

# 基于改进二维最大类间方差法的白色异性纤维检测算法

王昊鹏<sup>1,2</sup>, 冯显英<sup>1\*</sup>, 李丽<sup>1</sup>

(1. 山东大学高效洁净机械制造教育部重点实验室, 济南 250061; 2. 山东省经济管理干部学院计算机系, 济南 250061)

**摘要:** 白色异性纤维的检测是棉花在线检测中的一个难题。通过对白色异性纤维和皮棉灰度直方图的分析, 改进了二维 Otsu 算法, 在计算目标和背景的概率和时考虑了二维灰度直方图副对角线区域的概率和, 缩小了二维 Otsu 算法阈值对的取值范围。经过试验表明, 与一维 Otsu 算法和快速二维 Otsu 算法相比, 改进后的二维 Otsu 算法的准确性和实时性都得到了有效提高, 该算法在实际生产中已经得到了成功的应用。

**关键词:** 棉花, 纤维, 算法, 灰度直方图, 二维 Otsu 算法

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.08.033

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-08-0214-06

王昊鹏, 冯显英, 李丽. 基于改进二维最大类间方差法的白色异性纤维检测算法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 214-219.

Wang Haopeng, Feng Xianying, Li Li. Detection algorithm of white foreign fibers based on improved two-dimensional maximum between-class variance method[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(8): 214-219. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

棉花在采摘、摊晒、收购、储存、运输、加工过程中极易混入异性纤维(俗称“三丝”), 包括编织袋丝、毛发、麻绳、塑料绳、布条、地膜、染色线等。虽然混入量很小但对棉纺织品的质量有非常严重的影响<sup>[1]</sup>, 因此研究棉花异性纤维的检测方法具有重要的意义, 很多检测异性纤维的方法被提出<sup>[2-4]</sup>。在所有异性纤维的检测中由于白色异性纤维与棉花的灰度值十分相近, 采用最佳阈值方法很难区分, 所以白色异性纤维的检测方法大都不采用最佳阈值的方法, 而是通过棉花形态、纹理等特征来检测, 例如 Matalas L<sup>[5]</sup>通过提取棉花多方向特征向量的方法, 提高了白色异性纤维的检出率。棉花加工企业的加工线中一般是通过 CCD(电荷耦合器件图像传感器, charge coupled device)相机进行在线拍照采样, 例如美国 Uster 公司的轧花工艺在线检测 Intelligen-M 系统。若采用复杂的图像分割方法虽然能取得更好的分割效果, 但达不到实时性要求。因此需要在保证分割精度的基础上研究实时性更好的图像分割算法。本文在对大量白色异性纤维灰度图分析的基础上, 提出了一种基于二维 Otsu 算法最大类间方差法的白色异性纤维检测算法, 该算法目前已应用于山东大学与山东天鹅棉业机械股份有限公司联合开发的棉花加工成套设备及智能化

控制系统中, 在实际生产使用中该算法既能满足棉花在线检测实时性的要求, 又对白色异性纤维具有较高的检出率。棉花加工企业使用该控制系统后可以有效提高棉花产品质量, 节约人力开支, 设备改造成本却很低, 因此该算法具有一定的经济使用价值, 适合在棉花加工企业中推广。

## 1 异性纤维检测方法与直方图分析

### 1.1 检测装置

检测装置的核心部分是图像采集系统, 由 CCD 相机、光源和图像采集卡组成。CCD 相机是图像采集系统中最重要部件, 直接决定了采集图像的质量, 本系统中采用德国 BASLER acA1300-30gc 型号线阵相机, 该相机最高帧率为 30 fps, 最大分辨率为 1296×966 像素。并配合日本 Computar 的 M0814 镜头, 焦距 8 mm, 镜头直径与焦距之比的最大值 1:1.4, 图像最大尺寸 8.8 mm×6.6 mm (φ11 mm), 光圈 F1.4-F16C, 焦点 0.1 m-Inf。

光源是影响图像采集的重要因素, 工业中主要以可见光作为光源, 这主要是因为可见光容易获得、价格低并且便于操作, 常用的几种可见光源是白炽灯、日光灯、水银灯和紫光灯。但是这些光源的一个最大缺点是光能不能保持稳定, 随着使用时间的增加光能将不断下降。因此本系统中使用日本 CCS 公司的 HPR-100SW 光源, 该光源为环形 LED 光源, 虽然 LED 光源的价格偏高, 但输出光能稳定, 使用寿命长。

数据采集卡采用 Intel 的 pro 1000 采集卡, 该采集卡的传输速度能够满足系统实时性的要求。

相机和光源都被放进采集箱中, 系统工作时棉花通过检测箱, 检测箱中的挡板合上将棉花压在相机上拍照,

收稿日期: 2011-09-26 修订日期: 2012-03-06

作者简介: 王昊鹏(1981-), 男, 山东济南人, 博士生, 主要从事智能检测与控制方面的研究。济南 山东大学高效洁净机械制造教育部重点实验室/山东省经济管理干部学院计算机系, 250061。Email: whp-whp-whp@163.com  
\*通信作者: 冯显英(1965-), 男, 山东济宁人, 教授, 博士生导师, 主要从事数字化制造、智能检测与控制方面的研究。山东大学高效洁净机械制造教育部重点实验室, 250061。Email: fxying@sdu.edu.cn

拍完后挡板打开，棉花就可以通过检测箱。

### 1.2 试验材料

对于异性纤维，本试验共选择了白纸、白色卫生纸、白色包装纸、白色编织袋、超薄透明塑料袋、白色厚塑料袋、白色涤纶线、白色腈纶棉、白色尼龙丝、白色丝绸、白头发、白色羊毛、白色鸡毛、白色丙纶线和白色棉线等 15 种常见的白色异性纤维，每种异性纤维各取 10 个样本，总共有 150 个异性纤维样本组成异性纤维样本集。

不同皮棉颜色不同，一般用黄度这个色特征指标衡量皮棉颜色，不同黄度的皮棉图片灰度值也会略有不同，本试验选择了黄度在 8.0~9.0 之间、9.0~10.0 之间、10.0~11.0 之间的各 10 份样本，共 30 份皮棉样本组成皮棉样本集。

试验时，将皮棉经过开松机开松后，依次将异性纤维样本掺入其中，使皮棉经过检测箱进行拍照，最终生成了 4500 幅 512×512 像素的 24 位真色彩图片。

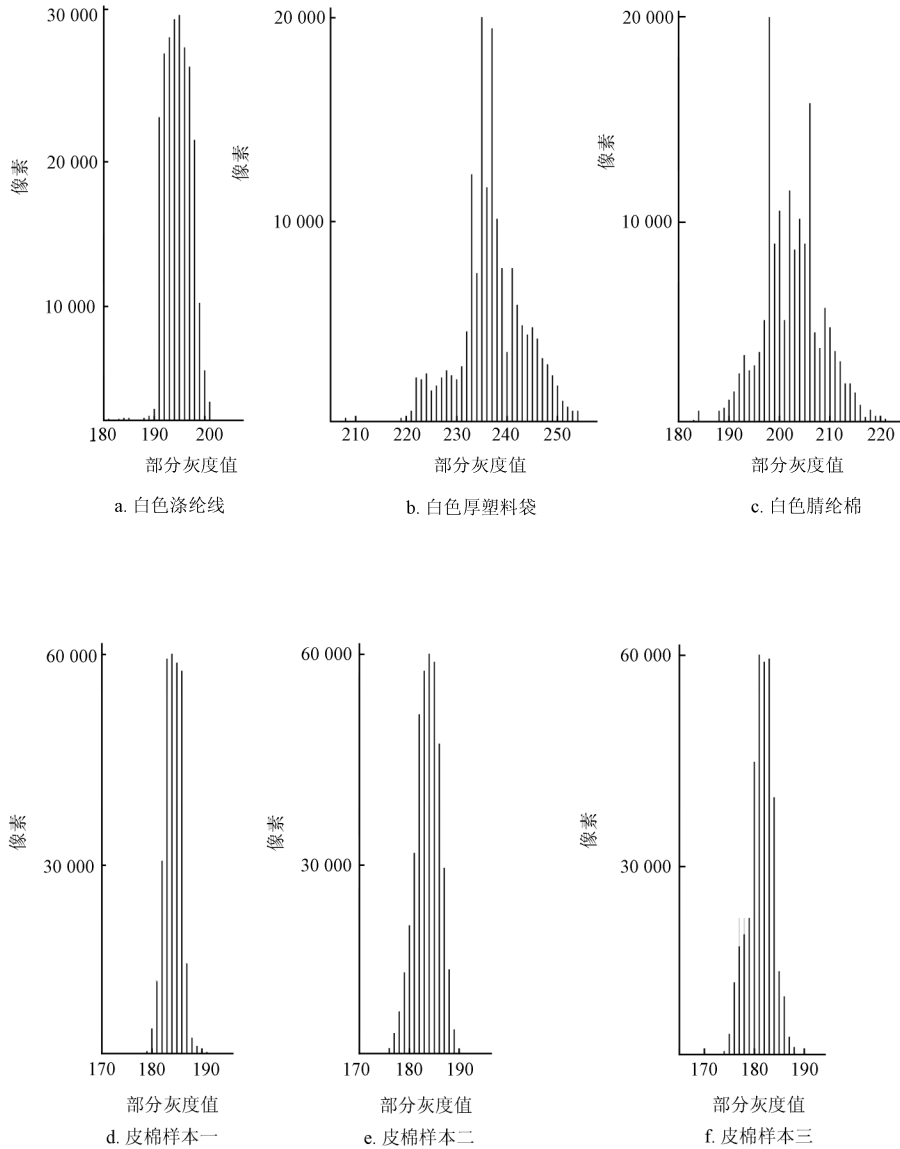


图 1 几种样本灰度直方图

Fig.1 Gray histogram of several samples

### 1.3 异性纤维灰度直方图分析

第一步：将所有图片按异性纤维种类分类，然后分别将每一类图片中异性纤维的像素点提取出来组成 15 幅异性纤维图像，再对这 15 幅异性纤维图像进行灰度直方图分析，如图 1a~c 所示（由于篇幅所限只列举白色涤纶线、白色厚塑料袋和白色腈纶棉 3 种异性纤维灰度直方图，和 3 种皮棉样本直方图），经过分析得到表 1。

通过对表 1 的分析可知，灰度值最小为 183，分别是白色涤纶线、白色腈纶棉、白色羊毛和白色棉线；灰度

值最大为 254，是白色厚塑料袋。由此可知各种白色异性纤维的灰度值总体范围在 183~254 之间。

第二步：将所有图片按皮棉黄度值分类，然后分别将每一类图片中皮棉的像素点提取出来组成 3 幅皮棉图像，再对这 3 幅皮棉图像进行灰度直方图分析，如图 1d~f 经过分析得到表 2。

表 1 各种白色异性纤维样本灰度值范围

Table 1 Gray value range of different white foreign fibers

样本名称	灰度值范围
白纸	184~205
白色卫生纸	184~201

续表

样本名称	灰度值范围
白色包装纸	189~212
白色编织袋	204~243
超薄透明塑料袋	201~243
白色厚塑料袋	208~254
白色涤纶线	183~201
白色腈纶棉	183~221
白色尼龙丝	185~253
白色丝绸	195~215
白头发	197~233
白色羊毛	183~207
白色鸡毛	192~224
白色丙纶线	186~208
白色棉线	183~218

表 2 不同皮棉样本灰度值范围

Table 2 Gray value range of different lint samples

样本名称	灰度值范围
皮棉样本一(黄度值 8.0~9.0)	179~196
皮棉样本二(黄度值 9.0~10.0)	176~189
皮棉样本三(黄度值 10.0~11.0)	174~188

通过对表 2 的分析可知,灰度值最小为 174,是皮棉样本三;灰度值最大为 196,是皮棉样本一。由此可知皮棉的灰度值总体范围在 174~196 之间。

## 2 二维 Otsu 算法改进

### 2.1 图像分割方法选择

棉花异性纤维在线检测具有精确性和实时性双重特点。因此图像分割时在保证精度的同时还要尽可能加快分割速度。图像分割中基于边缘检测的方法<sup>[5-6]</sup>是根据图像中背景与目标间像素灰度不连续的特点利用一阶或二阶微分算子检测出目标的边缘。棉花中的异性纤维往往比较细小且与棉花交织在一起,彼此间没有很明显的分界线,因此若使用基于边缘检测的方法很难保证图像分割的精确度。图像分割中基于特定理论的方法<sup>[7-9]</sup>是将其他学科提出的新理论和新方法应用到图像分割领域中来,例如将遗传算法、模糊技术、马尔可夫决策等应用到图像分割中来。这些方法往往比较复杂且具有很大的计算量难以保证检测的实时性。

图像分割中基于区域的方法<sup>[10-11]</sup>是根据像素点灰度值将具有相似灰度值的像素点化为相同区域。通过对表 1 和表 2 的分析发现,虽然不同的白色异性纤维灰度值范围不同,但基本都大于棉花的灰度值,经过去噪后可以与棉花的灰度值范围区分开来。因此研究中选取基于区域的图像分割算法。

### 2.2 二维 Otsu 算法改进

Otsu 法又称最大类间方差法,是典型的基于区域的图像分割方法。该方法将图像目标和背景分为不同的类型,以类间方差最大作为阈值选取的准则。这种方法计算简单速度快,适用于实时检测领域。但当目标与背景比例悬殊或噪声较大时,很难保证分割的准确性。刘健

庄<sup>[12]</sup>等在此基础上引入像素点的空间信息,提出了二维 Otsu 算法,将像素点灰度值  $s$  及其周围邻域像素点灰度均值  $t$  组成一个阈值对  $(s, t)$ ,该阈值对即为分割图像的依据,用该阈值对将二维灰度直方图分割成 4 个区域  $A$ 、 $B$ 、 $C$  和  $D$ 。其中  $B$  和  $D$  区域代表边缘和噪声,假设概率和为 0,而  $A$  和  $C$  区域分别代表目标和背景,假设这 2 个区域的概率和为 1。目标区域的先验概率  $\omega_a(s, t)$  与背景区域的先验概率  $\omega_b(s, t)$  分别为

$$\omega_a(s, t) = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t p_{ij}, \omega_b(s, t) = \sum_{i=s+1}^L \sum_{j=t+1}^L p_{ij} \quad (1)$$

其中,  $p_{ij}$  表示图像中  $(s, t)$  对出现的联合概率,  $L$  为图像的灰度级,  $s \geq 1, t \leq L, i \geq 1, j \leq L$ 。

相应的类内均值矢量  $\mathbf{m}_a$  和  $\mathbf{m}_b$  分别为

$$\begin{aligned} \mathbf{m}_a &= (m_{ai}, m_{aj})^T \\ &= \left( \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t i p_{ij} / \omega_a, \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^t j p_{ij} / \omega_a \right)^T \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{m}_b &= (m_{bi}, m_{bj})^T = \\ &= \left( \sum_{i=s+1}^L \sum_{j=t+1}^L i p_{ij} / \omega_b, \sum_{i=s+1}^L \sum_{j=t+1}^L j p_{ij} / \omega_b \right)^T \end{aligned} \quad (3)$$

式中,  $T$  表示矩阵转置;  $i$  表示像素点的行;  $j$  表示像素点的列。

二维直方图的总均值矢量  $\mathbf{m}_T$  为

$$\mathbf{m}_T = (m_{Ti}, m_{Tj})^T = \left( \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{ij}, \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L p_{ij} \right)^T \quad (4)$$

定义目标和背景间的分离程度矩阵(类间方差)为

$$\begin{aligned} \sigma_B &= \omega_a [(m_a - m_T)(m_a - m_T)^T \\ &+ \omega_b (m_b - m_T)(m_b - m_T)^T] \end{aligned} \quad (5)$$

使用  $\sigma_B$  的迹  $\text{tr}\sigma_B$  作为类间方差的测度

$$\text{tr}\sigma_B \approx \frac{[m_{Ti}\omega_a - m_i(s, t)]^2 + [m_{Tj}\omega_a - m_j(s, t)]^2}{\omega_a[1 - \omega_a]} \quad (6)$$

式中,  $m_{Ti}$  表示总均值矢量  $\mathbf{m}_T$  横坐标的大小;  $m_{Tj}$  表示总均值矢量  $\mathbf{m}_T$  纵坐标的大小。

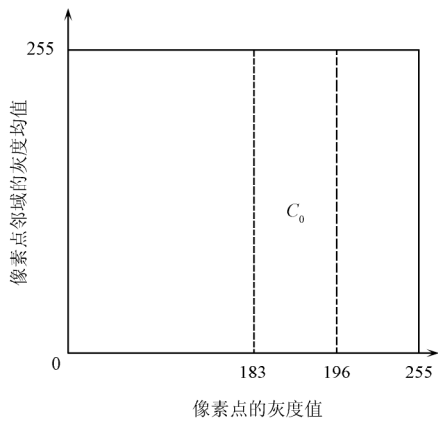
设最佳阈值为  $(s^*, t^*)$  则可由公式(6)确定

$$(s^*, t^*) = \arg \max_{1 \leq s, t \leq L} \{\text{tr}\sigma_B(s, t)\} \quad (7)$$

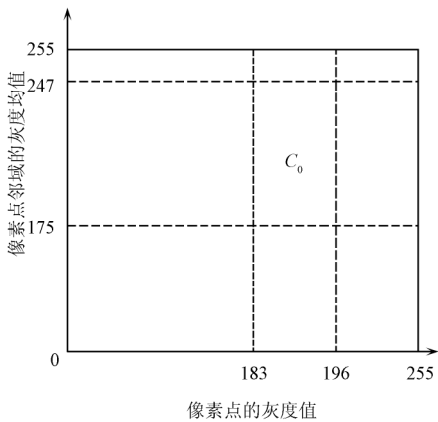
这种方法很好的解决了一维 Otsu 算法准确性差的弱点,但也带来了 2 个副作用:第一,计算量很大,无法应用于实时检测领域,近些年研究出很多二维 Otsu 算法的快速算法和快推公式<sup>[13-14]</sup>,极大地缩短了二维 Otsu 算法的运算时间,但与实时检测所需的时间相比尚有差距;第二,实际上  $B$ 、 $D$  区域的概率和不一定很小,若假设为 0 容易发生错误,很多研究也已经证明了这一点<sup>[15]</sup>。本文针对这两点对二维 Otsu 算法进行改进。

在二维 Otsu 算法的阈值对  $(s, t)$  中,  $s$  代表了像素点的灰度值,  $t$  代表了像素点邻域的灰度均值。根据表 1 和表 2 的数据可知,白色异性纤维的灰度值范围为 183~254;皮棉的灰度值范围为 174~196。最优阈值的灰度值范围应为白色异性纤维与皮棉灰度范围的交集,即  $s$  的取值范围应在 183~196 之间,二维灰度直方图只需要计算

$C_0$  区域，如图 2 所示。



a. 缩小s取值范围后的二维灰度直方图的取值范围



b. 缩小s和t取值范围后的二维灰度直方图的取值范围

图 2 改进的二维灰度直方图

Fig.2 2D gray histogram after algorithm improved

在传统的二维 Otsu 算法中假设二维灰度直方图目标和背景区域的概率和为 1，而副对角线区域的概率和为 0。经过文献[15]验证，副对角线区域概率和不一定很小，若忽略不计将会降低分割的准确率。

根据表 1 和表 2 中的数据可知，白色异性纤维与皮棉灰度范围的并集为 174~254，即任意一个像素点的邻域点灰度值都应该是 174~254 之间的值，且只有白色异性纤维与皮棉边缘的点才是有意义的点。由此可计算新的邻域均值。文献[16]中指出当邻域尺寸不同时图像分割效果不同，计算时间也不同，本文为了保证在线检测的实时性，邻域选择 3×3 像素尺寸。例如某像素点为白色异性纤维，其灰度值为 183，若其邻域点均为皮棉像素点且灰度值均为 174，则该邻域有意义的均值为 175。经过计算可知，当白色异性纤维和皮棉的灰度值取各自的下限时（分别为 183 和 174）得到的邻域均值最小为 175；当白色异性纤维和皮棉的灰度值取各自的上限时（分别为 196 和 254）得到的邻域均值最大为 248，即  $t$  的取值范围应在 175~248 之间。因此图 2a 就可以改写为图 2b，图 2b 中 4 条虚线交叉的区域  $C_0$  是最终的有效区域。该区域面积仅为原始二维灰度直方图的 1.44%，在保证分割准确率的前提下有效地减少了二维 Otsu 算法的运算量。

因此公式 (7) 改写为

$$(s^*, t^*) = \arg \max_{183 \leq s \leq 196, 175 \leq t \leq 248} \{tr\sigma_B(s, t)\} \quad (8)$$

### 3 试验结果及分析

本试验平台为 Inter(R) Core i5 M430 CPU，4G DDR3 内存的计算机，采用 C#语言编程。分别用一维 Otsu 算法、快速二维 Otsu 算法和本文改进后的算法对掺入白色涤纶线、白色厚塑料袋和白色腈纶棉的皮棉图片进行分割。

试验图像分别为掺入白色涤纶线、白色厚塑料袋和白色腈纶棉的皮棉图片，图片大小为 512×512 像素，从分割的实时性和准确性两方面比较一维 Otsu 算法、快速二维 Otsu 算法<sup>[8]</sup>和本文改进后的算法。分割结果如表 3 和图 3 所示。

表 3 3 种算法的运算时间比较

Table 3 Comparison of computing time of three algorithms

图像	时间/s		
	一维 Otsu 算法	快速二维 Otsu 算法	本文算法
白色涤纶线	1.24	6.39	0.92
白色厚塑料袋	1.18	6.11	0.88
白色腈纶棉	1.43	7.01	1.01

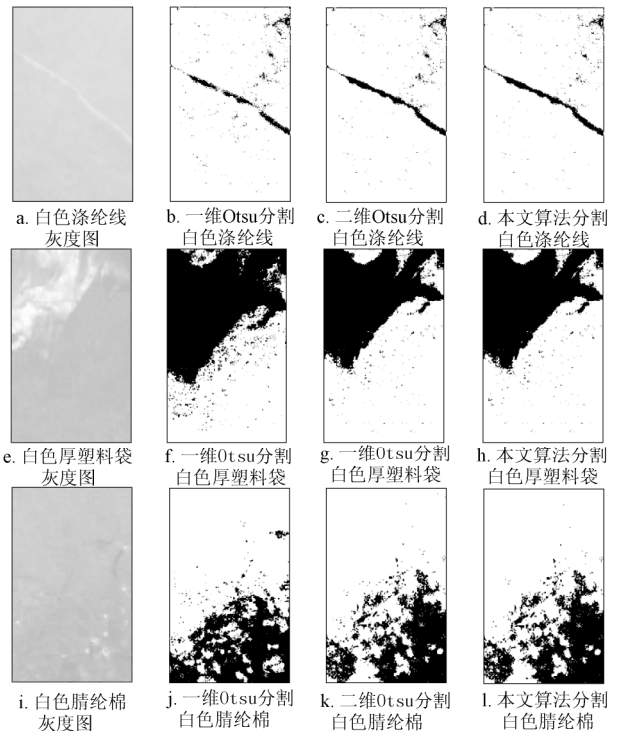


图 3 3 种算法分割效果图

Fig.3 Segmentation graphs of three algorithms

从表 3 中可以看到在运算时间上，快速二维 Otsu 算法所需时间远远大于一维 Otsu 算法和本文算法，本文算法由于大大缩小像素点和邻域均值灰度范围，使得其所需时间甚至小于了一维 Otsu 算法，具有很好的实时性。

在图 3 中, 图 3a、图 3e 和图 3i 分别是含有白色涤纶线、白色厚塑料袋和白色腈纶棉的皮棉灰度图, 图 3b、图 3f 和图 3j 是采用一维 Otsu 算法对这 3 种白色异纤分割后的结果, 可以看出图中噪声点很多且分割的结果也与 3 种异性纤维的灰度图有较大出入。图 3c、图 3g 和图 3k 是采用快速二维 Otsu 算法分割后的结果, 图 3d、图 3h 和图 3l 是采用本文算法分割后的结果, 经过对比可发现本文算法分割后的噪声点比快速二维 Otsu 算法少, 且分割的精确程度也比快速二维 Otsu 算法高, 这是因为快速 Otsu 算法分割时只考虑目标和背景区域, 而没有考虑边缘和噪声区域。而本文算法兼顾了边缘与噪声区域。

## 4 结 论

1) 使用本文的图像检测装置获得的白色异性纤维灰度值范围为 183~254, 皮棉灰度值范围为 174~196。

2) 使用改进的 Otsu 算法分割图像时不仅考虑了二维直方图中的目标和背景区域, 而且考虑了边缘与噪声区域, 保证了分割的准确性。

3) 在分析白色异性纤维和皮棉的灰度值范围的基础上, 将二维 Otsu 算法中的  $s$  和  $t$  的取值范围分别缩小到 (183, 196) 和 (175, 248), 改进的 Otsu 算法与快速二维 Otsu 算法相比大大缩短了算法的计算时间, 有效提高了算法的实时性。

4) 改进的 Otsu 算法已成功应用于山东大学与山东天鹅棉业机械股份有限公司联合开发的棉花加工成套设备及智能化控制系统中, 在工厂的实际生产中取得了很好的效果。

### [参 考 文 献]

- [1] 冯显英, 任长志, 黄燕云. 基于机器视觉的异性纤维检测系统[J]. 山东大学学报, 2006, 36(4): 5—8.  
Feng Xianying, Ren Changzhi, Huang Yanyun. An inspecting system for foreign fibers based on machine vision[J]. Journal of Shandong University, 2006, 36(4): 5—8. (in Chinese with English abstract)
- [2] 杨文柱, 李道亮, 魏新华, 等. 棉花异性纤维图像分割方法[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 156—160.  
Yang Wenzhu, Li Daoliang, Wei Xinhua, et al. Toward image segmentation of foreign fibers in lint[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 156—160. (in Chinese with English abstract)
- [3] 郑文秀, 刘双喜, 魏新华, 等. 基于 Mean-shift 的棉花异性纤维图像分割[J]. 山东农业大学学报, 2009, 40(2): 224—228.  
Zheng Wenxiu, Liu Shuangxi, Wei Xinhua, et al. Image segmentation of the cotton foreign fibers based on Mean-shift[J]. Journal of Shandong Agricultural University, 2009, 40(2): 224—228. (in Chinese with English abstract)
- [4] 杨文柱, 李道亮, 魏新华, 等. 基于光谱分析的棉花异性纤维最佳波段选择方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 186—191.  
Yang Wenzhu, Li Daoliang, Wei Xinhua, et al. Selection of optimal band for detecting foreign fibers in lint cotton using spectroscopic analysis[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(10): 186—191. (in Chinese with English abstract)
- [5] Matalas L, Benjamin R, Kitney R. An edge detection technique using the facet model and parameterized relaxation labeling[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1997, 19(4): 328—341.
- [6] 曹卫彬, 杨邦杰, 宋金鹏. 基于 Landsat TM 图像棉花面积提取中线状地物的扣除方法研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(2): 164—167.  
Cao Weibing, Yang Bangjie, Song Jinpeng. Linear features extraction and measurement in cotton area estimation using landsat TM image in northwest China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2004, 20(2): 164—167. (in Chinese with English abstract)
- [7] 刘伟强, 陈鸿. 基于马尔可夫随机场的快速图像分割[J]. 中国图象图形学报, 2001, 3(5): 26—31.  
Liu Weiqiang, Chen Hong. Markov random field based fast segmentation[J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 3(5): 26—31. (in Chinese with English abstract)
- [8] Cao L, Bao P, Shi Z. The strongest schema learning GA and its application to multilevel thresholding[J]. Image and Vision Computing, 2008, 26(5): 716—724.
- [9] 王勇, 沈明霞, 姬长英. 采摘期成熟棉花不同部位颜色识别分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 183—185.  
Wang Yong, Shen Mingxia, Ji Changying. Model and analysis of color for different parts of ripe cotton in picking period[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(4): 183—185. (in Chinese with English abstract)
- [10] 范静辉, 吴建华. 基于矢量量化和区域生长的彩色图像分割新算法[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(9): 1079—1081.  
Fan Jinghui, Wu Jianhua. A novel color image segmentation algorithm based on vector quantization and region growing[J]. Journal of Image and Graphics, 2005, 10(9): 1079—1081. (in Chinese with English abstract)
- [11] 沈宝国, 陈树人, 尹建军, 等. 基于颜色特征的棉田绿色杂草图像识别方法[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 163—167.  
Shen Baoguo, Chen Shuren, Yin Jianjun, et al. Image recognition of green weeds in cotton fields based on color feature[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(6): 163—167. (in Chinese with English abstract)
- [12] 刘健庄, 栗文青. 灰度图像的二维 Otsu 自动阈值分割法[J]. 自动化学报, 1993, 19(1): 101—105.  
Liu Jianzhuang, Li Wenqing. Automatic thresholding using the Otsu algorithm based on the two-dimensional gray image[J]. Acta Automatica Sinica, 1993, 19(1): 101—105. (in Chinese with English abstract)
- [13] 吴成茂, 田小平, 谭铁牛. 二维 Otsu 阈值法的快速迭代算法[J]. 模式识别与人工智能, 2008, 21(6): 746—756.  
Wu Chengmao, Tian Xiaoping, Tan Tieniu. Fast iterative algorithm for two-dimensional Otsu thresholding method[J]. PR and AI, 2008, 21(6): 746—756. (in Chinese with English abstract)

- [14] 汪海洋, 潘德炉, 夏德深. 二维 Otsu 自适应阈值选取算法的快速实现[J]. 自动化学报, 2007, 33(9): 968—971.  
Wang Haiyang, Pan Delu, Xia Deshen. A fast algorithm for two-dimensional Otsu adaptive threshold algorithm[J]. ACTA Automatica Sinica, 2007, 33(9): 968—971. (in Chinese with English abstract)
- [15] 陈琪, 熊博莅, 陆军, 等. 改进的二维 Otsu 图像分割方法及其快速实现[J]. 电子与信息学报, 2010, 32(5): 1100—1104.  
Chen Qi, Xiong Boli, Lu Jun, et al. Improved two-dimensional Otsu image segmentation method and fast recursive realization[J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2010, 32(5): 1100—1104. (in Chinese with English abstract)
- [16] 孙俊. 改进二维最大类间方差法及其在黄瓜目标分割中的应用[J]. 农业工程学报, 2009, 25(10): 176—180.  
Sun Jun. Improved 2D maximum between-cluster variance algorithm and its application to cucumber target segmentation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2009, 25(10): 176—180. (in Chinese with English abstract)

## Detection algorithm of white foreign fibers based on improved two-dimensional maximum between-class variance method

Wang Haopeng<sup>1,2</sup>, Feng Xianying<sup>1\*</sup>, Li Li<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of High Efficiency and Clean Mechanical Manufacture, Ministry of Education, Shandong University, Jinan 250061, China; 2. Department of Computer, Shandong Economic Management Institute, Ji'nan 250014, China)

**Abstract:** The white foreign fibers detection is a difficult problem of the lint online detection. Through the analysis of the 2D gray histogram of white foreign fibers and lint, the two-dimensional Otsu algorithm was improved. This improved algorithm considered the probabilities of the counter-diagonal area in 2D gray histogram when the probabilities of objective and background was calculated, and reduced the range of threshold. The results indicated that the improved algorithm of 2D effectively enhanced the accuracy and real-time property of segmentation comparing with the one-dimensional Otsu algorithm and the fast two-dimensional Otsu algorithm. The improved algorithm has been successfully used in practical production.

**Key words:** cotton, fibers, algorithm, gray histogram, two-dimensional Otsu algorithm