

# 利用 Sobel 算子结合蚁群算法提取竹材的内外轮廓

柴 华, 任洪娥, 张俊卿

(东北林业大学 信息与计算机工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

**摘 要:** 传统的竹材加工过程中人工因素较多, 通过信息化手段利用图像处理技术可以快速准确地获得竹材的参数数据. 对竹材的横截面图像进行分析和处理, 利用 Sobel 算子和蚁群算法相结合的边缘提取方法, 从原始图像中成功的提取出了连续且粗细均匀的竹材截面的内外轮廓. 利用提取的轮廓图, 提取出竹材内周长、外周长、内面积、外面积和壁厚, 为竹材分类提供了准确有效的数据.

**关键词:** 竹材; 边缘提取; 蚁群算法

**中图分类号:** TP391

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1007-2683(2014)01-0054-05

## The Extraction of Bamboo's Inner and Outer Contours Using Sobel Operator to Ant Colony Algorithm

CHAI Hua, REN Hong-e, ZHANG Jun-qing

(College of Information and Computer Engineering, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

**Abstract:** So many artificial factors existing in traditional bamboo processing, this paper can obtain bamboo's parameter data quickly and accurately by means of information using image processing technology. In order to analyze and process bamboo's cross-sectional images, using a new edge extraction algorithm combined Sobel operator and ant colony algorithm which can extract the inner and outer cross-sectional contour plot of bamboo from the original image. The extracted edge contour map is continuous and uniform thickness, and contains a lot of bamboo information. This paper can extract accurate perimeter and area of parameter data from bamboo processing.

**Key words:** bamboo; edge extraction; ant colony algorithm

## 0 引 言

传统竹材加工过程中,对于竹材材种及参数的判定主要依靠人工经验进行,单纯的依靠人的经验去观察竹材横断面来判断识别竹材的外形轮廓、尺寸和壁厚等.这种方法速度慢,竹材数量多时工作强度大.本文主旨就是在于利用图像处理技术实现竹

材的在线检测,改变完全依靠人工操作的传统模式,不仅可以解放劳动力,实现降低成本的目的,还可以更加快速有效地对竹材的各项参数进行提取和分析,得到更加客观准确的竹材参数信息,填补我国图像识别技术应用于竹材在线检测系统的空白.本文主要内容是利用数字图像技术对竹材横截面图像进行处理,通过实验对比了 Roberts 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子、Laplacian 算子和 Canny 算子提取出的边

收稿日期: 2013-08-05

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项(201204715).

作者简介: 柴 华(1987—),女,硕士研究生;

张俊卿(1987—),女,硕士研究生.

通讯作者: 任洪娥(1962—),女,博士,教授,博士研究生导师, E-mail: nefu\_rhe@163.com.

缘图像,其中 Sobel 算子的边缘图像最为清晰,再利用蚁群算法优化后即可得到非常满意的轮廓图像.从轮廓图中可以得到很多有效的数据,为竹材的分类提供准确的依据.

## 1 竹材图像的预处理

本文从众多的竹材截面图中选取了一张比较代表性的进行说明,如图 1 所示.文中所有图像均由 MATLAB 软件处理得到<sup>[9]</sup>.

### 1.1 图像平滑

图像平滑的目的是为了减少和消除图像中的噪声,以改善图像质量,有利于抽取对象特征进行分析.本文选择中值滤波法对图像进行平滑处理<sup>[9]</sup>.中值滤波数学含义表达式为

$$y_{ij} = \text{Med}_A\{f_{ij}\} \quad (1)$$

其中:  $A$  为定义的窗口;  $\{f_{ij}\}$  为窗口当前所在位置的像素点的二维数据序列.可以看出窗口的形状和大小对平滑效果会有较大影响,窗口的形状有很多种,一般处理中常用方形,十字形和圆形等,窗口的尺寸有  $3 \times 3$ 、 $5 \times 5$ 、 $7 \times 7$  和  $9 \times 9$ ,一般处理先从较小的窗口开始处理图像,再逐渐增大,窗口越大图像就越平滑,但是太大的话也容易出现模糊的状况.对竹材图像利用不同大小的窗口平滑处理,对比后  $7 \times 7$  的窗口平滑效果最好.图 1 是在  $7 \times 7$  窗口下的平滑图像.

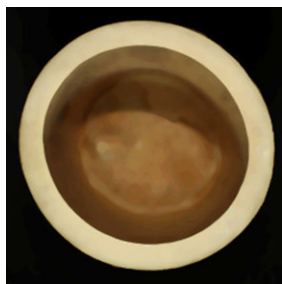


图 1 平滑图像

### 1.2 图像增强

为了使图像处理的速度加快又不损失图像中的细节信息,通常利用灰度变换法对图像进行增强.灰度图像显示为从最暗的黑色到最亮的白色的灰度,可以准确的从中得到图像的灰度直方图<sup>[9]</sup>.

文本选用空域增强法对图像进行灰度变换,其原理就是把原图像  $f(x, y)$  经过一个变换函数  $T$  转换成一个新的图像  $g(x, y)$ ,而所谓的空域就是由像素点组成的像素空间.数学表达式为

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

其中,  $T$  是对原图像  $f$  的一种操作,  $T$  有两种定义方式分别是点操作和模板操作.在图像平滑后的基础上,图 2 是用正方形  $1 \times 1$  邻域灰度化的竹材图像.

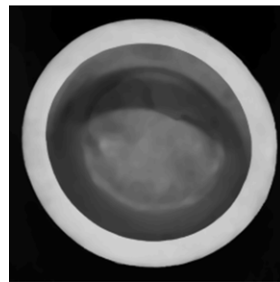


图 2 竹材灰度图像

### 1.3 图像的区域分割

如果对图 2 直接进行边缘提取,这样就会对非目标区域也进行处理,不仅造成数据量大,运算耗时,而且还会有很多无用边缘,算法复杂度和用时也会增大.所以要把目标图像区域从原始图像中分割出来,通过实验最终选择用阈值分割的方法对竹材图像进行区域分割<sup>[9]</sup>.

图像为  $f(x, y)$ , 从中找出一个灰度值阈值  $T$ , 以  $T$  为分界将图像中像素大于或等于  $T$  的设为 255, 其余为 0. 这样经过阈值运算后的图像为二值图像  $g(x, y)$ . 数学表达式为

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{如果 } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{如果 } f(x, y) < T \end{cases} \quad (2)$$

利用灰度直方图上的双峰特征来选取阈值  $T$ , 图 3 是典型双峰特征的直方图. 可以选取双峰间的谷底处的灰度值为阈值, 从而将前景和背景分离.

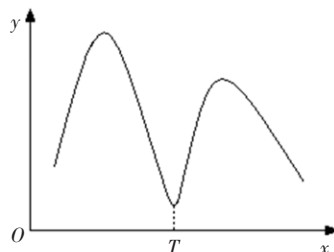


图 3 典型双峰特征的直方图

灰度直方图是图像中灰度频数统计的分布图形,其横坐标  $x$  代表灰度级,一般为  $0 \sim 255$ ; 纵坐标  $y$  代表每一级灰度级的像素个数或频数,可以选取双峰或者多峰的谷底灰度值作为阈值  $T$ . 图 4 是竹材的灰度直方图,选取谷底灰度值作为阈值,图 5 是

分割后的竹材图像.

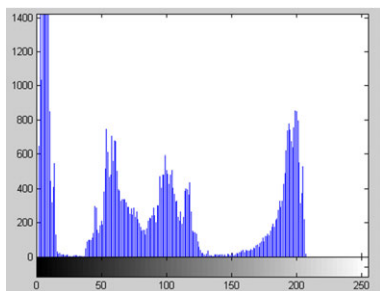


图4 竹材灰度直方图



图5 竹材二值图像

## 2 竹材图像的边缘提取

在灰度图像的边界上像素的值会有较大的差别,其灰度值具有不连续性,利用这种不连续性来分割灰度图像.

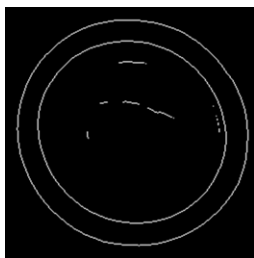
### 2.1 几种算子的边缘提取比较

图像中灰度不连续性可以直观地反映出物体的边缘,所以通常会考察图像的每个像素在某个邻域内灰度的变化来提取图像的边缘,利用边缘邻近方向导数得到变化规律,也就是边缘检测局部算子法.常用的边缘算子有 Roberts 算子、Prewitt 算子、Sobel 算子、Laplacian 算子和 Canny 算子.如图6所示是几种算子提取出的边缘图像.

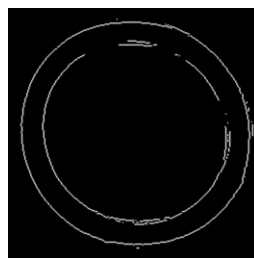
从图6中可以看出,Sobel 算子提取的边缘相对较完整,无用边缘也较少,所以本文最终选用 Sobel 算子进行边缘提取,并利用蚁群算法将其改进,以得到封闭连续且粗细均匀的边缘曲线<sup>[6]</sup>.



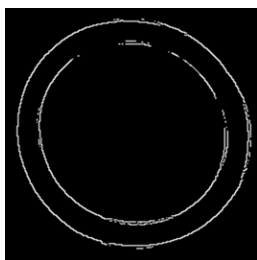
(a)Canny 算子



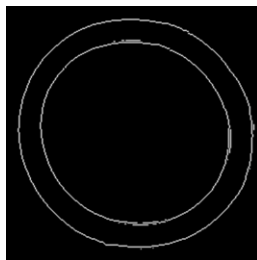
(b)Laplacian 算子



(c)Prewitt 算子



(d)Roberts 算子



(e)Sobel 算子

图6 几种算子提取的边缘图像

### 2.2 Sobel 算子提取边缘

Sobel 算子是一个经典的梯度算子,通过图像方程的一阶导数计算出来,对一个连续的图像方程  $f(x, y)$ ,方程上任意的点  $(x, y)$  的梯度可表示为

$$\nabla f(x, y) = [G_x G_y]^T = \left[ \frac{\partial f}{\partial x} \frac{\partial f}{\partial y} \right] \quad (3)$$

梯度算子是把卷积公式近似地计算出的  $G_x$  和

$G_y$  两部分合并起来组成的. 本文中所用的 Sobel 算子是用两个  $3 \times 3$  的模块来描述,如图7所示.

|    |  |   |    |    |    |
|----|--|---|----|----|----|
| -1 |  | 1 | 1  | 2  | 1  |
| -2 |  | 2 |    |    |    |
| -1 |  | 1 | -1 | -2 | -1 |

图7 Sobel 算子模板

利用 Sobel 算子提取的竹材边缘如图 6(e) 所示,虽然边缘较为完整但是仍然无法达到完全的封闭连续且粗细均匀<sup>[8]</sup>.

### 2.3 用蚁群算法进行优化

蚂蚁觅食时蚁穴和食物之间可能会有  $N$  条路径,开始时蚂蚁会随机选择一条路径达到食物源,并会在其所选的路径上信息素的数量做修改. 路径短的蚂蚁会越来越多,信息素的数量也就会越来越大,最终所有蚂蚁都会选择最短的那条路径. 这是一个反复迭代的问题,蚂蚁最终都会走到那条最短的路径上,其他路径不会有蚂蚁行走了<sup>[9]</sup>.

优化过程要遵循的原则主要是:

1) 通信原则: 信息素是蚂蚁间进行相互通信和协同工作的联系手段,蚂蚁通过这个来判断路径<sup>[8]</sup>;

2) 择优原则: 当有两条路径可以选择的时候,信息素多的路径会被认为是最优的路径,会被更多的蚂蚁所选择行走;

3) 更新原则: 信息素的数量是一个双向变化的量,它不但会随着经过的蚂蚁数量的增长而增长,也会随着时间流失而逐渐减小<sup>[8]</sup>.

优化的具体步骤:

1) 初始化各个参数像素聚类过程中所积累的信息  $\alpha = 3$ ,引导函数对路径选择的影响因子  $\beta = 5$ ,统计误差  $\varepsilon = 0.1$ ,聚类半径  $r = 2$ ,蚂蚁的维数  $m = 2$ ,迭代次数  $NC$ ,  $NC = 0$ <sup>[11]</sup>;

2) 将  $K$  只蚂蚁放在图像  $X_n$  的边缘像素点上;

3) 选择一个像素点  $i$ ;

4) 更新路径上的信息浓度,计算数学式为(4),  $d_{ij}$  是两个像素点之间的加权欧氏距离;

$$\tau_{ij}(s) = \begin{cases} 1 & d_{ij} \leq r \\ 0 & d_{ij} > r \end{cases} \quad (4)$$

5) 计算  $P_{ij}$ ,如果  $P_{ij} > P_0$ ,则将  $i$  点归入到  $C$  中,否则放弃  $i$  点,  $NC = NC + 1$ ,  $\eta_{ij}$  是  $d_{ij}$  的倒数,计算公式如下:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha}(s) \eta_{ij}^{\beta}(s)}{\sum_{k=1}^j \tau_{kj}^{\alpha}(s) \eta_{kj}^{\beta}(s)} \quad (5)$$

6) 更新路径点集,如果有更新返回步骤 3),如果没有更新进行步骤 7);

7) 求出聚类中心个数  $Co$  和聚类中心点的位置,完成图像轮廓的采集.

图 8 为优化后的边缘图.

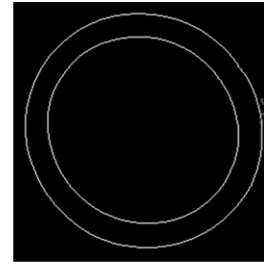


图 8 改进后边缘轮廓图

## 3 竹材内外轮廓数据值的提取

本文利用蚁群算法来跟踪竹材的边缘轮廓,通过实验成功提取了竹材的内外轮廓,得到的轮廓封闭连续且只有一个像素宽<sup>[12]</sup>,内外轮廓的像素个数就是竹材内外轮廓的周长. 本文从轮廓图像中提取四个较为重要的竹材数据,分别为外周长、内周长、外面积和内面积.

### 3.1 周长

计算轮廓图中的两个八联通区域的像素点<sup>[13]</sup>,由于竹材的结构特征,数值较大的为外轮廓值,数值较小的为内轮廓值. 只要提取出两个联通区域的像素值,通过比较大小就可以轻松地区分出内外轮廓的值.

### 3.2 面积

本文需要计算两个面积值,一个内轮廓的内部面积值,一个是外轮廓的内部面积值<sup>[14]</sup>. 首先将外轮廓以内的像素点计算出来用符号  $A_w$  表示,并计算出内轮廓和外轮廓之间的像素点用  $M$  表示,然后用外轮廓的面积减去内外轮廓之间的面积再加上内轮廓的周长,得到的值就是内轮廓的面积,用符号  $A_n$  表示<sup>[13]</sup>.

### 3.3 实验结果

利用 MATLAB 软件<sup>[14]</sup> 对图 8 进行数据值的提取,提取出四个最基本的数据值,并且都精确到像素点,参见表 1.

表 1 竹材数据值

| 外周长 | 内周长 | 外面积    | 内面积    |
|-----|-----|--------|--------|
| 652 | 523 | 42 244 | 27 157 |

## 4 结 语

通过蚁群算法改进的 Sobel 算子进行初始轮廓的选取,成功的在图像中提取出了轮廓图,且竹材

的内外轮廓图清晰连续粗细均匀. 通过轮廓图, 可以提取出竹材的基本数据, 本文中只提取了周长和面积, 提取出的数据均可以精确到像素个数, 还有其他的竹材数据蕴藏在竹材的轮廓图中. 利用数字化的图像处理技术可以实现竹材的初步分类, 而且速度快, 准确性高.

## 参 考 文 献:

- [1] 张德峰. MATLAB 数字图像处理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009: 287 - 291.
- [2] 贺静. 基于 DSP 的鸡蛋蛋壳破损实时检测系统的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010: 17 - 19.
- [3] 朱莉. 基于 DSP 的柑橘形状分级技术 [D]. 浙江: 衢州学院, 2009: 14 - 15.
- [4] 周昌雄. 基于活动轮廓模型的图像分割方法研究 [D]. 南京: 南京航空航天大学, 2005: 34 - 62.
- [5] 宋志峰, 张日锋, 梅顺齐. 一种基于图像识别的目标区域分割法 [J]. 武汉科技学院学报, 2002, 15(5): 92 - 95.
- [6] 韩书娜, 么宏伟, 范剑英, 等. 指纹图像分割与增强 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2011, 16(1): 98 - 101.
- [7] 谢捷如. 计算机视觉中的边缘技术提取研究 [J]. 电器技术与自动化, 2005, 34(2): 120 - 122.
- [8] SU Jianmin, WANG Xiaoli. Application of Improved Snake Model in Segmentation of Korean Pine Cone Image [C] // 2010 International Conference on Multimedia Information Networking and Security, 2010: 68 - 71.
- [9] 段海滨, 王道波, 朱家强, 等. 蚁群算法理论及应用研究的进展 [J]. 控制与决策, 2004, 19(12): 1321 - 1326.
- [10] 倪捷, 刘志强. 基于蚂蚁算法的公交网络优化方法研究 [J]. 交通与计算机, 2007, 25(1): 36 - 39.
- [11] AI Mikami, SHI Jianming. A Modified Algorithm for Sequence Alignment Using Ant Colony System [J]. Bio System, 2009: 221 - 228.
- [12] 贾永红. 计算机图像处理与分析 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001: 117 - 139.
- [13] 谢捷如. 计算机视觉中的边缘技术提取研究 [J]. 电器技术与自动化, 2005, 34(2): 120 - 122.
- [14] 喻擎苍, 严红滨. 一种基于图像轮廓线的稻种模糊模式识别方法 [J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 150 - 154.
- [15] 张俊卿, 苏健民. 基于轮廓对红松雌雄花特征提取 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(2): 231 - 233.
- [16] 宋志峰, 张日锋, 梅顺齐. 一种基于图像识别的目标区域分割法 [J]. 武汉科技学院学报, 2002, 15(5): 92 - 95.
- [17] 张倩, 占君, 陈珊. 详解 MATLAB 图像函数及其应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011: 264 - 265.

(编辑: 付长缨)