

(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 19 日 (19.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/052441 A1

(51) 国际专利分类号:
G01S 7/41 (2006.01)

EUROPE GMBH [DE/DE]; 德国巴伐利亚州伊斯马宁市镇奥黛佩罗82街, Ismaning (DE)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/103227

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 29 日 (29.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811076412.8 2018年9月14日 (14.09.2018) CN

(71) 申请人: 深圳市道通智能航空技术有限公司
(**AUTEL ROBOTICS CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽街道学苑大道1001号智园B1栋9层, Guangdong 518055 (CN)。道通智能航空技术欧洲有限责任公司(**AUTEL ROBOTICS**

(72) 发明人: 王晓 (**WANG, Xiao**); 中国广东省深圳市南山区西丽街道学苑大道1001号智园B1栋9层, Guangdong 518055 (CN)。张磊 (**ZHANG, Lei**); 中国广东省深圳市南山区西丽街道学苑大道1001号智园B1栋9层, Guangdong 518055 (CN)。陈熠 (**CHEN, Yi**); 中国广东省深圳市南山区西丽街道学苑大道1001号智园B1栋9层, Guangdong 518055 (CN)。刘康 (**LIU, Kang**); 中国广东省深圳市南山区西丽街道学苑大道1001号智园B1栋9层, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市六加知识产权代理有限公司 (**LIUJIA CHINA IP LAW OFFICE**); 中国广东省

(54) **Title:** TARGET CLASSIFICATION METHOD AND RELATED DEVICE

(54) 发明名称: 目标分类方法和相关设备

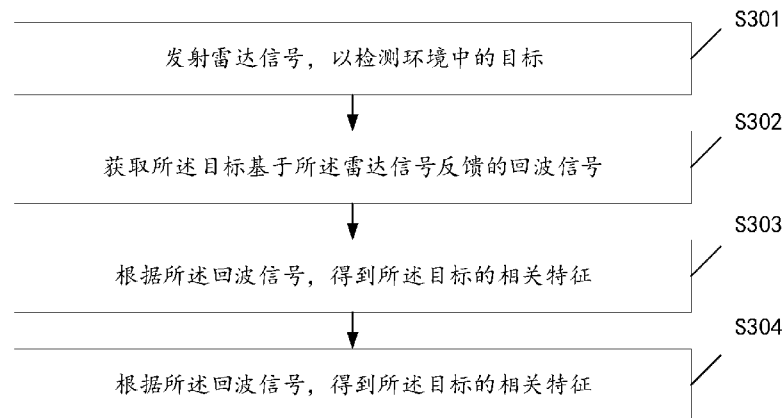


图 3

- S301 Transmit a radar signal, so as to detect a target in an environment
S302 Acquire an echo signal fed back by the target on the basis of the radar signal
S303 Obtain a related feature of the target according to the echo signal
S304 Obtain a related feature of the target according to the echo signal

(57) **Abstract:** A target classification method and a related device. The method comprises: transmitting a radar signal to an environment where a radar is located, so as to detect a target in the environment (S301), and acquiring an echo signal fed back by the target on the basis of the radar signal (S302); obtaining a related feature of the target according to the echo signal (S303); and classifying the target according to the related feature of the target (S304). The present invention is able to realize precise classification of a remote target by using a radar.

深圳市南山区南海大道 4050 号上汽大厦
207室, Guangdong 518057 (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, 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))。

(57) 摘要: 一种目标分类方法和相关设备。其中, 方法包括: 向雷达所在环境发射雷达信号, 以检测环境中的目标 (S301), 并获取目标基于雷达信号反馈的回波信号 (S302); 根据回波信号, 得到目标的相关特征 (S303); 根据目标的相关特征, 对目标进行分类 (S304)。可以实现利用雷达对远距离目标进行精确地分类。

目标分类方法和相关设备

相关申请交叉引用

本申请要求于2018年9月14日申请的、申请号为201811076412.8、申请名称为“目标分类方法和相关设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及目标分类技术领域，尤其涉及一种目标分类方法和相关设备。

背景技术

雷达目前可以应用于工业的多个领域，如汽车电子领域、无人机领域等。雷达可以在不同的领域实现不同的功能等。如雷达可以实现测距、测角度、测速、测高等多种功能。

随着雷达技术的发展，雷达可以分为激光雷达、毫米波雷达等多种雷达。各雷达所测量的精度不同。

当前，有多种方式可以实现对目标进行分类，如利用视觉系统拍摄图像并对图像数据进行分析，以实现图像中的目标进行分类。然而，这种方式受环境光影响较大，即环境光弱的情况下，会导致无法识别图像中的目标，也就无法对其进行分类，并且该种方式受距离影响，即远距离时，无法对目标进行识别。而雷达的信号传播特性并不受环境光和距离的影响。因此，如何利用雷达实现对远距离目标进行精确地检测并分类，成为本领域技术人员积极研究的课题。

发明内容

本申请实施例提供了一种目标分类方法和相关设备，可以实现利用雷达对远距离目标进行精确地分类。

第一方面，本申请实施例提供了一种目标分类方法，包括：

发射雷达信号，以检测环境中的目标；

获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号；

根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征；

根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

可选的，所述目标的相关特征包括微动特征，所述根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，包括：

根据所述目标的微动特征，将所述目标分类为处于微动状态的目标或者处于非微动状态的目标。

可选的，所述微动特征包括以下至少一个：

距离熵特征、噪声能量比特特征、微动能量比特特征；

其中，所述距离熵特征用于表示目标与雷达之间距离的不确定性；

所述噪声能量比特特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值；

所述微动能量比特特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量，或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。

可选的，所述根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征，包括：

对所述回波信号进行处理，以得到二维信号；其中，所述二维信号包括距离信号和多普勒信号；所述多普勒信号包括微动信号和噪声信号；

根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征。

可选的，所述根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

根据公式 (1)，得到所述目标的距离熵特征；

其中，公式 (1) 为：

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中，*feature1* 用于表示距离熵特征，*M* 用于表示所获取的回波信号的帧数，*k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号，*c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离信号归一化的结果；其中，*M* 为大于或等于 1 的整数。

可选的，所述 *c(k)* 是根据公式 (2) 确定的；

其中，公式（2）为：

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中， N 用于表示计算窗口包括的帧数， n 用于表示所述计算窗口中的任意一帧， $range(k)$ 用于表示第 k 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值； $range(n)$ 用于表示所述计算窗口内第 n 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值；其中， N 为大于或等于 1 的整数。

可选的，所述根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

通过 q 次 CLEAN 算法去除所述二维信号中的多普勒信号包括的微动信号，以得到噪声信号，其中， q 为大于或等于 1 的整数；

根据所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，得到所述目标的噪声能量比特征。

可选的，所述根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

根据预设频段范围，确定所述二维信号中的多普勒信号中的与预设频段范围对应的微动信号；

根据所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，或者，所述微动信号的能量与所述多普勒信号中所述噪声信号的能量比值，确定所述目标的微动能量比特征。

可选的，所述根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，包括：

确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式；

根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

可选的，所述分类参数公式是由以下任意一种分类器训练得到的：

支持向量机（SVM）、相关向量机（RVM）、K 最近邻分类算法（KNN）、神经网络。

可选的，所述目标的相关特征包括 RCS 特征；

其中，所述 RCS 特征用于表示目标对所述雷达信号的反射程度。

第二方面，本申请实施例提供了一种目标分类装置，包括：

收发模块，用于发射雷达信号，以检测环境中的目标；获取所述目标基于

所述雷达信号反馈的回波信号；

处理模块，用于根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征；根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

可选的，所述目标的相关特征包括微动特征，所述处理模块根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，包括：

根据所述目标的微动特征，将所述目标分类为处于微动状态的目标或者处于非微动状态的目标。

可选的，所述微动特征包括以下至少一个：

距离熵特征、噪声能量比特特征、微动能量比特特征；

其中，所述距离熵特征用于表示目标与雷达之间距离的不确定性；

所述噪声能量比特特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值；

所述微动能量比特特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量，或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。

可选的，所述处理模块根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征，包括：

对所述回波信号进行处理，以得到二维信号；其中，所述二维信号包括距离信号和多普勒信号；所述多普勒信号包括微动信号和噪声信号；

根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征。

可选的，所述处理模块根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

根据公式 (1)，得到所述目标的距离熵特征；

其中，公式 (1) 为：

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中，*feature1* 用于表示距离熵特征，*M* 用于表示所获取的回波信号的帧数，*k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号，*c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离信号归一化的结果；其中，*M* 为大于或等于 1 的整数。

可选的, 所述 $c(k)$ 是根据公式 (2) 确定的;

其中, 公式 (2) 为:

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中, N 用于表示计算窗口包括的帧数, n 用于表示所述计算窗口中的任意一帧, $range(k)$ 用于表示第 k 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值; $range(n)$ 用于表示所述计算窗口内第 n 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值; 其中, N 为大于或等于 1 的整数。

可选的, 所述处理模块根据所述二维信号, 得到所述目标的微动特征, 包括:

通过 q 次 CLEAN 算法去除所述二维信号中的多普勒信号包括的微动信号, 以得到噪声信号, 其中, q 为大于或等于 1 的整数;

根据所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值, 得到所述目标的噪声能量比特征。

可选的, 所述处理模块根据所述二维信号, 得到所述目标的微动特征, 包括:

根据预设频段范围, 确定所述二维信号中的多普勒信号中的与预设频段范围对应的微动信号;

根据所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量比值, 或者, 所述微动信号的能量与所述多普勒信号中所述噪声信号的能量比值, 确定所述目标的微动能量比特征。

可选的, 所述处理模块根据所述目标的相关特征, 对所述目标进行分类, 包括:

确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式;

根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征, 对所述目标进行分类。

可选的, 所述分类参数公式是由以下任意一种分类器训练得到的:

支持向量机 (SVM)、相关向量机 (RVM)、K 最近邻分类算法 (KNN)、神经网络。

可选的，所述目标的相关特征包括 RCS 特征；

其中，所述 RCS 特征用于表示目标对所述雷达信号的反射程度。

第三方面，本申请实施例提供了一种雷达，包括：

发射器；

接收器；

与所述发射器和所述接收器连接的处理器；以及

与所述处理器连接的存储器；

其中，所述发射器用于发射雷达信号，以检测环境中的目标；

所述接收器用于获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号；

所述处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序，以实现以下步骤：

根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征；

根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

可选的，所述目标的相关特征包括微动特征，所述处理器用于实现根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类时，具体用于实现：

根据所述目标的微动特征，将所述目标分类为处于微动状态的目标或者处于非微动状态的目标。

可选的，所述微动特征包括以下至少一个：

距离熵特征、噪声能量比特征、微动能量比特征；

其中，所述距离熵特征用于表示目标与雷达之间距离的不确定性；

所述噪声能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值；

所述微动能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量，或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。

可选的，所述处理器用于实现根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征时，具体用于实现：

对所述回波信号进行处理，以得到二维信号；其中，所述二维信号包括距离信号和多普勒信号；所述多普勒信号包括微动信号和噪声信号；

根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征。

可选的，所述处理器用于实现根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，具体用于实现：

根据公式 (1)，得到所述目标的距离熵特征；

其中，公式 (1) 为：

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中，*feature1* 用于表示距离熵特征，*M* 用于表示所获取的回波信号的帧数，*k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号，*c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离信号归一化的结果；其中，*M* 为大于或等于 1 的整数。

可选的，所述 *c(k)* 是根据公式 (2) 确定的；

其中，公式 (2) 为：

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中，*N* 用于表示计算窗口包括的帧数，*n* 用于表示所述计算窗口中的任意一帧，*range(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值；*range(n)* 用于表示所述计算窗口内第 *n* 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值；其中，*N* 为大于或等于 1 的整数。

可选的，所述处理器用于实现根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，具体用于实现：

通过 *q* 次 CLEAN 算法去除所述二维信号中的多普勒信号包括的微动信号，以得到噪声信号，其中，*q* 为大于或等于 1 的整数；

根据所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，得到所述目标的噪声能量比特征。

可选的，所述处理器用于实现根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，具体用于实现：

根据预设频段范围，确定所述二维信号中的多普勒信号中的与预设频段范围对应的微动信号；

根据所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，或者，所述微动信号的能量与所述多普勒信号中所述噪声信号的能量比值，确定所述目标的微动能量比特征。

可选的，所述处理器用于实现根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，具体用于实现：

确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式；

根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

可选的，所述分类参数公式是由以下任意一种分类器训练得到的：

支持向量机（SVM）、相关向量机（RVM）、K 最近邻分类算法（KNN）、神经网络。

可选的，所述目标的相关特征包括 RCS 特征；

其中，所述 RCS 特征用于表示目标对所述雷达信号的反射程度。

第四方面，本申请实施例提供了一种可读性存储介质，其特征在于，所述可读性存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时，可以实现第一方面中的任意一种方法。

本申请实施例中，通过向雷达所在环境发射雷达信号，可以检测环境中的目标，并获取目标基于雷达信号反馈的回波信号，可以根据该回波信号，得到目标的相关特征，并可以根据所述目标的相关特征对目标进行分类。上述方式可以实现在离目标较远的情况下对目标进行分类。

附图说明

图 1 是本申请实施例涉及的一种应用场景的示意图；

图 2 是本申请实施例提供的一种雷达的结构示意图；

图 3 是本申请实施例提供的一种目标分类方法的流程示意图；

图 4 是本申请实施例提供的另一种目标分类方法的流程示意图；

图 5 是本申请实施例提供的一种目标分类装置的模块组成示意图。

具体实施方式

首先介绍几种本申请实施例涉及的应用场景。

请参阅图 1，图 1 是本申请实施例涉及的一种应用场景。如图 1 所示，雷达可以安装在飞行器上，该飞行器可以是无人机（Unmanned Aerial Vehicle, UAV）或其他飞行器。在此场景下，雷达 100 可以安装在飞行器 102 的底部，其可以用于检测降落地点 104 的环境情况，并可以将降落地点作为目标，将其进行分类。例如，将降落地点分类为地面或水面。从而，可以将分类结果告知飞行器，以使飞行器调整降落地点，避免落入水面中。可以提升飞行器降落的智能化。进一步地，该雷达还可以实现其他功能，如飞行器在空中对其进行测高等。

或者，雷达可以安装于车辆上，用于检测车辆周围环境中的目标，并对目

标进行分类识别，例如，可以识别出车辆周围环境中的目标是路障、栏杆、人等。

当然，本申请实施例还可以涉及其他应用场景，在此不予赘述。

下面介绍本申请实施例提供的一种用以实现目标分类方法的雷达。

请参阅图 2，图 2 是本申请实施例提供的一种雷达系统的结构示意图。

如图 2 所示，雷达系统 200 可以包括处理器 201、发射器 203、接收器 205、总线 207、接口 209、存储器 211 等。

其中，处理器 201 分别与发射器 203、接收器 205、存储器 211、接口 109、电源系统 207 连接。

当然，电源系统 207 还可以根据设计需求与处理器 201 外的其他模块连接。或者，各模块根据设计需求，还可以与除处理器 201 之外的其他模块连接，在此不予限定。

其中，发射器 203 可以连接有发射天线，该发射天线可以是天线阵列或应用于雷达上的其他天线形式，在此不予限定。发射器用于发射雷达信号。例如，发射器可以发射激光雷达信号、毫米波雷达信号等。其中，发射器可以用于发射 77GHz、24GHz 或其他频段的毫米波雷达信号，在此不予限定。

可选的，发射器 203 可以包括发射控制单元，该控制单元用于控制实现与处理器 201 之间的指令交互，也可以控制发射器发射雷达信号等。

接收器 205 可以连接有接收天线。接收天线可以是天线阵列或应用于雷达上的其他天线形式，在此不予限定。接收器 205 用于接收发射器 203 发射的雷达信号经过目标反射后的回波信号，回波信号中携带的信息可以用于反应目标的特性、属性、运动特征等。接收器 205 可以通过单通道或多通道接收回波信号。

可选的，接收器 205 可以包括接收控制单元，该控制单元用于控制实现与处理器 201 之间的指令交互，也可以控制接收器接收回波信号等。

可选的，接收器 205 中还可以包括处理器，用于对接收的回波信号进行进一步处理，例如将回波信号处理成二维信号；或者，接收器可以将回波信号发送至处理器 201 中的信号处理器 2011 中进行进一步处理，本申请实施例在此不予限定。

发射器 203 与接收器 205 可以为独立的装置，或者，发射器 203 与接收器 205 可以集成为一个装置，作为雷达系统 200 的前端。

处理器 201 可以包括信号处理器 2011 和数据处理器 2013。

其中，信号处理器 2011 用于对回波信号进行处理，数据处理器 2013 用于对处理后的回波信号进行进一步处理，以实现目标分类。

在此，信号处理器 2011 所实现的功能与数据处理器 2013 所实现的功能可以由独立的处理器实现，或者由处理器共同实现，在此不予限定。

处理器可以包括数字信号处理器 (Digital Signal Processing, DSP)、微型处理器 (Micro Processing Unit, MCU)、高级精简指令集机器 (Advanced RISC Machine, ARM) 等。在此，处理器可以是指处理器内核，或者处理器芯片。

上述处理器或处理器可以由硬件芯片实现。其中，硬件芯片可以是专用集成电路 (英文: application-specific integrated circuit, 缩写: ASIC)，可编程逻辑器件 (英文: programmable logic device, 缩写: PLD) 或其组合。上述 PLD 可以是复杂可编程逻辑器件 (英文: complex programmable logic device, 缩写: CPLD)，现场可编程逻辑门阵列 (英文: field-programmable gate array, 缩写: FPGA)，通用阵列逻辑 (英文: generic array logic, 缩写: GAL) 或其任意组合。

进一步地，发射器 203、接收器 205、处理器 201 可以集成于一个硬件芯片中，或者各自由独立的硬件芯片实现，在此不予限定。

电源系统 207 可以包括电源和电源管理模块。其中，电源可以为雷达 200 中的各模块供电，电源管理模块可以用于管理和控制各模块的供电情况。

接口 209 用于实现雷达系统 200 与其他设备或装置进行通信。例如，雷达系统 200 可以通过接口 209 将目标分类结果，传输给其他设备或装置，以使其他设备或装置基于该目标分类结果实现其他功能。

举例说明，当雷达系统 200 安装于飞行器时，雷达系统 200 可以通过接口 209 与飞行器中的飞行控制系统、主控系统或者其他控制系统连接。在此以雷达系统 200 通过接口 209 与主控系统连接为例。雷达系统 200 可以将目标分类结果通过接口 209 传输至主控系统中，主控系统通过分析该目标分类结果，可以进一步判断所检测目标是否适合降落，或者是否需要躲避所检测的目标等。并可以进一步地控制飞行器来实现上述功能。

其中，接口 209 可以包括串行外设接口 (Serial Peripheral Interface Bus, SPI) 2091、控制器局域网接口 (Controller Area Network, CAN) 2093、通用非同步收发传输接口 (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, UART) 2095 等。当然，接口 209 还可以包括其他通信接口或输入输出接口，在此不予限定。

存储器 211 可以包括易失性存储器（英文：volatile memory），例如随机存取存储器（英文：random-access memory，缩写：RAM），如静态随机存取存储器（英文：static random-access memory，缩写：SRAM），双倍数据率同步动态随机存取存储器（英文：Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory，缩写：DDR SDRAM）等；存储器也可以包括非易失性存储器（英文：non-volatile memory），例如快闪存储器（英文：flash memory），硬盘（英文：hard disk drive，缩写：HDD）或固态硬盘（英文：solid-state drive，缩写：SSD）；存储器 211 还可以包括上述种类的存储器的组合。

存储器可以是独立的存储器，也可以是芯片（如处理器芯片）内部的存储器或某一具有存储功能的模块。

存储器中可以存储有计算机程序（如应用程序、功能模块）、计算机指令、操作系统、数据、数据库等。存储器可以对其进行分区存储。

当然，雷达系统 200 还可以包括其他部件，例如，在一些实现方式中，雷达系统 200 还可以包括分类训练器等，以实现在线训练分类模型。对于雷达系统 200 包括的其他部件，在此不予赘述。

基于上述雷达的应用场景，以及雷达的结构，下面介绍本申请实施例中的方法实施例。

请参阅图 3，图 3 是本申请实施例提供的一种目标分类方法的流程示意图。如图 3 所示，该方法包括以下步骤。

步骤 S301，发射雷达信号，以检测环境中的目标。

步骤 S302，获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号。

示例性地，雷达系统可以通过上述发射器和发射天线向所在环境发射雷达信号，以检测所述环境中的目标，并可以通过接收天线和接收器接收目标基于雷达信号反射的回波信号，并将该回波信号发送至处理器中做进一步处理。

相较于可以实现目标分类的视觉系统，雷达可以实现远距离检测目标，并且不受环境光的影响。

步骤 S303，根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征。

示例性地，雷达可以根据回波信号，计算得到目标的相关特性。其中，目标的相关特性可以用于对目标进行分类。即目标的相关特性可以用于反应目标

的运动状态、目标的电磁特性、目标属性等。进而可以基于目标的相关特征，实现对目标进行分类。

例如，目标的相关特征可以包括微动特征，通过该微动特征，可以判断目标是否处于微动状态，进而可以将目标分类为处于微动状态的目标和处于非微动状态的目标。

本申请实施例中，微动可以理解为目标除自身运动外，附加在目标上的运动，或目标上局部部件的运动，例如，飞机螺旋桨的转动，人行走时手臂来回的摆动等。目标处于微动状态则表明目标具有微动。例如，微动状态可以包括水面的波动状态；非微动状态可以包括静止状态或者目标自身的运动状态。

一种应用场景中，当雷达应用于飞行器中，对降落点作为目标进行分类识别时，则可以理解为水面为非刚性，容易受环境，如风等因素的影响，其处于微动状态，刚性地面处于静止状态，进而可以利用得到的目标的微动特性，对目标进行分类，以确定当前检测到的降落点为地面或水面，进而可以使飞行器进一步判断是否能够进行降落。

或者，两个处于微动状态的目标，基于其微动特性地不同，可以对其进行分类。例如，另一种应用场景下，雷达应用于飞行器中，对沙漠中的地面进行分类识别时，可以基于流沙的微动特性和水面的微动特性，区别出流沙和水面。

本申请实施例中，目标的相关特征可以包括目标的微动特征、散射截面（Radar Cross Section, RCS）特征（也可称为目标的反射面特征）等中的至少一个。

目标的 RCS 特征可以用于反应目标对雷达信号的反射程度。由于目标根据其自身属性的不同，对雷达信号的反射程度不同，进而雷达系统可以根据该 RCS 特征分类出不同的目标。

进一步地，上述两种特征可以结合，以分类目标是否处于微动状态，并可以通过特征结合，提升分类准确性。

对于目标的相关特性的具体得到方式，可以参加以下实施例。

步骤 S304，根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

示例性地，当得到目标的相关特性后，可以基于分类器或训练好的分类模型，基于目标的相关特性对目标进行分类，以得到分类结果。其中，分类结果

可以是目标的分类属性。例如，在上述应用场景下，目标的分类属性包括地面属性或水面属性。其中，目标的地面属性用以表征地面为刚性地面，即不受环境，如风等，的影响而运动。

可选的，可以根据目标的相关特征，对目标实现在线或离线分类。其中，对目标实现在线分类是指将目标的相关特征输入至雷达配置的分类器中，分类器基于获得的目標的相关特征，输出目标的分类属性。进一步地，还可以向分类器反馈输出结果的正确性，以使分类器调整分类算法。在此种情况下，随着检测目标的次数增多，分类器输出结果越准确。或者，对目标实现离线分类，是指利用多个相关特征以及分类器，训练出分类模型，将分类模型预存至雷达中，当得到目标的相关特征后，可以利用该相关特征和分类模型，得到分类结果，如目标的分类属性。

本申请实施例中，通过向雷达所在环境发射雷达信号，可以检测环境中的目标，并获取目标基于雷达信号反馈的回波信号，可以根据该回波信号，得到目标的相关特征，并可以根据所述目标的相关特征对目标进行分类。上述方式可以实现利用雷达信号在离目标较远的情况下对目标进行分类。

请参阅图4，图4是本申请实施例提供的另一种目标分类方法的流程示意图。如图4所示，该方法至少包括以下步骤。

步骤 S401，发射雷达信号，以检测所述环境中的目标，并获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号。

本申请实施例的实现方式可以参见上述实施例中的相关描述，在此不予赘述。

步骤 S402，对所述回波信号进行处理，以得到二维信号。

示例性地，可以对回波信号进行1维快速傅里叶变换(1-Dimensional Fast Fourier Transform, 1DFFT)，以得到雷达与目标之间的距离数据(也可以成为距离信号)。进一步地，可以对回波信号进行二维快速傅里叶变换(2-Dimensional Fast Fourier Transform, 2DFFT)，以得到多普勒信号。进而可以得到包括距离数据和多普勒信号的二维信号。

步骤 S403，根据所述二维信号，得到所述目标的相关特征。

示例性地，可以根据二维信号中的多普勒信号和/或距离数据，得到目标的

微动特征。在此，二维信号中的多普勒信号可以包括微多普勒信号。即可以根据多普勒信号，得到目标的与多普勒信号相关的微动特征。

下面介绍几种本申请实施例中的微动特征的获得方式。

一、距离熵特征。

其中，距离熵特征可以用于表示目标与雷达之间距离的不确定性。距离熵特征中的熵值越大，则表明目标与雷达之间距离的不确定性越大；同理，距离熵特征中的熵值越小，则表明目标与雷达之间距离的不确定性越小。对于处于微动状态的目标，如水面，其距离熵特征则较大，相对地，对于处于非微动状态的目标，如地面，则其距离熵特征则较小，进而可以根据距离熵特征来区别目标是否处于微动状态。

一种实现方式中，距离熵特征 (*feature1*) 可以通过公式 (1) 确定。

其中，公式 (1) 为：

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中，*feature1* 用于表示距离熵特征，*M* 用于表示所获取的回波信号的帧数，*k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号，*c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离数据归一化的结果；其中，*M* 为大于或等于 1 的整数。

具体地，雷达系统可以持续地发射雷达信号，并可以连续接收多帧回波信号，雷达系统可以根据每一帧回波信号和其对应的雷达信号，来确定与目标之间的距离，该距离可以表示为距离信号或距离数据，进一步地，可以对该距离信号进行归一化处理，如通过公式 (2) 进行处理，并将 *M* 个归一化处理的结果进行熵计算，如通过公式 (1) 进行熵计算，进而可以多个距离熵特征。

具体的，*c(k)* 是根据公式 (2) 确定的。

其中，公式 (2) 为：

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中，*N* 用于表示计算窗口包括的帧数，*n* 用于表示所述计算窗口中的任意一帧，*range(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中的距离值；*range(n)* 用于表示所述计算窗口内第 *n* 帧的回波信号中的距离值；*N* 为大于或等于 1 的整数。

N 可以理解为计算窗口所容纳或所包含的帧数,或者,计算窗口的窗口长度,该窗口长度是通过帧数确定的。二、噪声能量比特征。

噪声能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值。其中,噪声能量比特征越大,则表明多普勒信号中的微动能量占比越小,进而目标处于微动状态的可能性越小;相应地,噪声能量比特征越小,则表明多普勒信号中的微动能量占比越大,进而目标处于微动状态的可能性越大。

具体的,如果需要得到多普勒信号中的噪声信号,可以首先确定多普勒信号中的微动信号,进而利用 CLEAN 算法将多普勒信号中的微动信号去除,以得到噪声信号。

具体的,微动信号可以通过多普勒信号在频域或时域内的谐波表示,可以通过在多普勒信号中寻找幅度值最大的谐波,以确定微动信号,并可以通过 CLEAN 算法将该谐波代表的微动信号从多普勒信号中减去,以得到剩余信号。噪声能量比可以通过该剩余信号的能量与多普勒信号的能量比值来确定。若通过上述方式对多普勒信号进行 q 次 CLEAN 算法, q 为大于或等于的整数,则可以得到 q 个比值,进而,噪声能量比特征可以由包括这 q 个比值的向量表示。

进一步地,可以利用该向量对目标进行分类,或利用向量中的一个或多个比值对目标进行分类。

其中, q 可以是预设的,或者是基于回波信号中的谐波数量确定的,在此不予限定。

示例性地,可以利用以下公式 (3) 来确定谐波:

$$y = \left(\frac{A}{M} \right) \times \exp(j \times 2\pi \times f_c + j \times \Phi);$$

其中, y 为该次谐波所表示的能量信号,其可以是时域信号或频域信号, A 表示多普勒信号中的幅值, Φ 表示相位, j 表示时间, f_c 表示多普勒频率, M 为脉冲累积数。

能量比特征值可以通过以下公式 (4) 确定:

$$R_i = \frac{\sum_n^L [S_i(n)]^2}{\sum_n^L [S_r(n)]^2};$$

其中, R_i 表示第 i 次基于 CLEAN 算法得到的能量比特征值, $1 \leq i \leq q$, L 表示多普勒信号的频谱长度, $S_r(n)$ 表示多普勒信号, 当 $f1$ 至 $f2$ 频段用于表示噪声信号所在频段时, $S_r(n)$ 表示多普勒信号中的噪声信号, $S_i(n)$ 表示第 i 次根据上述多普勒信号 (也可以被称为原始信号) 与谐波信号相减得到的剩余信号。

进而, 能量比特征可以通过以下公式 (5) 予以表达:

$$feature2 = (R_1, R_2, \dots, R_i);$$

其中, $feature2$ 即为能量比特征。

三、微动能量比特征。

微动能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量, 或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。其中, 微动能量比特征越大, 则表明多普勒信号中的微动信号占比越大, 进而目标处于微动状态的可能性越大。

微动能量比特征可以通过以下公式 (6) 得到:

$$feature3 = \frac{\sum_{f1}^{F1} P(f)^2}{\sum_{f2}^{F2} P(f)^2};$$

其中, $feature3$ 表示微动能量比特征, 区间 $[f1, F1]$ 表示微动信号能量集中频段, 该区间可以是预设的, 其中, 该区间的确定可以与所涉及的应用场景相关。如不同的应用场景下, 该预设区间不同。区间 $[f2, F2]$ 表示噪声信号的频段, 或者表示多普勒信号的频段。同样地, 该区间可以是预设地, 或者是基于区间 $[f1, F1]$ 确定的。当区间 $[f2, F2]$ 表示噪声信号的频段时, 区间 $[f2, F2]$ 可以是表示噪声信号的全部或其中部分频段, f 为在区间 $[f1, F1]$ 或在区间 $[f2, F2]$ 的任意一个频点, $P(f)$ 为 f 频点对应的幅值。

通过上述方式可以获取目标的微动特征中的一种或多种。

可选的, 还可以根据二维信号, 得到 RCS 特征。对于得到方式, 本申请实施例不予限定。

综上, 可以根据二维信号, 得到以下相关特征中的至少一种:

距离熵特征、能量比特征、微动能量比特征、RCS 特征。

步骤 S404，确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式。

示例性地，由于得到的目标的相关特征具有不同的组合方式，因此，相关特征的不同的组合方式对应不同的分类参数公式。

在此，本申请实施例中的分类参数公式可以理解为是分类模型。

一种实现方式中，目标的相关特征的组合方式与分类参数公式的对应关系可以预存在雷达系统中，如预存在图 2 所示雷达系统的存储器 211 中。可以根据步骤 S403 得到的相关特征的组合，如组合中包括距离熵特征、RCS 特征，则可以根据预存的对应关系，得到相关特征对应的分类参数公式。

步骤 S405，根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

示例性地，可以将目标的一个或多个相关特征作为分类参数公式的输入值，进而可以计算得到分类参数的参数值。进一步地，可以判断该分类参数的参数值所落入的分类区间，如果其落入某一分类区间内，则可以确定与该分类区间对应的目标分类。其中，分类区间与目标分类的对应关系可以是预训练得到的，其预存储在雷达中。或者，可以将目标的一个或多个相关特征作为分类参数公式的输入值，并可以直接得到目标的分类结果，进而可以确定目标分类。

目标的相关特征与分类参数公式之间存在对应关系。例如，针对不同的应用场景，得到的目标的相关特征不同，进而获取的分类参数公式不同。

具体的，可以根据计算的到的目标的相关特征的组合，来确定与该组合对应的目标分类。

相关特征的组合可以包括至少两种相关特征，相关特征的组合可以进一步地提升对目标分类的准确性。

上述确定目标的分类属性的方式可以通过雷达中的分类器实现，或者通过雷达中的其他装置实现，如通过雷达中的处理器执行相应程序实现。

上述对应关系，或者，上述分类参数公式可以是分类器通过训练算法得到的。其中，分类器中包括多种训练算法，可以基于分类器中的一种或多种训练算法得到上述对应关系或分类参数公式。

训练得到的对应关系或分类参数公式可以预存储在雷达中，当雷达实时检测到目标，并计算得到目标的相关特征后，可以根据雷达中的分类器或其他装

置，结合预存储的对应关系或分类参数公式来进一步地得到分类结果。或者，雷达中的分类器根据目标的相关特征和训练算法，直接得到分类结果。

本申请实施例中，分类器可以包括以下至少一种：

支持向量机 (Support Vector Machine, SVM)、相关向量机 (Relative Vector Machine, RVM)、K 最近邻分类算法 (k-nearest neighbors algorithm, KNN)、神经网络等。

进一步地，雷达还可以输出目标的分类结果至其他装置，以便于其他装置根据目标的分类属性来做进一步处理。

本申请实施例仅以目标的分类属性为地面属性和水面属性为例进行说明，当然，通过本申请实施例中描述的实现方式，还可以实现其他应用场景下对目标的识别分类，在此不予限定。

下面结合上述实施方法，对本申请实施例涉及的一种应用场景进行说明。

如图 1 所示，雷达安装于飞行器底部，可以用于辅助飞行器进行自主降落。

例如，飞行器处于需要降落的场景下，触发雷达发射雷达信号，例如，雷达朝向降落点或降落地面发射雷达信号，降落点或降落地面在接收到该雷达信号后，对该雷达信号进行反射，反射的信号为回波信号。雷达在接收到该回波信号后，可以根据回波信号，得到目标的相关特征，具体的，可以基于上述算法，将回波信号处理成为二维信号，并可以根据二维信号，计算得到目标的微动特征、RCS 特征等。例如，可以得到距离熵特征、能量比特特征、微动能量比特特征、RCS 特征等中的至少一种，进而可以根据计算得到的目标的相关特征，对降落地面进行分类。将降落点分类为地面或水面中的一种。雷达可以将分类结果传输至飞行器的飞行控制系统，飞行控制系统可以根据分类结果来确定是否进行垂直降落。例如，当分类结果为地面时，则飞行控制系统可以控制飞行器的动力装置进行垂直降落，当分类结果为水面时，则飞行控制系统停止降落计划，或者规划新的降落路径等。

当然，上述应用场景仅为示例性地，对于本申请实施例涉及的其他应用场景，在此不予赘述。

请参阅图 5, 图 5 是本申请实施例提供的一种目标分类装置的模块组成示意图。如图 5 所示, 该目标分类装置 500 可以包括收发模块 501 和处理模块 503。

其中, 收发模块 501, 用于发射雷达信号, 以检测环境中的目标; 获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号;

处理模块 503, 用于根据所述回波信号, 得到所述目标的相关特征; 根据所述目标的相关特征, 对所述目标进行分类。

可选的, 所述目标的相关特征包括微动特征, 所述处理模块 503 根据所述目标的相关特征, 对所述目标进行分类, 包括:

根据所述目标的微动特征, 将所述目标分类为处于微动状态的目标或者处于非微动状态的目标。

可选的, 所述微动特征包括以下至少一个:

距离熵特征、噪声能量比特征、微动能量比特征;

其中, 所述距离熵特征用于表示目标与雷达之间距离的不确定性;

所述噪声能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值;

所述微动能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量, 或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。

可选的, 所述处理模块 503 根据所述回波信号, 得到所述目标的相关特征, 包括:

对所述回波信号进行处理, 以得到二维信号; 其中, 所述二维信号包括距离信号和多普勒信号; 所述多普勒信号包括微动信号和噪声信号;

根据所述二维信号, 得到所述目标的微动特征。

可选的, 所述处理模块 503 根据所述二维信号, 得到所述目标的微动特征, 包括:

根据公式 (1), 得到所述目标的距离熵特征;

其中, 公式 (1) 为:

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中, *feature1* 用于表示距离熵特征, *M* 用于表示所获取的回波信号的帧数, *k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号, *c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离信号归一化的结果; 其中, *M* 为大于或等于 1 的整数。

可选的, 所述 *c(k)* 是根据公式 (2) 确定的;

其中, 公式 (2) 为:

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中, *N* 用于表示计算窗口包括的帧数, *n* 用于表示所述计算窗口中的任意一帧, *range(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值; *range(n)* 用于表示所述计算窗口内第 *n* 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值; 其中, *N* 为大于或等于 1 的整数。

可选的, 所述处理模块 503 根据所述二维信号, 得到所述目标的微动特征, 包括:

通过 *q* 次 CLEAN 算法去除所述二维信号中的多普勒信号包括的微动信号, 以得到噪声信号, 其中, *q* 为大于或等于 1 的整数;

根据所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值, 得到所述目标的噪声能量比特征。

可选的, 所述处理模块 503 根据所述二维信号, 得到所述目标的微动特征, 包括:

根据预设频段范围, 确定所述二维信号中的多普勒信号中的与所述预设频段范围对应的微动信号;

根据所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量比值, 或者, 所述微动信号的能量与所述多普勒信号中所述噪声信号的能量比值, 确定所述目标的微动能量比特征。

可选的, 所述处理模块 503 根据所述目标的相关特征, 对所述目标进行分类, 包括:

确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式;

根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征, 对所述目标进行分类。

可选的，所述分类参数公式是由以下任意一种分类器训练得到的：

支持向量机（SVM）、相关向量机（RVM）、K 最近邻分类算法（KNN）、神经网络。

可选的，所述目标的相关特征包括 RCS 特征；

其中，所述 RCS 特征用于表示目标对所述雷达信号的反射程度。

当然，目标分类装置还可以包括其他功能模块，在此不予限定。

上述功能模块可以由软件、硬件或其结合实现。例如，上述功能模块可以由计算机程序实现，或者，上述功能模块中的收发模块可以由图 2 所示的发射器或接收器实现，上述功能模块中的处理模块可以由图 2 所示的处理器或者由其处理器执行计算机程序实现等，在此不予限定。

结合图 2 所示的雷达结构和上述实施方式，雷达中的处理器可以包括在处理器中，或者包括在发射器或接收器中，或者包括在其他装置中，其中，至少 1 个处理器可以用于执行上述实施例中的任意一种方法。

进一步地，本申请实施例还提供了一种可读性存储介质，其特征在于，所述可读性存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时，可以实现第一方面中的任意一种方法。

本申请实施例中，通过向雷达所在环境发射雷达信号，可以检测环境中的目标，并获取目标基于雷达信号反馈的回波信号，可以根据该回波信号，得到目标的相关特征，并可以根据所述目标的相关特征对目标进行分类。上述方式可以实现在离目标较远的情况下对目标进行分类。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求 书

1、一种目标分类方法，其特征在于，包括：

发射雷达信号，以检测环境中的目标；

获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号；

根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征；

根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述目标的相关特征包括微动特征，所述根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，包括：

根据所述目标的微动特征，将所述目标分类为处于微动状态的目标或者处于非微动状态的目标。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述微动特征包括以下至少一个：

距离熵特征、噪声能量比特征、微动能量比特征；

其中，所述距离熵特征用于表示目标与雷达之间距离的不确定性；

所述噪声能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值；

所述微动能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量，或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。

4、根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征，包括：

对所述回波信号进行处理，以得到二维信号；其中，所述二维信号包括距离信号和多普勒信号；所述多普勒信号包括微动信号和噪声信号；

根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征。

5、根据权利要求4所述的方法，其特征在于，所述根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

根据公式(1)，得到所述目标的距离熵特征；

其中，公式(1)为：

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中，*feature1* 用于表示距离熵特征，*M* 用于表示所获取的回波信号的帧数，*k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号，*c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离信号归一化的结果；其中，*M* 为大于或等于 1 的整数。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述 $c(k)$ 是根据公式 (2) 确定的；

其中，公式 (2) 为：

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中， N 用于表示计算窗口包括的帧数， n 用于表示所述计算窗口中的任意一帧， $range(k)$ 用于表示第 k 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值； $range(n)$ 用于表示所述计算窗口内第 n 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值；其中， N 为大于或等于 1 的整数。

7、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

通过 q 次 CLEAN 算法去除所述二维信号中的多普勒信号包括的微动信号，以得到噪声信号，其中， q 为大于或等于 1 的整数；

根据所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，得到所述目标的噪声能量比特征。

8、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，包括：

根据预设频段范围，确定所述二维信号中的多普勒信号中的与预设频段范围对应的微动信号；

根据所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，或者，所述微动信号的能量与所述多普勒信号中所述噪声信号的能量比值，确定所述目标的微动能量比特征。

9、根据权利要求 1-8 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，包括：

确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式；

根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述分类参数公式是由以下任意一种分类器训练得到的：

支持向量机 (SVM)、相关向量机 (RVM)、K 最近邻分类算法 (KNN)、神经网络。

11、根据权利要求 1-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述目标的相关

特征包括 RCS 特征；

其中，所述 RCS 特征用于表示目标对所述雷达信号的反射程度。

12、一种雷达系统，其特征在于，包括：

发射器；

接收器；

与所述发射器和所述接收器连接的处理器；以及

与所述处理器连接的存储器；

其中，所述发射器用于发射雷达信号，以检测环境中的目标；

所述接收器用于获取所述目标基于所述雷达信号反馈的回波信号；

所述处理器用于执行所述存储器中存储的计算机程序，以实现以下步骤：

根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征；

根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

13、根据权利要求 12 所述的雷达系统，其特征在于，所述目标的相关特征包括微动特征，所述处理器用于实现根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类时，具体用于实现：

根据所述目标的微动特征，将所述目标分类为处于微动状态的目标或者处于非微动状态的目标。

14、根据权利要求 13 所述的雷达系统，其特征在于，所述微动特征包括以下至少一个：

距离熵特征、噪声能量比特征、微动能量比特征；

其中，所述距离熵特征用于表示目标与雷达之间距离的不确定性；

所述噪声能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值；

所述微动能量比特征用于表示所述多普勒信号中所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量，或者所述微动信号的能量与所述噪声信号的能量比值。

15、根据权利要求 14 所述的雷达系统，其特征在于，所述处理器用于实现根据所述回波信号，得到所述目标的相关特征时，具体用于实现：

对所述回波信号进行处理，以得到二维信号；其中，所述二维信号包括距离信号和多普勒信号；所述多普勒信号包括微动信号和噪声信号；

根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征。

16、根据权利要求 15 所述的雷达系统，其特征在于，所述处理器用于实现

根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，具体用于实现：

根据公式 (1)，得到所述目标的距离熵特征；

其中，公式 (1) 为：

$$feature1 = -\sum_{k=1}^M [c(k) \times \lg(c(k))];$$

其中，*feature1* 用于表示距离熵特征，*M* 用于表示所获取的回波信号的帧数，*k* 用于表示所获取的回波信号的帧序号，*c(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中距离信号归一化的结果；其中，*M* 为大于或等于 1 的整数。

17、根据权利要求 16 所述的雷达系统，其特征在于，所述 *c(k)* 是根据公式 (2) 确定的；

其中，公式 (2) 为：

$$c(k) = \frac{[range(k)]^2}{\sum_{n=1}^N [range(n)]^2};$$

其中，*N* 用于表示计算窗口包括的帧数，*n* 用于表示所述计算窗口中的任意一帧，*range(k)* 用于表示第 *k* 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值；*range(n)* 用于表示所述计算窗口内第 *n* 帧的回波信号中的距离信号所表示的距离值；其中，*N* 为大于或等于 1 的整数。

18、根据权利要求 15 所述的雷达系统，其特征在于，所述处理器用于实现根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，具体用于实现：

通过 *q* 次 CLEAN 算法去除所述二维信号中的多普勒信号包括的微动信号，以得到噪声信号，其中，*q* 为大于或等于 1 的整数；

根据所述噪声信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，得到所述目标的噪声能量比特征。

19、根据权利要求 15 所述的雷达系统，其特征在于，所述处理器用于实现根据所述二维信号，得到所述目标的微动特征，具体用于实现：

根据预设频段范围，确定所述二维信号中的多普勒信号中的与所述预设频段范围对应的微动信号；

根据所述微动信号的能量与所述多普勒信号的能量比值，或者，所述微动信号的能量与所述多普勒信号中所述噪声信号的能量比值，确定所述目标的微动能量比特征。

20、根据权利要求 12-19 任一项所述的雷达系统，其特征在于，所述处理器用于实现根据所述目标的相关特征，对所述目标进行分类，具体用于实现：

确定所述目标的相关特征对应的分类参数公式；

根据所述分类参数公式和所述目标的相关特征，对所述目标进行分类。

21、根据权利要求 21 所述的雷达系统，其特征在于，所述分类参数公式是由以下任意一种分类器训练得到的：

支持向量机（SVM）、相关向量机（RVM）、K 最近邻分类算法（KNN）、神经网络。

22、根据权利要求 12-21 任一项所述的雷达系统，其特征在于，所述目标的相关特征包括 RCS 特征；

其中，所述 RCS 特征用于表示目标对所述雷达信号的反射程度。

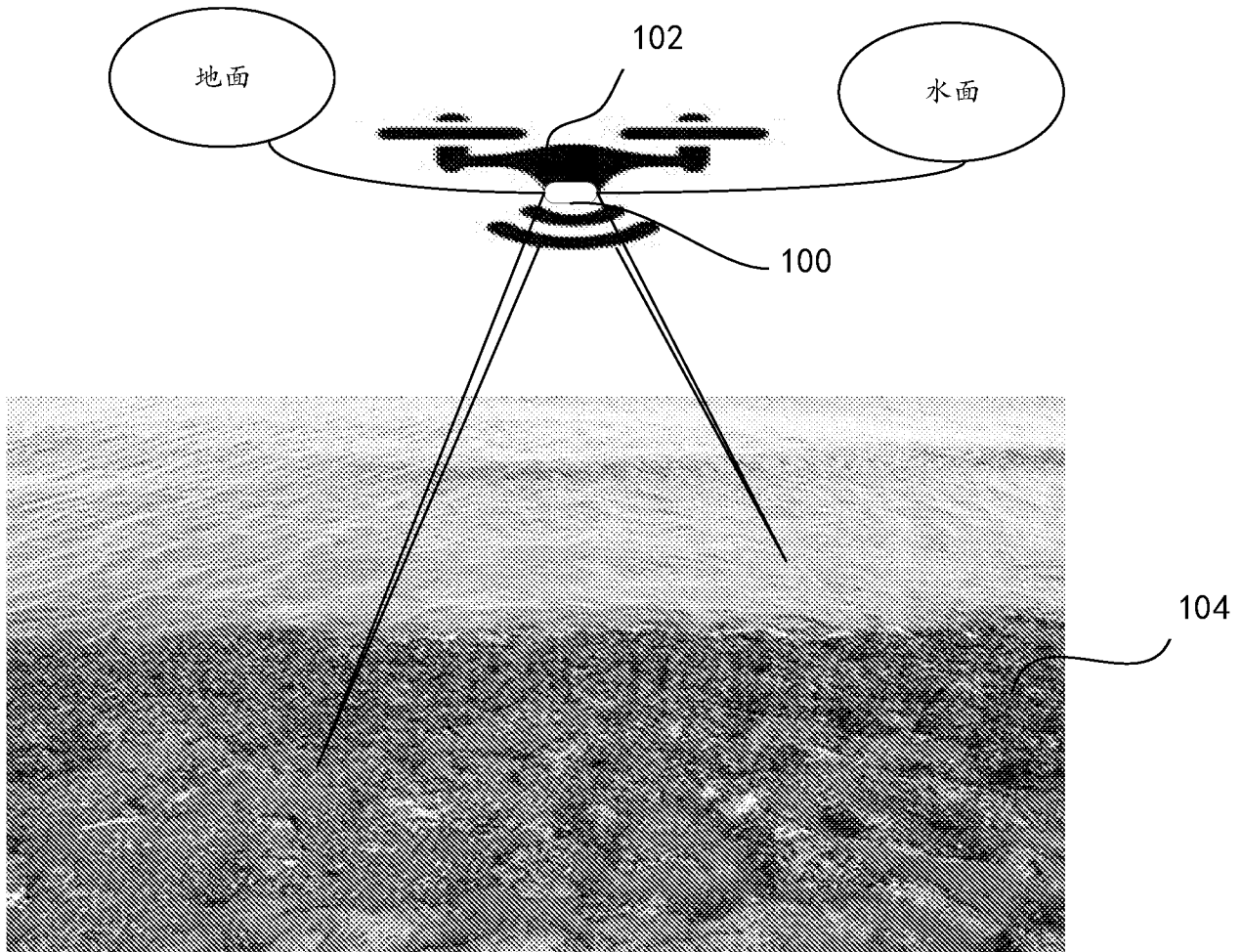


图 1

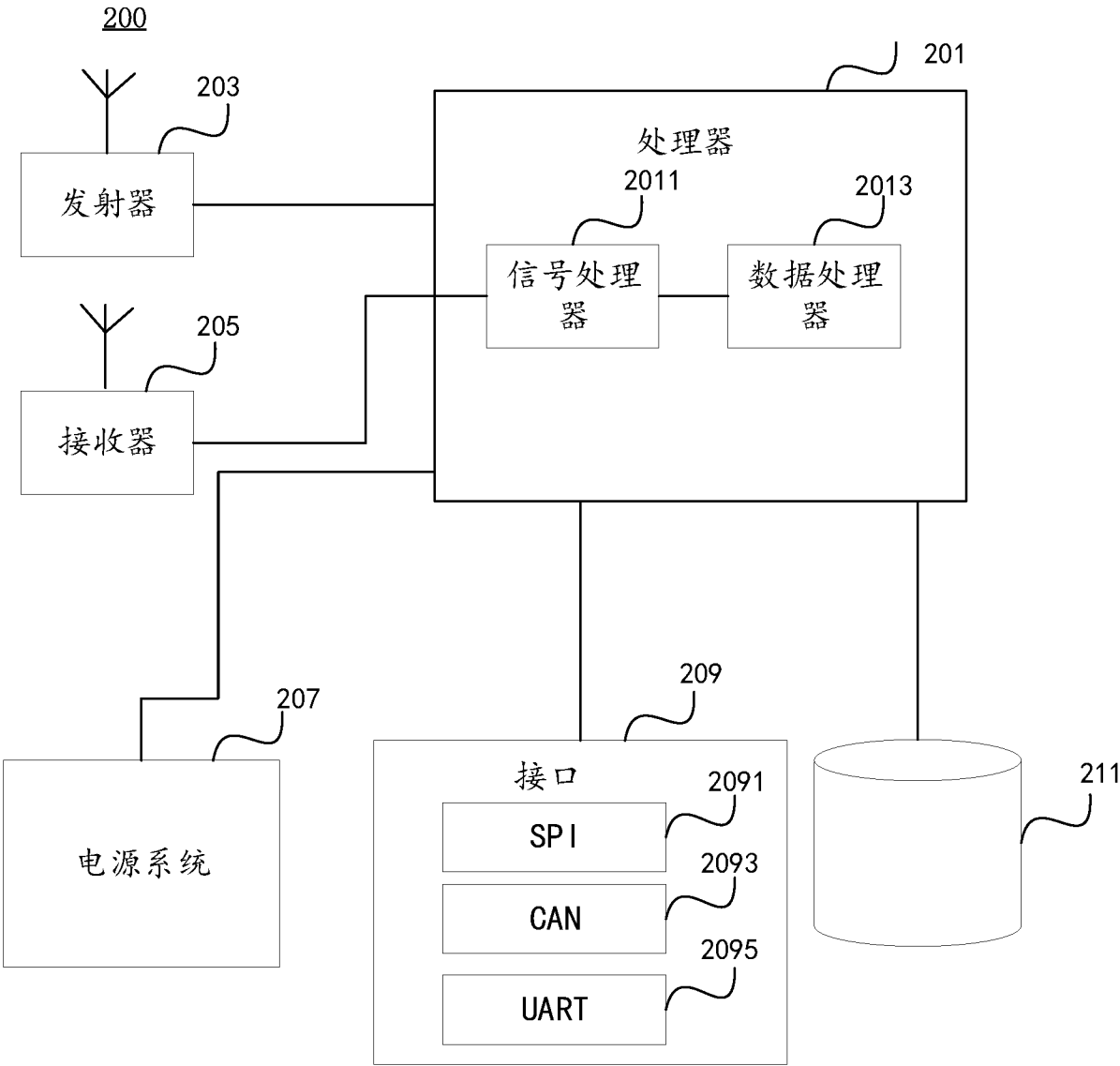


图 2

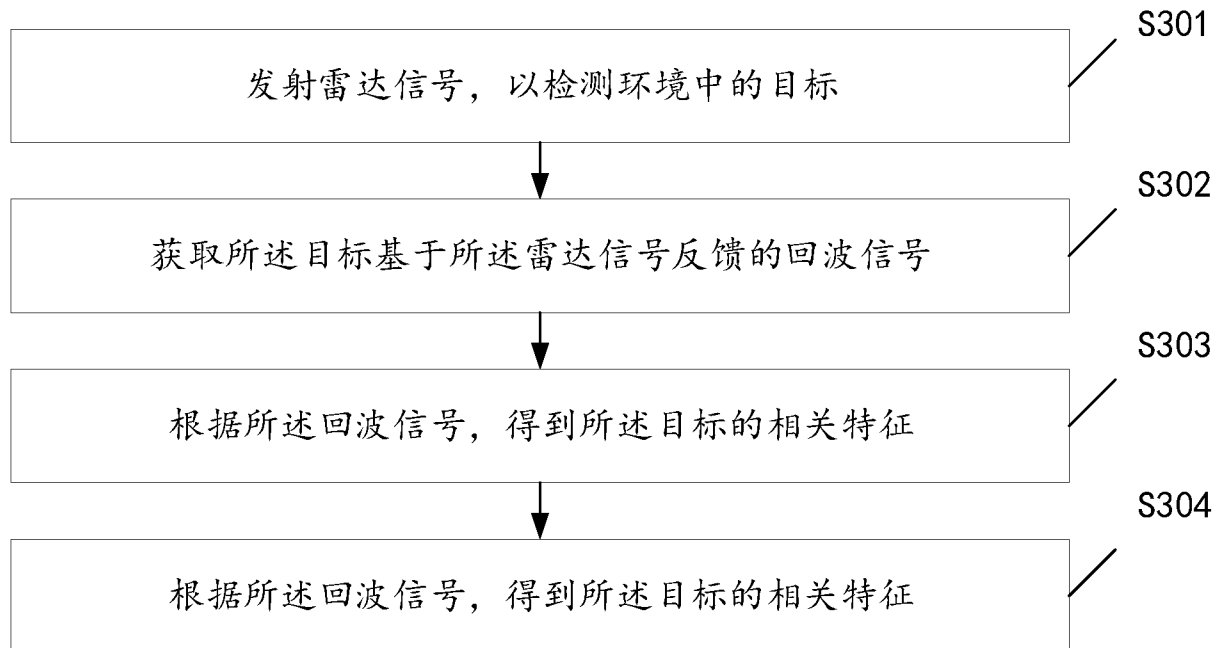


图 3

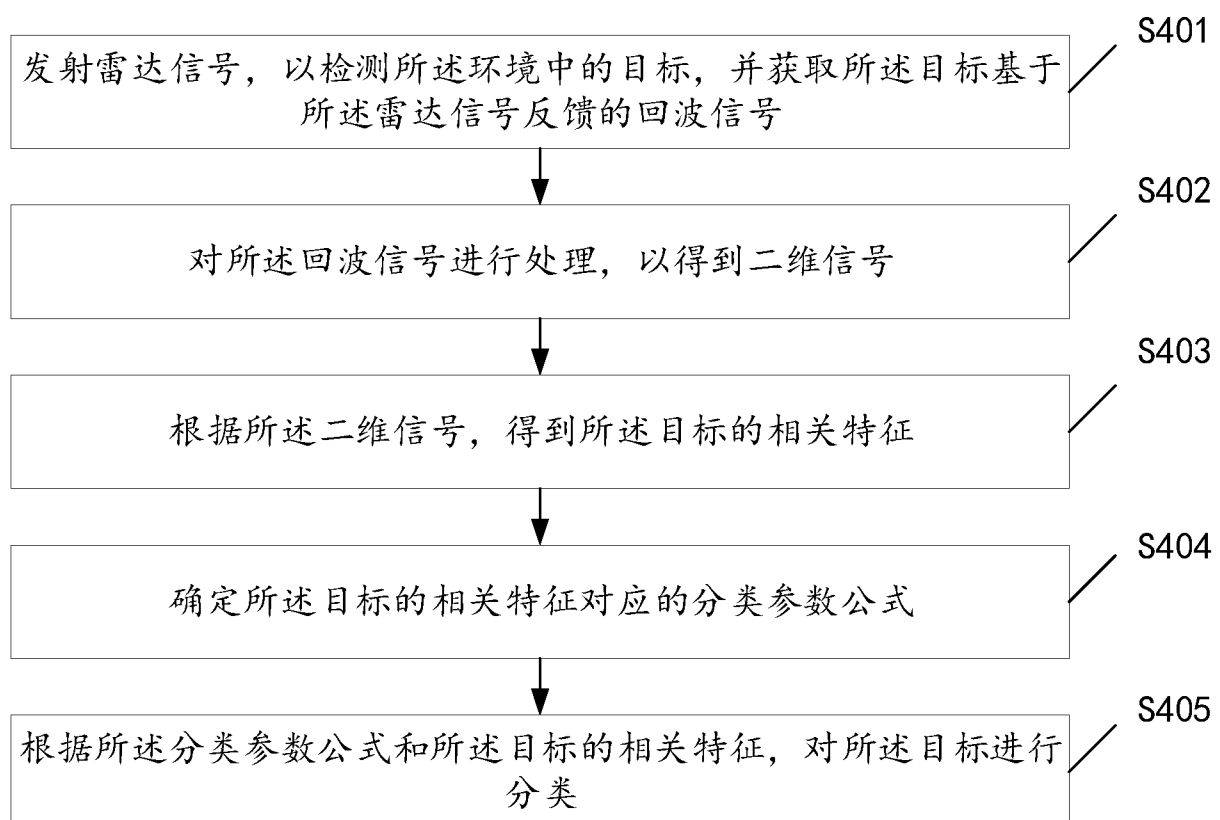


图 4

500

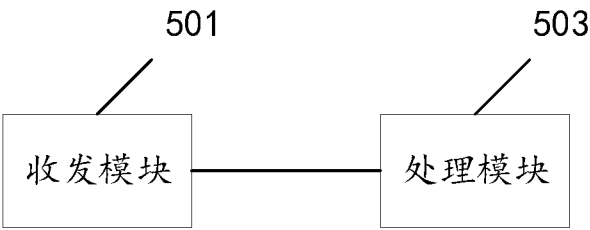


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/103227

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER 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) G01S 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: 深圳市道通智能航空技术有限公司, 雷达, 回波, 目标, 分类, 特征, 微动, 距离熵, 能量比, 多普勒, radar, echo, target, classif+, feature, micro w motion, distance w entropy, energy 1d ratio+, doppler		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	林萍 (LIN, Ping). "基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类 (SAR/GMTI Vehicle Target Classification Based on Micro-doppler Feature)" 中国优秀硕士学位论文全文数据库(电子期刊)信息科技辑 (Information & Technology, China Master's Theses Full-Text Database(Electronic Journal)), No. 2, 28 February 2018 (2018-02-28), ISSN: 1674-0246, I, and pp. 6, 7, and 10	1, 2, 9-13, 20-22
Y	林萍 (LIN, Ping). "基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类 (SAR/GMTI Vehicle Target Classification Based on Micro-doppler Feature)" 中国优秀硕士学位论文全文数据库(电子期刊)信息科技辑 (Information & Technology, China Master's Theses Full-Text Database(Electronic Journal)), No. 2, 28 February 2018 (2018-02-28), ISSN: 1674-0246, I, and pp. 6, 7, and 10	3-8, 14-19
☒ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 30 November 2019		Date of mailing of the international search report 28 November 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

International application No.

PCT/CN2019/103227

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	侯庆凯 (HOU, Qingkai). "空间目标压缩感知雷达成像方法与应用研究 (Methods And Applications of Compressed Sensing Based Isar Imaging for Space Target)" 中国博士学位论文全文数据库(电子期刊)信息科技辑 (<i>Information & Technology, China Doctoral Dissertations Full-text Database(Electronic Journal)</i>), No. 2, 28 February 2017 (2017-02-28), ISSN: 1674-022X, pp. 103 and 104	3-8, 14-19
Y	李彦兵 等 (LI, Yanbing et al.). "基于微多普勒特征的地面目标分类 (Ground Targets Classification Based on Micro-Doppler Effect)" 电子与信息学报 (<i>Journal of Electronics & Information Technology</i>), Vol. 32, No. 12, 31 December 2010 (2010-12-31), ISSN: 1009-5896, pp. 2848-2853	3-8, 14-19
Y	杨磊 等 (YANG, Lei et al.). "基于微多普勒特征的运动车辆分类方法研究 (Study on Moving Vehicles Classification Based on Micro-Doppler Signatures)" 火控雷达技术 (<i>Fire Control Radar Technology</i>), Vol. 43, No. 3, 30 September 2014 (2014-09-30), ISSN: 1008-8652, pp. 36-39 and 58	3-8, 14-19
A	CN 103914703 A (XIDIAN UNIVERSITY) 09 July 2014 (2014-07-09) entire document	1-22
A	EP 3349038 A1 (DELPHI TECHNOLOGIES, INC.) 18 July 2018 (2018-07-18) entire document	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/103227

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103914703	A	09 July 2014	CN	103914703	B	15 February 2017
EP	3349038	A1	18 July 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/103227

A. 主题的分类 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) G01S 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; EP0D0C: 深圳市道通智能航空技术有限公司, 雷达, 回波, 目标, 分类, 特征, 微动, 距离熵, 能量比, 多普勒, radar, echo, target, classif+, feature, micro w motion, distance w entropy, energy ld ratio+, doppler														
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>林萍. “基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2018年 2月 28日 (2018 - 02 - 28), ISSN: 1674-0246, 第I, 6-7, 10页</td> <td>1-2, 9-13, 20-22</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>林萍. “基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2018年 2月 28日 (2018 - 02 - 28), ISSN: 1674-0246, 第I, 6-7, 10页</td> <td>3-8, 14-19</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>侯庆凯. “空间目标压缩感知雷达成像方法与应用研究” 中国博士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2017年 2月 28日 (2017 - 02 - 28), ISSN: 1674-022X, 第103-104页</td> <td>3-8, 14-19</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	林萍. “基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2018年 2月 28日 (2018 - 02 - 28), ISSN: 1674-0246, 第I, 6-7, 10页	1-2, 9-13, 20-22	Y	林萍. “基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2018年 2月 28日 (2018 - 02 - 28), ISSN: 1674-0246, 第I, 6-7, 10页	3-8, 14-19	Y	侯庆凯. “空间目标压缩感知雷达成像方法与应用研究” 中国博士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2017年 2月 28日 (2017 - 02 - 28), ISSN: 1674-022X, 第103-104页	3-8, 14-19
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
X	林萍. “基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2018年 2月 28日 (2018 - 02 - 28), ISSN: 1674-0246, 第I, 6-7, 10页	1-2, 9-13, 20-22												
Y	林萍. “基于微多普勒特征的SAR/GMTI车辆目标分类” 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2018年 2月 28日 (2018 - 02 - 28), ISSN: 1674-0246, 第I, 6-7, 10页	3-8, 14-19												
Y	侯庆凯. “空间目标压缩感知雷达成像方法与应用研究” 中国博士学位论文全文数据库 (电子期刊) 信息科技辑, 第2期, 2017年 2月 28日 (2017 - 02 - 28), ISSN: 1674-022X, 第103-104页	3-8, 14-19												
☒ 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 11月 30日		国际检索报告邮寄日期 2019年 11月 28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 周璐璐 电话号码 86-(10)-53962589												

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	李彦兵 等. “基于微多普勒特征的地面目标分类” 电子与信息学报, 第32卷, 第12期, 2010年 12月 31日 (2010 - 12 - 31), ISSN: 1009-5896, 第2848-2853页	3-8, 14-19
Y	杨磊 等. “基于微多普勒特征的运动车辆分类方法研究” 火控雷达技术, 第43卷, 第3期, 2014年 9月 30日 (2014 - 09 - 30), ISSN: 1008-8652, 第36-39, 58页	3-8, 14-19
A	CN 103914703 A (西安电子科技大学) 2014年 7月 9日 (2014 - 07 - 09) 全文	1-22
A	EP 3349038 A1 (DELPHI TECHNOLOGIES, INC.) 2018年 7月 18日 (2018 - 07 - 18) 全文	1-22

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/103227

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	103914703	A	2014年 7月 9日	CN	103914703 B
EP	3349038	A1	2018年 7月 18日	无	