



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103090946 A

(43) 申请公布日 2013. 05. 08

(21) 申请号 201310014686. 5

(22) 申请日 2013. 01. 15

(71) 申请人 北京农业信息技术研究中心

地址 100097 北京市海淀区曙光花园中路
11 号农科大厦 A 座 318

(72) 发明人 赵春江 陆声链 郭新宇 王传宇
温维亮

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王莹

(51) Int. Cl.

G01G 19/40(2006. 01)

G01G 19/42(2006. 01)

G01B 11/00(2006. 01)

G01B 11/08(2006. 01)

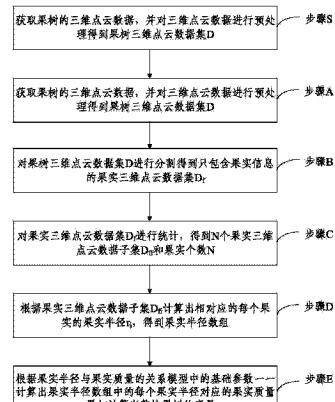
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

果树单树产量测量的方法和系统

(57) 摘要

本发明公开了果树单树产量测量的方法和系统，通过获取果树的三维点云数据，并进行预处理得到果树三维点云数据集；对果树三维点云数据集进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集；对果实三维点云数据集进行统计，得到 N 个果实三维点云数据子集和果实个数 N；根据果实三维点云数据子集计算出相对应的每个果实的果实半径，得到果实半径数组；根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量，累加计算出整株果树的产量。本发明提供的方法和系统能够精确、快速、无损地对果树单树产量进行测量。



1. 果树单树产量测量的方法,其特征在于,所述方法具体包括:

A : 获取果树的三维点云数据,并对所述三维点云数据进行预处理得到果树三维点云数据集;

B : 对所述果树三维点云数据集进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集;

C : 对所述果实三维点云数据集进行统计,得到 N 个果实三维点云数据子集和果实个数 N, N 为正整数;

D : 根据所述果实三维点云数据子集计算出相对应的每个果实的果实半径,得到果实半径数组;

E : 根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量,累加计算出整株果树的产量;

所述步骤 E 之前还包括:

S : 测量样本果实的果实半径和果实质量,建立果实半径与果实质量的关系模型,获取所述基础参数。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 A 具体包括:

A1 : 对带果状态的果树获取不同角度的三维点云数据,并组成果树三维点云原始数据集,其中所述三维点云数据中包含颜色信息;

A2 : 对所述果树三维点云原始数据集中的噪声点进行初步剔除;

A3 : 再对初步剔除后的果树三维点云原始数据集中的噪声点进行二次剔除,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 B 具体包括:

B1 : 获取果实器官对应的数据点的颜色特征;

B2 : 根据所述果树三维点云数据集中的每个数据点的颜色值与所述颜色特征的距离,分割出果实器官以外的数据点,得到所述果实三维点云数据集。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 C 中对所述果实三维点云数据集进行统计具体为:对所述果实三维点云数据集进行聚类,将属于同一果实的数据点划分到一个果实三维点云数据子集中,得到的子集个数就是果实个数。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述步骤 D 具体包括:

D1 : 计算每个果实三维点云数据子集内的长宽参数;

D2 : 计算每个果实三维点云数据子集的中心点坐标;

D3 : 计算每个果实三维点云数据子集中的所有数据点与所述中心点坐标之间的距离,并计算出平均距离;

D4 : 根据所述长宽参数和所述平均距离计算出每个果实三维点云数据子集对应的果实半径,所有果实半径组成所述果实半径数组。

6. 果树单树产量测量的系统,其特征在于,所述系统具体包括:

预处理模块、三维点云数据分割模块、果实计数模块、果实半径计算模块和果树产量计算模块;

所述预处理模块,获取果树的三维点云数据,并对所述三维点云数据进行预处理得到果树三维点云数据集;

所述三维点云数据分割模块,对所述果树三维点云数据集进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集;

所述果实计数模块,对所述果实三维点云数据集进行统计,得到果实个数;

所述果实半径计算模块,根据所述果实三维点云数据子集计算出相对应的每个果实的果实半径,得到果实半径数组;

所述果树产量计算模块,根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量,累加计算出整株果树的产量;

所述系统还包括:基础参数模块,测量样本果实的果实半径和果实质量,建立果实半径与果实质量的关系模型,获取所述基础参数。

7. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于,所述预处理模块包括:原始数据集获取模块、初步剔除模块和二次剔除模块;

所述原始数据集获取模块,对带果状态的果树获取不同角度的三维点云数据,并组成果树三维点云原始数据集,其中所述三维点云数据中包含颜色信息;

所述初步剔除模块,对所述果树三维点云原始数据集中的噪声点进行初步剔除;

所述二次剔除模块,对初步剔除后的果树三维点云原始数据集中的噪声点进行二次剔除,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集。

8. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于,所述三维点云数据分割模块包括:颜色特征获取模块和果实三维点云数据集获取模块;

所述颜色特征获取模块,获取果实器官对应的数据点的颜色特征;

所述果实三维点云数据集获取模块,根据所述果树三维点云数据集中的每个数据点的颜色值与所述颜色特征的距离,分割出果实器官以外的数据点,得到所述果实三维点云数据集。

9. 如权利要求 6 所述的系统,其特征在于,所述果实半径计算模块包括:长宽获取模块、中心坐标计算模块、平均距离计算模块和果实半径数组获取模块;

所述长宽获取模块,计算每个果实三维点云数据子集内的长宽参数;

所述中心坐标计算模块,计算每个果实三维点云数据子集的中心点坐标;

所述平均距离计算模块,计算每个果实三维点云数据子集中的所有数据点与所述中心点坐标的距离,并计算出平均距离;

所述果实半径数组获取模块,根据所述长宽参数和所述平均距离计算出每个果实三维点云数据子集对应的果实半径,所有果实半径组成所述果实半径数组。

果树单树产量测量的方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及果树产量智能测量领域，尤其涉及果树单树产量测量的方法和系统。

背景技术

[0002] 果树产量的测量在农业生产经营和农学研究中均有着重要的应用需求。传统上果树产量的无损精确测量大部分是采用人工统计果实个数并估算果树单树总产量的方法，这种方法费时费力，且由于果树中果实往往较多，很难记住哪些果实是已经统计过的，因此人工统计果实个数的方法很容易引起较大的误差。

[0003] 近年来，随着信息技术的快速发展，特别是机器视觉、声波检测、激光测量等技术的日趋成熟，为果树产量的智能测量提供了新的途径。

[0004] 《实时估计柑桔产量彩色视觉系统》一文中设计了一个基于机器视觉的实时柑橘测产系统，该系统通过一个带数码相机的机器人在果树边行走，并获得果树冠层的数字图像，通过利用数字图像中果实与树叶和其他背景信息在颜色上的差异，将柑橘从数字图像中分离出来，然后柑橘识别个数，并根据每个柑橘在图像中的大小估算该柑橘的重量，在此基础上实现整个果园果树产量的测量统计。

[0005] 《基于彩色数字图像估计野生蓝莓果实产量》一文中采用数字图像进行野生蓝莓产量的测量，该方法利用数码相机从蓝莓植株群体的正上方拍摄一张数字图像，然后利用图像中果实与其他部分信息在颜色上的差异进行背景剔除，使数字图像中只保留果实的象素信息，并通过统计这些象素的数量实现所拍摄的蓝莓群体的产量。

[0006] 与此类似，《基于图像处理的柑橘测产方法》一文中利用机器视觉技术进行柑橘树产量的无损测量，该方法首先通过从一个角度拍摄单株柑橘果树的一张数字图像，然后基于预先定义的柑橘树不同其他的 RGB 颜色模型对所获得的柑橘图像进行分割，从分割得到的柑橘果实图像中提取果实个数以及每个果实的总周长、果实总面积等特征参数，最后计算果树的总产量，从而实现了单株果树产量的测量。

[0007] 《基于图像处理的苹果果园产量预测》利用数字图像技术，通过在果树开花期获得果园的数字图像，同时通过事先建立的果树开花密度与果树产量之间的关系，从获取的数字图像中提取得到的果树开花密度预测果园的果树总产量。

[0008] 现有基于机器视觉的果树产量测量方法中，仅从果树的一个侧面获取包含果实信息的果树数字图像，由于果树冠层枝叶繁茂，遮挡严重，因此无论从哪个侧面拍摄图像，图像中也无法包含果树上的所有果实，这将导致最终通过所拍摄的数字图像中提取的果实数量与真实的数量存在较大的误差，并引起从果实数量计算得到的果实产量更大的误差。同时，由于从不同角度拍摄得到的果树数字图像中包含的果实都会存在差异，因此仅通过拍摄一个图像的方法测量果树产量的方法存在测量结果不唯一、具有人为操作随机性的特点。此外，这种方法通过所拍摄的数字图像中检测得到的果实象素大小计算得到果实的周长和半径等参数，由于数码相机拍摄的图像都存在畸变的问题，这也会引起最终计算得到的果树产量产生另一种误差。

[0009] 《基于图像处理的苹果果园产量预测》中所描述的果树产量估算方法中,是通过事先建立的开花密度和实测果树产量的关系,再通过获取果树开花的数字图像并计算开花密度,从而推导出这些果树可能的产量。这种方法并没有通过直接获取果树结果期的数字图像进行分析,计算结果的误差可能更大,因为果树的实际产量还会受到多种外界条件的影响,包括病虫害、雨、雪等,果树现有的开花密度并不一定带来预期的产量。因此这种方法比较适合于对大规模的果园进行产量估算,而不适用于单株果树产量的测量。所以上述方法均无法做到对单株果树的产量进行精确的测量。

发明内容

[0010] (一) 要解决的技术问题

[0011] 本发明要解决的技术问题是,针对上述缺陷,如何精确、快速、无损地对单株果树的产量进行测量。

[0012] (二) 技术方案

[0013] 为解决上述问题,本发明提供了果树单树产量测量的方法和系统,所述方法包括:

[0014] A: 获取果树的三维点云数据,并对所述三维点云数据进行预处理得到果树三维点云数据集;

[0015] B: 对所述果树三维点云数据集进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集;

[0016] C: 对所述果实三维点云数据集进行统计,得到N个果实三维点云数据子集和果实个数N,N为正整数;

[0017] D: 根据所述果实三维点云数据子集计算出相对应的每个果实的果实半径,得到果实半径数组;

[0018] E: 根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量,累加计算出整株果树的产量;

[0019] 所述步骤E之前还包括:

[0020] S: 测量样本果实的果实半径和果实质量,建立果实半径与果实质量的关系模型,获取所述基础参数。

[0021] 优选地,所述步骤A具体包括:

[0022] A1: 对带果状态的果树获取不同角度的三维点云数据,并组成果树三维点云原始数据集,其中所述三维点云数据中包含颜色信息;

[0023] A2: 对所述果树三维点云原始数据集中的噪声点进行初步剔除;

[0024] A3: 再对初步剔除后的果树三维点云原始数据集中的噪声点进行二次剔除,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集。

[0025] 优选地,所述步骤B具体包括:

[0026] B1: 获取果实器官对应的数据点的颜色特征;

[0027] B2: 根据所述果树三维点云数据集中的每个数据点的颜色值与所述颜色特征的距离,分割出果实器官以外的数据点,得到所述果实三维点云数据集。

[0028] 优选地,所述步骤C中对所述果实三维点云数据集进行统计具体为:对所述果实

三维点云数据集进行聚类,将属于同一果实的数据点划分到一个果实三维点云数据子集中,得到的子集个数就是果实个数。

[0029] 优选地,所述步骤D具体包括:

[0030] D1:计算每个果实三维点云数据子集内的长宽参数;

[0031] D2:计算每个果实三维点云数据子集的中心点坐标;

[0032] D3:计算每个果实三维点云数据子集中的所有数据点与所述中心点坐标的距离,并计算出平均距离;

[0033] D4:根据所述长宽参数和所述平均距离计算出每个果实三维点云数据子集对应的果实半径,所有果实半径组成所述果实半径数组。

[0034] 为解决上述问题,本发明还提供了果树单树产量测量的系统,所述系统包括:

[0035] 预处理模块、三维点云数据分割模块、果实计数模块、果实半径计算模块和果树产量计算模块;

[0036] 所述预处理模块,获取果树的三维点云数据,并对所述三维点云数据进行预处理得到果树三维点云数据集;

[0037] 所述三维点云数据分割模块,对所述果树三维点云数据集进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集;

[0038] 所述果实计数模块,对所述果实三维点云数据集进行统计,得到果实个数;

[0039] 所述果实半径计算模块,根据所述果实三维点云数据子集计算出相对应的每个果实的果实半径,得到果实半径数组;

[0040] 所述果树产量计算模块,根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量,累加计算出整株果树的产量;

[0041] 所述系统还包括:基础参数模块,测量样本果实的果实半径和果实质量,建立果实半径与果实质量的关系模型,获取所述基础参数。

[0042] 优选地,所述预处理模块包括:原始数据集获取模块、初步剔除模块和二次剔除模块;

[0043] 所述原始数据集获取模块,对带果状态的果树获取不同角度的三维点云数据,并组成果树三维点云原始数据集,其中所述三维点云数据中包含颜色信息;

[0044] 所述初步剔除模块,对所述果树三维点云原始数据集中的噪声点进行初步剔除;

[0045] 所述二次剔除模块,对初步剔除后的果树三维点云原始数据集中的噪声点进行二次剔除,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集。

[0046] 优选地,所述三维点云数据分割模块包括:颜色特征获取模块和果实三维点云数据集获取模块;

[0047] 所述颜色特征获取模块,获取果实器官对应的数据点的颜色特征;

[0048] 所述果实三维点云数据集获取模块,根据所述果树三维点云数据集中的每个数据点的颜色值与所述颜色特征的距离,分割出果实器官以外的数据点,得到所述果实三维点云数据集。

[0049] 优选地,所述果实半径计算模块包括:长宽获取模块、中心点坐标计算模块、平均距离计算模块和果实半径数组获取模块;

[0050] 所述长宽获取模块,计算每个果实三维点云数据子集内的长宽参数;

- [0051] 所述中心点坐标计算模块,计算每个果实三维点云数据子集的中心点坐标;
- [0052] 所述平均距离计算模块,计算每个果实三维点云数据子集中的所有数据点与所述中心点坐标之间的距离,并计算出平均距离;
- [0053] 所述果实半径数组获取模块,根据所述长宽参数和所述平均距离计算出每个果实三维点云数据子集对应的果实半径,所有果实半径组成所述果实半径数组。

[0054] (三) 有益效果

[0055] 本发明提出了果树单树产量测量的方法和系统,通过获取果树的三维点云数据,并进行预处理得到果树三维点云数据集;利用果实与其他器官的颜色特征不同进行分割得到果实三维点云数据集,在采用类聚方法对果实三维点云数据集进行分割,保证果实计数的处理效率和准确性;根据果实三维点云数据子集计算出相对应的每个果实的果实半径,得到果实半径数组;根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量,累加计算出整株果树的产量,还可以计算出果实平均直径和平均每个果实的重量,能够精确、快速、无损地对果树单树产量进行测量。

附图说明

- [0056] 图 1 为果树单树产量测量的方法的步骤流程图;
- [0057] 图 2 为果树单树产量测量的方法中步骤 A 的具体流程图;
- [0058] 图 3 为果树单树产量测量的方法中步骤 B 的具体流程图;
- [0059] 图 4 为果树单树产量测量的方法中步骤 D 的具体流程图;
- [0060] 图 5 为果树单树产量测量的系统的组成示意图。

具体实施方式

[0061] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0062] 实施例一

[0063] 本发明实施例一中提供了果树单树产量测量的方法,步骤流程如图 1 所示,具体包括以下步骤:

[0064] 步骤 A: 获取果树的三维点云数据,并对三维点云数据进行预处理得到果树三维点云数据集 D。

[0065] 利用大型激光三维扫描仪从田间直接获取果树的三维点云数据,并对获取的三维点云数据进行噪声点剔除等预处理,步骤流程如图 2 所示,具体包括以下步骤:

[0066] 步骤 A1: 对带果状态的果树获取不同角度的三维点云数据,并组成果树三维点云原始数据集,其中三维点云数据中包含颜色信息。

[0067] 在果园对需要进行产量测量的成果期果树利用激光三维扫描仪(例如 FARO focus3D120)进行三维扫描,扫描时至少从果树的 3 个角度进行多站扫描,采集得到带颜色信息的果树三维点云原始数据集。但是利用三维激光扫描仪在果园环境下对果树进行三维点云数据获取过程中,由于不同果树之间和器官间的遮挡,以及其他外部条件(如风吹)的影响,所获取的三维点云数据不可避免的会带有噪声点,因此需要进行以下两步的噪声点去除操作。

[0068] 步骤 A2 :对果树三维点云原始数据集中的噪声点进行初步剔除,具体方法如下:首先采用最少邻居法进行噪声点的初步剔除,即对果树三维点云原始数据集中的每个数据点进行最少邻居检查,若某个数据点的邻居(距离该点的直线距离不大于 0.5cm 的数据点即为该点的邻居)个数小于 30 个,即将该数据点从三维点云原始数据集中删除。

[0069] 步骤 A3 :再对初步剔除后的果树三维点云原始数据集中的噪声点进行二次剔除,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集 D。对初步剔除后的果树三维点云数据集中的噪声点进行二次噪声剔除处理,以便去除那些使用最少近邻法无法剔除而又不属于果树自身数据的数据点,方法是利用通用的三维点云处理软件导入以上所获取的果树三维点云原始数据集,通过交互选取数据点并删除的方法剔除三维点云中的那些不属于果树叶子、果实、枝干等器官的数据点。经过以上两步的噪声点剔除处理,将果树的三维点云原始数据集中不属于果树的噪声点部分去掉,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集 D。

[0070] 步骤 B :对果树三维点云数据集 D 进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集 D_f ,该步骤主要是将上一步骤处理得到的果树三维点云数据集 D 进行分割,将其中不属于果实的数据点剔除,具体实施过程如图 3 所示,具体包括以下步骤:

[0071] 步骤 B1 :获取果实器官对应的数据点的颜色特征。根据果树三维点云数据集 D 计算三维点云数据中果实器官对应的数据点的颜色特征,具体方法为:首先通过交互方式从果树三维点云数据集 D 中选取果实器官对应的数据点 50 个,然后计算这 50 个数据点的颜色平均值。假设所选取的 50 个数据点中某个数据点 i 的颜色为 $c_i(r, g, b)$,其中 i 取值为 1 到 50 之间的自然数,则果实器官的颜色特征的计算公式为:

$$[0072] OC(r, g, b) = \left(\frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} c_{ir}, \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} c_{ig}, \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} c_{ib} \right)$$

[0073] 其中 c_{ir} 为第 i 个数据点的颜色的 r 分量值, c_{ig} 为第 i 个数据点的颜色的 g 分量值, c_{ib} 为第 i 个数据点的颜色的 b 分量值。

[0074] 步骤 B2 :根据果树三维点云数据集 D 中的每个数据点的颜色值与颜色特征的距离 d_f ,分割出果实器官以外的数据点,得到果实三维点云数据集 D_f 。对步骤 A3 中得到的三维点云数据集 D 中的每个数据点 p,分别计算该数据点的颜色 $c_p(r, g, b)$ 与果实的颜色特征的距离 $d_f = |c_{pr} - OC_r| + |c_{pg} - OC_g| + |c_{pb} - OC_b|$,其中 c_{pr} 、 c_{pg} 和 c_{pb} 分别为数据点 p 的颜色的 r 分量值、g 分量值和 b 分量值, OC_r 、 OC_g 和 OC_b 则分别为果实器官的颜色特征的 r 分量值、g 分量值和 b 分量值。若 $d_f > 50$,则将数据点 p 从数据集 D 中剔除。最后得到仅保留果实信息的果实三维点云数据集 D_f 。

[0075] 步骤 C :对果实三维点云数据集 D_f 进行统计,得到 N 个果实三维点云数据子集 D_{fi} 和果实个数 N,具体方法为:对果实三维点云数据集 D_f 进行分析,利用基于距离的聚类方法对数据点进行聚类,即将属于同一个果实的数据点划分到一个子集中,从而将整个果实三维数据集 D_f 分成将 N 个小的果实三维点云数据子集(记每个子集为 D_{fi} ,其中 i 取值为 1 到 N 之间的自然数),N 即为计算得到的果实个数。

[0076] 步骤 D :根据果实三维点云数据子集 D_{fi} 计算出相对应的每个果实的果实半径 r_i ,得到果实半径数组,步骤流程如图 4 所示,具体包括以下步骤:

[0077] 步骤 D1 :计算每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 内的长宽参数。首先计算果实三维点云数据子集 D_{fi} 的最小外接长方体,再从所计算得到的最小外接长方体在 xoy 平面内的截

取的长方形的长度 l 和宽度 w。

[0078] 步骤 D2 :计算每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 的中心点坐标 v_{fi} 。

[0079] 步骤 D3 :计算每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 中的所有数据点与中心点坐标 v_{fi} 的距离,并计算出果实三维点云数据子集 D_{fi} 中所有点与中心点坐标 v_{fi} 的平均距离 d_{fi} 。

[0080] 步骤 D4 :根据长宽参数和平均距离计算出每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 对应的果实半径 $r_i = ((l+w)/2+d_{fi}/2)/2$,所有果实半径 r_i 组成果实半径数组。

[0081] E :根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量,累加计算出整株果树的产量。

[0082] 步骤 E 之前还包括 :

[0083] 步骤 S :测量样本果实的果实半径和果实质量,建立果实半径与果实质量的关系模型,获取基础参数。该步骤可以再步骤 A 之前进行,也可以在步骤 D 之后、步骤 E 之前进行,图 1 的流程图中以步骤 S 在步骤 A 之前进行为例。

[0084] 步骤 S 的主要作用是通过实际测量建立果树的果实半径与果实质量的关系模型,方法为 :

[0085] 在果园对需要进行产量测量的成果期果树,从树上采集不同大小的果实 8-20 个,测量每个果实的半径和重量,并利用回归分析等数学拟合方法建立果实半径和重量的关系模型 $g=r \times \lambda$,其中 g 为果实重量, r 为果实半径, λ 为拟合得到的基础参数。

[0086] 采用步骤 S 建立的果实半径与果实重量的关系模型 $g=r \times \lambda$,从步骤 D 计算得到的果实半径数组中取出每个果实的半径并计算得到每个果实的重量,累加计算即可得到整株果树的产量。

[0087] 还可以通过利用以上几个步骤得到的计算结果计算出其他参数,如根据整株果树所有果实的果实半径和果实个数计算出果实的平均半径,根据整株果树所有果实的果实质量和果实个数计算出平均单果重量等。

[0088] 通过上述方法,在对果树和果实都无损的情况下,能够精确、快速地对果树单树产量进行测量。

[0089] 实施例二

[0090] 为达到上述目的,本发明的实施例二中还提供了果树单树产量测量的系统,组成示意图如图 5 所示,具体包括 :

[0091] 预处理模块 510、三维点云数据分割模块 520、果实计数模块 530、果实半径计算模块 540 和果树产量计算模块 550。

[0092] 预处理模块 510,用于获取果树的三维点云数据,并对三维点云数据进行预处理得到果树三维点云数据集 D。

[0093] 预处理模块 510 具体包括 :原始数据集获取模块 511、初步剔除模块 512 和二次剔除模块 513。

[0094] 原始数据集获取模块 511,用于对带果状态的果树获取不同角度的三维点云数据,并组成果树三维点云原始数据集,其中三维点云数据中包含颜色信息。在果园对需要进行产量测量的成果期果树利用激光三维扫描仪(例如 FARO focus3D120)进行三维扫描,扫描时至少从果树的 3 个角度进行多站扫描,采集得到带颜色信息的果树三维点云原始数据集。但是利用三维激光扫描仪在果园环境下对果树进行三维点云数据获取过程中,由于不

同果树之间和器官间的遮挡,以及其他外部条件(如风吹)的影响,所获取的三维点云数据不可避免的会带有噪声点,因此需要进行以下两步的噪声点去除操作。

[0095] 初步剔除模块 512,用于对果树三维点云原始数据集中的噪声点进行初步剔除,具体方法如下:首先采用最少邻居法进行噪声点的初步剔除,即对果树三维点云原始数据集中的每个数据点进行最少邻居检查,若某个数据点的邻居(距离该点的直线距离不大于 0.5cm 的数据点即为该点的邻居)个数小于 30 个,即将该数据点从三维点云原始数据集中删除。

[0096] 二次剔除模块 513,用于对初步剔除后的果树三维点云原始数据集中的噪声点进行二次剔除,得到只包含果树信息的果树三维点云数据集 D。进行二次剔除以便去除那些使用最少近邻法无法剔除而又不属于果树自身数据的数据点,方法是利用通用的三维点云处理软件导入以上所获取的果树三维点云原始数据集,通过交互选取数据点并删除的方法剔除三维点云中的那些不属于果树叶子、果实、枝干等器官的数据点。经过以上两步的噪声点剔除处理,将果树的三维点云原始数据集中不属于果树的噪声点部分去掉,即得到只包含果树信息的果树三维点云数据集 D。

[0097] 三维点云数据分割模块 520,用于对果树三维点云数据集进行分割得到只包含果实信息的果实三维点云数据集 D_f。

[0098] 三维点云数据分割模块 520 具体包括:颜色特征获取模块 521 和果实三维点云数据集获取模块 522。

[0099] 颜色特征获取模块 521,获取果实器官对应的数据点的颜色特征。首先通过交互方式从果树三维点云数据集 D 中选取果实器官对应的数据点 50 个,然后计算这 50 个数据点的颜色平均值。假设所选取的 50 个数据点中某个数据点 i 的颜色为 c_i(r, g, b),其中 i 取值为 1 到 50 之间的自然数,则果实器官的颜色特征的计算公式为:

$$[0100] OC(r, g, b) = \left(\frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} c_{ir}, \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} c_{ig}, \frac{1}{50} \sum_{i=1}^{50} c_{ib} \right)$$

[0101] 其中 c_{ir} 为第 i 个数据点的颜色的 r 分量值, c_{ig} 为第 i 个数据点的颜色的 g 分量值, c_{ib} 为第 i 个数据点的颜色的 b 分量值。

[0102] 果实三维点云数据集获取模块 522,根据果树三维点云数据集 D 中的每个数据点的颜色值与颜色特征的距离,分割出果实器官以外的数据点,得到果实三维点云数据集 D_f。对二次剔除模块 513 中得到的三维点云数据集 D 中的每个数据点 p,分别计算该数据点的颜色 c_p(r, g, b) 与果实的颜色特征的距离 d_f = |c_{pr}-OC_r| + |c_{pg}-OC_g| + |c_{pb}-OC_b|,其中 c_{pr}、c_{pg} 和 c_{pb} 分别为数据点 p 的颜色的 r 分量值、g 分量值和 b 分量值,OC_r、OC_g 和 OC_b 则分别为果实器官的颜色特征的 r 分量值、g 分量值和 b 分量值。若 d_f > 50,则将数据点 p 从数据集 D 中剔除。最后得到仅保留果实信息的果实三维点云数据集 D_f。

[0103] 果实计数模块 530,用于对果实三维点云数据集 D_f 进行统计,得到果实个数 N。统计的方法为:对果实三维点云数据集 D_f 进行分析,利用基于距离的聚类方法对数据点进行聚类,即将属于同一个果实的数据点划分到一个子集中,从而将整个果实三维数据集 D_f 分成将 N 个小的果实三维点云数据子集(记每个子集为,其中 i 取值为 1 到 N 之间的自然数),N 即为计算得到的果实个数。

[0104] 果实半径计算模块 540,用于根据果实三维点云数据子集 D_{fi} 计算出相对应的每个

果实的果实半径 r_i , 得到果实半径数组。

[0105] 果实半径计算模块 540 具体包括 : 长宽获取模块 541、中心坐标计算模块 542、平均距离计算模块 543 和果实半径数组获取模块 544。

[0106] 长宽获取模块 541, 计算每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 内的长宽参数, 长宽参数包括长度 l 和宽度 w。

[0107] 中心坐标计算模块 542, 计算每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 的中心点坐标 v_{fi} 。

[0108] 平均距离计算模块 543, 计算每个果实三维点云数据子集 D_{fi} 中的所有数据点与中心点坐标 v_{fi} 的距离, 并计算出果实三维点云数据子集 D_{fi} 中所有点与中心点坐标 v_{fi} 的平均距离 d_{fi} 。

[0109] 果实半径数组获取模块 544, 根据长宽获取模块 541 得到的长度 l、宽度 w 和平均距离计算模块 543 得到的平均距离 d_{fi} 计算出每个果实三维点云数据子集对应的果实半径 $r_i = ((l+w)/2+d_{fi}/2)/2$, 所有果实半径 r_i 组成果实半径数组。

[0110] 果树产量计算模块 550, 根据果实半径与果实质量的关系模型中的基础参数一一计算出果实半径数组中的每个果实半径对应的果实质量, 累加计算出整株果树的产量。

[0111] 该系统还包括 : 基础参数模块 560, 测量样本果实的果实半径和果实质量, 建立果实半径与果实质量的关系模型, 获取基础参数。通过实际测量建立果树的果实半径与果实质量的关系模型, 方法为 : 在果园对需要进行产量测量的成果期果树, 从树上采集不同大小的果实 8-20 个, 测量每个果实的半径和重量, 并利用回归分析等数学拟合方法建立果实半径和重量的关系模型 $g=r \times \lambda$, 其中 g 为果实重量, r 为果实半径, λ 为拟合得到的基础参数。

[0112] 通过上述装置, 在对果树和果实都无损的情况下, 能够精确、快速地对果树单树产量进行测量。

[0113] 以上实施方式仅用于说明本发明, 而并非对本发明的限制, 有关技术领域的普通技术人员, 在不脱离本发明的精神和范围的情况下, 还可以做出各种变化和变型, 因此所有等同的技术方案也属于本发明的范畴, 本发明的专利保护范围应由权利要求限定。

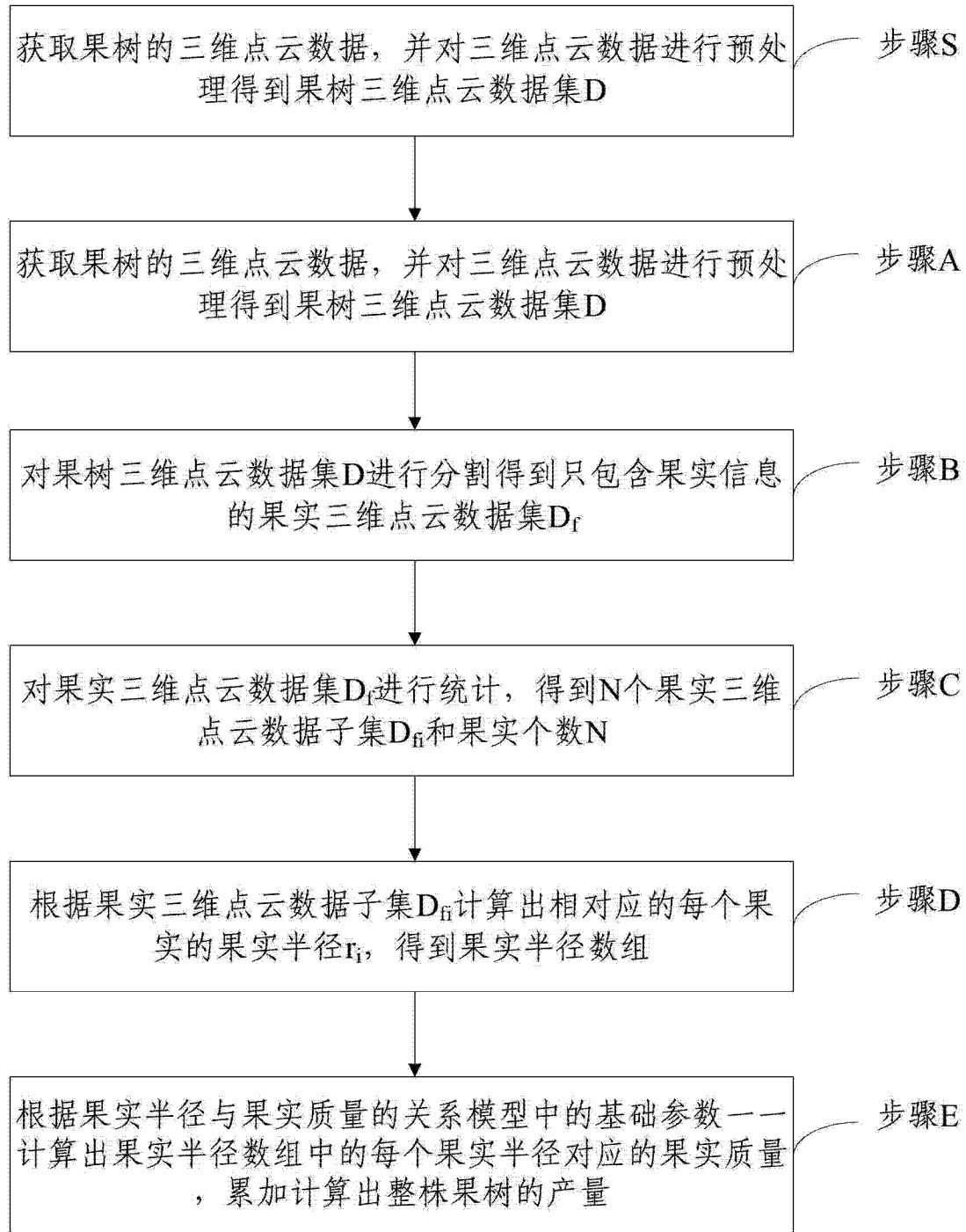


图 1

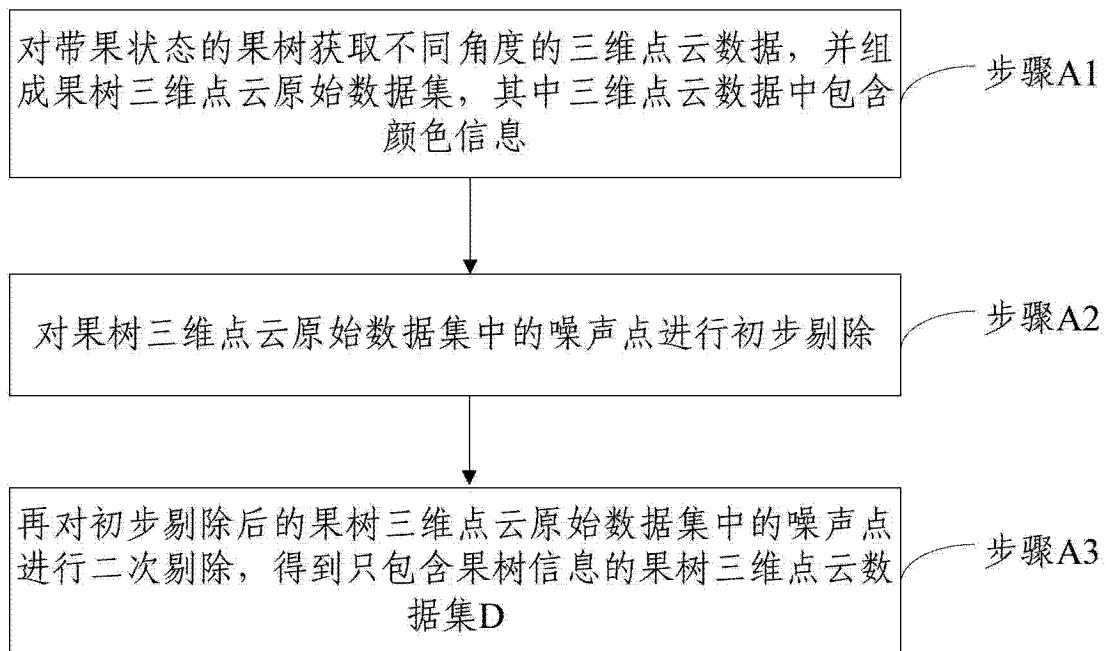


图 2

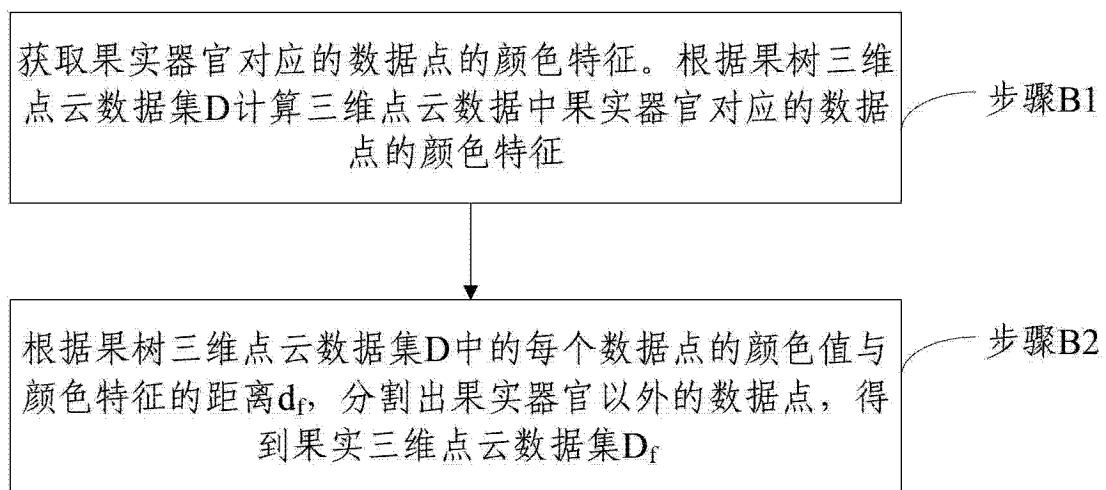


图 3

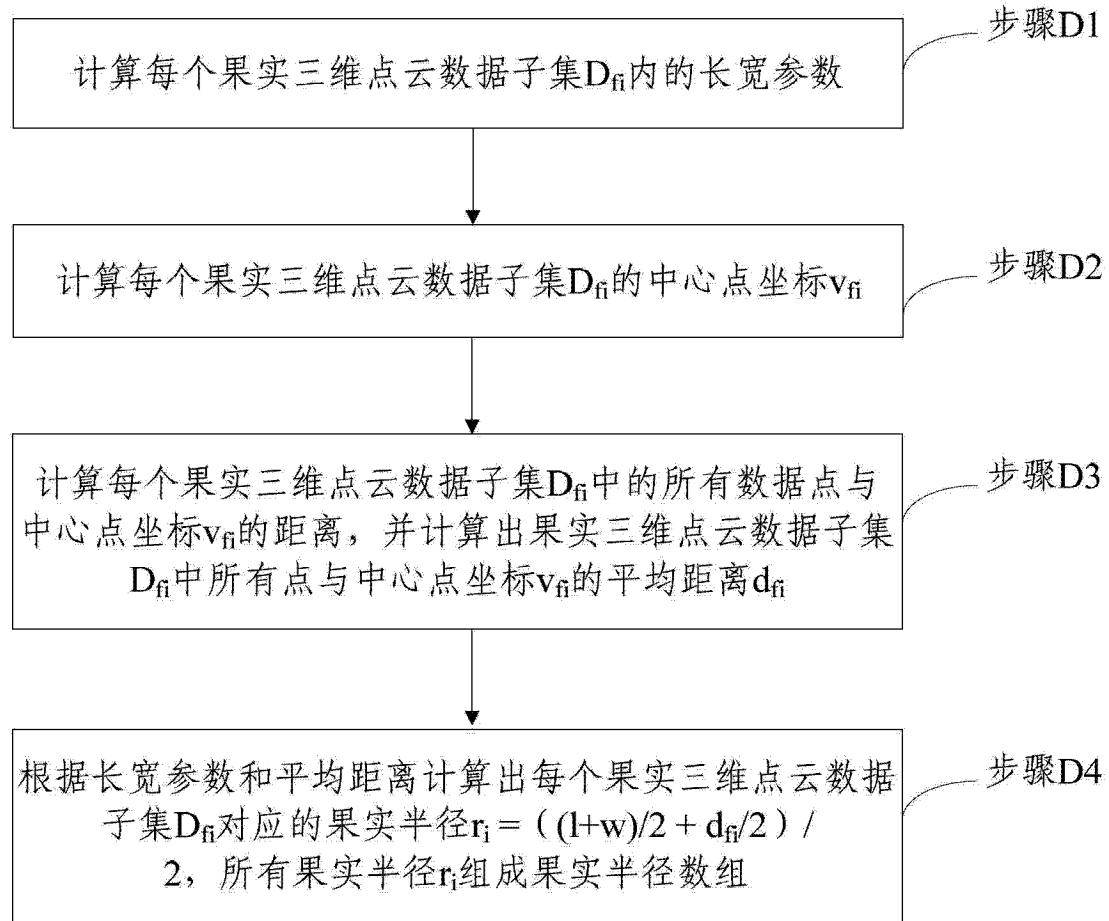


图 4

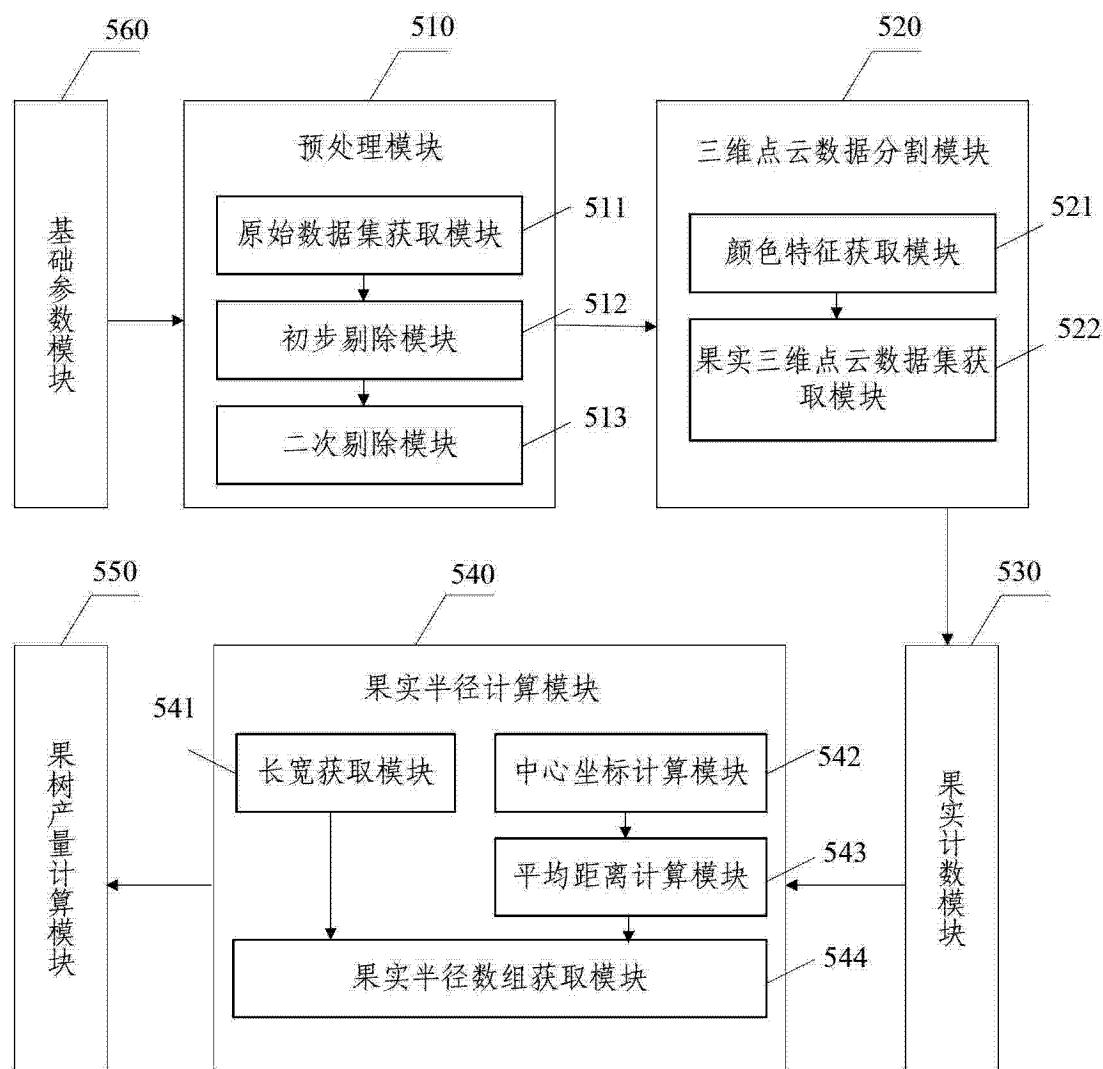


图 5