



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114266868 A

(43) 申请公布日 2022. 04. 01

(21) 申请号 202111580070.5

G06T 7/62 (2017.01)

(22) 申请日 2021.12.22

(71) 申请人 广东省林业科学研究院

地址 510000 广东省广州市天河区沙河龙洞

(72) 发明人 周宇飞 王振师 钟映霞 吴泽鹏 魏书精 李小川 罗斯生 戴瑞坤 宋兆 李强 王明怀 许秀玉

(74) 专利代理机构 广东捷成专利商标代理事务所(普通合伙) 44770

代理人 宋安东

(51) Int. Cl.

G06T 17/05 (2011.01)

G01S 17/88 (2006.01)

G06T 7/10 (2017.01)

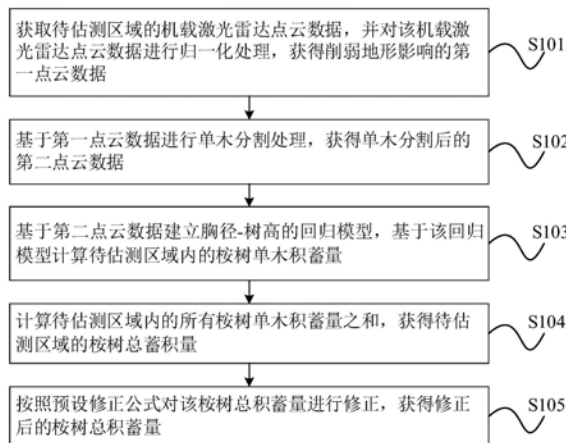
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法、装置

(57) 摘要

本发明公开了一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法、装置,可以精准对桉树人工林蓄积量进行估测,具有准确度高等特点,该方法包括:取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第一点云数据;基于第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据;基于第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于该回归模型计算待估测区域内的桉树单木积蓄量;计算待估测区域内的所有桉树单木积蓄量之和,获得待估测区域的桉树总蓄积量;按照预设修正公式对该桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。



1. 一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法,其特征在于,包括:

获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第一点云数据;

基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据,所述第二点云数据包括桉树株数、每株桉树的树高、冠幅;

基于所述第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量;

计算所述待估测区域内的所有所述桉树单木积蓄量之和,获得所述待估测区域的桉树总积蓄量;

按照预设修正公式对所述桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,包括:

基于无人机上搭载的机载激光雷达系统,对所述待估测区域进行数据采集,获取到所述机载激光雷达点云数据。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第一点云数据,包括:

采用Lidar360软件对所述机载激光雷达点云数据依次进行裁剪、去噪、地面点自动分类处理后,形成数字高程模型DEM;

采用所述DEM对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得所述第一点云数据。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据,包括:

采用所述Lidar360软件的单木分割功能基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得所述第二点云数据。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,基于所述第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量,包括:

基于所述第二点云数据建立所述回归模型,并采用所述回归模型为所述待估测区域内的每株桉树单木的胸径赋值;

基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述回归模型表征为:

$$Y = \alpha e^{\beta X}$$

其中,Y表示为桉树单木胸径,X表示为桉树单木树高, α 、 β 为常数。

7. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量,包括:

基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,按照如下二元立木材积计算公式计算所述待估测区域内的桉树单木积蓄量;

$$V = a \times 10^{-5} D^b H^c$$

其中,V表示为任一所述桉树单木积蓄量,D表示为桉树单木胸径,H表示为桉树单木树高,a、b、c为常数。

8. 如权利要求1-7任一项所述的方法,其特征在于,所述预设修正公式表征为:

$$V_1 = \frac{V_0}{(1-\lambda)}$$

其中, V_1 表示为所述修正后的桉树总积蓄量, V_0 表示为所述桉树总积蓄量, λ 表示为修正常数。

9. 一种估测装置,其特征在于,包括:

处理单元,用于获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第一点云数据;

分割单元,用于基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据,所述第二点云数据包括桉树株数、每株桉树的树高、冠幅;

计算单元,用于基于所述第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量;计算所述待估测区域内的所有所述桉树单木积蓄量之和,获得所述待估测区域的桉树总蓄积量。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质存储有至少一个程序;当所述至少一个程序被处理器执行时,执行如权利要求1-8任一项所述的方法。

基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法、装置

技术领域

[0001] 本发明涉及林业学科森林经理学技术领域,特别是涉及一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法、装置。

背景技术

[0002] 桉树作为世界著名的速生树种,凭借其适应性强、用途广泛、速生高产等特点,成为了华南地区重要的用材树种之一。根据2020年的数据,桉树约占中国人工林总面积的6.3%,但对中国木材产量的贡献超过30%。

[0003] 桉树人工林蓄积调查是林业生产经营的重要工作,其对于森林资源监测、森林可持续经营管理等具有重要意义。现有的桉树人工林蓄积调查中,机械角规样地调查法、标准样地调查法、样圆调查法都是采用局部采样方法,需要调查人员到样地现场采样,测量样地内林木的树高胸径并计算样地的蓄积量,由样地的蓄积量推算全林的蓄积量,易受到采样误差局限导致数据质量难以保障。全林每木检尺法虽然较为准确,但需要人工到每一棵树下对树高胸径进行量测,耗费极大的人力物力,且受限于调查人员素质导致数据质量难以保障。

[0004] 因此,有必要设计一种可以精准对桉树人工林蓄积量进行估测的方案。

发明内容

[0005] 基于此,本发明的目的在于提供一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法、装置,可以精准对桉树人工林蓄积量进行估测,具有准确度高等特点。

[0006] 第一方面,本发明实施例提供的一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法,包括:

[0007] 获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第1点云数据;

[0008] 基于所述第1点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第2点云数据,所述第2点云数据包括桉树株数、每株桉树的树高、冠幅;

[0009] 基于所述第2点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量;

[0010] 计算所述待估测区域内的所有所述桉树单木积蓄量之和,获得所述待估测区域的桉树总蓄积量;

[0011] 按照预设修正公式对所述桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。

[0012] 在一种可能的设计中,获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,包括:

[0013] 基于无人机上搭载的机载激光雷达系统,对所述待估测区域进行数据采集,获取到所述机载激光雷达点云数据。

[0014] 在一种可能的设计中,对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第1点云数据,包括:

[0015] 采用Lidar360软件对所述机载激光雷达点云数据依次进行裁剪、去噪、地面点自动分类处理后,形成数字高程模型DEM;

[0016] 采用所述DEM对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得所述第一点云数据。

[0017] 在一种可能的设计中,基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据,包括:

[0018] 采用所述Lidar360软件的单木分割功能基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得所述第二点云数据。

[0019] 在一种可能的设计中,基于所述第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量,包括:

[0020] 基于所述第二点云数据建立所述回归模型,并采用所述回归模型为所述待估测区域内的每株桉树单木的胸径赋值;

[0021] 基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量。

[0022] 在一种可能的设计中,所述回归模型表征为:

$$[0023] \quad Y = \alpha e^{\beta X}$$

[0024] 其中,Y表示为桉树单木胸径,X表示为桉树单木树高, α 、 β 为常数。

[0025] 在一种可能的设计中,基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量,包括:

[0026] 基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,按照如下二元立木材积计算公式计算所述待估测区域内的桉树单木积蓄量;

$$[0027] \quad V = a \times 10^{-5} D^b H^c$$

[0028] 其中,V表示为任一所述桉树单木积蓄量,D表示为桉树单木胸径,H表示为桉树单木树高, a 、 b 、 c 为常数。

[0029] 在一种可能的设计中,所述预设修正公式表征为:

$$[0030] \quad V_1 = \frac{V_0}{(1-\lambda)}$$

[0031] 其中, V_1 表示为所述修正后的桉树总积蓄量, V_0 表示为所述桉树总积蓄量, λ 表示为修正常数。

[0032] 第二方面,本发明实施例还提供了一种估测装置,包括:

[0033] 处理单元,用于获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第一点云数据;

[0034] 分割单元,用于基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据,所述第二点云数据包括桉树株数、每株桉树的树高、冠幅;

[0035] 计算单元,用于基于所述第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量;计算所述待估测区域内的所有所述桉树单木积蓄量之和,获得所述待估测区域的桉树总积蓄量;按照预设修正公式对所述桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。

[0036] 在一种可能的设计中,所述处理单元具体用于:

[0037] 基于无人机上搭载的机载激光雷达系统,对所述待估测区域进行数据采集,获取到所述机载激光雷达点云数据。

[0038] 在一种可能的设计中,所述处理单元具体用于:

[0039] 采用Lidar360软件对所述机载激光雷达点云数据依次进行裁剪、去噪、地面点自动分类处理后,形成数字高程模型DEM;

[0040] 采用所述DEM对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得所述第一点云数据。

[0041] 在一种可能的设计中,所述分割单元具体用于:

[0042] 采用所述Lidar360软件的单木分割功能基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得所述第二点云数据。

[0043] 在一种可能的设计中,所述计算单元具体用于:

[0044] 基于所述第二点云数据建立所述回归模型,并采用所述回归模型为所述待估测区域内的每株桉树单木的胸径赋值;

[0045] 基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量。

[0046] 在一种可能的设计中,所述回归模型表征为:

$$[0047] \quad Y = \alpha e^{\beta X}$$

[0048] 其中,Y表示为桉树单木胸径,X表示为桉树单木树高, α 、 β 为常数。

[0049] 在一种可能的设计中,所述计算单元具体用于:

[0050] 基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,按照如下二元立木材积计算公式计算所述待估测区域内的桉树单木积蓄量;

$$[0051] \quad V = a \times 10^{-5} D^b H^c$$

[0052] 其中,V表示为任一所述桉树单木积蓄量,D表示为桉树单木胸径,H表示为桉树单木树高,a、b、c为常数。

[0053] 在一种可能的设计中,所述预设修正公式表征为:

$$[0054] \quad V_1 = \frac{V_0}{(1-\lambda)}$$

[0055] 其中, V_1 表示为所述修正后的桉树总积蓄量, V_0 表示为所述桉树总积蓄量, λ 表示为修正常数。

[0056] 第三方面,本发明实施例还提供了一种估测装置,所述估测装置包括:至少一个存储器和至少一个处理器;

[0057] 所述至少一个存储器用于存储一个或多个程序;

[0058] 当所述一个或多个程序被所述至少一个处理器执行时,实现上述第一方面任一种可能设计所涉及的方法。

[0059] 第四方面,本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有至少一个程序;当所述至少一个程序被处理器执行时,实现上述第一方面任一种可能设计所涉及的方法。

[0060] 本发明的有益技术效果如下:

[0061] 在本发明实施例提供的技术方案中,通过机载激光雷达可以获取较大面积桉树人

工林的林木结构信息,估算桉树蓄积量,相对于常规桉树蓄积量调查应用而言,具有外业调查成本低、效率高等优势。由于机载激光雷达可以自动获取较大面积林地的激光点云数据,经过专业软件处理后可得到株数、单木树高及冠幅等结构信息的客观数据,可以为桉树单木的胸径和蓄积量的计算提供数据基础。之后,通过利用胸径-树高的回归模型可以得到桉树单木的胸径,再利用桉树单木的胸径和树高计算桉树单木的蓄积量,最后通过统计和修正估测待估测区域的桉树蓄积量,相对于传统的桉树蓄积量调查而言,可以获取较大面积林地的所有桉树单木的几何信息,可以取代大部分的人工外业调查工作,节约了外业调查成本,减少了人力物力消耗,经修正后的桉树人工林蓄积量更趋近于实测值,可以精准对桉树人工林蓄积量进行估测,准确性高。

[0062] 为了更好地理解和实施,下面结合附图详细说明本发明。

附图说明

[0063] 图1为本发明实施例提供的一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法的流程示意图;

[0064] 图2为本发明实施例提供的一种待估测区域的俯瞰示意图;

[0065] 图3为本发明实施例提供的一种机载激光雷达点云数据的示意图;

[0066] 图4为本发明实施例提供的一种第二点云数据的示意图;

[0067] 图5为本发明实施例提供的一种待估测区域内的实测桉树单木的树高和胸径分布的示意图;

[0068] 图6为本发明实施例提供的一种估测装置的结构示意图;

[0069] 图7为本发明实施例提供的又一种估测装置的结构示意图。

具体实施方式

[0070] 在本说明书中提到或者可能提到的上、下、左、右、前、后、正面、背面、顶部、底部等方位用语是相对于其构造进行定义的,它们是相对的概念。因此,有可能会根据其所处不同位置、不同使用状态而进行相应地变化。所以,也不应当将这些或者其他的方位用语解释为限制性用语。

[0071] 以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本公开相一致的所有实施方式。相反,它们仅是与本公开的一些方面相一致的实施方式的例子。

[0072] 在本公开使用的术语是仅仅出于描述特定实施例的目的,而非旨在限制本公开。在本公开中所使用的单数形式的“一种”、“所述”和“该”也旨在包括多数形式,除非上下文清楚地表示其他含义。还应当理解,本文中使用的术语“和/或”是指并包含一个或多个相关联的列出项目的任何或所有可能组合。

[0073] 除非有相反的说明,本发明实施例提及“第一”、“第二”等序数词用于对多个对象进行区分,不用于限定多个对象的顺序、时序、优先级或者重要程度。

[0074] 附图中各个部件的形状和大小不反映真实比例,目的只是示意说明以下示例性实施例中所描述的实施方式。

[0075] 下面将结合附图对本发明实施例提供的技术方案进行详细的描述。

[0076] 请参考图1所示,为本发明实施例提供的一种基于机载激光雷达的桉树人工林蓄

积量估测方法的流程示意图。如图1所示,该方法流程可以包括如下步骤:

[0077] S101、获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对该机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形影响的第一点云数据。

[0078] 在一些实施例中,由于无人机可以获取较大面积林地的林木几何参数,在林业应用中具有成本低、效率高等优势,可以在获取待估测区域的机载激光雷达点云数据之前,在无人机上搭载机载激光雷达系统。其中,该无人机可以是旋翼无人机,例如大疆M300 RTK旋翼无人机,也可以是其它类型的无人机,本发明实施例不限定。该机载激光雷达系统可以是RIEGL VUX-1机载激光雷达系统,也可以是其它型号/类型的机载激光雷达系统,本发明实施例不限定。

[0079] 在具体的实现过程中,由于星载激光雷达、星载激光雷达、固定翼机载激光雷达、固定翼无人机机载激光雷达在数据采集上,存在点云密度不够、误差较大的问题,故在本发明实施例中,为了提高点云密度、降低误差,在具体实施时可以采用旋翼无人机搭载机载激光雷达系统。由于旋翼无人机可以以较缓速度扫描作业林区,可以保证机载激光雷达系统返回足够的点云密度,获取较大面积林地的林木几何参数,有助于提高后续对桉树单木进行分割的准确性,适合于林场级别的森林精细化经营管理。

[0080] 在一些实施例中,在无人机上搭载机载激光雷达系统后,当经过实施地点范围的飞行条件勘查之后,可以定制无人机飞行规划。制定好无人机飞行计划后,可以通过该机载激光雷达系统对待估测区域进行数据采集,获得该机载激光雷达点云数据。

[0081] 示例性的,以广东省肇庆市大南山林场为实施地点即待估测区域为例,如图2所示,该地点位于北纬 $23^{\circ}21'22''$ 至北纬 $23^{\circ}21'28''$,东经 $112^{\circ}45'40''$ 至东经 $112^{\circ}45'43''$ 之间,总面积约 0.8hm^2 。该地点属亚热带季风气候,年平均气温 21.3°C ,极端最高气温 38.5°C ,极端最低气温 -1.2°C ,最低气温多出现在1月或2月份,年平均降雨量约 1803.6mm ,年均日照 1702.3h ,年均雷暴日 89d ,林地海拔 $50-200\text{m}$,坡度 $10-30^{\circ}$,土壤为砖红壤,土层厚 $0.5-1.2\text{m}$,适合桉树生长。详细测量的试验样地位于有道路等标志分割的一处独立林班(如图2中白线圈画的区域),面积 0.81hm^2 ,是尾巨桉人工林,林龄约6年的成熟林,种植株行距 $2.5\times 3\text{m}$,林木长势良好,无明显风折风倒木、病木和死木。

[0082] 在具体的实现过程中,当经过实施地点范围的飞行条件勘查之后,可以定制无人机飞行规划,例如可以将飞行参数即飞行高度设置约为 180m ,飞行速度设置为 6m/s ,扫描带宽设置为 180m ,旁向重叠设置为 60% ,以及可以规划点云密度 24pts/m^2 。制定好无人机飞行计划后,无人机通过该机载激光雷达系统对待估测区域进行飞行作业,对该地点进行数据采集,获得如图3所示的机载激光雷达点云数据。

[0083] 在具体的实现过程中,上述机载激光雷达点云数据可以是LAS数据格式的点云数据。

[0084] 在一些实施例中,获得待估测区域的机载激光雷达点云数据后,可以利用Lidar360软件进行归一化处理,以削弱地形起伏影响,有助于提高后续估测该待估测区域的桉树单木积蓄量的准确度。

[0085] 在具体的实现过程中,可以采用Lidar360软件对该机载激光雷达点云数据依次进行裁剪、去噪、地面点自动分类处理后,形成数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)。之后,再采用该DEM对该机载激光雷达点云数据进行归一化处理,即可削弱地形起伏

影响,获得第一点云数据。

[0086] S102、基于第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据。

[0087] 在一些实施例中,第二点云数据可以包括但不限于桉树株数、每株桉树的树高、冠幅。

[0088] 在一些实施例中,可以采用Lidar360软件的单木分割功能基于第一点云数据进行单木分割处理,可以方便快捷地获得第二点云数据。

[0089] 示例性的,仍以待估测区域为上述广东省肇庆市大南山林场为例,采用Lidar360软件的单木分割功能基于第一点云数据进行单木分割处理后,可以获得如图4所示的第二点云数据。

[0090] S103、基于第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于该回归模型计算待估测区域内的桉树单木积蓄量。

[0091] 在具体的实现过程中,由于激光雷达软件(例如Lidar360软件)无法处理获取到桉树单木的胸径数据,故在本发明实施例中可利用实施地点调查所获取的桉树单木数据建立胸径-树高的回归模型,并利用该回归模型为机载激光雷达系统测量得到的桉树单木的胸径进行赋值,即,可以基于第二点云数据建立该回归模型,之后,再采用该回归模型为待估测区域内的每株桉树单木的胸径赋值。

[0092] 示例性的,为详细记录实施地点内所有桉树单木的胸径和树高,可以采用皆伐测量进行量测,具体为采伐前使用胸径尺测量单株胸径,并在伐倒后使用皮尺量取树高。仍以待估测区域为上述广东省肇庆市大南山林场为例,经调查,该待估测区域内的所有桉树共有491株,这些桉树单木胸径和树高的测量值的基本情况可以如表1所示,胸径和树高之间的关系可以如图5所示。

[0093] 表1实测桉树单木的树高和胸径的统计分析

指标	平均值	最大值	最小值	标准差	相关系数
[0094] 树高 (cm)	20.13	27.0	6.9	4.93	0.9432
胸径 (cm)	14.80	26.1	4.3	4.42	

[0095] 示例性的,如表1所示,桉树单木的胸径和树高之间的相关系数r值为0.9432,可以说明桉树的胸径与树高之间存在强相关关系。为了建立合适的胸径-树高的回归模型,可以利用桉树单木的树高,采用常用的线性函数、二次函数、幂函数和指数函数分别对桉树单木的胸径进行回归计算,并采用欧氏距离来判断反演胸径和实测胸径之间的相似性,可以获得各个函数的误差率。经过上述计算后,可以得出指数函数相较于其他函数而言,误差率较小,故在本发明实施例中,可以选择指数函数作为待估测区域最合适的胸径-树高的回归模型,即在具体的实现过程中,该回归模型表征可以为:

$$[0096] \quad Y = \alpha e^{\beta X}$$

[0097] 其中,Y表示为桉树单木胸径,X表示为桉树单木树高, α 、 β 为常数。

[0098] 示例性的,通过Lidar360软件处理后得到的待估测区域内桉树株数共有358株,基于第二点云数据可以自动获取待估测区域内的每株桉树单木的树高,通过上述胸径-树高的回归模型对待估测区域内的每株桉树单木的胸径赋值,可获得待估测区域内的每株桉树

单木的胸径。对待估测区域内的每株桉树单木的树高、胸径进行统计分析,获得的单木胸径统计情况可以如表2所示。

[0099] 表2激光雷达获取的树高和胸径的统计分析

指标	平均值	最大值	最小值	标准差
树高 (cm)	22.04	25.84	14.10	2.24
胸径 (cm)	16.13	20.61	9.34	2.19

[0101] 示例性的,以上述表2为例,经过回归计算后, α 可以取值为3.6116, β 可以取值为0.0674。

[0102] 在一些实施例中,有了待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径后,可以基于待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算待估测区域内的任一桉树单木积蓄量。

[0103] 在具体的实现过程中,由于桉树树型笔直挺拔,桉树人工林生长较为整齐划一,可以针对桉树建立较为精准的胸径树高二元材积模型,故在本发明实施例中,可以基于待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,按照如下二元立木材积计算公式计算该待估测区域内的任一桉树单木积蓄量。

$$[0104] \quad V = a \times 10^{-5} D^b H^c$$

[0105] 其中, V 表示为待估测区域内的任一桉树单木积蓄量, D 表示为桉树单木胸径, H 表示为桉树单木树高, a 、 b 、 c 为常数。

[0106] 示例性的,可以将上述二元立木材积计算公式设置为广东省桉树类二元立木材积表的计算公式,即可以将 a 设置为8.71419, b 设置为1.94801, c 设置为0.74929。

[0107] S104、计算待估测区域内的所有桉树单木积蓄量之和,获得待估测区域的桉树总蓄积量。

[0108] 在具体的实现过程中,计算待估测区域内所有桉树单木的蓄积量之和,即将计算得到的任一桉树单木蓄积量进行加和计算,即可获得待估测区域的桉树总蓄积量,该桉树总蓄积量可以表征为:

$$[0109] \quad \sum V_n$$

[0110] 其中, n 表示为桉树单木蓄积量对应的个数。

[0111] 示例性的,仍以待估测区域为上述广东省肇庆市大南山林场为例,经过上述计算过程中,计算得到的桉树总蓄积量可以为73.757立方米。

[0112] S105、按照预设修正公式对该桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。

[0113] 在具体的实现过程中,采用Lidar360软件的单木分割功能进行单木分割时,通常采用的是基于种子点的单木分割算法,在一般情况下均会遗漏低于主冠层的林木。而这些林木位于主冠层下方,通常长势较差,即树高较矮,胸径较小,因此未经修正的激光雷达测量的树木多是处于上层的长势较好的树木,平均树高较高,平均胸径也较大,但由于忽略了大量低于主冠层的林木,导致最后的总蓄积量比实测偏少。在桉树成熟林中,出现低于主冠层的林木属于普遍现象,研究表明在无人为干预处理激光雷达点云单木分割的情况下,通过实地测量数据与激光雷达测量数据的比较,激光雷达测量的株数比实际株数偏少,平均树高偏高,平均胸径偏大,蓄积量偏小。

[0114] 例如,Lidar360采用的是基于种子点的单木分割算法,在无人为纠正的情况下,点

云数据经单木分割后所获取的林木数量,是基于种子点的冠层顶部的峰值数量,而低于林分主冠层的林木,受上层树冠的覆盖和包涵,激光雷达点云数据处理中无法把这些单木的树冠顶分割开来,因此,激光雷达获取的总株数偏少,即激光雷达测量的树木多是处于上层的长势较好的树木,平均树高较高,平均胸径也较大,因而容易忽略了大量低于主冠层的林木,导致最后的总蓄积量比实测偏少。

[0115] 示例性的,仍以待估测区域为上述广东省肇庆市大南山林场为例,经过上述计算过程,可以得到该待估测区域中激光雷达测量值与实际测量值之间的差异比较可以如表3所示。

[0116] 表3激光雷达测量值与实际测量值的差异比较

指标	株数	平均树高 (m)	平均胸径 (cm)	蓄积量 (m ³)
激光雷达测量	358	22.04	16.13	73.757
实际测量	491	20.13	14.8	90.485
差异值	133	1.91	1.33	16.728
误差占比 (%)	27.09	8.67	8.25	22.68

[0118] 如表3所示,激光雷达测量的株数比实际株数偏少了27.09%,平均树高偏高8.67%,平均胸径偏大8.25%,蓄积量偏小22.68%。究其原因,是由于受上层树枝、树叶的阻挡影响,激光雷达点云的单木分割算法很难把低于主冠层的林木分离出来。

[0119] 在具体的实现过程中,可以按照如下预设修正公式对桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。

[0120] 其中,该预设修正公式可以表征为:

$$[0121] \quad V_1 = \frac{V_0}{(1-\lambda)}$$

[0122] 其中, V_1 表示为修正后的桉树总积蓄量, V_0 表示为桉树总积蓄量, λ 表示为修正常数。

[0123] 示例性的,以上述表3为例, λ 可以设置为22.68%,经过修正后,获得的 V_1 可以等于95.392m³,与实际测量值90.485m³,只相差4.907m³,小于16.728m³,极大地降低了激光雷达测量的误差率。

[0124] 在本发明实施例中,通过对计算得到的桉树总积蓄量进行修正处理,可以更准确地进行桉树人工林蓄积量的估测,从而可以提高待估测区域内的桉树总积蓄量的准确性。

[0125] 通过以上描述内容可知,在本发明实施例提供的技术方案中,通过机载激光雷达可以获取较大面积桉树人工林的林木结构信息,估算桉树蓄积量,相对于常规桉树蓄积量调查应用而言,具有外业调查成本低、效率高等优势。由于机载激光雷达可以自动获取较大面积林地的激光点云数据,经过专业软件处理后可得到株数、单木树高及冠幅等结构信息的客观数据,可以为桉树单木的胸径和蓄积量的计算提供数据基础。之后,通过利用胸径-树高的回归模型可以得到桉树单木的胸径,再利用桉树单木的胸径和树高计算桉树单木的蓄积量,最后通过统计和修正估测待估测区域的桉树蓄积量,相对于传统的桉树蓄积量调查而言,可以获取较大面积林地的所有桉树单木的几何信息,可以取代大部分的人工外业调查工作,节约了外业调查成本,减少了人力物力消耗,经修正后的桉树人工林蓄积量更趋

近于实测值,可以精准对桉树人工林蓄积量进行估测,准确性高。

[0126] 基于同一发明构思,本发明实施例还提供了一种估测装置,如图6所示,估测装置200可以包括:

[0127] 处理单元201,用于获取待估测区域的机载激光雷达点云数据,并对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得削弱地形起伏影响的第一点云数据;

[0128] 分割单元202,用于基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得单木分割后的第二点云数据,所述第二点云数据包括桉树株数、每株桉树的树高、冠幅;

[0129] 计算单元203,用于基于所述第二点云数据建立胸径-树高的回归模型,基于所述回归模型计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量;计算所述待估测区域内的所有所述桉树单木积蓄量之和,获得所述待估测区域的桉树总蓄积量;按照预设修正公式对所述桉树总积蓄量进行修正,获得修正后的桉树总积蓄量。

[0130] 在一种可能的设计中,所述处理单元201具体用于:

[0131] 基于无人机上搭载的机载激光雷达系统,对所述待估测区域进行数据采集,获取到所述机载激光雷达点云数据。

[0132] 在一种可能的设计中,所述处理单元201具体用于:

[0133] 采用Lidar360软件对所述机载激光雷达点云数据依次进行裁剪、去噪、地面点自动分类处理后,形成数字高程模型DEM;

[0134] 采用所述DEM对所述机载激光雷达点云数据进行归一化处理,获得所述第一点云数据。

[0135] 在一种可能的设计中,所述分割单元202具体用于:

[0136] 采用所述Lidar360软件的单木分割功能基于所述第一点云数据进行单木分割处理,获得所述第二点云数据。

[0137] 在一种可能的设计中,所述计算单元203具体用于:

[0138] 基于所述第二点云数据建立所述回归模型,并采用所述回归模型为所述待估测区域内的每株桉树单木的胸径赋值;

[0139] 基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,计算所述待估测区域内的任一桉树单木积蓄量。

[0140] 在一种可能的设计中,所述回归模型表征为:

$$[0141] \quad Y = \alpha e^{\beta X}$$

[0142] 其中,Y表示为桉树单木胸径,X表示为桉树单木树高, α 、 β 为常数。

[0143] 在一种可能的设计中,所述计算单元203具体用于:

[0144] 基于所述待估测区域内的每株桉树单木的树高和胸径,按照如下二元立木材积计算公式计算所述待估测区域内的桉树单木积蓄量;

$$[0145] \quad V = a \times 10^{-5} D^b H^c$$

[0146] 其中,V表示为任一所述桉树单木积蓄量,D表示为桉树单木胸径,H表示为桉树单木树高,a、b、c为常数。

[0147] 在一种可能的设计中,所述预设修正公式表征为:

$$[0148] \quad V_1 = \frac{V_0}{(1-\lambda)}$$

[0149] 其中, V_1 表示为所述修正后的桉树总积蓄量, V_0 表示为所述桉树总积蓄量, λ 表示为修正常数。

[0150] 本发明实施例中的估测装置200与上述图1所示的基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法是基于同一构思下的发明, 通过前述对基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法的详细描述, 本领域技术人员可以清楚的了解本实施例中估测装置200的实施过程, 所以为了说明书的简洁, 在此不再赘述。

[0151] 基于同一发明构思, 本发明实施例还提供了一种估测装置, 如图7所示, 估测装置300可以包括: 至少一个存储器301和至少一个处理器302。其中:

[0152] 至少一个存储器301用于存储一个或多个程序。

[0153] 当一个或多个程序被至少一个处理器302执行时, 实现上述图1所示的基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法。

[0154] 估测装置300还可以可选地包括通信接口, 通信接口用于与外部设备进行通信和数据交互传输。

[0155] 需要说明的是, 存储器301可能包含高速RAM存储器, 也可能还包括非易失性存储器(nonvolatile memory), 例如至少一个磁盘存储器。

[0156] 在具体的实现过程中, 如果存储器301、处理器302及通信接口集成在一块芯片上, 则存储器301、处理器302及通信接口可以通过内部接口完成相互间的通信。如果存储器301、处理器302和通信接口独立实现, 则存储器301、处理器302和通信接口可以通过总线相互连接并完成相互间的通信。

[0157] 基于同一发明构思, 本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质, 该计算机可读存储介质可以存储有至少一个程序, 当至少一个程序被处理器执行时, 实现上述图1所示的基于机载激光雷达的桉树人工林蓄积量估测方法。

[0158] 应当理解, 计算机可读存储介质为可存储数据或程序的任何数据存储设备, 数据或程序其后可由计算机系统读取。计算机可读存储介质的示例包括: 只读存储器、随机存取存储器、CD-ROM、HDD、DVD、磁带和光学数据存储设备等。

[0159] 计算机可读存储介质还可分布在网络耦接的计算机系统中使得计算机可读代码以分布式方式来存储和执行。

[0160] 计算机可读存储介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输, 包括但不限于: 无线、电线、光缆、射频(Radio Frequency, RF)等, 或者上述的任意合适的组合。

[0161] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本发明的保护范围。

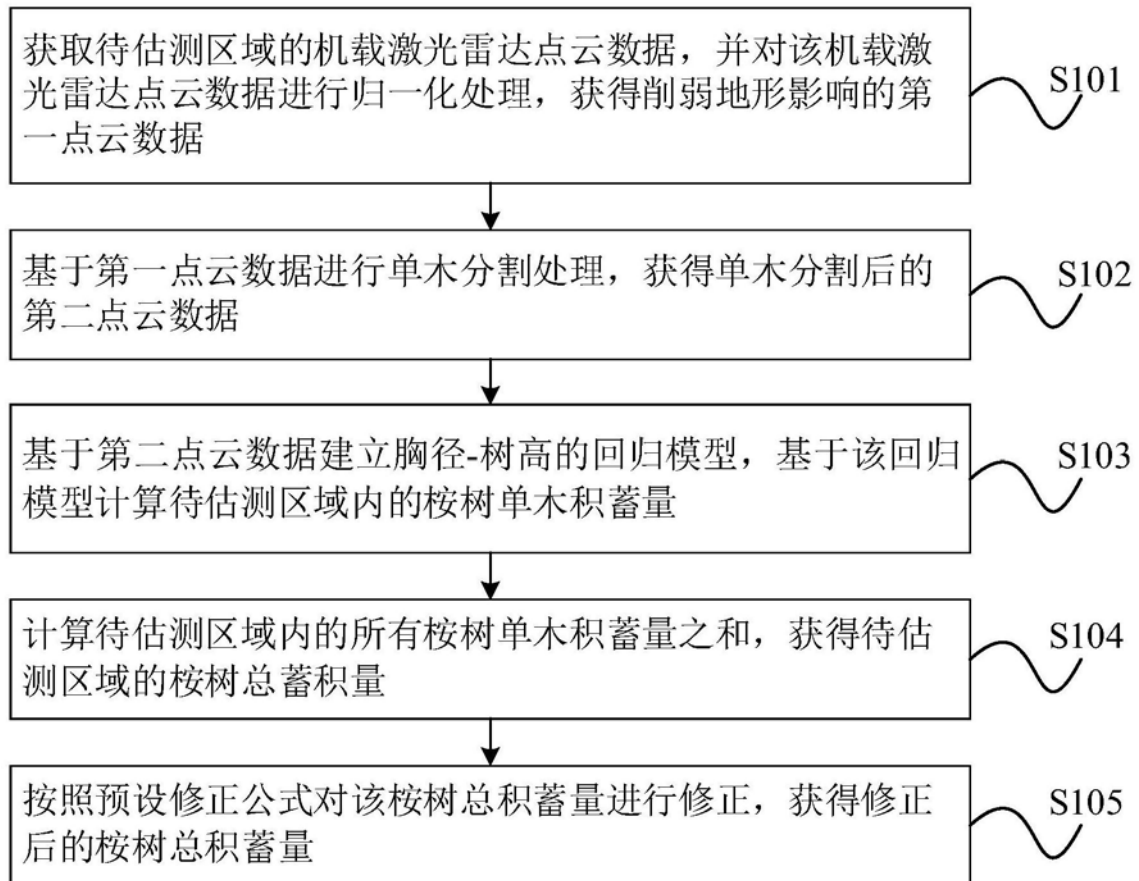


图1



图2

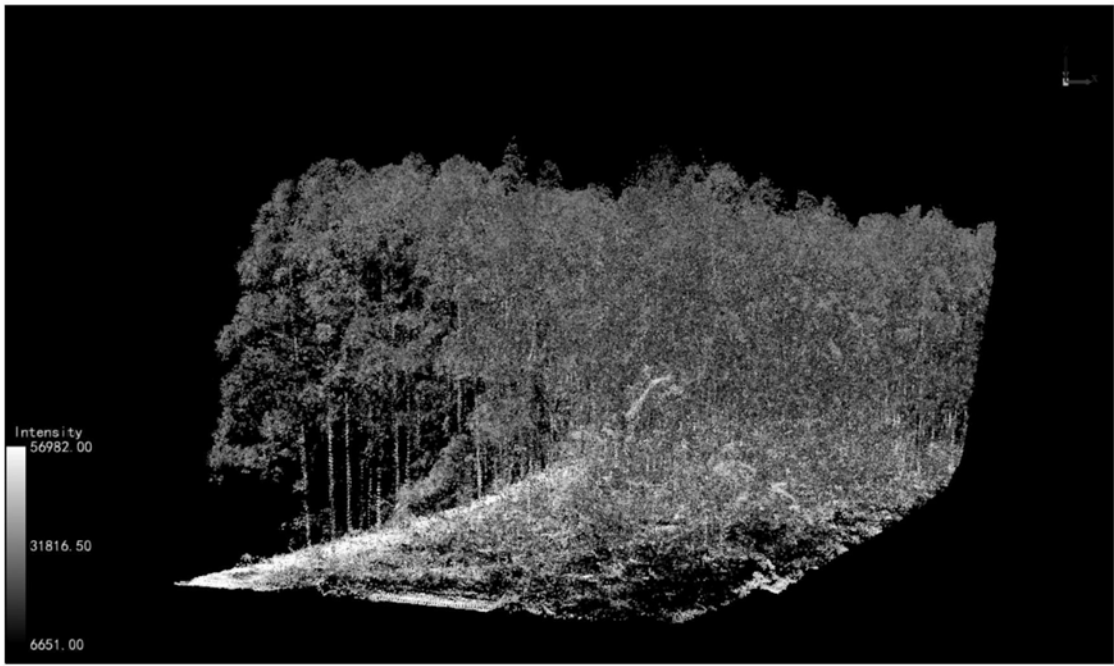


图3

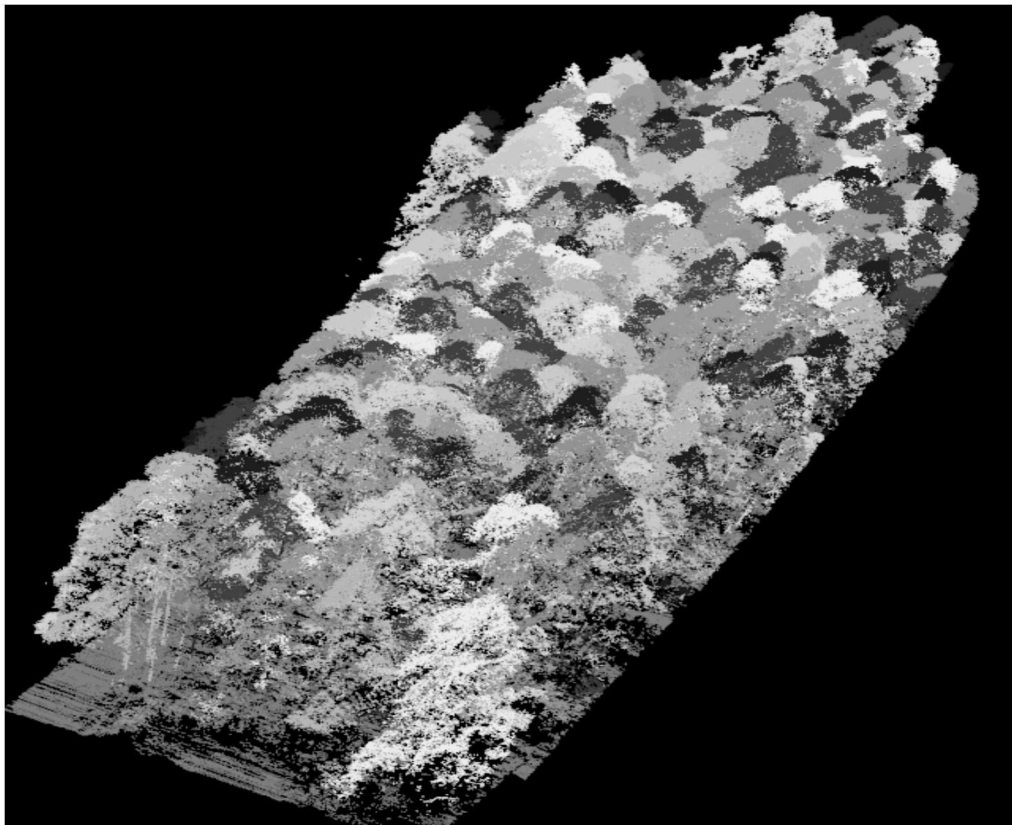


图4

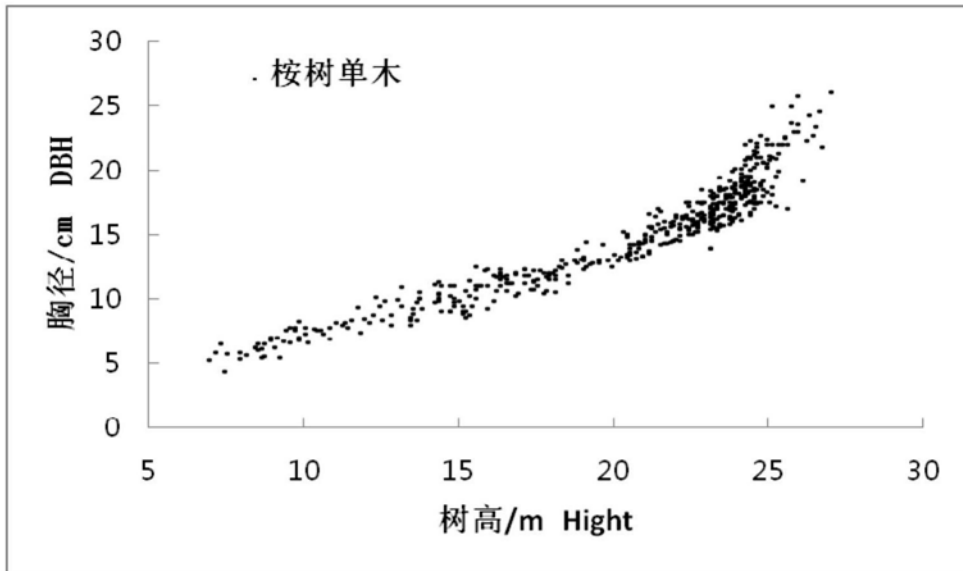


图5

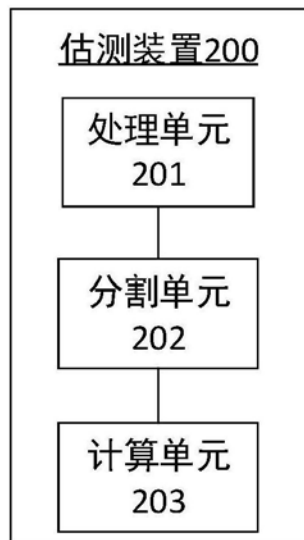


图6

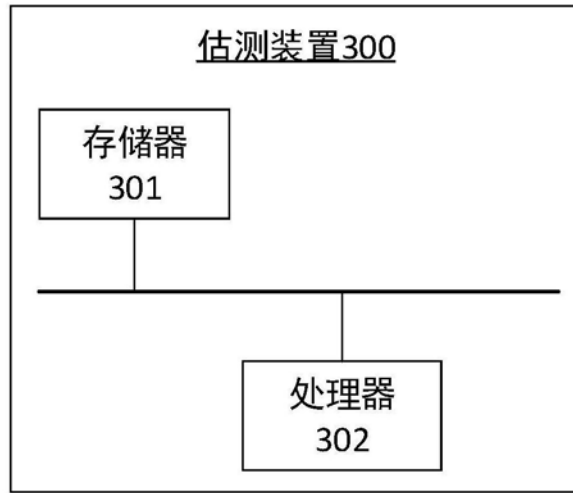


图7