

# 基于区域灰度增强的种子特征匹配方法

曾凯<sup>1</sup> 王慧婷<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学 信息工程学院, 浙江 临安 311300;  
2. 浙江农林大学 天目学院, 浙江 临安 311300)

**摘要** 提出一种采用 SURF(speeded up robust features)特征提取结合区域灰度增强以提高种子图像特征匹配度的改进方法。该方法根据样品和待测种子外部特征,提取 SURF 特征集,计算图像特征对应的灰度直方图,并通过规定化处理增强区域灰度,最后计算出图像的匹配度。试验结果表明,该方法特征匹配平均耗时 $<10$  ms,实时性强;能避免不同外界光源的干扰,鲁棒性强;匹配度平均提高 30%,有效提高了图像的匹配度。

**关键词** 种子; SURF 特征; 灰度; 直方图; 规定化; 匹配度

中图分类号 TP 391 文章编号 1007-4333(2013)05-0136-05 文献标志码 A

## Method of seed-features matching based on enhancing area-grayscale

ZENG Kai<sup>1</sup>, WANG Hui-ting<sup>2</sup>

(1. School of Information Engineering, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China;  
2. School of Tian Mu, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, China)

**Abstract** The Paper proposed a method for enhancing the matching degree of seed images to its features by SURF (speeded up robust features) and area-grayscale enhance. According to external feature of seed, the SURF features were extracted and Grayscale-histogram of images was calculated. Area-grayscale was enhanced according to normalization and for the calculation of the degree of matching of images. Experimental result indicated that the average time of feature matching was less than 10ms. The method presented good resistance to interference of light and strong robustness. The degree of matching of images was improved by 30% on average.

**Key words** seed; SURF feature; grayscale; histogram; normalization; the degree of matching

在农业生产中,种子质量和成活率决定了农作物种植的成败,对于农作物种子在种植前的质量筛选就显得尤为重要。传统的采用独立的机械手段识别筛选种子的方法已经不能满足现代智能农业的要求。

随着机器视觉技术的不断发展,采用机器视觉技术实现种子质量动态检测和自动识别分选的应用越来越广泛,国际上的相关研究已经有效将该技术应用到了智能农业生产领域中,可以实现快速、准确和无损等传统设备无法实现的效果<sup>[1]</sup>。通过机器视觉和图像处理实现种子识别和检测已

成为种子无损检测领域中一个新的研究热点<sup>[2-5]</sup>。在种子筛选的过程中,待测种子和样品的匹配效率和匹配度是研究关键问题,目前基于局部不变量描述的方法在目标识别和匹配上效果突出,其中 Lowe<sup>[6]</sup>提出的 SIFT(scale invariant feature transform)算法<sup>[7]</sup>,是一种提取局部特征的算法,该算法是局部特征描述重要的研究成果,但运算数据量过于庞大,运算时间复杂度高,因此实时性程度不高。Bay 等<sup>[8]</sup>在 2006 年提出了 SURF(Speeded Up Robust Feature)算法,SURF 算子由 SIFT 算子改

收稿日期: 2013-01-06

基金项目: 杭州市科技攻关项目(062422B09)

第一作者: 曾凯,实验师,硕士,主要从事计算机视觉、嵌入式图像处理研究,E-mail:brownzengkai@163.com

进而来,运行效率优于 SIFT 算子<sup>[9]</sup>,并且在多幅图片下具有更好的鲁棒性。SURF 最大的特征在于采用了 Haar 特征以及积分图像<sup>[10]</sup> integral image 的概念,加快了程序的运行时间。目前融合 SURF 特征,结合相关的匹配手段实现图像特征识别的研究越来越受到关注<sup>[11-15]</sup>。

本研究拟通过研究种子的缺陷特征,采用 SURF 特征提取结合区域灰度增强技术,以提高样品种子图像和待测种子图像的匹配度,从而实现对种子产品中存在缺陷的种子进行筛选和检测。

## 1 种子图像特征提取分析

### 1.1 积分图像

SURF 算法利用积分图像的概念,对于输入图像,像素点  $I(x, y)$  的积分图  $I_{\Sigma}(x, y)$  定义为

$$I_{\Sigma}(x, y) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} I(x, y) \quad (1)$$

积分图像  $I_{\Sigma}(x, y)$  即是以图像原点  $I(0, 0)$  与像素点  $I(x, y)$  为顶点的矩形区域内所有的像素点之和。积分图像的方法能够提升算法的速度。

### 1.2 提取特征点

SURF 算法采用了 Hessian 矩阵行列式近似值图像,像素点的 Hessian 矩阵为

$$\mathbf{H}(f(x, y)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$\mathbf{H}$  矩阵判别式为

$$\det \mathbf{H} = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \left( \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \right)^2 \quad (3)$$

判别式的值是  $\mathbf{H}$  矩阵的特征值的乘积,可以通过判定结果的符号将所有点分类,根据判别式取值正负判别该点是否为极值点。SURF 算法用图像像素  $I(x, y)$  代替函数值  $f(x, y)$ ,用二阶标准高斯函数来滤波,通过特定核间的卷积计算二阶偏导数,这样便能计算出  $\mathbf{H}$  矩阵

$$\mathbf{H}(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (4)$$

式中:  $L_{xx}(x, \sigma)$  为高斯二阶微分  $\frac{\partial^2}{\partial x^2} g(\sigma)$  在点  $x$  处与图像  $I$  的卷积,  $g(\sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}$ 。通过使用积分图像,用方框滤波替代高斯滤波,采用近似计算的方法加快运算速度,方框滤波模板见图 1。图 1 中灰色部分像素值为 0。使用不同的模板尺寸,便形成了多尺度下的金字塔图像,利用金字塔图像便可以进行响应极值点的搜索。

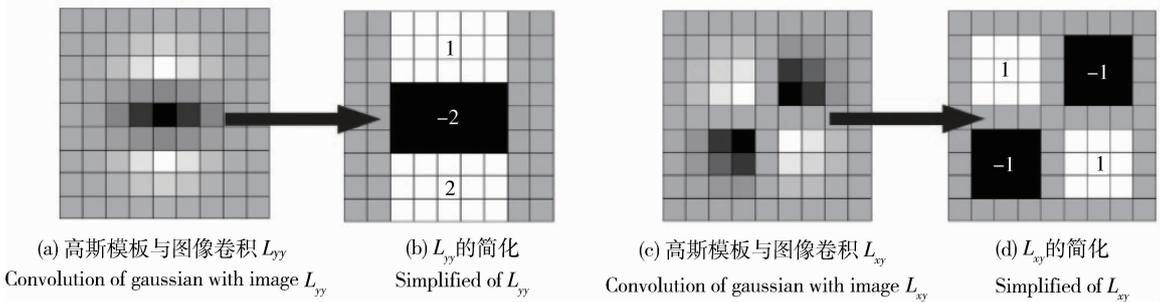


图 1 高斯二阶微分简化模板

Fig. 1 Simplified template of second order Gaussian differential

三维尺度空间  $(x, y, z)$  采用图像金字塔实现,图像的尺度空间是这幅图像在不同解析度下的表示,一幅图像  $I(x)$  在不同解析度下的表示,可以利用高斯核  $G(\sigma)$  的卷积实现,图像的尺度大小一般用高斯标准差表示。SURF 算法申请增加图像核的尺寸,算法允许尺度空间多层图像同时被处理,不需对图像进行二次抽样,从而提高算法性能。

为保证旋转不变性,以特征点为中心,计算半径为  $6s$  ( $s$  为特征点所在的尺度值)的邻域内的点在  $x$ 、 $y$  方向的 Haar 小波 (Haar 小波边长取  $4s$ ) 响应,并给这些响应值赋高斯权重系数,使得靠近特征点的响应贡献大,而远离特征点的响应贡献小,其次将  $60^\circ$  扇形范围内的响应相加以形成新的矢量,遍历整个圆形区域,选择最长矢量的方向为该特征点的主

方向。这样,通过特征点逐个进行计算,得到每一个特征点的主方向。

## 2 特征点匹配改进方法

常用的 SURF 匹配方法是通过 SURF 算子获取输入样本种子图像和待检测图像的特征点后,进行特征匹配分析,从而确定出待检测种子的质量特性。特征点提取后会形成 1 个特征集合,通过计算分析样本图片和待检测图片特征点相关距离来确定特征的匹配程度。

样品图像提取特征后,对图像进行灰度均衡化处理,从而实现通过映射转换,使得图像中各个特征点像素灰度分布均匀;但是对于这样的灰度增强方法,由于不同光线强弱、外界不稳定光源的干扰影响,其实际增强效果不容易实现,因此需要增强某个灰度区间的图像。本研究采用规定化(Normalization)预先设定的某个形状调整图像的直方图,在运用均衡化原理的基础上,建立原始图像和期望图像之间的关系,选择地控制直方图,从而弥补了直方图均衡不具备交互作用的特性。具体步骤:设定  $P_r(r)$  为原图像的灰度密度函数,  $P_z(z)$  为目标增强后图像的灰度密度函数,其直方图示意图 2。先对原始的直方图均衡化  $s = T(r) = \int_0^r P_r(r) dr$ ,同时对规定的直方图均衡化  $v = G(z) = \int_0^z P_z(z) dz$ ,逆变换  $z = G^{-1}(v)$ 。由于都采用均衡化,故令  $s = v$ ,则  $z = G^{-1}(v) = G^{-1}[T(r)]$ ,处理后得到的图像的灰度级将具有规定的概率密度函数  $P_z(z)$ 。

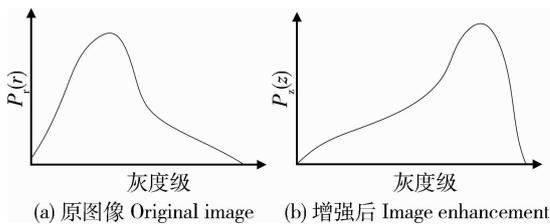


图 2 图像增强前后的直方图

Fig. 2 Histogram before and after image enhancement

按照以下方法提高特征点在区域灰度增强下的匹配度。

1) 输入不同光照和不同光源干扰下的种子图

像,设定样品图像  $I_1$ ,  $S_1$  为该图像特征点集合,直方图为  $C_1$ ,归一化表达式为

$$C_1 = \{c_{1j}\}_{j=1,2,\dots,k'} \sum_j^k c_{1j} = 1$$

2) 设定待检测种子图像为  $I_2$ ,提取 Surf 特征点集合为  $S_2$ 。

3) 通过 Surf 的特征匹配方法计算得到  $S_2$  和  $S_1$  中对应一致的特征点后,计算特征点对应待检测图像  $I_2$  的灰度直方图  $C_2$ ,归一化为

$$C_2 = \{c_{2j}\}_{j=1,2,\dots,k'} \sum_j^k c_{2j} = 1$$

4) 针对灰度直方图进行区域灰度增强的规定化处理,计算直方图的 Bhattacharyya 距离  $d_B$ :

$$d_B(C_1, C_2) = \sqrt{1 - \frac{\sum_j \frac{\sqrt{C_1(j)} \times \sqrt{C_2(j)}}{\sqrt{\sum_j C_1(j)} \times \sqrt{\sum_j C_2(j)}}}{2}}$$

(5)

如果特征点一样,则  $d_B(C_1, C_2) = 0$ ;  $d_B$  值越小,图像匹配度越高。

## 3 试验与分析

在种子匹配试验过程中,采用蚕豆和豌豆作为种子样本,提取种子图像的 SURF 特征点,进行灰度颜色空间转换,通过对灰度直方图进行规定化处理以改进灰度直方图的匹配程度。

试验硬件平台为 Intel 奔腾双核 T6670, 2.2 GHz,内存 4 G,软件平台 windows XP 操作系统, VC++8 开发平台。由特征提取结果(图 3),完成样品蚕豆、豌豆和待测蚕豆、豌豆的初次匹配,并以提取的特征点来设定样品图像和待测图像特征点集,分别针对特征点集计算表示图像匹配度的  $d_B$  数值。

图 4 表明了在未进行区域灰度增强下图像的灰度值分布。在相同特征集的条件下,对图像进行灰度规定化处理,以增强局部区域灰度提高图像匹配度。特征匹配结果(表 1)表明,在相同的样品和试验光照条件下,改进方法得到的  $d_B$  数值比常规的 SURF 方法得到的  $d_B$  数值小,匹配度更高,因此能够有效提高图像的匹配度。在匹配过程中,改进方法耗时短,能满足种子识别检测实时性的要求,在种子识别行业能够有效应用于工程实际。

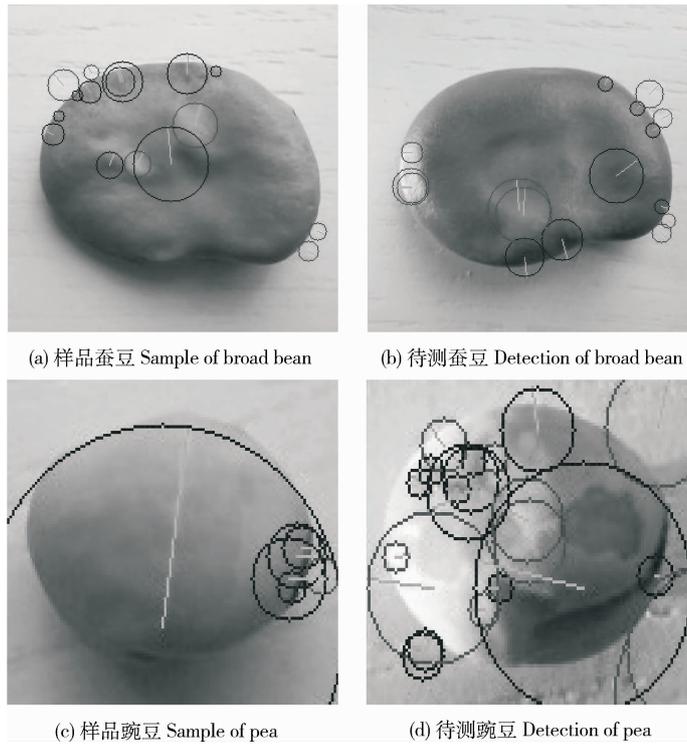


图 3 样品图像和待测图像特征提取结果

Fig. 3 The result of features extraction of S&D image

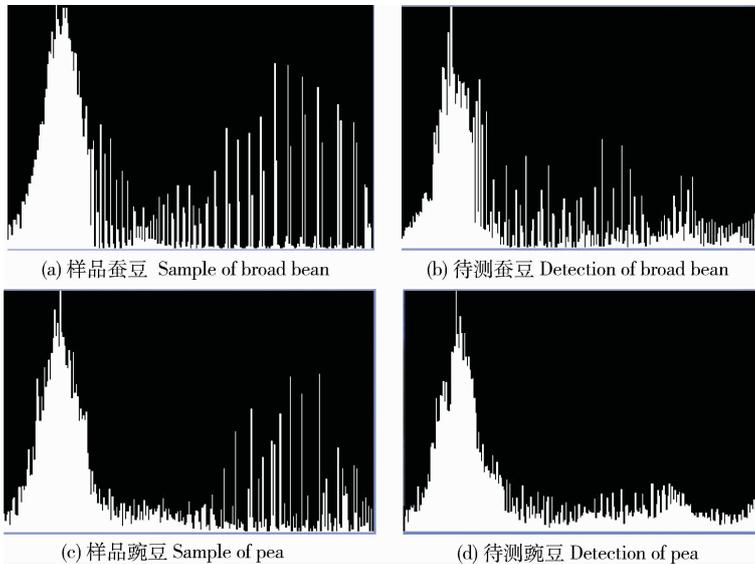


图 4 样品图像和待测图像灰度直方图

Fig. 4 The grayscale-histogram of S&D image

表 1 特征匹配试验结果对比

Table 1 The contrast of features matching of experimental results

样品名称 Name of sample	$d_B^{\text{①}}$		改进方法耗时/ms Time of improved method
	常规 SURF 方法 SURF method	改进方法 Improved method	
蚕豆 Broad bean	0.505 3	0.350 4	7.47
豌豆 Pea	0.380 6	0.253 1	2.25

注：①表示图像匹配度的 Bhattacharyya 距离。Note：①The Bhattacharyya distance of indicating the degree of matching of image.

## 4 结 论

本研究针对种子识别筛选中存在的光源不稳定,光线干扰多等实际问题,提出了一种采用 SURF 提取种子特征并利用区域灰度增强处理以提高样品图像和待测图像的匹配度的改进方法。通过对种子图像进行 SURF 特征提取并计算特征对应的灰度直方图,利用基于灰度直方图规定化处理后计算的 Bhattacharyya 距离来检测图像的匹配程度。试验结果证明该方法执行效率高,克服了实际应用中的光强干扰对图像的影响;鲁棒性强,有效提高了图像的匹配程度,能够解决工程应用中种子识别筛选存在的问题,具有工程应用和推广价值。

## 参 考 文 献

- [1] 卢卓,代光爱,刘燕德. 机器视觉在种子自动分选系统中的应用[J]. 农机化研究,2008(1):160-162
- [2] 吴继华,刘燕德,欧阳爱国. 基于机器视觉的种子品种实时检测系统研究[J]. 传感技术学报,2005,18(4):742-744
- [3] 饶洪辉,刘燕德,孙旭东,等. 基于机器视觉的水稻种子质量在线检测机[J]. 农机化研究,2009(10):79-81
- [4] 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(5):199-204
- [5] 孙群,王庆,薛卫青,等. 无损检测技术在种子质量检验上的应用研究进展[J]. 中国农业大学学报,2012,17(3):1-6
- [6] Lowe D G. Object recognition from local scale-invariant features[C] // Proceedings of International Conference on Computer Vision, Greece:IEEE Computer Society,1999:1150-1157
- [7] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision 2004, 60(2):91-110
- [8] Bay H, Tuvetellars T. SURF:Speeded up robust features[C]// Proceedings of the European Conference on Computer Vision, Austria,2006:404-417
- [9] Bauer J, Sunderhauf N, Protzel P. Comparing several implementations of two recently published feature detectors [C] // Proceedings of the international conference on intelligence and autonomous systems. Toulouse, France,2007: 143-148
- [10] Agrawal R, Srikant R. Fast algorithms for mining association rules in large databases[C]// Proceedings of Conference on Very Large Data Bases. 1994:487-499
- [11] 廉漪,李国辉,田昊,等. 加窗灰度差直方图描述子及其对 SURF 算法的改进[J]. 电子与信息学报,2011,33(5):1042-1048
- [12] 刘学,姚洪利,金世龙. 基于扩展的 SURF 描述符的彩色图像配准技术[J]. 计算机应用研究,2011,28(3):1191-1194
- [13] 王君本,卢选民,贺兆. 一种基于快速鲁棒特征的图像匹配算法[J]. 计算机工程与科学,2011,33(2):112-116
- [14] 彭辉,文友先,翟瑞芳,等. 结合 SURF 算子和极线约束的柑橘立体图像对匹配[J]. 计算机工程与应用,2011,47(8):157-160
- [15] 李寒,王库,曹倩,等. 基于机器视觉的番茄多目标提取与匹配[J]. 农业工程学报,2012,28(5):168-172

责任编辑:刘迎春