

(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
2020 年 3 月 26 日 (26.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/056598 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01S 13/08 (2006.01) **G01S 7/41** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/106289
- (22) 国际申请日: 2018 年 9 月 18 日 (18.09.2018)
- (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区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 祝煌剑 (ZHU, Huangjian); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。
高迪 (GAO, Di); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研

研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。王春明 (WANG, Chunming); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 北京同立钧成知识产权代理有限公司 (LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街32号枫蓝国际A座8F-6, Beijing 100082 (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,

(54) Title: TERRAIN PREDICTION METHOD, APPARATUS AND SYSTEM USING CONTINUOUS WAVE RADAR, AND UNMANNED AERIAL VEHICLE

(54) 发明名称: 连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机

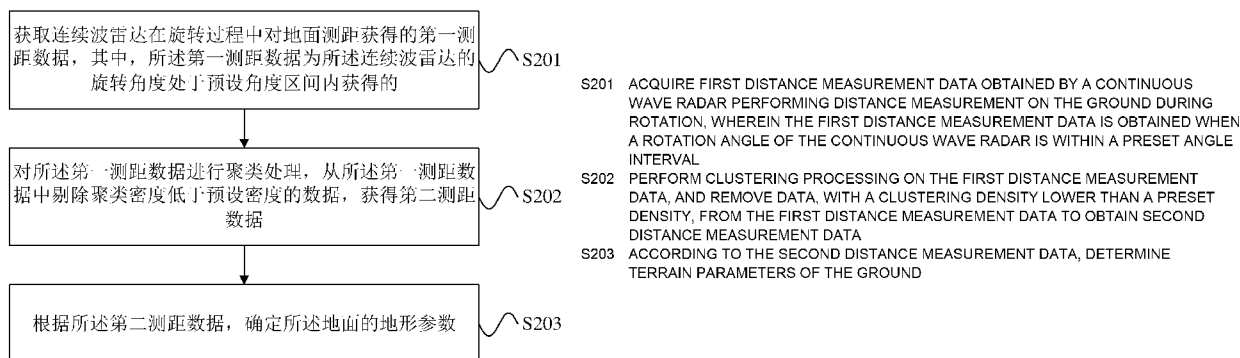


图 2

(57) Abstract: Provided are a terrain prediction method, apparatus and system using a continuous wave radar, and an unmanned aerial vehicle. The method comprises: acquiring first distance measurement data obtained by a continuous wave radar rotating to a preset angle interval during rotation to perform distance measurement on the ground (S201); performing clustering processing on the first distance measurement data, and removing data, with a clustering density lower than a preset density, from the first distance measurement data to obtain second distance measurement data (S202); and according to the second distance measurement data, determining terrain parameters of the ground (S203). Data with a clustering density lower than a preset density is first removed as outliers, and terrain prediction is then performed; therefore, interference in a continuous wave radar is eliminated, such that the accuracy of prediction of the ground terrain by the continuous wave radar is higher.

(57) 摘要: 提供一种连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机, 此方法包括: 获取连续波雷达在旋转过程中旋转至预设角度区间内对地面测距获得的第一测距数据 (S201); 对第一测距数据进行聚类处理, 从第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据, 获得第二测距数据 (S202); 根据第二测距数据, 确定地面的地形参数 (S203)。由于将聚类密度低于预设密度的数据作为野值先剔除, 然后再进行地形预测, 所以清除了连续波雷达受到的干扰, 使得连续波雷达对地面地形的预测准确率更高。

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, 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,
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))。

连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机

技术领域

- 5 本说明书实施例涉及无人机技术领域，尤其涉及一种连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机。

背景技术

- 10 目前无人机可以应用于多种场景，以农行业为例，无人机可以耕地、撒播、喷洒农药和收割庄稼等，给农业领域带来了极大的好处。在这些作业场景下，无人机大多需要近地飞行，并且要避免爬坡时误撞地面。在较平坦的地面上，基于全球定位系统（Global Positioning System, GPS）及惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）数据，无人机可以较顺利地完成任务；在较为崎岖的地形，无人机需要提前进行动作调整，进行爬坡、下坡、
15 减速、刹车等操作，实现近地飞行甚至等高飞行；这样才能使得无人机更好地完成上述作业。因此，需要先预测无人机作业的地面的地形信息。

- 20 现有技术中，一般通过连续波雷达旋转来测量与地面的多个距离，将这些距离分别转换为以测距传感器为坐标原点的坐标系上的坐标，然后利用这些坐标拟合出一条直线，根据拟合得到的直线获取地面的地形信息。但是，在实际情况中，由于连续波雷达内部、外部环境的干扰，会导致连续波雷达测量到的距离中存在野值，从而影响地形预测的准确率。

发明内容

- 25 本说明书实施例提供一种连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机，用于提高地形预测的准确率。

第一方面，本说明书实施例提供一种连续波雷达的地形预测方法，包括：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的第一测距数据，其中，所述第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，所述第一测距数据包括 N 个数据，所述 N 为大于 1 的整数；

- 30 对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密

度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，所述第二测距数据包括 M 个数据，所述 M 为小于等于 N 的正整数；

根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

5 第二方面，本说明书实施例提供一种连续波雷达的控制系统，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，当程序代码被执行时，用于执行以下操作：

10 获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的第一测距数据，其中，所述第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，所述第一测距数据包括 N 个数据，所述 N 为大于 1 的整数；

对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，所述第二测距数据包括 M 个数据，所述 M 为小于等于 N 的正整数；

15 根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

第三方面，本说明书实施例提供一种雷达探测装置，包括：连续波雷达以及连续波雷达的控制系统，所述连续波雷达的控制系统与所述连续波雷达通信连接。

20 所述连续波雷达的控制系统为如第二方面本说明书实施例所述的连续波雷达的控制系统。

第四方面，本说明书实施例提供一种无人机，包括：机架、飞行控制系统和以及如第三方面本说明书实施例所述的雷达探测装置，所述连续波雷达搭载在所述机架上。

25 所述飞行控制系统与所述雷达探测装置通信连接，以获取所述地形参数，所述飞行控制系统根据所述地形参数控制所述无人机。

第五方面，本说明书实施例提供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计算机程序，所述计算机程序包含至少一段代码，所述至少一段代码可由计算机执行，以控制所述计算机执行第一方面本说明书实施例所述的连续波雷达的地形预测方法。

30 第六方面，本说明书实施例提供一种计算机程序，当所述计算机程序被

计算机执行时，用于实现第一方面本说明书实施例所述的连续波雷达的地形预测方法。

本说明书实施例提供的连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机，通过获取在旋转过程中旋转至预设角度区间内对地面测距获得的第一测距数据，然后对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，再根据第二测距数据，确定地面的地形参数。由于本实施例将聚类密度低于预设密度的数据作为野值先剔除，然后再进行地形预测，所以清除了连续波雷达受到的干扰，使得连续波雷达对地面地形的预测准确率更高。

附图说明

为了更清楚地说明本说明书实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本说明书的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是根据本说明书的实施例的无人机 100 的示意性架构图；

图 2 为本说明书一实施例提供的连续波雷达的地形预测方法的流程图；

图 3 为本说明书一实施例提供的连续波雷达测距的一种示意图；

图 4 为本说明书一实施例提供的连续波雷达在预测角度区间内测距的一种示意图；

图 5 为本说明书另一实施例提供的连续波雷达的地形预测方法的流程图；

图 6A-图 6C 为本说明书一实施例提供的获取 M 个第一预设元素的示意图；

图 7A 为现有技术中根据未剔除聚类密度小于预设密度的数据的第一测距数据获得的拟合直线的一种示意图；

图 7B 为本说明书一实施例提供的根据剔除聚类密度小于预设密度的数据后的第二测距数据获得的拟合直线的一种示意图；

图 8 本说明书实施例提供的连续波雷达的控制系统的一种结构示意图；

图 9 为本说明书实施例提供的雷达探测装置的一种结构示意图；

图 10 为本说明书实施例提供的无人机的一种结构示意图。

具体实施方式

为使本说明书实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本说明书实施例中的附图，对本说明书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说明书一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本说明书中的实施例，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，都属于本说明书保护的范围。

本说明书的实施例提供了连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机。无人机可以是无人机，如旋翼飞行器（rotorcraft），例如，由多个推动装置通过空气推动的多旋翼飞行器，但是也可以其它类型的飞行器，本说明书的实施例并不限于此。

图1是根据本说明书的实施例的无人机100的示意性架构图。本实施例以旋翼无人飞行器为例进行说明。

无人机100可以包括动力系统、飞行控制系统和机架。无人机100可以与控制终端进行无线通信，该控制终端可以显示无人机的飞行信息等，控制终端可以通过无线方式与无人机100进行通信，用于对无人机100进行远程操纵。

其中，机架可以包括机身110和脚架120（也称为起落架）。机身110可以包括中心架111以及与中心架111连接的一个或多个机臂112，一个或多个机臂112呈辐射状从中心架延伸出。脚架120与机身110连接，用于在无人机100着陆时起支撑作用，另外脚架120之间还搭载有储液箱130，该储液箱用于存储药液或者水；而且机臂112的末端还搭载有喷头140，储液箱130中的液体通过泵泵入至喷头140，由喷头140喷散出去。

动力系统可以包括一个或多个电子调速器（简称为电调）、一个或多个螺旋桨150以及与一个或多个螺旋桨150相对应的一个或多个电机160，其中电机160连接在电子调速器与螺旋桨150之间，电机160和螺旋桨150设置在无人机100的机臂112上；电子调速器用于接收飞行控制系统产生的驱动信号，并根据驱动信号提供驱动电流给电机，以控制电机160的转速。电机160用于驱动螺旋桨150旋转，从而为无人机100的飞行提供动力，该动力使得无人机100能够实现一个或多个自由度的运动。在某些实施例中，无

人机 100 可以围绕一个或多个旋转轴旋转。例如，上述旋转轴可以包括横滚轴、偏航轴和俯仰轴。应理解，电机 160 可以是直流电机，也可以交流电机。另外，电机 160 可以是无刷电机，也可以是有刷电机。

5 飞行控制系统可以包括飞行控制器和传感系统。传感系统用于测量无人飞行器的姿态信息，即无人机 100 在空间的位置信息和状态信息，例如，三维位置、三维角度、三维速度、三维加速度和三维角速度等。传感系统例如可以包括陀螺仪、超声传感器、电子罗盘、惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit, IMU)、视觉传感器、全球导航卫星系统和气压计等传感器中的至少一种。例如，全球导航卫星系统可以是全球定位系统 (Global Positioning
10 System, GPS)。飞行控制器用于控制无人机 100 的飞行，例如，可以根据传感系统测量的姿态信息控制无人机 100 的飞行。应理解，飞行控制器可以按照预先编好的程序指令对无人机 100 进行控制，也可以通过响应来自控制终端的一个或多个控制指令对无人机 100 进行控制。

如图 1 所示，无人机的脚架 120 上搭载连续波雷达 170，该连续波雷达
15 170 为旋转连续波雷达，该连续波雷达 170 可以用于测距，但不限于测距。其中，无人机可以包括两个或两个以上脚架 170，连续波雷达 170 搭载在其中一个脚架 170 上。

应理解，上述对于无人机各组成部分的命名仅是出于标识的目的，并不应理解为对本说明书的实施例的限制。

20 图 2 为本说明书一实施例提供的连续波雷达的地形预测方法的流程图，如图 2 所示，本实施例的方法可以包括：

S201、获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的第一测距数据，其中，所述第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的。

25 S202、对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据。

S203、根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

本实施例中，可以通过连续波雷达可以对地面进行测距，以获得该连续波雷达相距地面的距离，其中连续波雷达可以旋转，当连续波雷达旋转不同的角度时，连续波雷达对地面进行测距的测距点也不相同，因此连续波雷达
30

检测到的与地面的距离也可能不相同，如图 3 所示。本实施例中，连续波雷达在旋转过程对地面测距时并且该连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内时获得第一测距数据，例如如图 4 所示，预设角度区间为-60 度至 60 度，其中，第一测距数据包括 N 个数据，N 为大于等于 2 的整数。每个数据反映了连续波雷达在旋转至对应的旋转角度时与地面的距离，对于同一测距点，若该测距点所在的地面高，则连续波雷达与地面的距离低，若该测距点所在的地面低，则连续波雷达与地面的距离大；例如：若连续波雷达与地面的不同测距点之间的距离差距较大，则说明地面的平整度低。对于多个测距点，若连续波雷达与地面的距离均较小，则说明该多个测距点所在的地面的坡度较高，若连续波雷达与地面的距离均较大，则说明该多个测距点所在的地面的坡度较低。

但是，由于而实际情况中，由于连续波雷达内部、外部环境的干扰，会导致连续波雷达测量到的距离中存在野值，例如：对于同一测距点，实际上该测距点与连续波雷达之间的距离较大，但由连续波雷达受到干扰，从而导致测距获得的数据较小，进而会导致预测的地形的坡度与实际坡度存在较大误差。尤其是在诸如农田、茶山等复杂应用场景中，野值的存在会导致地形预测不准确。

因此，本实施例需要先从所述第一测距数据中剔除野值，具体地，本实施例对该第一测距数据进行聚类处理，从该第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，该聚类密度低于预设密度的数据可以认为是野值，从而获得第二测距数据，其中，M 为小于等于 N 的正整数。然后根据剔除野值后获得的第二测距数据，确定该多个测距点所在地面的地形参数。可选地，该地形参数可以包括：地面的坡度、地面的平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值等。

例如：该预设角度区间为-60 度至 60 度，对应的可以确定连续波雷达正下方地面的地形参数，需要说明的是，此处是为了举例说明，并限定本实施例，该预设角度区间可以根据实际需要来设定。若本实施例的预设角度区间为-60 度至 60 度，则本实施例可以在连续波雷达在旋转角度为 60 度时对地面测距获得数据，在 59.4 度对地面测距获得数据，在 58.8 度对地面测距获得数据，在 58.2 度对地面测距获得数据，以此类推，此处不再赘述，从而获得

上述第一测距数据。

本实施例中，通过获取在旋转过程中旋转至预设角度区间内对地面测距获得的第一测距数据，然后对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，再根据第二测距数据，确定地面的地形参数。由于本实施例将聚类密度低于预设密度的数据作为野值先剔除，然后再进行地形预测，所以清除了连续波雷达受到的干扰，使得连续波雷达对地面地形的预测准确率更高。

可选地，每个数据包括：所述连续波雷达的旋转角度，以及该旋转角度与地面测距点之间的距离。本实施例中，连续波雷达每旋转到一个光栅格时，连续波雷达会触发一次测距，而且，连续波雷达每旋转 0.6 度即表示连续波雷达旋转到一个对应的光栅格。因此，当连续波雷达每旋转 0.6 度触发一次测距，获得该连续波雷达与地面测距点之间的距离，并还记录该连续波雷达获得该距离对应的旋转角度。

可选地，每个数据包括：该连续波雷达距地面测距点的水平距离，以及该连续波雷达距地面测距点的垂直距离。由于连续波雷达的旋转角度不同，连续波雷达的信号发射方向不同，从而造成地面测距点不同，所以地面测距点随连续波雷达的旋转角度不同而不同。本实施例中为了避免连续波雷达与地面测距点之间的距离值相同时，但是地面的地形不同，而造成后续预测地形不准确的情况，本实施例中的数据可以包括上述水平距离和垂直距离，其中，上述水平距离和垂直距离可以根据连续波雷达与地面测距点之间的距离以及该地面测距点对应的连续波雷达的旋转角度获得。例如：对于相同的连续波雷达与地面测距点之间的距离，若连续波雷达距地面测距点的水平距离越大且垂直距离小，可以认为地面的坡度越高，若连续波雷达距地面测距点的水平距离越小且垂直距离大，可以认为地面的坡度越低。

在一些实施例中，上述 S201 的一种可以的实现方式中，可以包括如下步骤 A 和 B；

其中，步骤 A、获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的第三测距数据。

本实施例中，获取连续波雷达在旋转过程对地面测距，且，连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的所有测距数据，这些测距数据此处称

为第三测距数据，该第三测距数据包括 H 个数据， H 为大于等于 N 的整数。

在一些实施例中，步骤 A 的一种可能的实现方式可以包括：步骤 A1 和步骤 A2。

5 步骤 A1、获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有数据以及每个第二测距数据对应的所述连续波雷达的旋转角度。

步骤 A2、根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达的旋转角度所对应的数据为所第三测距数据。

本实施例中，连续波雷达旋转一周，对应连续波雷达一共旋转了 360 度的角度。例如：连续波雷达旋转一周对应 600 个光栅格，则连续波雷达每旋转 0.6 度即表示连续波雷达旋转到一个对应的光栅格，然后触发一次测距，这样可以获得 600 个测距数据，另外本实施例还记录每个测距数据对应的连续波雷达的旋转角度；其中，连续波雷达的测距原理可以参见现有技术中的相关描述，此处不再赘述。然后根据预设角度区间，获取连续波雷达的旋转角度位于该预设角度区间内所对应获得的数据，例如：预设角度区间为-60 至 60 度，则可以从中筛选出-60、-59.4、58.8、...、58.8、59.4 和 60 度分别对应的数据，此处共可以获得 200 个数据。

步骤 B、根据所述第三测距数据，获取所述第一测距数据。

本实施例中，该第三测距数据是连续波雷达实际测距获得的数据，在获得上述第三测距数据之后，根据该第三测距数据，获取上述第一测距数据。

20 在一些实施例中，上述步骤 B 的一种可能的实现方式可以包括步骤 B1。

步骤 B1、根据所述第三测距数据和有效测距条件，确定所述第一测距数据。其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

本实施例中，对每次测距获得的数据判断其有效性，连续波雷达存在近距离范围内的盲区及最远测距距离，因此，设置有有效测距条件，该有效测距条件可以表示为 $[d_{\min}, d_{\max}]$ ，即表示有效测距的数据应大于等于 $d_{\min}$ 且小于等于 $d_{\max}$ 。因此，本实施例将根据所述第三测距数据和有效测距条件，确定上述的第一测距数据，避免了测距数据的误差，以提高地面地形预测的准确率。

30 在一些实施例中，上述步骤 B1 的一种可能的实现方式可以包括步骤 B11 和步骤 B12。

步骤 B11、从所述第三测距数据中确定满足所述有效测距条件的 N 个数据。

本实施例中，从该第三测距数据中确定小于等于预设最大距离且小于等于预设最小距离的所有距离，包括这些距离的数据为第三测距数据中的上述
5 N 个数据。

步骤 B12、根据所述第三测距数据中的 N 个数据，确定所述第一测距数据。

本实施例再根据上述确定出的满足有效测距条件的第三测距数据中的 N 个数据，确定上述第一测距数据。

10 在一种可能的实现方式中，可以将该第三测距数据中的 N 个数据确定为该第一测距数据。

在另一种可能的实现方式中，对所述第三测距数据中的 N 个数据进行平滑处理，获得所述第一测距数据。例如：根据连续波雷达的旋转角度的顺序，对所述第三测距数据中的 N 个数据排序，如：第 1 个数据为：-60 度对应的
15 距离 d_1 ，第 2 个数据为：-59.4 度对应的距离 d_2 ，以此类推；然后确定第三测距数据中的第 1 个数据为第一测距数据中的第 1 个数据，即-60 度对应的距离 d_1 ，以及确定第三测距数据中的第 N 个数据为第一测距数据中的第 N 个数据，即 60 度对应的距离 d_N 。以及确定第三测距数据中的第 j-1 个数据（例如 d_{j-1} ）、第三测距数据中的第 j 个数据（例如 d_j ）、第三测距数据中的第 j+1 个数据（例
20 如 d_{j+1} ）三者的平均值为所述第一测距数据中的第 j 个数据中的距离 D_j ，其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 N-1 的整数。即 $D_j=[d_{j-1}+d_j+d_{j+1}]/3$ 。

需要说明的是， D_j 也不限于 d_j 以及左右相邻分别一个（即三者）的平均值，也可以是 d_j 以及左右相邻分别两个（即五者）的平均值，相应地，第三测距数据中的第 1 个、第 2 个数据分别等于第一测距数据中的第 1 个、第 2
25 个数据，第三测距数据中的第 N-1 个、第 N 个数据分别等于第一测距数据中的第 N-1 个、第 N 个数据。另外，本实施例也可以采用左右相邻分别三个、四个等，方案类似，此处不再赘述。

在上述各实施例的基础上，在一些实施例中，上述 S202 的一种可能的实现方式中，可以包括如下 S2021 至 S2025，如图 5 所示。

30 S2021、对所述第一测距数据进行坐标转换，获得所述 N 个数据对应的

坐标。

本实施例中，对第一测距数据进行坐标转换，获得 N 个数据中每个数据对应的坐标。

在一些实施例中，可以以所述连续波雷达旋转中心为原点、所述连续波
5 雷达旋转正前方向作为 x 轴正方向、垂直向下方向作为 y 轴正方向，建立直角坐标系；然后根据所述直角坐标系，对所述第一测距数据中每个数据进行坐标转换，获得每个数据对应的坐标。

其中，若上述第一测距数据中的每个数据包括：所述连续波雷达的旋转角度，以及该旋转角度与地面测距点之间的距离。其中，所述连续波雷达的
10 旋转角度可以用对应的光栅格刻度来表示，每个数据经坐标转换后转换为上述直角坐标系中的坐标（包括水平坐标和垂直坐标）为：

$$x_i = L_i * \sin((G_0 - G_i) / Z)$$

$$y_i = L_i * \cos((G_0 - G_i) / Z)$$

其中 G_0 为连续波雷达的正下方光栅刻度，Z 为单个光栅格对应的角度值
15 （例如 0.6 度）， G_i 为连续波雷达的旋转角度对应的光栅格刻度值， L_i 为连续波雷达旋转至光栅格刻度值 G_i 对应的距离。

S2022、将所述 N 个数据的坐标，映射到预先确定的第一矩阵中。

本实施例中，在获得每个数据的坐标之后，将该 N 个数据的坐标，映射到预先确定的第一矩阵中。可选地，每个数据的坐标的水平坐标与第一矩阵
20 中的行号对应，每个数据的坐标的垂直坐标与第一矩阵的列号对应。

可选地，第一矩阵可以为空矩阵，即第一矩阵中的每个矩阵元素均为 0。

可选地，本实施例还预先确定第一矩阵，其中可能的一种实现方式为：根据所述连续波雷达检测到的最大水平距离和所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定所述第一矩阵的列数；以及根据所述连续波雷达检测到的最大垂直
25 距离和所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定所述第一矩阵的行数；然后根据上述确定的行数和列数，确定第一矩阵。

由于连续波雷达可以探测前后以及上下方向，所以连续波雷达在上述直角坐标系统中的水平方向探测范围为 $[-L_x, L_x]$ ，在上述直角坐标系统中的垂直方向探测范围为 $[-L_y, L_y]$ ，因此，所述连续波雷达检测到的最大水平距离
30 为 L_x ，所述连续波雷达检测到的最大垂直距离为 L_y 。

其中，确定的第一矩阵的行数 I 和列数 J 例如可以为：

$$I = \frac{2 * L_y}{r}$$

$$J = \frac{2 * L_x}{r}$$

5 其中， r 为所述连续波雷达检测距离的分辨率， L_x 为所述连续波雷达检测到的最大水平距离， L_y 为所述连续波雷达检测到的最大垂直距离。

所以，确定的第一矩阵例如可以是 $I * J$ 的空矩阵，即 $\frac{2 * L_y}{r} \times \frac{2 * L_x}{r}$ 的空矩阵，如图 6A 所示。

10 在一些实施例中，可以根据每个数据的坐标中的水平坐标、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的列位置。以及根据每个数据的坐标中的垂直坐标、所述连续波雷达检测到的最大垂直距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的行位置。

15 由于本实施例中，数据的坐标的水平坐标或垂直坐标可以存在负值，而第一矩阵的行号或列号为正值，因此，本实施例还需要根据所述连续波雷达检测到的最大水平距离确定列位置（即列号），还需要根据所述连续波雷达检测到的最大垂直距离确定行位置（即行号）。

其中，第一测距数据中的数据 i 对应的坐标为 (x_i, y_i) ，其映射到第一矩阵中的行位置为 I_i ，其映射到第一矩阵中的列位置为 J_i 。

$$I_i = \frac{y_i + L_y}{r}$$

$$J_i = \frac{x_i + L_x}{r}$$

其中， r 为所述连续波雷达检测距离的分辨率， L_x 为所述连续波雷达检测到的最大水平距离， L_y 为所述连续波雷达检测到的最大垂直距离。

25 以第一矩阵为 $\frac{2 * L_y}{r} \times \frac{2 * L_x}{r}$ 为例，由于以连续波雷达为直角坐标系的原点 $(0, 0)$ ，因此，连续波雷达的坐标映射到第一矩阵的中心，例如如图 6A 所示。

S2023、根据每个坐标映射到所述第一矩阵中的位置，将所述第一矩阵中所述位置的矩阵元素设置为第一预设元素，获得第二矩阵。

本实施例中，根据每个坐标映射到第一矩阵中的位置，将第一矩阵中该位置的矩阵元素设置为第一预设元素。例如：以其中一坐标为例，该坐标映

射到第一矩阵中的第 10 行第 11 列，则将第一矩阵中第 10 行第 11 列的矩阵元素设置为第一预设元素。需要说明的是，所述第一矩阵中的矩阵元素不同于所述第一预设元素。以第一矩阵为空矩阵为例，该第一预设元素例如为 1。通过上述对第一矩阵的处理，从而获得第二矩阵，例如如图 6B 所示。

5 S2024、根据预设的聚类滑窗对所述第二矩阵进行聚类操作，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得 M 个第一预设元素。

本实施例中，根据预设的聚类滑窗对上述的第二矩阵进行聚类操作，从第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，例如也可以是从第二长
10 素。

在一种可能的实现方式中，先根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，获取每个聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素，其中，如图 6C 所示，图 6C 中以预设的聚类滑窗大小为宽和高均是 3 为例，预设锚点例如为聚类滑窗内的中心，但本实施例并不限于此。然后，根据预设锚点对应的
15 的矩阵元素为第一预设元素的聚类滑窗，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得所述 M 个第一预设元素。例如图 6C 中示出的预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素。

可选地，上述获得 M 个第一预设元素的一种实现方式为：针对每个聚类滑窗，若该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素，则获取该
20 聚类滑窗内的第一预设元素的数量。判断该聚类滑窗内的第一预设元素的数量是否小于第一预设值，若所述第一预设元素的数量小于第一预设值，则将该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素变更为第二预设元素（例如由 1 变更为 0），若所述第一预设元素的数量大于或等于第一预设值，则保持该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素。然后将变更处理后的所述
25 第二矩阵中的所有第一预设元素确定为所述 M 个第一预设元素。

可选地，在对第二矩阵进行滑窗操作时，可以先从所述第二矩阵中确定预设的聚类滑窗的起始锚点和终止锚点，如图 6C；然后从所述起始锚点开始，根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，直至到达所述终止锚点时停止滑窗操作。这样无需对整个第二矩阵进行滑窗操作，可以简化滑
30 窗操作的过程，提高确定出上述 M 个第一预设元素的效率。

其中，所述起始锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在的行号最小、列号最小的位置，所述终止锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在行号最大、列号最大的位置。

5 S2025、根据所述 M 个第一预设元素，从所述第一测距数据中获得所述第二测距数据。

本实施例中，根据上述确定的 M 个第一预设元素，从第一测距数据中获得第二测距数据。其中，在一种可能的实现方式为：

上述确定的 M 个第一预设元素在第二矩阵中的位置是已知的，因此，先根据所述 M 个第一预设元素在所述第二矩阵中的位置，确定与所述 M 个第一预设元素分别对应的 M 个坐标，例如：以其中一个预设元素在第二矩阵中的位置为 (I_i, J_i) 为例，则对应的坐标为 (x_i, y_i) 。

$$x_i = J_i * r - L_x$$

$$y_i = I_i * r - L_y$$

15 然后，根据所述 M 个坐标，从所述第一测距数据中确定分别与所述 M 个坐标对应的数据为所述第二测距数据。即用于通过坐标转换获得上述 M 个坐标的 M 个数据可以确定为所述第二测距数据。

在上述各实施例的基础上，在一些实施例中，获得第二测距数据之后，判断第二测距数据中包括的数据的数量 M 的值是否小于第一预设值，若 M 的值大于等于第一预设值，则说明第二测距数据具有足够的数据量用于进行地形预测，然后再根据第二测距数据，确定所述地面的地形参数。若 M 的值小于第一预设值，则说明第二测距数据不够用来进行地形预测，为了避免地形预测不准确，本实施例确定上述连续波雷达测到的测距数据无效。

在上述各实施例的基础上，在一些实施例中，上述根据第二测距数据，确定地面的地形参数的一种可能的实现方式可以包括如下步骤 C 和 D；

25 步骤 C、根据所述第二测距数据进行直线拟合，获得第二直线函数。

本实施例中，可以将所述第二测距数据中的每个数据转换为上述直角坐标系中，获得每个数据的坐标，然后将 M 个数据的坐标通过最小二乘法进行直线拟合，获得一直线函数。

30 其中，构建每个数据的坐标中垂直坐标关于水平坐标的直线函数，该直线函数例如如公式一所示： $y=ax+b$ ，其中， y 为第二测距数据中每个数据的坐标中垂直坐标， x 为第二测距数据中每个数据的坐标中水平坐标，此时 a 、

b 暂时未知。然后根据所述第二测距数据、所述直线函数以及最小二乘法，确定所述直线函数的斜率和截距。其中，第二测距数据是已知的，而且每个第二测距数据中每个数据的坐标包括水平坐标和垂直坐标，将这 M 组 x 与 y 的已知值，代入上述公式一中，再通过最小二乘法，来确定该直线函数的斜率（例如 a）和截距（例如 b）。

可选地，上述 a 和 b 可以通过克莱姆法来确定，如下所示，其中， (x_i, y_i) 为上述第二测距数据中的任一数据的坐标。

$$a = \frac{M \sum_{i=1}^M x_i y_i - \sum_{i=1}^M x_i \sum_{i=1}^M y_i}{M \sum_{i=1}^M x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^M x_i \right)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^M x_i^2 \sum_{i=1}^M y_i - \sum_{i=1}^M x_i \sum_{i=1}^M x_i y_i}{M \sum_{i=1}^M x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^M x_i \right)^2}$$

需要说明的是，本实施例并不限于上述最小二乘法，也可以采用滤波法。

步骤 D、根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数。

若地面的地形参数包括地面的坡度，则本实施例可以根据该直线函数的斜率，确定地面的坡度，例如：斜率越大，则地面的坡度越大，斜率越小，则地面的坡度越小。可选地，可以将所述斜率的反正切值确定为地面的坡度。

可选地，该地面的坡度可以用于指导无人机后续要采取的动作。

若地面的地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则本实施例根据所述直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，例如可以将直线函数的截距，确定为所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

可选地，该连续波雷达距离正下方地面的高度值可用于无人机避障，例如：以避免碰撞到地面农作物，另外，还可以用于无人机精确喷洒，因为喷洒时，需要定高喷洒。

若地面的地形参数包括地面的平整度，本实施例可以根据所述第二测距数据和所述直线函数，确定所述第二测距数据中每个数据对应的所述第二直线函数中的残差；然后根据所述第二测距数据分别对应的所述直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

其中，每个数据对应的直线函数中的残差可以通过如下公式获得。

$e_i = y_i - y_i'$ ，其中， e_i 为第二测距数据中第*i*个数据对应的第二直线函数中的残差， y_i 为第二测距数据中第*i*数据的坐标的垂直坐标， y_i' 为第二测距数据中第*i*数据的坐标的水平坐标 x_i 作为变量 x 代入直线函数得到 y 5 的值，即 $y_i' = ax_i + b$ 。

可选地，本实施例可以将所述第二测距数据分别对应的所述直线函数中的残差的平方和，确定为所述地面的平整度。若残差的平方和越大，则说明地面越不平整，若残差的平方和越小，则说明地面越平整。例如：地面的平整度为：

10
$$\sum_{i=1}^M e_i^2。$$

可选地，本实施例确定地面的平整度之后，该平整度可以用于无人机的定高和避障方案中。

综上所述，若不剔除第一测距数据中聚类密度小于预设密度的数据，将该第一测距数据进行最小二乘法直线拟合，获得的拟合直线例如如图 7A 所示，通过该拟合直线获得的地面的地形参数不准确。而采用本说明书上述各 15 实施例的方案，在剔除第一测距数据中聚类密度小于预设密度的数据之后，根据剔除这些数据后的第二测距数据进行最小二乘法直线拟合，获得的拟合直线例如如图 7B 所示，通过该拟合直线获得的地面的地形参数更准确。

在另一些实施例中，与上述各实施例不同的是，在获取上述第一测距数据 20 之后，不剔除聚类密度小于预设密度的数据，而是对该第一测距数据进行加权最小二乘法直线拟合，获得直线函数，然后根据直线函数，确定地面的地形参数。因此，本实施例中可以利用加权最小二乘法来消除连续波雷达在获得测距数据时受到的干扰，从而可以提高直线拟合精度，进而提高地形预测的准确率。

25 其中，对该第一测距数据进行加权最小二乘法直线拟合，获得直线函数的一种可能的实现方式为：

将第一测距数据中每个数据经过坐标转换，获得转换到上述直角坐标系中的坐标，然后构建坐标的垂直坐标关于水平坐标的直线函数，该直线函数例如如公式二所示： $y = ax + b$ ，其中， y 表示第一测距数据中每个数据的坐标 30 的垂直坐标， x 表示第一测距数据中每个数据的坐标的水平坐标，此时 a 、 b

暂时未知。然后根据所述第一测距数据、所述直线函数，可以确定 x_i 对应的 y_i' ，其中， y_i' 为 x_i 作为变量 x 代入直线函数中获得的 y 的值（即拟合垂直坐标）， x_i 为第一测距数据中第 i 个数据的坐标的水平坐标。

在确定第一测距数据中每个数据的坐标的水平距离对应的拟合垂直坐标之后，确定每个数据对应的所述直线函数中的残差；其中，所述每个数据对应的残差是关于所述直线函数中的斜率与截距的函数，例如： $e=y_i-ax_i-b$ 。然后根据所述每个数据对应的残差以及该残差的加权系数，确定所述 N 个数据对应的所述残差的加权平方和，残差的加权平方和例如如公式三所示：

$$Q = \sum_{i=1}^N w_i (y_i - ax_i - b)^2。其中，Q 表示残差的加权平方和，w_i 表示第 i 个$$

10 数据的对应的残差的加权系数。

本实施例在获得残差的加权平方和之后，根据所述残差的加权平方和，确定所述直线函数的斜率的值和截距的值。具体可以为：根据所述残差的加权平方和对所述斜率的一阶导数等于第一值，以及所述残差的加权平方和对所述截距的一阶导数等于第二值，确定所述直线函数的斜率的值和截距的值。

15 为了令 Q 的值最小， a 与 b 的值最优，可以将第一值和第二值设为 0。相应地，残差的加权平方和（ Q ）对所述斜率（ a ）的一阶导数等于 0 以及残差的加权平方和（ Q ）对所述截距（ b ）的一阶导数等于 0，可以例如如下公式四所示：

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial a} &= 2 \sum_{i=1}^N w_i (y_i - ax_i - b) (-x_i) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b} &= 2 \sum_{i=1}^N w_i (y_i - ax_i - b) (-1) = 0 \end{aligned}$$

20

根据上述公式四可以获得 a 的估计值 $\hat{a}$ 和 b 的估计值 $\hat{b}$ ，分别如下所示公式五：

$$\begin{aligned} \hat{a} &= \frac{\sum_{i=1}^N w_i x_i y_i - \sum_{i=1}^N w_i x_i \sum_{i=1}^N w_i y_i}{\sum_{i=1}^N w_i x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N w_i x_i \right)^2} \\ \hat{b} &= \frac{\sum_{i=1}^N w_i x_i^2 \sum_{i=1}^N w_i y_i - \sum_{i=1}^N w_i x_i \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i}{\sum_{i=1}^N w_i x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N w_i x_i \right)^2} \end{aligned}$$

25 本实施例可以将 $\hat{a}$ 作为直线函数的斜率 a 的值，以及将 $\hat{b}$ 作为直线函数的

截距 b 的值。

可选地，若地面的地形参数包括地面的坡度，则根据该直线函数的斜率 a ，确定地面的坡度。

若地面的地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则
5 根据所述直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

若地面的地形参数包括地面的平整度，则根据上述 Q 的值，确定地面的平整度。例如：将上述 a 的值（如上述 $\hat{a}$ ）和上述 b 的值（如上述 $\hat{b}$ ），代入上述公式二中，从而获得 Q 的值。若 Q 的值越大，则说明地面越不平整，若 Q 的值越小，则说明地面越平整。

10 在一种可替换的方案中，本实施例可以预先存储有如上述公式三和公式五，将获得的第一测距数据代入预先存储的公式五中，可获得 $\hat{a}$ 以及 $\hat{b}$ ，根据 $\hat{a}$ 确定地面的坡度。然后将获得的 $\hat{a}$ 以及 $\hat{b}$ 代入预先存储的公式三中，从而获得 Q ，根据 Q 的值，确定地面的平整度。

15 在一些实施例中，每个数据对应的残差的加权系数均相等，即使 i 的取值不同，则 w_i 均相同，例如： w_i 均等于 1。或者，例如： w_i 均等于 $1/N$ ，这表示所述第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1。

在一些实施例中，由于通过连续波雷达测距获得的测距数据，其误差随距离增大而变大，因此，需要根据连续波雷达的旋转角度对对应的数据进行权重分配。

20 在一种可能的实现方式中，所述每个数据对应的残差的加权系数是关于该数据对应的连续波雷达的旋转角度的三角函数，例如如公式六所示：

$$w_i = 1 - \left(\frac{k_i - k_{mid}}{k_{max} - k_{min}} \right)。$$

25 其中， k_{mid} 表示预设角度区间的中值， k_{min} 表示预设角度区间的最小值， k_{max} 表示预设角度区间的最大值， k_i 表示第 i 个数据对应的连续波雷达的旋转角度。例如：预设角度区间为 $[-60^\circ, 60^\circ]$ 共 120° 的数据， -60° 对应的 k 的值为 1， -59° 的 k 的值为 2，依次类推，其中， k_{max} 为 120， k_{mid} 为 60 或 61， k_{min} 为 1。

可选地，所述第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1，则需要对上述三角函数进行归一化处理，因此，残差的加权系数例如如公式七所示：

$$w_i = \frac{1 - \left(\frac{k_i - k_{\text{mid}}}{k_{\text{max}} - k_{\text{min}}} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(1 - \left(\frac{k_i - k_{\text{mid}}}{k_{\text{max}} - k_{\text{min}}} \right) \right)}。$$

在另一种可能的实现方式中，所述每个数据对应的残差的加权系数是关于该数据对应的连续波雷达的旋转角度的高斯函数，例如如公式八所示：

$$w_i = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}}，其中，x_i 为第一测距数据中第 i 个数据的坐标的水平$$

5 坐标， σ 、 μ 为常数， μ 表示 x_1 至 x_N 的均值， σ^2 表示 x_1 至 x_N 的方差。

其中，可根据方差的值调节上述函数的形状；该方差的值可以根据实际需要预先设定。

可选地，所述第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1，则需要对上述高斯函数进行归一化处理，因此，残差的加权系数例如如公式九所示：

$$10 \quad w_i = \frac{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}}}。$$

在另一种可能的实现方式中，所述每个数据对应的残差的加权系数是关于该数据对应的连续波雷达的旋转角度的误差函数，例如如公式十所示：

$$w_i = \frac{1}{e_i^2}。$$

15 其中， $e_i = y_i - y_i'$ ，其中， e_i 为第一测距数据中第 i 个数据对应的直线函数中的残差， y_i 为第一测距数据中第 i 个数据的坐标的垂直坐标， y_i' 为第一测距数据中第 i 个数据的坐标的水平坐标 x_i 作为变量 x 代入直线函数得到 y 的值，即 $y_i' = ax_i + b$ 。

其中，误差越小，权重系数越大；误差越大，权重系数越小。

20 可选地，所述第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1，则需要对上述误差函数进行归一化处理，因此，残差的加权系数例如如公式十一所示：

$$w_i = \frac{\frac{1}{e_i^2}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{e_i^2}}。$$

可选地，上述各实施例中涉及的连续波雷达可以为电磁波连续波雷达，

或者，也可以为激光连续波雷达。

本说明书实施例中还提供了一种计算机存储介质，该计算机存储介质中存储有程序指令，所述程序执行时可包括如上述各方法实施例中的连续波雷达的地形预测方法的部分或全部步骤。

5 图 8 本说明书实施例提供的连续波雷达的控制系统的一种结构示意图，如图 8 所示，本实施例的连续波雷达的控制系统 800 可以包括：存储器 801 和处理器 802；上述存储器 801 和处理器 802 通过总线连接。存储器 801 可以包括只读存储器和随机存取存储器，并向处理器 802 提供指令和数据。存储器 801 的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器。

10 所述存储器 801，用于存储程序代码。

所述处理器 802，调用所述程序代码，当程序代码被执行时，用于执行以下操作：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的第一测距数据，其中，所述第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，

15 所述第一测距数据包括 N 个数据，所述 N 为大于 1 的整数；

对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，所述第二测距数据包括 M 个数据，所述 M 为小于等于 N 的正整数；

根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

20 在一些实施例中，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

在一些实施例中，每个数据包括：

所述连续波雷达的旋转角度，以及该旋转角度与地面测距点之间的距离；或者，所述连续波雷达距地面测距点的水平距离与垂直距离。

25 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

对所述第一测距数据进行坐标转换，获得所述 N 个数据对应的坐标；

将所述 N 个数据的坐标，映射到预先确定的第一矩阵中；

根据每个坐标映射到所述第一矩阵中的位置，将所述第一矩阵中所述位置的矩阵元素设置为第一预设元素，获得第二矩阵；

30 根据预设的聚类滑窗对所述第二矩阵进行聚类操作，从所述第二矩阵中

剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得 M 个第一预设元素；

根据所述 M 个第一预设元素，从所述第一测距数据中获得所述第二测距数据；

其中，所述第一矩阵中的矩阵元素不同于所述第一预设元素。

5 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

根据所述 M 个第一预设元素在所述第二矩阵中的位置，确定与所述 M 个第一预设元素分别对应的 M 个坐标；

根据所述 M 个坐标，从所述第一测距数据中确定分别与所述 M 个坐标对应的数据为所述第二测距数据。

10 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

以所述连续波雷达旋转中心为原点、所述连续波雷达旋转正前方向作为 x 轴正方向、垂直向下方向作为 y 轴正方向，建立直角坐标系；

根据所述直角坐标系，对所述第一测距数据中每个数据进行坐标转换，获得每个数据对应的坐标。

15 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

根据每个数据的坐标中的水平坐标、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的列位置；

20 根据每个数据的坐标中的垂直坐标、所述连续波雷达检测到的最大垂直距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的行位置。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

25 针对每个第一预设元素，根据该第一预设元素在所述第二矩阵中的行位置、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定与所述第一预设元素对应的坐标中的水平坐标；

根据该第一预设元素在所述第二矩阵中的列位置、所述连续波雷达检测到的最大垂直距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定与所述第一预设元素对应的坐标中的垂直坐标。

在一些实施例中，所述处理器 802，还用于：

30 根据所述连续波雷达检测到的最大水平距离和所述连续波雷达检测距离

的分辨率，确定所述第一矩阵的行数；

根据所述连续波雷达检测到的最大垂直距离和所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定所述第一矩阵的列数；

根据所述行数、所述列数，确定所述第一矩阵。

5 在一些实施例中，所述第一矩阵为空矩阵。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，获取每个聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素；

10 根据预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素的聚类滑窗，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得所述 M 个第一预设元素。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

针对每个聚类滑窗，若该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素，则获取该聚类滑窗内的第一预设元素的数量；

15 若所述第一预设元素的数量小于第一预设值，则将该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素变更为第二预设元素，若所述第一预设元素的数量大于或等于第一预设值，则保持该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素；

确定变更处理后的所述第二矩阵中的所有第一预设元素为所述 M 个第一预设元素。

20 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

从所述第二矩阵中确定预设的聚类滑窗的起始锚点和终止锚点；

从所述起始锚点开始，根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，直至到达所述终止锚点时停止滑窗操作。

25 在一些实施例中，所述起始锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在的行号最小、列号最小的位置，所述终止锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在行号最大、列号最大的位置。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

在所述第二测距数据中包括的数据的数量 M 大于等于第二预设值时，根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

30 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

根据所述第二测距数据进行直线拟合，获得直线函数；

根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数。

在一些实施例中，若所述地形参数包括：坡度，则所述处理器 802，具体用于：

- 5 根据所述直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：将所述斜率的反正切值确定为所述地面的坡度。

- 10 在一些实施例中，若所述地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则所述处理器 802，具体用于：根据所述直线函数中的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

在一些实施例中，若所述地形参数包括：平整度，则所述处理器 802，具体用于：

根据所述第二测距数据和所述直线函数，确定所述第二测距数据中每个数据对应的所述直线函数中的残差；

- 15 根据所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：将所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差平方和，确定为所述地面的平整度。

- 20 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的第三测距数据；所述第三测距数据包括 H 个数据，所述 H 个数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有数据，所述 H 为大于等于 N 的整数；

根据所述第三测距数据，获取所述第一测距数据。

- 25 在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：根据所述第三测距数据和有效测距条件，确定所述第一测距数据；

其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

- 30 从所述第三测距数据中确定满足所述有效测距条件的 N 个数据；

根据所述第三测距数据中的 N 个数据，确定所述第一测距数据。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

确定所述第三测距数据中的 N 个数据为所述第一测距数据；或者，

对所述第三测距数据中的 N 个数据进行平滑处理，获得所述第一测距数据。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

根据连续波雷达的旋转角度的顺序，对所述第三测距数据中的 N 个数据排序；

确定排序后的所述第三测距数据中第 1 个数据为所述第一测距数据中第 1 个数据，以及排序后的所述第三测距数据中第 N 个数据为所述第一测距数据中第 N 个数据；

确定排序后的第三测距数据中第 $j-1$ 个数据、第 j 个数据、第 $j+1$ 个数据三者的平均值为所述第一测距数据中第 j 个数据；

其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于所述 $N-1$ 的整数。

在一些实施例中，所述处理器 802，具体用于：

获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有数据以及每个数据对应的所述连续波雷达的旋转角度；

根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达的旋转角度所对应的数据为所述第三测距数据。

本实施例的连续波雷达的控制系统，可以用于执行本说明书上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。

图 9 为本说明书实施例提供的雷达探测装置的一种结构示意图，如图 9 所示，本实施例的雷达探测装置 900 包括：连续波雷达 901 和连续波雷达的控制系统 902。所述连续波雷达的控制系统 902 与所述连续波雷达 901 通信连接。其中，连续波雷达的控制系统 902 可以采用图 8 所示实施例的结构，其对应地，可以执行上述各方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。

图 10 为本说明书实施例提供的无人机的一种结构示意图，如图 10 所示，本实施例的无人机 1000 包括：机架（图中未示出，可以参见图 1 所示）、飞行控制系统 1001 和雷达探测装置 1002，其中，雷达探测装置 1002 可以采用

图 9 所示实施例的结构，其对应地，可以执行上述各方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。其中，雷达探测装置 1002 中的连续波雷达搭载在所述机架上。所述飞行控制系统 1001 与所述雷达探测装置 1002 通信连接，以获取地形参数，所述飞行控制系统 1001 根据所述地形参数控制所述无人机 1000。

可选地，若地面的地形参数包括地面的坡度，则飞行控制系统 1001 可以根据地面的坡度控制无人机 1000 后续的动作。

可选地，若地面的地形参数包括地面的平整度，则飞行控制系统 1001 可以根据地面的平整度控制无人机 1000 的定高和/或控制无人机 1000 避障。

可选地，若地面的地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则飞行控制系统 1001 可以根据连续波雷达距离正下方地面的高度值，进行避障，例如：避免无人机 1000 碰撞到地面农作物，另外，还可以控制无人机 1000 进行精确喷洒，因为喷洒时，需要定高喷洒。

本领域普通技术人员可以理解：实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成，前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，执行包括上述方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：只读内存（Read-Only Memory，ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory，RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本说明书的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本说明书进行了详细的说明，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，或者对其中部分或者全部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说明书各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1、一种连续波雷达的地形预测方法，其特征在于，包括：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的第一测距数据，其中，
所述第一测距数据包括连续波雷达在预设旋转角度区间内获得的 N 个数据，
5 所述 N 为大于 1 的整数；

对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，所述第二测距数据包括 M 个数据，所述 M 为小于等于 N 的正整数；

根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

10 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，每个数据包括：
所述连续波雷达的旋转角度，以及该旋转角度与地面测距点之间的距离；
或者，所述连续波雷达距地面测距点的水平距离与垂直距离。

15 4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，包括：

对所述第一测距数据进行坐标转换，获得所述 N 个数据对应的坐标；

将所述 N 个数据的坐标，映射到预先确定的第一矩阵中；

20 根据每个坐标映射到所述第一矩阵中的位置，将所述第一矩阵中所述位置的矩阵元素设置为第一预设元素，获得第二矩阵；

根据预设的聚类滑窗对所述第二矩阵进行聚类操作，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得 M 个第一预设元素；

25 根据所述 M 个第一预设元素，从所述第一测距数据中获得所述第二测距数据；

其中，所述第一矩阵中的矩阵元素不同于所述第一预设元素。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 M 个第一预设元素，从所述第一测距数据中获得所述第二测距数据，包括：

30 根据所述 M 个第一预设元素在所述第二矩阵中的位置，确定与所述 M 个第一预设元素分别对应的 M 个坐标；

根据所述 M 个坐标，从所述第一测距数据中确定分别与所述 M 个坐标对应的数据为所述第二测距数据。

6、根据权利要求 4 或 5 所述的方法，其特征在于，对所述第一测距数据进行坐标转换，获得所述 N 个数据对应的坐标，包括：

- 5 以所述连续波雷达旋转中心为原点、所述连续波雷达旋转正前方向作为 x 轴正方向、垂直向下方向作为 y 轴正方向，建立直角坐标系；

根据所述直角坐标系，对所述第一测距数据中每个数据进行坐标转换，获得每个数据对应的坐标。

- 7、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，将所述 N 个数据的坐标，
10 映射到预先确定的第一矩阵中，包括：

根据每个数据的坐标中的水平坐标、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的列位置；

- 根据每个数据的坐标中的垂直坐标、所述连续波雷达检测到的最大垂直
15 距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的行位置。

8、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 M 个第一预设元素在所述第二矩阵中的位置，确定与所述 M 个第一预设元素分别对应的 M 个坐标，包括：

- 20 针对每个第一预设元素，根据该第一预设元素在所述第二矩阵中的行位置、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定与所述第一预设元素对应的坐标中的水平坐标；

- 根据该第一预设元素在所述第二矩阵中的列位置、所述连续波雷达检测到的最大垂直距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定与所述第一
25 预设元素对应的坐标中的垂直坐标。

9、根据权利要求 4-8 任一项所述的方法，其特征在于，还包括：

根据所述连续波雷达检测到的最大水平距离和所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定所述第一矩阵的行数；

- 根据所述连续波雷达检测到的最大垂直距离和所述连续波雷达检测距离
30 的分辨率，确定所述第一矩阵的列数；

根据所述行数、所述列数，确定所述第一矩阵。

10、根据权利要求 4-9 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一矩阵为空矩阵。

11、根据权利要求 4-10 任一项所述的方法，其特征在于，

5 根据预设的聚类滑窗对所述第二矩阵进行聚类操作，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得 M 个第一预设元素，包括：

根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，获取每个聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素；

10 根据预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素的聚类滑窗，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得所述 M 个第一预设元素。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述根据预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素的聚类滑窗，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得所述 M 个第一预设元素，包括：

15 针对每个聚类滑窗，若该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素，则获取该聚类滑窗内的第一预设元素的数量；

若所述第一预设元素的数量小于第一预设值，则将该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素变更为第二预设元素，若所述第一预设元素的数量大于或等于第一预设值，则保持该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素；

20 确定变更处理后的所述第二矩阵中的所有第一预设元素为所述 M 个第一预设元素。

13、根据权利要求 11 或 12 所述的方法，其特征在于，所述根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，包括：

从所述第二矩阵中确定预设的聚类滑窗的起始锚点和终止锚点；

25 从所述起始锚点开始，根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，直至到达所述终止锚点时停止滑窗操作。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述起始锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在的行号最小、列号最小的位置，所述终止锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在行号最大、列号最大的位置。

30 15、根据权利要求 1-14 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述

第二测距数据，确定所述地面的地形参数，包括：

在所述第二测距数据中包括的数据的数量 M 大于等于第二预设值时，根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

5 16、根据权利要求 1-15 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数，包括：

根据所述第二测距数据进行直线拟合，获得直线函数；

根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数。

17、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，若所述地形参数包括：坡度，则所述根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：

10 根据所述直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度。

18、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述根据所述直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度，包括：

将所述斜率的反正切值确定为所述地面的坡度。

15 19、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，若所述地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则所述根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：

根据所述直线函数中的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

20 20、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，若所述地形参数包括：平整度，则所述根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：

根据所述第二测距数据和所述直线函数，确定所述第二测距数据中每个数据对应的所述直线函数中的残差；

根据所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

25 21、根据权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差，确定所述地面的平整度，包括：

将所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差平方和，确定为所述地面的平整度。

30 22、根据权利要求 1-21 任意一项所述的方法，其特征在于，所述获取连

续波雷达在旋转过程中对地面测距的第一测距数据，包括：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的第三测距数据；所述第三测距数据包括 H 个数据，所述 H 个数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有数据，所述 H 为大于等于 N 的整数；

5 根据所述第三测距数据，获取所述第一测距数据。

23、根据权利要求 22 所述的方法，其特征在于，根据所述第三测距数据，获取所述第一测距数据，包括：

根据所述第三测距数据和有效测距条件，确定所述第一测距数据；

10 其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

24、根据权利要求 23 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第三测距数据和有效测距范围，确定所述第一测距数据，包括：

从所述第三测距数据中确定满足所述有效测距条件的 N 个数据；

根据所述第三测距数据中的 N 个数据，确定所述第一测距数据。

15 25、根据权利要求 24 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第三测距数据中的 N 个数据，确定所述第一测距数据，包括：

确定所述第三测距数据中的 N 个数据为所述第一测距数据；或者，

对所述第三测距数据中的 N 个数据进行平滑处理，获得所述第一测距数据。

20 26、根据权利要求 25 所述的方法，其特征在于，所述对所述第三测距数据中的 N 个数据进行平滑处理，获得所述第一测距数据，包括：

根据连续波雷达的旋转角度的顺序，对所述第三测距数据中的 N 个数据排序；

25 确定排序后的所述第三测距数据中第 1 个数据为所述第一测距数据中第 1 个数据，以及排序后的所述第三测距数据中第 N 个数据为所述第一测距数据中第 N 个数据；

确定排序后的第三测距数据中第 $j-1$ 个数据、第 j 个数据、第 $j+1$ 个数据三者的平均值为所述第一测距数据中第 j 个数据；

其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 $N-1$ 的整数。

30 27、根据权利要求 22-26 任意一项所述的方法，其特征在于，所述获取

连续波雷达在旋转过程中对地面测距的第三测距数据，包括：

获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有数据以及每个数据对应的所述连续波雷达的旋转角度；

5 根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达的旋转角度所对应的数据为所述第三测距数据。

28、一种连续波雷达的控制系统，其特征在于，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，当程序代码被执行时，用于执行以下操作：

10 获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的第一测距数据，其中，所述第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，所述第一测距数据包括 N 个数据，所述 N 为大于 1 的整数；

15 对所述第一测距数据进行聚类处理，从所述第一测距数据中剔除聚类密度低于预设密度的数据，获得第二测距数据，所述第二测距数据包括 M 个数据，所述 M 为小于等于 N 的正整数；

根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

29、根据权利要求 28 所述的系统，其特征在于，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

20 30、根据权利要求 28 或 29 所述的系统，其特征在于，每个数据包括：所述连续波雷达的旋转角度，以及该旋转角度与地面测距点之间的距离；或者，所述连续波雷达距地面测距点的水平距离与垂直距离。

31、根据权利要求 30 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：对所述第一测距数据进行坐标转换，获得所述 N 个数据对应的坐标；将所述 N 个数据的坐标，映射到预先确定的第一矩阵中；

25 根据每个坐标映射到所述第一矩阵中的位置，将所述第一矩阵中所述位置的矩阵元素设置为第一预设元素，获得第二矩阵；

根据预设的聚类滑窗对所述第二矩阵进行聚类操作，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得 M 个第一预设元素；

30 根据所述 M 个第一预设元素，从所述第一测距数据中获得所述第二测距数据；

其中，所述第一矩阵中的矩阵元素不同于所述第一预设元素。

32、根据权利要求 31 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

根据所述 M 个第一预设元素在所述第二矩阵中的位置，确定与所述 M 个第一预设元素分别对应的 M 个坐标；

5 根据所述 M 个坐标，从所述第一测距数据中确定分别与所述 M 个坐标对应的数据为所述第二测距数据。

33、根据权利要求 31 或 32 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

10 以所述连续波雷达旋转中心为原点、所述连续波雷达旋转正前方向作为 x 轴正方向、垂直向下方向作为 y 轴正方向，建立直角坐标系；

根据所述直角坐标系，对所述第一测距数据中每个数据进行坐标转换，获得每个数据对应的坐标。

34、根据权利要求 31 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

15 根据每个数据的坐标中的水平坐标、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的列位置；

根据每个数据的坐标中的垂直坐标、所述连续波雷达检测到的最大垂直距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定每个数据映射到所述第一矩阵中的行位置。

20 35、根据权利要求 32 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

针对每个第一预设元素，根据该第一预设元素在所述第二矩阵中的行位置、所述连续波雷达检测到的最大水平距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定与所述第一预设元素对应的坐标中的水平坐标；

25 根据该第一预设元素在所述第二矩阵中的列位置、所述连续波雷达检测到的最大垂直距离以及所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定与所述第一预设元素对应的坐标中的垂直坐标。

36、根据权利要求 31-35 任一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，还用于：

30 根据所述连续波雷达检测到的最大水平距离和所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定所述第一矩阵的行数；

根据所述连续波雷达检测到的最大垂直距离和所述连续波雷达检测距离的分辨率，确定所述第一矩阵的列数；

根据所述行数、所述列数，确定所述第一矩阵。

37、根据权利要求 31-36 任一项所述的系统，其特征在于，所述第一矩阵为空矩阵。

38、根据权利要求 31-37 任一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，获取每个聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素；

10 根据预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素的聚类滑窗，从所述第二矩阵中剔除聚类密度低于预设密度的矩阵元素，获得所述 M 个第一预设元素。

39、根据权利要求 38 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

针对每个聚类滑窗，若该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素，则获取该聚类滑窗内的第一预设元素的数量；

15 若所述第一预设元素的数量小于第一预设值，则将该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素变更为第二预设元素，若所述第一预设元素的数量大于或等于第一预设值，则保持该聚类滑窗内预设锚点对应的矩阵元素为第一预设元素；

20 确定变更处理后的所述第二矩阵中的所有第一预设元素为所述 M 个第一预设元素。

40、根据权利要求 38 或 39 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

从所述第二矩阵中确定预设的聚类滑窗的起始锚点和终止锚点；

25 从所述起始锚点开始，根据预设的聚类滑窗大小对所述第二矩阵进行滑窗操作，直至到达所述终止锚点时停止滑窗操作。

41、根据权利要求 40 所述的系统，其特征在于，所述起始锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在的行号最小、列号最小的位置，所述终止锚点为所述第二矩阵中第一预设元素所在行号最大、列号最大的位置。

30 42、根据权利要求 28-41 任一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

在所述第二测距数据中包括的数据的数量 M 大于等于第二预设值时，根据所述第二测距数据，确定所述地面的地形参数。

43、根据权利要求 28-42 任一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

- 5 根据所述第二测距数据进行直线拟合，获得直线函数；
 根据所述直线函数，确定所述地面的地形参数。

44、根据权利要求 43 所述的系统，其特征在于，若所述地形参数包括：坡度，则所述处理器，具体用于：

 根据所述直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度。

- 10 45、根据权利要求 44 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：
 将所述斜率的反正切值确定为所述地面的坡度。

46、根据权利要求 43 所述的系统，其特征在于，若所述地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则所述处理器，具体用于：根据所述直线函数中的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

- 15 47、根据权利要求 43 所述的系统，其特征在于，若所述地形参数包括：平整度，则所述处理器，具体用于：

 根据所述第二测距数据和所述直线函数，确定所述第二测距数据中每个数据对应的所述直线函数中的残差；

- 20 根据所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差，
 确定所述地面的平整度。

48、根据权利要求 47 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：将所述第二测距数据中所有数据分别对应的所述直线函数中的残差平方和，确定为所述地面的平整度。

- 25 49、根据权利要求 28-48 任意一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

 获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的第三测距数据；所述第三测距数据包括 H 个数据，所述 H 个数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有数据，所述 H 为大于等于 N 的整数；

 根据所述第三测距数据，获取所述第一测距数据。

- 30 50、根据权利要求 49 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

根据所述第三测距数据和有效测距条件，确定所述第一测距数据；

其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

51、根据权利要求 50 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

5 从所述第三测距数据中确定满足所述有效测距条件的 N 个数据；

根据所述第三测距数据中的 N 个数据，确定所述第一测距数据。

52、根据权利要求 51 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

确定所述第三测距数据中的 N 个数据为所述第一测距数据；或者，

10 对所述第三测距数据中的 N 个数据进行平滑处理，获得所述第一测距数据。

53、根据权利要求 52 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

根据连续波雷达的旋转角度的顺序，对所述第三测距数据中的 N 个数据排序；

15 确定排序后的所述第三测距数据中第 1 个数据为所述第一测距数据中第 1 个数据，以及排序后的所述第三测距数据中第 N 个数据为所述第一测距数据中第 N 个数据；

确定排序后的第三测距数据中第 j-1 个数据、第 j 个数据、第 j+1 个数据三者的平均值为所述第一测距数据中第 j 个数据；

其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 N-1 的整数。

20 54、根据权利要求 49-53 任意一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有数据以及每个数据对应的所述连续波雷达的旋转角度；

25 根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达的旋转角度所对应的数据为所述第三测距数据。

55、一种雷达探测装置，其特征在于，包括：连续波雷达以及权利要求 28-54 任意一项所述的控制系统，所述控制系统与所述连续波雷达通信连接。

56、一种无人机，其特征在于，包括：机架、飞行控制系统和以及权利要求 55 所述的雷达探测装置，所述连续波雷达搭载在所述机架上，

30 所述飞行控制系统与所述雷达探测装置通信连接，以获取所述地形参数，

所述飞行控制系统根据所述地形参数控制所述无人机。

- 57、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计算机程序，所述计算机程序包含至少一段代码，所述至少一段代码可由计算机执行，以控制所述计算机执行如权利要求 1-27 任一项所述的连续波雷达的地形预测方法。
- 5

58、一种计算机程序，其特征在于，当所述计算机程序被计算机执行时，用于实现如权利要求 1-27 任一项所述的连续波雷达的地形预测方法。

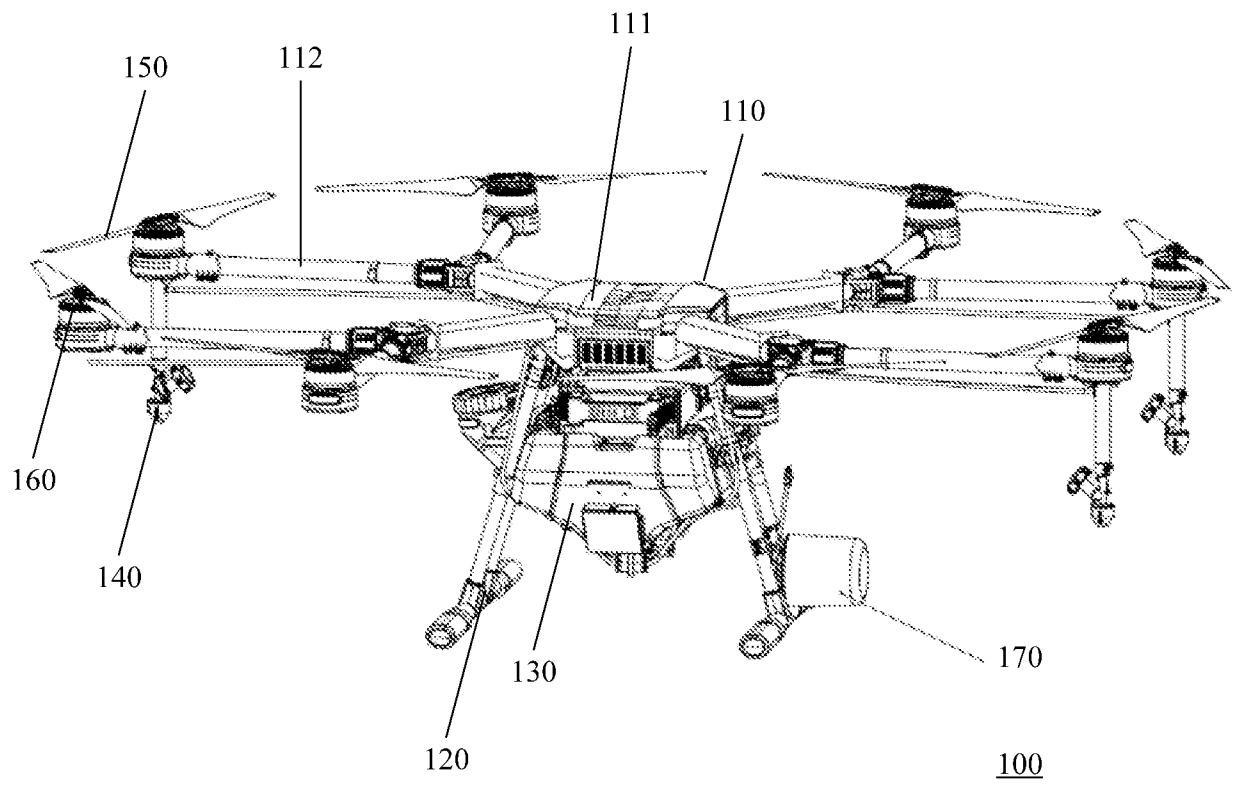


图 1

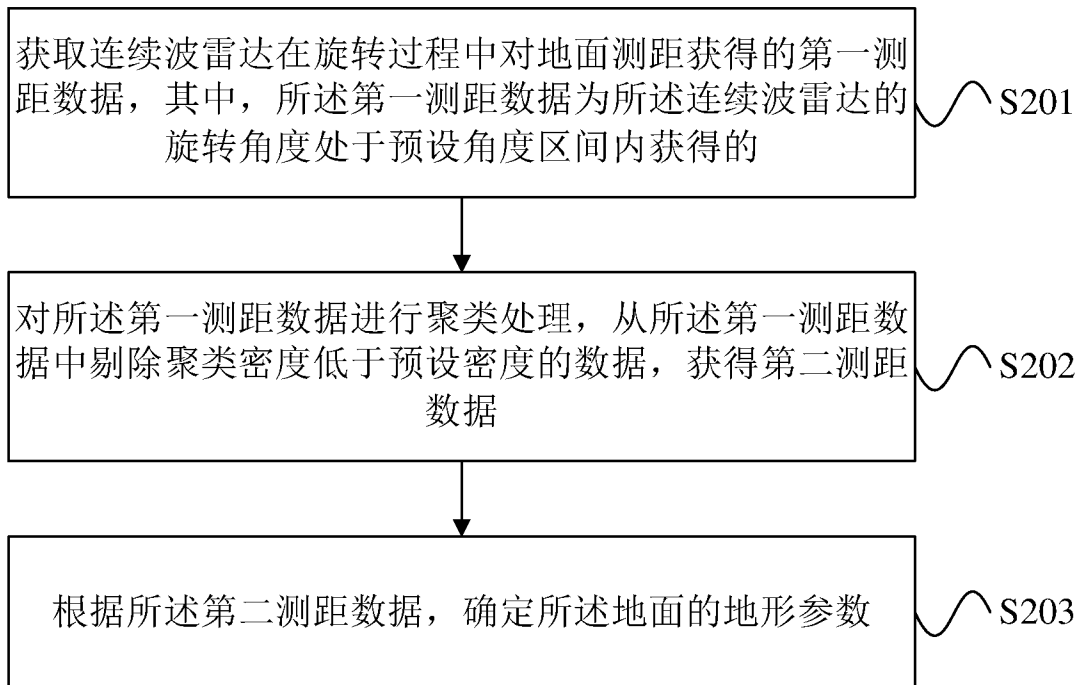


图 2

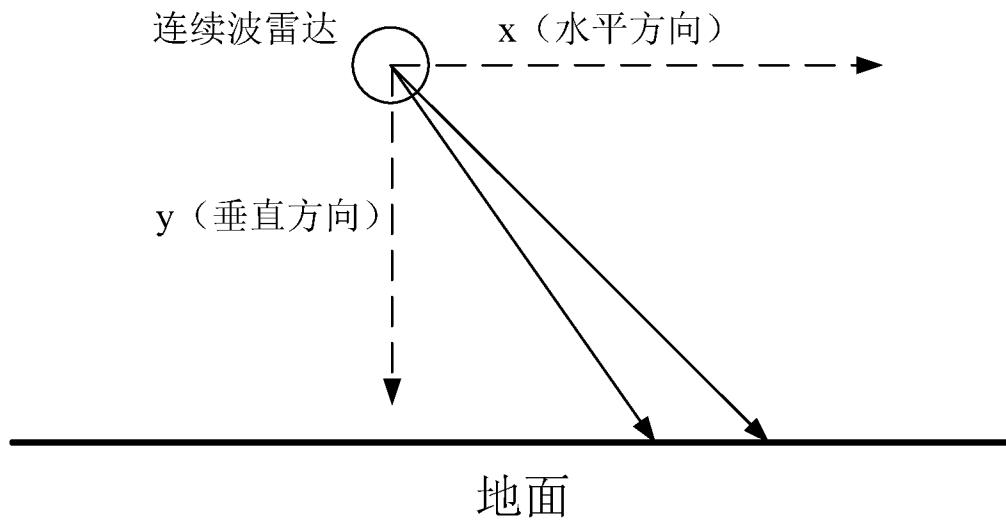


图 3

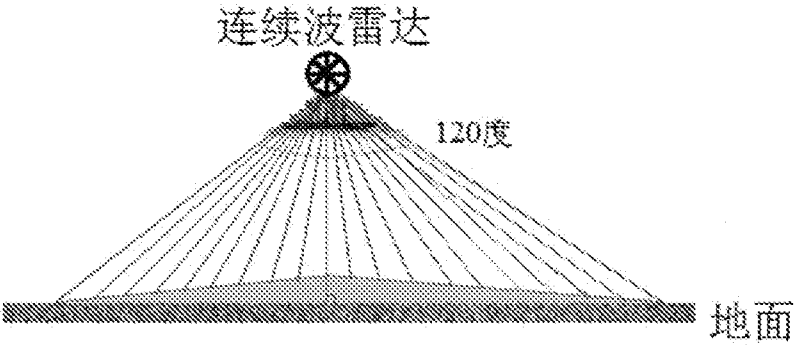


图 4

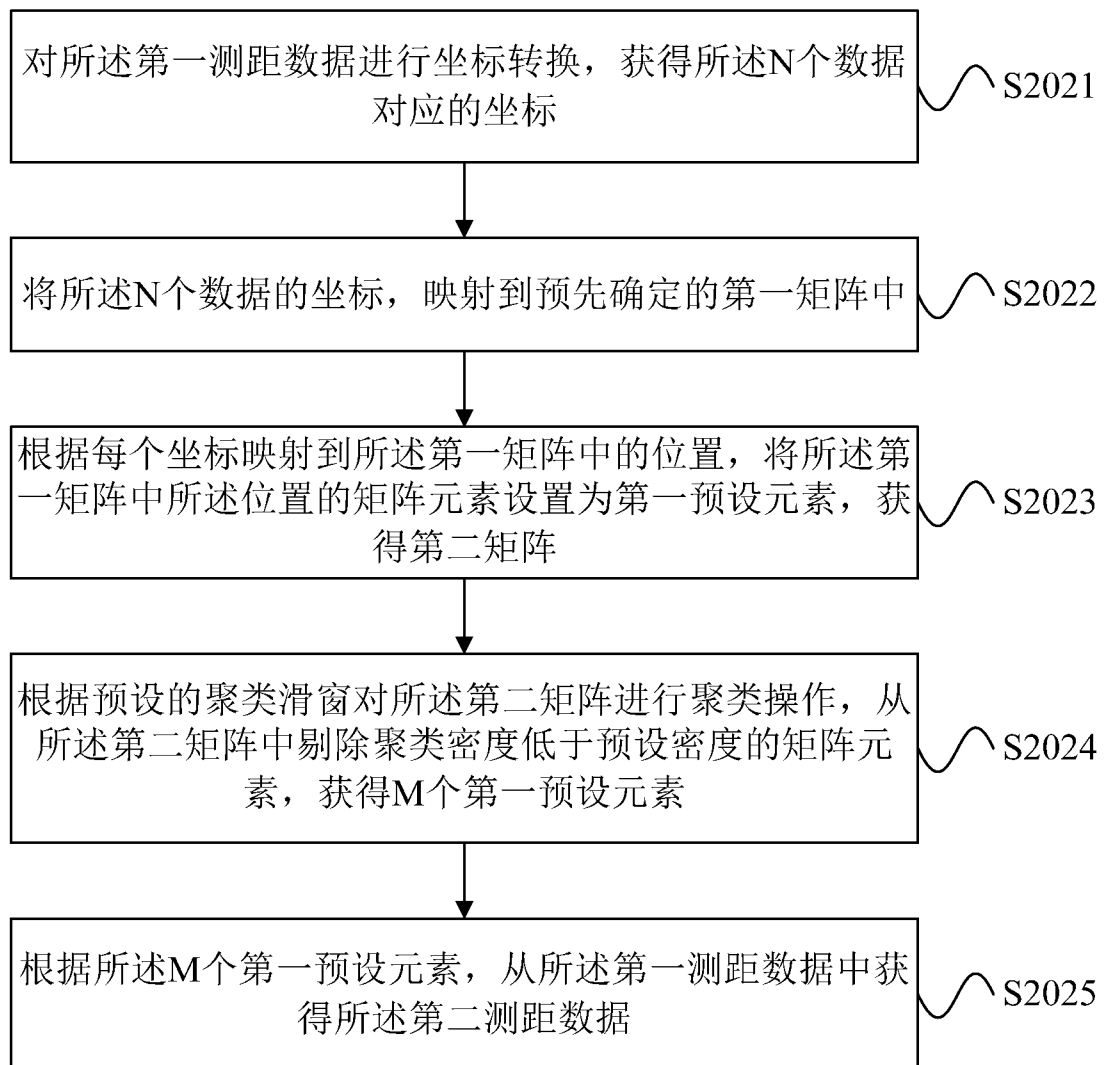


图 5

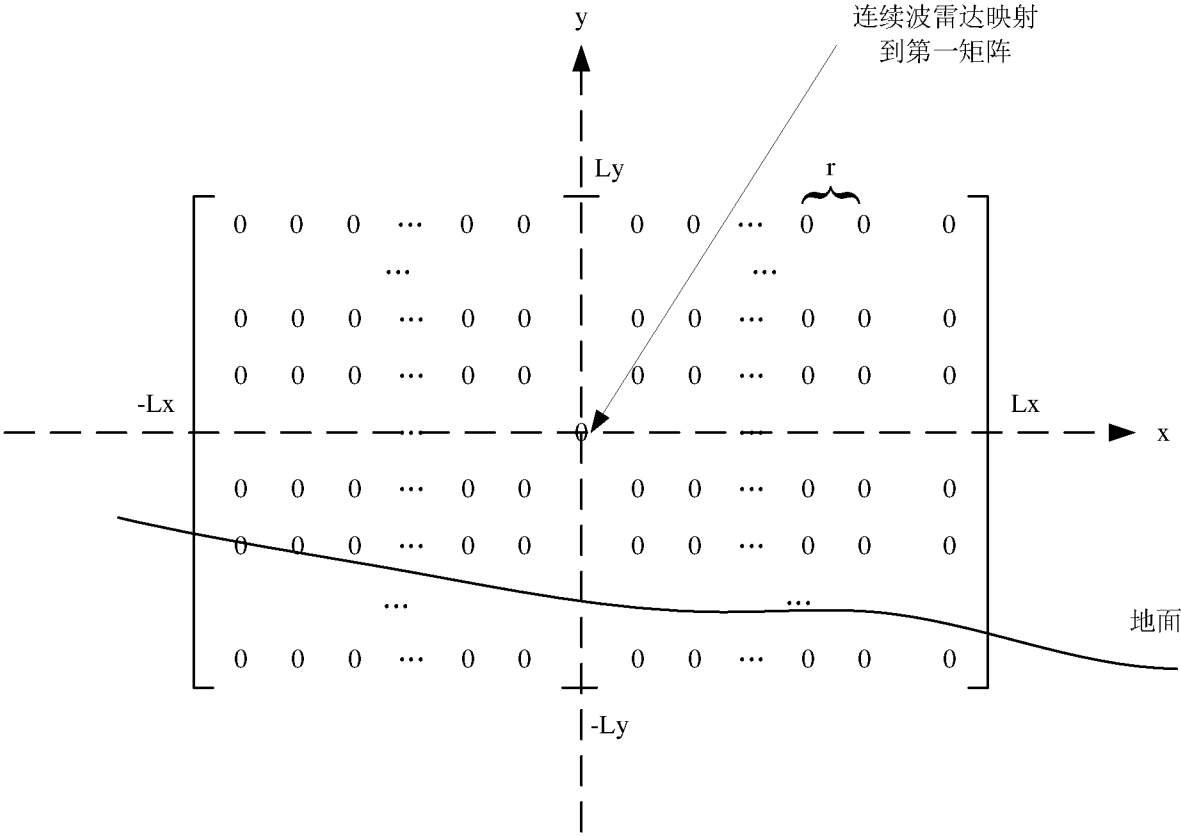


图 6A

0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
			...										...			
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	1	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	1	1	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	1	1	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	1	1	1	0	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	1	1	1	0	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	1	1	1	0	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	0	1	1	1	0	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	0	0	1	1	1	0	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	1	1	...	0	0	0
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	1	1	...	0	0	0
			...										...			
0	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0

图 6B

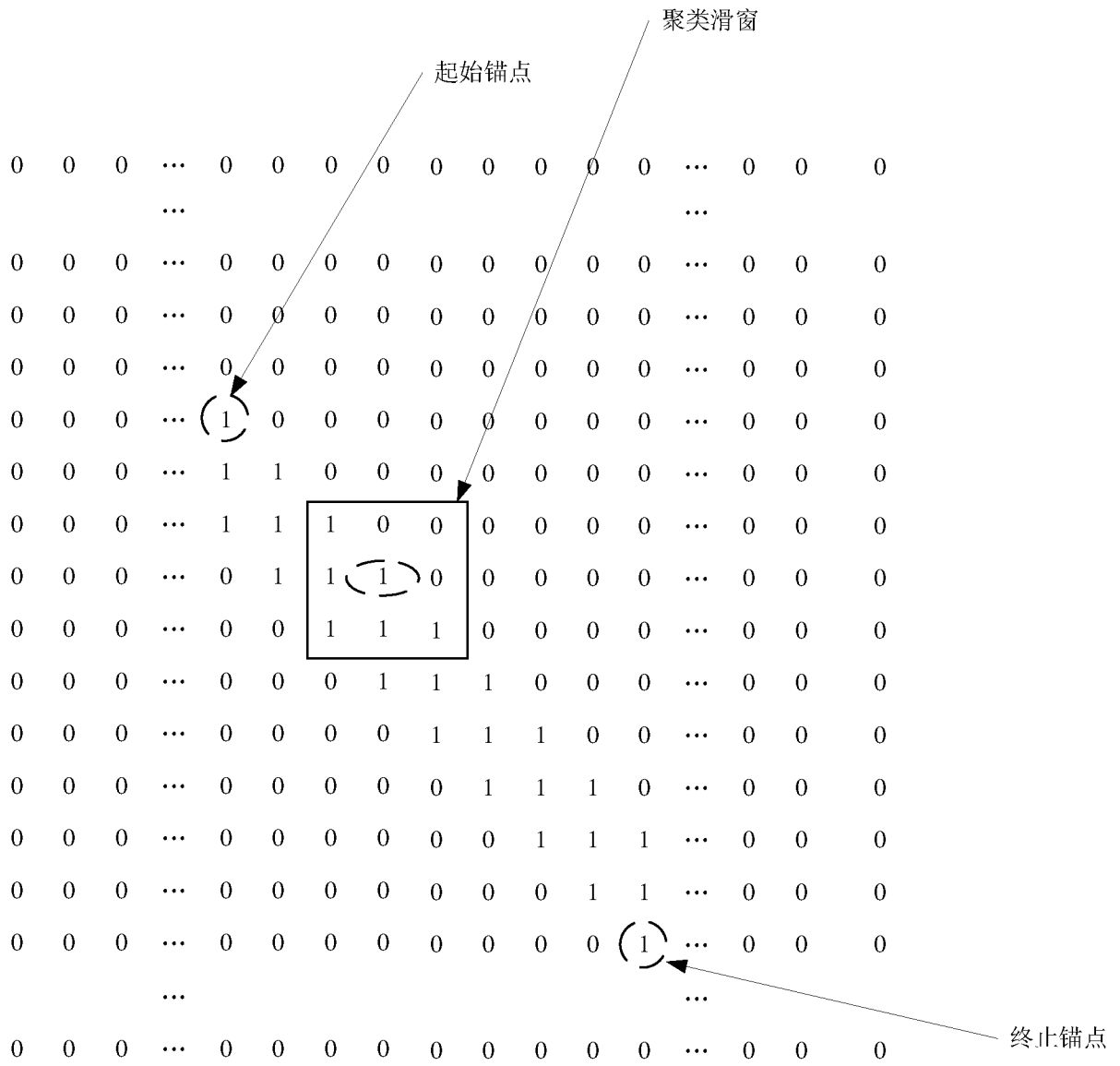


图 6C

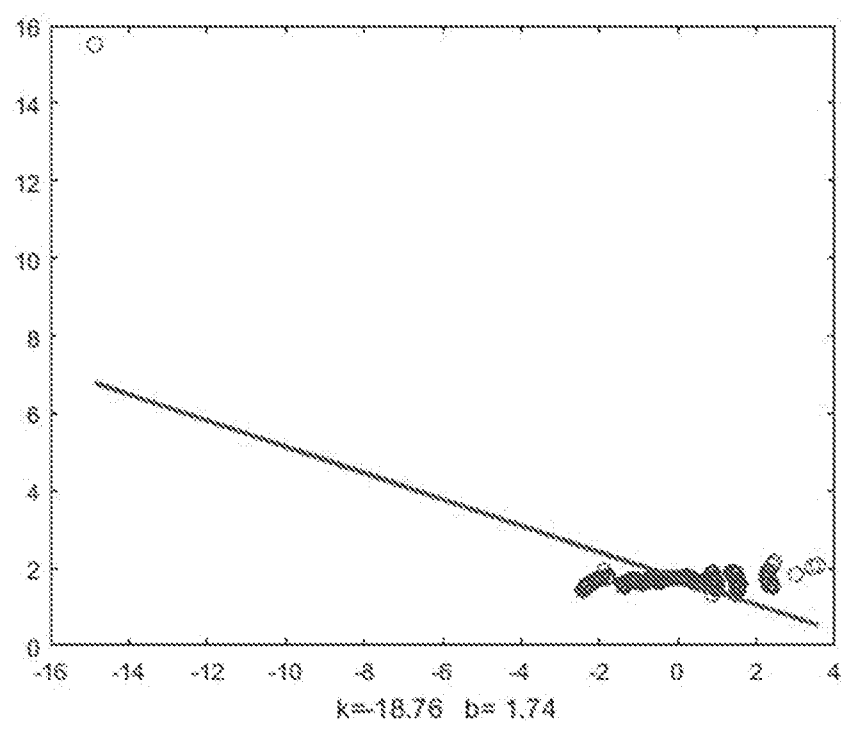


图 7A

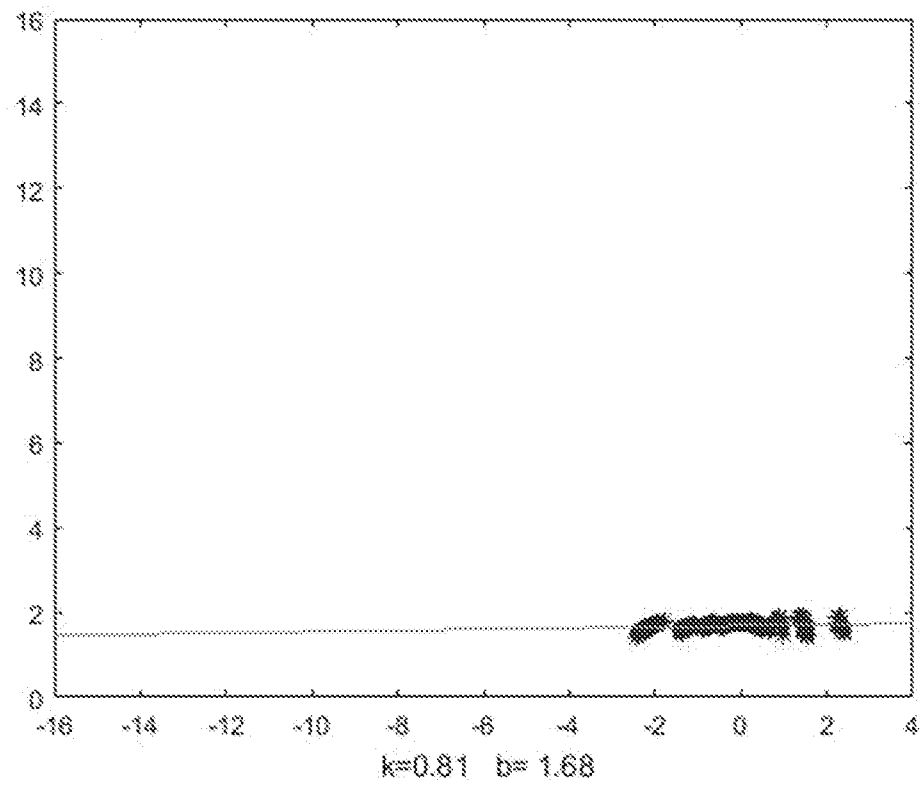


图 7B

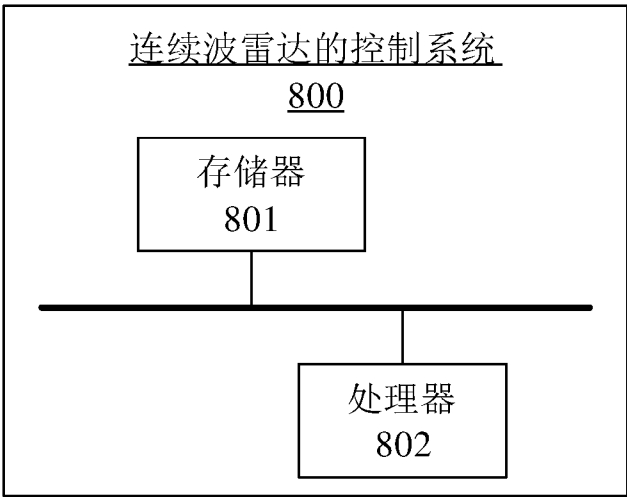


图 8

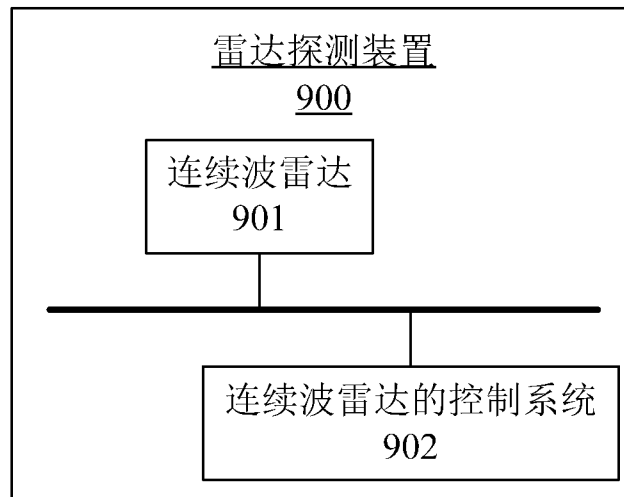


图 9

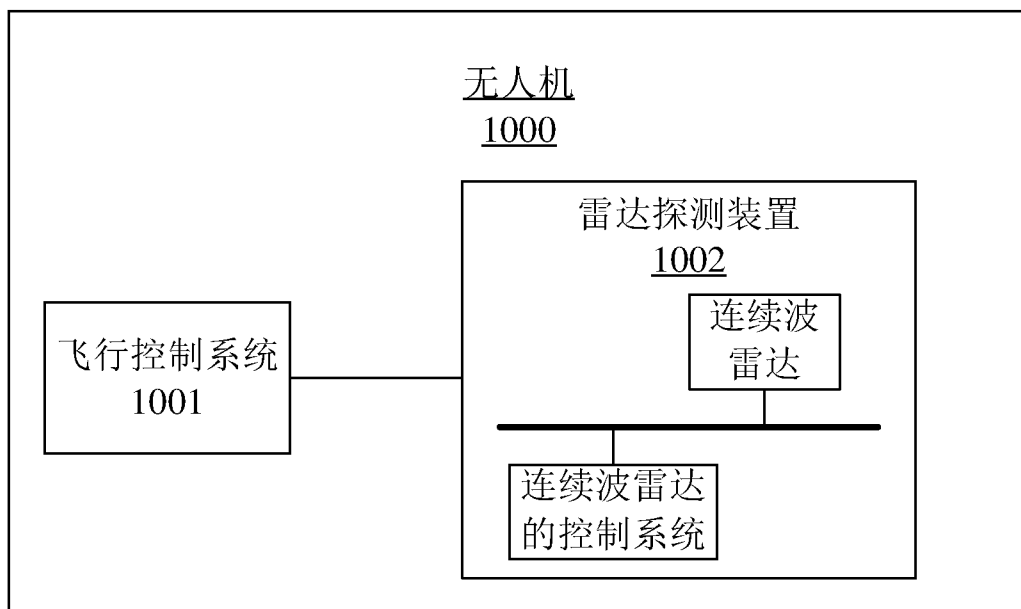


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/106289

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 13/08(2006.01)i; G01S 7/41(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)

G01S13; G01S7

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)

CNABS, VEN, CNTXT, CNKI: 雷达, 连续波, 地形, 测距, 距离, 障碍, 旋转, 聚类, 密度, 剔除, 去除, 滑动, 窗口, 滑窗, radar, terrain, rotat+, distance?, ranging, obstacle?, cluster???, density, remov???, elimina???, sliding, window

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 106291503 A (SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY ET AL.) 04 January 2017 (2017-01-04) the abstract, and description, paragraphs [0030]-[0039]	1-3, 15-30, 42-58
A	CN 106291503 A (SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY ET AL.) 04 January 2017 (2017-01-04) the abstract, and description, paragraphs [0030]-[0039]	4-14, 31-41
A	CN 105445726 A (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC.) 30 March 2016 (2016-03-30) entire document	1-58
A	CN 104574303 A (HOHAI UNIVERSITY) 29 April 2015 (2015-04-29) entire document	1-58
A	WO 2014073428 A1 (DENSO CORPORATION) 15 May 2014 (2014-05-15) entire document	1-58

☐ 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

14 June 2019

Date of mailing of the international search report

21 June 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/106289

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106291503	A	04 January 2017	CN	106291503	B	28 December 2018
CN	105445726	A	30 March 2016	CN	105445726	B	20 November 2018
				US	10018709	B2	10 July 2018
				US	2016084944	A1	24 March 2016
				DE	102015115794	A1	24 March 2016
CN	104574303	A	29 April 2015	None			
WO	2014073428	A1	15 May 2014	JP	2014093028	A	19 May 2014
				JP	5949467	B2	06 July 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/106289

A. 主题的分类

G01S 13/08(2006.01)i; G01S 7/41(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)

G01S13; G01S7

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))

CNABS, VEN, CNTXT, CNKI: 雷达, 连续波, 地形, 测距, 距离, 障碍, 旋转, 聚类, 密度, 剔除, 去除, 滑动, 窗口, 滑窗, radar, terrain, rotat+, distance?, ranging, obstacle?, cluster???, density, remov???, elimina???, sliding, window

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
X	CN 106291503 A (西南交通大学等) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 摘要, 说明书第[0030]-[0039]段	1-3, 15-30, 42-58
A	CN 106291503 A (西南交通大学等) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 摘要, 说明书第[0030]-[0039]段	4-14, 31-41
A	CN 105445726 A (通用汽车环球科技运作有限责任公司) 2016年 3月 30日 (2016 - 03 - 30) 全文	1-58
A	CN 104574303 A (河海大学) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 全文	1-58
A	WO 2014073428 A1 (DENSO CORP.) 2014年 5月 15日 (2014 - 05 - 15) 全文	1-58

☐ 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

2019年 6月 14日

国际检索报告邮寄日期

2019年 6月 21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

受权官员

段秋萍

传真号 (86-10)62019451

电话号码 86-(010)-62085857

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/106289

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	106291503	A	2017年 1月 4日	CN	106291503	B	2018年 12月 28日
CN	105445726	A	2016年 3月 30日	CN	105445726	B	2018年 11月 20日
				US	10018709	B2	2018年 7月 10日
				US	2016084944	A1	2016年 3月 24日
				DE	102015115794	A1	2016年 3月 24日
CN	104574303	A	2015年 4月 29日	无			
WO	2014073428	A1	2014年 5月 15日	JP	2014093028	A	2014年 5月 19日
				JP	5949467	B2	2016年 7月 6日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)