

基于颜色特征和BP神经网络的大米加工精度判别方法研究

万鹏 谭鹤群 杨万能 潘海兵

(华中农业大学工学院 武汉 430070)

摘要 提出了基于颜色特征和BP神经网络判别大米加工精度的方法。设计了基于机器视觉的大米加工精度检测装置采集大米图像,利用图像处理技术对获取的大米图像进行预处理,提取大米籽粒目标图像;在大米籽粒腹部确定半径为R的圆形区域作为颜色特征值提取区域,将颜色特征值提取区域按面积平均分成5个同心圆子区域,提取每个子区域的R、G、B颜色值,并将颜色值转成色调H值作为描述大米籽粒表面加工精度的颜色特征值,以5个颜色特征值作为输入值,采用BP神经网络对大米的加工精度进行检测。试验结果表明:该方法对4种不同加工精度大米样品籽粒检测的平均准确率为92.17%。

关键词 大米 加工精度 颜色特征 BP神经网络 判别方法

中图分类号:TS210.7 文献标识码:A 文章编号:1003-0174(2015)09-0103-05

大米的加工精度是指大米加工后米胚残留以及米粒表面和背沟残留皮层的程度,也即指糙米皮层被碾磨加工去除的程度^[1],对米粒的光洁度、颜色、纹理等有重要影响,是评价大米质量等级的主要指标之一,也是大米外观品质优劣的表现,是影响大米销售价格的主要因素之一。对大米加工精度的检测评价有多种方法,国标规定采用直接比较法或染色法进行检测,通过人工感观进行评定^[2],此外,国内外学者还提出了一些其他方法^[3],但是这些方法受光照条件、主观情绪等诸多因素的影响,准确性不高,操作过程繁琐、检测效率低下、结果误差较大,不能满足快速、客观、准确的检测需要^[4]。

机器视觉检测技术作为一门高新技术在农业生产上具有广泛的应用前景^[5-6];目前,利用机器视觉技术对大米加工品质进行检测也是一个热门研究方向。侯彩云^[7-8]研究了利用3维图像处理系统检测稻米品质的方法,同时还研究了垩白米粒的计算机图像识别方法。此外,Wan等^[9]、凌云等^[10]设计了基于机器视觉的大米品质检测装置,孙明等^[11]、吴艳红等^[12]研究了基于计算机视觉技术的大米外观品质检测方法,刘璎璎等^[13]还研究了以大米图像的形状特征和颜色特征

作为输入,构建多结构神经网络对大米外观品质进行评判的方法。在大米加工精度检测方面,国内外学者利用机器视觉技术结合图像处理技术也进行了较多的研究。田国庆^[14]利用图像处理技术对大米碾白精度的检测方法进行了研究,此外,张浩等^[15-16]也提出了利用机器视觉、图像处理等方法对大米加工精度进行检测。

颜色是农产品最直观的外部特征,通过颜色特征检测可以对农产品的相关品质进行检测^[17-18]。大米由糙米碾磨加工而成,在碾米机内碾磨时间长短不同,大米籽粒表面的留皮程度就不一样,从而导致大米籽粒表面的色泽出现不同变化。本研究通过机器视觉技术采集大米籽粒图像,结合图像处理技术对大米籽粒表面的颜色进行分析提取颜色特征值,探求大米在碾磨加工过程中大米表面颜色的变化规律以及与大米加工精度之间的对应关系,从而探索通过大米表面的颜色特征对大米加工精度进行判别的方法。

1 材料和方法

1.1 试验材料

选用产自吉林省长春市的松粳9号稻谷作为样品,先将稻谷样品用试验砻谷机(CLS.JLG-1型,国家粮食局成都粮食储藏科学研究所研制)脱壳加工成糙米试样,再使用试验碾米机(CLS.JNM-1型,国家粮食局成都粮食储藏科学研究所研制)对糙米试样进行碾磨加工,获取不同加工精度的大米样品进

基金项目:863计划(2013AA102403),湖北省自然科学基金(2012FFB02902)

收稿日期:2014-04-09

作者简介:万鹏,男,1980年出生,讲师,农产品加工技术与装备,农产品品质智能检测与评价

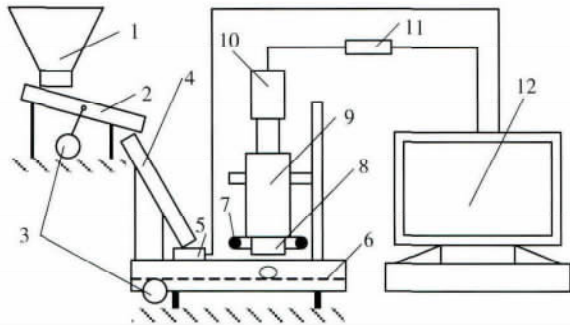
通讯作者:谭鹤群,男,1968年出生,副教授,农产品加工技术与装备

行研究。

在碾磨过程中,将糙米样品的碾磨时间分别设定为 30、60、90、120 s,可得到 4 种不同加工精度的大米样品,将获得的大米样品分别编号为 J1、J2、J3、J4,以用于试验研究。

1.2 大米加工精度检测系统

为了对不同加工精度的大米籽粒进行检测,设计了大米加工精度检测系统,如图 1 所示。



注:1 料斗 2 V 型槽 3 电动马达 4 下滑槽 5 计数传感器 6 输送带 7 环形光源 8 镜头 9 体视显微镜 10 CCD 摄像头 11 图像采集卡 12 计算机软件系统。

图 1 大米加工精度检测系统

检测系统工作时,将大米样品放入料斗并落在 V 型槽中,V 型槽在马达的带动下进行振动,将大米籽粒分开并按序排列;大米籽粒在下滑槽中加速下滑,通过计数传感器后落在输送带上进行传送;当大米籽粒通过摄像头镜头时,摄像头对大米籽粒图像进行采集,并将采集到的大米籽粒图像传送至计算机系统进行分析检测。

大米加工精度检测系统所用显微镜为 MOTIC 体视显微镜;CCD 为 Teli CS5260BDP 型模拟彩色摄像头(日本东芝公司);图像采集卡为 Crono-sPlus 图像采集卡(加拿大 Matrox 公司);输送带为黑色表面塑料带;光源采用 12 W 环形荧光灯管;大米加工精度检测软件基于 Visual C++6.0 平台编写。

1.3 大米加工精度检测流程

为了检测大米的加工精度,需要对大米图像进行预处理,获得大米籽粒图像,提取大米籽粒的颜色特征值,再根据颜色特征值判别大米的加工精度。大米加工精度检测流程:获取大米籽粒的 RGB 图像→图像迭代分割→二值图像小区域消除→大米图像背景分割→大米籽粒颜色特征值提取→颜色特征值空间转换→计算大米籽粒的颜色特征值→大米加工精度识别。

利用迭代分割、二值化、小区域消除、背景分割等算法对大米图像进行处理,将大米籽粒图像从背景中分割出来;再从分割出来的大米籽粒图像中提取大米的 R、G、B 颜色值,并根据颜色空间算法进行转换,计算大米籽粒的颜色特征值,最后根据颜色特征值对大米的加工精度进行检测。

1.4 大米加工精度 RGB 颜色值提取

大米籽粒本身具有椭圆鼓形结构特点,因此大米籽粒腹部的颜色在加工过程中变化最明显。为了提取大米籽粒的 R、G、B 颜色值,首先要在大米籽粒腹部确定大米颜色值提取区域;同时,为了保证每粒大米的颜色提取区域中包含的像素点个数相同,本研究在每粒大米的腹部提取面积相等的区域进行检测。

首先采用图像处理技术计算大米籽粒图像的形心,然后以大米籽粒图像的形心为圆心、半径为 R 的圆所确定的区域为大米颜色值提取区域(CA, Color Area)。大米颜色提取区域(CA)必须在大米籽粒的轮廓线之内。

设大米籽粒图像中像素点的坐标为 $\{(x_i, y_i) | 0 \leq i \leq M, M \text{ 为大米图像的像素点数}\}$,大米图像形心坐标为 (X, Y) ,则:

$$\begin{cases} X = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^M x_i \\ Y = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^M y_i \end{cases} \quad (1)$$

以大米籽粒图像形心坐标 (X, Y) 为圆心,采用半径不等的同心圆将大米颜色提取区域(CA)分成面积相等的 5 个子区域(S_a Subarea),子区域由内到外的编号为 $S_{a_i}(i=1, 2, \dots, 5)$,则大米籽粒图像颜色提取区域(CA)面积 5 等分示意图如图 2 所示。

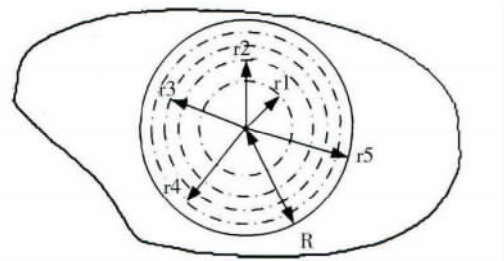


图 2 大米颜色提取区域 5 等分示意图

设大米颜色提取区域(CA)中由内到外同心圆的半径为 $r_i(i=1, 2, \dots, 5)$,则同心圆半径 r_i 与大米颜色提取区域 CA 所在圆的半径 R 之间的关系为:

$$r_i = \sqrt{\frac{i}{5}} R \quad (2)$$

以 CA 的子区域 S_{a_i} 中像素点 R、G、B 颜色值的

平均值作为子区域 Sa_i 的颜色值,则每粒大米的颜色可由 CA 中提取的 5 组颜色值进行描述。

1.5 大米加工精度颜色值转换

通过 CCD 摄像头获取的大米图像是基于 RGB 颜色空间的图像。HSI 模型采用色调 (Hue)、饱和度 (Saturation)、亮度 (Intensity) 描述颜色,符合人类观察和感受颜色的视觉及心理学特点;其中 H 值与光波的波长有关,它表示人的感官对不同颜色的感受^[19-20]。本研究采用 HSI 颜色系统中的 H 值描述大米籽粒的颜色。大米籽粒 R、G、B 颜色值转成 H 值的计算公式:

$$H = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.5 \times [(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B) \times (G - B)}} \right\} \quad (3)$$

则每粒大米的颜色特征值可以表示为:

$$H^* = (H_1, H_2, H_3, H_4, H_5) \quad (4)$$

1.6 大米加工精度检测

研究采用 BP 神经网络构建模型对大米的加工精度进行检测。从 4 种形态的大米样品中分别选取 100 粒完整无腹白的大米籽粒进行图像分析,获取颜色特征值构建神经网络训练集的样本集;同时设 J1、J2、J3、J4 4 种不同加工精度大米样品检测值分别为 0、1、2、3,则大米样品检测值构成训练集的目标集为 (0, 1, 2, 3)。再分别选取 150 粒完整无腹白的大米籽粒进行图像分析,获取颜色特征值数据构建神经网络的检测集。

2 结果与讨论

2.1 大米样品图像的获取

从 4 种不同加工精度大米样品中各挑选 250 粒完整的大米籽粒进行图像采集,可以得到 1 000 张大

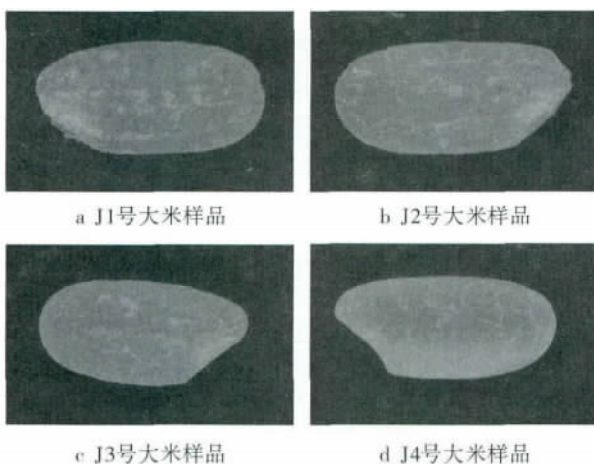


图3 不同加工精度大米样品原图像

米样品图像。4 种大米样品的原图像如图 3 所示。从大米的原图像可以看出,不同加工精度大米样品表面的色泽明显不同,因此可以根据大米籽粒表面的颜色特征值检测大米的加工精度。

2.2 大米籽粒图像处理

对大米籽粒进行图像处理的过程如图 4 所示。

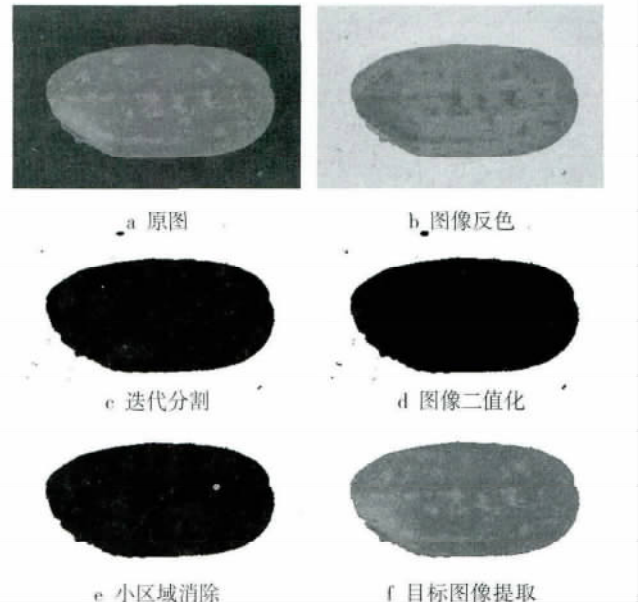


图4 大米籽粒的图像处理过程

首先对大米原图像图 4a 进行反色处理得到图像图 4b,再采用迭代分割法对大米图像进行分割得到图像图 4c,然后对图像进行二值化处理图 4d,并对图像中的噪声点小区域进行消除得到图像图 4e;最后根据处理后的图像图 4e 从大米原图像图 4a 中将大米籽粒目标图像分割出图 4f。

2.3 大米籽粒颜色特征值提取区域分割

将大米籽粒图像从背景中分割出来后,先确定颜色提取区域,再提取大米籽粒的颜色特征值。大米籽粒图像颜色特征值提取区域见图 5。

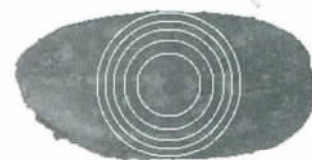


图5 颜色特征提取区域示意图

图 5 中最大圆(大米图像颜色提取区域,CA)的半径 R 为 60,同心圆将 CA 分成面积相等的 5 份,从内圆到外圆的大米颜色特征值提取子区域的代号分别为 Sa_1 、 Sa_2 、 Sa_3 、 Sa_4 、 Sa_5 ,则各颜色特征值提取子区域所含像素点与大米图像所含像素点之间的关系如表 1。

表 1 大米图像各等份圆所含像素点的关系

颜色区域	Sa ₁	Sa ₂	Sa ₃	Sa ₄	Sa ₅	CA	大米图像
像素点数	2 241	2 268	2 268	2 256	2 256	11 289	24 032
占 CA 百分比	19.85	20.09	20.09	19.98	19.98	100.00	
占大米图像百分比	9.33	9.44	9.44	9.39	9.39	46.97	

从表 1 可以看出大米颜色提取区域(CA)含有 11 289 个像素点;各子区域内包含的像素点分别为 2 241、2 268、2 268、2 256、2 256,各子区域之间的误差小于 27 个像素点;占 CA 的百分率分别为 19.85%、20.09%、20.09%、19.98%、19.98%,误差小于 0.24%;大米图像平均含有 24 032 个像素点,CA 内的像素点占大米图像所含像素点的 46.97%;各子区域内的像素点占大米图像平均所含像素点的百分比分别为 5.26%、5.32%、5.32%、5.30%、5.30%,误差小于 0.06%。因此采用将大米颜色提取区域 5 等分的方法可以使每个颜色特征值提取子区域获得的大米像素点数基本相等,从各子区域中提取的颜色特征值可以代表大米籽粒的表面颜色。

2.4 大米籽粒颜色特征值变化规律

分别从 4 种不同加工精度的大米样品原图像中随机挑选 100 粒大米样品图像提取 R、G、B 颜色值,并将颜色值转换成 H 值,则 4 种不同加工精度大米样品颜色特征值 H_i 值的柱状分布图见图 6。

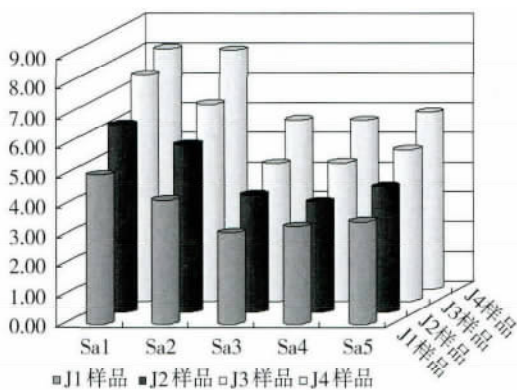


图 6 4 种大米样品的颜色特征值 H 值之间关系

从图 6 可见,对于同一种大米样品,其颜色特征值 H_i 值随颜色特征值提取区域由内到外呈现由大到小的变化趋势,这与米粒在加工过程中,米粒表面中心部位碾磨作用较强,而米粒表面中心周围部位碾磨作用相对较弱相一致;而对于不同的大米样品,相同颜色特征提取子区域的颜色特征值 H_i (i = 1、2、

…… 5) 值从总体看呈现明显增大的变化趋势,这与米粒在加工过程中,碾磨时间越长,米粒表面的角质层、糊粉层被碾磨去除越多,米粒颜色变化越大相一致。

2.5 大米加工精度判别

本研究构造 3 层结构的 BP 神经网络对大米加工精度进行判别,其中输入层神经元个数为 5,即大米样品的颜色特征值数;输出层神经元个数为 4,输出信号为(0, 1, 2, 3),分别表示 J1、J2、J3、J4 号大米样品;隐含层的神经元个数通过程序调试确定为 15 个;神经网络的识别函数采用 logistic 型函数:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (5)$$

式中: x 为输入层神经元中输入的数据。

以 4 种不同加工精度大米样品颜色特征值 H 值构成的训练集对神经网络进行训练,以 4 种不同加工精度大米样品各 150 粒的颜色特征值 H 值作为验证集对构建的网络进行验证,结果如表 2 所示。

表 2 采用 BP 神经网络对大米样品加工精度判别结果

	J1 样品	J2 样品	J3 样品	J4 样品
米粒样本数(粒)	150	150	150	150
正确识别数(粒)	135	136	142	140
正确率/%	90.00	90.67	94.67	93.33

从表 2 可知,采用 BP 神经网络对大米加工精度进行检测判别,当隐含层神经元个数为 15 个时,J1 号大米试样判别正确率为 90.00%,J2 号大米试样判别正确率为 90.67%,J3 号大米试样判别正确率为 94.67%,J4 号大米试样的判别正确率为 93.33%,总体判别准确率为 92.17%。

3 结论

通过试验验证了利用机器视觉技术提取大米籽粒表面的颜色特征值 H 值,结合和 BP 神经网络判别大米加工精度的方法。首先通过大米加工精度检测系统获取大米图像,再利用图像分析技术对大米图像进行处理,提取大米籽粒图像,并确定大米籽粒图像的颜色特征值提取区域,将颜色特征值提取区域按面积用不同半径的同心圆平均分成 5 份,提取各子区域的 R、G、B 颜色值,并根据 R、G、B 颜色值计算 H 值作为大米籽粒的颜色特征值;以大米籽粒颜色特征值 H 值作为输入,构建 BP 神经网络对大米加工精度进行判别。结果表明,提取大米籽粒颜色特征值对大米加工精度进行判别的准确率为 92.17%。

参考文献

- [1] GB/T 1354—2009 大米[S]
- [2] GB/T 5502—2008 粮油检验 米类加工精度检验[S]
- [3] 黄星奕, 方如明, 吴守一. 大米加工精度检测方法的研究进展[J]. 江苏理工大学学报, 1998, 19(3): 6-9
- [4] 郭丽辉. 大米加工精度的检测方法综述[J]. 现代商贸工业, 2007, 19(1): 114-115
- [5] 应义斌, 饶秀勤, 赵匀, 等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2000, 16(1): 199-203
- [6] 应义斌, 章文英, 蒋亦元, 等. 机器视觉技术在农产品收获和加工自动化中的应用[J]. 农业机械学报, 2000, 31(3): 112-115
- [7] 侯彩云, Seiichi Oshita, Yasuhisa Seo, 等. 3 维图像处理系统在稻米品质检测中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(3): 92-95
- [8] 侯彩云, 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
- [9] Wan Y N, Lin C M. Rice quality classification using an automatic grain quality inspection system [J]. Transaction of ASAE, 2002, 45(2): 379-387
- [10] 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): 89-92
- [11] 孙明, 石庆兰, 孙红, 等. 基于计算机视觉的大米外观品质检测[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(6): 659-662
- [12] 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]. 农业机械学报, 2007, 38(7): 107-111
- [13] 刘瓊瑛, 丁为民, 沈明霞. 基于多结构神经网络的大米外观品质评判方法[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(4): 440-442
- [14] 田庆国. 图像处理技术在米碾白精度测定中的应用[J]. 粮食与饲料工业, 1997(10): 10-11
- [15] 张浩, 孟永成, 周展明, 等. 基于图像处理技术大米加工精度的检测研究[J]. 中国粮油学报, 2006, 21(4): 187-190
- [16] 张浩, 周德祥, 纪俊敏. 基于图像处理技术测定大米加工精度图像采集条件的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2009, 30(2): 63-67
- [17] 尚艳芬, 侯彩云, 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
- [18] 李先锋, 朱伟兴, 花小朋, 等. 融合形状和颜色特征的苹果等级检测[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(35): 202-204
- [19] 周水琴, 应义斌. 颜色模型在农产品颜色检测与分级中的应用[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2003, 29(6): 684-688
- [20] 杨旭强, 冯勇, 刘洪臣. 一种基于 HSI 颜色模型的目标提取方法[J]. 光学技术, 2006, 32(2): 290-292.

A Judging Method of Rice Milling Degree Based on the Color Characteristic and BP Neural Network

Wan Peng Tan Hequn Yang Wanneng Pan Haibing
(College of Engineering , Huazhong Agricultural University , Wuhan 430070)

Abstract The paper has proposed a method to discriminate the rice milling degree based on color characteristic and BP neural network. A device for rice milling degree detection based on machine vision has been designed to collect images of rice; the rice images were treated by image processing techniques into acquisition as the target image; a circle of the radius R in the abdomen of the rice was determined to be a color feature extraction area and was divided into five concentric sub-domains by the average area; extracted the R, G, B color value of each sub-region and transformed them to H value as color feature values to describe the surface milling degree of rice; the 5 color feature values as input values were detected by BP neural network to judge the surface milling degree of rice. The experiment results showed that the average accuracy of the method could be 92.17% when beings used to discriminate the 4 types of rice of different milling degrees.

Key words rice, milling degree, color characteristic, bp neural network, judging method