

# 玉米籽粒的尖端和胚部的计算机视觉识别

宁纪锋<sup>1</sup>, 何东健<sup>1</sup>, 杨蜀秦<sup>2</sup>

(1. 西北农林科技大学信息工程学院, 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 杨凌 712100)

**摘要:** 对影响计算机视觉检测玉米籽粒品质的尖端和胚部的识别两个问题进行了研究。利用玉米籽粒尖端的形态特征和胚部图像的亮度特征, 分别提出了相应的识别算法。算法对4个品种 xhg、xn12、wn14、wc 玉米籽粒尖端、表面特征的综合识别率分别为 92.50% 和 89.58%, 为特征参数计算奠定了基础。

**关键词:** 玉米籽粒; 尖端; 胚部; 识别; 计算机视觉

**中图分类号:** TP391.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2004)02-0117-03

## 0 引言

利用计算机视觉技术检测农作物籽粒品质, 具有客观、准确、快速的优点。玉米是中国的主要农作物之一, 在食品、饲料等行业中的应用广泛, 因此研究玉米籽粒的计算机视觉检测技术代替手工检测意义重大。

国内外对农作物籽粒品质的检测的研究较多<sup>[1-6]</sup>。J. Liu M. R. Paulsen 等<sup>[2]</sup> (2000) 以白色和黄色玉米籽粒为对象, 采用 YCrCb 颜色模型来表示玉米籽粒的颜色, 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, 然后再进行计算。颜色计算结果能够定量和可靠地反映玉米籽粒颜色的差异。宋韬、曾德超 (1996)<sup>[7]</sup> 提取了 11 个玉米籽粒形态参数, 用人工神经网络的方法对完整的玉米籽粒和破损的玉米籽粒进行了识别研究, 正确率达 93%。

玉米籽粒的尖端确定和图像表面特征在品质检测中起着重要的作用。在实际检测中, 玉米籽粒的位置是任意放置的, 玉米籽粒的有关参数的计算, 离不开尖端点的准确定位。同时需要判断获取的图像是玉米籽粒两个面中的哪一面 (即胚部所在面和另一面)。

目前的研究主要是通过计算玉米籽粒边界的曲率变化来定位尖端点, 其运算量较大。另外, 在计算玉米籽粒颜色参数时, 通常忽略两面颜色的差异, 直接进行计算, 但这样做会造成一定的误差。因此, 只有正确识别玉米籽粒胚部所在面, 才可进一步分析两面颜色的差异, 提高颜色参数计算的准确性。

本文根据玉米籽粒尖端的形态特征和胚部的图像特征, 选取了 4 个玉米品种作为研究对象, 随机选取样本, 探讨了玉米籽粒检测中的尖端确定和胚部识别两个关键问题, 取得了较好的结果。

## 1 试验材料和图像获取系统

### 1.1 试验材料

选取 xhg、xn12、wn14 三种黄玉米和白玉米 (wc) 作为研究对象。为了便于描述, 现定义一些术语, 如图 1 所示,  $O$  为玉米籽粒的形心,  $T$  为玉米籽粒的尖端。形

心  $O(x_0, y_0)$  的位置计算公式如下

$$x_0 = \frac{1}{A} \int_{(x,y)} x \quad y_0 = \frac{1}{A} \int_{(x,y)} y$$

式中  $A$  —— 玉米籽粒的面积;  $R$  —— 所有属于玉米籽粒的像素集。

长轴: 连接玉米籽粒形心与尖端的线段。

短轴: 经过形心且与长轴垂直的线段。

### 1.2 图像获取系统

图 2 是玉米籽粒图像的计算机视觉获取系统, 该系统由计算机、图像采集卡、CCD 摄像机、照明室、载样台等组成。图像采集卡选用大恒图像视觉有限公司研制的 VDEO-PC1C 真彩色图像采集卡, 摄像机选用松下 CP410 彩色 CCD 摄像机配 DH1212 镜头, 照明室内壁涂成白色, 光源对称安装于照明室底部。载样台上用黑色橡胶板作背景, 橡胶板用细砂布仔细打磨, 以避免背景光反射造的光干扰。样品随机的彼此不接触地置于载样台上, 由安装在照明室上方的摄像机获取其图像。

图 1 玉米籽粒轮廓示意图  
Fig 1 Profile of corn kernel

1. 摄像机 2. 照明室 3. 样品 4. 载样台 5. 光源
6. 打印机 7. 计算机 8. 图像采集卡 (插入计算机内)

图 2 玉米籽粒图像的计算机视觉获取系统  
Fig 2 Computer vision acquisition system of corn kernel images

图 3 为系统获取的 wc 和 xhg 两个品种的玉米籽粒图像, 经过处理可得到单粒玉米籽粒图像, 处理流程如图 4 所示。

收稿日期: 2003-06-27 修订日期: 2004-01-05

作者简介: 宁纪锋 (1975-), 男, 硕士, 主要从事农业智能化检测与监控系统方面的研究。杨凌 西北农林科技大学信息工程学院, 712100

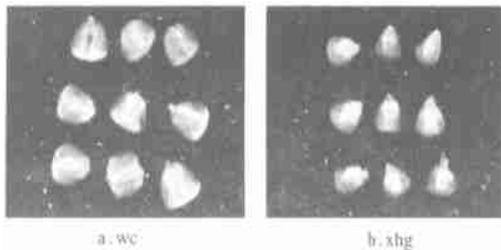


图 3 玉米籽粒图像

Fig 3 Corn kernel image

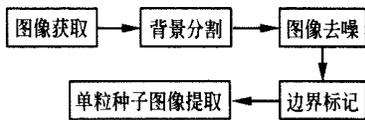


图 4 单粒种子图像提取流程图

Fig 4 Flow chart of acquiring single corn kernel

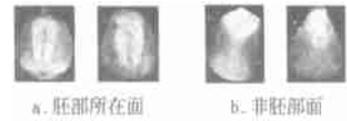


图 5 玉米籽粒表面特征

Fig 5 Surface feature of corn kernel

胚部所在面识别算法如下: 以形心为中心在长轴和短轴上分别取一定数量的点, 计算对应点亮度的平均值。假设获取的图像为籽粒胚部所在面, 由于长轴上相应点亮度较小, 而短轴上点的亮度大, 而另一面却无此特征。故利用此特征可进行判别。

亮度采用 HSI 颜色模型表示, 获取的图像颜色模型为 RGB, 亮度  $I$  转换计算公式为

$$I = 0.3R + 0.59G + 0.11B$$

长轴、短轴上像素点亮度均值计算公式为

$$A_L = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m L_i \quad A_{S1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad A_{S2} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k S_i$$

式中  $A_L$ ——长轴上点的亮度均值;  $A_{S1}, A_{S2}$ ——短轴上以形心为中心的左右两部分的亮度均值;  $L_i, S_i$ ——表示长轴、短轴上点亮度;  $m, n, k$ ——表示长轴、短轴取点的个数。

试验表明,  $m$  取 5 个点,  $n$  和  $k$  分别取 3 个点, 计算相应的亮度均值, 且满足下列 3 个条件之一即可认为所获取图像为胚部所在面:

- 1)  $A_L < A_{S1}$  且  $A_L < A_{S2}$
- 2)  $A_{S1} - A_L > 1.5$
- 3)  $A_{S2} - A_L > 1.5$

否则认为所获取图像为非胚部所在面。

算法流程如图 6 所示。

利用该算法, 对 4 个品种的玉米籽粒识别结果如表 2 所示。

表 2 玉米籽粒胚部面的识别

Table 2 Identification of corn kernel gem surface

	正确识别粒数(每个品种两面各 30 粒)				正确率/%
	xhg	xn12	wn14	wc	
胚部面	28	29	26	27	91.67
非胚部面	27	26	27	25	87.50
合计	55	55	53	52	89.58

## 4 结果与分析

### 4.1 尖端识别

从表 1 可以看出, 利用玉米籽粒尖端的特点可以有效地找到尖端, 随着  $n$  的增大, 识别准确率越来越高, 但当  $n$  大于 14 后, 准确率反而下降。在  $n = 14$  时, 算法对

## 2 尖端位置的确定

通过对玉米籽粒图像的观察和分析可知, 玉米籽粒尖端比其他部分尖锐, 利用此特点, 求玉米籽粒的尖端位置。如图 1 所示, 判断边界点  $P$  是否为尖端的方法如下:  $P_1$  和  $P_2$  为沿  $P$  出发, 到点  $P$  像素个数相等的两个边界点, 计算  $\angle P_1 P P_2$ ,  $P_1$  和  $P_2$  距点  $P$  的像素点数在一定范围内变化, 求出所有  $\angle P_1 P P_2$  中最小的角度, 表示该点的尖锐程度。点  $P$  沿着玉米籽粒的边界一周, 即可求出所有边界点中尖锐程度最大的点, 用该点表示种子的尖端位置。在求尖端位置时,  $P_1, P_2$  到  $P$  的距离  $n$  (像素个数) 对识别的正确性有很大的影响, 为此, 分析对 4 种样品进行  $n$  对定位准确性的试验, 结果如表 1。

表 1  $n$  与定位准确性关系

Table 1 Relationship between  $n$  and identification accuracy

$n$	正确识别粒数(每个品种样本数 40 粒)				正确率/%
	xhg	xn12	wn14	wc	
4	28	25	23	26	63.75
6	33	30	30	32	78.13
8	32	37	33	35	85.63
10	36	38	36	36	91.25
12	36	38	37	36	91.88
14	37	38	37	36	92.50
16	37	37	37	35	91.25
20	37	35	36	34	88.75

## 3 玉米籽粒胚部的识别

在检测时, 玉米籽粒的放置是随机的, 获取的图像可能是玉米籽粒两个面的任一面, 胚部所在面与另一面的特征明显不同。因此, 须首先判别拍摄的图像是玉米籽粒的那一个面, 然后才可计算相关的参数。如图 5 所示, 玉米籽粒胚部具有凹陷特征, 获取图像时, 由于光线反射的原因, 胚部长轴附近图像亮度较暗, 与周围部分形成了明显的对比, 而如果获取的图像是玉米籽粒的另一面, 则无此特征。因此, 利用玉米籽粒胚部所在面的图像特征可进行识别。

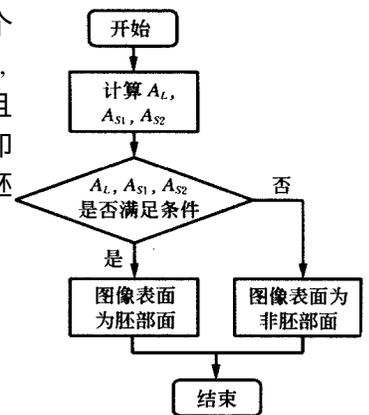


图 6 胚部面识别流程图

Fig 6 Flow chart of gem surface identification

xn12 品种的玉米籽粒尖端识别准确率最高(95.09%),对 wc 品种的玉米籽粒尖端识别准确率最低(90.00%)。当  $n > 14$  时,即当  $n$  上升到临界值后,如图 1 所示,角度  $\angle P_1 P P_2$  已不能有效地反映点  $P$  的尖锐程度。选择  $n$  为 14,对上述四种玉米品种,籽粒尖端综合识别率为 92.50%。

分析不能正确识别尖端的玉米籽粒,情况如下:

1) 种子有较尖锐的边界(图 7a); 2) 预处理图像时,噪声未去除掉(图 7b); 3) 种子破损(图 7c); 4) 玉米籽粒尖端特征不明显(图 7d)。

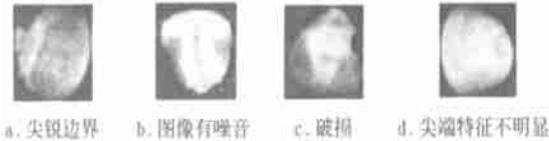


图 7 不能正确找到尖端的玉米籽粒图像

Fig 7 Corn kernel images without identifying the tip cap

## 4.2 胚部识别

从表 2 可以看出,利用玉米籽粒胚部的亮度特征,可有效地识别获取图像的表面特征。算法对胚部面识别率高于对非胚部面的识别率。在 4 个品种中 xn12 和 xhg 的表面特征识别率最高,wn14 次之,wc 表面特征的识别率最低。对不能够正确识别胚部面情况分析,主要有两种情况:

1) 玉米籽粒胚部特征不明显,两面相差很小,因而难以识别;

2) 尖端位置定位不准,导致实际提取的数据不准确,造成错误识别。

## 5 结论

1) 根据玉米籽粒尖端的形态特征,提出了识别尖端的算法,该算法对 4 个品种的玉米籽粒尖端识别率为 92.50%,为计算玉米籽粒相关的特征参数奠定了基础。为了提高算法的速度,在确定玉米籽粒的尖端点时,不必计算每个点,可每隔一定角度取一个点进行判别。

2) 利用玉米籽粒胚部的凹陷特征,所获取胚部图像长轴亮度较低的特点,提出识别玉米籽粒胚部面的算法,该算法对 4 个品种的玉米籽粒的识别率为 89.58%,

为计算玉米籽粒的颜色特征参数提供了依据。

3) 对 xhg、xn12、wn14、wc 4 个品种的玉米籽粒进行了尖端和胚部面的检测研究,结果表明识别算法有效,同时对其他品种玉米如黑玉米、糯玉米等特种玉米籽粒进行了试验,尖端识别算法准确率较高,但胚部面识别算法效果并不理想,因此关于这两类玉米籽粒的胚部面识别,需进一步研究。

### [参 考 文 献]

- [1] Ni B, Paulsen M R, et al Corn kernel crown shape identification using image processing[J]. Transactions of the ASA E, 1996, 40(3): 833- 838
- [2] Liu J, Paulsen M R. Corn whiteness measurement and classification using machine vision[J]. Transactions of the ASA E, 2000, 43(3): 757- 763
- [3] Palwal J, Shashidhar N S, et al Grain kernel identification using kernel signature[J]. Transactions of the ASA E, 1999, 42(6): 1921- 1924
- [4] Liao K, Paulsen M R, et al Corn kernel breakage classification by machine vision using a neural network classifier[J]. Transactions of the ASA E, 1993, 36(6): 1949- 1953
- [5] Shatadal P, Jayas D S, et al Digital image analysis for software separation and classification of touching grains: I discount algorithm [J]. Transactions of the ASA E, 1995, 38(2): 635- 643
- [6] Shatadal P, Jayas D S, et al Digital image analysis for software separation and classification of touching grains: II classification [J]. Transactions of the ASA E, 1995, 38(2): 645- 649
- [7] 宋 韬,曾德超.基于人工神经网络的玉米籽粒形态识别方法的研究[J].农业工程学报,1996,12(1): 177- 181
- [8] 何东健,杨 青,等.果实缺陷面积的计算机视觉测定研究[J].农业工程学报,1997,13(4): 156- 160
- [9] 刘 禾,汪懋华.水果果形判别人工神经网络专家系统的研究[J].农业工程学报,1996,12(1): 171- 176
- [10] 应义斌,饶秀勤,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): 103- 108
- [11] 应义斌,饶秀勤,等.机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用研究进展[J].农业工程学报,2000,16(3): 4- 8

## Identification of tip cap and gem surface of corn kernel using computer vision

Ning Jifeng<sup>1</sup>, He Dongjian<sup>1</sup>, Yang Shuqin<sup>2</sup>

(1. College of Information Engineering, North West Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China; 2. College of Mechanical and Electronic Engineering, North West Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, China)

**Abstract** Two problems were researched, the identification of tip cap and gem surface of corn kernel, which are important to inspect its quality by computer vision. By analyzing morphological features of tip cap and intensity feature of gem surface, two algorithms were established. The algorithms provide overall successful identification of 92.50% for tip cap and 89.58% for gem surface feature among four corn varieties of xhg, xn12, wn14 and wc. This constitutes a great step towards computing feature parameters of corn kernel.

**Key words** corn kernel; tip cap; gem surface; identification; computer vision