

田 昊,王维新,毕新胜,等. 基于图像处理的机采棉杂质提取算法[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):366-368.

# 基于图像处理的机采棉杂质提取算法

田 昊<sup>1</sup>, 王维新<sup>1</sup>, 毕新胜<sup>1</sup>, 马本学<sup>1</sup>, 王玉刚<sup>2</sup>

(1. 石河子大学机械电气工程学院, 新疆石河子 832000; 2. 新疆天鹅现代农业机械装备有限公司, 新疆五家渠 831300)

**摘要:**针对国产采棉机采收含杂率高、杂质分布复杂、难以快速检测等问题,提出了一种基于图像处理的机采棉杂质图像提取算法。该算法在 HSI 颜色模型、Lab 颜色模型下设计试验采集图像,利用中值滤波处理图像,然后对图像进行自适应阈值分割,分割棉花和杂质图像,通过连通域分析绘制棉花轮廓和杂质轮廓,在此基础上计算其像素面积,得到杂质面积百分比。结果表明,该算法可有效分割机采棉中的常见杂质,为机采棉含杂率的快速评估奠定基础。

**关键词:**颜色模型;图像处理;机采棉;杂质;自适应阈值;特征提取;算法

**中图分类号:** S126;TN911.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0366-03

机采棉含杂率是衡量采棉机工作质量的重要标准之一,根据国家农业行业标准 NY/T 1133—2006《采棉机作业质量》可知,机采棉含杂率应 $\leq 12\%$ 。近年来,随着精细农业的不断发展和机采棉质量要求的不断提高,降低机采棉含杂率成为国产采棉机研制及优化改进的一项重要任务。而如何快速准确地检测机采棉的含杂率并为采棉机的研制和优化提供数据支持,成为一项亟待解决的问题。

随着机器视觉技术和图像处理技术的不断发展,基于图像的棉花杂质检测技术和皮棉异纤检测技术已展开了一定的研究。郭俊先等采用高光谱成像技术对表层棉花杂质进行表层棉花杂质检测<sup>[1-2]</sup>。丁名晓等针对工业环境中非均匀光照条件下的棉花图像,利用 Gabor 滤波器提取图像的纹理特征,结合形态学滤波和连通域分析检测出棉花中的杂质<sup>[3]</sup>。王伟等提出了一种实用的棉花杂质高速检测方法,该方法采用 3D-LUT 技术、HSI 色彩空间、彩色运动补偿技术等<sup>[4]</sup>。李国辉等采用 Gabor 算子提取多个方向的特征向量,融合成特征图,由此增大背景与目标之间的对比度,提取杂质特征<sup>[5]</sup>。Siddaiah 等计算轧花后杂质占棉花样本面积的比例,对比自适应网络模糊推理系统(ANFIS)和其他识别算法<sup>[6]</sup>。Tae 等将原棉彩色图像转化成灰度图像,采用 8 邻域方法,选择阈值分离出植物性杂质,计算杂质数量、含量和分布<sup>[7]</sup>。

上述研究的算法较复杂,多适用于棉纺加工中的皮棉和梳棉等,不适宜机采棉杂质的检测研究。本研究旨在运用 VS2010 开发平台和 OpenCV 开源机器视觉库,设计开发机采棉杂质检测算法,为机采棉含杂率快速、准确地检测与估算奠定基础。

## 1 图像获取与试验设备

本试验针对国有自主产权梳齿式统收采棉机,随机采集

样本。样本杂质含量较高,且分布复杂,杂质以棉铃壳、枝秆、碎叶为主。试验选取杂质分布均匀且具有代表性的棉花样本 100 mm × 120 mm,将其平铺在绿色背景板上,厚度约 10 mm。

图像采集设备主要由 Matrox/Meteor-Ⅱ 图像采集卡、TMC-7DSP 数字彩色摄像机、4 支 F40BX/480 荧光灯光源等组成。图像处理硬件平台为 Inter® Core™ Duo, CPU E8400 3.00 GHz, 1 G 内存, Windows XP 操作系统。开发平台为 VS2010 环境下加载的 OpenCV 2.3.1 开源视觉数据库。

OpenCV 是一个开源的计算机视觉库,采用 C/C++ 语言编程,提供了丰富的图像及计算机视觉处理函数,为数字图像处理、计算机视觉技术应用提供了极大的方便<sup>[8]</sup>。

## 2 机采棉杂质图像分割

本算法先将原图像(图 1)转换为 HSI 和 Lab 颜色模型,分别提取 HSI 模型的色饱和度(S)分量和 Lab 模型的 b 分量;然后进行形态学滤波降噪处理,采用自适应阈值分割图像,提取棉花图像和杂质图像,再运用边缘检测、连通域分析计算各自像素面积。具体算法流程如图 2 所示。

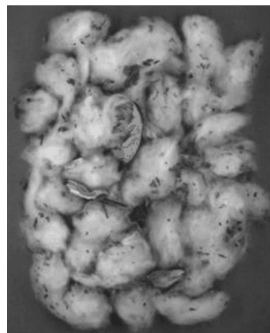


图1 机采棉原图

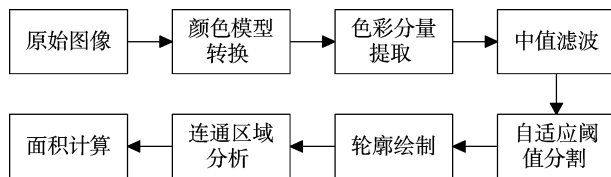


图2 图像分割算法流程

收稿日期:2013-05-16

项目资助:新疆生产建设兵团高新技术企业创新专项(编号:2012AC001)。

作者简介:田 昊(1988—),男,山东德州人,硕士研究生,从事智能化检测技术与分级装备研究。E-mail:th5828@163.com。

通信作者:王维新,教授,从事精确农业及其智能机械设计与环境控制研究。Tel:(0993)2058039;E-mail:weixin\_wang@126.com。

## 2.1 颜色模型

2.1.1 HSI 颜色模型 HSI 模型完全反映了人感知颜色的基本属性,与人感知颜色的结果一一对应,因此,HSI 模型被广泛应用于人的视觉系统感知演进的图像表示和处理系统中。

RGB 转换为 HSI 颜色模型:

$$H = \begin{cases} \theta, & G \geq B \\ 2\pi - \theta, & G < B \end{cases} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)], \quad (2)$$

$$I = \frac{R+G+B}{3}; \quad (3)$$

其中:

$$\theta = \cos^{-1} \left[ \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right]. \quad (4)$$

2.1.2 Lab 颜色模型 由于人类视觉系统的响应是粗略的对数关系(可以感知约 1% 的相对亮度变化),国际照明协会(CIE)定义了 XYZ 空间的一个非线性重映射称作  $L^*a^*b^*$  或 CIELAB<sup>[9]</sup>,其亮度或色度上的差别在感觉更一致。

从 RGB 到 XYZ 的转换为:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \frac{1}{0.17697} \begin{bmatrix} 0.49000 & 0.31000 & 0.20000 \\ 0.17697 & 0.81240 & 0.01063 \\ 0.00000 & 0.01000 & 0.99000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (5)$$

亮度的  $L^*$  分量定义为:

$$L^* = 166f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \quad (6)$$

其中:  $Y_n$  是标称白的亮度值(Fairchild 2005)且

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & t > \delta^3 \\ t/(3\delta^2) + 2\delta/3 & \text{else} \end{cases} \quad (7)$$

是三次根的有限斜率近似,  $\delta = 6/29$ , 所产生的 0 ~ 100 标度粗略地度量等量的亮度可感知性。

以类似的方式,  $a^*$  和  $b^*$  分量定义为:

$$a^* = 500 \left[ f\left(\frac{X}{X_n}\right) - f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) \right], \quad (8)$$

$$b^* = 200 \left[ f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - f\left(\frac{Z}{Z_n}\right) \right], \quad (9)$$

其中:  $(X_n, Y_n, Z_n)$  是测量白点。

2.1.3 颜色模型在本研究中的应用 颜色特征是应用最广泛的视觉特征,提取简单,容易描述。与其他特征相比,颜色特征对图像尺寸、方向和视角的依赖性小,表现出较强的鲁棒性<sup>[10]</sup>。不同的颜色模型涵盖不同的颜色特征,通过颜色模型的转换可对图像的某些特征进行提取分离,从而为图像处理提供方便。

本研究结合 HIS、Lab 等 2 种颜色模型的优点:(1)都将亮度单独从图像中提出,且不影响图像的彩色信息,可以有效地消除光照不均给图像带来的影响;(2)2 种颜色模型所提取的分量都与人类的视觉感知紧密相连,可以更容易、更有效地模拟人的色彩感知,从而对图像进行分割。

## 2.2 颜色分量提取

颜色分量提取可将颜色模型中不同分量的信息进行分离,以灰度级的方式描述颜色信息的强弱,实现三维颜色空间

的二维表达。

2.2.1 HSI 颜色分量提取 将采集的机采棉 RGB 图像转换为 HSI 模型图像,提取 HSI 模型图像的 3 个分量  $H$ (色调)、 $S$ (饱和度)、 $I$ (亮度),分量灰度图提取效果图 3 所示。

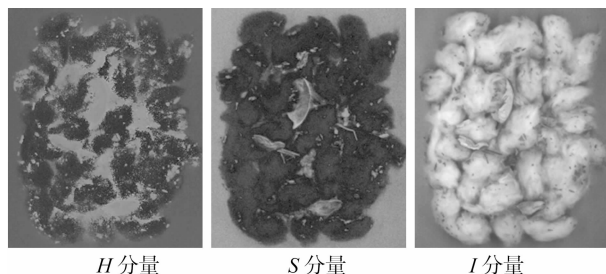


图3 HSI 颜色分量灰度提取效果

2.2.2 Lab 颜色分量提取 将采集的机采棉 RGB 图像转换为 Lab 模型图像,提取 Lab 模型图像的 3 个分量  $L$ (亮度)、 $a$ (洋红色至绿色)、 $b$ (黄色至蓝色),分量灰度提取效果见图 4。

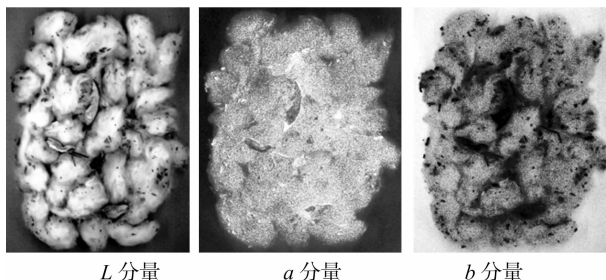


图4 Lab 颜色分量灰度提取效果

饱和度( $S$ )形容颜色的鲜艳程度,棉花颜色接近白色,饱和度和最高且易于分割。机采棉杂质以红棕色和褐色为主,  $b$  分量下杂质灰度较高,而背景板(绿色)灰度较低。因此,  $b$  分量下杂质提取快而准确。

结合棉花杂质颜色与棉花及背景板颜色的差异,选取饱和度和( $S$ )和黄蓝色轴( $b$ )可快速有效地分割图像。

## 2.3 平滑滤波降噪

在获取棉花图像时,由于种种原因如光照、相机结构、对象特性等因素,往往会引入噪声。图像处理过程中,颜色模型的转换、分量的提取都会产生影响图像处理效果的噪声,有效消除噪声可以降低图像处理难度,提高图像的处理质量。

中值滤波器可较好地保留图像细节,处理迅速,应用广泛。二维中值滤波输出为:

$$g(x, y) = \text{med} \{ f(x-k, y-l), (k, l \in W) \} \quad (10)$$

其中:  $W$  为二维模板,为尽量减少因滤波降噪而造成的目标对象面积差异,经试验表明,选取的二维模板  $W$  为  $3 \times 3$  的区域时,效果最佳。

## 2.4 自适应阈值分割

图像阈值化是通过设定特定的阈值,将图像或图像特征提取出来,达到分割图像的目的。阈值化的方法很多,经典算法有分水岭法、区分式聚类法、凝聚式聚类法等。

本研究用到的 OpenCV 中的自适应阈值是通过计算像素点  $(m, n)$  周围  $b \times b$  区域的加权平均,然后减去一个常数  $c$  来

得到自适应阈值。加权方法分为平均加权和高斯加权,本研究使用平均加权方法。

阈值  $T$  计算如下:

$$T = \frac{1}{b^2} \sum_{i=-\frac{b-1}{2}}^{\frac{b-1}{2}} \sum_{j=-\frac{b-1}{2}}^{\frac{b-1}{2}} F(m+i, n+j) - c_0 \quad (11)$$

图像分割效果如图 5、图 6 所示。

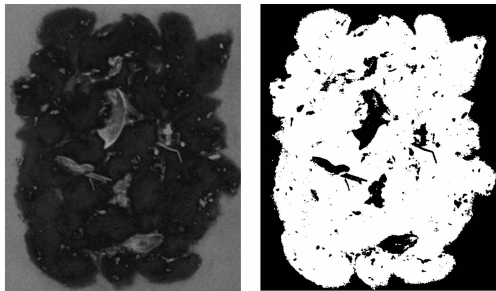


图5 棉花特征提取效果

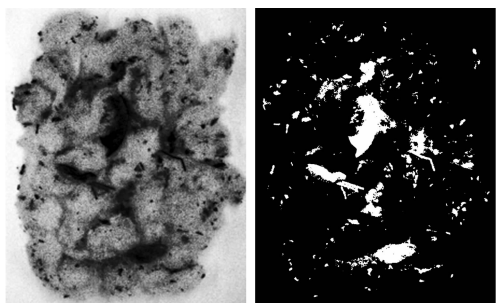


图6 机采棉杂质特征提取效果

## 2.5 图像轮廓特征提取

对图像轮廓的提取,本研究用到的是 OpenCV 中的 `cvFindContours` 和 `cvDrawContours` 2 个函数。`cvFindContours` 函数可以从二值图像和 Canny 边缘检测图像中获取轮廓信息,以序列和数组的形式储存,并将多个轮廓聚合成轮廓树。根据图像轮廓周围灰度值的不同将轮廓分为外部轮廓和孔。`cvDrawContours` 函数通过 `cvFindContours` 函数检测到的轮廓绘制轮廓特征。根据输入参数的不同,可绘制所需轮廓(图 7)。

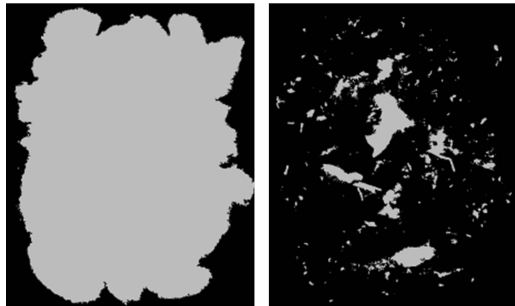


图7 图像轮廓最终效果图

对棉花特征内的杂质孔洞进行内部填充,计算面积;对杂质面积进行计算并求和。棉花像素面积为 586 157,杂质像素总面积为 54 608。机采棉杂质面积占棉花总面积的比率为 9.32%。

## 3 小结

针对机采棉杂质成分特征及分布状况,结合图像处理颜色空间理论,设计机采棉杂质提取试验。根据饱和度( $S$ )与黄蓝色轴( $b$ )分量,选取可区分棉花与杂质的绿色背景板进行试验。试验结果表明,绿色背景板在  $S$  分量中与棉花灰度差异明显,在  $b$  分量中与杂质灰度差异明显。因此,选取绿色背景板可容易地进行图像分割、特征提取。

利用 OpenCV 开源数据库,通过颜色模型转换、分量提取、中值滤波消噪、自适应阈值分割、轮廓绘制等处理,得到了较理想的棉花面积和杂质总面积。棉花像素面积为 586 157,杂质像素总面积为 54 608,杂质面积比率 9.32%。经过图像处理后获得了机采棉杂质特征图,处理过程没有进行形态学变换,图像细节保留完整,面积计算精确,误差较小。采用自适应阈值对棉花图像进行分割,算法鲁棒性高。同时提出了一种基于颜色模型的机采棉杂质检测方法,该算法较为简单,易于实现,设备要求不高。结合 OpenCV 图像处理算法的高效性,可以快速地进行图像处理,也为杂质在线检测打下了基础。

## 参考文献:

- [1] 郭俊先. 基于高光谱成像技术的棉花杂质检测方法的研究[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [2] 郭俊先,应义斌,饶秀勤,等. 梳棉内层杂质高光谱图像检测[J]. 农业机械学报,2012,43(12):197-203.
- [3] 丁名晓,王云宽,黄为. 基于 Gabor 滤波器的棉花杂质检测算法[J]. 中国图象图形学报,2011,16(4):586-592.
- [4] 王伟,王志衡,赵训坡,等. 基于 HSI 颜色空间的棉花杂质高速实时检测方法[J]. 自动化学报,2008,34(7):729-735.
- [5] 李国辉,苏真伟,夏心怡. 基于不规则成像机器视觉的棉花白色异纤检测算法[J]. 农业机械学报,2010,41(5):164-167.
- [6] Siddaiah M, Prasad N R, Lieberman M A, et al. Identification of trash types and computation of trash content in ginned cotton using soft computing techniques[C]//Midwest Symposium on Circuits and Systems, Las Cruces, NM:1999.
- [7] Tae J K, Kim S C. Objective evaluation of the trash and color of raw cotton by image processing and neural network[J]. Textile Research Journal, 2002, 72(9):776-782.
- [8] Bradski G, Kaehler A. 学习 OpenCV[M]. 于仕琪,刘瑞祯,译. 北京:清华大学出版社,2009.
- [9] Szeliski R. 计算机视觉——算法与应用[M]. 艾海舟,兴军亮,译. 北京:清华大学出版社,2012:63-66.
- [10] 庞晓敏,闵子建,阚江明. 基于 HSI 和 LAB 颜色空间的彩色图像分割[J]. 广西大学学报:自然科学版,2011,36(6):976-980.