

# 无人机航测技术估算森林蓄积量的研究

吴传志\*

贵州科测信息技术有限责任公司, 贵州 550081

**摘要:** 森林蓄积量是评估林地生产力高低的重要依据, 更是经营措施制定的关键, 对提高森林经营以及采伐科学性具有重要意义。传统的实地调查方式已经不适用于森林蓄积量计算, 无人机航测技术的提出与实现, 利用其信息量大、覆盖范围广以及获取周期短等特点现在已经在森林蓄积量估算中得到了广泛应用。本文以研究无人机航测技术在森林蓄积量估算中的应用效果为目的, 选择某林场为对象, 对森林蓄积量的估算过程进行了简单分析, 并得到比较可靠的估算结果, 证明无人机航测技术在实际操作中的应用价值。

**关键词:** 无人机航测; 森林蓄积量; 遥感技术

## 一、前言

对森林蓄积量进行估算, 必须要能够快速高效的获取森林遥感影像, 以往所应用的遥感技术是通过卫星与机载雷达来获取高分辨率遥感影像, 与其相比, 无人机航测技术作为新型测绘技术, 在森林蓄积量估算中应用具有更大优势, 包括成本低、周期短以及灵活性高等。选择内蒙古某林场为对象, 利用无人机来对林场信息进行可靠收集, 并利用专业技术与软件来对所获信息进行整理分析, 提取林分平均高以及树冠信息, 比较实地调查结果, 最后利用提取到的林分参数来估算森林蓄积量。

## 二、森林蓄积量估算意义

森林蓄积量简单来讲即森林中林木材积的总量, 对其进行估算即对发范围内大众林木的总量进行统计。在计算森林蓄积量时, 先是完成不同树种的单株调查, 确定单株材积后, 将所得结果与区域森林中各术中的株数量进行相乘便可<sup>[1]</sup>。森林蓄积量是评估林地生产力高低的重要依据, 更是经营措施制定的关键, 对提高森林经营以及采伐科学性具有重要意义, 是实现可持续发展的重要保障。森林蓄积量大小在一定程度上反映了林地生产力以及经营措施的效果, 是森林资源调查的重要内容, 更是评价森林的重要指标。在长时间的发展中, 森林蓄积量估算方法在不断地更新, 尤其是遥感技术的提出与应用, 目前, 航空遥感在森林资源调查中应用逐渐增多, 取得了一定成果。但是在实际应用中, 人员驾驶飞机森林实地调查所需成本高, 各方力量的投入比例较大, 并且整个过程所花费的时间非常长, 逐渐无法满足当代森林资源监管与调查的工作需求。无人机遥测技术的提出有效的解决了以往森林资源调查与估算中的难题, 无人机可以实现无人驾驶, 且可以设置自带飞行控制系统与导航定位系统, 在整个调查与分析过程中, 其所具有的灵活性、安全性、可靠性优势更加明显, 可以获取高分辨率的图像信息, 为资源估算和管理提供可靠支持<sup>[2]</sup>。鉴于无人机遥测技术的特点, 其在森林蓄积量估算中的应用并会发挥出巨大优势。

## 三、无人机航测技术在森林蓄积量估算中的应用

森林蓄积量估算以往所应用的方法需要大量的人力物力作为支持, 成本投入巨大, 并且实际作业效率较低。虽然遥感技术的应用可以通过遥感影像来降低工作强度, 减少人力物力投入, 但是其主要适用于大尺度蓄积量调查, 小尺度精度测量往往精度不足, 无法达到预期调查监测效果。应用无人机航测技术来进行森林蓄积量估算, 目前已经成为研究的要点, 并且取得了一定成果。例如将无人机融入九棵树多边形样地算法, 然后进行精度分析, 蓄积量等各林分调查因子的相对误差在8.80%~12.57%之间, 相关系数在0.624~0.927之间, 达到森林资源二类调查要求, 可用于小尺度精准林业作业中<sup>[3]</sup>。另外, 还可以通过无人机来获取森林图像, 然后对冠幅参数进行提取, 按照按树林分蓄积量进行估算, 结果精度可保持在64%~98.94%, 总体精度为91.20%, 可以满足森林资源调查监测的精度要求。

\*通讯作者: 吴传志, 1987年12月, 男, 汉族, 贵州毕节人, 就职于贵州科测信息技术有限责任公司, 中级工程师, 本科。研究方向: 林学。

#### 四、无人机航测技术在森林蓄积量估算中应用分析

##### (一) 研究区概况

以我国某林场为例，位于内蒙古兴安盟阿尔山市最北端，地理位置为119°28′~120°01′E，47°15′~47°35′N。本次研究所得实测数据全部来自于本林场，参与研究调查的林场面积为3.8 hm<sup>2</sup>，整个区域地势比较平缓，为天然白桦林<sup>[4]</sup>。对林场现场做全面勘察后，50 m × 50 m标准低设置在与林缘间距在20 m以外的区域，其中包括研究样本共有295棵。

##### (二) 无人机航测数据

###### 1. 无人机参数

本次森林蓄积量测量所应用的为SERVOHELI-40型号无人机，每次起飞可允许的最大承载为10 kg，飞行速度为4~8 m/s，采用的80 cc双缸对置风冷汽油发动机，主要使用97号汽油，可采取电池与马达的方式来启动<sup>[5]</sup>。起飞降落操作作为半自动姿态速度控制，如果无法正常接收遥控信号，则飞机会自动悬停，可以达到2000 m的最大海拔高度。

###### 2. 航摄规划

每次利用无人机航测前均需要对整个飞行路线做全面检查，确认待测区域内无任何异常，避免在航摄过程中遇到障碍而受到损伤，并且要现场核查起飞降落点正常，并安排人员到位。根据林区实际情况，最终确定本次无人机的航测高度为150 m，且飞行航向与旁向重叠度设计为70%。另外，实际航测时需要对自然气候条件做综合分析，以风力小于2级，且晴天天气为宜。待无人机按照既定路线完成区域内森林蓄积量信息的航测后，需要及时导出本次获取到的所有飞行记录，检查确认航片影像的拍摄结果，是否可以使用<sup>[6]</sup>。

###### 3. 处理航测数据

获取到航测数据后，还需要采用专业软件来对其进行分析处理。一般需要在提取前要夏娜正射纠正无人机影像获得DOM。比较常见的如多视图三维重建技术，可以利用其来进行无人机航测影像数据的定向计算，实现影像数据所对应的位置信息的解算。影像数据在定向处理后会转换成三维密集点云数据，利用此就可以创建获得多边形网格模型，进一步对各类数据进行重构，最终获得航测对象的具体特征<sup>[7]</sup>。然后向模型内导入地面控制点的数据，便会得到具有详细地标信息的高精度三维模型，生成数字高程模型（DEM）、DSM以及DOM，整个处理流程如图1所示。

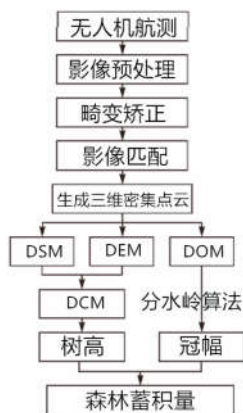


图1 无人机航测数据处理路线

##### (三) 林分参数分析

###### 1. 提取树高参数

可以基于三维点云数据建立DSM，减去DEM后得到的便是林冠三维信息模型，并采取最大邻域法过滤DCM获得树顶点及高度参数。多是将树冠最高点定为树顶点，并以树冠冠幅外接矩形区域作为分析范围，对区域内的所有满足最高点条件的位置点进行确认收集，全部设定为树顶点。在应用多项式来表达树冠曲面G时，任意点P(x,y)满足冠面坡度 $\beta = 0$ ，最大曲率 $C_{max} > 0$ ，以及最小曲率 $C_{min} > 0$ 条件时，可确定该P点为树顶点<sup>[8]</sup>。其中，树顶点位置对应的DCM值变为树高，然后基于树顶点数据来获得密度和位置信息。

根据航测所得影像数据，且经过专业处理后确定的影像特征与坐标信息，且与区域内坐标信息及树木之间相对位置联合，应用布鲁莱斯测高器对本次航测区域内的所有样本来测量树高<sup>[9]</sup>。精度计算公式为：精度 = 1 - |提取树高 - 实

测树高/实测树高。按照公式计算后,便可得到精确的树高提取最低精度与最高精度,并对树高提取值和实测值进行比较,来判断两者是否存在线性关系。

## 2. 提取树冠参数

应用无人机航测的方式来获取区域森林遥测影像,具有较高的分辨率,然后采用分水岭算法对航测影像数据做进一步的处理,其具有较高的微弱边缘敏感度,一般均可以确定区域位置精度较高的轮廓,本次无人机航测获得了良好的应用效果,得到较为准确的树冠参数值。以确定的树顶点参数为依据,应用分水岭算法对航测影像数据做分割处理时,便可将树冠中心点设定为树顶点,并预测得到树冠范围,同时将其标记为前景,以 $DOM \cap (DCM = 0)$ 标记为背景<sup>[10]</sup>。调用OpenCV的函数`cv::watershed()`来对分水岭算法的树冠进行分割。

以冠幅作为样木南北及东西两个方向的宽度平均值,可通过上述公式计算可获得无人机航测提取到的冠幅平均值 $\bar{P}$ 。对提取冠幅和实测冠幅参数进行比较,可确定利用下述公式计算所得标准地中冠幅提取最低精度和最高精度:

$$\bar{P} = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

其中, $\bar{P}$ 表示南北冠幅值与东西冠幅值的平均值; $S$ 表示自动提取的树冠面积。

获得树顶点参数以后,应以标准地实测数据为基准来对区域内的株数进行推算,并对株数提取精度进行比较分析。对提取的林分参数进行分析可以得知,在株数提取过程中有部分单株存在提取多个顶点的情况。

## (四) 估算森林蓄积量

森林蓄积量即林分单位面积中对应的活立木材积,而材积便是树木体积。想要计算得到森林树木对应的产出效益,首先就需要计算得到单株活立木材积量,然后与区域对应株数进行乘积,确定森林整体蓄积量。其中,通过树高与胸径二元材积模型便可以计算得到立木材积量。对于无人机航测森林蓄积量的方法,虽然无法通过航测影像获得准确的木材胸径,但是却可以通过树高与树冠信息来进行推测计算。通过研究可知,路木材积与冠幅之间有着密切联系,即设定树高与冠幅为立木材积二元模型的解释变量,对单株树木材积进行计算。计算公式为:

$$V = aH^b C_w^c$$

$$M = \sum_{i=1}^n V_i$$

其中, $M$ 表示小班总蓄积量; $V$ 表示单株立木材积( $m^3$ ); $H$ 表示树高( $m$ ); $C_w$ 表示冠幅( $m$ ); $a$ 、 $b$ 、 $c$ 表示参数估计值。应用最小二乘法对所有样木实测树高以及树冠参数进行拟合,完成参数估计值的计算,得到相应结果。

## 五、结束语

无人机航测技术在森林蓄积量估算中的应优势明显,本次研究以大兴安岭地区林分为对象,航测获得标准地DSM与DEM,通过专业软件来对林分平均高以及树冠信息进行提取,并以所得单株树高和冠幅参数完成森林蓄积量的估算,为森林经营管理提供了重要的参考依据。

## 参考文献:

- [1]汪霖,李明阳,方子涵,李超,钱春花,许振宇.基于无人机数据的人工林森林参数估测[J].林业资源管理,2019(05):61-67.
- [2]周小成,何艺,黄洪宇,许雪琴.基于两期无人机影像的针叶林伐区蓄积量估算[J].林业科学,2019,55(11):117-125.
- [3]曾繁伟,郭人.浅谈无人机技术在林业调查工作中的应用[J].安徽农学通报,2019,25(19):32-33.
- [4]黄贝.无人机在天空地一体化森林资源调查监测中的应用——以森林督查为例[J].林业建设,2019(05):13-17.
- [5]陈丰惠.无人机在森林资源管理中的应用探讨[J].南方农业,2019,13(26):70-71.
- [6]陈忠明.基于无人机影像的杉木蓄积量反演研究[D].中南林业科技大学,2019.
- [7]贾慧,杨柳,郑景飏.无人机遥感技术在森林资源调查中的应用研究进展[J].浙江林业科技,2018,38(04):89-97.
- [8]李亚东,冯仲科,明海军,李长青,曹明兰.无人机航测技术在森林蓄积量估测中的应用[J].测绘通报,2017(04):63-66.
- [9]付凯婷.无人机遥感技术估算桉树蓄积量的研究[D].广西大学,2015.
- [10]樊江川.无人机航空摄影测树技术研究[D].北京林业大学,2014.