

基于机器视觉的多个玉米籽粒胚部特征检测

程 洪^{1,2}, 史智兴^{1*}, 尹辉娟¹, 冯 娟^{1,2}, 李亚南¹

(1. 河北农业大学信息科学与技术学院, 保定 071001; 2. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘 要: 为了利用机器视觉进行多个玉米种子品种的自动识别, 该文提出了一种针对多个玉米籽粒进行胚部检测的方法。该方法基于阈值分割和形态学, 在 RGB 空间, 采用自动屏蔽 0 值像素的大津法 (Otsu 法), 根据 B 分量值对多粒玉米籽粒扫描图像进行分割, 并采用改进的开闭运算对分割后的图像进行修整, 最终得到多个玉米籽粒胚部区域。以 4 个黄玉米品种各 45 个籽粒为实验对象, 以此方法进行胚部检测, 为了验证所得胚部区域有效, 提取胚部区域面积、周长分别与手工测量的面积、周长进行线性回归分析, R^2 的均值分别达到 0.9834、0.9578; 进一步提取所得胚部区域的形状参数, 进行聚类识别, 不同品种间的差距值反映了不同品种胚部视觉效果上的差异大小, 4 个品种中 1 种识别率为 97.8%, 其余 3 种均为 100%; 多个玉米胚部检测较每个籽粒单独处理的效率提高了 29.59%。试验结果表明本文提出的多个玉米籽粒胚部检测方法可行。此研究结果为进一步研究玉米籽粒的胚部特征提供了有利条件, 也为实现玉米品种的快速准确分类提供了参考。

关键词: 种子, 图像处理, 聚类分析, 玉米, 胚部特征

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2013.19.018

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2013)-19-0145-07

程 洪, 史智兴, 尹辉娟, 等. 基于机器视觉的多个玉米籽粒胚部特征检测[J]. 农业工程学报, 2013, 29(19): 145—151.

Cheng Hong, Shi Zhixing, Yin Huijuan, et al. Detection of multi-corn kernel embryos characteristic using machine vision[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(19): 145—151. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

玉米种子品种鉴别在农业生产、作物育种和种质判别等领域有着重要意义^[1-3]。为了能对种子品种进行自动、快速识别, 利用玉米籽粒的图像特征进行玉米品种自动识别的研究十分活跃。除了大量针对玉米种子整体图像特征的研究外^[4-16], 为了提高分类识别的准确率, 许多学者也进行玉米籽粒胚部特征的研究。Liu J 等^[17]以白色和黄色玉米籽粒为对象, 为去除玉米籽粒胚部对颜色计算造成的影响, 算法采取将玉米籽粒胚部去掉, 然后进行颜色计算的结果能够定量和可靠地反映玉米籽粒颜色的差异; 宁纪锋等^[18]提出了识别玉米胚部所在面的算法, 识别率为 89.58%; 史智兴等^[19-20]验证了玉米籽粒黄白面积比在分类识别中的有效性; 韩仲志等^[21]提出了基于玉米籽粒 RGB 图像独立分量的胚部区域检测方

法。综上所述, 对于玉米籽粒胚部区域的特征研究, 在玉米品种自动识别中越来越受重视, 其中胚部区域的检测是一个关键问题。由于特征分析都需要大量的样本, 所以研究效率更高而且能保证特征提取质量的检测的方法很有必要。王玉亮等^[24]针对单粒玉米种子进行特征提取效率低的问题, 提出了用多线程的方法进行多对象轮廓提取。但尚未发现有对多个玉米籽粒胚部检测的研究报道。

因此, 本文对一幅图像中多个玉米籽粒胚部检测方法进行了研究。对于黄玉米, 种子的胚部偏白、非胚部偏黄。根据图像的 RGB 颜色模型, 结合色度学知识, 黄色部位和白色部位的 B (Blue) 分量差异最大, 所以对彩色图像的 B 分量图采用阈值分割中的 Otsu 法进行分割, 结合图像特点在此法中加入了 0 值像素自动屏蔽部分。由于胚部存在皱褶, 其图像不可避免存在阴影; 同时有些品种的非胚部 (籽粒顶端) 也存在偏白现象。为了消除这些问题对分割效果的影响, 采用了改进的开闭算法进行修整。

1 试验材料

选取河北农业大学作物育种部门提供的农大 4967、金秋 963、京科 25、先玉 335 各 45 粒为研究对象, 分别用明基 Q52 平板扫描仪以 600dpi 进行扫

收稿日期: 2012-08-23 修订日期: 2013-08-10

基金项目: 河北农业大学理工基金项目 (LG20110601)

作者简介: 程 洪 (1981—), 女, 讲师, 博士生, 主要从事计算机技术应用、图象处理等方面的研究。保定 河北农业大学信息科学与技术学院, 071001。Email: chenghong@cau.edu.cn

*通信作者: 史智兴 (1954—), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事计算机检测与控制方面的研究。保定 河北农业大学信息科学与技术学院, 071001。Email: szx540105@yahoo.com.cn

描, 获得 4 种玉米籽粒的 4 幅 RGB 图像, 图像格式为 .bmp。玉米籽粒胚部所在面 (以下简称胚面) 朝上, 为了减少扫描仪照明所产生的胚部皱褶阴影, 玉米籽粒尖端朝向扫描起始方向。其中图 1 中 a、b 分别为农大 4967、金秋 963 扫描所得图像的一部分。



a. 农大 4967 的部分扫描所得图像
a. Part of scanned image of Nongda 4967



b. 金秋 963 的部分扫描所得图像
b. Part of scanned image of Jinqiu 963

图 1 玉米籽粒的部分扫描图像

Fig.1 Parts of scanned images

2 多个玉米籽粒胚部检测

玉米籽粒胚部检测流程如图 2。采用章节 1 描述方法获取图像; 去除背景即把图像中扫描仪黑色遮挡板像素值置为 0; 根据图像的 RGB 颜色模型, 结合色度学知识, 黄色部位和白色部位的 RGB 值的 B 分量差异最大, 所以对彩色图像的 B 分量图采用阈值分割中的 Otsu 法进行分割, 结合图像特点在此法中加入了 0 值像素自动屏蔽的功能, 并根据阈值把图像二值化; 去除小面积对象: 图像二值化后, 图中有孤立噪点和非胚部区域残留的小面积区域, 首先对二值图像进行 8 邻域连通域标记, 然后分别计算每个连通域面积, 将小面积区域像素值置为 0; 对图像运用改进的开闭运算进行修正; 孔洞填充: 采用快速混合重构算法对修正过的二值图像中的孔洞进行填充, 得到玉米籽粒的胚部区域。

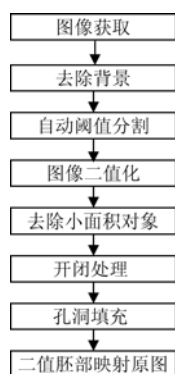


图 2 玉米籽粒胚部检测流程

Fig.2 Flow chart of multi-corn embryo detection

2.1 自动阈值分割

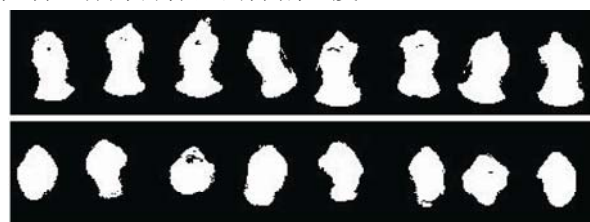
Otsu 算法是利用图像的灰度特性进行图像分割的常用方法, 其特点是计算简单, 不受图像亮度和

对比度的影响, 能够准确而快速地将图像分为 2 部分。试验中采用此法进行分割, 分割效果如图 3 所示。图 3a、3b 中均是上为农大 4967, 下为金秋 963。

从图 3a 可以看出采用常规的 Otsu 算法, 能确定胚部的大致位置, 但未能取得理想的分割效果, 在此基础上进一步研究, 采用自动屏蔽 0 值像素的 Otsu 算法, 对分割胚部区域。算法原理如式 (1) 所示。

$$T_m = \frac{[\sum_{l_x=1}^{255} l_x p(x) \sum_{l_x=1}^m p(x) - \sum_{l_x=1}^m l_x p(x)]^2}{\sum_{l_x=1}^m p(x) (1 - \sum_{l_x=1}^m p(x))} \quad (1)$$

连通区域像素灰度范围为 [1, 255], 公式中 l_x 为灰度级; $p(x)$ 是灰度级为 l_x 的点占总像素点 (不包括 0 值像素) 的比例; T_m 为类间方差。求 T_m 达到最大值时的灰度级 m 。自动屏蔽 0 值像素的 Otsu 法分割效果如图 3b 所示, 2 类玉米籽粒已呈现清晰的胚部区域轮廓, 分割效果明显优于常规的 Otsu 算法。但是从图 3b 也可看出, 利用自动屏蔽 0 值像素的 Otsu 算法阈值分割得到的目标区还存在比较突出的问题, 已用方框在图 3b 中圈出。籽粒顶端的偏白部位也被当作胚部保留下来, 称为目标区的分割不足; 胚部皱褶形成的照明阴影分割后成为孔洞, 称为目标区的分割过度。



a. Otsu 算法分割效果图
a. Segmented images by Otsu



b. 自动屏蔽 0 值像素的 Otsu 算法分割效果图
b. Segmented images by Otsu without 0 pixels

注: 图 b 中方框表示目标区仍存在比较突出的分割不足与分割过度的问题。
Note: Boxes of figure b represent the target areas remain segmented inadequate and over-segmented problems.

图 3 Otsu 2 种不同用法分割效果对比

Fig.3 Comparison of Otsu with two different usage

2.2 形态学修整

2.2.1 常规的开闭运算

闭运算用来填充物体内部空洞、连接邻近物体、填补轮廓线中的裂痕、平滑其边界的同时不明显改变其面积; 开运算用来消除小物体、在纤细点处分离物体、

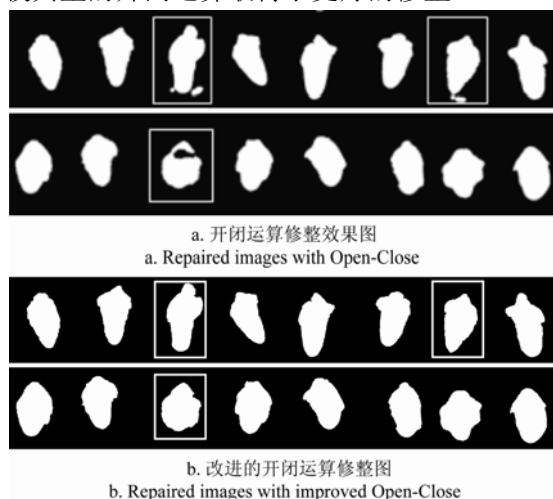
平滑较大物体的边界的同时不明显改变其面积。可见,利用开闭运算可以解决本研究分割后产生的问题。

对上步中获取的存在分割不足的农大 4967 二值图像进行开运算,对存在分割过度的金秋 963 二值图像进行闭运算,并填充孔洞,对绝大多数籽粒的起到了很好的修整作用,但是有些问题仍未解决,如图 4a 方框中的籽粒。

2.2.2 改进的开闭运算

先膨胀后腐蚀的过程称为闭,先腐蚀后膨胀的过程称为开。改进的开闭运算:在开运算时,执行完腐蚀操作后,进行小面积对象删除使不再与目标区域有连接的小区域消失,然后再执行膨胀;在闭运算时,执行膨胀操作后,进行孔洞填充使得仍留有孔洞的区域闭合,然后再执行腐蚀。

采用此法对农大 4967、金秋 963 的分割图进行修整,效果如图 4b 所示。由图 4a 与图 4b 对比可见,图 3b 框中的籽粒胚部利用改进的开闭运算处理较典型的开闭运算取得了更好的修整。



注:图 a 中方框表示目标区经开闭运算修整后仍未达到理想效果;图 b 中方框表示目标区经改进的开闭运算修整后较图 a 中方框区域有了明显的改善。
Note: Boxes of figure a represent the target areas by opening-closing operation have not yet reached the desired effect trimmed. Boxes of figure b represent the target areas by the improved opening-closing operation have a marked improvement compared with those area of boxes of figure a.

图 4 开闭运算改进前后处理效果对比

Fig.4 Comparison of Open-Close before and after improved

为了清楚显示改进的开闭运算的运行步骤,从其处理过程中截取效果图:农大 4967 与金秋 963 各一粒,如图 5、6 所示。

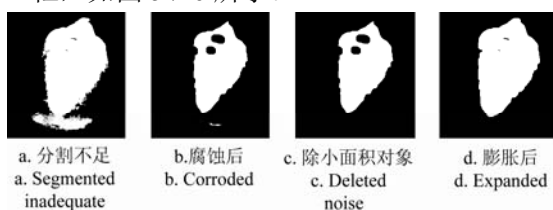


图 5 改进的开运算处理过程

Fig.5 Procedure with improved Open

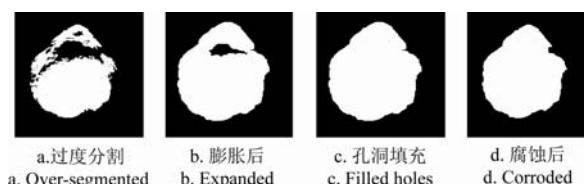


图 6 改进的闭运算处理过程

Fig.6 Procedure with improved Close

3 结果数值化分析与讨论

3.1 胚部区域自动测量值与手工测量值的分析比较

为了证明采用本文方法检测到的胚部区域有效,把自动测量的胚部面积及周长与手工测量值进行分析比较。自动测量面积:胚部区域像素的个数;周长:胚部区域的边缘像素个数。手工测量面积使用网格测量法,即在画满网格的白纸上描出玉米籽粒的轮廓,对网格计数,每个网格面积 1 mm^2 ;测量周长使用的是细线拟合法,将细线沿胚部边缘一周,然后测量细线的长度。由于篇幅有限,只给出有关农大 4967 的分析图,如图 7 所示。

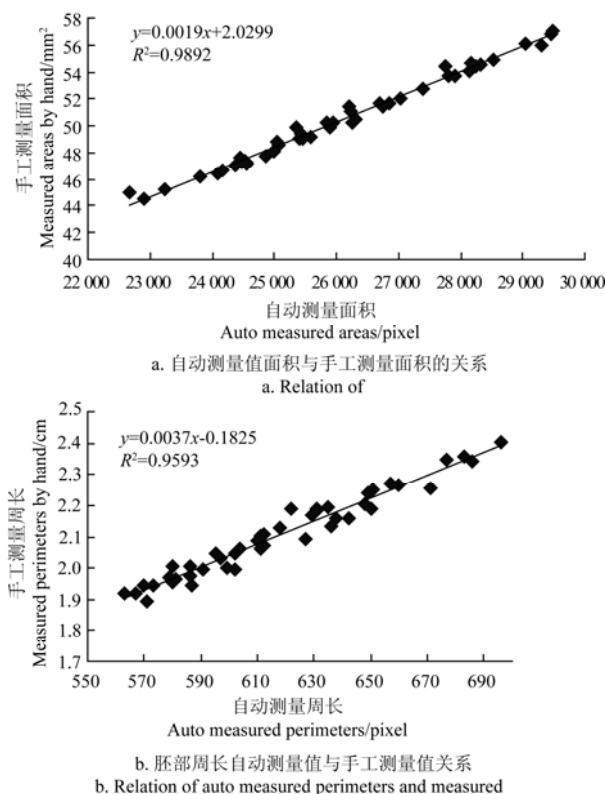


图 7 自动测量值与手工测量值关系

Fig.7 Relation of auto measured perimeters and measured values by hand

表 1 分别列出了 4 个玉米品种胚部面积、周长的自动测量值与手工测量值的线性关系方程与 R^2 值。由表 1 可知,玉米籽粒胚部面积、

周长的自动测量值与手工测量值均有很高的线性相关性, R^2 均值分别为 0.9834、0.9578。由此可见, 利用本文方法检测出的多个玉米籽粒的胚部区域, 提取出的特征值与手工测量值基本一致。

表 1 线性回归方程及 R^2 的值

Table 1 Equation of linear regression and R^2 values			
品名 Varieties	参数 Parameters	方程 Equations	R^2 值 R^2 values
农大 4967 Nongda4967	面积 Size	$y=0.0019x+2.0299$	0.9892
	周长 Perimeter	$y=0.0037x-0.1825$	0.9593
京科 25 Jingke25	面积 Size	$y=0.0019x+4.719$	0.974
	周长 Perimeter	$y=0.0929x-5.453$	0.9684
金秋 963 Jinqiu963	面积 Size	$y=0.0017x+4.8328$	0.977
	周长 Perimeter	$y=0.0969x-5.6258$	0.9287
先玉 358 Xianyu335	面积 Size	$y=0.0021x+3.3227$	0.9932
	周长 Perimeter	$y=0.004x-0.3032$	0.9747

3.2 K-均值聚类识别

为了进一步验证本研究获取的胚部区域有效性。除面积、周长外, 对 180 个样本提取更多的可以刻画胚部形状的参数: 矩形度(胚部区域的面积/包围该连通域的最小矩形面积)、圆形度= $4\pi \cdot \text{面积} / \text{周长}^2$ 、椭圆短长轴比(与胚部区域具有相同标准二阶中心矩的椭圆的短轴与长轴的比值)、离心率(具有相同标准二阶中心矩的椭圆的离心率)。依据提取的 6 个形状参数采用 SPSS 软件的 K-均值聚类功能将样本进行聚类识别。

把 4 个玉米品种的各 45 个样本数据构成 SPSS 数据集, 顺序为农大 4967、先玉 335、京科 25、金秋 963, 依次编号 1-180; 聚类数 4, 初始聚类中心由系统随机选择, 通过迭代法得到最终的聚类中心; 聚类结果即识别结果, 确定了每个品种中被识别出的样本。最终聚类中心间的距离如表 2 所示。4 个玉米品种的聚类识别结果, 如表 3 所示。

表 2 最终聚类中心间的距离

Table 2 Final clustering distance between centers				
聚类 Cluster	金秋 963 Jinqiu963	先玉 335 Xianyu335	京科 25 Jingke25	农大 4967 Nongda4967
金秋 963 Jinqiu963	0	0.343	0.365	0.301
先玉 335 Xianyu335	0.343	0	0.244	0.286
京科 25 Jingke25	0.365	0.244	0	0.374
农大 4967 Nongda4967	0.301	0.286	0.374	0

表 3 根据玉米胚部特征的玉米品种识别率

Table 3 Detection rates of all varieties based on embryo features

品名 Name of variety	样本数 Number of samples/粒	正确识别数 Number of detection/粒	识别率 Correct detection rate/%
农大4967 Nongda4967	45	44	97.8
先玉335 Xianyu335	45	45	100
京科25 Jingke25	45	45	100
金秋963 Jinqiu963	45	45	100

从表 2 数据可以看出所提取的胚部区域形状, 京科 25 与农大 4697 的差距最大, 金秋 963 与京科 25 次之, 先玉 335 与金秋 963 再次, 先玉 335 与京科 25 最小。不同品种间的差距值的大小与不同品种胚部视觉效果上的差异大小一致, 见附图。从表 3 可见以 4 个品种中 1 种检出率为 97.8%, 其余 3 种均为 100%, 根据本文方法获取的胚部区域的特征进行品种识别具有较高的识别率。

3.3 不同方法对比分析

3.3.1 多个玉米籽粒批处理与单个籽粒处理的效率对比

对包含 45 粒种子的同一幅图像, 用本文方法检测出全部 45 粒的胚部区域, 平均检出一个胚部区域耗时 0.1066 s。若采用单粒处理, 增加从图像中分离每粒种子的预处理, 然后逐个分割胚部, 平均检出一个胚部区域耗时 0.1514 s。多个玉米籽粒批处理较每个籽粒单独处理, 效率提高了 29.59%。

3.3.2 多个玉米籽粒不同批处理方法的效果对比

采用笔者前期研究中的区域生长法^[9], 对多个籽粒图像进行分割处理。分割效果如图 8 所示。从 a 中可见存在严重分割不足的问题, 从 b 中可见分割不足与过度分割问题均比较突出。图 4 与之相较, 具有明显的优势。



a. 农大 4967 分割图
a. Segmented image of Nongda4967



b. 金秋 963 独立分割图
b. Segmented image of Jinqiu963

图 8 区域生长法分割图

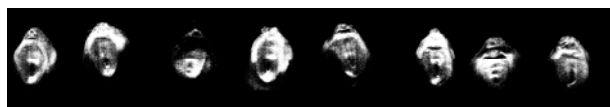
Fig.8 Segmented images by Region growing

采用独立分量分析(independent component analysis, ICA)方法^[21]对本研究中扫描获取的多个

玉米籽粒图像进行分割，得到其具有最大熵的独立分量 (independent component, IC)，其中农大 4967 和金秋 963 的 IC 图局部如图 9，可见部分籽粒胚部阴影部分加深，部分籽粒胚部失去了较多的信息。



a. 农大 4967 独立分量图
a. IC image of Nongda4967



b. 金秋 963 独立分量图
b. IC image of Jinqiu963

图 9 独立分量图

Fig.9 IC images

对区域生长法与 ICA 方法的分割图与 IC 图进行填充、去噪等处理后，对检测到的胚部区域提取上文所述的 6 个形状参数。同样采用 K-均值聚类算法，根据区域生长法获取的胚部区域的特征对玉米品种进行识别，农大 4967、先玉 335、京科 25、金秋 963 的识别率依次为 86.7%、84.4%、77.8%、75.6%，平均识别率为 81.13%；根据 ICA 法获取胚部区域特征对这 4 个玉米品种的识别率依次为 92%、88.9%、84.4%、80%，平均识别率为 86.33%。而本文方法对 4 个玉米品种平均识别率为 99.45% (表 3)，较区域生长法高 18.32%，较 ICA 方法高 13.12%，具有明显的优势。

4 结 论

本文提出一种基于阈值分割和形态学的多个玉米籽粒的胚部检测方法，得出：

1) 采用自动屏蔽 0 值像素的 Otsu 算法对多个玉米籽粒的图像进行分割，并采用改进的开闭运算解决分割中出现的分割不足与过度分割问题，得到的胚部区域与人眼观测到的基本一致；

2) 本文提出的多个玉米籽粒胚部检测方法不仅在分割的视觉效果上优于已报道的胚部检测方法，提取胚部相关特征后，进行玉米品种识别，识别率较区域生长法与 ICA 方法分别高出 18.3%、13.1%；较单个籽粒单独处理的效率提高了 29.59%。

用胚部区域的面积、矩形度、离心率等 6 个参数来刻画胚部的形状特征，可以用于玉米籽粒的品种分类。同时，此方法仅对黄玉米进行了研究，而对于白玉米籽粒的胚部检测，仍是一个值得研究的问题。

[参 考 文 献]

- [1] 王玺, 张宝石. 玉米种子纯度鉴定技术研究进展[J]. 种子, 2002(1): 43—45.
Wang Xi, Zhang Baoshi. Advance of research on purity identifying technique of maize seed[J]. Seed, 2002(1): 43—45. (in Chinese with English abstract)
- [2] 赵欣欣, 于运国, 崔克艳. 玉米种子纯度室内检验方法的研究现状与应用展望[J]. 种子科技, 2010, 28(1): 24—27.
Zhao Xinxin, Yu Yunguo, Cui Keyan. Research status and application prospect of indoor purity testing methods for maize[J]. Seed Science and Technology, 2010, 28(1): 24—27. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张守润. 利用幼苗及籽粒形态鉴定玉米品种真实性和纯度研究[J]. 甘肃农业科技, 2010(4): 11—14.
Zhang Shourun. Identifying reliability and purity of maize varieties by the seedling and grain morphology[J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2010(4): 11—14. (in Chinese with English abstract)
- [4] Choudhary R, Paliwal J, Jayas D S. Classification of cereal rains using wavelet, morphological, colour, and textural features of non-touching kernel images[J]. Biosystems engineering, 2008, 99(3): 330—337.
- [5] Mohan L A, Karunakaran K, Jayas D S, et al. classification of bulk cereals using visible and NIR reflectance characteristics[J]. Canadian Biosystems Engineering, 2005, 47(7): 7—14.
- [6] Venora G, Grillo O, Shahin M A, et al. Identification of sicilian landraces and canadian cultivars of lentil using an image analysis system[J]. Food Research International, 2007, 40(1): 161—166.
- [7] Paliwal J, Shashidhar S. Grain kernel identification using kernel signature[J]. Transactions of the ASAE, 1999, 42(6): 1921—1924.
- [8] Liao K, Paulsen M R, Reid J F, et al. Corn kernel breakage classification by machine vision using a neural network classifier[J]. Transactions of the ASAE, 1994, 36(6): 1949—1953.
- [9] Ni-B, Paulsen, et al. Size grading of corn kernels with machine vision[J]. Apple ngAgric, 1998, 14(5): 567—571.
- [10] 郭文锦, 王红武, 陈绍江, 等. 基于近红外光谱的商品玉米品种快速鉴别方法[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(5): 1248—1251.
Wu Wenjin, Wang Hongwu, Chen Shaojiang, et al. Fast discrimination of commerical corn varieties based on near infrared spectra[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(5): 1248—1251. (in Chinese with English abstract)

- [11] 陈新亮, 王徽蓉, 李卫军, 等. 一种用于玉米品种鉴别的近红外光谱频率选择方法[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(9): 2919—2922.
Chen Xinliang, Wang Huirong, Li Weijun, et al. A frequency selection method of NIR spectroscopy for discrimination of maize seed varieties[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(9): 2919—2922. (in Chinese with English abstract)
- [12] 周红, 刘光蓉, 管庶安. 数字图像处理技术在玉米种子轮廓检测中的应用[J]. 种子, 2004, 23(9): 90—92.
Zhou Hong, Liu Guangrong, Guan Shuan. The application of digital image processing technology in corn seed contour detection[J]. Seed, 2004, 23(9): 90—92. (in Chinese with English abstract)
- [13] 阚建文, 陈永艳. 基于外部特征的玉米品种计算机识别系统[J]. 农业机械学报, 2004, 35(6): 115—118.
Zha Jianwen, Chen Yongyan. Recognition system for corn species by exterior parameters[J]. Transaction of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2004, 35(6): 115—118. (in Chinese with English abstract)
- [14] 郝建平, 杨锦忠, 杜天庆, 等. 基于图像处理的玉米品种的种子形态分析及其分类研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(4): 994—1002.
Hao Jianping, Yang Jinzhong, Du Tianqing, et al. A study on basic morphologic information and classification of maize cultivars based on seed image process[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(4): 994—1002. (in Chinese with English abstract)
- [15] 程洪, 史智兴, 么炜, 等. 基于支持向量机的玉米品种识别[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 180—183.
Cheng Hong, Shi Zhixing, Yao Wei, et al. Corn breed recognition based on support vector machine[J]. Transaction of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 180—183. (in Chinese with English abstract)
- [16] 熊凯, 李向红, 李言照, 等. 基于 ANN 和 PCA 的玉米品种特征分析与识别研究[J]. 粮油食品科技, 2010, 18(4): 1—5.
Xiong Kai, Li Xianghong, Li YanZhao, et al. Research on the analysis and classification of maize cultivars characteristics based on ANN and PCA[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Food, 2010, 18(4): 1—5. (in Chinese with English abstract)
- [17] Liu J, Paulsen M R. Corn whiteness measurement and classification using machine vision[J]. Transactions of the ASAE, 2000, 43(3): 757—763.
- [18] 宁纪锋, 何东健, 杨蜀秦. 玉米籽粒的尖端和胚部的计算机视觉识别[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3): 117—119.
Ning Jifeng, He Dongjian, Yang Shuqin. Identification of tip cap and germ surface of corn kernel using computer vision. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2004, 20(3): 117—119. (in Chinese with English abstract)
- [19] 史智兴, 程洪, 李江涛, 等. 图像处理识别玉米品种的特征参数研究[J]. 工程学报, 2008, 24(6): 193—195.
Shi Zhixing, Cheng Hong, Li Jiangtao, et al. Characteristic parameters to identify varieties of com seeds by image processing[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 24(6): 193—195. (in Chinese with English abstract)
- [20] Cheng Hong, Pang Lixin. Feature slection of corn seed based on genetic algorithm and support vector machine. Proceedings of 2008 International Conference on Agriculture Engineering, 2008, 11: 494—499.
- [21] 韩仲志, 赵友刚, 杨锦忠. 基于籽粒 RGB 图像独立分量的玉米胚部特征检测[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 222—226.
Han Zhongzhi, Zhao Yougang, Yang Jinzhong. Detection of embryo based on independent components for kernel RGB images in maize[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(3): 222—226. (in Chinese with English abstract)
- [22] Ni-B, Paulsen M R, et al. Corn kernel crown shape identification using image processing[J]. Trans of the ASAE, 1997, 40(3): 833—838.
- [23] 杨锦忠, 郝建平, 杜天庆, 等. 基于种子图像处理的大数目玉米品种形态识别[J]. 作物学报, 2008, 34(6): 1069—1073.
Yang JinZhong, Hao JianPing, Du TianQing, et al. Discrimination of numerous maize cultivars based on seed image process[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(6): 1069—1073. (in Chinese with English abstract)
- [24] 王玉亮, 刘贤喜, 苏庆堂, 等. 多对象特征提取和优化神经网络的玉米种子品种识别[J]. 农业工程学报, 2010, 26(6): 199—204.
Wang Yuliang, Liu Xianxi, Su Qingtang, et al. Maize seeds varieties identification based on multi-object feature extraction and optimized neural network[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(6): 199—204. (in Chinese with English abstract)
- [25] A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 1979, 9(1): 62—66.

- [26] Kittler J, Illingworth J, Foglein J. Threshold selection based on a simple image statistic.

Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1985, 30: 125—147.

Detection of multi-corn kernel embryos characteristic using machine vision

Cheng Hong^{1,2}, Shi Zhixing^{1*}, Yin Huijuan¹, Feng Juan^{1,2}, Li Yanan¹

(1. College of Information Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China; 2. College of Information and Electrical Engineering, China Agriculture University, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper presents a method of multi-corn kernel embryos detection based on threshold segmentation and morphology. Corn kernel varieties identification is of great significance in the fields of agricultural production and crop breeding. In the seed market of China, the identification of corn varieties mainly depends on manual experience and measurement. In order to automatically, quickly, non-destructively identify kernel varieties, the study of automatic identification in a real time using machine vision technology is very active. Determination of the characteristics of the corn kernel is the first and the most important step of automatic identification. The corn kernel embryo is the most important part of the corn kernel. To analyze the characteristics of an embryo, an embryo must be separated from the corn kernel. The embryo detection speed and precision can influence the speed and precision of identification. In the paper, an algorithm based on threshold segmentation and morphology was proposed to segment embryos of multi-corn kernel at the same time, as a result of the deeper study of the identification. This algorithm was used to obtain multi-corn kernel embryos from a 2D digital image obtained by the scanner. It mainly included two parts, i.e. a maximum between-cluster deviation method (Otsu method) excluding pixels with zero value automatically, and improved open-close operation from morphology. Its process was as follow. In RGB color space, the multi-corn kernel embryos in the same image were segmented out at the same time by Otsu excluding pixels with zero value method based on the value of B(blue), in which the zero value pixels were auto-removed form histogram during processing. However, after segmentation, some corn kernel embryos showed a problem of lacking- segmentation or over-segmentation. To solve the problem, the improved open-close operation was used to repair the embryos. To validate the algorithm, four varieties of yellow corn which were common used in China were selected as study objects for our experiments. 45 samples were selected form each variety respectively. Then the total number of samples was 180. Every variety's digital image was obtained by scanner. Four images were obtained. They were processed respectively with the above-mentioned algorithm. The embryos from each different variety were detected. To validate the effectiveness of the detected embryos, two methods were used. First, area and perimeter of each embryo were measured respectively by machine computer and manual measurement. Linear regression analysis was done between the auto measured values and the manual values. The mean values of R^2 were 0.9834 and 0.9578 respectively. Second, 6 shape-parameters which are perimeter, round degrees, ellipse strong and weak points axis ratio, rectangle degrees, and centrifugal rate were extracted from the embryo regions of 180 samples. Analyzing the data by K-means clustering method, the final clustering distances between different varieties reflected the difference in the visual of the embryos of the different varieties., and the checked out rate of the 4 varieties were 97.8%, 100%, 100%, and 100%. The efficiency of multi-corn kernel embryos detection was improved by 29.59% over single-corn kernel embryo detection. According to the experimental results, two conclusions were as follow: First, the auto-detected embryo region and the embryo region by manual experience and measurement were basically the same. The auto-detected embryo regions were effective. Second, the six parameters extracted from an embryo could be used to characterize the shape of the embryo. The results of this study provide favorable conditions for further study of the embryo characteristics of corn kernels, and provide a reference for the rapid and accurate identification of corn varieties.

Key words: seed, image processing, cluster analysis, corn, the characteristics of corn kernel embryo

(责任编辑: 鲍洪杰)