

# 在 MATLAB 环境中基于计算机视觉技术的大米垩白检测

孙 明, 凌云, 王一鸣

(中国农业大学)

**摘 要:** 提出了利用计算机视觉系统代替人眼对垩白等大米质量参数进行自动检测的方法, 以适应农业工程中的自动化的要求。为了验证检测方法的可行性, 采用了 MATLAB 软件开发平台来构造基于计算机视觉的大米垩白检测算法。在对不同的大米图像处理的基础上, 完成了对大米垩白参数垩白度和垩白粒率的测定。实验结果表明, 本算法及程序设计是有效可靠的。

**关键词:** 计算机视觉; 大米垩白; 检测; MATLAB

**中图分类号:** TP242 62

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2002)04-0146-04

## 1 大米垩白自动检测研究现状

近年来, 我国对农产品和食品的品质检测和质量控制极为重视, 如何快速准确地检测大米质量成为一个重要的研究课题。在大米品质检测项目中, 有稻谷水分、直链淀粉、垩白(包括垩白度和垩白粒率)等。其中大米垩白检测还停留在原始水平, 对品质指标的确定缺乏客观性和科学性, 检验精度也大打折扣。把计算机视觉(也称机器视觉)技术<sup>[1]</sup>引进到垩白等大米品质参数的检测中是实现大米快速检测的关键一步。本文所讨论的大米垩白检测是属于计算机视觉在农产品籽粒的形态识别方面的应用。

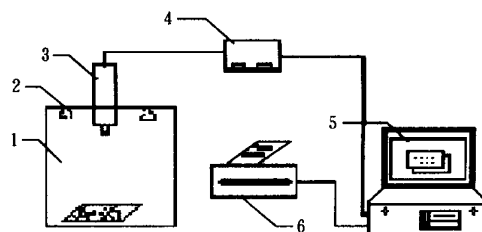
在农产品籽粒的识别方面, Liao 等人<sup>[2]</sup>根据玉米粒的颜色和表面缺陷进行实时分级; 方如明<sup>[3]</sup>提出了检测米粒的 3 种方法, 即直方图 Fourier 系数判别法、直方图波峰检测法和灰度突变判别法, 证明了利用计算机视觉对大米爆腰的检测是可行的; 王丰元等<sup>[4]</sup>开发了对种子进行基本形状参数测量的计算机图像处理系统; 许俐等<sup>[5]</sup>研究了染色后的大米胚乳、皮层及胚芽所呈现的不同颜色特征和区分方法, 从而提出了大米加工精度自动检测方法等。可是, 还未见到利用计算机视觉技术检测垩白等大米品质的研究成果。

MATLAB (MATrix LABoratory)<sup>[6~8]</sup> 是国际上公认的最优秀的科学技术与数学应用软件之一。它已经在生物医学工程、图像处理、统计分析等领域得到广泛的应用。MATLAB 特别适于数值验证、算

法验证、图形绘制、辅助教学等方面的任务。本文借助于 MATLAB 图像处理工具箱, 开发了基于计算机视觉技术的大米垩白检测算法。在对不同的大米图像处理的基础上, 完成了大米的垩白度和垩白粒率的测定, 免去了诸如 BASIC, FORTRAN 和 C 等语言编程的繁琐, 取得了事半功倍的效果。

## 2 计算机视觉系统

大米垩白检测计算机视觉系统由图像采集部件、主机和图像输出部件 3 大部分组成, 如图 1 所示。



1. 光源箱 2. 光源 3. 摄像机 4. 采集卡 5. 主机 6. 打印机

图 1 大米垩白检测计算机视觉系统

Fig 1 Computer vision system for rice chalkiness detection

其中, 摄像机和采集卡组成图像采集部件; 主机作为图像处理部件; 显示器和打印机为输出部件; 光源和光源箱构成光源系统。在本系统中, 图像采集部件是采用松下(Panasonic)的 WV-CP230 型 CCD 彩色闭路监控摄像机和大恒公司的 DH-VRT-CG200 型彩色图像采集卡, 其中摄像机镜头是精工(AVENIR)的 SE1614 型 F1.4 的 16.0 mm 镜头; 主机采用清华同方的 ZL-TFSY001 机, 其中 CPU 为 PIII766, 内存为 128M, 硬盘为 20G; 由于荧光灯光源要比白炽灯有利于识别, 光源采用了 3W 的带罩高效节能灯。

收稿日期: 2001-08-03

基金项目: 教育部留学回国人员启动基金项目; 科技部科研项目 (99-010-01-12)

作者简介: 孙 明, 博士, 副教授, 北京市清华东路 中国农业大学电气信息学院, 100083

用于实验的材料采用市场上常见的北方出产的大米,如富士光、喜盈门等。

### 3 大米垩白检测算法

#### 3.1 垩白度的定义和检测

垩白是指米粒胚乳中的白色不透明部分,包括腹白、心白和背白。垩白度定义为垩白米的垩白面积和占试样米粒面积总和的百分比,计算公式如下:

$$\text{垩白度}(\%) = \frac{\text{垩白区域面积}}{\text{大米区域面积总和}} \times 100\%$$

垩白度的检测方法是:通过阈值化处理获取去除背景区域的灰度图像,计算出大米区域的总像素值;然后根据垩白的灰度值范围再对大米区域进行阈值化处理把垩白区从大米区域中提取出来,计算垩白区的总像素值,它们的像素值比即为垩白度。

#### 3.2 垩白粒率的定义和检测

垩白粒率定义为含垩白的米粒占大米总粒数的百分比,即:

$$\text{垩白粒率}(\%) = \frac{\text{垩白米粒数}}{\text{大米总粒数}} \times 100\%$$

垩白粒率的检测方法是:通过阈值化处理获取二值图像,再对二值图像施加数学形态学的开运算,以消除颗粒状噪声;然后对其进行区域标记,计算出大米的总粒数;再用区域标记图像和提取的垩白区图像进行“与”运算,判断区域标记后垩白米粒,从而得到垩白米粒数,计算出垩白粒率。

#### 3.3 软件流程

基于上面的思想,垩白度和垩白粒率检测的总体流程如图2所示。

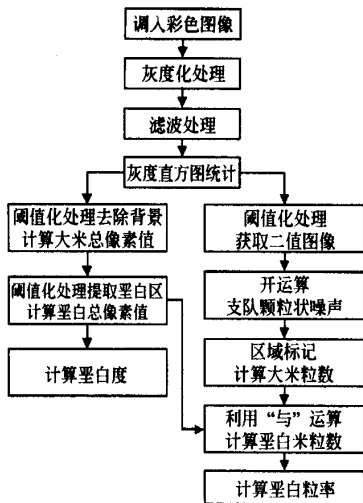


图2 大米垩白检测的总体流程

Fig. 2 Flow chart of program for rice chalkiness detection

大米品质检测流程具体说明如下:把米粒置于光源箱中,通过 CCD 摄像机拍摄 24 位真彩色位图图像;对真彩色图像实行灰度化处理;由于灰度化图像经常受噪声污染,所以采用了滤波处理;通过灰度直方图统计,找出用于双峰法阈值化处理的阈值,把大米区域从背景中分离出来;然后,分别计算垩白度和垩白粒率。

### 4 MATLAB 环境下的程序设计

在 MATLAB 5.3 环境下,基于计算机视觉的大米垩白检测主要是利用图像处理工具箱来调用一些相应的函数。上述的主要算法的程序如下:

1)  $RGB = \text{imread}('rice.tif');$  % 把彩色图像 rice.tif 读到 RGB 中。

2)  $I = \text{rgb2gray}(RGB);$  % 将彩色图像 RGB 转换为灰度图像  $I$ 。

3)  $J = \text{medfilt2}(I, [5\ 5]);$  % 对灰度图像  $I$  进行  $5 \times 5$  邻域的二维中值滤波,获得滤波后图像  $J$ 。

4)  $\text{imhist}(J, 256);$  % 显示图像  $J$  的灰度直方图,确定阈值  $t$  为 80,归一化  $0 \sim 1$  的值为 0.3。

5)  $V = \text{imadjust}(J, [t\ 1], [], 1);$  % 把灰度图像  $J$  中小于  $t(t = 0.3)$  所对应的灰度值置为 0,获得只含有大米的灰度图像  $V$ 。

$\text{imhist}(V, 256);$  % 显示去除背景的大米灰度图像的直方图,确定阈值  $t_c$  为 150,归一化为 0 到 1 之间的值为 0.6。

$BW\_V = \text{im2bw}(V, 0.01);$  % 获得只含有大米的二值图像  $BW\_V$ 。

6)  $CHALK = \text{imadjust}(V, [t_c\ 1], [], 1);$  % 把灰度图像  $V$  中小于  $t_c(t_c = 0.6)$  所对应的灰度值置为 0,获得只含有垩白区的灰度图像  $CHALK$ 。

$BW\_CHALK = \text{im2bw}(CHALK, 0.01);$  % 获得只含有垩白区的二值图像  $BW\_CHALK$ 。

7)  $\text{DEGREE\_CHALKINESS} = \text{bwarea}(BW\_CHALK) / \text{bwarea}(BW\_V) * 100\%$  计算出垩白度。

8)  $BW = \text{im2bw}(J, t);$  % 把灰度图像  $J$  中小于  $t(t = 0.3)$  所对应的灰度值置为 0,其余的灰度值置于 1,获得只含有大米的二值图像  $BW$ 。

9)  $BW1 = \text{erode}(BW, \text{ones}(3, 3), 'spatial', 1);$  % 以  $3 \times 3$  正方形结构元素进行一次腐蚀运算。

$BW2 = \text{dilate}(BW1, \text{ones}(3, 3), 'spatial', 1);$  % 再以同样的结构元素进行一次膨胀运算,以实现开运算,从而获得消除颗粒状噪声的二值图像  $BW2$ 。

10)  $[L, \text{num}] = \text{bwlabel}(BW2);$  % 对二值图

像BW 2 作区域标记, 获得区域标记图像L 和大米总粒数 num。

11) compare = (L) & (CHALK > T\_CHALK); % 对区域标记图像L 和只含有空白区的图像CHALK 进行“与”运算, 其中把所含空白区的像素数大于 T\_CHALK (T\_CHALK = 100) 的米粒作为空白米粒。

[r, c] = find(compare); % 找出非零的索引号。

RESULT= bw select(L, c, r); % 获得只含有空白米粒的二值图像RESULT。

[L\_CHALK, num\_CHALK] = bw label (RESULT); % 获得空白米粒的区域标记图像和空白米粒数。

12) RATE\_CHALKY\_GRAINS = num\_CHALK/num \* 100 % 计算出空白粒率。  
(说明: “%”为程序注释符。)

5 实验结果与讨论

图 3 为通过图 1 所示的大米空白检测计算机视觉系统得到的一幅大米原图像。用 rgb2gray 函数作灰度化处理得到大米的灰度图像。为了去除或削弱灰度图像中的噪声, 需要滤波处理。由于中值滤波既能保护图像边缘又能去除噪声, 所以采用了 medfilt2 二维中值滤波函数进行了滤波除噪处理。对滤波后的图像用 imhist 函数进行了灰度直方图

统计, 如图 4 所示。通过直方图可以找出其灰度分布特性及用于分割大米图像的阈值。由图可见, 该直方图具有明显的双峰性, 适于阈值化处理。由于大米区域比背景区域亮, 所以灰度值较大的波峰为大米区域。在同样的采集环境下, 经过大量实验结果表明, 在两波峰之间的波谷处取阈值 80 时, 可以较好地吧空白和背景区域分开, 归一化为 0 到 1 之间的值为 0.3。这样采用 imadjust 函数提取灰度值 0.3 以上部分即可把大米从背景中区分开来, 如图 5 所示。为了得到大米的空白区, 再对去除背景的大米灰度图像进行直方图统计, 如图 6 所示。图中虽无明显的双峰性, 但灰度值较大且变化比较平稳的部分为空白区, 经过大量实验结果表明, 阈值取 150 左右时, 可以较好的把空白区和背景区分开, 150 归一化为 0 到 1 之间的值为 0.6。这样通过 imadjust 函数提取灰度值 0.6 以上部分就得到大米的空白区了, 如图 7 所示。由 bwarea 函数计算出大米空白区的总像素值和大米区域的总像素值, 由它们之间的比值得到了米样的空白度为 12%。

为了求出米样的空白粒率, 再用 in2bw 函数取阈值 0.3 对滤波后的灰度图像进行阈值化处理得到图 8 所示的二值图像。由于图中存在颗粒状噪声, 有碍于区域标记确定大米粒数。为此对二值图像施加了数学形态学的开运算, 即先用 erode 函数以 3×3 正方形结构元素进行一次腐蚀, 再用 dilate 函数以同样的结构元素进行一次膨胀, 得到了开运算消除

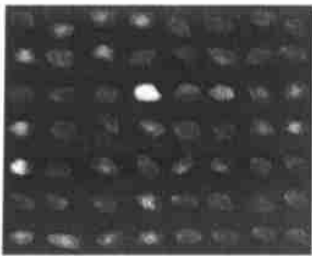


图 3 大米原图像

Fig 3 Original image of rice

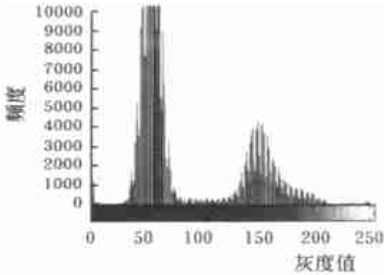


图 4 灰度直方图

Fig 4 Histogram of hues

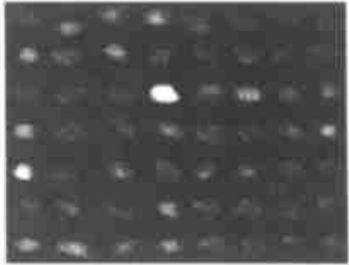


图 5 去除背景的大米灰度图像

Fig 5 Gray-scale image of rice with removed background

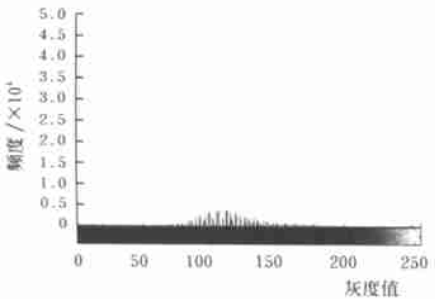


图 6 大米区域灰度直方图

Fig 6 Histogram of rice region

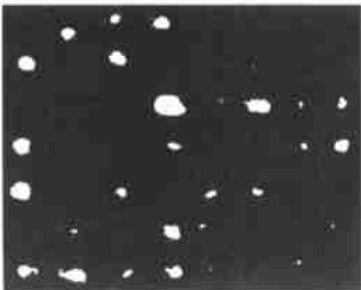


图 7 空白区的二值图像

Fig 7 Binary image of chalky area

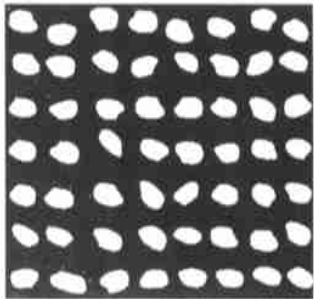


图 8 大米二值图像

Fig 8 Binary image of rice

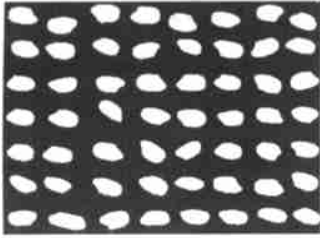


图9 开运算处理后的二值图像

Fig. 9 Binary image after opening operation

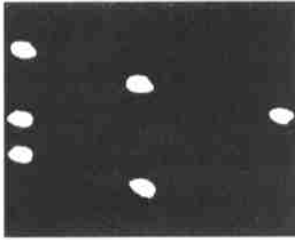


图10 垩白米的二值图像

Fig. 10 Binary image of chalky rice

颗粒状噪声的效果,如图9所示。接着用 `bwlabel` 函数对二值图像作区域标记,得到米样总粒数为56粒。所得到的区域标记图像和只含有垩白区的图像进行“与”运算,其中把所含垩白区的像素数大于100的米粒作为垩白米粒,再通过 `find` 和 `bwselect` 得到了只含有垩白米粒的二值图像,如图10所示。用 `bwlabel` 函数作区域标记得到垩白米粒为6粒。从而依垩白米粒和大米总粒数的比值得到了米样的垩白粒率为11%。

同样对其它大米图像进行了测试,结果表明在光源和摄像机的焦距等外界条件不变的情况下,取固定阈值能有效地分离大米与背景及大米与垩白区。从而可以按照目测的要求检测出垩白度和垩白粒率。因此,用计算机视觉系统取代人眼检测大米品

质是完全可行的。

## 6 结 语

基于计算机视觉的大米垩白检测算法的实验研究表明,通过适当地选取阈值,大米垩白度和垩白粒率的计算结果能够符合目测的要求。与人工目测的检测方法相比,本方法具有操作简单,检测速度快,重复性好的优点,用计算机视觉取代人眼对大米品质进行检测是完全可行的。另外,由于MATLAB 提供了丰富的图像处理算法函数,算法可靠,实现方便,在开发程序时,可以把主要精力放在算法研究上,而不用在算法的实现上耗用大量时间,提高程序的开发效率。

### [参 考 文 献]

- [1] 贾云得. 机器视觉[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 308
- [2] Liao K, Paulsen M R, et al. Corn kernel breakage classification by machine vision using a neural network classifier[J]. Trans of the ASAE, 36(6): 1949~ 1953
- [3] 方如明. 计算机图像处理与米的品质检测[J]. 农业工程学报, 1992, 8(3): 104~ 112
- [4] 王丰元, 周一鸣. 种子形状参数检测的计算机图像技术[J]. 农业机械学报, 1995, 26(2): 52~ 57
- [5] 许 俐, 钱敏娟等. 大米加工精度的图像识别方法[J]. 农业工程学报, 1996, 12(3): 72~ 175
- [6] 张兆礼, 赵春晖, 梅晓丹. 现代图像处理技术及MATLAB 实现[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001. 339
- [7] 王晓丹, 吴崇明. 基于MATLAB 的系统分析与设计——图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000. 204
- [8] 张 平. MATLAB 基础与应用简明教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001. 194

## Computer Vision Based Rice Chalkiness Detection Using MATLAB

Sun Ming, Ling Yun, Wang Yin

(College of Electricity and Information, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In this paper, an approach, which is used to detect such rice quality parameters as chalkiness automatically based on computer vision technology in place of human visual observation, is presented. The approach meets the needs of automation in the agricultural engineering. To verify the feasibility of the approach, the research develops an algorithm using MATLAB software. Experiments are conducted on different rice images to measure the chalkiness parameters, i.e. degree of chalkiness and rate of chalky grains. The results show that the approach is effective and reliable.

**Key words:** computer vision; rice chalkiness; detection; MATLAB