(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104732550 A
(43)申请公布日 2015.06.24

(21)申请号 201510164417.6

(22)申请日 2015.04.08

(71)申请人 吴春光
地址 221116 江苏省徐州市泉山区学苑路23号

(72)发明人 吴春光

(51)Int.Cl.
G06T 7/00(2006.01)
G06T 1/20(2006.01)

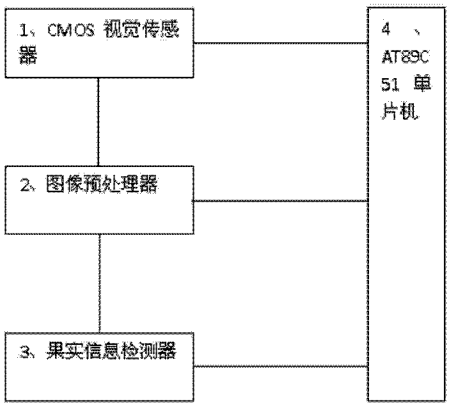
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

石榴树电子化自动采摘平台

(57)摘要

本发明涉及一种石榴树电子化自动采摘平台，包括CMOS视觉传感器、图像预处理器、果实信息检测器和AT89C51单片机，所述CMOS视觉传感器用于对待采摘石榴树拍摄以获得石榴树图像，所述图像预处理器用于去除所述石榴树图像中的雾霾成分以获得预处理图像，所述果实信息检测器用于对所述预处理图像执行图像处理，以确定所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置，所述AT89C51单片机与所述果实信息检测器连接，基于所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置确定对应果实的采摘策略。通过本发明，能够在各种雾霾天气下自动实现对待采摘石榴树上每一颗成熟果实的准确采摘。



CN 104732550 A

1.一种石榴树电子化自动采摘平台，位于待采摘石榴树的前方，其特征在于，所述采摘平台包括CMOS视觉传感器、图像预处理器、果实信息检测器和AT89C51单片机，所述CMOS视觉传感器用于对待采摘石榴树拍摄以获得石榴树图像，所述图像预处理器用于去除所述石榴树图像中的雾霾成分以获得预处理图像，所述果实信息检测器用于对所述预处理图像执行图像处理，以确定所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置，所述AT89C51单片机与所述果实信息检测器连接，基于所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置确定对应果实的采摘策略。

2.如权利要求1所述的石榴树电子化自动采摘平台，其特征在于，所述采摘平台还包括：

供电电源，包括太阳能供电器件、蓄电池、切换开关和电压转换器，所述切换开关与所述太阳能供电器件和所述蓄电池分别连接，根据蓄电池剩余电量决定是否切换到所述太阳能供电器件以由所述太阳能供电器件供电，所述电压转换器与所述切换开关连接，以将通过切换开关输入的5V电压转换为3.3V电压；

采摘执行设备，用于采摘所述待采摘石榴树上的果实；

采摘驱动设备，用于驱动所述采摘执行设备；

实时定位设备，位于所述采摘执行设备上，用于实时定位所述采摘执行设备的当前位置；

无线收发机，与远端的农林管理控制平台建立双向的无线通信链路，用于接收所述农林管理控制平台发送的控制指令，所述控制指令包括每一株石榴树的当前位置，还与所述AT89C51单片机连接以无线发送复合图像和石榴树采摘结束信号；

北斗星定位器，用于实时接收北斗星定位卫星发送的所述采摘平台的当前北斗星数据；

采摘平台驱动设备，与所述无线收发机和所述北斗星定位器分别连接，包括直流电动机，用于根据每一株石榴树的当前位置和当前北斗星数据，驱动所述采摘平台到达每一株石榴树的当前位置的前方；

存储设备，用于预先存储预设成熟度阈值和预设判定数量阈值，所述预设成熟度阈值为一灰度值，还用于预先存储石榴树上限灰度阈值、石榴树下限灰度阈值、果实上限灰度阈值和果实下限灰度阈值，所述石榴树上限灰度阈值和所述石榴树下限灰度阈值用于将图像中的石榴树和背景分离，所述果实上限灰度阈值和所述果实下限灰度阈值用于将图像中的果实和背景分离，还用于预先存储标定线上限灰度阈值和标定线下限灰度阈值，所述标定线上限灰度阈值和所述标定线下限灰度阈值用于将图像中的标定线和背景分离，标定线在被拍摄目标上的位置为已知数据；

所述图像预处理器还包括：

存储子器件，用于预先存储天空上限灰度阈值和天空下限灰度阈值，所述天空上限灰度阈值和所述天空下限灰度阈值用于分离出图像中的天空区域，还用于预先存储预设像素值阈值，所述预设像素值阈值取值在0到255之间；

雾霾浓度检测子器件，位于空气中，用于实时检测所述采摘平台所在位置的雾霾浓度，并根据雾霾浓度确定雾霾去除强度，所述雾霾去除强度取值在0到1之间；

区域划分子器件，连接所述CMOS视觉传感器以接收所述石榴树图像，对所述石榴树图

像进行灰度化处理以获得灰度化区域图像，还与存储子器件连接，将所述灰度化区域图像中灰度值在所述天空上限灰度阈值和所述天空下限灰度阈值之间的像素识别并组成灰度化天空子图案，从所述灰度化区域图像分割出所述灰度化天空子图案以获得灰度化非天空子图像，基于所述灰度化非天空子图像在所述巡逻区域图像中的对应位置获得与所述灰度化非天空子图像对应的彩色非天空子图像；

黑色通道获取子器件，与所述区域划分子器件连接以获得所述彩色非天空子图像，针对所述彩色非天空子图像中每一个像素，计算其 R，G，B 三颜色通道像素值，在所述彩色非天空子图像中所有像素的 R，G，B 三颜色通道像素值中提取一个数值最小的颜色通道像素值所在的颜色通道作为黑色通道；

整体大气光值获取子器件，与所述存储子器件连接以获得预设像素值阈值，与所述区域划分子器件和所述黑色通道获取子器件分别连接以获得所述石榴树图像和所述黑色通道，将所述石榴树图像中黑色通道像素值大于等于预设像素值阈值的多个像素组成待检验像素集，将所述待检验像素集中具有最大灰度值的像素的灰度值作为整体大气光值；

大气散射光值获取子器件，与所述区域划分子器件和所述雾霾浓度检测子器件分别连接，对所述石榴树图像的每一个像素，提取其 R，G，B 三颜色通道像素值中最小值作为目标像素值，使用保持边缘的高斯平滑滤波器 EPGF 对所述目标像素值进行滤波处理以获得滤波目标像素值，将目标像素值减去滤波目标像素值以获得目标像素差值，使用 EPGF 对目标像素差值进行滤波处理以获得滤波目标像素差值，将滤波目标像素值减去滤波目标像素差值以获得雾霾去除基准值，将雾霾去除强度乘以雾霾去除基准值以获得雾霾去除阈值，取雾霾去除阈值和目标像素值中的最小值作为比较参考值，取比较参考值和 0 中的最大值作为每一个像素的大气散射光值；

介质传输率获取子器件，与所述整体大气光值获取子器件和所述大气散射光值获取子器件分别连接，将每一个像素的大气散射光值除以整体大气光值以获得除值，将 1 减去所述除值以获得每一个像素的介质传输率；

清晰化图像获取子器件，与所述区域划分子器件、所述整体大气光值获取子器件和所述介质传输率获取子器件分别连接，将 1 减去每一个像素的介质传输率以获得第一差值，将所述第一差值乘以整体大气光值以获得乘积值，将所述石榴树图像中每一个像素的像素值减去所述乘积值以获得第二差值，将所述第二差值除以每一个像素的介质传输率以获得每一个像素的清晰化像素值，所述石榴树图像中每一个像素的像素值包括所述石榴树图像中每一个像素的 R，G，B 三颜色通道像素值，相应地，获得的每一个像素的清晰化像素值包括每一个像素的 R，G，B 三颜色通道清晰化像素值，所有像素的清晰化像素值组成预处理图像；

所述果实信息检测器与所述图像预处理器和所述存储设备分别连接，所述果实信息检测器包括：

小波滤波子器件，与所述图像预处理器连接，对所述预处理图像执行基于 Harr 小波滤波算法的小波滤波，输出滤波石榴树图像；

灰度化处理子器件，与所述小波滤波子器件连接，对所述滤波石榴树图像执行灰度化处理，获得灰度化石榴树图像；

石榴树识别子器件，与所述灰度化处理子器件和所述存储设备分别连接，将所述灰度

化石榴树图像中灰度值在所述石榴树上限灰度阈值和所述石榴树下限灰度阈值之间的像素识别并组成石榴树图案；

标定线识别子器件，与所述灰度化处理子器件和所述存储设备分别连接，将所述灰度化石榴树图像中灰度值在所述标定线上限灰度阈值和所述标定线下限灰度阈值之间的像素识别并组成标定线图案；

果实识别子器件，与所述石榴树识别子器件和所述存储设备分别连接，将所述石榴树图案中灰度值在所述果实上限灰度阈值和所述果实下限灰度阈值之间的像素识别并组成多个果实图案；

果实信息采集子器件，与所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述存储设备分别连接，测量多个果实图案分别与所述标定线图案的相对位置以确定每一颗果实的实际位置，针对每一个果实图案，统计像素灰度值小于等于所述预设成熟度阈值的像素数量，当统计的像素数量大于等于所述预设判定数量阈值时，确定所述果实图案对应的果实为成熟，当所述像素数量小于所述预设判定数量阈值时，确定所述果实图案对应的果实为未成熟；

所述 AT89C51 单片机与所述采摘执行设备、所述采摘驱动设备、所述实时定位设备、所述 CMOS 视觉传感器、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件分别连接，将所述石榴树图案、所述标定线图案、所述多个果实图案、每一颗果实的是否成熟和实际位置复合到所述预处理图像上以形成复合图像，并在确定对应果实成熟时给出对应果实的驱动信号，基于对应果实实际位置和所述采摘执行设备的当前位置确定对应果实的驱动信号的内容，在确定对应果实未成熟时不给出对应果实的驱动信号，所述对应果实的驱动信号用于控制所述采摘驱动设备驱动所述采摘执行设备到达对应果实的实际位置以实现对对应果实的采摘；

其中，所述 AT89C51 单片机按预设顺序发送多个果实图案分别对应的多个对应果实的驱动信号，并在发送完毕所有对应果实的驱动信号后，发出石榴树采摘结束信号。

3. 如权利要求 2 所述的石榴树电子化自动采摘平台，其特征在于：

所述小波滤波子器件、所述灰度化处理子器件、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件分别采用不同的 FPGA 芯片来实现。

4. 如权利要求 2 所述的石榴树电子化自动采摘平台，其特征在于：

所述小波滤波子器件、所述灰度化处理子器件、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件被集成到一块集成电路板上。

5. 如权利要求 4 所述的石榴树电子化自动采摘平台，其特征在于：

所述小波滤波子器件、所述灰度化处理子器件、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件被集成到一块 FPGA 芯片中。

6. 如权利要求 2 所述的石榴树电子化自动采摘平台，其特征在于：

所述石榴树图像和所述预处理图像的分辨率都为 3840×2160。

石榴树电子化自动采摘平台

技术领域

[0001] 本发明涉及电子采摘领域，尤其涉及一种石榴树电子化自动采摘平台。

背景技术

[0002] 石榴树，原产西域的一种果树，是市民喜爱的水果之一，营养价值高，石榴树也是人们种植观赏的树木之一。树高 2 ～ 4 米，粗度 10 ～ 30 公分。石榴树姿优美，花期长达数月，每年五、六月间繁花怒放，灿若云霞，花红似火，分外鲜艳，可谓集食用与观赏于一体，加之石榴适应性广，抗病力强，栽培易，因而，石榴树的种植面积比较宽泛。

[0003] 随着农林业种植水平的提高和经济的发展，石榴树种植已经从原先的分散种植向集中种植发展，大型甚至超大型的专一类型石榴树种植园频繁出现在各地，这使得对石榴树的作业从人工操作转化为机械操作成为可能。机械操作在石榴树种植业的应用，不仅能够节约大量人工成本，而且能够提高石榴树种植的效率，从而提高种植园主的经济收益。

[0004] 然而，现有技术中对石榴树种植园的机械操作主要仍局限于机械集中喷药、机械集中灌溉和机械集中除草等方面，对于需要工时最多的石榴树采摘，由于采摘的专业性和果实在石榴树上分布的发散性，仍需要安排很多采摘人员在固定时间段进行采摘，这种人工采摘方式具有采摘耗时耗力的弊端。现有技术中也存在一些电子采摘的手段，但由于基于图像处理技术，容易受各种雾霾天气的影响。

[0005] 因此，为了克服上述各种弊端，需要一种新的石榴树电子采摘方案，一方面能够替代传统的人工采摘方式，适应石榴树采摘的专业性和果实分布发散性的特点，以机械方式自适应地根据果实实际成熟度和位置实现对各个果实的有效采摘；另一方面，能够克服雾霾天气对检测图像的干扰，提高电子采摘的可靠性。

发明内容

[0006] 为了解决上述问题，本发明提供了一种石榴树电子化自动采摘平台，引用定位技术的电机驱动技术建造采摘平台的机电设备，引用有针对性的图像采集和处理技术，获取每一颗果实的成熟度和位置，从而确定每一颗果实的采摘驱动方案，灵活采摘到每一株石榴树上的所有成熟果实，在提高采摘效率的同时，还根据大气衰减模型确定雾霾对图像的影响因素，并对各种雾霾天气下采集的图像进行去雾霾化处理，拓宽了采摘平台的应用范围。

[0007] 根据本发明的一方面，提供了一种石榴树电子化自动采摘平台，所述采摘平台位于待采摘石榴树的前方，包括 CMOS 视觉传感器、图像预处理器、果实信息检测器和 AT89C51 单片机，所述 CMOS 视觉传感器用于对待采摘石榴树拍摄以获得石榴树图像，所述图像预处理器用于去除所述石榴树图像中的雾霾成分以获得预处理图像，所述果实信息检测器用于对所述预处理图像执行图像处理，以确定所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置，所述 AT89C51 单片机与所述果实信息检测器连接，基于所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置确定对应果实的采摘策略。

[0008] 更具体地，在所述石榴树电子化自动采摘平台中，还包括：供电电源，包括太阳能供电器件、蓄电池、切换开关和电压转换器，所述切换开关与所述太阳能供电器件和所述蓄电池分别连接，根据蓄电池剩余电量决定是否切换到所述太阳能供电器件以由所述太阳能供电器件供电，所述电压转换器与所述切换开关连接，以将通过切换开关输入的5V电压转换为3.3V电压；采摘执行设备，用于采摘所述待采摘石榴树上的果实；采摘驱动设备，用于驱动所述采摘执行设备；实时定位设备，位于所述采摘执行设备上，用于实时定位所述采摘执行设备的当前位置；无线收发机，与远端的农林管理控制平台建立双向的无线通信链路，用于接收所述农林管理控制平台发送的控制指令，所述控制指令包括每一株石榴树的当前位置，还与所述AT89C51单片机连接以无线发送复合图像和石榴树采摘结束信号；北斗星定位器，用于实时接收北斗星定位卫星发送的所述采摘平台的当前北斗星数据；采摘平台驱动设备，与所述无线收发机和所述北斗星定位器分别连接，包括直流电动机，用于根据每一株石榴树的当前位置和当前北斗星数据，驱动所述采摘平台到达每一株石榴树的当前位置的前方；存储设备，用于预先存储预设成熟度阈值和预设判定数量阈值，所述预设成熟度阈值为一灰度值，还用于预先存储石榴树上限灰度阈值、石榴树下限灰度阈值、果实上限灰度阈值和果实下限灰度阈值，所述石榴树上限灰度阈值和所述石榴树下限灰度阈值用于将图像中的石榴树和背景分离，所述果实上限灰度阈值和所述果实下限灰度阈值用于将图像中的果实和背景分离，还用于预先存储标定线上限灰度阈值和标定线下限灰度阈值，所述标定线上限灰度阈值和所述标定线下限灰度阈值用于将图像中的标定线和背景分离，标定线在被拍摄目标上的位置为已知数据；所述图像预处理器还包括：存储子器件，用于预先存储天空上限灰度阈值和天空下限灰度阈值，所述天空上限灰度阈值和所述天空下限灰度阈值用于分离出图像中的天空区域，还用于预先存储预设像素值阈值，所述预设像素值阈值取值在0到255之间；雾霾浓度检测子器件，位于空气中，用于实时检测所述采摘平台所在位置的雾霾浓度，并根据雾霾浓度确定雾霾去除强度，所述雾霾去除强度取值在0到1之间；区域划分子器件，连接所述CMOS视觉传感器以接收所述石榴树图像，对所述石榴树图像进行灰度化处理以获得灰度化区域图像，还与存储子器件连接，将所述灰度化区域图像中灰度值在所述天空上限灰度阈值和所述天空下限灰度阈值之间的像素识别并组成灰度化天空子图案，从所述灰度化区域图像分割出所述灰度化天空子图案以获得灰度化非天空子图像，基于所述灰度化非天空子图像在所述巡逻区域图像中的对应位置获得与所述灰度化非天空子图像对应的彩色非天空子图像；黑色通道获取子器件，与所述区域划分子器件连接以获得所述彩色非天空子图像，针对所述彩色非天空子图像中每一个像素，计算其R，G，B三颜色通道像素值，在所述彩色非天空子图像中所有像素的R，G，B三颜色通道像素值中提取一个数值最小的颜色通道像素值所在的颜色通道作为黑色通道；整体大气光值获取子器件，与所述存储子器件连接以获得预设像素值阈值，与所述区域划分子器件和所述黑色通道获取子器件分别连接以获得所述石榴树图像和所述黑色通道，将所述石榴树图像中黑色通道像素值大于等于预设像素值阈值的多个像素组成待检验像素集，将所述待检验像素集中具有最大灰度值的像素的灰度值作为整体大气光值；大气散射光值获取子器件，与所述区域划分子器件和所述雾霾浓度检测子器件分别连接，对所述石榴树图像的每一个像素，提取其R，G，B三颜色通道像素值中最小值作为目标像素值，使用保持边缘的高斯平滑滤波器EPGF(edge-preserving gaussian filter)对所述目标像素值进行滤波处理以获得

滤波目标像素值，将目标像素值减去滤波目标像素值以获得目标像素差值，使用 EPGF 对目标像素差值进行滤波处理以获得滤波目标像素差值，将滤波目标像素值减去滤波目标像素差值以获得雾霾去除基准值，将雾霾去除强度乘以雾霾去除基准值以获得雾霾去除阈值，取雾霾去除阈值和目标像素值中的最小值作为比较参考值，取比较参考值和 0 中的最大值作为每一个像素的大气散射光值；介质传输率获取子器件，与所述整体大气光值获取子器件和所述大气散射光值获取子器件分别连接，将每一个像素的大气散射光值除以整体大气光值以获得除值，将 1 减去所述除值以获得每一个像素的介质传输率；清晰化图像获取子器件，与所述区域划分子器件、所述整体大气光值获取子器件和所述介质传输率获取子器件分别连接，将 1 减去每一个像素的介质传输率以获得第一差值，将所述第一差值乘以整体大气光值以获得乘积值，将所述石榴树图像中每一个像素的像素值减去所述乘积值以获得第二差值，将所述第二差值除以每一个像素的介质传输率以获得每一个像素的清晰化像素值，所述石榴树图像中每一个像素的像素值包括所述石榴树图像中每一个像素的 R，G，B 三颜色通道像素值，相应地，获得的每一个像素的清晰化像素值包括每一个像素的 R，G，B 三颜色通道清晰化像素值，所有像素的清晰化像素值组成预处理图像；所述果实信息检测器与所述图像预处理器和所述存储设备分别连接，所述果实信息检测器包括：小波滤波子器件，与所述图像预处理器连接，对所述预处理图像执行基于 Harr 小波滤波算法的小波滤波，输出滤波石榴树图像；灰度化处理子器件，与所述小波滤波子器件连接，对所述滤波石榴树图像执行灰度化处理，获得灰度化石榴树图像；石榴树识别子器件，与所述灰度化处理子器件和所述存储设备分别连接，将所述灰度化石榴树图像中灰度值在所述石榴树上限灰度阈值和所述石榴树下限灰度阈值之间的像素识别并组成石榴树图案；标定线识别子器件，与所述灰度化处理子器件和所述存储设备分别连接，将所述灰度化石榴树图像中灰度值在所述标定线上限灰度阈值和所述标定线下限灰度阈值之间的像素识别并组成标定线图案；果实识别子器件，与所述石榴树识别子器件和所述存储设备分别连接，将所述石榴树图案中灰度值在所述果实上限灰度阈值和所述果实下限灰度阈值之间的像素识别并组成多个果实图案；果实信息采集子器件，与所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述存储设备分别连接，测量多个果实图案分别与所述标定线图案的相对位置以确定每一颗果实的实际位置，针对每一个果实图案，统计像素灰度值小于等于所述预设成熟度阈值的像素数量，当统计的像素数量大于等于所述预设判定数量阈值时，确定所述果实图案对应的果实为成熟，当所述像素数量小于所述预设判定数量阈值时，确定所述果实图案对应的果实为未成熟；所述 AT89C51 单片机与所述采摘执行设备、所述采摘驱动设备、所述实时定位设备、所述 CMOS 视觉传感器、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件分别连接，将所述石榴树图案、所述标定线图案、所述多个果实图案、每一颗果实的是否成熟和实际位置复合到所述预处理图像上以形成复合图像，并在确定对应果实成熟时给出对应果实的驱动信号，基于对应果实实际位置和所述采摘执行设备的当前位置确定对应果实的驱动信号的内容，在确定对应果实未成熟时不给出对应果实的驱动信号，所述对应果实的驱动信号用于控制所述采摘驱动设备驱动所述采摘执行设备到达对应果实的实际位置以实现对对应果实的采摘；其中，所述 AT89C51 单片机按预设顺序发送多个果实图案分别对应的多个对应果实的驱动信号，并在发送完毕所有对应果实的驱动信号后，发出石榴树采摘结束信号。

[0009] 更具体地，在所述石榴树电子化自动采摘平台中，所述小波滤波子器件、所述灰度化处理子器件、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件分别采用不同的 FPGA 芯片来实现。

[0010] 更具体地，在所述石榴树电子化自动采摘平台中，所述小波滤波子器件、所述灰度化处理子器件、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件被集成到一块集成电路板上。

[0011] 更具体地，在所述石榴树电子化自动采摘平台中，所述小波滤波子器件、所述灰度化处理子器件、所述石榴树识别子器件、所述标定线识别子器件、所述果实识别子器件和所述果实信息采集子器件被集成到一块 FPGA 芯片中。

[0012] 更具体地，在所述石榴树电子化自动采摘平台中，所述石榴树图像和所述预处理图像的分辨率都为 3840×2160。

附图说明

[0013] 以下将结合附图对本发明的实施方案进行描述，其中：

[0014] 图 1 为根据本发明实施方案示出的石榴树电子化自动采摘平台的结构方框图。

[0015] 图 2 为根据本发明实施方案示出的石榴树电子化自动采摘平台的果实信息检测器的结构方框图。

具体实施方式

[0016] 下面将参照附图对本发明的石榴树电子化自动采摘平台的实施方案进行详细说明。

[0017] 石榴原产于伊朗、阿富汗等小亚西亚国家。今天在伊朗、阿富汗和阿塞拜疆以及格鲁吉亚共和国的海拔 300-1000 米的山上，尚有大片的野生石榴林。

[0018] 石榴是人类引种栽培最早的果树和花木之一，在中国、印度及亚洲、非洲、欧洲沿地中海各地，均作为果树栽培，而以非洲尤多。美国主要分布在加利福尼亚州。欧洲西南部伊比利亚半岛上的西班牙把石榴作为国花，在 50 万平方公里国土上，不论是高原山地、市镇乡村的房舍前后，还是海滨城市的公园、花园，石榴花栽种特多。石榴在原产地伊朗及附近地区分布较广，选育了不少优异品种。石榴因其花果美丽，栽培容易，深受人们喜爱。

[0019] 当前石榴树生产的趋势越来越集中化，每一个种植园只种植几种甚至一种类型的石榴树，石榴树的数量巨大。这样特点的种植方式，在使用机械作业的情况下，能提高种植的效率和效益。然而，由于果实采摘的专业性和果实生长的分散性，完全替代人工采摘的电子采摘方案实施比较困难。即使存在一些电子采摘方案，也由于采用的是基于图像处理的手段，无法避免各种雾霾天气对图像的干扰，导致电子采摘的应用条件比较苛刻。

[0020] 本发明搭建了一种石榴树电子化自动采摘平台，采用完全电子化的方式实现对固定类型的石榴树的采摘，除了采摘石榴树的更换采用远程人工控制以外，整个采摘过程不需要其他人工操作参与，同时，采用图像预处理设备消除了检测图像中的雾霾成分，使得本发明的采摘平台能适用于各种雾霾天气。

[0021] 图 1 为根据本发明实施方案示出的石榴树电子化自动采摘平台的结构方框图，所述采摘平台位于待采摘石榴树的前方，包括：CMOS 视觉传感器 1、图像预处理器 2、果实信息

检测器3和AT89C51单片机4，所述CMOS视觉传感器1用于对待采摘石榴树拍摄以获得石榴树图像，所述图像预处理器2用于去除所述石榴树图像中的雾霾成分以获得预处理图像，所述果实信息检测器3用于对所述预处理图像执行图像处理，以确定所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置，所述AT89C51单片机4与所述果实信息检测器3连接，基于所述待采摘石榴树上的每一颗果实是否成熟以及实际位置确定对应果实的采摘策略。

[0022] 接着，继续对本发明的石榴树电子化自动采摘平台的具体结构进行进一步的说明。

[0023] 所述采摘平台还包括：供电电源，包括太阳能供电器件、蓄电池、切换开关和电压转换器，所述切换开关与所述太阳能供电器件和所述蓄电池分别连接，根据蓄电池剩余电量决定是否切换到所述太阳能供电器件以由所述太阳能供电器件供电，所述电压转换器与所述切换开关连接，以将通过切换开关输入的5V电压转换为3.3V电压。

[0024] 所述采摘平台还包括：采摘执行设备，用于采摘所述待采摘石榴树上的果实；采摘驱动设备，用于驱动所述采摘执行设备；实时定位设备，位于所述采摘执行设备上，用于实时定位所述采摘执行设备的当前位置。

[0025] 所述采摘平台还包括：无线收发机，与远端的农林管理控制平台建立双向的无线通信链路，用于接收所述农林管理控制平台发送的控制指令，所述控制指令包括每一株石榴树的当前位置，还与所述AT89C51单片机4连接以无线发送复合图像和石榴树采摘结束信号。

[0026] 所述采摘平台还包括：北斗星定位器，用于实时接收北斗星定位卫星发送的所述采摘平台的当前北斗星数据。

[0027] 所述采摘平台还包括：采摘平台驱动设备，与所述无线收发机和所述北斗星定位器分别连接，包括直流电动机，用于根据每一株石榴树的当前位置和当前北斗星数据，驱动所述采摘平台到达每一株石榴树的当前位置的前方。

[0028] 所述采摘平台还包括：存储设备，用于预先存储预设成熟度阈值和预设判定数量阈值，所述预设成熟度阈值为一灰度值，还用于预先存储石榴树上限灰度阈值、石榴树下限灰度阈值、果实上限灰度阈值和果实下限灰度阈值，所述石榴树上限灰度阈值和所述石榴树下限灰度阈值用于将图像中的石榴树和背景分离，所述果实上限灰度阈值和所述果实下限灰度阈值用于将图像中的果实和背景分离，还用于预先存储标定线上限灰度阈值和标定线下限灰度阈值，所述标定线上限灰度阈值和所述标定线下限灰度阈值用于将图像中的标定线和背景分离，标定线在被拍摄目标上的位置为已知数据。

[0029] 所述图像预处理器2还包括以下部件：

[0030] 存储子器件，用于预先存储天空上限灰度阈值和天空下限灰度阈值，所述天空上限灰度阈值和所述天空下限灰度阈值用于分离出图像中的天空区域，还用于预先存储预设像素值阈值，所述预设像素值阈值取值在0到255之间；

[0031] 雾霾浓度检测子器件，位于空气中，用于实时检测所述采摘平台所在位置的雾霾浓度，并根据雾霾浓度确定雾霾去除强度，所述雾霾去除强度取值在0到1之间；

[0032] 区域划分子器件，连接所述CMOS视觉传感器1以接收所述石榴树图像，对所述石榴树图像进行灰度化处理以获得灰度化区域图像，还与存储子器件连接，将所述灰度化区

域图像中灰度值在所述天空上限灰度阈值和所述天空下限灰度阈值之间的像素识别并组成灰度化天空子图案，从所述灰度化区域图像分割出所述灰度化天空子图案以获得灰度化非天空子图像，基于所述灰度化非天空子图像在所述巡逻区域图像中的对应位置获得与所述灰度化非天空子图像对应的彩色非天空子图像；

[0033] 黑色通道获取子器件，与所述区域划分子器件连接以获得所述彩色非天空子图像，针对所述彩色非天空子图像中每一个像素，计算其 R，G，B 三颜色通道像素值，在所述彩色非天空子图像中所有像素的 R，G，B 三颜色通道像素值中提取一个数值最小的颜色通道像素值所在的颜色通道作为黑色通道；

[0034] 整体大气光值获取子器件，与所述存储子器件连接以获得预设像素值阈值，与所述区域划分子器件和所述黑色通道获取子器件分别连接以获得所述石榴树图像和所述黑色通道，将所述石榴树图像中黑色通道像素值大于等于预设像素值阈值的多个像素组成待检验像素集，将所述待检验像素集中具有最大灰度值的像素的灰度值作为整体大气光值；

[0035] 大气散射光值获取子器件，与所述区域划分子器件和所述雾霾浓度检测子器件分别连接，对所述石榴树图像的每一个像素，提取其 R，G，B 三颜色通道像素值中最小值作为目标像素值，使用保持边缘的高斯平滑滤波器 EPGF(edge-preserving gaussian filter)对所述目标像素值进行滤波处理以获得滤波目标像素值，将目标像素值减去滤波目标像素值以获得目标像素差值，使用 EPGF 对目标像素差值进行滤波处理以获得滤波目标像素差值，将滤波目标像素值减去滤波目标像素差值以获得雾霾去除基准值，将雾霾去除强度乘以雾霾去除基准值以获得雾霾去除阈值，取雾霾去除阈值和目标像素值中的最小值作为比较参考值，取比较参考值和 0 中的最大值作为每一个像素的大气散射光值；

[0036] 介质传输率获取子器件，与所述整体大气光值获取子器件和所述大气散射光值获取子器件分别连接，将每一个像素的大气散射光值除以整体大气光值以获得除值，将 1 减去所述除值以获得每一个像素的介质传输率；

[0037] 清晰化图像获取子器件，与所述区域划分子器件、所述整体大气光值获取子器件和所述介质传输率获取子器件分别连接，将 1 减去每一个像素的介质传输率以获得第一差值，将所述第一差值乘以整体大气光值以获得乘积值，将所述石榴树图像中每一个像素的像素值减去所述乘积值以获得第二差值，将所述第二差值除以每一个像素的介质传输率以获得每一个像素的清晰化像素值，所述石榴树图像中每一个像素的像素值包括所述石榴树图像中每一个像素的 R，G，B 三颜色通道像素值，相应地，获得的每一个像素的清晰化像素值包括每一个像素的 R，G，B 三颜色通道清晰化像素值，所有像素的清晰化像素值组成预处理图像。

[0038] 如图 2 所示，所述果实信息检测器 3 与所述图像预处理器 2 和所述存储设备分别连接，所述果实信息检测器 3 包括以下部件：

[0039] 小波滤波子器件 31，与所述图像预处理器 2 连接，对所述预处理图像执行基于 Harr 小波滤波算法的小波滤波，输出滤波石榴树图像；

[0040] 灰度化处理子器件 32，与所述小波滤波子器件 31 连接，对所述滤波石榴树图像执行灰度化处理，获得灰度化石榴树图像；

[0041] 石榴树识别子器件 33，与所述灰度化处理子器件 32 和所述存储设备分别连接，将所述灰度化石榴树图像中灰度值在所述石榴树上限灰度阈值和所述石榴树下限灰度阈值

之间的像素识别并组成石榴树图案；

[0042] 标定线识别子器件 34，与所述灰度化处理子器件 32 和所述存储设备分别连接，将所述灰度化石榴树图像中灰度值在所述标定线上限灰度阈值和所述标定线下限灰度阈值之间的像素识别并组成标定线图案；

[0043] 果实识别子器件 35，与所述石榴树识别子器件 33 和所述存储设备分别连接，将所述石榴树图案中灰度值在所述果实上限灰度阈值和所述果实下限灰度阈值之间的像素识别并组成多个果实图案；

[0044] 果实信息采集子器件 36，与所述标定线识别子器件 34、所述果实识别子器件 35 和所述存储设备分别连接，测量多个果实图案分别与所述标定线图案的相对位置以确定每一颗果实的实际位置，针对每一个果实图案，统计像素灰度值小于等于所述预设成熟度阈值的像素数量，当统计的像素数量大于等于所述预设判定数量阈值时，确定所述果实图案对应的果实为成熟，当所述像素数量小于所述预设判定数量阈值时，确定所述果实图案对应的果实为未成熟。

[0045] 所述 AT89C51 单片机 4 与所述采摘执行设备、所述采摘驱动设备、所述实时定位设备、所述 CMOS 视觉传感器 1、所述石榴树识别子器件 33、所述标定线识别子器件 34、所述果实识别子器件 35 和所述果实信息采集子器件 36 分别连接，将所述石榴树图案、所述标定线图案、所述多个果实图案、每一颗果实的是否成熟和实际位置复合到所述预处理图像上以形成复合图像，并在确定对应果实成熟时给出对应果实的驱动信号，基于对应果实实际位置和所述采摘执行设备的当前位置确定对应果实的驱动信号的内容，在确定对应果实未成熟时不给出对应果实的驱动信号，所述对应果实的驱动信号用于控制所述采摘驱动设备驱动所述采摘执行设备到达对应果实的实际位置以实现对对应果实的采摘。

[0046] 其中，所述 AT89C51 单片机 4 按预设顺序发送多个果实图案分别对应的多个对应果实的驱动信号，并在发送完毕所有对应果实的驱动信号后，发出石榴树采摘结束信号。

[0047] 可选地，在所述采摘平台中，所述小波滤波子器件 31、所述灰度化处理子器件 32、所述石榴树识别子器件 33、所述标定线识别子器件 34、所述果实识别子器件 35 和所述果实信息采集子器件 36 分别采用不同的 FPGA 芯片来实现，或者所述小波滤波子器件 31、所述灰度化处理子器件 32、所述石榴树识别子器件 33、所述标定线识别子器件 34、所述果实识别子器件 35 和所述果实信息采集子器件 36 被集成到一块集成电路板上，例如，被集成到一块 FPGA 芯片中，以及可选地，所述石榴树图像和所述预处理图像的分辨率都选为 3840×2160。

[0048] 另外，雾霾图像可以通过一系列图像处理设备实现图像的去雾霾化，以获得清晰化的图像，提高图像的能见度。这些图像处理设备分别执行不同的图像处理功能，基于雾霾形成的原理，达到去除雾霾的效果。雾霾图像的清晰化处理对于军用和民用领域都具有极大的应用价值，军用领域包括军事国防、遥感导航等，民用领域包括道路监测、目标跟踪和自动驾驶等。

[0049] 雾霾图像形成的过程可以用大气衰减过程来描绘，在雾霾图像和实际图像即清晰化图像之间的关系可用整体大气光值和每一个像素的介质传输率来表述，即在已知雾霾图像的情况下，根据整体大气光值和每一个像素的介质传输率，可以求解出清晰化图像。

[0050] 对于整体大气光值和每一个像素的介质传输率的求解都存在一些有效且经过验

证的手段，例如，对于每一个像素的介质传输率，需要获得整体大气光值和每一个像素的大气散射光值，而每一个像素的大气散射光值可在对每一个像素在雾霾图像中的像素值进行两次保持边缘的高斯平滑滤波而获得，其间，雾霾去除的强度可调；而整体大气光值的获得方式有两种，一种方式是，可通过获取雾霾图像的黑色通道（即在雾霾图像中使得一些像素的黑色通道值非常低，黑色通道为 R，G，B 三颜色通道中的一种），在雾霾图像中，通过寻找黑色通道像素值偏大的多个像素中寻找灰度值最大的像素来获得，即将寻找到的、灰度值最大的像素的灰度值作为整体大气光值，参与雾霾图像中每一个像素的清晰化处理；另外，整体大气光值也可通过以下方式获得：计算雾霾图像中每一像素的灰度值，将灰度值最大的像素的灰度值作为整体大气光值。

[0051] 具体的雾霾图像和实际图像即清晰化图像之间的关系，以及各个参数之间的关系可参见以上内容。

[0052] 通过对雾霾图像形成原理的探讨，搭建了雾霾图像和清晰化图像之间的关系，用多个参数表示这种关系，随后通过获得的多个参数值和雾霾图像即可还原获得清晰度较高的图像，由于参数的获得借用了一些统计手段和经验手段，因此所述清晰度较高的图像不可能完全等同于实际图像，但已经具有相当程度的去雾霾效果，为雾霾天气下的各个领域作业提供有效保障。

[0053] 采用本发明的石榴树电子化自动采摘平台，针对现有以人工采摘模式为主的石榴树采摘平台效率低下、成本较高以及采用电子采摘方式无法克服雾霾天气影响的技术问题，通过引入无线技术、定位技术和电机技术为采摘平台打造可靠的机电设施，更关键的是，针对石榴树采摘的特点，有针对性地制定了高精度的图像处理方案以识别出同一株石榴树上的所有石榴树的成熟度和实际位置，为石榴树采摘机械化打下基础，提高了石榴树采摘操作的自动化水平，更关键的是，通过高精度的雾霾成分去除机制，有效克服了各种雾霾天气对电子采摘的不利影响。

[0054] 可以理解的是，虽然本发明已以较佳实施例披露如上，然而上述实施例并非用以限定本发明。对于任何熟悉本领域的技术人员而言，在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

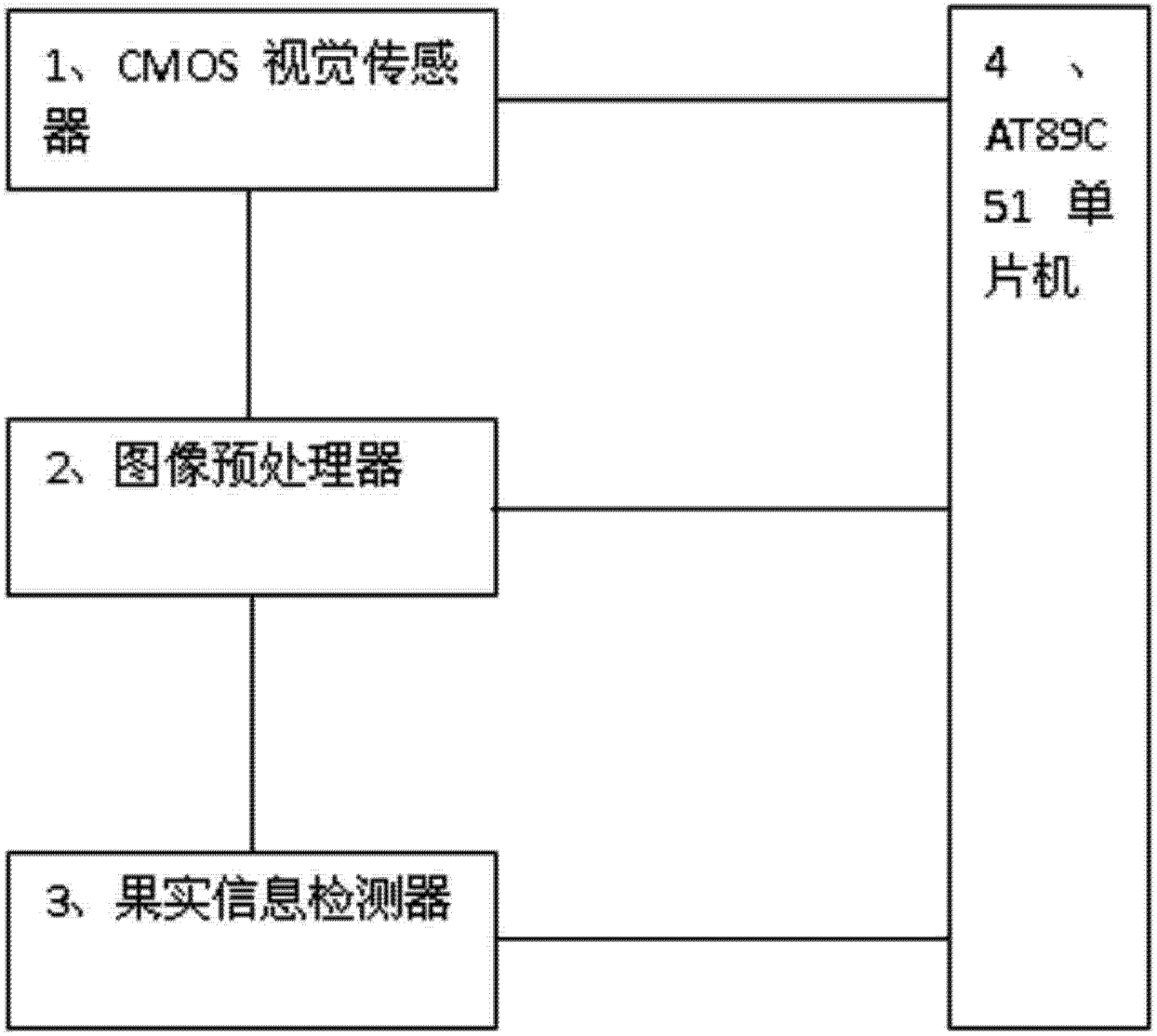


图 1

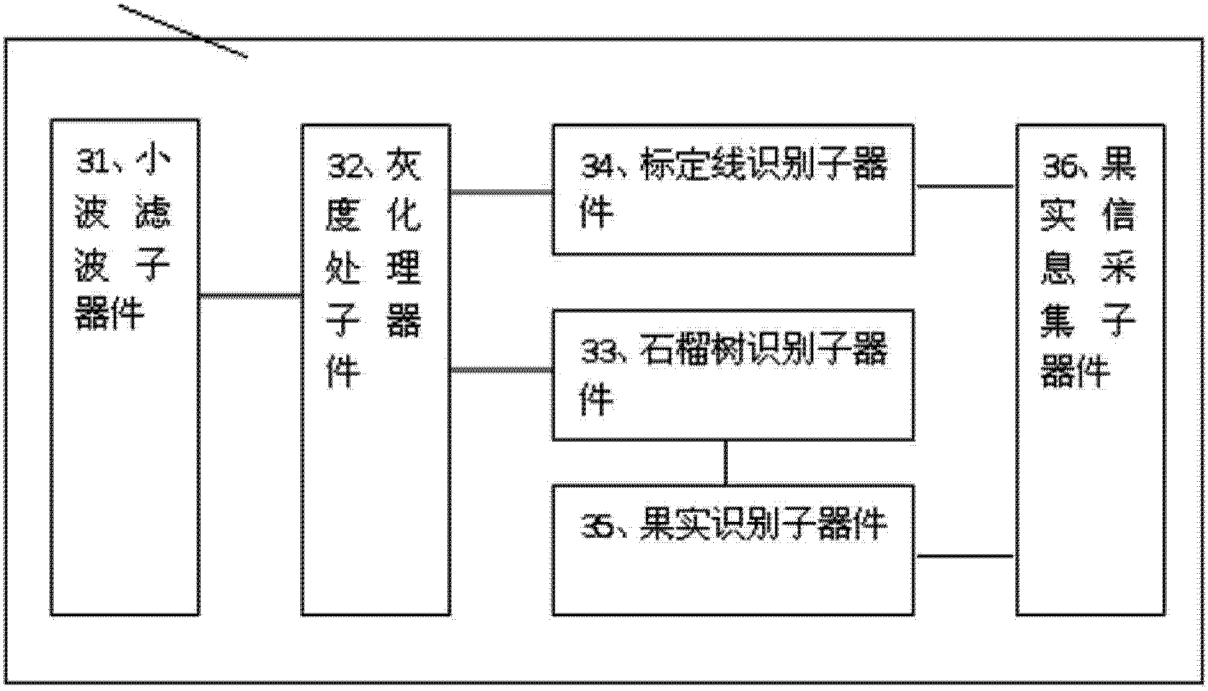

31、小波滤波子器件
32、灰度化处理子器件
34、标定线识别子器件
33、石榴树识别子器件
35、果实识别子器件
36、果实信息采集子器件

图 2