

基于羽毛图像纹理分割的毛杆提取方法

刘洪江,汪仁煌

(广东工业大学 自动化学院,广东 广州 510090)

摘要: 为了有效地从羽毛图像中提取毛杆,在对比各种分割方法的基础上,提出基于小波纹理分割方法.考虑羽毛的特点,为去噪和加深纹理特征,对图像进行恢复和增强.经过二层小波分解后提取各细节子图的特征,形成特征向量,并由聚类法进行分类分割.实验结果表明,该方法能较好地提取毛杆.

关键词: 纹理分割;图像恢复;频域增强;二维小波分解

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2010)04-0042-05

1 羽毛图像分析

机器视觉的羽毛检测是羽毛球生产自动化的关键.通过采集羽毛图像,然后从图像中获取羽毛的各种检测信息.检测信息在毛叶和毛杆中,需要把毛杆和毛叶从图像中分离开再进行检测,分离依据的特征可以是灰度、颜色、纹理等.一般,对灰度图像的分割常可基于像素灰度值的两个性质:不连续性和相似性.区域内部的像素一般具有灰度相似性,而在区域之间的边界上一般具有灰度不连续性.分割技术可据此分为:(1)利用区域间灰度不连续性的基于边界的技术;(2)利用区域内灰度相似性的基于区域的技术.对具体的研究对象则要视情况来决定采用的方法.

从采集到的图像(见图1)看,毛杆在羽毛中间,为长条形区域.毛叶位于毛杆两侧,由沿毛杆方向的一系列羽毛细丝组成.细丝由毛杆两侧生出,整齐紧密的排列,形成毛叶面.采集到的图像也就是正对这个面.经分析,毛杆和毛叶的颜色相近,其灰度主要由照射在其上的光强决定.与毛杆不同的是毛叶上的灰度还受其它因素影响:毛叶上油质少的区域灰度偏小;有些毛叶局部切平面会把入射光集中反射到镜头方向,形成镜反射,造成灰度偏大;毛叶的丝状物密度不均匀,密度大的比密度小的灰度偏大.同时为了检测需要,采集图像时要单向打光,使图像上灰度总体不均匀.这些因素造成毛叶灰度域分布广,且把毛杆灰度域包含其中,从灰度直方图(见图2)看双方灰度重叠的面积很大,很难通过灰度阈值的方

法把毛杆提取出(见图3).用不连续性来获取毛杆的方法有canny、roberts、sobel、prewitt、log、zerocross等,其寻找边缘的效果见图4.图4中毛叶的细丝之间的边缘会给毛杆边缘提取带来许多噪声,而且毛杆边缘也不完整,很难确定实际的毛杆区域.为此,考虑毛杆质地均匀和毛叶由细丝组成的特性,可发现它们各自区域的纹理组成不一样,可通过纹理来较好地地区分毛杆和毛叶.本文拟提出一种基于纹理的分割方法,在加强纹理特征后获取局部纹理特征向量,对向量分类后达到分割目的.



图1 羽毛原始图像

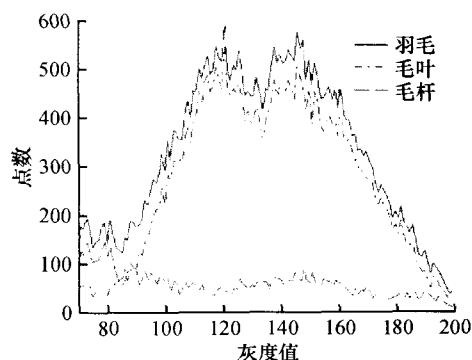


图2 羽毛、毛杆和毛叶灰度直方图



图3 分段阈值提杆后的图像

收稿日期: 2010-07-08

作者简介: 刘洪江(1975-),男,讲师,博士研究生,主要研究方向为图像处理.

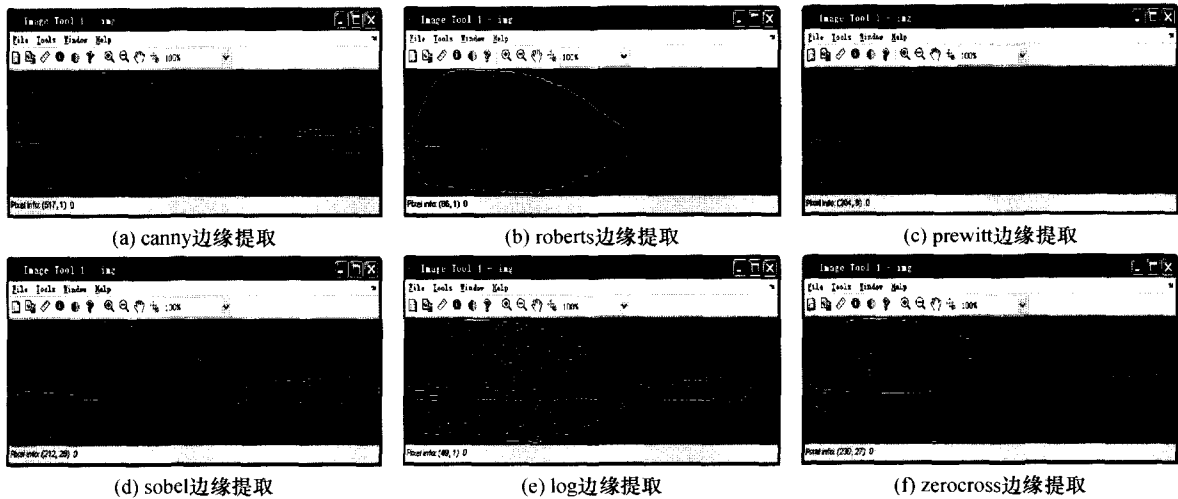


图4 几种边缘提取方法的处理效果图

2 图像恢复和频域增强

羽毛图像采集过程中产生了噪声和模糊,得到的是一幅有噪声且模糊了的图像.这些会影响羽毛的检测结果,特别是毛叶上的模糊会导致其纹理结构不清晰,为后面的识别带来困难.必须对图像进行恢复,可有选择地把图像部分纹理增强,方便后继的纹理识别.

最终采集的图像 g 可表示为清楚干净的图像 f 先卷积退化模型的转移函数 h 后加噪声 n' 的结果.图像退化模型可用式(1)表述,

$$g = f \otimes h + n'. \quad (1)$$

在这里,由于严格控制采集环境和采集步骤,避免了脉冲噪声等有较大影响的噪声的产生.从羽毛图像上估算, n' 的取值范围在 3~5 之间,而 f 的取值范围在 110~160 之间, n' 远小于 f , 图像的信噪比较高,式(1)中的 n' 可忽略不计,而模糊效果为高斯退化.其转移函数 h 可视为高斯函数模板,高斯模板的取值可通过式(2)获得,

$$h(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right), x^2 + y^2 < \sigma^2. \quad (2)$$

其中 x, y 取整数值, σ 为高斯函数的标准方差.图像恢复的意义在于通过已知的 g 和 h 获得 f . 其中 g 是已知图像, h 由实验确定为:通过标准方差构造模糊图像,其模糊程度与采集到图像最类似时的值.忽略掉噪声后,时域求卷积的逆运算比较困难,可以把运算转到频域上处理.时域的卷积为频域的乘积运算,时域的卷积的逆运算为频域的除运算,见式(3).

$$G = F \cdot H, F = G/H \quad (3)$$

其中 F, G, H 是 f, g, h 的傅立叶变换.得到 F 后经过傅立叶逆变换就可获得清晰的图像 f . 图 5(a) 显示了图像恢复后的效果.

为更好地从纹理上区分毛叶和毛杆,可用图像增强技术加深纹理效果.羽毛图像的信息表现为不同频率分量的组合.毛叶和毛杆的频率分量有所不同,如果能让毛杆所属频率分量受到抑制,而毛叶所属分量不受影响,就可以改变输出图像的频率分布,达到增强的目的.在具体羽毛图像中,毛杆所属的频率分量要低于毛叶所属频率分量.

频域增强有 3 个步骤:(1) 将图像由时域转换到频域;(2) 在频域空间对图像进行增强;(3) 将增强后的图像再由频域转换到时域.由于之前的图像恢复操作已获得频域信号 F , 所以步骤(1)可省略.增强后的图像 m , 其频域变换 M 可表示为输入图像 F 与转移函数 H_h 的乘积.

$$\begin{cases} M(u, v) = F^{-1}[H_h(u, v)F(u, v)]; \\ m(x, y) = F^{-1}(M(u, v)). \end{cases} \quad (4)$$

其中 F^{-1} 表示傅立叶逆变换.由于要抑制毛杆的低频信号,所以转移函数定为高通滤波器.理想的高通滤波器的转移函数满足下列条件:

$$H_h(u, v) = \begin{cases} 0, & D(u, v) \leq D_0 \\ 1, & D(u, v) > D_0 \end{cases} \quad (5)$$

式中 D_0 是一个非负整数. $D(u, v)$ 是从点 (u, v) 到频率平面原点的距离, $D(u, v) = \sqrt{u^2 + v^2}$. 理想是指大于 D_0 的频率可完全不受影响地通过滤波器,而小于 D_0 的频率则完全通不过.理想高通滤波器在实际使用中效果并不很好,一般都采用巴特沃斯高通滤波器.一个阶为 n 、截断频率为 D_0 的巴特沃斯高通滤

波器的转移函数如式(6)所示,图5(b)则显示了它的滤波效果。

$$H_h(u, v) = \frac{1}{1 + [D_0/D(u, v)]^{2n}} \quad (6)$$



图5 频域处理后的图像

3 纹理检测

加强纹理特征后,必须应用纹理检测及分类才能达到毛杆分割的目的,纹理特征可有效地区分不同纹理,纹理特征提取方法也有很多种^[1-3]。按照纹理特征提取方法所基于的基础理论和研究思路的不同,将纹理特征提取方法分为4大家族:统计家族、模型家族、信号处理家族和结构家族^[1]。其中应用小波技术对纹理图像进行分割是研究的重点方向。应用小波对纹理分割首先要获得特征量,然后对特征量进行分类。特征量依赖于小波函数的选择^[4-6]、小波分解方法^[7-8]、分解层次和特征组成结构^[9-12]。分类的方法也有模糊聚类^[13-14]、蚁群算法^[15]、最小距离分类^[16]等方法。

羽毛图像纹理展现出多尺度特征,小波变换为多尺度思想提供了一个清晰的数学框架。利用小波变换提取图像的多尺度纹理信息如下:首先借助正交小波对图像进行小波分解,得到不同分辨率的一系列图像。分辨率越低,具有的是原图像上越低频的信息。与此同时,每种分辨率的图像由代表不同方向信息的一系列高频子带图像组成,使用小波高频子带特征的目的在于它们可以反映图像的纹理特性^[17]。

3.1 小波函数及多分辨率分析

对于函数 $\psi(x) \in L^2(R)$ 并满足 $\int_R \psi(x) dx = 0$, 则这个函数就可以是一个基本小波,或称母小波。对母小波进行平移、伸缩生成的函数族 $\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right)$, $(a, b \in R)$ 构成一组小波基,其中 a 是尺度参数, b 是位置参数,则一个信号 $f(s)$ 在尺度 $a \in R^+$ 和位置 $b \in R$ 上的连续小波变换定义为

$$(W_\psi f)(b, a) = \int_R f(x) \bar{\psi}_{b,a} dx = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_R f(x) \psi\left(\frac{b-x}{a}\right) dx = \langle f(x), \psi_{a,b}(x) \rangle, \quad (7)$$

其中 $\langle, \rangle$ 表示内积。

在实际应用中,需要把上面的连续小波及其小波变换离散化才有意义。对连续小波变换的尺度伸缩二进离散化及卷积的平移离散化: $a = 2^j, j \in Z$; $b = k/2^j, j \in Z, k \in Z$ 。这样就可以得到对尺度、时间都离散化了的小波变换,即多分辨率分析。

3.2 图像的小波变换

图像属于二维信息,应用二维小波变换。在 2^j 分辨率下,图像信号 $f(x, y)$ 的逼近 A_2^j 以及于 2^{j+1} 分辨率下逼近的水平、垂直和对角线方向差别信号 $D_{2^j}^H f$ 、 $D_{2^j}^V f$ 、 $D_{2^j}^D f$ 可以表示为式(8)的内积关系:

$$\begin{cases} A_{2^j}^d f = (\langle f(x, y), \varphi_{2^j}(x - 2^{-j}n, y - 2^{-j}m) \rangle), \\ D_{2^j}^H f = (\langle f(x, y), \psi_{2^j}^H(x - 2^{-j}n, y - 2^{-j}m) \rangle), \\ D_{2^j}^V f = (\langle f(x, y), \psi_{2^j}^V(x - 2^{-j}n, y - 2^{-j}m) \rangle), \\ D_{2^j}^D f = (\langle f(x, y), \psi_{2^j}^D(x - 2^{-j}n, y - 2^{-j}m) \rangle), \end{cases} \quad (m, n) \in Z^2. \quad (8)$$

其中, φ 是二维尺度函数, ψ^H, ψ^V, ψ^D 是3个二维小波函数。每个小波上的 H 表示水平方向, V 表示垂直方向, D 表示对角线方向。对于二层小波分解,图像可完全由下列7个离散图像来表征: $(A_{2^{-2}}^d, D_{2^{-2}}^H f, D_{2^{-2}}^V f, D_{2^{-2}}^D f, D_{2^{-1}}^H f, D_{2^{-1}}^V f, D_{2^{-1}}^D f)$ 。

3.3 纹理分割方法及实现

图像多分辨率分析为图像纹理分割提供了丰富的信息。实验时将羽毛图像进行二维多分辨率小波分解,然而分解的层次并非越多越好。分解层次多,能较全面地反映纹理特征,但是随着分解层数的增加,计算量增长大,需要更多的处理时间,不符合羽毛检测自动化生产的需要。综合效率和精确的因素,本文采取二层分解方案。然后分别求取7幅频带子图像中每一点的特征值。再对特征值组成的信号实施多阈值处理,将其聚集成几个大类,每一个大类对应的就是一种纹理。最后根据对应特征值的划分来分割图像。

纹理特征提取是为了获得每一个像素点的特征向量,然后按聚类方法对像素点分类以达到纹理分割的目的.设待分割的图像为 $f(x,y)$ (其中 $x=0,1,\dots,M-1;Y=0,1,\dots,N-1$),对图像 $f(x,y)$ 进行四进制小波分解.为了使通过滤波器组的各子带图像和原图像保持相同大小,取消了下采样,这样得到一幅模糊图像 $f_0(x,y)$ 和7幅细节图像 $f_i(x,y)$ ($i=1,2,\dots,7$),直接利用滤波图像作为特征值不能得到稳定不变的纹理特征值,通常利用小波系数的“纹理测度”作为各像素的特征,本文采用标准差作为纹理测度,

$$E(i,j) = \frac{1}{(2n+1)^2} \sum_{k=i-n}^{i+n} \sum_{l=j-n}^{j+n} |g(k,l) - m(i,j)|, \quad (9)$$

其中 $g(k,l)$ 表示滤波后的图像, $m(i,j)$ 是 $g(k,l)$ 在窗口 $(2n+1) \times (2n+1)$ 内的均值. n 的取值对图像分割影响较大, n 如取大则特征值分割界限不明显,造成模糊; n 如取小则边界上容易造成误判.这样,对应原始图像的每一个点,得到一个含有4个分量的特征向量,即特征向量的维数为4.为了消除不同的特征量纲对下面分类的影响,还需对特征向量做归一化处理,以使各维特征值具有同等重要性.设像素 (i,j) 对应的特征向量是 $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_7)$,归一化方法是:

$$\bar{x}_k = \frac{x_k}{\max(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)}. \quad (10)$$

依照上述的方法提取特征向量,然后采用最小距离分类器分类决策.最小距离分类器的基本思想是根据训练集按照算术平均生成一个代表该类的中心向量 U_k ($k=1,2,\dots,m$), m 是类的个数,对于每一个待分类特征向量,计算其与 U_k ($u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{kn}$)间的距离 d_k^2 ,最后判定特征向量属于与之距离最近的类.这里 d_k^2 表示用欧氏距离来进行测试样本与标准样本的距离.

$$d_k^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - u_{ki})^2. \quad (11)$$

本文设置4个类,分别对应背景、上半部分羽叶、下半部分羽叶和毛杆,每类的中心向量先期通过样本计算获得,后继检测时可直接使用.使用纹理方法获得毛杆的精度不高,但根据毛杆的边缘连续平滑特征,在检测后使用形态学方法把毛杆平滑处理.最终实验结果如图6所示,达到了准确提取毛杆的目的.对比之前提到的毛杆提取方法,本文方法优点

是:可在光照不均匀和色差不大情况下较好地提取毛杆,且在计算中可用大量的先验特征向量简化判断,加快图像处理速度.缺点是对图像的清晰度要求较高,不清晰的图像会降低提取的准确性.

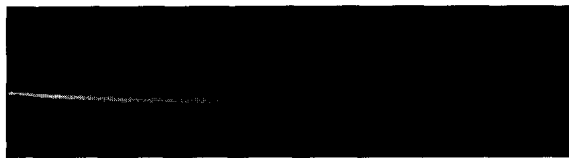


图6 根据本文方法提取的毛杆

4 结语

本文通过纹理特征对羽毛图像中的毛杆进行分割.由于原始图像中的纹理比较模糊和不明显,先用图像恢复和图像增强的方法加深纹理.然后通过二层小波分解,分解后的高频系数组成特征向量,该特征向量根据最小距离聚类法划分得到毛杆区域.通过该方法较好地从小波分解后的羽毛图像中提取毛杆,且能达到一定的精度,满足检测需要.

参考文献:

- [1] 刘丽,匡纲要.图像纹理特征提取方法综述[J].中国图象图形学报,2009,14(4):622-634.
- [2] 安宁,林树忠,刘海华,等.图像处理研究方法及其应用[J].仪器仪表报,2006,27(6):792-794.
- [3] 赵春燕,闫长青,时秀芳.图像分割综述[J].中国科技信息,2009(1):42-43.
- [4] 郭依正,陈健美,宋余庆,等.医学肝脏图像 Gabor 小波纹理特征研究[J].计算机应用与软件,2008,25(11):44-45.
- [5] 刘国英,秦前清,王雷光,等.基于 Contourlet 变换的多尺度纹理分割的新算法[J].红外与毫米波学报,2009,28(6):450-455.
- [6] 刘冬梅,沈君愉,王丽君.小波变换在图像相关识别中的应用[J].激光技术,2004,28(6):641-644.
- [7] 徐孟春,王相海.基于不完全小波树型结构的图像纹理特征研究[J].中国图象图形学报,2009,14(7):1341-1346.
- [8] 杨丹,张小洪.基于小波多尺度积的边缘检测算法[J].计算机科学,2004,31(1):133-135.
- [9] 刘忠轩,彭思龙.方向 EMD 分解与其在纹理分割中的应用[J].中国科学 E 辑:信息科学,2005,35(2):113-123.

(下转第 57 页)

Thermostat Controlled by Columnar Grain CuAlNi Shape Memory Alloy

Zheng Xia-jun, Deng Xiao-cheng, Cai Lian-shu, Yu Ye-qiu

(Faculty of Materials and Energy, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The thermostats, equipped with different composition of columnar grain CuAlNi wires as sensors and actuators, with different thickness and heat conduction rate of materials (copper or iron) as baseplates, were designed to reset manually and automatically. The experimental results show that the thermostats can react reliably and stably, and control the temperature precisely. Moreover, the controlling temperature of the thermostats can be changed with the changes in the composition of CuAlNi wires, the materials of the baseplate, the thickness of the baseplate and the spring force on the wires.

Key words: CuAlNi shape memory alloy; columnar grain; phase-transformation temperature; Thermostat

(上接第45页)

- [10] 高岚,朱波华,张卉. 基于分形小波理论的纹理分割研究[J]. 交通与计算机, 2008, 6(26): 96-99.
- [11] 解洪胜,王连国,李长松. 改进的 Gabor 变换图像纹理特征提取方法应用研究[J]. 云南民族大学学报:自然科学版 2009, 18(4): 287-291.
- [12] 程正兴,林勇平. 小波分析在图像处理中的应用[J]. 工程数学学报, 2001, 18(12): 57-86.
- [13] 刘怡. 基于 Contourlet 变换的纹理图像分割方法研究[J]. 大众商务, 2009, 106(10): 149-150.
- [14] 李峰,蔡碧野,陈志坚. 一种基于纹理的图像分割方法[J]. 计算技术与自动化, 2003, 22(2): 18-20.
- [15] 李峰,曹鹏,李春月,等. 基于小波包变换和蚁群算法的纹理分类[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(28): 202-204.
- [16] 李亚标,王宝光,李温温. 基于小波变换的图像纹理特征提取方法及其应用[J]. 传感技术学报, 2009, 22(9): 1308-1311.
- [17] 黄双根,任重. 小波变换在纹理图像分割中的运用[J]. 红外, 2009, 30(4): 17-20.

An Approach to Image Segmentation Based on Texture

Liu Hong-jiang, Wang Ren-huang

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: To extract effectively the stick in feathers, it proposes a new method of image segmentation, based on the wavelet decomposition, by analyzing the textural features of image and comparing some methods of texture segmentation. The characteristics of feathers were considered, and the image was restored and enhanced to deepen the texture features. The features of vectors were obtained by the wavelet coefficient after wavelet transformation. Then, clustering was used to segment the texture image directly. The experimental results verify the effectiveness of the method.

Key words: texture segmentation; image restoration; enhanced frequency domain; wavelet transformation