



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114818777 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210273471.4

(22) 申请日 2022.03.18

(71) 申请人 北京遥感设备研究所

地址 100039 北京市海淀区永定路51号

(72) 发明人 刘天冬 苏琪雅 董胜波 李欣致  
于沐尧

(74) 专利代理机构 北京华专卓海知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11664

专利代理师 王一

(51) Int. Cl.

G06K 9/00 (2022.01)

G06K 9/62 (2022.01)

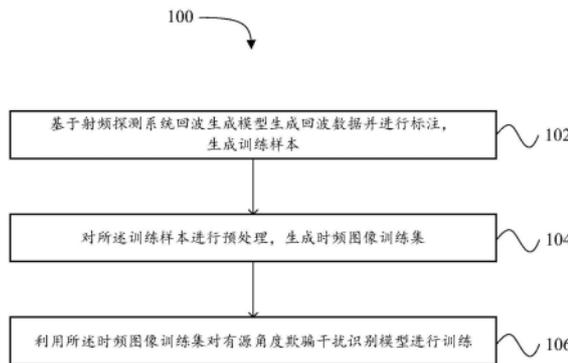
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

## (54) 发明名称

有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法及装置

## (57) 摘要

本公开的实施例提供了一种有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法及装置,该方法包括:基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;其中,所述有源角度欺骗干扰识别模型包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。以此方式,可以采用联合数字仿真技术产生训练数据,不依赖于大规模人工标注数据集,易于实现;应用于射频探测系统干扰对抗中,从数据的全局视角寻找规律,判断干扰与目标,提高了对有源角度欺骗干扰的识别率。



1. 一种有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法,包括:  
基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;  
对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;  
利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;其中,  
所述有源角度欺骗干扰识别模型包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注包括:  
基于射频探测系统回波生成模型随机生成不同信噪比、不同的信干比、不同位置目标、不同位置干扰的回波数据;对目标的位置信息、干扰的位置信息以及目标与干扰的相对位置信息进行标注。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,对所述训练样本进行预处理包括:  
采用脉冲压缩或时域积累进行时频处理,将所述训练样本分别生成时频图像。
4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述多个卷积层包括:  
第一卷积层,其卷积核函数尺寸中,时间维参数大于频率维参数;  
第二卷积层,其卷积核函数尺寸小于第一卷积层的卷积核函数尺寸;  
第三卷积层,其卷积核函数尺寸小于第二卷积层的卷积核函数尺寸;  
第四卷积层,其卷积核函数尺寸小于第三卷积层的卷积核函数尺寸;  
全连接层,用于对上一卷积层的计算结果进行加权处理,输出目标与干扰的位置信息。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述第四卷积层与全连接层之间设置有一个或多个卷积层,其卷积核尺寸小于第四卷积层的卷积核函数尺寸。
6. 一种有源角度欺骗干扰识别模型的训练装置,包括:  
样本生成模块,用于基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;  
预处理模块,用于对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;  
训练模块,用于利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;其中,  
所述有源角度欺骗干扰识别模型包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。
7. 一种电子设备,包括:  
至少一个处理器;以及  
与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,  
所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行权利要求1-5中任一项所述的方法。
8. 一种存储有计算机指令的非瞬时计算机可读存储介质,其中,所述计算机指令用于使所述计算机执行根据权利要求1-5中任一项所述的方法。

## 有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法及装置

### 技术领域

[0001] 本公开涉及雷达信号处理领域,尤其涉及雷达电子对抗中采用人工智能技术中深度学习的信息处理方法实现对有源角度欺骗干扰识别的技术领域。

### 背景技术

[0002] 有源角度欺骗是射频探测系统面临的主要干扰难题之一,该类型有源干扰利用诱饵通过干扰机侦收雷达脉冲信号,经采样、调制、转发形成有源假目标干扰信号以掩护真实目标的位置。

[0003] 由于有源角度欺骗干扰样式丰富,难以采用解析方式描述其特征规律,致使当前射频探测系统抗干扰方式主要聚焦为前端射频通路资源对抗的方面。由于干扰与目标特征相似度较高、可提取特征不明显导致前端的射频通路资源一旦对抗失败,后端信号处理对抗算法普遍采用基于能量、频率、时延、极化等已知特征实现对真实信号与干扰信号的区分与辨识,但随着干扰信号本身的复杂性逐步提升,单纯采用若干已知特征难以有效区分真实信号与干扰信号,在此种情况下识别与检测真实目标十分困难。

[0004] 目前大量应用的人工智能目标检测技术,旨在解决难以建模的复杂场景下的目标检测、识别与信号分选问题,与有源角度欺骗干扰场景下的真实目标检测具有较好的技术契合度。智能算法依托大量带有标记的训练数据,算法拟合能力强,能够适应各种复杂背景下的拟合问题,比较适合射频探测系统对抗有源角度欺骗干扰的场景需求,并存在部分面向目标检测的有源干扰对抗方法。

[0005] 但是,当前针对对抗有源角度欺骗干扰的场景应用的深度学习技术,并没有专门的、公开的训练数据集给予支撑,同时由于射频探测系统影响回波信号的参数过多,无法形成统一的标准数据集,不同射频探测系统平台回波数据存在较大差异,回波数据集需要专门定制,难以实现大规模数据采集与人工标注。

### 发明内容

[0006] 本公开提供了一种有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法、装置、设备以及存储介质。

[0007] 根据本公开的第一方面,提供了一种有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法。该方法包括:基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;其中,所述有源角度欺骗干扰识别模型包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。

[0008] 如上所述的方面和任一可能的实现方式,进一步提供一种实现方式,基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注包括:

[0009] 基于射频探测系统回波生成模型随机生成不同信噪比、不同的信干比、不同位置目标、不同位置干扰的回波数据;对目标的位置信息、干扰的位置信息以及目标与干扰的相

对位置信息进行标注。

[0010] 如上所述的方面和任一可能的实现方式,进一步提供一种实现方式,对所述训练样本进行预处理包括:

[0011] 采用脉冲压缩或时域积累进行时频处理,将所述训练样本分别生成时频图像。。

[0012] 如上所述的方面和任一可能的实现方式,进一步提供一种实现方式,所述多个卷积层包括:

[0013] 第一卷积层,其卷积核函数尺寸中,时间维参数大于频率维;

[0014] 第二卷积层,其卷积核函数尺寸小于第一卷积层的卷积核函数尺寸;

[0015] 第三卷积层,其卷积核函数尺寸小于第二卷积层的卷积核函数尺寸;

[0016] 第四卷积层,其卷积核函数尺寸小于第三卷积层的卷积核函数尺寸;

[0017] 全连接层,用于对上一卷积层的计算结果进行加权处理,输出目标与干扰的位置信息。

[0018] 如上所述的方面和任一可能的实现方式,进一步提供一种实现方式,所述第四卷积层与全连接层之间设置有一个或多个卷积层,其卷积核尺寸小于第四卷积层的卷积核函数尺寸。

[0019] 根据本公开的第二方面,提供了一种有源角度欺骗干扰识别模型的训练装置。该装置包括:样本生成模块,用于基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;预处理模块,用于对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;训练模块,用于利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;其中,所述有源角度欺骗干扰识别模型包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。

[0020] 根据本公开的第三方面,提供了一种电子设备。该电子设备包括:存储器和处理器,所述存储器上存储有计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现如以上所述的方法。

[0021] 根据本公开的第四方面,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述程序被处理器执行时实现如根据本公开的第一方面和/或第二方面的方法。

[0022] 应当理解,发明内容部分中所描述的内容并非旨在限定本公开的实施例的关键或重要特征,亦非用于限制本公开的范围。本公开的其它特征将通过以下的描述变得容易理解。

## 附图说明

[0023] 结合附图并参考以下详细说明,本公开各实施例的上述和其他特征、优点及方面将变得更加明显。附图用于更好地理解本方案,不构成对本公开的限定在附图中,相同或相似的附图标记表示相同或相似的元素,其中:

[0024] 图1示出了根据本公开实施例的有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法的流程图;

[0025] 图2示出了根据本公开实施例的有源角度欺骗干扰识别方法200的流程图;

[0026] 图3示出了根据本公开的实施例的有源角度欺骗干扰识别模型的训练装置的方框图;

[0027] 图4示出了可以用来实施本公开的实施例的电子设备的示意性框图。

## 具体实施方式

[0028] 为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本公开实施例中的附图,对本公开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公开一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例,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全部其他实施例,都属于本公开保护的范围。

[0029] 另外,本文中术语“和/或”,仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况。另外,本文中字符“/”,一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0030] 图1示出了根据本公开实施例的有源角度欺骗干扰识别模型的训练方法100的流程图。

[0031] 在框102,基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;

[0032] 在一些实施例中,基于射频探测系统回波生成模型随机生成不同信噪比、不同的信干比、不同位置目标、不同位置干扰的回波数据;对目标的位置信息、干扰的位置信息以及目标与干扰的相对位置信息进行标注。

[0033] 在一些实施例中,所述射频探测系统回波生成模型是根据3-4内容补充。

[0034] 在框104,对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;

[0035] 在一些实施例中,采用脉冲压缩或时域积累进行时频处理,生成时频图像。

[0036] 时频处理有两种方式:一是采用多脉冲相参积累的方式,形成时频图像;二是采用单脉冲时频分析方法,形成时频图像。所述时频图像横轴为时间轴(物理意义代表像元的距离),纵轴为频率轴(物理意义代表像元的速度),单个像素点表示该像素单元的对应时间(距离)与频率(速度),其幅度代表信号的能量。。

[0037] 所述时频图像训练集为时频图像与对应的标注形成的训练集。

[0038] 经过脉冲压缩与时域积累的数据预处理,使目标与干扰信号的特征更加明显、突出,方便深度学习网络进行特征提取,以实现基于深度学习的空中有源角度欺骗干扰识别。

[0039] 在一些实施例中,可以生成时频图像训练集与时频图像测试集,分别对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练和测试。

[0040] 在框106,利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;

[0041] 在一些实施例中,所述有源角度欺骗干扰识别模型为卷积神经网络模型,包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。

[0042] 在一些实施例中,所述多个卷积层包括:

[0043] 第一卷积层,其卷积核函数尺寸中,时间维参数大于频率维;

[0044] 第二卷积层,其卷积核函数尺寸小于第一卷积层的卷积核函数尺寸;

[0045] 第三卷积层,其卷积核函数尺寸小于第二卷积层的卷积核函数尺寸;

[0046] 第四卷积层,其卷积核函数尺寸小于第三卷积层的卷积核函数尺寸;

[0047] 全连接层,用于对上一卷积层的计算结果进行加权处理,输出目标与干扰的位置信息。

[0048] 在一些实施例中,所述第四卷积层与全连接层之间设置有一个或多个卷积层,其卷积核尺寸小于第四卷积层的卷积核函数尺寸。

[0049] 在一些实施例中,第一层卷积层设计大范围卷积核函数(尺寸大小 $7 \times 21$ ),采用时间维长条型卷积形式,使时间维(物理意义为距离)感受视野为频率维(物理意义为速度)感受视野的3倍,增大神经网络对大范围距离信息的特征提取能力,通过对输入的时频域图像进行卷积计算,得到第一层的计算结果数据。根据实际情况,为增加时间维(物理意义为距离)特征感受视野,也可将卷积核的时间维(物理意义为速度)尺寸设置为输入时频图像的时间维尺寸。

[0050] 第二层卷积层设计多个相对小的卷积核函数(尺寸大小 $11 \times 3$ ),对第一层的计算结果进行卷积计算,实现输入图像的特征边缘检测与大感受野信息的融合,得到第二层的计算结果数据。

[0051] 第三层卷积层设计多个更小的卷积核函数(尺寸大小 $7 \times 7$ ),对第二层的计算结果进行卷积计算,实现目标形状信息的提取,得到第三层的计算结果。

[0052] 第四层卷积层设计深度可分离卷积核函数(尺寸大小 $5 \times 5$ ),对第三层的计算结果进行卷积计算,综合利用通道之间的信息,总结真实目标所在规律,得到第四层的计算结果。

[0053] 第五层卷积层设计深度可分离卷积核函数(尺寸大小 $3 \times 3$ ),对第四层的计算结果进行卷积计算,得到第五层的计算结果。

[0054] 第六层卷积层深度可分离卷积核函数(尺寸大小 $3 \times 3$ ),对第五层的计算结果进行卷积计算,得到第六层的计算结果。

[0055] 其中,第五卷积、第六层的卷积的作用是抽象泛化前面卷积网络生成的特征层,将特征映射到跟高维空间,生成第七层概率分布信息预测所需的高维特征。

[0056] 第七层卷积层为全连接层,对第六层的结果进行加权处理,输出目标与干扰的位置信息。

[0057] 在一些实施例中,利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练,设计损失函数,当模型的损失函数小于预设阈值时,停止训练。

[0058] 图2示出了根据本公开实施例的有源角度欺骗干扰识别方法200的流程图。

[0059] 在框202,获取待识别的回波数据;

[0060] 在一些实施例中,对待识别的回波数据进行预处理。采用脉冲压缩或时域积累进行时频处理,生成时频图像。

[0061] 在框204,将所述待识别的回波数据输入预先训练的有源角度欺骗干扰识别模型;

[0062] 在框206,根据所述有源角度欺骗干扰识别模型输出的目标与干扰的位置信息,对干扰进行识别。

[0063] 根据本公开的实施例,实现了以下技术效果:

[0064] 采用联合数字仿真技术产生训练数据,不依赖于大规模人工标注数据集,易于实现;

[0065] 应用于射频探测系统干扰对抗中,从数据的全局视角寻找规律,判断干扰与目标,提高了对有源角度欺骗干扰的识别率。

[0066] 需要说明的是,对于前述的各方法实施例,为了简单描述,故将其都表述为一系列的动作组合,但是本领域技术人员应该知悉,本公开并不受所描述的动作顺序的限制,因为依据本公开,某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。其次,本领域技术人员也应该知

悉,说明书中所描述的实施例均属于可选实施例,所涉及的动作和模块并不一定是本公开所必须的。

[0067] 以上是关于方法实施例的介绍,以下通过装置实施例,对本公开所述方案进行进一步说明。

[0068] 图3示出了根据本公开的实施例的有源角度欺骗干扰识别模型的训练装置300的方框图。该装置包括:

[0069] 样本生成模块302,用于基于射频探测系统回波生成模型生成回波数据并进行标注,生成训练样本;

[0070] 预处理模块304,用于对所述训练样本进行预处理,生成时频图像训练集;

[0071] 训练模块306,用于利用所述时频图像训练集对有源角度欺骗干扰识别模型进行训练;其中,所述有源角度欺骗干扰识别模型包括多个卷积层、全连接层;所述多个卷积层的卷积核依次减小。

[0072] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为描述的方便和简洁,所述描述的模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0073] 根据本公开的实施例,本公开还提供了一种电子设备、一种可读存储介质和一种计算机程序产品。

[0074] 图4示出了可以用来实施本公开的实施例的电子设备400的示意性框图。电子设备旨在表示各种形式的数字计算机,诸如,膝上型计算机、台式计算机、工作台、个人数字助理、服务器、刀片式服务器、大型计算机、和其它适合的计算机。电子设备还可以表示各种形式的移动装置,诸如,个人数字处理、蜂窝电话、智能电话、可穿戴设备和其它类似的计算装置。本文所示的部件、它们的连接和关系、以及它们的功能仅作为示例,并且不意在限制本文中描述的和/或者要求的本公开的实现。

[0075] 设备400包括计算单元401,其可以根据存储在只读存储器(ROM) 402中的计算机程序或者从存储单元408加载到随机访问存储器(RAM) 403中的计算机程序,来执行各种适当的动作和处理。在RAM 403中,还可存储设备400操作所需的各种程序和数据。计算单元401、ROM 402以及RAM 403通过总线404彼此相连。输入/输出(I/O)接口405也连接至总线404。

[0076] 设备400中的多个部件连接至I/O接口405,包括:输入单元406,例如键盘、鼠标等;输出单元407,例如各种类型的显示器、扬声器等;存储单元408,例如磁盘、光盘等;以及通信单元409,例如网卡、调制解调器、无线通信收发机等。通信单元409允许设备400通过诸如因特网的计算机网络和/或各种电信网络与其他设备交换信息/数据。

[0077] 计算单元401可以是各种具有处理和计算能力的通用和/或专用处理组件。计算单元401的一些示例包括但不限于中央处理单元(CPU)、图形处理单元(GPU)、各种专用的人工智能(AI)计算芯片、各种运行机器学习模型算法的计算单元、数字信号处理器(DSP)、以及任何适当的处理器、控制器、微控制器等。计算单元401执行上文所描述的各个方法和处理,例如方法100、200。例如,在一些实施例中,方法XXX可被实现为计算机软件程序,其被有形地包含于机器可读介质,例如存储单元408。在一些实施例中,计算机程序的部分或者全部可以经由ROM 402和/或通信单元409而被载入和/或安装到设备400上。当计算机程序加载到RAM403并由计算单元401执行时,可以执行上文描述的方法100、200的一个或多个步骤。备选地,在其他实施例中,计算单元401可以通过其他任何适当的方式(例如,借助于固件)

而被配置为执行方法100、200。

[0078] 本文中以上描述的系统和技术各种实施方式可以在数字电子电路系统、集成电路系统、场可编程门阵列 (FPGA)、专用集成电路 (ASIC)、专用标准产品 (ASSP)、芯片上系统的系统 (SOC)、负载可编程逻辑设备 (CPLD)、计算机硬件、固件、软件、和/或它们的组合中实现。这些各种实施方式可以包括：实施在一个或者多个计算机程序中，该一个或者多个计算机程序可在包括至少一个可编程处理器的可编程系统上执行和/或解释，该可编程处理器可以是专用或者通用可编程处理器，可以从存储系统、至少一个输入装置、和至少一个输出装置接收数据和指令，并且将数据和指令传输至该存储系统、该至少一个输入装置、和该至少一个输出装置。

[0079] 用于实施本公开的方法的程序代码可以采用一个或多个编程语言的任何组合来编写。这些程序代码可以提供给通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理装置的处理器或控制器，使得程序代码当由处理器或控制器执行时使流程图和/或框图中所规定的功能/操作被实施。程序代码可以完全在机器上执行、部分地在机器上执行，作为独立软件包部分地在机器上执行且部分地在远程机器上执行或完全在远程机器或服务器上执行。

[0080] 在本公开的上下文中，机器可读介质可以是有形的介质，其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备，或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可擦除可编程只读存储器 (EPROM 或快闪存储器)、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器 (CD-ROM)、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

[0081] 为了提供与用户的交互，可以在计算机上实施此处描述的系统和技术，该计算机具有：用于向用户显示信息的显示装置 (例如，CRT (阴极射线管) 或者 LCD (液晶显示器) 监视器)；以及键盘和指向装置 (例如，鼠标或者轨迹球)，用户可以通过该键盘和该指向装置来将输入提供给计算机。其它种类的装置还可以用于提供与用户的交互；例如，提供给用户的反馈可以是任何形式的传感反馈 (例如，视觉反馈、听觉反馈、或者触觉反馈)；并且可以用任何形式 (包括声输入、语音输入或者、触觉输入) 来接收来自用户的输入。

[0082] 可以将此处描述的系统和技术实施在包括后台部件的计算系统 (例如，作为数据服务器)、或者包括中间件部件的计算系统 (例如，应用服务器)、或者包括前端部件的计算系统 (例如，具有图形用户界面或者网络浏览器的用户计算机，用户可以通过该图形用户界面或者该网络浏览器来与此处描述的系统和技术实施方式交互)、或者包括这种后台部件、中间件部件、或者前端部件的任何组合的计算系统中。可以通过任何形式或者介质的数字数据通信 (例如，通信网络) 来将系统的部件相互连接。通信网络的示例包括：局域网 (LAN)、广域网 (WAN) 和互联网。

[0083] 计算机系统可以包括客户端和服务端。客户端和服务端一般远离彼此并且通常通过通信网络进行交互。通过在相应的计算机上运行并且彼此具有客户端-服务器关系的计算机程序来产生客户端和服务端的关系。服务器可以是云服务器，也可以为分布式系统的服务器。

[0084] 应该理解,可以使用上面所示的各种形式的流程,重新排序、增加或删除步骤。例如,本发公开中记载的各步骤可以并行地执行也可以顺序地执行也可以不同的次序执行,只要能够实现本公开公开的技术方案所期望的结果,本文在此不进行限制。

[0085] 上述具体实施方式,并不构成对本公开保护范围的限制。本领域技术人员应该明白的是,根据设计要求和因素,可以进行各种修改、组合、子组合和替代。任何在本公开的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等,均应包含在本公开保护范围之内。

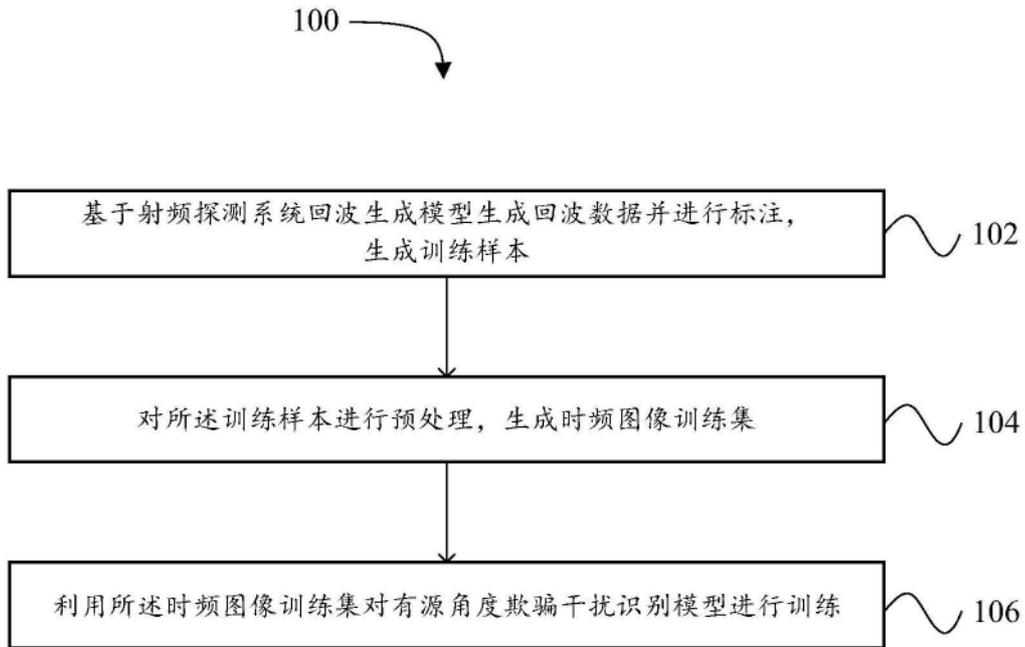


图1

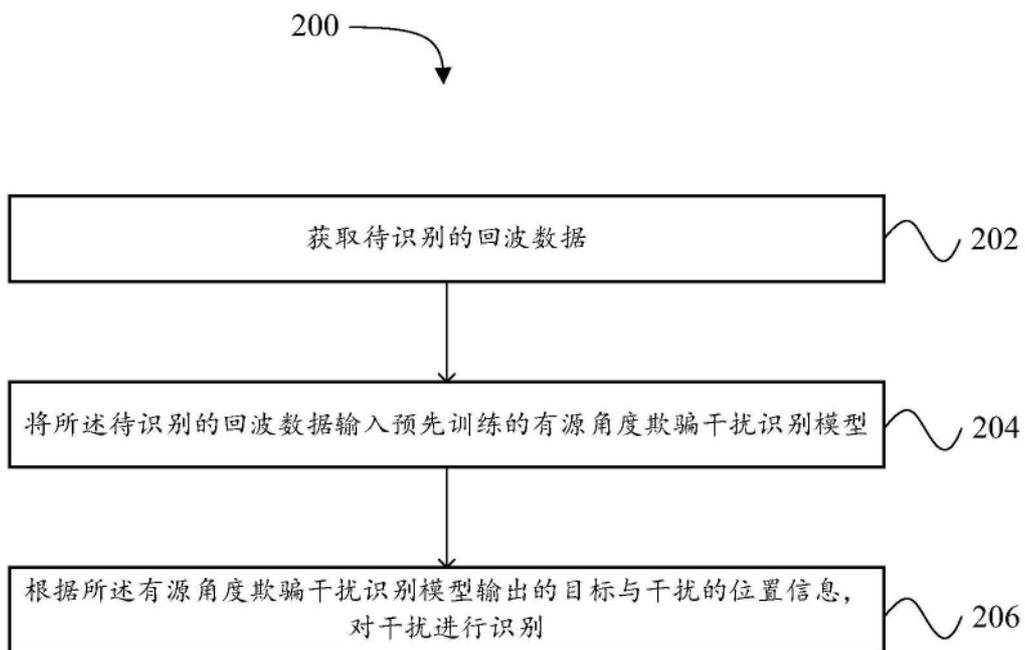


图2

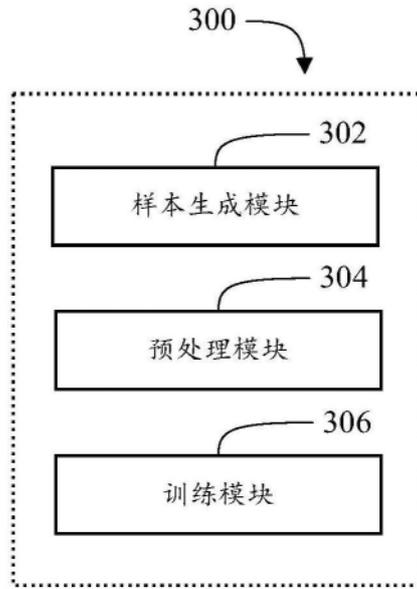


图3

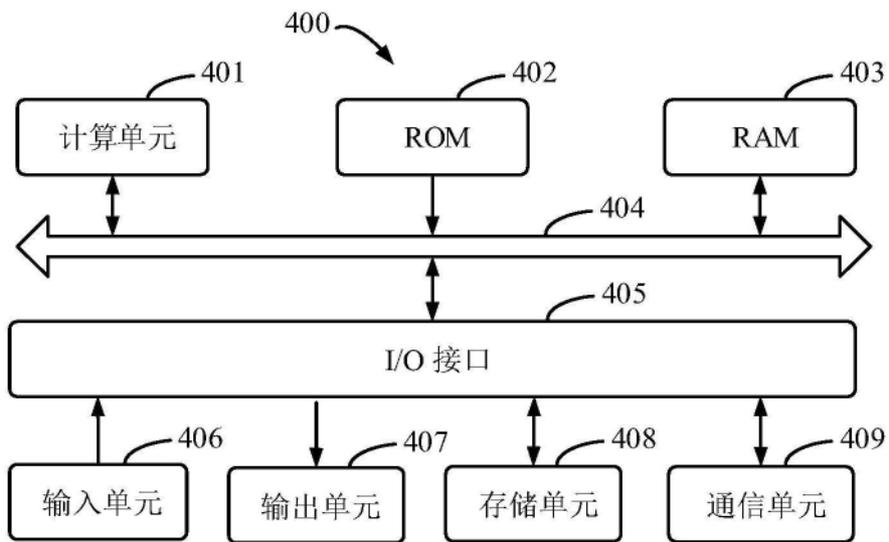


图4