(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2021 年 12 月 2 日 (02.12.2021)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2021/237485 A1

(51) 国际专利分类号:
G05D 1/10 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/092463

(22) 国际申请日: 2020 年 5 月 27 日 (27.05.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (**SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(72) 发明人: **邹亭 (ZOU, Ting)**; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。 **赵力尧 (ZHAO, Liyao)**; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

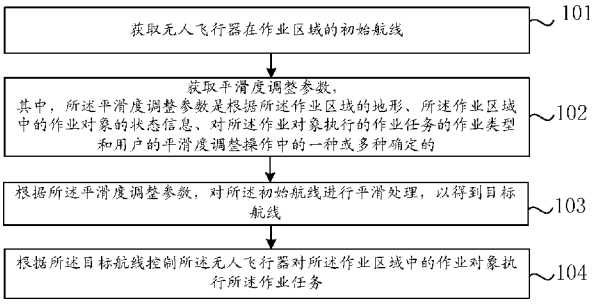
(74) 代理人: 北京润泽恒知识产权代理有限公司 (**BEIJING RUN ZEHENG INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM**); 中国北京市海淀区中关村南大街31号神舟大厦702, Beijing 100081 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

(54) **Title:** ROUTE SMOOTHING PROCESSING METHOD AND APPARATUS FOR UNMANNED AERIAL VEHICLE, AND CONTROL TERMINAL

(54) **发明名称**: 无人飞行器的航线平滑处理方法、装置及控制终端



101 Obtain an initial route of an unmanned aerial vehicle in an operation area
102 Obtain a smoothness adjustment parameter, the smoothness adjustment parameter being determined according to one or more of the topography of the operation area, state information of an operation object in the operation area, an operation type of an operation task executed for the operation object, and a smoothness adjustment operation of a user
103 Perform smoothing processing on the initial route according to the smoothness adjustment parameter to obtain a target route
104 Control, according to the target route, the unmanned aerial vehicle to execute the operation task on the operation object in the operation area

图 2

(57) **Abstract:** A route smoothing processing method and apparatus for an unmanned aerial vehicle (10), and a control terminal (30). The route smoothing processing method may comprise: obtaining an initial route of the unmanned aerial vehicle (10) in an operation area (101); obtaining a smoothness adjustment parameter, the smoothness adjustment parameter being determined according to one or more of the topography of the operation area, state information of an operation object in the operation area, an operation type of an operation task executed for the operation object, and a smoothness adjustment operation of a user (20) (102); performing smoothing processing on the initial route according to the smoothness adjustment parameter to obtain a target route (103); and controlling, according to the target route, the unmanned aerial vehicle (10) to execute the operation task on the operation object in the operation area (104). Compared with direct use of a preconfigured fixed smoothness adjustment parameter, the present invention can adapt to different requirements of the unmanned aerial vehicle (10) for route smoothness in various situations.

WO 2021/237485 A1

[见续页]

RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种无人飞行器（10）的航线平滑处理方法、装置及控制终端（30），航线平滑处理方法可以获取无人飞行器（10）在作业区域的初始航线（101），获取平滑度调整参数；平滑度调整参数是根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户（20）的平滑度调整操作中的一种或多种确定的（102），根据平滑度调整参数，对初始航线进行平滑处理以得到目标航线（103），根据目标航线控制无人飞行器（10）对作业区域中的作业对象执行作业任务（104）。相较于直接使用预先配置的固定平滑调整参数，可以适应无人飞行器（10）在各种不同情况对航线的平滑度的不同要求。

无人飞行器的航线平滑处理方法、装置及控制终端

技术领域

本发明属于飞行技术领域，特别是涉及一种无人飞行器的航线平滑处理方法、装置及控制终端。

背景技术

目前，无人飞行器的应用越来越广泛，例如，用户经常会使用无人飞行器执行航拍、农业植保、勘测等各种各样的作业任务。在利用无人飞行器执行作业任务时，为了确保无人飞行器基于航线执行作业任务时的效率，会对规划得到的作业区域的初始航线进行平滑处理以获取目标航线，再根据所述目标航线控制无人飞行器对作业区域中的作业对象进行作业。

现有技术中，在进行平滑处理时，通常是直接读取预先配置的固定平滑调整参数，基于该平滑调整参数进行平滑处理。这样，会使得不同情况中的目标航线的平滑度都是相同的，其中，平滑度用于表征目标航线与初始航线之间的差异或者目标航线跟随初始航线的精准程度。然而，无人飞行器可能在不同的作业场景（例如山地、丘陵或者平原）中根据规划好的航线来对作业区域中的不同类型的作业对象（例如果树、稻谷或者建筑）进行不同的作业任务（例如喷洒或拍摄）。不同情况（不同的作业场景、不同类型的作业任务和不同类型的作业对象）对平滑度的要求各不相同，现有技术中的方案不能适应各种不同情况对平滑度的不同要求。

发明内容

本发明提供一种无人飞行器的航线平滑处理方法、装置及控制终端，以适应无人飞行器在各种不同情况对航线的平滑度的不同要求。

为了解决上述技术问题，本发明是这样实现的：

第一方面，本发明实施例提供了一种无人飞行器的航线平滑处理方法，该方法包括：

获取无人飞行器在作业区域的初始航线；

获取平滑度调整参数，其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的；

根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线；

根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务。

第二方面，本发明实施例提供了一种无人飞行器的航线平滑处理装置，所述装置包括：存储器和处理器，

所述存储器，用于存储程序代码；

所述处理器，调用所述程序代码，当所述程序代码被执行时，用于执行以下操作：

获取无人飞行器在作业区域的初始航线；

获取平滑度调整参数，其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的；

根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线；

根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务。

第三方面，本发明实施例提供了一种控制终端，所述控制终端包括：上述无人飞行器的航线平滑处理装置。

第四方面，本发明实施例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上存储计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述无人飞行器的航线平滑处理方法。

在本申请实施例中，可以获取无人飞行器在作业区域的初始航线，获取平滑度调整参数；其中，平滑度调整参数是根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的，然后，根据平滑度调整参数，对初始航线进行平滑处理以得到目标航线，最后，根据目标航线控制无人飞行器对作业区域中的作业对象执行作业任务。相较于直接使用预先配置的固定平滑调整参数，根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定平滑调整参数，使得平滑调整参数可以更加适配当前的作业任务和/或用户需求，这样，适应无人飞行器在各种不同情况对航线的平滑度的不同要求。

附图说明

图 1 是本申请实施例提供的一种无人飞行器的航线平滑处理方法的应用场景示意图；

图 2 是本申请实施例提供的一种无人飞行器的航线平滑处理方法的步骤流程图；

图 3 是本申请实施例提供的一种平滑度设置界面的示意图；

图 4 是本申请实施例提供的一种航线示意图；

图 5 是本申请实施例提供的另一种航线示意图；

图 6 是本申请实施例提供的一种航线拟合示意图；

图 7 是本申请实施例提供的另一种航线拟合示意图；

图 8 是本申请实施例提供的一种初始航线示意图；

图 9 是本申请实施例提供的一种非作业航线的处理示意图；

图 10 是本申请实施例提供的一种无人飞行器的航线平滑处理装置的框图；

图 11 为本申请实施例提供的一种计算处理设备的框图；

图 12 为本申请实施例提供的一种便携式或者固定存储单元的框图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，

显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

为了便于理解本申请，下面先对本申请实施例涉及的场景进行说明。图 1 是本申请实施例提供的一种无人飞行器的航线平滑处理方法的应用场景示意图。该应用场景中可以包括：无人飞行器 10、用户 20、控制终端 30 及农田所在区域 40。用户 20 在利用无人飞行器 10 为农田所在区域 40 执行喷洒农药的作业任务时，可以先针对作业任务规划初始航线。其中，初始航线可以表征农田所在区域 40 中的作业对象可以被覆盖的飞行路径。用户 20 使用控制终端 30，控制无人飞行器 10 根据该初始航线进行飞行及喷洒，可以实现对农田所在区域 40 中的作业对象喷洒农药。

进一步地，由于航线的平滑度会影响无人飞行器的在飞行中的姿态调整，例如，对平滑度要求较高时，即要求平滑度较低时，无人飞行器在按照航线执行作业任务的过程中，可能会频繁调整飞行姿态以使目标航线精准地跟随所述初始航线。因此，在得到初始航线之后，往往会对初始航线进行平滑处理。具体的，用户 20 可以通过控制终端 30 获取无人飞行器在作业区域，例如，农田所在区域 40，的初始航线，然后获取平滑度调整参数，其中，该平滑度调整参数根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的，根据平滑度调整参数，对初始航线进行平滑处理以得到目标航线，最后根据该目标航线控制无人飞行器 10 执行作业任务。

相较于直接使用预先配置的固定平滑调整参数，该应用场景中，通过根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定平滑调整参数，使得平滑调整参数可以更加适配当前的作业场景、作业对象、作业任务和/或用户需求，这样，可以适应各种不同情况对平滑度的不同要求，一定程度上可以提高对初始航线进行平滑处理的效果，进而提高根据该目标航线执行作业任务的作业效率。

下面对该无人飞行器的航线平滑处理方法进行详细说明。

图 2 是本申请实施例提供的一种无人飞行器的航线平滑处理方法的步骤流程图，如图 2 所示，该方法可以包括：

步骤 101、获取无人飞行器在作业区域的初始航线。

本申请实施例中提供的航线平滑处理方法可应用于无人飞行器的航线平滑装置。在某些情况中，该航线平滑装置可以是设置在无人飞行器上的设备。在某些情况中，所述航线平滑装置也可以能够设置在与无人飞行器无线通讯的独立设备上，例如，控制终端，即控制终端包括所述航线平滑装置。其中，所述控制终端可以是进行飞行航线规划的终端，实际应用中该终端可以为台式电脑、笔记本电脑、智能手机、可穿戴设备、遥控器中的任意一种或多种。

进一步地，作业区域可以是无人飞行器执行作业任务的区域。示例的，假设无人飞行器执行的作业任务为给农田 A 喷洒农药，那么农田 A 所在的区域可以为作业区域。

获取初始航线时，可以是直接读取之前规划好的初始航线，也可以是根据作业区域及作业任务实时规划初始航线。示例的，规划初始航线的过程可以为：先识别作业区域及作业区域中的作业对象，以获得识别结果。然后，根据作业区域和作业对象识别结果，生成往返式覆盖路径，接着，根据作业区域中的障碍物信息，调整往返式覆盖路径，以对障碍物进行避障。删除路径中共线、前后距离较近的路径点、起伏较大的路径点，进而得到初始航线。需要说明的是，实际应用场景中，还可以根据用户设置，对路径进行路径插值、路径点高度值采样，以设置作业任务的属性，例如，设置喷洒属性。本申请实施例对此不作限定。

步骤 102、获取平滑度调整参数，其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的。

本申请实施例中，可以先确定作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种，然后根据其中的一种或多种确定平滑度调整参数。这样，相较于直接读取预设设置的固定滑度调整参数，一定程度上可以使确定的平滑度调整参数更加适配当前当前任务情况和/或用户需求。

步骤 103、根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线。

本申请实施例中，平滑度调整参数可以决定对初始航线进行平滑处理后得到的目标航线的平滑度。根据不同的平滑度调整参数，对同一初始航线进行平滑处理后得到的目标航线的平滑度可以不同。由于本申请实施例中的平滑度调整参数，是根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种，因此，根据该平滑度调整参数，得到的目标航线的平滑度一定程度上可以更加适配当前任务情况和/或用户需求。

步骤 104、根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务。

本申请实施例中，可以控制无人飞行器按照目标航线进行飞行，以实现对作业区域中的作业对象执行所述作业任务。在使用固定的平滑度调整参数进行平滑处理的方式中，相对于需要执行的作业任务或用户实际需求而言，得到的目标航线的平滑度可能较低，仿地精度过高，这样，就会出现航线反复起伏，进而会造成无人飞行器电量的无效损失，降低无人飞行器的作业效率。同时，导致无人飞行器在山坡等地形起伏较大的场景，极易发出避障刹停等操作，进而导致无人飞行器的稳定性较差。又或者，相对于需要执行的作业任务或用户实际需求而言，得到的目标航线的平滑度可能较高，这样，就会出现航线过于平滑，仿地精度过低，进而导致作业效果较差，无法全面的覆盖作业对象。本申请实施例中，通过获取更加适配当前任务情况和/

或用户需求的平滑度调整参数，一定程度上可以使得根据该平滑度调整参数得到的目标航线的平滑度能够更加适配当前实际情况，进而确保后续无人飞行器根据目标航线进行作业的作业效率以及无人飞行器的稳定性。这样，适应无人飞行器在各种不同情况对航线的平滑度的不同要求。

综上所述，本申请实施例提供的无人飞行器的航线平滑处理方法，可以获取无人飞行器在作业区域的初始航线，获取平滑度调整参数；其中，平滑度调整参数是根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的，然后，根据平滑度调整参数，对初始航线进行平滑处理以得到目标航线，最后，根据目标航线控制无人飞行器对作业区域中的作业对象执行作业任务。相较于直接使用预先配置的固定平滑调整参数，根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定平滑调整参数，使得平滑调整参数可以更加适配当前的作业任务和/或用户需求，适应无人飞行器在各种不同情况对航线的平滑度的不同要求。

可选的，在本申请实施例的一种实现方式中，获取平滑度调整参数的操作可以包括子步骤（1）~子步骤（2）：

子步骤（1）：检测用户的平滑度调整操作。

本申请实施例中，平滑度调整操作可以是用户根据实际需求设定平滑度的操作。实际应用场景中，针对同一作业区域，航线的仿地精度越高，航线的平滑度会越低。航线的仿地精度越低，航线的平滑度会越高。而不同用户对于精度的要求可能不同，即，不同用户对平滑度的需求可能不同。因此，本申请实施例中，可以在获取平滑度调整参数时，可以先检测用户的平滑度调整操作，以了解用户的真实需求。

可选的，本申请实施例可以在检测平滑度调整操作之前，在交互装置上显示平滑度设置界面。相应地，检测用户的平滑度调整操作可以为：检测用户对平滑度设置界面的平滑度设置操作。

其中，交互装置可以是用于和用户进行交互的装置，该交互装置可以设置在控制终端上，即控制终端可以包括交互装置。平滑度设置界面可以是用于设置平滑度的界面。示例的，该平滑度设置界面可以显示有用于设置平滑度的控件，平滑度设置操作可以为用户可以对该控件执行的设置操作。

实际应用场景中，不同用户对于不同的作业场景，对航线规划的需求往往不同。例如，在平坦的稻田里面，由于稻田大多是高度一致的平坦的地面，这种情况下用户往往需要航线具有较高的平滑度，从而尽可能提高无人飞行器的作业效率。在山区的果树喷洒作业场景下，由于不同果树区域的高度不同，为了保持相同的喷洒高度，无人飞行器需要反复起伏上升，准确的跟随地形的起伏规划航线。这种情况下，用户往往需要航线具有较低的平滑度、较高的仿地精

度。同时，对于不同果树，用户对于起伏的误差容忍度不同，即，对仿地精度的具体要求也不相同。例如预设喷洒高度 3m，某些场景下实际喷洒高度在 2.5~3.5m 之间用户才能接受，而有些场景下实际喷洒高度在 2.0~4.0m 之间用户即可接受。这样，如果使用固定的平滑度调整参数就无法满足用户多样化的需求。因此，本申请实施例中，通过显示平滑度设置界面，使得用户可以便捷的根据真实需求设置平滑度，进而可以生成能够满足用户在不同作业场景下不同作业需求的航线。同时，用户通过平滑度设置界面即可完成设置，一定程度上可以提高用户操作效率。

示例的，图 3 是本申请实施例提供的一种平滑度设置界面的示意图，如图 3 所示，该平滑度设置界面中包括用于设置平滑度的滑条控件 05，用户执行的平滑度设置操作可以为对滑条控件 05 中的选项 051 的拖动操作，或者是对滑条控件 05 中的选项 052 或 053 的点击操作，对滑条控件 05 中的选项 054 的输入操作。

子步骤（2）：根据检测到的所述平滑度调整操作，生成所述平滑度调整参数。

本申请实施例中，可以先获取检测到的平滑度调整操作对应的平滑度值，例如，获取用户拖动选项 051 之后，滑条控件 05 对应的平滑度值 0.5。然后根据平滑度值生成平滑度调整参数。由于平滑度设置操作往往是用户根据实际需求执行的，这样，通过检测用户的平滑度设置操作，根据平滑度设置操作生成平滑度调整参数，使得平滑度调整参数可以适配用户需求，进而提高后续基于该平滑度调整参数进行平滑处理得到的目标航线。

可选的，在本申请实施例的另一种实现方式中，获取平滑度调整参数的操作可以包括如下子步骤（3）~子步骤（4）：

子步骤（3）：分别确定所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息及对所述作业对象执行的作业任务的作业类型对应的平滑参数分量。

可选的，作业区域中的作业对象的状态信息可以包括以下至少一种：作业区域中的作业对象的密集程度、作业区域中作业对象的类型和作业对象在作业区域中的覆盖率。作业区域中作业对象的状态信息可以是根据作业区域的三维模型信息确定的。

其中，作业对象的密集程度用于表示作业区域中作业对象之间的间距。作业对象之间的间距越大，密集程度越低。作业对象之间的间距越小，密集程度越大。作业对象的类型可以表示作业对象的属性，不同类型的作业对象具有不同的属性。类型可以是预先根据不同作业对象的特性划分，例如，类型可以分为草本植物、木本植物，或者，也可以分为有生命对象、无生命对象，等等。作业对象在作业区域中的覆盖率用于表示作业对象在作业区域中的占比。作业对象在作业区域中的占比越大，覆盖率越高，作业对象在作业区域中的占比越小，覆盖率越低。由于作业区域中作业对象的密集程度、类型和覆盖率会影响作业任务的执行过程，两者存在关联。例如，针对不同类型的作业对象，在作业对象的密集程度、覆盖率不同的情况下，执行喷洒任务时的喷洒过程可能不同。因此，本申请实施例中，以密集程度、类型及覆盖率作为状态信息，一定程度上可以确保后续根据这些状态信息确定的平滑调整参数可以更加适配作业任务。

进一步地，根据作业区域的三维模型信息确定状态信息时，可以先控制无人飞行器对作业区域进行信息采集，并记录下采集过程中的图像、位姿及无人飞行器搭载的相机的姿态。根据记录的信息构建三维模型信息，其中，该三维模型信息可以是任何用于表示作业区域的三维特征的信息，例如，三维点云信息、三维地图信息或者高程图信息，等等。接着，可以将三维模型信息输入神经网络模型中，根据该神经网络模型识别出作业区域中作业对象的密集程度、类型和覆盖率。由于三维模型信息可以较为精准的表示作业区域的三维特征，因此，本申请实施例中，根据三维模型信息可以更为精准的确定出状态信息，进而可以确保后续使用状态信息确定的平滑调整参数的准确性。

可选的，确定平滑参数分量时，可以按照密集程度与平滑参数分量正相关的方式，生成密集程度对应的平滑参数分量。按照覆盖率与平滑参数分量负相关的方式，生成覆盖率对应的平滑参数分量。

其中，密集程度与平滑参数分量正相关表示密集程度越大，密集程度对应的平滑参数分量越大。覆盖率与平滑参数分量负相关表示覆盖率越大，覆盖率对应的平滑参数分量越小。示例的，可以将作业区域中的作业对象的密集程度作为第一预设生成函数的输入，将该第一预设生成函数的输出作为密集程度对应的平滑参数分量。将作业对象在作业区域中的覆盖率作为第二预设生成函数的输入，将该第二预设生成函数的输出作为覆盖率对应的平滑参数分量。其中，第一预设生成函数是预先设置的自变量与因变量正相关的函数，第二预设生成函数是预先设置的自变量与因变量负相关的函数。

进一步地，可以根据作业区域的地形的起伏程度，确定作业区域的地形对应的平滑参数分量；其中，地形的起伏程度与地形对应的平滑参数分量正相关。本申请实施例中，地形的起伏程度可以是利用神经网络模型对作业区域的三维模型信息进行识别得到的。示例的，可以将作业区域的地形的起伏程度作为第三预设生成函数的输入，将该第三预设生成函数的输出作为地形对应的平滑参数分量。其中，第三预设生成函数是预先设置的自变量与因变量正相关的函数，第三预设生成函数可以与前述第一预设函数相同，也可以不同。进一步地，可以根据预设的作业对象的类型与平滑参数分量之间的第一对应关系，获取作业对象的类型的平滑参数分量。以及，根据预设的作业类型与平滑参数分量之间的第二对应关系，获取作业类型对应的平滑参数分量。本申请实施例中，作业类型可以是根据用户设置的作业任务的属性确定的。例如，用户设置的作业任务的属性为喷洒属性，则可以确定作业类型为喷洒。设置的属性为航拍属性，则可以确定作业类型为航拍。对应关系可以是根据实际情况预先设置的。具体的，可以从第一对应关系中查找该作业对象的类型对应的平滑参数分量，以及从第二对应关系中查找该作业对象的类型对应的平滑参数分量。

子步骤（4）：根据所述平滑参数分量，生成所述平滑度调整参数。

示例的，本申请实施例可以在仅包含一个平滑参数分量的情况下，将该平滑参数分量，确

定为平滑度调整参数；在包含至少两种平滑参数分量的情况下，则根据至少两种平滑参数分量，确定平滑度调整参数。例如，计算至少两种平滑参数分量的均值或加权和，获取平滑度调整参数。由于作业区域的地形、作业对象的状态信息及作业类型会影响作业任务的执行过程。因此，本申请实施例中，先根据作业区域的地形、作业对象的状态信息及作业类型确定平滑参数分量，根据平滑参数分量生成所述平滑度调整参数，一定程度上可以确保确定的平滑调整参数可以更加适配作业任务。

可选的，本申请实施例中，还可以根据检测到的所述平滑度调整操作以及平滑参数分量，生成平滑度调整参数。示例的，可以根据平滑度调整操作生成第一平滑调整参数，以及，根据所述平滑参数分量生成第二平滑调整参数，根据预设权重、所述第一平滑调整参数及所述第二平滑调整参数，计算所述平滑度调整参数。其中，根据平滑度调整操作生成第一平滑调整参数时，可以是将用户通过平滑度调整操作输入的平滑值确定为第一平滑调整参数。根据平滑参数分量生成第二平滑调整参数时，可以是将平滑参数分量的均值确定为第二平滑调整参数。这样，通过结合平滑度调整操作以及平滑参数分量，生成平滑度调整参数，使得平滑度调整参数可以同时适配用户需求及作业任务，进而提高后续根据平滑度调整参数进行平滑处理的效果。

可选的，在一种实现方式中，平滑度调整参数可以包括航线采样距离，根据平滑调整参数，对初始航线进行平滑处理，以得到目标航线的步骤可以包括子步骤（5）：

子步骤（5）：根据所述航线采样距离，对所述初始航线进行采样以获取所述初始航线中的多个航点，其中，所述目标航线包括所述多个航点中相邻的航点连接得到的飞行航线。

本申请实施例中，航线采样距离可以用于表示进行航点采样时各个航点之间的间距。对初始航线进行采样时，可以按照航线采样距离等间距依次采样初始航线上的航点，以获得多个航点。其中，航线采样距离又可以称为高度采样距离。航线采样距离越大，采样到的航点之间的间距越大，相应地，根据这些航点连接得到的飞行航线越平滑。反之，航线采样距离越小，采样到的航点之间的间距越小，相应地，根据这些航点连接得到的飞行航线跟随地形的精度越高，相应地，根据这些航点连接得到的飞行航线的平滑度越差。示例的，图 4 是本申请实施例提供的一种航线示意图，图 5 是本申请实施例提供的另一种航线示意图。其中，实线表示多个航点中相邻的航点连接得到的飞行航线，粗虚线用于表示该航线的平滑度，细虚线用于表示采样的航点的位置。图 4 中的航线采样距离大于图 5 中的航线采样距离，可以看出，图 4 中航线的平滑度与图 5 中航线的平滑度不同。图 5 中的航线更加崎岖，平滑度较差，图 4 中的航线更加平滑。需要说明的是，实际应用场景中航线一般为三维航线，为方便示意图中示出航线投影在平面上的形态。例如，可以示出投影到垂直平面上的形态，这样，可以方便展示三维航线的高低起伏程度。

相较于采用固定的航线采样距离生成目标航线的方式，例如，每次均间隔 2m 采样航点。由于本申请实施例中平滑度调整参数是根据地形、状态信息、作业类型、用户的平滑度调整操作

确定的，因此，更加适配当前的作业任务和/或用户需求，这样，根据平滑度调整参数中包括的航线采样距离，从初始航线中采样用于组成目标航线的航点，一定程度上可以使得目标航线的平滑度更加适配当前的作业任务和/或用户需求，进而提高后续根据该目标航线执行作业任务的作业效率。

可选的，在一种实现方式中，航线采样距离可以通过下述子步骤（6）~子步骤（7）获取：

子步骤（6）：获取采样距离调节参数，其中，所述采样距离调节参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种生成的。

本申请实施例中，采样距离调节参数可以是用于确定航线采样距离的参数。示例的，本步骤可以将用户通过平滑度调整操作输入的平滑度值确定为采样距离调节参数，或者是将根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型确定的平滑参数分量的均值确定为采样距离调节参数。

子步骤（7）：根据所述采样距离调节参数，确定所述航线采样距离。

可选的，本申请实施例中，可以先获取采样距离调节参数与第一预设系数的乘积，然后将乘积与第二预设系数之和，确定为航线采样距离。其中，第一预设系数及第二预设可以是根据实际情况预先设置的。示例的，航线采样距离可以表示为：

$$\Delta = 2.0 + \theta * 4.0$$

其中，Δ 表示航线采样距离，θ 表示采样距离调节参数，第一预设系数为 4.0，第二预设系数为 2.0。

本申请实施例中，根据作业区域的地形、作业对象的状态信息、作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种获取采样距离调节参数，使得采样距离调节参数可以表示用户需求和/或作业任务的特征，这样，可以确保根据该采样距离调节参数确定出适配用户需求和/或作业任务的航线采样距离。

可选的，在本申请的另一种实现方式中，平滑度调整参数可以包括拟合精度参数，根据平滑度调整参数，对初始航线进行平滑处理，以得到目标航线的步骤可以包括子步骤（8）~子步骤（9）：

子步骤（8）：获取所述初始航线的多个航点。

可选的，平滑度调整参数还可以包括航线采样距离。获取航点时，可以获取航线采样距离，根据航线采样距离对初始航线进行采样，以获取初始航线的多个航点。其中，获取航线采样距离的方式以及采样的方式可以参照前述步骤中的相关描述，本申请实施例在此不作赘述。

子步骤（9）：根据所述拟合精度参数，对所述多个航点执行拟合算法以得到所述多个航点对应的所述目标航线。

可选的，拟合精度参数可以用于限定航点与目标航线之间的最大垂直距离。拟合精度参数

越大，拟合得到的目标航线越平滑。反之，拟合精度参数越小，拟合得到的目标航线的平滑度越差。示例的，图 6 是本申请实施例提供的一种航线拟合示意图，图 7 是本申请实施例提供的另一种航线拟合示意图。其中，线条 c 表示拟合得到的目标航线，图 6 中的拟合精度参数大于图 7 中的拟合精度参数，可以看出，图 6 中目标航线的仿地精度更低，平滑度更高，图 7 中目标航线更加崎岖，仿地精度更高，平滑度更低。

进一步地，拟合精度参数可以是根据作业区域的地形、作业区域中的作业对象的状态信息、对作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种生成的。这样，可以使得拟合精度参数可以适配用户需求和/或作业任务，进而可以确保根据该拟合精度参数拟合出满足用户需求和/或作业任务的目标航线。示例的，获取拟合精度参数时，可以将用户通过平滑度调整操作输入的平滑度值作为获取拟合精度参数，这样，用户通过控制滑块控件，即可控制拟合精度参数，进而控制航线的平滑度。或者，也可以是将平滑参数分量的均值确定为获取拟合精度参数，本申请实施例对此不作限定。

进一步地，拟合算法可以是根据实际需求选择的。可选的，拟合算法可以为最小二乘拟合算法。本申请实施例中，可以将航点作为最小二乘拟合算法的输入，根据最小二乘拟合算法拟合出使航点均处于以拟合精度参数为半径的管道内，确保航点与目标航线之间的最大垂直距离不超过拟合精度参数。由于最小二乘拟合算法可以根据已知点集拟合出与已知数据之间的距离的平方和最小的线条，因此，采用最小二乘拟合算法拟合目标航线，可以使得目标航线的偏差更小，进而提高拟合出的目标航线的准确性。

在现有的一种实现方式中，根据航点拟合目标航线时，往往是以固定的共线阈值作为平滑调整参数。然后根据共线阈值对航点进行过滤，示例的，假设共线阈值为 0.2 米，可以删除距离大于 0.2 米的相邻航点中的一个航点，以实现过滤。最后将过滤后剩余的航点连接形成的航线，作为目标航线。由于删除了航点，这样最终生成的目标航线的精度往往会较低。而本申请实施例中无需删除航点，根据采样的所有航点拟合得到目标航线，使得目标航线可以兼顾更多的航点，进而一定程度上可以提高目标航线的精度。

可选的，在本申请的又一种实现方式中，初始航线可以包括作业航线和非作业航线，其中，作业航线为无人飞行器上携带的作业设备处于工作状态，进行作业的航线，非作业航线为无人飞行器上携带的作业设备处于非工作状态，不进行作业的航线。示例的，图 8 是本申请实施例提供的一种初始航线示意图，其中，实线部分表示作业航线，虚线部分表示非作业航线。

相应地，根据平滑度调整参数，对初始航线进行平滑处理，以得到目标航线的步骤可以包括：

子步骤（10）：根据所述平滑度调整参数，对所述作业航线进行平滑处理，以得到目标作业航线。

具体的根据平滑度调整参数进行平滑处理的实现过程可以参照前述步骤中的相关描述，本

申请实施例在此不作赘述。

由于执行作业任务时，仅在作业航线上进行作业，无需在非作业航线上进行作业，即，非作业航线上没有地形跟随的需求。因此，本申请实施例中可以仅根据平滑度调整参数对作业航线进行平滑处理，以确保在作业航线上进行作业时的作业精度以及作业效率。对于非作业航线，由于不需要作业，因此，可以不考虑作业精度，在保证飞行安全的情况下尽可能提高非作业航线的平滑度，以方便控制无人飞行器。

可选的，本申请实施例中还可以根据下述子步骤实现对非作业航线的处理：

子步骤（11）：获取所述非作业航线上的多个航点，其中，所述多个航点中包括在所述飞行航线上的起始航点、终止航点和位于起始航点、终止航点之间的中间航点。

本申请实施例中，可以采样非作业航线两端的点，得到起始航点和终止航点。然后从起始航点与终止航点之间的非作业航线上采样航点，得到中间航点。或者，也可以是从前述步骤中采样的航点中，获取位于非作业航线两端的航点，以及位于起始航点与终止航点之间的航点，得到非作业航线上的多个航点。

子步骤（12）：将所述中间航点的高度确定为目标高度，其中，所述中间航点的高度不小于所述中间航点在所述初始航线的高度。

本申请实施例中，将中间航点的高度确定为目标高度，一定程度上可以调高中间航点的高度，进而实现将非作业航线凸化，提高非作业航段的平滑度。可选的，将中间航点的高度确定为目标高度时，可以确定所述多个航点中高度最大的航点；根据所述高度最大的航点的高度确定所述中间航点的参考高度；将所述参考高度和中间航点在所述初始航线上的高度中较大值确定所述中间航点的目标高度。

可选的，可以将中间航点在初始航线的高度进行比对，根据比对结果选择高度最大的航点。进一步地，根据高度最大的航点的高度确定中间航点的参考高度的步骤可以包括：

子步骤 A、当所述中间航点位于所述起始航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述起始航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述起始航点之间的相对位置参数确定所述中间航点的参考高度。

本申请实施例中，相对位置参数可以表示中间航点与起始航点之间最短直线距离，中间航点与起始航点之间的相对位置参数可以为第一距离与第二距离之间的比值，其中，第一距离为起始航点与中间航点之间的距离，第二距离为起始航点与高度最大的航点之间的距离，航点之间的距离可以为航点之间航线的程度，也可以为航点之间航线在垂直平面上的投影长度。

示例的，假设高度最大的航点为 M，M 在初始航线中的高度为 hm，起始航点为 A，A 在初始航线中的高度为 ha，起始航点 A 与高度最大的航点 M 之间的距离为 l_am，起始航点 A 与中间航点 X 之间的距离为 l_ax。那么相对位置参数可以表示为 l_ax/l_am。进一步地，确定中间航点的参考高度时，可以先计算相对位置参数与起始航点在初始航线上的高度之间的和值，以及

计算高度最大的航点在初始航线上的高度与起始航点在初始航线上的高度之间的差值。最后计算和值与差值的乘积，得到参考高度。该参考高度可以表示为：

$$(hm - ha)(l_ax/l_am) + ha)$$

进一步地，可以中间航点的目标高度可以表示为：

$$hx' = \max(hx, (hm - ha)(l_ax/l_am) + ha)$$

子步骤 B、当所述中间航点位于所述终止航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述终止航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述终止航点之间的相对位置参数，确定所述中间航点的参考高度。

本申请实施例中，中间航点与终止航点之间的相对位置参数可以表示中间航点与终止航点之间最短直线距离，中间航点与终止航点之间的相对位置参数可以为第三距离与第四距离之间的比值，其中，第三距离可以为高度最大的航点与中间航点之间的距离，第四距离为高度最大的航点与终止航点之间的距离。

示例的，假设高度最大的航点为 M，M 在初始航线中的高度为 hm，终止航点为 B，B 在初始航线中的高度为 hb，高度最大的航点 M 与终止航点 B 之间的距离为 l_mb，高度最大的航点 M 与中间航点 X 之间的距离为 l_mx。那么参考高度可以表示为：

$$(hm - hb)(l_mx/l_mb) + hm)$$

进一步地，可以中间航点的目标高度可以表示为：

$$hx' = \max(hx, (hm - hb)(l_mx/l_mb) + hm)$$

子步骤（13）：将起始航点、终止航点和高度确定为目标高度的多个中间航点中相邻的航点连接得到的飞行航线确定为目标非作业航线。

本申请实施例中，目标非作业航线和前述步骤中得到的目标作业航线可以构成目标航线。通过计算表示中间航点与起始航点之间最短直线距离的相对位置参数，根据相对位置参数确定中间航点的参考高度，并在参考高度不小于中间航点在初始航线中高度的情况下，将中间航点的高度调整为参考高度，进而实现在安全范围内，尽可能提高中间航点的高度。进一步地，根据起始航点、终止航点和中间航点可以使得根据起始航点、终止航点和高度确定为目标高度的多个中间航点确定目标非作业航线，可以使得目标非作业航线拥有较大的平滑度。图 9 是本申请实施例提供的一种非作业航线的处理示意图，如图 9 所示，线条 x 表示实际地形起伏。线条 y 表示线条 x 对应的非作业航线，线条 z 表示处理后得到的目标非作业航线，线条 y 和线条 z 之间的点用于表示非作业航线上的航点，这些点实际位于线条 y 上，为方便观看，将这些点分离出来表示。可以看出，线条 z 的更加平滑，这样，根据线条 z 飞行时更节能，控制上更容易实现。

由于航线平滑度较差，航线反复的起伏时，会导致无人飞行器频繁的调整飞行姿态。因此，本申请实施例中通过获取目标非作业航线，使得无人飞行器根据目标非作业航线飞行时，不会

执行不必要的调整飞行姿态的操作，进而可以避免无人飞行器电量的无效损失，提高无人飞行器的作业效率。

图 10 是本申请实施例提供的一种无人飞行器的航线平滑处理装置的框图，如图 10 所示，该装置可以包括：存储器 201 和处理器 202。

所述存储器 201，用于存储程序代码。所述处理器 202，调用所述程序代码，当所述程序代码被执行时，用于执行以下操作：获取无人飞行器在作业区域的初始航线。获取平滑度调整参数，其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的。根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线。根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务。

可选的，所述作业区域中的作业对象的状态信息包括以下至少一种：所述作业区域中的作业对象的密集程度、所述作业区域中作业对象的类型和所述作业对象在所述作业区域中的覆盖率。可选的，所述作业区域中作业对象的状态信息是根据所述作业区域的三维模型信息确定的。可选的，所述处理器 202，具体用于：检测用户的平滑度调整操作。根据检测到的所述平滑度调整操作，生成所述平滑度调整参数。可选的，所述处理器 202 还用于：在交互装置上显示平滑度设置界面。示例的，处理器 202 可以控制交互装置的显示模组显示平滑度设置界面。

所述处理器 202，具体用于：检测用户对所述平滑度设置界面的平滑度设置操作。可选的，所述平滑度调整参数包括航线采样距离，所述处理器 202，具体用于：根据所述航线采样距离，对所述初始航线进行采样以获取所述初始航线中的多个航点，其中，所述目标航线包括所述多个航点中相邻的航点连接得到的飞行航线。

可选的，所述处理器 202，具体用于：获取采样距离调节参数，其中，所述采样距离调节参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种生成的。根据所述采样距离调节参数，确定所述航线采样距离。

可选的，所述处理器 202，具体用于：获取所述采样距离调节参数与所述第一预设系数的乘积。将所述乘积与所述第二预设系数之和，确定为所述航线采样距离。可选的，所述平滑度调整参数包括拟合精度参数。所述处理器 202，具体用于：获取所述初始航线的多个航点。根据所述拟合精度参数，对所述多个航点执行拟合算法以得到所述多个航点对应的所述目标航线。可选的，所述处理器 202，具体用于：获取航线采样距离，根据所述航线采样距离对所述初始航线进行采样，以获取所述初始航线的多个航点。可选的，所述拟合精度参数用于限定所述航点与所述目标航线之间的最大垂直距离。可选的，所述拟合算法为最小二乘拟合算法。可选的，所述初始航线包括作业航线和非作业航线。所述处理器 202，具体用于：根据所述平滑度调整参数，对所述作业航线进行平滑处理，以得到目标作业航线。

所述处理器 202 还用于：获取所述非作业航线上的多个航点，其中，所述多个航点中包括在所述飞行航线上的起始航点、终止航点和位于起始航点、终止航点之间的中间航点。将所述中间航点的高度确定为目标高度，其中，所述中间航点的高度不小于所述中间航点在所述初始航线的高度。

将起始航点、终止航点和高度确定为目标高度的多个中间航点中相邻的航点连接得到的飞行航线确定为目标非作业航线。

可选的，所述处理器 202，具体用于：确定所述多个航点中高度最大的航点。

根据所述高度最大的航点的高度确定所述中间航点的参考高度。

将所述参考高度和中间航点在所述初始航线上的高度中较大值确定所述中间航点的目标高度。

可选的，所述处理器 202，具体用于：

当所述中间航点位于所述起始航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述起始航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述起始航点之间的相对位置参数，确定所述中间航点的参考高度。

当所述中间航点位于所述终止航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述终止航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述终止航点之间的相对位置参数，确定所述中间航点的参考高度。

上述装置执行操作与上述方法中的各个对应步骤类似，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。进一步地，本申请实施例还提供一种控制终端，所述控制终端包含上述无人飞行器的航线平滑处理装置；所述无人飞行器的航线平滑处理装置用于执行航线平滑处理方法中的各个步骤，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。进一步地，本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质上存储计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述无人飞行器的航线平滑处理方法中的各个步骤，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，其中所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。本领域普通技术人员在不付出创造性的劳动的情况下，即可以理解并实施。本申请的各个部件实施例可以以硬件实现，或者以在一个或者多个处理器上运行的软件模块实现，或者以它们的组合实现。本领域的技术人员应当理解，可以在实践中使用微处理器或者数字信号处理器来实现根据本申请实施例的计算处理设备中的一些或者全部部件的一些或者全部功能。本申请还可以实现为用于执行这里所描述的方法的一部分或者全部的设备或者装置程序（例如，计算机程序和计算机程序产品）。这样的实现本申请的程序可以存储在计算机可读介质上，或者可以具有一个或者多个

信号的形式。这样的信号可以从因特网网站上下载得到，或者在载体信号上提供，或者以任何其他形式提供。例如，图 11 为本申请实施例提供的一种计算处理设备的框图，如图 11 所示，图 11 示出了可以实现根据本申请的方法的计算处理设备。该计算处理设备传统上包括处理器 310 和以存储器 320 形式的计算机程序产品或者计算机可读介质。存储器 320 可以是诸如闪存、EEPROM（电可擦除可编程只读存储器）、EPROM、硬盘或者 ROM 之类的电子存储器。存储器 320 具有用于执行上述方法中的任何方法步骤的程序代码的存储空间 330。例如，用于程序代码的存储空间 330 可以包括分别用于实现上面的方法中的各种步骤的各个程序代码。这些程序代码可以从一个或者多个计算机程序产品中读出或者写入到这一个或者多个计算机程序产品中。这些计算机程序产品包括诸如硬盘，紧致盘（CD）、存储卡或者软盘之类的程序代码载体。这样的计算机程序产品通常为如参考图 12 所述的便携式或者固定存储单元。该存储单元可以具有与图 11 的计算处理设备中的存储器 320 类似布置的存储段、存储空间等。程序代码可以例如以适当形式进行压缩。通常，存储单元包括计算机可读代码，即可以由例如诸如 310 之类的处理器读取的代码，这些代码当由计算处理设备运行时，导致该计算处理设备执行上面所描述的方法中的各个步骤。本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。本文中所称的“一个实施例”、“实施例”或者“一个或者多个实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或者特性包括在本申请的至少一个实施例中。此外，请注意，这里“在一个实施例中”的词语例子不一定全指同一个实施例。在此处所提供的说明书中，说明了大量具体细节。然而，能够理解，本申请的实施例可以在没有这些具体细节的情况下被实践。在一些实例中，并未详细示出公知的方法、结构和技术，以便不模糊对本说明书的理解。在权利要求中，不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的元件或步骤。位于元件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的元件。本申请可以借助于包括有若干不同元件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中，这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。最后应说明的是：以上实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求

1、一种无人飞行器的航线平滑处理方法，其特征在于，所述方法包括：

获取无人飞行器在作业区域的初始航线；

获取平滑度调整参数，其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的；

根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线；

根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务。

2、根据权利要求 1 所述方法，其特征在于，所述作业区域中的作业对象的状态信息包括以下至少一种：所述作业区域中的作业对象的密集程度、所述作业区域中作业对象的类型和所述作业对象在所述作业区域中的覆盖率。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述作业区域中作业对象的状态信息是根据所述作业区域的三维模型信息确定的。

4、根据权利要求 1-3 任一项所述方法，其特征在于，所述获取平滑度调整参数，包括：

检测用户的平滑度调整操作；

根据检测到的所述平滑度调整操作，生成所述平滑度调整参数。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

在交互装置上显示平滑度设置界面；

所述检测用户的平滑度调整操作，包括：

检测用户对所述平滑度设置界面的平滑度设置操作。

6、根据权利要求 1-5 任一项所述的方法，其特征在于，所述平滑度调整参数包括航线采样距离，所述根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线，包括：

根据所述航线采样距离，对所述初始航线进行采样以获取所述初始航线中的多个航点，其中，所述目标航线包括所述多个航点中相邻的航点连接得到的飞行航线。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述获取平滑度调整参数，包括：

获取采样距离调节参数，其中，所述采样距离调节参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种生成的；

根据所述采样距离调节参数，确定所述航线采样距离。

8、根据权利要求 1-5 任一项所述方法，其特征在于，所述平滑度调整参数包括拟合精度参数；

所述根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线，包括：

获取所述初始航线的多个航点；

根据所述拟合精度参数，对所述多个航点执行拟合算法以得到所述多个航点对应的所述目标航线。

9、根据权利要求 8 所述方法，其特征在于，所述获取所述初始航线的多个航点，包括：

获取航线采样距离，根据所述航线采样距离对所述初始航线进行采样，以获取所述初始航线的多个航点。

10、根据权利要 8 或 9 所述的方法，其特征在于，所述拟合精度参数用于限定所述航点与所述目标航线之间的最大垂直距离。

11、根据权利要求 8 至 10 中任一所述方法，其特征在于，所述拟合算法为最小二乘拟合算法。

12、根据权利要求 1-11 任一项所述方法，其特征在于，所述初始航线包括作业航线和非作业航线；

所述根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线，包括：

根据所述平滑度调整参数，对所述作业航线进行平滑处理，以得到目标作业航线；

所述方法还包括：

获取所述非作业航线上的多个航点，其中，所述多个航点中包括在所述飞行航线上的起始航点、终止航点和位于起始航点、终止航点之间的中间航点；

将所述中间航点的高度确定为目标高度，其中，所述中间航点的高度不小于所述中间航点在所述初始航线的高度；

将起始航点、终止航点和高度确定为目标高度的多个中间航点中相邻的航点连接得到的飞行航线确定为目标非作业航线。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其特征在于，所述将所述中间航点的高度确定为目标高度，包括：

确定所述多个航点中高度最大的航点；

根据所述高度最大的航点的高度确定所述中间航点的参考高度；

将所述参考高度和中间航点在所述初始航线上的高度中较大值确定所述中间航点的目标高度。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述根据所述高度最大的航点的高度确定所述中间航点的参考高度，包括：

当所述中间航点位于所述起始航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述起始航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述起始航点之间的相对位置参数，确定所述中间航点的参考高度；

当所述中间航点位于所述终止航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述终止航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述终止航点之间的相对位置

参数，确定所述中间航点的参考高度。

15、一种无人飞行器的航线平滑处理装置，其特征在于，所述装置包括：存储器和处理器，所述存储器，用于存储程序代码；

所述处理器，调用所述程序代码，当所述程序代码被执行时，用于执行以下操作：

获取无人飞行器在作业区域的初始航线；

获取平滑度调整参数，其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的；

根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线；

根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务。

16、根据权利要求 15 所述装置，其特征在于，所述作业区域中的作业对象的状态信息包括以下至少一种：所述作业区域中的作业对象的密集程度、所述作业区域中作业对象的类型和所述作业对象在所述作业区域中的覆盖率。

17、根据权利要求 15 或 16 所述的装置，其特征在于，所述作业区域中作业对象的状态信息是根据所述作业区域的三维模型信息确定的。

18、根据权利要求 15-17 任一项所述装置，其特征在于，所述处理器，具体用于：

检测用户的平滑度调整操作；

根据检测到的所述平滑度调整操作，生成所述平滑度调整参数。

19、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述处理器还用于：

在交互装置上显示平滑度设置界面；

所述处理器，具体用于：

检测用户对所述平滑度设置界面的平滑度设置操作。

20、根据权利要求 15-19 任一项所述的装置，其特征在于，所述平滑度调整参数包括航线采样距离，所述处理器，具体用于：

根据所述航线采样距离，对所述初始航线进行采样以获取所述初始航线中的多个航点，其中，所述目标航线包括所述多个航点中相邻的航点连接得到的飞行航线。

21、根据权利要求 20 所述的装置，其特征在于，所述处理器，具体用于：

获取采样距离调节参数，其中，所述采样距离调节参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种生成的；

根据所述采样距离调节参数，确定所述航线采样距离。

22、根据权利要求 15-19 任一项所述装置，其特征在于，所述平滑度调整参数包括拟合精度参数；

所述处理器，具体用于：

获取所述初始航线的多个航点；

根据所述拟合精度参数，对所述多个航点执行拟合算法以得到所述多个航点对应的所述目标航线。

23、根据权利要求 22 所述装置，其特征在于，所述处理器，具体用于：

获取航线采样距离，根据所述航线采样距离对所述初始航线进行采样，以获取所述初始航线的多个航点。

24、根据权利要 22 或 23 所述的装置，其特征在于，所述拟合精度参数用于限定所述航点与所述目标航线之间的最大垂直距离。

25、根据权利要求 22 至 24 中任一所述装置，其特征在于，所述拟合算法为最小二乘拟合算法。

26、根据权利要求 15-25 任一项所述装置，其特征在于，所述初始航线包括作业航线和非作业航线；

所述处理器，具体用于：

根据所述平滑度调整参数，对所述作业航线进行平滑处理，以得到目标作业航线；

所述处理器还用于：

获取所述非作业航线上的多个航点，其中，所述多个航点中包括在所述飞行航线上的起始航点、终止航点和位于起始航点、终止航点之间的中间航点；

将所述中间航点的高度确定为目标高度，其中，所述中间航点的高度不小于所述中间航点在所述初始航线的高度；

将起始航点、终止航点和高度确定为目标高度的多个中间航点中相邻的航点连接得到的飞行航线确定为目标非作业航线。

27、根据权利要求 26 所述的装置，其特征在于，所述处理器，具体用于：

确定所述多个航点中高度最大的航点；

根据所述高度最大的航点的高度确定所述中间航点的参考高度；

将所述参考高度和中间航点在所述初始航线上的高度中较大值确定所述中间航点的目标高度。

28、根据权利要求 27 所述的装置，其特征在于，所述处理器，具体用于：

当所述中间航点位于所述起始航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述起始航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述起始航点之间的相对位置参数，确定所述中间航点的参考高度；

当所述中间航点位于所述终止航点和所述高度最大的航点之间时，根据所述终止航点在初始航线上的高度、所述高度最大的航点的高度和所述中间航点与所述终止航点之间的相对位置参数，确定所述中间航点的参考高度。

29、一种控制终端，其特征在于，包括：权利要求 15 至 28 中任一项所述的无人飞行器的航线平滑处理装置。

30、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上存储计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1-14 任一项所述的无人飞行器的航线平滑处理方法。

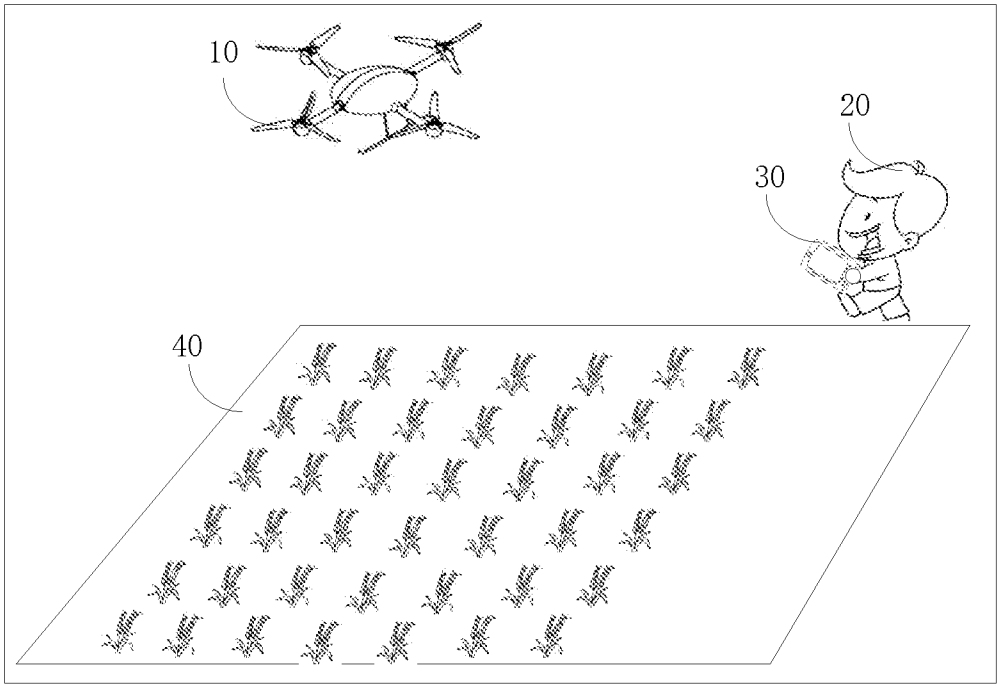

10
20
30
40

图 1

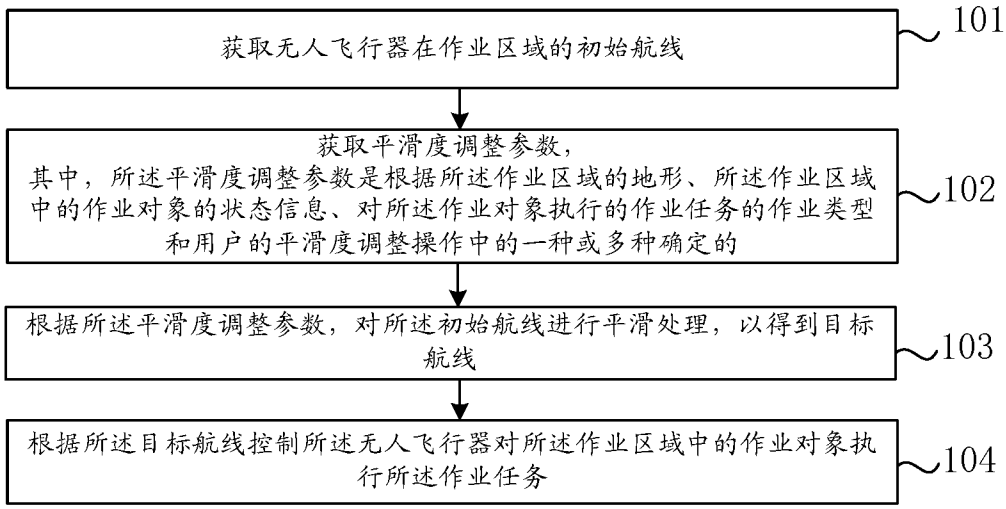

获取无人飞行器在作业区域的初始航线
101
获取平滑度调整参数，
其中，所述平滑度调整参数是根据所述作业区域的地形、所述作业区域中的作业对象的状态信息、对所述作业对象执行的作业任务的作业类型和用户的平滑度调整操作中的一种或多种确定的
102
根据所述平滑度调整参数，对所述初始航线进行平滑处理，以得到目标航线
103
根据所述目标航线控制所述无人飞行器对所述作业区域中的作业对象执行所述作业任务
104

图 2

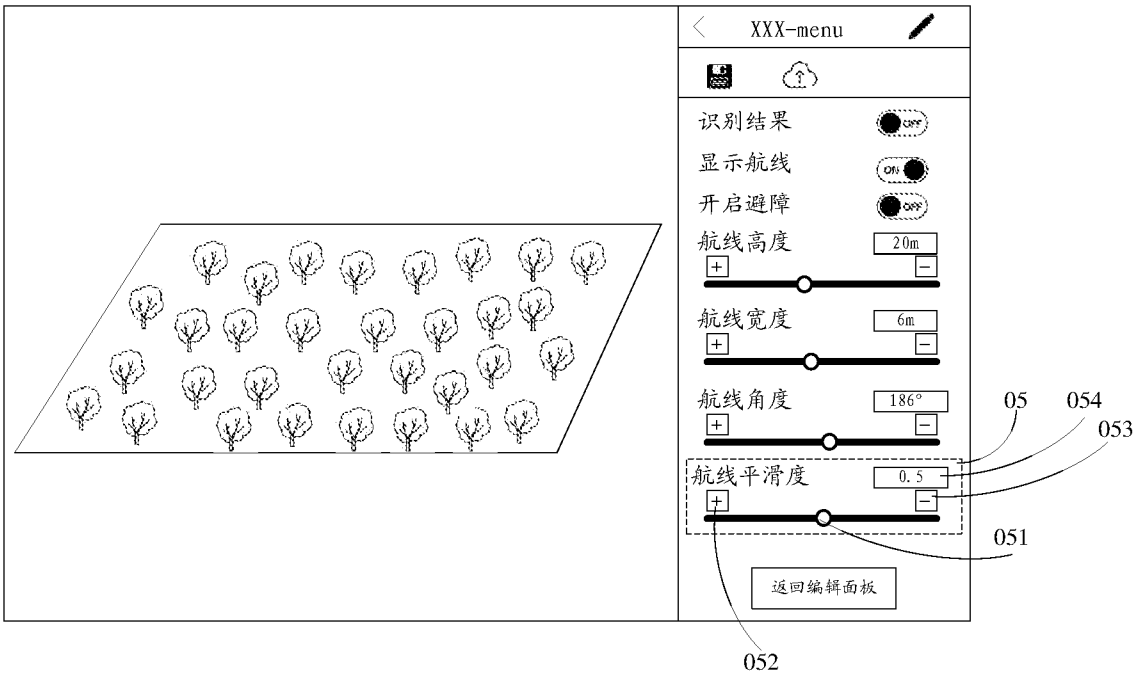

XXX-menu
识别结果
显示航线
开启避障
航线高度
20m
航线宽度
6m
航线角度
186°
航线平滑度
0.5
返回编辑面板
05
054
053
051
052

图 3

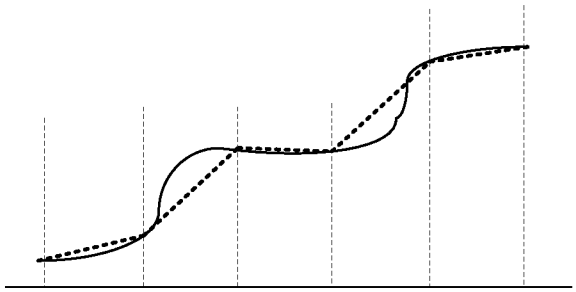


图 4

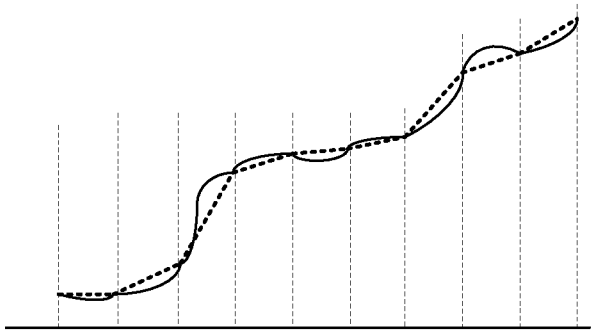


图 5

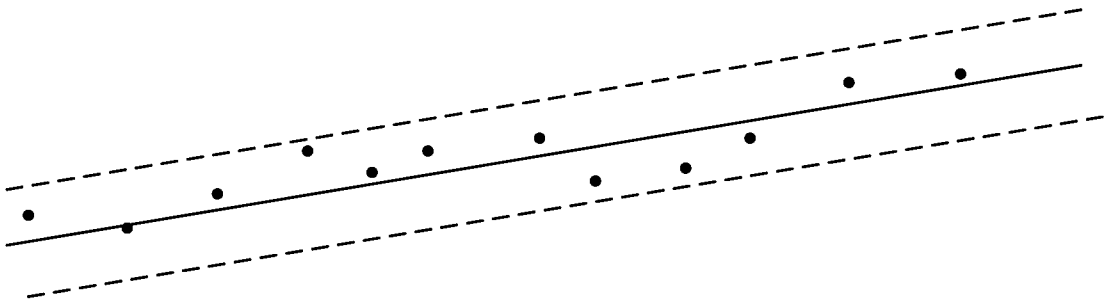


图 6

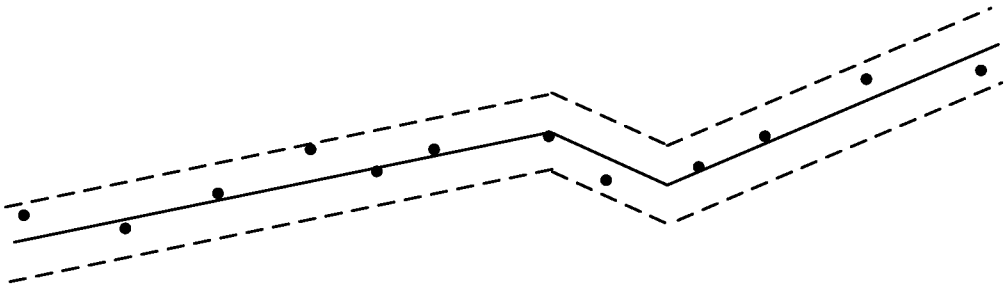


图 7

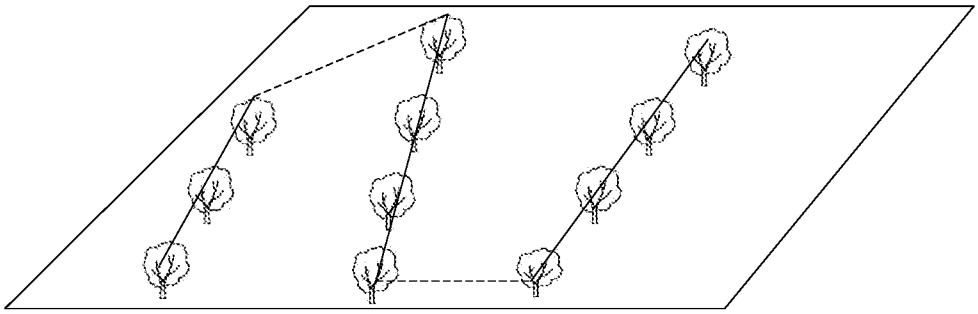


图 8

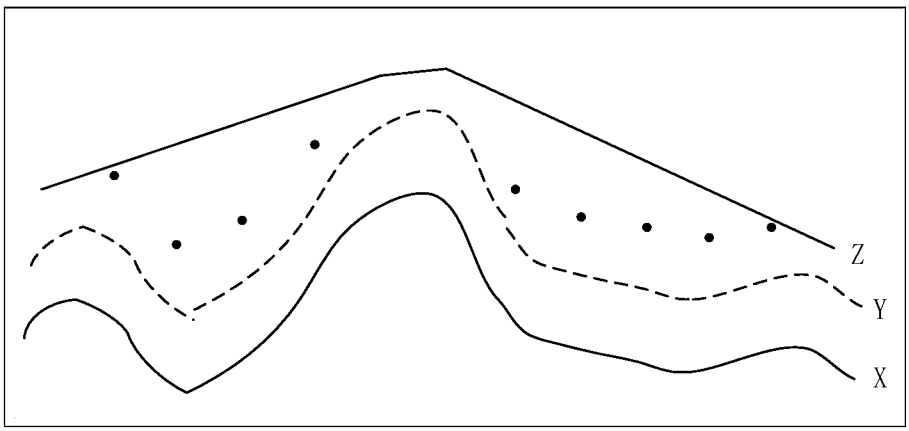


图 9

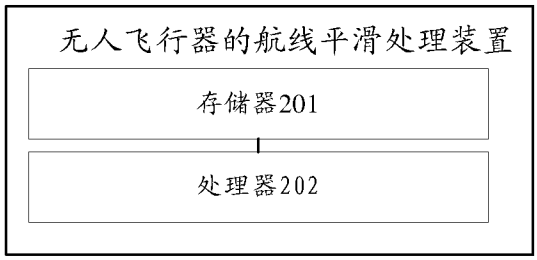

无人飞行器的航线平滑处理装置
存储器201
处理器202

图 10

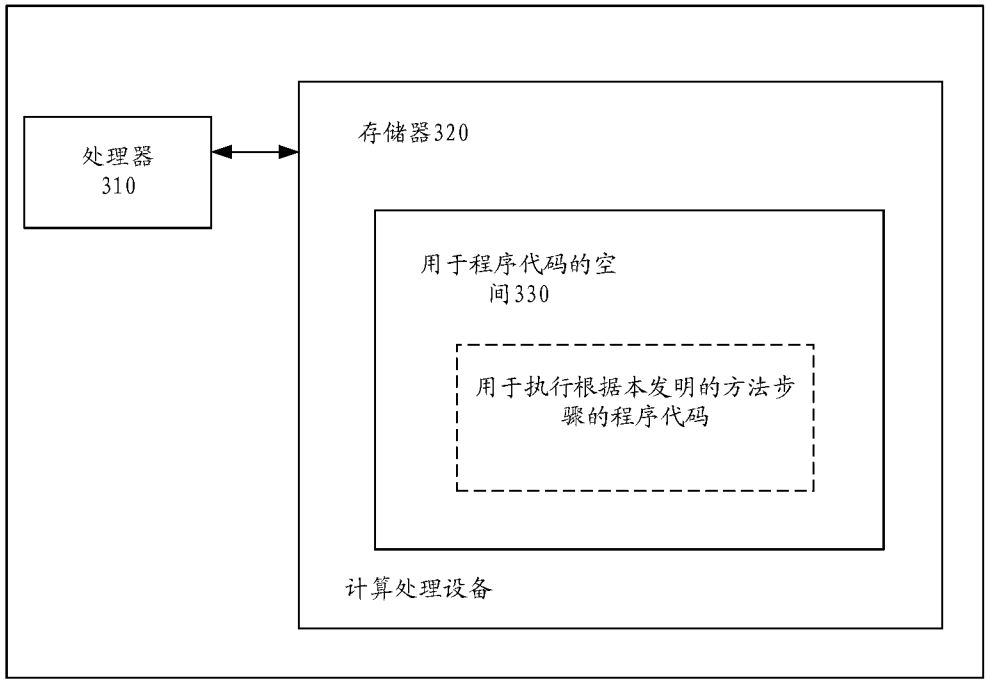

处理器
310
存储器320
用于程序代码的空间330
用于执行根据本发明的方法步骤的程序代码
计算处理设备

图 11

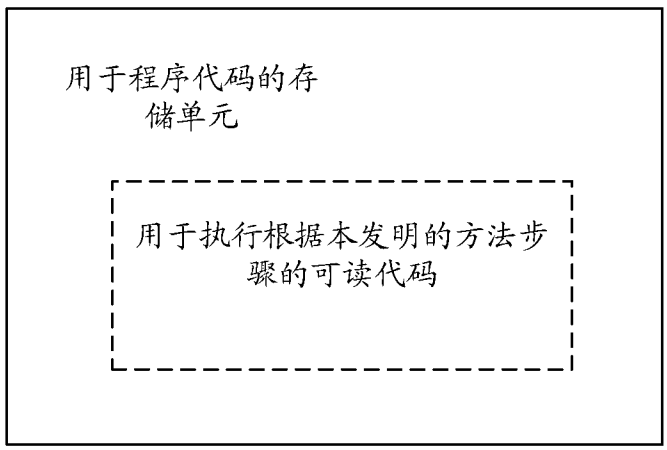

用于程序代码的存储单元
用于执行根据本发明的方法步骤的可读代码

图 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/092463

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05D 1/10(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 无人机, 无人飞机, 飞行器, 路径, 路线, 轨迹, 航迹, 平滑, 作业, 地形, 状态, 类型, 区域, 对象, drone, unmanned, route, track+, trace, path, smooth+,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 108513643 A (SHENZHEN DAJIANG INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 07 September 2018 (2018-09-07) description, paragraphs [0030]-[0194]	1-30
Y	CN 109917813 A (CHENGDU WEILAI SPACE TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 June 2019 (2019-06-21) description, paragraphs [0037]-[0067]	1-30
A	CN 110187716 A (CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES, BEIJING) 30 August 2019 (2019-08-30) entire document	1-30
A	CN 108444482 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 24 August 2018 (2018-08-24) entire document	1-30
A	CN 107278262 A (SHENZHEN DAJIANG INNOVATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 20 October 2017 (2017-10-20) entire document	1-30
A	CN 104777846 A (CHANGCHUN INSTITUTE OF OPTICS, FINE MECHANICS AND PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 15 July 2015 (2015-07-15) entire document	1-30

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
02 February 2021	**09 March 2021**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/092463

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017160751 A1 (PILOT AI LABS INC.) 08 June 2017 (2017-06-08) entire document	1-30

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/092463

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 108513643 A	07 September 2018	WO 2019041266 A1	07 March 2019
CN 109917813 A	21 June 2019	None	
CN 110187716 A	30 August 2019	None	
CN 108444482 A	24 August 2018	None	
CN 107278262 A	20 October 2017	US 2020346750 A1	05 November 2020
		WO 2018086130 A1	17 May 2018
CN 104777846 A	15 July 2015	CN 104777846 B	12 September 2017
US 2017160751 A1	08 June 2017	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/092463

A. 主题的分类

G05D 1/10(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G05D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC：无人机，无人飞机，飞行器，路径，路线，轨迹，航迹，平滑，作业，地形，状态，类型，区域，对象，drone, unmanned, route, track+, trace, path, smooth+,

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 108513643 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2018年 9月 7日 (2018-09-07) 说明书第[0030]-[0194]段	1-30
Y	CN 109917813 A (成都蔚来空间科技有限公司) 2019年 6月 21日 (2019-06-21) 说明书第[0037]-[0067]段	1-30
A	CN 110187716 A (中国地质大学北京) 2019年 8月 30日 (2019-08-30) 全文	1-30
A	CN 108444482 A (东北大学) 2018年 8月 24日 (2018-08-24) 全文	1-30
A	CN 107278262 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2017年 10月 20日 (2017-10-20) 全文	1-30
A	CN 104777846 A (中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 2015年 7月 15日 (2015-07-15) 全文	1-30
A	US 2017160751 A1 (PILOT AI LABS INC.) 2017年 6月 8日 (2017-06-08) 全文	1-30

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2021年 2月 2日	2021年 3月 9日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 李彦琴 电话号码 86-(10)53962504

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/092463

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	108513643	A	2018年 9月 7日	WO	2019041266	A1	2019年 3月 7日
CN	109917813	A	2019年 6月 21日		无		
CN	110187716	A	2019年 8月 30日		无		
CN	108444482	A	2018年 8月 24日		无		
CN	107278262	A	2017年 10月 20日	US	2020346750	A1	2020年 11月 5日
				WO	2018086130	A1	2018年 5月 17日
CN	104777846	A	2015年 7月 15日	CN	104777846	B	2017年 9月 12日
US	2017160751	A1	2017年 6月 8日		无		