

基于 Harris 算子的籽粒尖端识别方法^{*}

杨蜀秦¹ 宁纪锋² 何东健¹

(1. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学信息工程学院, 陕西杨凌 712100)

【摘要】 通过籽粒尖端形态特征分析,提出了一种基于 Harris 角点检测的籽粒尖端识别方法。Harris 算子在一个局部区域中检测角特征,作为籽粒最明显的角结构,尖端在 Harris 角点检测中具有最大的响应值,使其对尖端不明显的籽粒也有良好的响应。通过对玉米、南瓜和西葫芦等具有尖端特征的 750 粒籽粒的测试结果表明,提出算法的尖端检测综合准确率为 95.6%。

关键词: 作物籽粒 尖端 Harris 角点检测 图像处理

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)03-0166-04

Identification of Tipcap of Agricultural Kernel Based on Harris Algorithm

Yang Shuqin¹ Ning Jifeng² He Dongjian¹

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. College of Information Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract

By analyzing morphological feature of tipcap of agricultural kernel, a tipcap identification algorithm based on Harris corner detector was developed. Harris algorithm detected the corner within a local region. As the most obvious corner structure, the tipcap had the maximal response to Harris corner detector, which made it can detect the kernels without the obvious tipcap accurately. The kernels with tipcap of corn, pumpkin and summer squash were selected for the test. The experimental results on 750 kernels showed that the proposed method got overall accuracy of 95.6% for tipcap of kernels.

Key words Agricultural kernel, Tipcap, Harris corner detector, Image processing

引言

籽粒尖端是许多农作物籽粒重要的外观特征之一,在计算机视觉技术检测籽粒品质的过程中,准确定位尖端关系到识别籽粒的主方向、长短轴、检测籽粒的裂纹特征和尖端去除等多个方面^[1-6]。

由于缺乏有效的检测方法,一些有关籽粒的研究采用人工定向放置的方法避免了尖端定位的前期工作。文献[1]在图像获取阶段,按固定方向,手工摆放玉米籽粒,用图像外接矩形的长度和宽度近似表示籽粒的长度和宽度,提取其形态参数,避免了检

测籽粒的尖端位置。Liu 等^[3]根据玉米外形的对称性,检测并去除籽粒的尖端及胚部,防止其干扰颜色特征的计算。张俊雄等^[7]根据玉米籽粒尖端附近的白色区域与其他部分灰度值差异较为明显的特点,结合种子形心坐标,找到尖端点位置。文献[8]根据外边界上各点到形心距离的分布,利用小波变换求取尖端点的位置。文献[6]根据宁纪锋等^[9]提出的基于曲率的方法定位棉花籽粒轮廓的尖端点,并在此基础上利用对称性识别局部破损棉种。

本文基于籽粒尖端形态结构分析,利用尖端角特征显著这一特点,将尖端检测转换为角点检测问

收稿日期: 2010-10-21 修回日期: 2010-12-22

^{*} 国家自然科学基金资助项目(60975007、61003151、31000670)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(QN2009091)和西北农林科技大学人才专项资金资助项目(Z111020902)

作者简介: 杨蜀秦,博士生,主要从事计算机视觉研究,E-mail: yanshuqin1978@163.com

通讯作者: 何东健,教授,博士生导师,主要从事生物图像分析及识别、智能化检测与控制研究,E-mail: hdj168@nwsuaf.edu.cn

题,提出一种基于 Harris 角检测器^[10-12]的籽粒尖端识别算法。

1 试验材料和预处理过程

试验材料为呈现不同形态结构和颜色特征的 4 种玉米籽粒、2 种南瓜籽粒和 1 种西葫芦籽粒。其中玉米籽粒品种包括 958、俊单 20、正大 12 和中科 11,南瓜籽粒品种包括日本南瓜和甜面南瓜。取每种玉米籽粒各 150 粒样本、每种南瓜和西葫芦籽粒各 50 粒样本,共 750 粒作为测试对象。

在尖端检测之前,首先需提取籽粒图像。在试验中,籽粒颜色为黄色和白色。因此,选取黑色橡胶板作为籽粒图像获取系统的背景。因为,背景与目标颜色区别明显,籽粒提取较为容易。经过阈值分割,将籽粒从目标中提取。再经过去噪,去除孤立的噪音点和填充籽粒中的小孔,最终从图像中提取出单个籽粒。图 1 显示了试验中预处理所提取的各种玉米、南瓜和西葫芦籽粒。

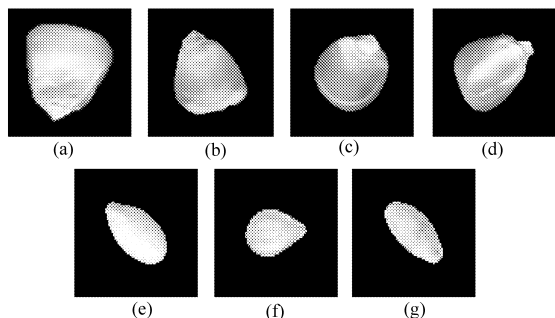


图 1 提取的单个籽粒

Fig. 1 Extractive single kernels

(a) 958 玉米 (b) 俊单 20 玉米 (c) 正大 12 玉米 (d) 中科 11 玉米 (e) 日本南瓜 (f) 甜面南瓜 (g) 西葫芦

2 基于 Harris 的籽粒尖端识别算法

2.1 籽粒的尖端特征分析

作物籽粒尖端呈现多种颜色特征。例如玉米籽粒的尖端有白色、红色或粉红色等,亮度较高,有别于玉米籽粒的基本颜色。而南瓜籽粒和西葫芦籽粒的尖端颜色与籽粒的基本颜色一致。也就是说,仅用颜色特征识别尖端具有局限性。

由观察可知,玉米、南瓜和西葫芦等作物籽粒尖端处的外形存在一个共性,即其角特征均较为明显。因此,本文从形态特征考虑,将尖端检测问题转换为角检测问题。

2.2 基于 Harris 角检测的玉米籽粒尖端识别

角点是图像的一个重要的局部特征,它在保留物体主要形态参数的同时,有效地减少了信息的数据量,从而成为图像理解和模式识别中最常用的特

征之一。本文将 Harris 角点检测算法^[10]引入籽粒的尖端识别任务,提出一种新的解决方案。

(1) Harris 角检测算法

Harris 角检测器^[10]的基本思想是:在图像中设计一个局部窗口,检查窗口在各个方向上的能量,如果能量和大于某一阈值,则认为该窗口的中心是一个角点。设玉米籽粒的灰度图像为 I ,Harris 算式为

$$E(u, v) = \sum_{x, y} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2 \quad (1)$$

式中 (x, y) ——局部窗口中的所有点

$E(u, v)$ ——图像在局部窗口沿 (u, v) 方向的能量

$w(x, y)$ ——加权窗口,通常在窗口中心权值较大,靠近窗口边界处权值较小

根据全微分公式,将式(1)用梯度近似表示,进一步改写为

$$E(u, v) = [u \quad v] \mathbf{M} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{其中 } \mathbf{M} = \sum_{x, y} w(x, y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c \\ c & b \end{bmatrix}$$

式中 I_x, I_y ——图像的偏导数

式(2)表明协方差矩阵 $\mathbf{M}$ 的性质决定了图像在各个方向的能量。Harris^[10]提出用矩阵的行列式和迹来检测角。角响应公式为

$$R = \det(\mathbf{M}) - k \text{trace}^2(\mathbf{M}) \quad (3)$$

其中 $\det(\mathbf{M}) = ab - c^2$ $\text{trace}(\mathbf{M}) = a + b$

式中 k ——常量,通常取 0.04 ~ 0.06

当 R 大于某个给定的阈值时,即认为相应局部窗口的中心点是一个角点。

(2) 作物籽粒尖端识别算法

在 Harris 算法中,响应值 R 的大小表示该点的尖锐程度。而尖端通常比其他部分更尖锐,是籽粒最明显的角特征,因此,应用 Harris 算法对籽粒图像进行角特征检测,具有最大角响应值 R 的点即被认为是角点。因此,提出了下列籽粒的尖端识别算法:

①输入籽粒灰度图像 I ,计算 I 的梯度 $[I_x, I_y]$ 。②计算梯度图像的协方差矩阵 $\begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix}$ 。③用加权函数 $w(x, y)$ 对协方差矩阵进行平滑,得到 $\mathbf{M}$,加权函数 $w(x, y)$ 选择方差为 4 的高斯函数。④根据式(3)计算图像的角响应, k 选择为 0.06。⑤具有最大响应值的点即认为是籽粒尖端。

3 试验结果与分析

用本文提出的基于 Harris 角检测的籽粒尖端识

别算法对玉米、南瓜和西葫芦籽粒进行试验。算法基于 Matlab 7.0 实现,计算机配置是 Pentium E5300 2.6 GHz,内存为 2 GB。

图 2 为提出的算法对部分玉米籽粒的检测结果,图 3 是其对南瓜和西葫芦籽粒的检测结果。在每幅子图中,左图表示 Harris 对籽粒图像的角响应,灰度值越高表示该点的角特征越强。右图中白色边缘的空心点表示尖端识别的结果,即籽粒图像中具有最高灰度值的点。

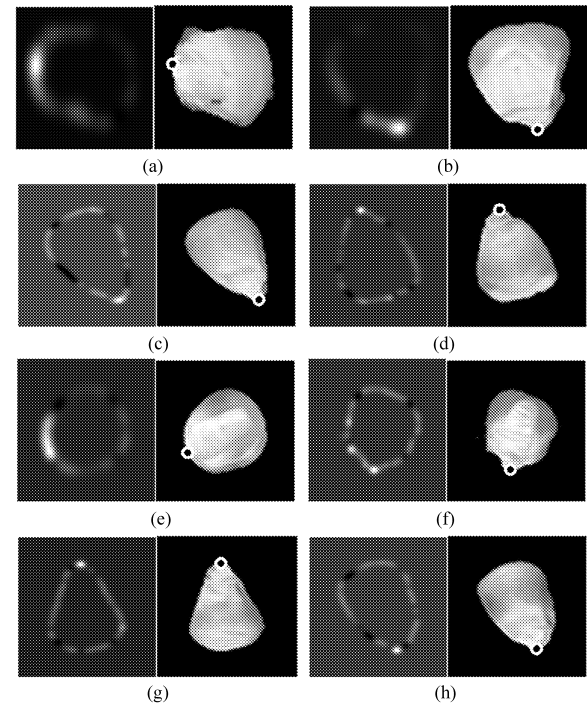


图 2 基于 Harris 角检测算法的玉米籽粒尖端识别
Fig.2 Identification of tipcap of corn kernel based on Harris corner detection method

(a) 958 籽粒 1 (b) 958 籽粒 2 (c) 俊单 20 籽粒 1 (d) 俊单 20 籽粒 2 (e) 正大 12 籽粒 1 (f) 正大 12 籽粒 2 (g) 中科 11 籽粒 1 (h) 中科 11 籽粒 2

由检测结果可见,提出的方法对籽粒的品种、尖端颜色、籽粒胚部的朝向和摆放位置均不敏感。Harris 算法是在一个局部区域中检测图像的角特征,而尖端相对籽粒其他部分呈现了最强的角响应。因此,算法对于外形缺乏对称性(图 2b)、有轻微破损(图 2d、2f)、尖端特征不明显或比较光滑(图 2a、2e、3d)、边缘有细小毛刺(图 3e)的籽粒,仍能得到正确的检测结果。

表 1 分别列出了基于曲率的方法^[9]和本文提出的基于 Harris 角检测的算法对玉米籽粒、南瓜和西葫芦籽粒尖端识别的结果。可以看到,由于部分品种玉米、南瓜及西葫芦籽粒的尖角特征不明显,基于曲率的方法识别准确率较低,而提出的方法获得了较高的识别率。

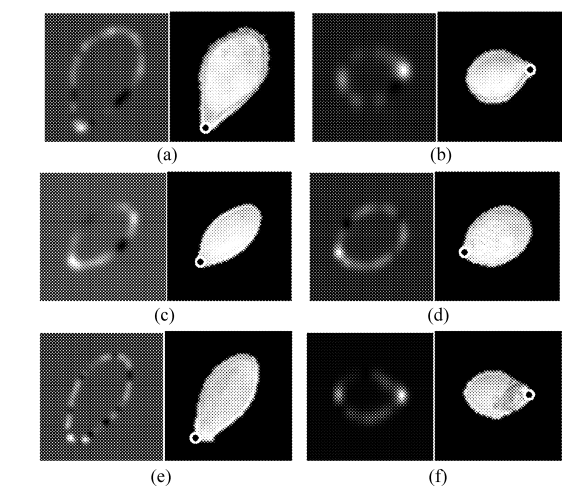


图 3 基于 Harris 角检测算法的南瓜和西葫芦籽粒尖端识别

Fig.3 Identification of tipcap of pumpkin kernel and summer squash based on Harris corner detection method
(a) 甜面南瓜籽粒 1 (b) 甜面南瓜籽粒 2 (c) 日本南瓜籽粒 1 (d) 日本南瓜籽粒 2 (e) 西葫芦籽粒 1 (f) 西葫芦籽粒 2

表 1 作物籽粒尖端识别试验结果
Tab.1 Identification results of tipcap of agricultural kernels

品种	基于曲率的方法		本文提出的方法	
	正确识别粒数	误识别粒数	正确识别粒数	误识别粒数
958	142	8	145	5
俊单 20	140	10	147	3
正大 12	137	13	142	8
中科 11	138	12	145	5
甜面南瓜	45	5	46	4
日本南瓜	44	6	45	5
西葫芦	42	8	47	3

试验结果显示,提出算法的综合识别准确率为 95.6%,高于基于曲率的尖端点识别算法 91.73% 的准确率。基于曲率的方法通过检测籽粒的相邻边界点形成的角度检测尖端点,对于破损和尖端特征较弱的籽粒,易于限入局部极小值。而本文提出的算法通过识别籽粒的角特征来检测尖端点,反映了尖端的本质特征,识别准确性更高。在算法复杂性方面,基于曲率的方法是以籽粒边界点为处理对象,而提出的方法需处理属于籽粒的所有点,算法复杂度略高,而由于单个籽粒面积普遍较小,所以其对于算法的检测速度影响不大。经统计,本文提出的方法平均检测一个籽粒需 0.067 s,高于基于曲率方法的平均检测时间 0.058 s,但仍能满足实时检测的需要。试验中发现,当籽粒外形不规则程度较高或破损较为严重时,容易产生误识别。例如,在图 4 中,籽粒的尖端破损、外形不完整、尖端缺失和边缘存在

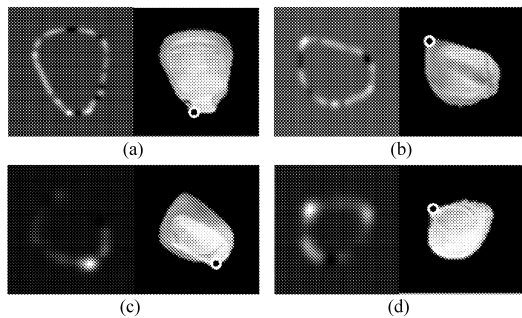


图 4 籽粒尖端误识别举例

Fig. 4 Examples of wrong tipcap identification

(a) 尖端破损 (b) 籽粒不完整 (c) 尖端缺失 (d) 边缘存在突刺

较强突刺等这些情况在非尖端处也会呈现明显的角

特征,因而导致检测失败,需要进一步结合其他特征来进行检测。

4 结束语

基于分析籽粒尖端形态结构特征,提出了基于 Harris 角检测的尖端识别算法。对玉米、南瓜和西瓜籽粒等 3 种具有不同颜色和形状特征的籽粒测试结果表明,提出的方法的尖端识别综合准确率为 95.6%,且对于尖端特征不明显的籽粒仍能较好地识别,但是对籽粒破损或存在异形时的检测效果不理想,识别时需要结合其他特征。

参 考 文 献

- 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):994~1 002.
- 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]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3):180~183. (in Chinese)
- Liu J, Paulsen M R. Corn whiteness measurement and classification using machine vision [J]. Transactions of the ASAE, 2000, 43(3):757~763.
- 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.
Song Tao, Zeng Dechao. An investigation on morphological discrimination of corn kernels based on neural network [J]. Transactions of the CSAE, 1996, 12(1):177~181. (in Chinese)
- 任宪忠,马小愚. 农产品粒形识别研究进展及其在工程中的应用现状[J]. 农业工程学报, 2004, 20(3):276~280.
Ren Xianzhong, Ma Xiaoyu. Research advances of agricultural product grain shape identification and current situation of its application in the engineering field [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3):276~280. (in Chinese)
- 李伟,于振东,陈涛,等. 基于形态学的棉花籽粒破损检测[J]. 农业机械学报, 2009, 40(4):169~172.
Li Wei, Yu Zhendong, Chen Tao, et al. Identification and detection for surface damages of cottonseed based on morphology [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(4):169~172. (in Chinese)
- 张俊雄,荀一,李伟. 基于形态特征的玉米籽粒表面裂纹检测方法[J]. 光学精密工程, 2007, 15(6):951~956.
Zhang Junxiong, Xun Yi, Li Wei. Detection of surface cracks of corn kernel based on morphology [J]. Optics and Precision Engineering, 2007, 15(6):951~956. (in Chinese)
- 权龙哲,马小愚. 基于小波分析的玉米籽粒图像正形研究[J]. 农机化研究, 2006(2):154~156.
- 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 tipcap and germ surface of corn kernel using computer vision[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(3):117~119. (in Chinese)
- Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector[C]//Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference, 1988:147~151.
- 徐伟,王朔中. 基于视频图像 Harris 角点检测的车辆测速[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(11):1 650~1 652.
- 张小洪,李博,杨丹. 一种新的 Harris 多尺度角点检测[J]. 电子与信息学报, 2007, 29(7):1 735~1 738.
Zhang Xiaohong, Li Bo, Yang Dan. A novel Harris multi-scale corner detection algorithm [J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2007, 29(7):1 735~1 738. (in Chinese)