

文章编号:1001-7380(2016)04-0040-04

# 以安卓智能手机为平台的树木高度测量技术

颜婉倩, 巩宇涵, 石玉立

(南京信息工程大学, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 树木高度的测量工作是林业生产、科研、教学和森林调查的一项重要工作, 是评价林木生长状况的重要依据。该文在对树木高度测量方面摒弃了繁重的测量设备, 将近景摄影测量原理与当下时兴的安卓智能手机应用程序 (Application) 相结合, 提出了一种新的测量树高的方式。测量者输入必要的参数并进行简单的操作, 应用程序调用手机内部的方向传感器获取其倾斜角度数据, 再结合所输入的参数先得到精确的树木离测量者的距离, 然后通过一定的数学模型演算出树木的高度。此方法轻便、快捷, 且精度较能满足需求, 适合在野外没有专业测量工具时对树高进行较为准确的估测。

**关键词:** 树高测量; 数学模型; 方向传感器; 安卓智能手机 APP

**中图分类号:** S758    **文献标志码:** B    **doi:** 10.3969/j.issn.1001-7380.2016.04.011

## Tree height measurement by means of Android smartphone application

YAN Wan-qian, GONG Yu-han, SHI Yu-li

(Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Measuring the height of trees is an important work of forestry production, research, teaching and forest surveys, which is a basis to evaluate the growth of trees. Instead of using heavy equipment, the principal of Close-Range Photogrammetry with the fashionable Android smartphone applications should be combined, and a new way was proposed to get tree height measured. After inputting necessary parameters and performing the simple operation, a tilt angle data by calling the phone's internal orientation sensor could be formed, and then the accurate distance from the surveyor to the tree could be got. Next, the tree height through a certain mathematical model could be calculated. As omitting cumbersome steps, this method meets the accuracy requirements roughly.

**Key words:** Tree height measurement; Mathematical model; Orientation sensor; Android smartphone application

树木高度的测量工作是林业生产、科研、教学和森林调查的一项重要工作, 是评价立地质量和林木生长状况的重要依据。此时往往需要在不把树木伐倒的情况下测定该树的树高, 即测定立木的高, 这是林业生产和森林资源调查中的难点和重点。传统方法主要是使用尺子等测量工具, 并且需要人工读取和记录测量数据。这种方法费时费力且不方便测量立木高度。为了解决这一难题, 许多科学家也推出了多种测树仪器和方法, 例如克里斯

登测高器、圆筒测高器、布鲁莱斯测高器、比例测高器、测杆等<sup>[1]</sup>。但是, 这些测高仪器大多通用性差, 价格昂贵, 而且体积较大, 野外测量不够便利。随着近景摄影测量技术的发展, 一些学者也提出了基于近景摄影测量的测量树高的方法。曹孟磊<sup>[2]</sup>利用普通的数码相机获取树木图像, 将图像导入计算机, 通过建立回归方程算得树木的高度。杨华<sup>[3]</sup>提出了一种通过计算机对普通数码照片像素分析的方法得到树木高度数据。但是这些方法都存在不

收稿日期: 2016-07-13; 修回日期: 2016-07-17

基金项目: 国家自然科学基金项目“异速增长和资源限制模型结合多源遥感数据估算森林地上生物量研究”(41471312); 大学生创新项目“基于手机图像分析的胸径和高度测量研究”(201510300187)

作者简介: 颜婉倩(1995-), 女, 江苏镇江人, 大学本科生。E-mail: ywq\_nuist@163.com。

能随时随地获取树木高度数据这一缺陷。

进行野外树木资源调查时,测量设备的便携性尤为重要。近年来,安卓智能手机越来越普及,且其硬件水平也在不断提高。安卓智能手机 APP 的出现为基于便携设备进行的基于图像分析的树木测量提供了广阔的前景。目前,基于安卓手机图像分析的树木测量有了一定的研究基础,韩殿元<sup>[4]</sup>提出一种基于手机摄像头利用 SURF 算法提取图像特征点进而得到立木高度的方法。但是此方法过于复杂不适合应用于手机中,并没有真正实现。由此,作者提出一种新的方法,综合比较多种树高测量模型<sup>[5-6]</sup>,开发一款基于一定基于三角高程模型<sup>[7]</sup>的安卓手机 APP,利用手机摄像头和手机内部的方向传感器的强大性能,测定单株树木的高度。这不仅促进了树木测量技术的创新,更重要的是为传统森林资源调查提供更便捷的技术。

### 1 测量原理

树木高度,即树高,是指单株树木地面上的干茎底部到树木顶端之间的垂直距离。一般情况下,树木的顶端会高于人类的视平线。利用用户输入的相关参数和手机方向传感器感知到测量时手机倾斜的角度,通过一定的数学模型能够演算出测量者到树木的水平距离  $s$  (如图 1 所示),然后利用演算出的距离、传感器获取的手机倾斜角度和用户输入的相关参数,通过另一个基于三角高程的数学模型推算出树木高度。

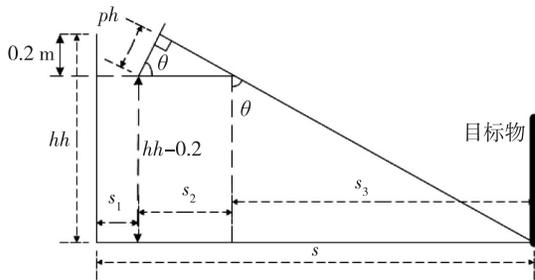


图 1 测量者到树木水平距离测量示意图

人到目标物的距离  $s$  (单位:m),手机底部到摄像头距离  $ph$  (用户输入,单位:cm),传感器获得手机与水平面倾斜角度为  $\theta$ ,APP 中默认人眼到手机距离: $s_1=0.2\text{ m}$ ;

$$s_2 = \frac{ph}{\cos\theta}$$

人的高度(用户输入,单位:m)  $hh$ ;

手机底部距地面的距离估测为人的身高减去人的头顶到手机底部的垂直距离(0.2 m),即  $hh-0.2$ ;

$$s_3 = (hh - 0.2) \tan\theta$$

距离计算公式:

$$s = s_1 + \frac{ph}{\cos\theta} + (hh - 0.2) \tan\theta$$

其中,由于观测者和目标树木的远近,树木本身高度的大小等因素的影响,会对智能手机测量时的倾斜角度产生影响,及手机倾斜角度有  $\leq 90^\circ, > 90^\circ$  2 种情况,需要分别考虑不同测量条件下的高度计算数学模型(如图 2,3 所示)。

高度推导的数学模型:

①当手机倾斜角度  $\leq 90^\circ$  时:

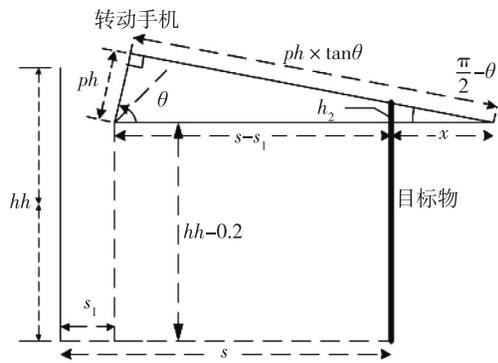


图 2 手机倾斜角度  $\leq 90^\circ$  时测量示意图

传感器获得手机与水平面倾斜角度为  $\theta$ ;

$$\frac{ph \tan\theta}{s - s_1 + x} = \sin\theta$$

$$x = \frac{ph \tan\theta}{\sin\theta} + s_1 - s$$

$$\frac{h_2}{x} = \cot\theta$$

$$h_2 = \frac{x}{\tan\theta} = \frac{ph}{\sin\theta} + \frac{s_1 - s}{\tan\theta}$$

树木高度:

$$h = h_2 + hh - 0.2 = \frac{ph}{\sin\theta} + \frac{s_1 - s}{\tan\theta} + hh - 0.2$$

②当手机倾斜角度  $> 90^\circ$  时:

$$\frac{ph}{x} = \sin(\theta - \frac{\pi}{2})$$

$$x = \frac{ph}{\sin(\theta - \frac{\pi}{2})}$$

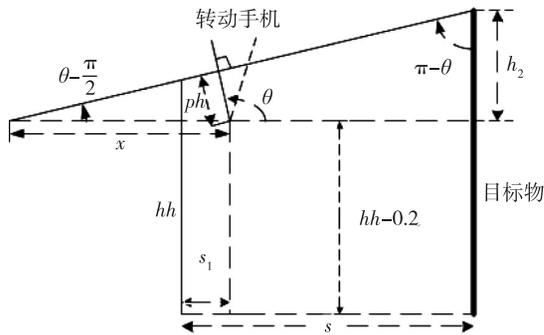


图3 手机倾斜角度>90°时测量示意图

$$\frac{h_2}{x + s - s_1} = \tan\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$h_2 = \left[ \frac{ph}{\sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right)} + s - s_1 \right] \tan\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right)$$

树木高度:

$$h = \left[ \frac{ph}{\sin\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right)} + s - s_1 \right] \tan\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) + hh - 0.2$$

因此树高测量公式为:

$$h = \frac{ph}{\sin\theta} + \frac{s_1 - s}{\tan\theta} + hh - 0.2$$

## 2 APP 测量步骤

(1)进行树高测量时,测量者和树木要处于同一水平面上,并且测量者需要事先输入自身身高  $hh$  (单位:m)和手机底部至摄像头中心的距离  $ph$  (单位:cm);



图4 APP 测量界面示意图

(2)测量时手机要竖直放置在双眼正前方 20

cm,保持手机底部固定不变,以底边为轴慢慢向下倾斜手机,直至屏幕中间绿色十字准心对准目标树木的底端,此时手机方向传感器感知到手机倾斜的角度并记录下来运算出测量者距离十字准心的水平距离,实时地显示在屏幕上;

(3)软件设定了锁定键,记录测量者到目标树木的水平距离,然后同样的保持手机底部不动,以底边为轴向上旋转,直至十字准心对准目标树木的顶端,此时显示的即为树木高度(单位:m)。

## 3 测量结果检验及误差分析

### 3.1 测量结果

为验证此方法的性能,本文利用传统的测量方法——即利用激光测高仪——对不同高度的树木进行测量,每1株树测量5次取平均值作为此树木的精确高度,并将之与同样情况下APP的测量值进行比较,得出的结果见表1。

表1 树高测量结果

仪器测高 (多次测量 取平均)/m	水平 距离/m	软件 测高/m	绝对 误差/m	相对 误差	平均相 对误差
8.7	6.16	11.49	-2.790	-0.321	0.115
	7.00	9.38	-0.680	-0.078	
	8.00	8.65	0.050	0.006	
	8.89	7.56	1.140	0.131	
	9.84	8.36	0.340	0.039	
5.1	4.91	5.12	-0.020	-0.004	0.076
	5.91	4.82	0.280	0.055	
	6.82	4.97	0.130	0.025	
	8.06	4.59	0.510	0.100	
	9.84	4.11	0.990	0.194	
8.2	5.21	9.05	-0.850	-0.104	0.095
	5.91	8.12	0.080	0.010	
	6.82	7.65	0.550	0.067	
	8.06	7.30	0.900	0.110	
	10.00	6.70	1.500	0.183	
10.0	5.91	11.45	-1.450	-0.145	0.13
	6.82	9.17	0.830	0.083	
	8.02	9.00	1.000	0.100	
	8.86	8.62	1.380	0.138	
	10.03	8.13	1.870	0.187	
3.4	5.91	3.40	0.000	0.000	0.101
	7.22	3.26	0.140	0.041	
	8.06	2.97	0.430	0.126	
	8.26	2.97	0.430	0.126	
	9.84	2.68	0.720	0.212	

本文选用了3个误差评价标准,分别是绝对误差、相对误差、平均相对误差。

某测量值  $N$  的真值为  $N_1$ , 绝对误差是测量值和真实值之间的差值:

$$\varepsilon = N_1 - N$$

相对误差衡量测量结果与真实值的接近程度:

$$\varepsilon = \frac{N - N_1}{N_1}$$

相对误差是绝对误差与测量真值之比, 一般比绝对误差可信度更高, 越接近于 0, 表示测量误差越小;

平均相对误差为:

$$\varepsilon = \frac{|N - N_1|}{nN_1}$$

平均相对误差是多组测量相对误差的均值, 以此尽量减小分析结果的误差。

将测量的相对误差的绝对值绘制成散点图, 如图 5 所示:

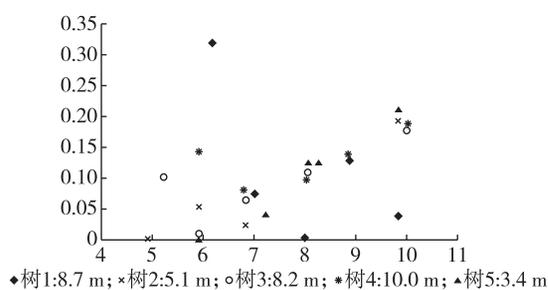


图 5 APP 树高测量相对误差

### 3.2 误差分析及讨论

影响 APP 测量的因素包含系统误差和偶然误差。系统误差包括手机传感器的性能、手机摄像头的清晰度、人身高的准确测量、手机离眼睛的距离、手部抖动等; 偶然误差包括测量时离目标物的水平距离。

从表 1 和图 5 中来看, 相对误差大致随树高的增加而增加, 但基本可以控制在 20% 以内。测量时树木越高, 手机倾斜的角度越大, 手机传感器获得角度的灵敏度降低, 从而影响测量精度; 测量员与树木的距离远近也影响着手机传感器角度的获取。因此对于不同高度的树木, 需要找出不同的最适测量距离。从对同一树木在不同距离进行测量时, 可以总结出这样一个特点: 树木越高测量时测量员与树木的距离可以适当加大, 当水平距离过近或过远时手机传感器获取角度的灵敏度都会降低, 引起相对误差的增大。

因此, 利用此方法测树高时, 为了减小误差, 测量者需注意以下几点:

- (1) 向手机输入尽量准确的参数;
- (2) 测量员尽量保持与树木底部在同一水平面;
- (3) 尽量保持手机屏幕与测量者双眼距离为 20 cm;
- (4) 根据树高适当调整测量员与树木的距离, 树高越高, 距离适当增加;
- (5) 尽量保持手部稳定, 不要晃动, 对树木底部与顶端的定位尽量准确。

### 4 总 结

以安卓智能手机为平台测量树木高度的方法, 运用了摄影测量的相关理论, 讨论了智能手机摄影机功能对于单株树木信息提取的可行性。三角高程测量树高的方法是森林资源调查中应用较为广泛的一种方法, 将此传统方法与当下先进的智能手机技术相结合, 提出一种更方便快捷的测量方式, 实现了智能手机野外便捷测量。

但遗憾的是, 此方法虽然具有方便、易操作的优点, 也存在一定的缺陷。首先, 此方法的理论原理是三角高程, 当森林密度太大, 地势陡峭, 水平距离难以测定时, 三角高程方法就不适用<sup>[1]</sup>。其次, 由于此方法很大程度上依赖于测量者本身的操作手法及习惯, 测量结果也受手机自身的性能及地面的水平情况影响, 所以用此方法测得的树高存在不可忽略的误差, 测得的结果只能作为估计值。即便如此, 在野外手边没有任何工具的情况下, 这不失为一种较好的树木高度测量方法。

#### 参考文献:

- [1] 刘琪璟. 数字照片在树干解析上的应用[J]. 生态学杂志, 2008, 27(3): 484-490.
- [2] 曹孟磊. 普通数码相机获取测树信息研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [3] 杨 华. 近景摄影测量技术在立木材积测定中的应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [4] 韩殿元. 基于手机图像分析的叶片及立木测量算法研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [5] 隋宏大. 树高测量综合技术比较研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2009.
- [6] 陈 颖, 隋宏大, 冯仲科, 等. 2 种树高测量方法的测量精度对比分析[J]. 林业调查规划, 2009, 34(6): 1-5.
- [7] 冯仲科, 隋宏大, 邓向瑞, 等. 三角高程法树高测量与精度分析[J]. 北京林业大学学报, 2007(S2): 31-35.