

基于形态学的黑背景下收获前棉花图像自动分割技术研究

王 玲¹, 姬长英^{1*}, 陈兵林²

(1. 南京农业大学工学院, 南京 210031; 2. 南京农业大学, 农业部作物生长调控重点开放实验室, 南京 210095)

摘 要:以棉田实地采集的黑背景下收获前含铃壳棉花图像为样本(7级×9张/级),首先,对原始灰度图二值化以提取中心模板,进一步进行形态学高帽剪切预处理并提取其外围二值模板,两者叠加完成背景分割;试验结果表明:98.4%的含铃壳棉花二值模板图像被准确提取。其次,用形态学低帽剪切预处理后的二值图执行开启运算,以判别棉瓣间的连通性:(1)对于多连通的低品级棉花,直接提取未开启二值图中不超过4个区域的棉瓣二值模板,(2)对于单连通的高品级棉花,重新对原始灰度图二值化并提取最大区域的棉瓣二值模板;实验证明:基于棉瓣面积明显大于铃壳面积的棉瓣抽取算法是健壮的,74.6%的棉瓣二值模板图像被准确提取。

关键词:棉花;形态学;黑背景;收获;图像分割;二值模板

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2006)05-0299-05

Probe on the Morphology-Based Auto-Segmentation Technique for the Preharvest Cotton Images photoed on the Dark Background

WANG Ling¹, JI Chang-ying^{1*}, CHEN Bing-lin²

(1. *Engineering College, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, China*; 2. *Key Laboratory of Crop Regulation, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China*)

Abstract: In this experiment, 63 sheets of photos, viz. 7 grades and 9 sheets per grade, of the preharvest cotton image with natural shape photoed on the dark background afield were selected as samplings. The cotton binary template with bracteoles can be extracted by the followed steps: (1)The original gray image was transformed to the binary image with the min-threshold in the left side of trough span of its histogram, and the center binary template can be extracted, which may lose some bracteoles in the border of cotton. (2)By dint of tophat cutting preprocess, the bracteoles in the border of cotton became more bright. The enhanced gray image was transformed to the binary image with the Otsu's threshold, and the periphery binary template can be extracted. (3) The center binary template plus periphery binary template is the preharvest cotton binary template with bracteoles namely. The experimental result indicates that the preharvest cotton binary template with bracteoles reached high precision, viz. 98.4%.

The segmentation arithmetic between cotton and its bracteoles consists of three aspects followed: (1)As a result of the bothat preprocessing, the intensity troughs between cotton petals was found and the periphery bracteoles region showed a granule appearance using a small structuring element. The enhanced gray image was transformed to the binary image with the Otsu's threshold, and the area of every bracteole is far smaller than the area of each cotton petal, which is the key technology in this ex-

periment. (2)By dint of opening operation using a big self-adaptive structuring element, the connectivity statistics of the cotton image, viz. the number of objects, can be obtained in the opened binary image to judge the grade of preharvest cotton. (3)To the lower grade of preharvest cotton with multiple-connectivity, cotton petals not exceeding four was extracted from the non-opened binary image in turn according to the above-mentioned key technology. To the higher grade of preharvest cotton with single-connectivity, the original gray image was transformed to the binary image with the Otsu's threshold renewedly to avoid losing area, and the max connective region was extracted from the newly binary image. The experimental result indicated that the better precision, viz. 74.6%, was obtained in the course of extracting the cotton binary template, and the arithmetic used for extracting cotton petals is robust.

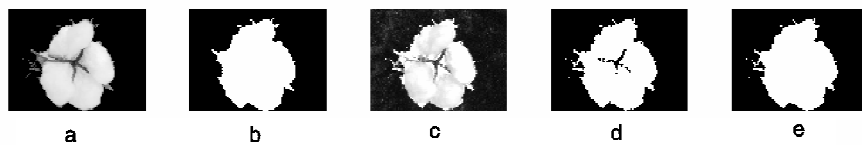
Key Words: cotton; morphology; dark background; harvest; image segmentation; binary template

目前,我国子棉收购以感官检验为主,仪器检验为辅;品级、长度以感官检验为准,麦克隆值、回潮率、强度等以仪器测试为准。感官检验用实物标准要求保持自然形态,代表区域主体品质^[1-2],并且客观上还存在着人为消极因素。本文提出基于机器视觉的收获前棉花棉田检验仪器化的思想,其技术路线是:直接在田间对含铃壳的4瓣棉花进行抽样采集,根据子棉收购国家标准^[3],以黑丝绒布为背景实地拍摄各品级收获前棉花正面图像63张(7级×9张/级),利用数学形态学^[4]方法对样本进行图像分割,提取分割模板,为棉田抽样分级模型特征参数的选取与建模提供保证^[5-6]。

文中约定:棉铃壳模板指含铃壳的棉花,棉瓣模板指不含铃壳的棉花。

1 背景分割

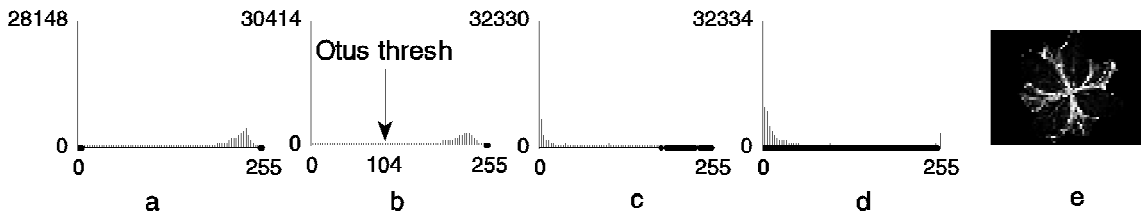
在黑暗背景下拍摄的收获前棉花图像背景噪声依旧存在,因此,有必要提取其中的棉铃壳总模板,使背景色置零。背景分割^[7]是在原始彩色图像灰度化(下文称“原始灰度图”)的基础上(图1-a)分别提取棉铃壳中心二值模板(图1-b)和外围二值模板(图1-d),两者叠加即可得到棉铃壳总模板(图1-e)。



a 原始灰度图; b 丢失边界铃壳的中心二值模板; c 高帽增强灰度图; d 未填充的外围二值模板; e 棉铃壳二值模板

图1 背景分割过程(2级第2朵棉花)

Fig. 1 Segmentation procedure from background (Grade 2, No. 2)



a 原始灰度直方图; b 高帽增强灰度直方图; c 高帽剪切灰度直方图; d 灰度拉伸后的高帽剪切灰度直方图; e 灰度拉伸后的高帽剪切灰度图

图2 高帽增强预处理过程(2级第2朵棉花)

Fig. 2 Image preprocessing procedure using tophat (Grade 2, No. 2)

1.1 提取中心二值模板

原始灰度直方图呈双峰分布(图2-a),其中,

左峰包含了大部分的背景噪声,由于拍摄距离的原因,左峰也会混有少量颜色较深的铃壳,谷值区

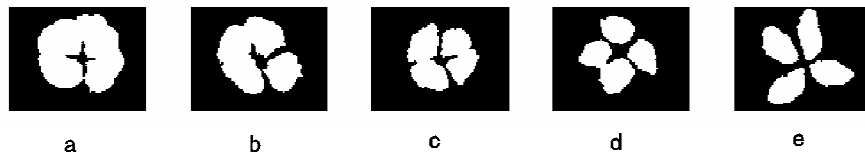
由于二值图中棉瓣面积远远大于铃壳面积,考虑自适应大尺度结构元素的开启运算,目的是剪去绝大多数的高频铃壳细节,同时又能保留全部低频棉瓣区域;统计开启后二值图的总连通数(n_{opened}) (表1),并据此判别棉瓣间连通性:(1) 高品质棉花铃壳少、棉瓣蓬松拥挤^[15]呈单连通状($n_{opened}=1$), (2) 低品质棉花铃壳多、棉瓣紧致零散呈多连通状($n_{opened}>1$)。

2.3 提取棉瓣二值模板

2.3.1 提取低品质棉瓣二值模板。大尺度开启运算在识别低品质棉花的同时却损失了棉瓣的尖角(图5-e),因而只能标记开启前的二值图,并从大到小依次抽取 $n_{cotton} \in [1, 4]$ 个棉瓣。此时,实际应该抽取的棉瓣个数 n_{cotton} 仍是未知的,是

否可以借助开启前后二值图总连通数来判别呢?若 $n_{unopened} < n_{opened}$, 则抽取不超过 $n_{unopened}$ 个棉瓣(表1的“-”);若 $n_{unopened} > n_{opened}$, 则抽取不超过 n_{opened} 个棉瓣;这里的“不超过”仍是一个不定数,原因是开启运算前后二值图连接的变化将导致棉瓣连通数发生变化,并且开启前后的总连通数都可能包含铃壳对象。

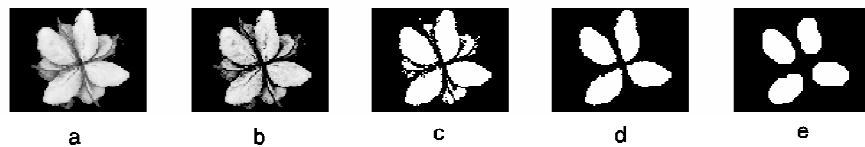
如前所述,还得考虑二值图中棉瓣面积远远大于铃壳面积,根据所有可能的棉瓣二值模板组合(图4),选取适当的面积阈值区分棉瓣与铃壳,提取棉瓣二值模板(图5-a~d),并统计棉瓣实际连通数 n_{cotton} (表1),实验证明: $n_{cotton} \leq n_{opened}$ 。



a "4"型单连通; b "31"型二连通; c "22"型二连通; d "211"型三连通; e "1111"型四连通

图4 棉瓣二值模板

Fig. 4 Cotton binary templates



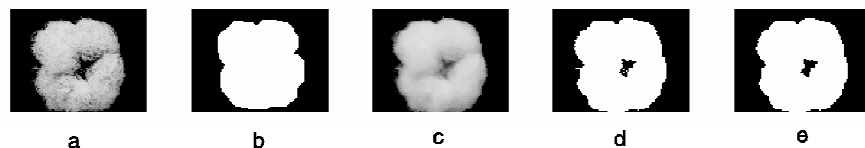
a 原始灰度图; b 低帽增强灰度图; c 已填充的二值图; d 棉瓣二值模板; e 开启后的二值图

图5 低品质棉花图像分割过程(6级第4朵棉花)

Fig. 5 Image segmentation procedure for low grade cotton (Grade 6, No. 4)

2.3.2 提取高品质棉瓣二值模板。对于高品质棉花,完全可以用大尺度开启运算后的连通数进行识别,倘若进一步从中提取棉瓣二值模板,势必损失模板精度(图6-a~b),因此,必须舍去低帽

增强灰度图的模板分割结果。实验表明:用高品质棉花原始灰度图进行模板分割更精确,为了避免人为填充其中心铃壳区域,操作上应直接抽取最大区域的棉瓣二值模板(图6-c~e)。



a 低帽增强灰度图; b 开启后的二值图; c 原始灰度图; d 未填充的二值图; e 棉瓣二值模板

图6 高品质棉花图像分割过程(1级第6朵棉花)

Fig. 6 Image segmentation procedure for high grade cotton (Grade 1, No. 6)

3 结论与讨论

3.1 利用形态学高帽剪切原理提取的棉铃壳分割模板精度高。63张棉花图像经背景分割后,仅1张棉铃壳模板存在误差,准确率达到98.4%。

3.2 利用形态学低帽剪切原理获取的棉瓣分割模板精度较高。(1)由于铃壳的反光现象,63张棉花图像分割后,12张棉瓣模板混入了少许铃壳,占总数的19.05%;由于误增的面积误差较小,不会影响棉瓣模板面积参数的统计精度,铃壳反光也不会影响棉瓣模板颜色参数的计算精度。

(2)部分低品级棉瓣的黄染斑、黑霉斑区域颜色太深,难以完整提取其棉瓣二值模板,需要进一步修补;经统计,63 张棉瓣二值模板图像中有 4 张损失了少许面积,占总数的 6.35%;斑点引起的模板误差对棉瓣面积特征影响不大,但将影响颜色特征的准确提取。总之,63 张棉瓣模板准确提取率为 74.6%。

3.3 利用棉瓣面积明显大于铃壳面积的棉瓣二值模板抽取算法是健壮的,可以推广至 3 瓣、5 瓣棉花。

参考文献:

- [1] 吴兴华. 加强棉花品级实物标准仿制工作浅见[J]. 中国棉花, 2003, 30(12): 37-40.
- [2] 曾 潜, 肖立一, 张雪林, 等. 湖南棉花纤维品质浅析[J]. 中国棉花, 2005, 32(12): 34-40.
- [3] 李 宁, 刘东波, 臧英明. 中国棉花分级标准与国外棉花分级标准差异的研究[J]. 大连轻工业学院学报. 2001, 20(4): 309-312.
- [4] 徐 娟, 汪懋华. 图像形态学在苹果自动分级视觉信息处理中果梗判别与边缘检测中的应用[J]. 农业工程学报, 1999, 15(2): 177-180.
- [5] 何晓峰, 刘文耀, 吴国新. 棉纤维品质长度的图像测量[J]. 棉花学报, 2005, 17(6): 348-352.
- [6] 何晓峰. 游离棉纤维长度的计算机测定[J]. 棉花学报, 2003, 15(6): 339-343.
- [7] DAVID A F, Jean P. 计算机视觉——一种现代方法[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004. 256-340.
- [8] 江龙建. 基于计算机视觉和神经网络的牛肉大理石花纹自动分级技术的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2003. 21-23.
- [9] 徐 飞, 施小红. MATLAB 应用图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002. 101-124.
- [10] 阮秋琦. 数字图像处理基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1988.
- [11] 徐 飞, 施小红. MATLAB 应用图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002. 101-124.
- [12] 付忠良. 图像阈值选取方法 Otus 方法推广[J]. 计算机应用, 2000, 20(5): 37-39.
- [13] 陈 杨, 陈荣娟, 郭颖辉. MATLAB 6. X 图形编程与图像处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002. 162-186.
- [14] 刘 循, 游志胜. 多尺度形态学图像边缘检测方法[J]. 光电工程, 2003, 30(3): 56-58.
- [15] 周桂生, 封超年, 周 青, 等. 高品质陆地棉纤维品质形成特点的研究[J]. 棉花学报. 2005, 17(6): 343-347. ●