大距离就是该米粒的长度记为 R_length_single , 这 2 个点分别记为 $A(x_1, y_1)$ 、 $B(x_2, y_2)$, 则

$$R_length_single = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

同样，与 AB 垂直的非零像素 C(x₃, y₃)、D(x₄, y₄) 2 点间的最大距离就是该米粒的宽度为 R_width_single，则

$$R_width_single = \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} \quad (2)$$

可得到米粒的粒型参数

$$R_type_single = R_length_single / R_width_single \quad (3)$$

如此 10 次，按国标要求取 10 粒不同的整精米粒，分别计算出其粒型参数。最后计算出 10 粒整精米粒的粒型参数算术平均值，即为该类稻米的粒型参数标准。

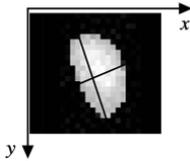


图 5 单个整精米粒图像坐标图

Fig.5 Coordinates map of a single milled rice

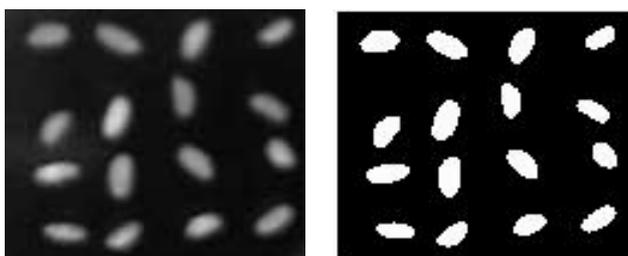
2.2.3 粒型参数计算

实际获得的一副图像包含多个米粒，而且为 24 位真彩图，首先需要将其转化为灰度图像，其次需要进行米粒分割。

系统采用将带有权的基本色值代数相加的方法将彩色图像转化为灰度图像，转化后的灰度图像。不同颜色选用不同权值，R 取 0.299、G 取 0.587、B 取 0.114，其转化方程为

$$Grey = 0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B \quad (4)$$

为了进行阈值分割图，首先利用已经得到的阈值 T₁ 将米粒与背景分开，背景像素量化为零，米粒像素量化为 255，将灰度图像转化为二值化图像，灰度图像与二值化图像如图 6 所示。



a. 稻米的原始灰度图像

b. 稻米的二值化图像

图 6 米粒图像阈值分割图

Fig.6 Threshold segmentation of rice

系统利用区域标记法中的四邻域法将单颗米粒图像联通，并对联通的区域进行标记，根据标记数计算出单幅图像中的米粒个数。利用行或列扫描线与米粒相切的方法，找到一个米粒，并根据标记像素外扫描线为零内扫描线不为零的原则，确定该米粒的切割范围，将其从整幅图像中分割出来，同时将其原位置的像素量化为 0，同样的方法找到其他米粒。

对二值化后的米粒图像分割成 10 个单颗粒米粒图

像，计算出每一个米粒图像的长度和宽度，然后求其粒型参数的算术平均值，即可得到该幅图像的粒型参数

$$Rice_type = \left(\sum_{n=1}^{10} L_x / W_x \right) / 10 \times 100\% \quad (5)$$

式中，Rice_type 为稻米的粒型参数；L_x 为米粒长度；W_x 为米粒宽度。

连续采集 5 或 6 幅图像，求每幅图像的粒型参数，然后求出这几幅图像的粒型参数平均值，即可做为该批稻米的粒型参数。

3 试验结果与分析

每次测量 10 粒稻米，大致需要 30 mm × 30 mm 的面积，为了保证稻米粒型参数的测量精度达到最高，摄像头的视野范围也要在 30 mm × 30 mm 左右，网眼 2000 摄像头是 30 万 (640 × 480) 像素，这样摄像头获得图像横向的最小分辨力是 (30/640) mm，纵向最小分辨力为 (30/480) mm。试验中一边调节样品与摄像头之间的距离，一边调节摄像头的焦距，使摄像头的视野范围为 30 mm × 30 mm 左右，并且使得图像达到最清晰状态，即可进行测试。

试验样品为籼米，精度为标准一等。准备 80 粒整精米，进行随机分组，分 8 组，每组 10 粒稻米。先按照国家标准《优质稻谷 GB/T 17891—1999》规定的方法进行人工测定，然后用本系统进行测试。国标法和本测试系统的比对测试结果如表 1 所示。

表 1 稻米粒型参数检测结果

Table 1 Results of rice shape parameter

样品编号	国标法	本测试系统	绝对误差	相对误差/%
1	3.20	3.21	0.01	0.31
2	3.15	3.15	0	0
3	3.12	3.13	0.01	0.32
4	2.92	2.90	0.02	0.67
5	2.99	3.01	0.02	0.66
6	3.42	3.42	0	0
7	3.33	3.31	0.02	0.60
8	3.34	3.34	0	0

结果表明，样品单次测试最大绝对误差为 0.02，样品单次测试最大相对误差值 0.67%。经多次测量，本测试仪器的测试结果与国标法的测试误差不超过 1%。当然系统的测试精度与光源的性能与摄像头分辨率等因素直接相关，如果改善摄像头和光源的质量，可以进一步提高系统测试的精度。

4 结论

1) 给出了一种基于嵌入式的稻米粒型特性参数测试方法。系统研究了提取稻米粒型参数的图像处理方法，利用大津法对图像进行阈值分割，用边缘检测的方法把单粒米从整幅图像中分离出来，用最大距离方法求单粒稻米的长度和宽度，实现了对稻米粒型参数的快速准确

的检测。

2) 试验结果表明, 该测试方法对稻米粒型参数的检测结果与国标法的检测结果误差不超过 1%, 为稻米育种、加工、定级收购、品质检测等领域提供了一个客观的现场检测手段。

[参 考 文 献]

- [1] GB/T 17891-1999, 优质稻谷[S].
- [2] 候彩云, 李慧园, 尚艳芬, 等. 稻谷品质的图像识别与快速检测[J]. 中国粮油学报, 2003, 18(4): 80-83.
Hou Caiyun, Li Huiyuan, Shang Yanfen, et al. Image dicernment and rapid detection for rice quality[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Ass Ociation, 2003, 18(4): 80-83. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张巧杰, 王一鸣, 凌云, 等. 稻谷品质检测技术与装置研究[J]. 农业机械学报, 2006(1): 127-129.
Zhang Qiaojie, Wang Yiming, Ling Yun, et al. Detection technology and an apparatus for grain quality[J]. Transactions of the CSAM, 2006(1): 127-129. (in Chinese with English abstract)
- [4] 凌云, 王一鸣, 孙明, 等. 基于机器视觉的大米外观品质检测装置[J]. 农业机械学报, 2005, 36(9): 89-91.
Ling Yun, Wang Yiming, Sun Ming. A machine vision based instrument for rice appearance quality[J]. Transactions of the CSAM, 2005, 36(9): 89-91. (in Chinese with English abstract)
- [5] 尚艳芬, 候彩云, 常国华. 基于图像识别的黄粒米自动检测研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 146-148.
Shang Yanfen, Hou Caiyun, Chang Guohua. Automatic detection of yellow-colored rice using image recognition[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(4): 146-148. (in Chinese with English abstract)
- [6] 候彩云, 王一鸣, 凌云, 等. 垩白米粒的计算机图像识别[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 165-168.
Hou Caiyun, Wang Yiming, Ling Yun, et al. Discernment of chalky rice kernel with image processing system[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(3): 165-168. (in Chinese with English abstract)
- [7] 吴彦红, 刘木华, 杨君, 等. 基于计算机视觉的大米外观品质检测[J]. 农业机械报, 2007, 38(7): 107-111.
Wu Yanhong, Liu Muhua, Yang Jun, et al. Rice outer-quality inspection based on computer vision[J]. Transactions of the CSAM, 2007, 38(7): 107-111. (in Chinese with English abstract)
- [8] 姜忠爱, 张晓辉, 秦军伟. 计算机图像处理技术及其在农业检测中的应用[J]. 农机化研究, 2004, 11(6): 234-236.
Jiang Zhong'ai, Zhang Xiaohui, Qin Junwei. Computer image processing technic and the application in agriculture test area[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2004, 11(6): 234-236. (in Chinese with English abstract)
- [9] 袁佐云, 牛兴和, 刘传云. 基于最小外接矩形的稻米粒型检测方法[J]. 粮食与饲料工业, 2006, 7(9): 7-8.
Yun Zuoyun, Niu Xinghe, Liu Chuanyun. A study on inspection of rice kernel ratio with minimum enclosing rectangle method[J]. Cereal and Feed Industry, 2006, 7(9): 7-8. (in Chinese with English abstract)
- [10] 于润伟, 金鲲鹏, 朱晓慧. 基于图像识别的整精米自动检测研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(6): 147-150.
Yu Runwei, Jin Kunpeng, Zhu Xiaohui. Head rice automatic detection system based on image recognition[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Ass ociation, 2006, 21(6): 147-150. (in Chinese with English abstract)
- [11] 吴凤和. 基于计算机视觉测量技术的图像轮廓提取方法研究[J]. 计量学报, 2007, 28(1): 18-22.
Wu Fenghe. A study on contour extraction method in computer vision mea surement technology[J]. Acta Metrologica Sinica, 2007, 28(1): 18-22. (in Chinese with English abstract)
- [12] 管庶安, 刘光荣. 基于图像分析的大米尺度检测方法[J]. 粮食与食料工业, 2004, 12(4): 4-5.
Guan Shu'an, Liu Guangrong. Method for measuring kernel size based on rice image analysis[J]. Cereal and Feed Industry, 2004, 12(4): 4-5. (in Chinese with English abstract)
- [13] 张鹏, 孙世磊, 刘瑞北, 等. LINUX+ARM 下的 USB 驱动开发[J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(3): 107-108.
Zhang Peng, Sun Shilei, Liu Ruibei, et al. USB driver development under LINUX and ARM[J]. Computer Engineer and Science, 2006, 28(3): 107-108. (in Chinese with English abstract)
- [14] 郭剑, 赵建. 嵌入式 linux 的图像采集与显示[J]. 现代电子技术, 2006, 222(7): 129-131.
Guo Jian, Zhao Jian. Image capture and display of embedded linux[J]. Modern Electronics Technique, 2006, 222(7): 129-131. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李侃, 廖启征. 基于 S3C2410 平台与嵌入式 Linux 的图像采集应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(3): 125-128.
Li Kan, Liao Qizheng. Application of image gather based on the S3C2410 platform and embedded linux[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(3): 125-128. (in Chinese with English abstract)
- [16] 陈建华, 姚青, 谢绍军, 等. 机器视觉在稻米粒型检测中的应用[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(6): 669-672.
Chen Jianhua, Yao Qing, Xie Shaohun, et al. Detection of rice shape based on machine vision[J]. Chinese Journal of Rice Science, 2007, 21(6): 669-672. (in Chinese with English abstract)

Development of test system for rice shape property parameters

Wu Caizhang, Bu Dongwei^{*}

(College of Electrical Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: In order to test the quality parameters of high-quality rice, this paper presented a method for testing the rice shape parameters based on embedded system. The equipment used for capturing the image of rice was designed. The hardware platform of the system was S3C2410 with ARM core, and its software development platform was Linux system. A USB digital camera was used, and the technology of image processing and pattern recognition was applied. The threshold segmenting image was completed by using OTSU method. The edge detection method and the maximum distance method were employed to obtain the shape parameters of rice. The testing error was less than 1%. This system lays foundation for the field measurements of national standard rice parameters.

Key words: testing, image processing, parameter estimation, rice shape, Linux, OTSU method