

基于双边滤波的 RSG 玉米籽粒胚部提取研究

Study on extraction of corn kernel embryo by RSG base on bilateral filtering

王炳强¹ 程 洪² 刘 冲¹

WANG Bing-qiang¹ CHENG Hong² LIU Chong¹

(1. 沧州职业技术学院, 河北 沧州 061001; 2. 河北农业大学信息科学与技术学院, 河北 保定 071001)

(1. Department of Information Engineering, Cangzhou Technical College, Cangzhou, Hebei 061001, China;

2. College of Information Science and Technology, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071001, China)

摘要:胚部是玉米籽粒的重要组成部分,为了分析其形态特征以提高玉米籽粒品种自动识别率,针对玉米籽粒图像的特点,验证了一个利用双边滤波结合种子区域生长法(RSG)提取籽粒胚部的方法:先用双边滤波器在保证边缘的情况下平滑玉米籽粒胚部,再用 RSG 分割出胚部。选取华北地区常用的京科 25 为试验对象,采用该法提取出的胚部区域的面积与周长进行统计,并分别与手工测量的面积、周长进行线性回归分析,相关系数 R^2 的均值分别达到 0.962 0, 0.985 2。
关键词:玉米;籽粒;胚部;自动检测;双边滤波;种子区域生长法

Abstract: Embryo is an important part of the corn kernel. Its characteristics can help to improve the automatic recognition rate of corn variety. This paper was on the extraction of embryo from the image of corn kernel. Jingke 25 which was commonly used in North China was selected as study objects. A bilateral filtering combined with the growth of the seed region (RSG) method was proposed to extract corn kernel embryo. The obtained embryo was the same with the observed by eyes. The area and perimeter of the embryo were calculated to be compared with the area and perimeter measured by hands. The mean values of R^2 were 0.962 and 0.985 2, respectively.

Keywords: Corn; Kernel; Embryo; Auto detection; Bilateral filter; Region seeds growing

利用计算机相关技术来实现农产品品质自动检测是目前农业高新领域的一个重要发展趋势^[1-3]。玉米作为中国重要的农作物之一,在玉米籽粒品种的判定方面,许多学

者^[4-6]基于玉米籽粒外部特征开展了大量的研究。胚部是玉米籽粒的重要组成部分,利用数字图像处理技术获取其形态特征的前提是把它从玉米籽粒的 2D 图像中提取出。为了提高不同种类玉米籽粒的辨识率,在籽粒胚部特征方面的分析研究也开展了起来,宁纪锋等^[7]进行了玉米籽粒尖端及胚部所在面的识别研究,没有进一步分割出胚部;韩仲志等^[8]提出了利用独立分量法测量玉米籽粒胚部,但需要具体判断哪个分量含有胚部特征信息。笔者近几年也开展了类似研究,发现双边滤波器(Bilateral filter)可以在保持图像中对象边缘的同时滤除噪声。利用它可以去除籽粒的胚部区域噪声。种子区域生长法(region seeds growing, RSG)简单快速,是可以用来实现目标对象分割的一种算法,在机器视觉领域已广受关注。本试验根据这两种算法的特点及玉米籽粒的形态特征,进行了基于双边滤波的玉米籽粒胚部提取研究。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取华北地区常用的京科 25 为对象,使用平板扫描仪,型号为明基 Q52,扫描精度设定为 600 dpi。用此试验仪器获得试验研究用的 50 粒玉米的图像,这些图像的模式均为 RGB、bmp 格式。因为需要研究玉米籽粒的胚部特性,因此在获取图像时要使对象的胚面朝上,采用由顶及底的扫描方式,从而尽量减少扫描时阴影噪声的产生。

1.2 试验方法

1.2.1 图像处理流程 对象胚部区域的提取流程见图 1。利 1.1 中描述的方法获取试验图像后,需要将图像中的背景去除(把玉米图像中的扫描仪的黑色背景像素值置为 0),采用双边滤波去除噪声,制定区域生长法规则并运行算法处理图像获取胚部区域,形态学修正。

基金项目:河北省青年自然基金项目(编号:F2015204130)

作者简介:王炳强,男,沧州职业技术学院讲师。

通信作者:程洪(1981—),女,河北农业大学副教授。

E-mail: chenghong@cau.edu.cn

收稿日期:2016-12-10

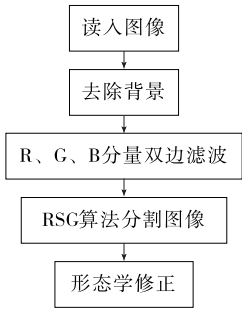


图1 图像处理流程图

Figure 1 Steps of image processing

1.2.2 双边滤波 Bilateral Filter 的输出值不但与所分析像素的邻域空间中像素的位置有关,并且还与这些像素的亮度值有关。它的实现原理即由两个函数来控制它的输出。这两个函数中一个决定滤波器的系数(是靠几何空间距离),而另一个凭借像素的差值。

$$p(i,j) = \frac{\sum_{k,l} P(k,l)w(i,j,k,l)}{\sum_{k,l} w(i,j,k,l)}, \quad (1)$$

式中:

$p(i,j)$ ——输出值;

$P(k,l)$ ——输入值,其中 (k,l) 是以像素 (i,j) 为中心的邻域窗口中的像素;

$w(i,j,k,l)$ ——滤波核。

$w(i,j,k,l)$ 的值由空域核 $d(i,j,k,l)$ 与值域核 $r(i,j,k,l)$ 的乘积来决定。 $d(i,j,k,l)$ 的值取决于像素间的几何空间距离,随着距离的减小而增大; $r(i,j,k,l)$ 的值取决于像素间的相似度,像素间越相似则其值越大。在灰度变化平缓区域,值域滤波系数接近1,此时空域滤波起主要作用,双边滤波器因此退化为可对图像进行平滑操作的传统的高斯低通滤波器,从而实现图像的平滑。而滤波器能够保持边缘细节的能力,则是值域滤波起作用的结果,因为对象边缘的像素间的差异较大,值域滤波起主要作用。

$$d(i,j,k,l) = \exp\left[-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2}\right], \quad (2)$$

$$r(i,j,k,l) = \exp\left[-\frac{||p(i,j) - P(k,l)||^2}{2\sigma_r^2}\right], \quad (3)$$

$$w(i,j,k,l) = \exp\left[-\frac{(i-k)^2 + (j-l)^2}{2\sigma_d^2} - \frac{||p(i,j) - P(k,l)||^2}{2\sigma_r^2}\right], \quad (4)$$

式中:

σ_d, σ_r ——分别为空间域内高斯函数标准差和值域中高斯函数标准差。

Bilateral Filter 对空间方差的取值很敏感,图像中对象的边缘与细节越清晰,空间方差的值越小,反之亦然。对于图像中的平滑区域,去除噪声时值域方差的值越大越好,而对于边缘等细节区域要保留更多的细节,亮度方差越小越好。经反复试验,在本试验中邻域窗口设为10,空域方差与值域方差分别为3与0.1。

1.2.3 区域生长法的具体实现

(1) 玉米籽粒图像矩阵 I ,构造与 I 同样大小标记矩阵 S ,其初始值为“1”,构造二维矩阵 K ,存放已标记像素坐标。

(2) 选取初始种子点,在 S 中相应位置标记为“0”,将种子点坐标存入 K ;然后计算目标对象内G分量与B分量的平均值 P :首先,计算每个Pixel的G与B的比,然后,求所有像素的此特征值的和,最后用和除以像素的总个数;统计 S 中“0”像素的数目 N_0 ,并计算 K 中B分量的平均值 B_x ,之后将它当作初始的判决标准量:

$$B_0 = \frac{1}{K_{num}} \sum_{i=1}^{K_{num}} B(x_i, y_i), \quad (5)$$

式中:

K_{num} ——像素集 K 中的像素个数;

(x_i, y_j) ——像素集 K 中第 i 个像素坐标;

$B(x_i, y_j)$ ——像素的B值。

(3) 提取目标区域 S 边缘上的像素点,并且将 I 中与之相对应的像素点作为种子点,在种子点的八邻域内搜索尚未被识别标记的点 k ,如果像素 k 满足判定的条件一与二,即 $p < P$,且 $|B_0 - B_k| < T$,其中, p 是像素 k 的G分量与R分量的比,而 B_k 为像素 k 的B分量的值,那么在矩阵 S 中将 k 相应的位置标记为0, k 的坐标加入 K ,并统计 B_0 , S 中“0”像素的个数 N_1 及判断 $N_1 - N_0$ 是否等于0。

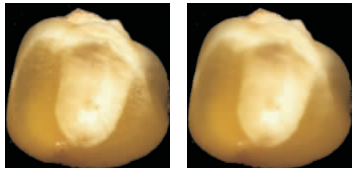
(4) 重复步骤(3)直至 $N_{j+1} - N_j = 0$ 。依据 S 矩阵,得到 I 中目标区域。

2 结果分析与讨论

2.1 提取所得胚部区域

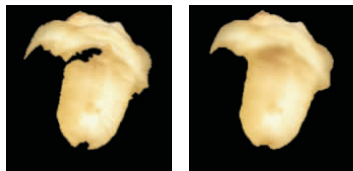
在使用 Bilateral Filter 前后玉米籽粒图像对比见图2。由图2可知,经过双边滤波之后图像中需要提取的目标区域内颜色更加趋于一致。

利用 RSG 算法得到的目标区域见图3。图3(a)分割出的胚部明显丢失了部分信息,图3(b)所得到的区域与人眼观测到的胚部区域基本一致。



(a) 原图 (b) 滤波后
图2 滤波前后玉米籽粒图像

Figure 2 The corn grain images



(a) 未经滤波 (b) 经过滤波
图3 提取出的胚部区域

Figure 3 Segmented embryo regions

2.2 数值化分析

计算从图像中获取的籽粒胚部面积以及周长:从图像中提取出的胚部区域的像素个数为自动获取的面积;胚部区域边缘的像素个数作为自动获取的周长。手工测量实际的玉米籽粒胚部形态参数:使用网格测量法得到面积参数,也就是在画满网格(单个网格的面积为 1 mm²)的白纸上描绘出玉米籽粒的轮廓,对网格计数,如此进行 10 次,取平均值作为面积值;采用细线的拟合法测量胚部周长,将细线沿胚部的边缘一周,测量细线的长度,如此进行 10 次,取平均值作为周长值。将自动测量值与手工测量值进行分析比较。

由图 4、5 可知,自动测量值与手工测量值有较高的相关性, R^2 分别为 0.962 0、0.985 2。通过分析可知,采用本试验提出的方法可以检测出玉米籽粒的胚部,提取出的胚部形态参数值有很高的借鉴价值。

3 结语

(1) 本试验基于双边滤波的区域生长法提取玉米籽粒胚部区域,不仅解决了区域生长种子点的选取以及生长规则问题,并且降低了玉米籽粒胚部噪声对分割的影响。

(2) 通过试验验证本试验所提出的方法,提取的目标区域与人的眼睛观测到的种子胚部基本一致。所得目标区域的形状参数与实际测量的非常接近, R^2 分别达到 0.962 0,

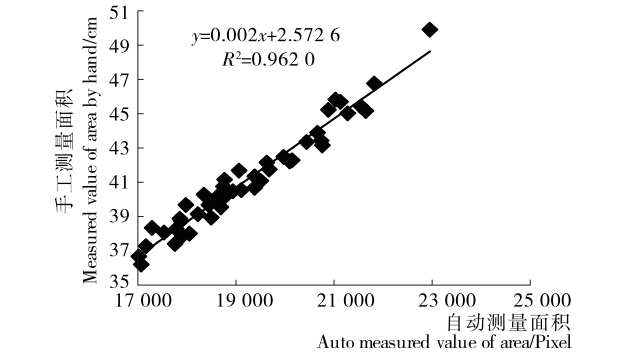


图 5 从图像中获取的胚部面积与手工测量值
Figure 5 Areas from image and measured values by hand

0.985 2。验证了方法的可行性。

此外,假如玉米种子由于存储不当等原因导致丧失活力,胚部颜色变得发黄、发暗或发灰,那么分割胚部的效果就会受到一定的影响。

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.

[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.

[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.

[4] JIANG Jing-tao, WANG Yan-yao, YANG Ran-bing. Variety identification of corn seed based on Bregman Split method [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(Supp.2): 248-252.

[5] 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(11): 2 919-2 922.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

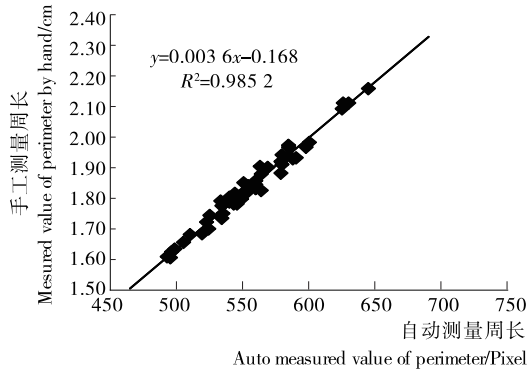


图 4 从图像中获取的胚部周长与手工测量值
Figure 4 Perimeters from image and measured values by hand

(上接第 5 页)

[42] SALAS C, NYPELO T, RODRIGUEZ-ABREU C, et al. Nanocellulose properties and applications in colloids and interfaces[J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2014, 19(5): 383-396.

[43] WEN Chun-xia, YUAN Qi-peng, LIANG Hao, et al. Preparation and stabilization of d -limonene Pickering emulsions by cellulose nanocrystals[J]. Carbohydrate Polymers, 2014, 112(2): 695-700.

[44] WANG Wen-hang, DU Guan-hua, LI Cong, et al. Preparation of cellulose nanocrystals from asparagus (Asparagus officinalis, L.) and their applications to palm oil/water Pickering emulsion [J]. Carbohydrate Polymers, 2016, 151: 1-8.

[45] ZOPPE J O, VENDITTI R A, ROJAS O J, et al. Pickering emulsions stabilized by cellulose nanocrystals grafted with

thermo-responsive polymer brushes[J]. Journal of Colloid & Interface Science, 2011, 369(1): 202-209.

[46] LAM S, VELIKOV K P, VELEV O D. Pickering stabilization of foams and emulsions with particles of biological origin[J]. Current Opinion in Colloid & Interface Science, 2014, 19(5): 490-500.

[47] WINUPRASITH T, SUPHANTHARIKA M. Properties and stability of oil-in-water emulsions stabilized by microfibrillated cellulose from mangosteen rind[J]. Food Hydrocolloids, 2015, 43: 690-699.

[48] GÓMEZ HC, SERPA A, VELASQUEZ-COCK J, et al. Vegetable nanocellulose in food science: A review[J]. Food Hydrocolloids, 2016, 57: 178-186.

[49] 刘涛, 刘宁, 方桂珍. 纤维素及其衍生物在食品及医药行业的开发与应用[J]. 食品科学, 2009, 30(15): 276-280.