

# 一种基于 BP 神经网络图像分割算法的嵌入式测树系统

舒新展<sup>1</sup> 方 凯<sup>2</sup> 胡军国<sup>1,3</sup>

(浙江农林大学信息工程学院 杭州 311300)<sup>1</sup> (浙江工业大学计算机科学与技术学院 杭州 310014)<sup>2</sup>  
(浙江省林业智能监测与信息技术研究重点实验室 杭州 311300)<sup>3</sup>

**摘 要** 针对传统测树学中不能同步测量树高、胸径以及测量仪器自身的局限性和人为因素干扰大等问题,设计了一种基于 BP 神经网络图像分割算法的嵌入式测树系统,该系统能同时测得立木胸径、树高。经测试,本系统运行高效,操作简单,精度完全达到林业上测量误差在 5% 以内的要求,具有很好的生产应用价值,是现有测树方法的一个很好补充。

**关键词** 测树学, BP 神经网络, 图像分割, 嵌入式系统

中图法分类号 TP183 文献标识码 A

## Embedded Tree Measurement System Based on BP Neural Network Image Segmentation

SHU Xin-zhan<sup>1</sup> FANG Kai<sup>2</sup> HU Jun-guo<sup>1,3</sup>

(School of Information Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, China)<sup>1</sup>

(College of Computer Science & Technology, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)<sup>2</sup>

(Zhejiang Province Forestry Intelligent Monitoring and Information Technology Research Laboratory, Hangzhou 311300, China)<sup>3</sup>

**Abstract** Because traditional tree measurement can not synchronously measure the tree's height and breast-height diameter, and the measuring instruments have the limitations and other human factors, this paper designed an embedded tree measurement system based on BP neural network image segmentation, which can synchronously measure the main characteristic of tree. Testing results show that the proposed system can run efficiently and operate simply. Furthermore, the measurement precision error fully meets the requirement of less than 5%. So the proposed system has good application value, which is the supplement of the existing methods of tree measurement.

**Keywords** Tree measurement, BP neural network, Image segmentation, Embedded system

## 1 引言

森林资源的重要性毋庸置疑,因此准确地查清森林资源将是一项十分重要的工作。森林调查是一种宏观控制的调查,它将为国家和各级政府制定经济和环境发展计划、方针、政策等提供依据,为林业企事业单位制定经营计划提供依据,为检查、评价森林经营效果和计划执行情况提供依据<sup>[1]</sup>。而且详细的调查结果可以很好地反映森林资源储量和生态情况,有利于监控森林资源的动态变化,评估人类的生存环境状况。

目前我国森林调查大多沿袭着传统的测量方式,测量胸径、树高主要通过外业去野外进行手工测量,使用的工具是轮尺、皮尺和布鲁莱斯测高仪等仪器,而且需要靠人工读数并记录,工作量大,中间任何一个人为因素都将造成很大误差。同时,收集回数据后,内业再通过手工输入进计算机存储管理<sup>[2]</sup>。随着科技的发展,森林资源测量也出现了一些新的方法,目前有不少学者研究近景摄影测量技术在林业测量上的应用<sup>[3]</sup>,也取得了一定的成果,但这种技术是基于价格昂贵的

量测型相机而实现的。近期也有学者利用非量测型相机来测量立木信息<sup>[4]</sup>,但此方法还在研究阶段,还不够稳定。

针对以上问题,本研究结合了神经网络算法在图像分割方面的应用技术、嵌入式系统技术和图像扫描技术,设计了一套立木信息采集及测量系统,其能快速地测得立木的胸径、树高等信息。该系统操作简单、方便携带、测量速度快、精度高,能有效地应用在森林测量当中,为实现森林资源全面数字化、信息化奠定基础。

## 2 系统总体设计框架

此系统在设计过程中除充分考虑系统准确性和实用性的因素外,还兼顾了软件界面的友好性和系统操作的实时性。基于这些功能及系统特点,给出了系统设计总框架图,如图 1 所示。从图 1 可知,硬件层包括了电源电路模块、摄像头摄取模块、ARM9 处理器模块、复位电路模块、存储模块、USB 接口模块和 UART 接口模块等。下面简要介绍几个主要的硬件模块。

电源电路模块,高电流带载的 5V 电源供电,带电源开关

本文受国家自然科学基金项目(31300539)资助。

舒新展(1989—),男,硕士生,主要研究领域为无线传感网及土壤碳通量;方 凯 硕士生,主要研究领域为嵌入式系统;胡军国(1979—),男,副教授,硕士生导师,主要研究领域为无线传感器网、嵌入式系统、土壤碳通量, E-mail: hawkhjg@163.com(通信作者)。

指示灯。

摄像头模块：本模块采用的是中星微 ZC301P 摄像头，它为 64 位摄像头，图像分辨率高达 130 万像素。

人机交互模块：采用一块 4.3 寸的 LCD 触摸屏，支持触摸和手写等操作，是一个可视化的操作界面及显示平台，具有良好的人际交互性能。

USB 接口模块：根据系统操作的需要，扩展了 USB 端口，可以外接鼠标、键盘、存储卡等设备。

UART 接口模块：此端口可实现与上位机的连接，实现系统的在线调试、操作系统下载、数据导入数据库等一些列操作。

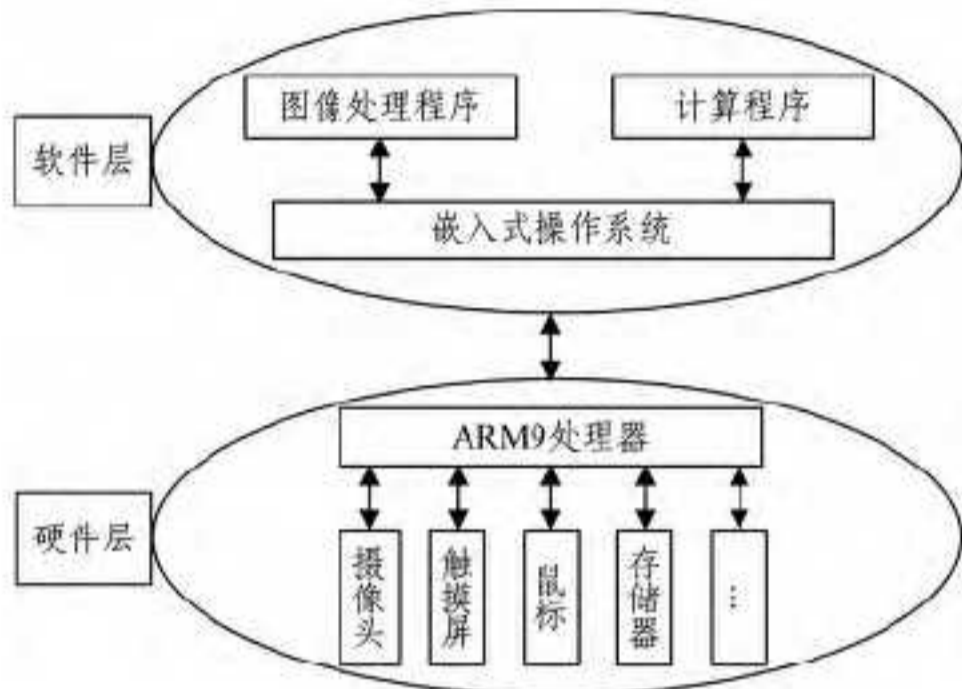


图 1 系统设计总框图

以上各个模块之间相互配合，为上层软件的正常运行提供一个可靠的平台。

### 3 系统软件设计

#### 3.1 软件设计流程

在软件层上，根据具体需要裁剪了 Linux 嵌入式操作系统，保留了图片编解码器、USB、UART、SD 卡读写等基本功能模块，精简了操作系统，使系统运行更加快速。应用程序首先利用图像二值化、灰度化和直方图均衡化等图像处理方法对摄像头采集来的图像进行预处理，然后利用 BP 神经网络算法对预处理后的图像进行分割，最后通过图像扫描自行计算得到立木树高、胸径及间隙比，从而进一步计算得到叶面积指数、叶面积、立木体积和含碳量等信息。

以下给出系统软件设计程序流程（如图 2 所示），并对每个步骤做简要概述。

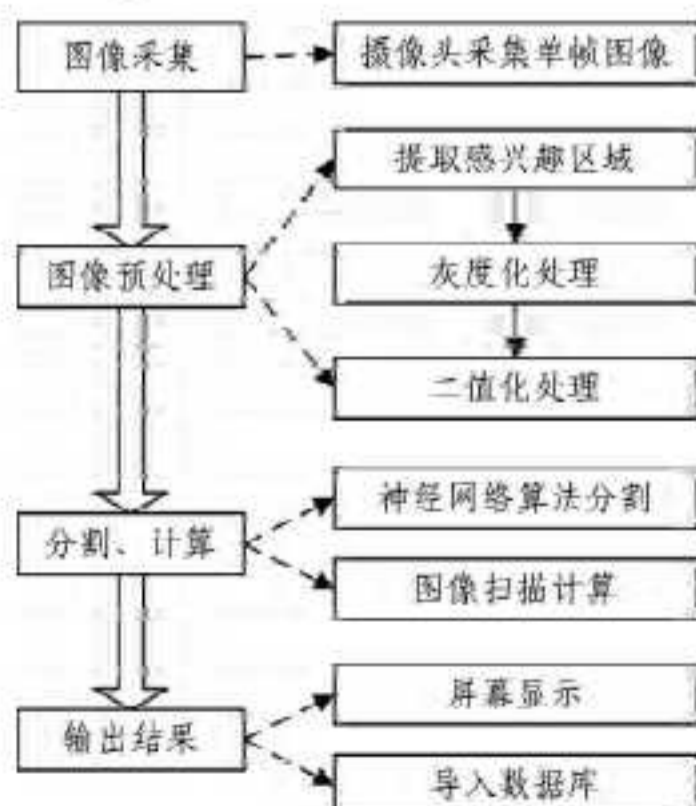


图 2 系统程序流程

##### 3.1.1 图像采集

通过板载摄像头获取立木的整个正面图像，并从立木的

底部向上摄取一张图像，以便计算立木的间隙比，同时将摄取的图像进行保存，供后期处理。

##### 3.1.2 图像预处理

首先，对感兴趣的区域进行提取。考虑到实际操作中背景及周边环境的复杂性，以及为了操作的简单和结果的精确，系统提供特定区域选取操作，可任意提取感兴趣区域进行下一步处理。感兴趣区域的提取操作如图 3 所示，虚线框内为预提取内容。



图 3 感兴趣区域的提取

其次，进行图像灰度化、二值化及直方图均衡化处理。板载摄像头获取的图像是彩色图像，为处理方便，对选定的感兴趣区域做灰度化处理。灰度化就是将彩色图像的三基色红 (R)、绿 (G)、蓝 (B) 分量值相等的过程<sup>[5]</sup>。三基色 R、G、B 的取值范围是 0~255，所以灰度值的取值范围是 256 级，即灰度图像只有 256 种颜色可取。一般灰度化的方法有最大值法、平均值法和加权平均值法 3 种<sup>[6]</sup>。本文选取了加权平均值法，即根据一定准则给 R、G、B 3 者赋以权值，相加后求其平均值，如式(1)所示：

$$R=G=B=(W_r R+W_g G+W_b B)/3 \quad (1)$$

其中， $W_r$ 、 $W_g$ 、 $W_b$  分别是 R、G、B 的权值。根据人眼对颜色的敏感程度，以及实验和理论推导，当  $W_r=0.3$ 、 $W_g=0.59$ 、 $W_b=0.11$  时，能得到最理想的灰度图像。本研究正是选择了加权平均值法进行灰度化，并选取了以上 3 个参数作为权值。

最后，对已经灰度化的图像进行二值化处理。二值图像是一种只有两个灰度值的图像，它存储空间小，处理速度快，方便对图像进行布尔逻辑运算，而且比灰度图像更方便处理<sup>[7]</sup>。在这之后还对图像进行了直方图均衡化处理，方便更进一步处理。

##### 3.1.3 基于 BP 神经网络的图像分割及图像扫描计算

多层前向反馈式神经网络是应用较广的一种人工神经网络，其中 BP (Back Propagation) 神经网络是最著名的多层前向反馈式神经网络训练算法之一<sup>[8]</sup>。将 BP 神经网络应用在图像处理上，首先要利用已知确定结果的样本对 BP 神经网络进行训练，然后将待处理的图像各点聚类为目标像素和非目标像素，正确聚类后剔除非目标像素，从而得到目标图像<sup>[9]</sup>。BP 神经网络的模型拓扑结构包括输入层、隐藏层和输出层。首先输入信号要向前传送给隐藏层上各节点，然后通过隐藏层上各节点的特性被 Sigmoid 型作用函数转换后，作为下一层输入，传送给输出层，最后由输出层输出结果。本文所用的作用函数为： $f(x)=\frac{1}{1+e^{-x}}$ ，学习采用误差反向传播算法<sup>[10]</sup>，即通过比较实际输出与期望输出的差异来调整网络权值，直至权值收敛。

在对本文研究对象立木图像进行分割时，输入层设为 3

个神经元,即将立木图像的三基色  $R$ 、 $G$ 、 $B$  作为网络输入。中间隐藏层定为 10 个神经元,输出层为 1 个神经元,输出值为 0 或 1,其中 1 为前景色(即目标点),0 为背景色。网络结构如图 4 所示。

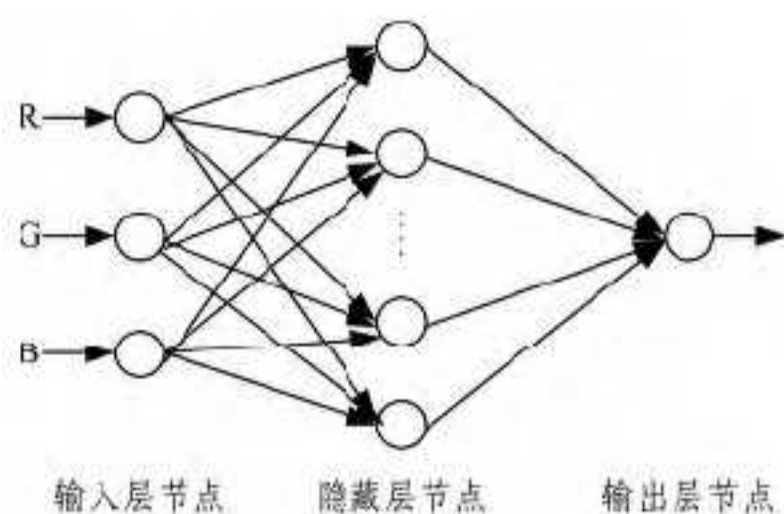


图 4 BP 神经网络结构

最后,训练神经网络采用了 200 个像素点的  $R$ 、 $G$ 、 $B$  值,其中 100 个背景色,另 100 个为前景色。神经网络的输出值在  $[0,1]$  之间,通过模型阈值的设定将输出值进行分类,得到最终结果。图像处理前后对比如图 5 所示。

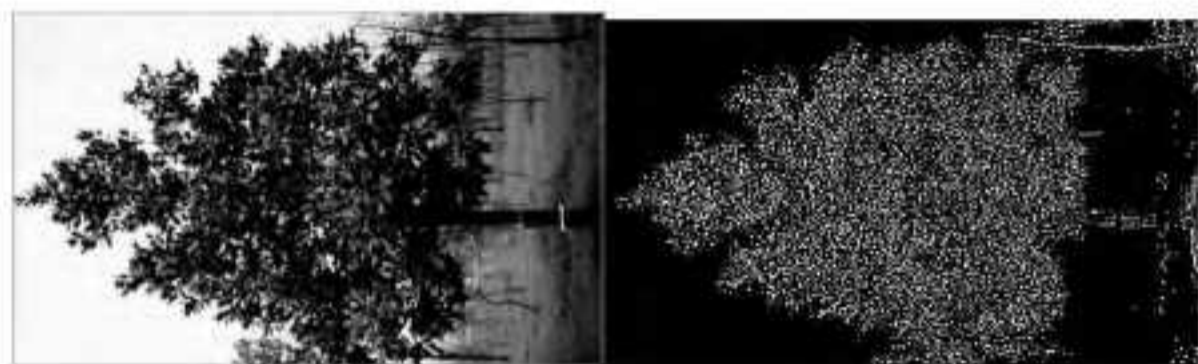


图 5 图像处理前后对比

本文在对摄取的图像进行一系列处理后要计算立木的胸径及树高,并以此为基础,计算立木体积、含碳量、叶面积等信息。在计算时,首先对分割后的图像从左到右、从上到下依次进行扫描,搜索到位于立木树干上的标准设置点所占的像素点  $N_1$ ,此标准设置点的实际长度为 0.95 米,然后扫描整个立木树高所占像素点  $N$ ,通过比例式可测得树高为  $(N_1/0.95) * N$ 。同样,在已知单个像素点所占的实际长度后,通过扫描计算得到胸径,并依此可得任意部位的高度与直径,从而根据林学上公认的公式可计算得到立木体积等一系列信息,原理简单,在此不再陈述。

#### 4 结果分析

本系统从图像摄取至图像处理结束,输出预计值。系统最终输出结果如图 6 所示。

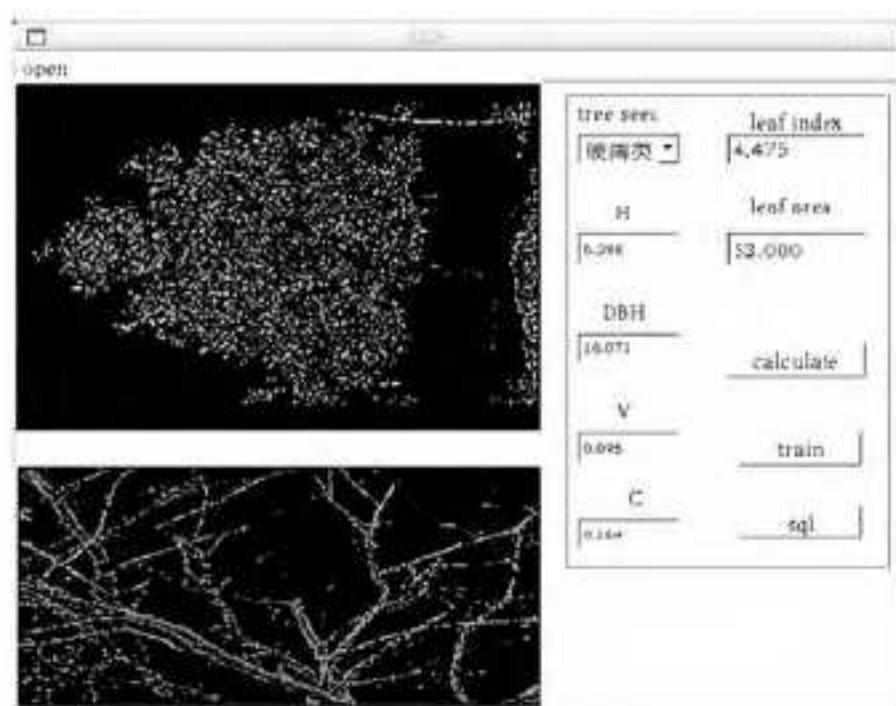


图 6 最终输出结果

图 6 为系统最终显示界面,系统直接测量的量是树高

$H$ ,单位是米,以及胸径  $DBH$ ,单位是厘米;其他量均通过林学现有公式计算而得。系统界面简洁、操作简单,所测数据可直接导入数据库存储。

为验证本系统的实用性及精度,随机选取了 5 棵树进行测量,并与人工精确测量数据进行比较,测量结果如表 1 所列。

表 1 测量结果比较

型号	本系统测量			人工精确测量		
	H/m	误差/%	DBH/cm	误差/%	H/m	DBH/cm
1号	6.398	1.6	16.071	0.4	6.5	16.0
2号	4.823	0.5	12.500	0	4.8	12.5
3号	7.416	1.1	18.221	1	7.5	18.4
4号	9.821	0.2	21.329	0.8	9.8	21.5
5号	6.294	1.5	14.583	0.6	6.2	14.5

从测试结果可以看出,本系统所测得的胸径值与人工精确测量的值极为接近,所得树高值误差稍大,但依旧能够保证测量结果的精度要求,测量误差都远低于林学测量上要求的可允许误差 5%,而且本系统大大提高了工作效率,避免了人为因素的影响,与传统测量方法相比,更具实用性。

结束语 本文改进了传统林学测量方式,将神经网络算法应用在林学测量上,创造性地将测胸径和测树高结合在一个系统里,并在此基础上系统地给出立木体积、叶面积等一些列参数。系统运行速度快、效率高、精度达到标准,是对现有林学测量方法的一个很好补充,实际应用价值大。同时,此系统尚有待改进之处,其在稀疏林地的测试效果很好,但在密集林中提取立木图像时受更多的外因干扰,对实验结果精度有一定的影响。怎样去除密集林干扰因素而更准确测量将是下一步的研究重点。

#### 参考文献

- [1] 张黎莉. 森林调查的目的和意义[J]. 科技创新导报, 2011(12): 246-246
- [2] 白立舜, 杨伯钢, 王晴. 森林资源调查的便携式野外声控记录技术研究[J]. 测绘通报, 2013(9): 80-82
- [3] 陈义, 陆珏, 郑波. 近景摄影测量中大角度问题的探讨[J]. 测绘学报, 2008, 37(4)
- [4] 田胜利, 葛修润, 涂志军. 隧道及地下空间结构变形的数字化近景摄影测量试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(7): 1309-1309
- [5] 郭文川, 周超超, 韩文霆. 基于 Android 手机的植物叶片面积快速无损测量系统[J]. 农业机械学报, 2014, 45(1): 275-280
- [6] 范九伦, 赵凤. 灰度图像的二维 Otsu 曲线阈值分割法[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 751-755
- [7] 苑玮琦, 夏义勇. 方向滤波指纹图像二值化[J]. 仪器仪表学报, 2003(z2): 469-471
- [8] 李智敏, 陈祥光. 无线传感器节点模块级故障诊断方法的研究[J]. 仪器仪表学报, 2013, 34(12): 2763-2769
- [9] 孙文雅, 黄民, 李天剑, 等. 基于 BP 神经网络管道裂缝图像分割[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(5): 1363-1364
- [10] 董长虹. Matlab 神经网络与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006