

结合色彩特征和空域特征的成捆原木轮廓识别^①

景 林, 林耀海, 温永仙, 黄世国, 林宜宽

(福建农林大学 计算机与信息学院, 福州 350002)

摘 要: 成捆原木检尺自动化不仅能够提高生产效率, 而且是林木资源管理的需要. 通过图像处理得原木检尺直径和统计根数, 这是实现检尺自动化中的重要环节. 由于原木生产作业现场获取的成捆原木图像背景多样, 拍照时自然光照条件不一, 成捆原木轮廓识别需要较多的人工交互. 通过研究成捆原木端面彩色图像中原木的色彩特征, 利用它滤除大量的不相关背景, 留下原木色彩近似的像素点; 并结合拉普拉斯滤波器, 获得原木边缘, 实现成捆原木轮廓的分离, 从而获得原木轮廓.

关键词: 原木端面图像; 色彩特征; 检尺自动化; 拉普拉斯滤波器

Method for Outline Identification of Bundled Logs Based Upon Color and Spatial Features

JING Lin, LIN Yao-Hai, WEN Yong-Xian, HUANG Shi-Guo, LIN Yi-Kuan

(School of Computer Science and Technology, Fujian Agriculture and Forest University, Fuzhou 350002, China)

Abstract: Scaling automation for bundled logs not only improves production efficiency, but also is a requirement for forest resource management. After image processing, diameter of each log and the number of logs is obtained, and this process is key point of scaling automation for bundled logs. Because the imaging environment of bundled logs is complex, much man-machine interaction is needed while using the existing methods for outline identification of bundled logs. In this paper, the color feature of logs in the image of cross section of bundled logs has been discussed, which is used to remove the irrelevant pixels in the image and obtain the pixels of logs. In the next step, Laplace filter is used to work out the edge in the image, implementing the separation of log outlines. Finally, we achieve outline identification of bundled logs.

Key words: image of cross section of bundled logs; color feature; scaling automation; Laplace filter

原木捆轮廓识别是指利用数码相机获得原木捆端面彩色图像, 通过图像处理获得木捆中每根原木检尺直径并统计根数, 这是原木检尺自动化的主要环节. 原木是人们生产和生活必不可少的物质, 在我国每天都有大量的原木流通和交易, 需要对原木进行手工检尺, 即逐根丈量原木端面直径和清点根数. 原木手工检尺劳动强度大、效率低、准确性差, 经常产生经济纠纷. 从十七世纪的明朝的龙泉码至今, 原木手工检尺在我国已经沿用 400 多年. 原木在生产、流通和交易过程中, 大多以吊车装卸、卡车运输等成捆方式作业, 长期以来, 我国林业部门一直渴望实现成捆原木检尺自动化.

对于成捆原木检尺自动化, 一般认为, 其核心是从生产环境采集到的图像中获得较好的目标轮廓. 国内外不少学者对原木捆识别自动化进行了有益的探索, 1999 年, 栾新等由二值图像与边缘图像构造模式特征和隶属函数, 结合聚类分析和模糊识别, 并将原木端面看作是类圆目标, 给出了一种识别的方法, 其识别精度不高^[1]. 2003 年, 樊尚春等给出了利用计算机实现原木材积自动化检尺软件系统框架^[2]. 该系统需要人工交互处理功能, 如“去圆”、“补圆”、“补椭圆”等工作; 而后在 2005 年, 龙德帆, 樊尚春等利用小波变换获得原木图像的边缘, 用 Hough 变换估计目标的中心位置, 结合主动轮廓模型求得原木半径的估计值^[3].

^① 基金项目:福建省教育厅科技项目基金(JA12103);福建农林大学校重点实验室基金(118310040);国家大学生创新训练项目(201210389019);
国家自然科学基金项目(31171448);福建省自然科学基金(2012J01069)

收稿时间:2012-12-13;收到修改稿时间:2013-01-25

2006 年, 景林等提出了一种通过对边缘图像进行曲线拟合的方式获得原木端面的检尺参数^[4,5]. 国际上也有不少轮廓识别的研究^[6-14], 但由于原木商业流通方式与我国不一样, 少有对成捆原木轮廓识别的研究.

由于原木生产作业现场获取的成捆原木图像背景多样, 拍照时自然光照条件不一, 而现有成捆原木轮廓识别方法仅利用图像的几何结构(类圆、椭圆、圆)来获取原木端轮廓信息, 因此需要大量的人工交互. 本文通过研究成捆原木彩色图像中原木的色彩特征, 从而滤除大量的不相关背景, 留下原木色彩近似的像素点, 不仅减少了人工交互, 而且提高了后期的原木轮廓识别的正确率.

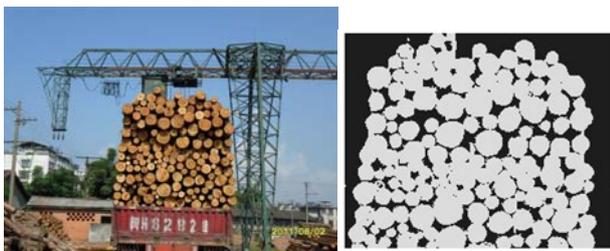
1 问题描述及系统流程设计

1.1 问题描述

我们将成捆原木轮廓识别分成两个步骤, 滤除背景和轮廓识别.

原木生产作业现场获取的成捆原木图像, 虽然原木端面的颜色会随光照、原木的湿度等原因在不同时刻有着不同的颜色, 但是在同一成捆原木端彩色图像中, 不仅原木与原木间的颜色基本接近, 而且和背景(天空、草地)有着较大的差异. 因此, 滤除成捆原木图像中的背景像素的问题就转化成, 如何提取该图像原木区域像素特征, 并利用该特征判断图像中的每个点是否是原木端面.

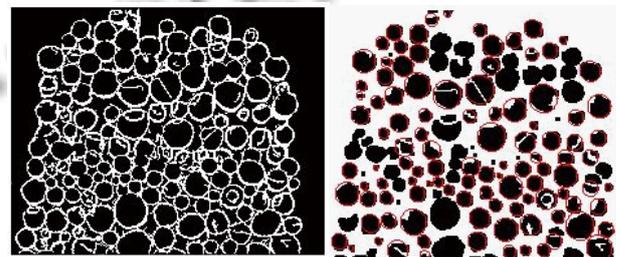
对于一张滤除了背景像素点的成捆原木图像, 由于原木端面通常不在同一个平面上, 不论从什么角度拍摄原木, 都必然存在边缘重叠, 如图 1(b). 因此, 如何分离一个个相交的近似圆斑是成捆原木识别中必然存在的问题. 轮廓识别的任务就等价于将相交的圆斑分离, 然后再确定分离后每个圆斑的中心和半径; 分离相交的圆斑是整个问题的关键.



(a) 成捆原木端图像 (b) 滤除背景、二值化后的图像
图 1

1.2 系统流程设计

系统对于输入的原木端彩色图像, 能够自动确定原木端面区域, 并滤除去原木间隙间的阴影, 即由图 1(a)得到图 1(b), 这个过程我们称为滤除背景. 在滤除背景阶段, 我们通过以下几个步骤实现: 1)用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)方法获得图像中心区域的特征向量; 2)用该特征向量滤除图像中不相关的像素; 3)用直方图分别统计水平、垂直方向的的像素数目, 截取图像中原木的主要区域构成新的子图.



(a) 成捆原木端边缘图 (b) 原木轮廓识别
图 2

系统在轮廓识别阶段的重点在于, 将相交的近似圆斑分离, 即图 1(b)中的原木分离成图 2(b). 我们通过以下几个步骤实现: 1)获得滤除背景后的原木图像的二值图像 1(b)(白色是原木, 黑色是背景); 2)拉普拉斯滤波器, 获得滤除背景后的原木图像的边缘图, 并将边缘图转换成二值图, 如图 2(a)(白色是边缘); 3)用图 2(a)中的边缘点进一步分割图 1(b)中的斑块; 4)将每个斑块识别成一个原木.

2 成捆原木端彩色图像的图像特征

2.1 色彩特征分析

2.1.1 基于 RGB 色彩模型的分析

对于被处理的照片, 我们有个基本的约定, 就是一张图像中只有一捆原木, 且该原木位于图像的中心区域. 这个约定不违背常识, 而且容易实施.

首先, 用直方图分析将图 1(a)中心区域 60×60 的点的值的分布情况. 如图 3, 我们可以看到在 RGB 三原色的各个分量上, 都有明显的两个波峰. 结合主观视觉上分析, 我们可以判断第一个波峰是阴影, 第二个波峰是原木的端面颜色. 利用直方图, 不仅可以滤除掉一部分的阴影的像素, 而且可以看出原木端面颜

色是有规律性的。

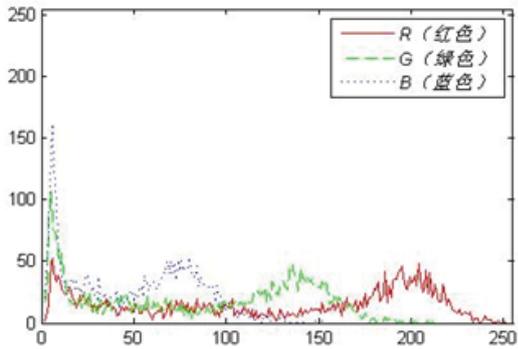


图 3 原木区域 RGB 直方图分析

进一步分析原木端面颜色的三维特征. 彩色图像中的原木端面点的值是一个三维向量, 将图像中心区域 60×60 的所有点显示在 RGB 三维空间中分析. 如图 4 所示, 我们可以发现, 这些点不仅非常集中, 而且近似于线性.

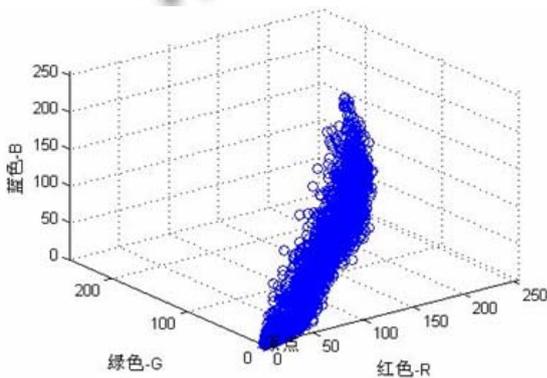


图 4 原木区域 RGB 三维散点分布

主观上, 可以看到图像中原木端面点在颜色上比较接近. 可见, 不论从主观还是客观, 原木端面点的色彩值存在着明显的规律性. 可以采用 PCA 来分析图像中原木端面点的值的主成分.

2.1.2 主成分分析

有若干个变量, 用表示, 采集 n 个样本, 即可以表示为:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{pmatrix}$$

主成分分析就是通过线性组合, 重新表示 p 个变量, 即:

$$\begin{cases} F_1 = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1p}x_p \\ F_2 = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2p}x_p \\ \vdots \\ F_p = a_{p1}x_1 + a_{p2}x_2 + \cdots + a_{pp}x_p \end{cases}$$

要求模型满足以下三个条件:

- F_i, F_j 互不相关 ($i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, p$)
- F_1 的方差大于 F_2 的方差, 大于 F_3 的方差, 依次类推
- $a_{k1}^2 + a_{k2}^2 + \cdots + a_{kp}^2 = 1 \quad k = 1, 2, \dots, p.$

于是, 称 F_1 为第一主成分, F_2 为第二主成分, 依此类推.

PCA 是一种掌握事物主要矛盾的统计分析方法, 它可以从多元事物中解析出主要影响因素, 揭示事物的本质, 简化复杂的问题. 计算主成分的目的是将高维数据投影到较低维空间.

一般来说在 RGB 的三维彩色空间里, 很难看出原木端面像素和背景像素的区别, 但是通过 PCA 变换到更低维空间里后, 我们很容易看到两者的区别.

2.1.3 HSV 色彩模型

HSV(Hue, Saturation, Value)是根据颜色的直观特性由 A. R. Smith 在 1978 年创建的一种颜色空间, 也称六角锥体模型(Hexcone Model). 这个模型中颜色的参数分别是: 色调(H), 饱和度(S), 亮度(V).

用 PCA 分析采集的原木端面彩色图像, 对于滤除天空、草地等背景, 效果很好; 但是对于数目间隙之间的阴影, 效果不好(这点不影响从原彩色图中截取原木的主要区域). 因此将其变换到 HSV 色彩模型, 将亮度值低于某个阈值的点滤除; 阈值可以通过用直方图分析中心区域图像的像素点值的分布来获得.



(a) PCA 处理结果 (b) 利用 HSV 颜色空间滤除阴影

图 5

2.2 空域特征分析

2.2.1 原木轮廓识别原理

已有的方法是根据提取的边缘, 采用 hough 变换,

或者曲线拟合. 这些方法较大地依赖于原木轮廓与圆(或者椭圆)的接近程度.

对于轮廓的识别不仅可以从提取的边缘获取, 也可以从被边缘分离出来的一个个圆斑中得到. 在图像中, 每个近似圆斑是一个连通图, 该连通图在上下左右四个方向各有一个极值点; 通过这四个极值点, 我们可以获得内切圆的圆心和半径.

2.2.2 拉普拉斯滤波器

拉普拉斯算子的数学表达式如下:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$$

边缘是图像灰度值发生变化的地方, 拉普拉斯算子经常用于边缘检测和增强. 由于该算子用正峰和负峰之间的过零点来确定边缘, 所以更为准确.

3 实验结果及分析

通过对多幅图像进行实验, 本文提出的算法对于滤除原木彩色图像中的天空和绿树的像素有很大的优势, 但对于滤除地面的像素表现不佳. 而当我们要求采集原始图像不拍摄到地面时, 就非常准确地识别出成捆原木的轮廓, 如图 6(c).

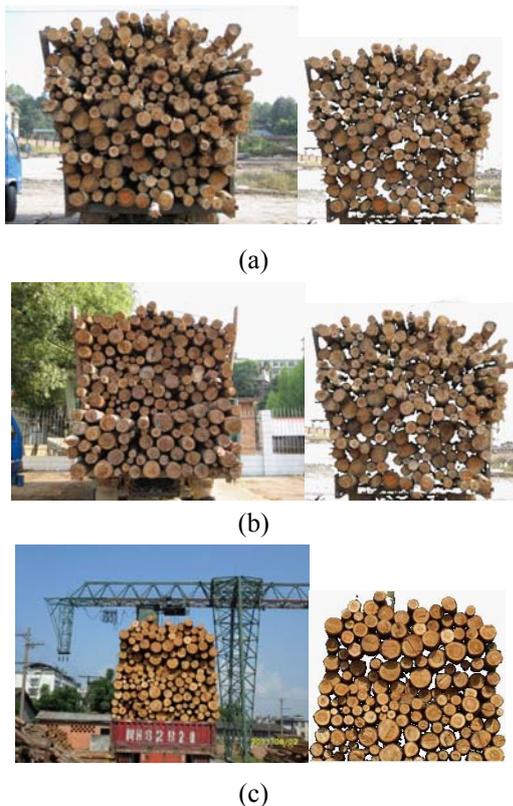


图 6 滤除背景的实验结果

如图 7 所示, 对于 150 多根木头的输入图像, 第一轮识别为 130 根, 准确识别 120 多根. 图 8 是第一轮识别中未被识别的原木轮廓, 采用文章[5]提到的曲线拟合方法进行第二轮识别.



图 7 第一轮识别结果



图 8 通过曲线拟合第二轮识别的原木

4 结语

本文提出了一种原木轮廓识别方法, 在没有人工交互情况下, 正确识别率能够达到 90%以上, 结合应用参照物标尺像素计算的方法^[4], 计算出所识别的每根原木的计算直径. 经在福建省将乐县林业局应用, 该算法可以满足林业木材检查站的木材运输检查业务中原木自动检尺的需要, 取得较好的效果.

现场实验还表明, 相邻木材的阴影和原木端面的污渍是原木不能被正确识别的主要原因. 今后的研究, 为了进一步提高识别的正确率, 可以在采集图像前适当清除原木端面污渍或者增加闪光灯拍照, 这将会有更好的处理结果.

参考文献

- 1 栾新, 朱铁一. 不规则类圆形目标图像识别新策略. 中国图形图象学报, 1999, 4(3), P202-206.
- 2 樊尚春, 龙德帆, 庞宏冰. 原木材积自动化检测系统. 中国造纸, 2003, 22(3): 27-29.

(下转第 191 页)

name)方法从数据库读取并生成类文件的方法,其部分源码如下:

```
public void deployModule ( string classdir ) throws
ClassNotFoundException {
    .....
    Class clazz = new MyClassLoader(classdir).
loadClass("cn.com.HomepageAction");
    Object o = (Object )clazz.newInstance(); // 创建
对象,利用 Java 反射机制解析类文件中的方法
    .....
}
```

5 结语

Java 动态类加载是 Java 程序具有动态性的关键机制,也是 JVM 的一项核心技术.本文分析了 Java 类加载器的体系结构、动态类加载机制的原理、实现技术,并把 Java 类加载机制应用到高校部门网站通用管理平台中的文件发布模块和加密类文件加载中,实现了基于网站通用管理平台建设新的二级网站的热插拔扩展,使得平台具有更好的扩展性和代码的可重用

性,对加密后的字节码只能用自定义加载器进行解密并加载,实现一定意义上的类文件安全. Java 动态类加载机制的应用还有很多,Java 中 RMI(远程方法调用)就是 Java 动态类 加载机制的一个典型应用,而这是一般类加载器无法实现,只有通过自定义加载策略,才能完美实现这样的需求.

参考文献

- 1 左天军,朱智林,韩俊刚,陈平.Java 动态类加载分析.计算机科学,2005,32(4):194-196.
- 2 周志明.深入理解 Java 虚拟机:JVM 高级特性与最佳实践.北京:机械工业出版社,2010.191-197.
- 3 邓洋春.Java 虚拟机关键机制研究与实践.长沙:中南大学,2009:3-28.
- 4 张敦华,刘建.Java 动态加载机制及其应用.计算机工程与设计,2004,25(3):432-441.
- 5 JDK6.0 API 文档.http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/index.html.
- 6 王万森,龚文.Java 动态类加载机制研究及应用.计算机工程与设计,2011,32(6):2154-2158.
- 7 龙德帆,樊尚春,庞宏冰.用于原木材积检测的图像处理与分析算法.北京航空航天大学学报,2005,31(1):82-85.
- 8 景林,黄习培.成捆原木计算机图像检尺系统研究及应用.计算机应用,2006,26(z2):137-139.
- 9 黄习培,景林.原木端面图像检尺直径识别算法的研究.林业机械与木工设备,2006,34(1):24-26.
- 10 Kass M, et al. Snakes: Active Contour Models. International Journal of Computer Vision, 1987,1(4):321-331.
- 11 Xu CY, et al. Snakes, shapes, and gradient vector flow. IEEE Trans. on Image Processing, 1998,7(3):359-369.
- 12 Li CM, et al. Level set evolution without re-initialization: A new variational formulation. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR05). 2005,1:433-436.
- 13 Rochery M, et al. Higher Order Active Contours. International Journal of Computer Vision, 2006,69(1):27-42.
- 10 Horváth P, et al. A higher-order active contour model of a 'gas of circles' and its application to tree crown extraction, Pattern Recognition, 2009,42(5):699-709.
- 11 Li CM, et al. Minimization of Region-Scalable Fitting Energy for Image Segmentation. IEEE Trans. on Image Processing, 2008,17(10):1940-1949.
- 12 Zhu GP, et al. Gradient vector flow active contours with prior directional information, Pattern Recognition Letters, 2010,31(9):845-856.
- 13 Hough PVC. A method and means for recognizing complex patterns, U.S. Patent 3, 069, 654.
- 14 Chung KL, et al. Speed up the computation of randomized algorithms for detecting lines, circles, and ellipses using novel tuning and LUT-based voting platform. Applied Mathematics and Computation, 2007,190(1):132-149.

(上接第 199 页)