

基于区域增长与边缘检测的立木图像信息提取

吴晓兰, 高林, 阚江明, 李文彬

北京林业大学工学院, 北京 100083

摘要 为建立自动立木测量系统, 实现林木资源调查管理的信息化、自动化和精确化, 本研究提出一种基于区域增长和边缘检测的立木图像信息提取方法。通过颜色分量对标定参照物进行提取, 以主干基部区域为种子区域对立木主体进行增长, 遇到边缘时停止; 再利用数学形态学对其进行处理, 得到需要的立木主体部分。根据标定参照物所得到的参数, 由摄影测量学求得树干的胸径、侧枝粗细、枝下高等信息。研究表明, 该方法在提取标定物和树干轮廓方面更为有效, 对立木信息的自动提取更加方便精确。

关键词 图像处理; 区域增长; 数学形态学

中图分类号 TP391.4

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)22-0044-04

Extraction of Information of Standing Tree Images Based on Region Growth and Edge Detection

WU Xiaolan, GAO Lin, KAN Jiangming, LI Wenbin

School of Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract The extraction of information of standing tree images provides a fast and precise way for management of the forest resource inventory, also provides an important basis for pre-harvest assessment. Methods are proposed in this paper to acquire images of standing trees in real-time, to extract relevant features and to achieve fast recognition without destruction. Thus the rich information can be easily preserved and accessed based on intuition. So it provides a basis for the automation of a forest resource inventory management system, and at the same time, for the improvement of the traditional methods in the forest resource inventory and technology, which also reduces the labor intensity in field investigations. A tree measurement system is proposed to achieve the automatic and precise management of forest resources survey, as an enhancement of the traditional survey methods and techniques. A method of extracting the calibration stick by color components is proposed. First, using a tripod to keep the camera in

the horizontal plane, i.e. to make sure that the imaging plane is parallel to the middle curve of the stem volume and normal to the ground. The images of the standing tree can thus be taken. Then a region growth algorithm is applied to search the tree contour. Region growth approach is adopted to achieve the image segmentation, where neighboring pixels are examined and different choices of seeds may have different segmentation results. According to the shape characteristics of the tree trunk, a seed pixel is chosen from the stem base. Then the main trunk is extracted by mathematical morphology. Finally the information of the diameter at the breast height, the diameter of the main branch and the branch height are determined according to photogrammetry and the parameters of the calibration stick. Experimental results show that these methods can effectively segment the calibration stick and the tree contour. It is convenient to obtain accurately and automatically the standing tree information.

Keywords image processing; region growing; mathematical morphology

0 引言

基于数字图像处理的立木测量系统, 利用摄像机作为测量工具, 可以无损、快速地实现树木图像的实时采集及特征提取与识别, 为森林资源清查管理的信息化、自动化、精确化奠定基础, 对提高传统的森林调查方法与技术、降低野外调查劳动强度等具有重要意义。

美国的 Clark^[1]开发出一种自动树木测量系统(TMS)模型

收稿日期: 2009-07-15

基金项目: 农业科技成果转化资金项目(2007GB23600468)

作者简介: 吴晓兰, 研究方向为图像处理, 电子信箱: sonyawu@tom.com; 高林(通信作者), 副教授, 研究方向为计算机控制及林业机械自动化, 电子信箱: gaolin0215@163.com

工具,将近景摄影技术用在森林精确调查中,它是一款可以快速采集立木三维信息的工具;新西兰的 Brownlie^[2]提出了一套基于图像摄影测量的 TreeD 系统,用来提取单株立木信息。这些立木信息提取方法大都是对采集的图像进行人为处理,比如通过鼠标点击确认等,失去了自动提取的意义。本研究通过对标杆和立木的自动提取以实现立木信息测量。

1 标定参照物选取

在传统的标定参照物选择中,多选取纸板作为标定物^[3],其缺点是纸板难以固定在树干上。这种情况下,纸板一般是放在树干的前面,如图 1 所示。为了便于比较,根据照相机成像及三角形相似原理,这里将相片、标板和树干均放在了同一侧。图 1 中, L 为相机到目标物的距离, x 为成像面, a 为标定板, d 为目标物体(树干)。此时标板 a 与树干 d 在相片上成像的大小相同,而实际 d 比 a 大,因此很容易得出错误的结论。所以标定参照物最好放在树干两旁,即参照物与树干中轴所在的平面与相机的成像面平行。本研究采用的标定参照物为红白相间的标杆,标杆各颜色之间的距离为 20 cm,即每一段的长度为 20 cm。

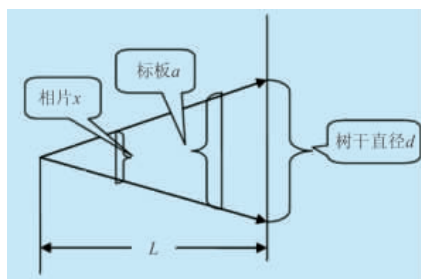


图 1 物体成像示意

Fig. 1 Schematic diagram of image-forming

2 标定参照物的提取

在传统的标定物提取方法中,一般是先将图片灰度二值化^[4],然后采用灰度阈值或边缘检测的方法进行分割,然而在实际拍摄的环境中,背景复杂,如果先灰度化,再进行提取,得到的图片如图 2,背景与前景融合在一起,无法区分。但如果根据标杆的颜色对其进行提取,由于标杆颜色为红色,树林中很少存在红色的背景(红叶等除外),因此本研究考虑通过颜色分量进行提取。

在 HIS 彩色模型中, I 表示强度或亮度,是一个主观的描述,实际上它是不可能测量的,它体现了无色的强度概念,并且是描述彩色感觉的关键参数;包含彩色信息的两个参数是色调 H 和饱和度 S 。HSI 模型有两个特点:一是 I 分量与图像的彩色信息无关;二是 H 分量抽出了色调而忽略了亮度信息,因此通过红色调这个量进行过滤,就可将标杆的红色区域提取出来(图 3)^[5]。

在得到红色区域段之后,由于在分割过程中必然存在角



图 2 直接二值化后的标杆

Fig. 2 Calibration stick result based on binary operation

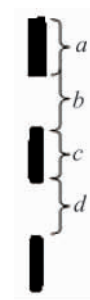


图 3 基于颜色分量的标杆提取

Fig. 3 Calibration stick result based on HIS

点丢失或增加信息量的情况,也就是图 3 中黑色区域不一定正好代表标杆的红色区域。因此可对四段区域求平均值,即 $(a+b+c+d)/4$ 的长度即为标定区域的尺度。

3 树干提取

为找出立木主干及枝干,去除掉影响判断的细小枝桠、树叶等,本研究利用树木生长的特点,采用由主干向四周生长扩散的方法,向主干两边搜索其与之相似并相邻的区域,这样可以先找出立木的大致区域,去除掉一些不连通的枝桠、树叶等。

3.1 基于立木生长特征的区域增长

若是直接对整幅图像进行二值化处理,得到的图像背景繁杂。图 4 为拍摄的源图像,图 5 为二值化处理后的图像,其树干周围有一些干扰物,这些繁杂的干扰物会对树干的提取造成影响,增加难度。本研究采取基于立木生长特性的区域增长方法进行处理。

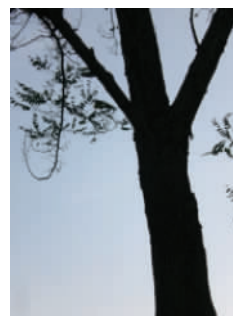


图 4 拍摄的源图像

Fig. 4 Original image of standing tree

传统的区域增长方法是根据同一物体区域内像素的相似性质来聚集像素点的方法,从初始区域开始,将相邻的具有同样性质的像素或其他区域归并到目前的区域中,逐步增长区域,直至没有可以归并的点或其他小区域为止^[6]。一般是针对整幅图像进行处理,得到的结果与图 5 类似。本实验采用基于立木从树干基部向上生长并向四周延伸的特点,以立



图5 二值化图像

Fig. 5 Result of the binary operation

木主干为种子区域向左右两边增长,因此在向左生长时以右邻接为基准(图6(a)),即若该点阈值在设定阈值内,且右上、右、右下3点中任有一点为增长后的区域内点,则将该点与其合并。由于提取树干轮廓的目的是要找到其枝杈点,而树木的分枝一般都是向两边生长,因此没有考虑下方点;同时实验证明,考虑正下方点的结果对树径测量结果没有影响,且对下文枝杈点的判别方法存在干扰,因此不采用正下方点。同理,向右生长时以左邻接为基准(图6(b))。

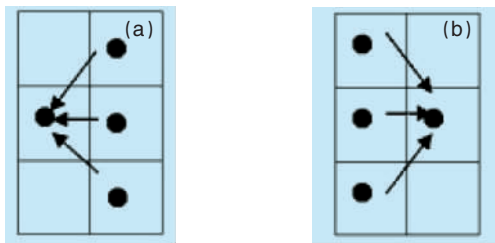


图6 左区域(a)和右区域(b)生长

Fig. 6 Schematic diagram of left region (a) and right region (b) growth

在搜索到树干主干部分后,记录该列,然后以该列为基准扩散——从0行开始向上和左右生长,当遇到边缘点时停止该行生长,进行下一行;从而可得出初步的树干主体图像(图7)。可以看出,与图5相比,图7的干扰少得多。



图7 区域生长结果

Fig. 7 Result of region growing

3.2 形态学处理

经过区域生长处理后的树干主体可能内部存在空白点、周围有许多干扰信息,这对枝杈点的识别、树径的测量等都有干扰,因此考虑将树干内部的空白信息进行填充,并将干扰的枝桠及噪声点进行去除,从而得到需要的树干部分,且不影响测量的精度。对此可利用数学形态学的方法^[7],首先对其进行闭运算,将树干内部空白信息进行填充,再进行击中/击不中变换,将立木周围的干扰信息去除。

所谓闭运算就是先膨胀后腐蚀的过程^[6],填充物体内部小空洞、连接邻近物体、平滑其边界的同时并不明显改变其面积。其公式为

$$CLOSE(X, B) = X^B = X \cdot B = (X \oplus B) \otimes B$$

击中/击不中变换,则是将形态学运算推广到更为一般的情况,实际上就演变为条件严格的模板匹配。这时结构元素不仅含有物体点,而且还含有背景点,只有当结构元素与所对应的区域完全符合时才作为结果输出到输出图像。模板 T 由两部分组成 (T_1, T_2) , T_1 为物体点, T_2 为背景点,击中/击不中变换(Hit-Miss Transform, HMT)定义为

$$X * T = \{X_i | T_{1x} \subset X, T_{2x} \subset X^c\}$$

设定一个矩阵结构元素(大小在3~7之间),对区域生长后的图像进行处理,计算所有可以填入到树干内部的结构元素,平移并求得得到树干的主体部分,即将结构元素在经过区



图8 形态学处理结果

Fig. 8 Result of mathematical morphology

域生长处理后的图像上平移,对每一个能填入的黑色区域进行标记,划为树干部分,其他设为白色。处理结果如图8所示。

4 树干直径测量

本实验采用 Nikon D40 相机拍摄图像,在标定实验中验证得知该相机的畸变量很小,在立木的测量中可以忽略;且横向分辨率与纵向分辨率几乎相等,可直接利用一个方向的长度来求另一个方向的长度。因此,可以用相机成像模型^[8]求出立木直径、树高、冠幅等信息。

表1是本实验的一部分代表数据。其中,3号立木误差较大,是由于光线、背景等因素造成;其他90%以上的相对误差都在3%以下,达到精度要求。

表 1 立木直径测量值
Table 1 Measured diameter of stem

立木号	标尺高度/像素	立木直径图像/像素	立木实际直径/cm	所求直径/cm	相对误差/%
1	46	27	12	11.739 1	2.17
2	37	26	14.4	14.054 1	2.4
3	18	29	35.6	32.222 2	9.49
4	37	82	42.5	44.324 3	-4.29
5	26	102	80.5	78.461 5	2.53
6	38	36	19.4	18.947 4	2.33

5 结论

在考虑选取标定参照物的同时,采用基于颜色分割的方法对标尺进行分割。根据树形特征,采用基于主干的区域增长法,从立木主干开始向左右生长搜索树干信息,获得树干主体区域;通过数学形态学方法对其进行处理,得到更为完整的主干与枝干部分;根据摄影测量的原理,得到了树干的树径。实验证明,采用基于区域增长与边缘检测相结合的立木信息提取方法是有效可行的。

参考文献 (References)

[1] Clark N. Applications of an automated stem measurer for precision forestry [C]//Proceedings of the First International Precision Forestry Cooperative Symposium. 2001: 93-98.

[2] Brownlie R K, Carson W W, Firth J G, *et al.* Image-based dendrometry system for standing trees [J]. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 2007, 37(2): 153-168.

[3] 杨华, 孟宪宇, 刘燕, 等. 单株立木图像信息的提取与解算 [J]. *北京林业大学学报*, 2005, 27(1): 51-54.

Yang Ha, Meng Xianyu, Liu Yan, *et al.* *Journal of Beijing Forestry*

University, 2005, 27(1): 51-54.

[4] 阚江明, 李文彬, 孙仁山. 基于计算机视觉的立木枝干直径自动测量方法[J]. *北京林业大学学报*, 2007, 29(4): 5-9.

Kan Jiangming, Li Wenbin, Sun Renshan. *Journal of Beijing Forestry University*, 2007, 29(4): 5-9.

[5] 刘浩翰, 于洋. 汽车牌照识别系统中关键算法的设计与实现 [J]. *计算机应用*, 2007, 27: 121-124.

Liu Haohan, Yu Yang. *Computer Applications*, 2007, 27: 121-124.

[6] 苏彦华. Visual C++数字图像识别技术典型案例 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004: 12-13.

Su Yanhua. Beijing: Post & Telecom Press, 2004: 12-13.

[7] 张重阳, 杨静宇, 张艳. 支票大写金额图像分割策略 [J]. *计算机工程*, 2006, 32(24): 4-5, 28.

Zhang Chongyang, Yang Jingyu, Zhang Yan. *Computer Engineering*, 2006, 32(24): 4-5, 28.

[8] 田原娜, 黄合成. 基于 CCD 摄像机成像的径向畸变研究 [J]. *世界科技研究与发展*, 2008, 30(2): 168-170.

Tian Yuanyuan, Huang Hecheng. *World Science Technology R&D*, 2008, 30(2): 168-170.

(责任编辑 陈广仁)

·学术动态·



“2010 年全国高分子材料科学与工程研讨会”征文

由中国化学会、中国机械工程学会和中国材料研究学会联合主办, 南昌大学化学系和清华大学化工系共同承办的“2010 年全国高分子材料科学与工程研讨会”将于 2010 年 10 月在南昌大学前湖校区召开。

依该会传统,大会组委会将竭诚为每位与会代表提供报告个人成果的机会。会议现面向全国各地和海外的高分子学者征文。

联系方式:江西省南昌市红谷滩新区学府大道 999 号南昌大学高分子研究所(330031),周魏华,肖书琴;电话:0791-3969562,15970613632;传真:0791-3969513,0791-3969561。