

检测器的配置方法及装置、电子设备和存储介质

本申请要求在 2019 年 8 月 30 日提交中国专利局、申请号为 201910816321.1、申请名称为“检测器的配置方法及装置、电子设备和存储介质”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

本公开涉及计算机视觉技术领域，尤其涉及一种检测器的配置方法及装置、目标检测方法及装置、电子设备和存储介质。

背景技术

目标检测是计算机视觉中十分重要和基础的一项技术，旨在图像中检测出目标的位置和类别。目标检测技术在大量领域中有至关重要的作用，如自动驾驶中的行人和车辆检测、智能家居中的活体检测、安防监控中的行人检测等。在人脸识别、身份识别、目标跟踪等任务中，为了锁定目标或提供初始帧，目标检测也是必不可少的环节。在实际应用场景中，目标的尺度变化多样、大小不一。

发明内容

本公开提出了一种目标检测技术方案。

根据本公开的一方面，提供了一种检测器的配置方法，包括：

确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率；

对于所述检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，并确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，将所述上限膨胀率作为所述第一子卷积操作的膨胀率，将所述下限膨胀率作为所述第二子卷积操作的膨胀率；

根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在本公开实施例中，通过在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，例如，在所述卷积操作的固定膨胀率为小数的情况下，将所述卷积操作分解为具有整数膨胀率的第一子卷积操作和第二子卷积操作，由此能够在卷积计算的过程中减少引入双线性插值操作，从而能够提高计算速度。

在一种可能的实现方式中，所述检测器包括主体网络，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作包括：

所述检测器的所述主体网络中原始卷积核尺寸为指定尺寸的一个或多个卷积操作。

在一种可能的实现方式中，所述检测器还包括膨胀学习器；

所述确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率，包括：

通过所述膨胀学习器获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率；

根据所述第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。

在该实现方式中，通过根据所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率确定所述卷积操作的固定膨胀率，由此确定的固定膨胀率的准确性较高，从而能够保证检测器进行目标检测的准确性。

在一种可能的实现方式中，所述膨胀率学习器包括全局平均池化层和全连接层。

在一种可能的实现方式中，所述通过所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率，包括：

对于所述多个训练图像中的任一训练图像，通过所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第二膨胀率；

基于所述第二膨胀率，获得所述训练图像对应的目标检测结果；

根据所述训练图像对应的目标检测结果，更新所述膨胀率学习器的参数；

通过参数更新后的所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第一膨胀率。

在该实现方式中，通过膨胀率学习器进行多轮学习，能够提高用于确定固定膨胀率的第一膨胀率的准确性，由此能够提高所确定的固定膨胀率的准确性较高，从而能够保证检测器进行目标检测的准确性。

在一种可能的实现方式中，所述根据所述第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率，包括：

将所述第一膨胀率的平均值确定为所述卷积操作的固定膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件包括以下任意一项：

所述卷积操作的固定膨胀率为小数；

所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离大于第一阈值，其中，所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离表示所述卷积操作的固定膨胀率与与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数之间的距离。

根据该实现方式，在所述卷积操作的纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率中的一项与整数的最小距离小于或等于第一阈值时，可以不对该项进行分解，由此能够降低检测器配置的计算量。

在一种可能的实现方式中，所述确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，包括：

将大于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率；

将小于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的下限膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数，包括：

根据所述卷积操作的固定膨胀率与所述下限膨胀率的差值，确定所述卷积操作对应的整体差值系数；

根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作对应的整体差值系数，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在一种可能的实现方式中，在所述确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积

操作对应的输出通道数之后，还包括：

采用目标训练图像集训练所述检测器，以优化所述检测器的参数。

根据本公开的一方面，提供了一种目标检测方法，包括：

获取待检测图像；

采用上述检测器的配置方法训练得到的所述检测器对所述待检测图像进行目标检测，获得所述待检测图像对应的目标检测结果。

根据本公开的一方面，提供了一种检测器的配置装置，包括：

第一确定模块，用于确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率；

第二确定模块，用于对于所述检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，并确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，将所述上限膨胀率作为所述第一子卷积操作的膨胀率，将所述下限膨胀率作为所述第二子卷积操作的膨胀率；

第三确定模块，用于根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在一种可能的实现方式中，所述检测器包括主体网络，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作包括：

所述检测器的所述主体网络中原始卷积核尺寸为指定尺寸的一个或多个卷积操作。

在一种可能的实现方式中，所述检测器还包括膨胀学习器；

所述第一确定模块包括：

第一确定子模块，用于通过所述膨胀学习器获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率；

第二确定子模块，用于根据所述第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述膨胀率学习器包括全局平均池化层和全连接层。

在一种可能的实现方式中，所述第一确定子模块用于：

对于所述多个训练图像中的任一训练图像，通过所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第二膨胀率；

基于所述第二膨胀率，获得所述训练图像对应的目标检测结果；

根据所述训练图像对应的目标检测结果，更新所述膨胀率学习器的参数；

通过参数更新后的所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第一膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述第二确定子模块用于：

将所述第一膨胀率的平均值确定为所述卷积操作的固定膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件包括以下任意一项：

所述卷积操作的固定膨胀率为小数；

所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离大于第一阈值，其中，所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离表示所述卷积操作的固定膨胀率与与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数之间的距离。

在一种可能的实现方式中，所述第二确定模块包括：

第三确定子模块，用于将大于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率；

第四确定子模块，用于将小于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的下限膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述第三确定模块包括：

第五确定子模块，用于根据所述卷积操作的固定膨胀率与所述下限膨胀率的差值，确定所述卷积操作对应的整体差值系数；

第六确定子模块，用于根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作对应的整体差值系数，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在一种可能的实现方式中，还包括：

训练模块，用于采用目标训练图像集训练所述检测器，以优化所述检测器的参数。

根据本公开的一方面，提供了一种目标检测装置，包括：

获取模块，用于获取待检测图像；

目标检测模块，用于采用上述检测器的配置装置训练得到的所述检测器对所述待检测图像进行目标检测，获得所述待检测图像对应的目标检测结果。

根据本公开的一方面，提供了一种电子设备，包括：

一个或多个处理器；

与所述一个或多个处理器关联的存储器，所述存储器用于存储可执行指令，所述可执行指令在被所述一个或多个处理器读取执行时，执行上述检测器的配置方法。

根据本公开的一方面，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序指令，所述计算机程序指令被处理器执行时实现上述检测器的配置方法。

根据本公开的一方面，提供了一种计算机程序，包括计算机可读代码，当所述计算机可读代码在电子设备中运行时，所述电子设备中的处理器执行用于实现上述方法。

在本公开实施例中，通过确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率，对于所述检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，将所述上限膨胀率作为所述第一子卷积操作的膨胀率，将所述下限膨胀率作为所述第二子卷积操作的膨胀率，并根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数，由此通过对检测器中进行膨胀卷积的卷积操作进行分解，能够在卷积计算的过程中减少引入较为耗时的双线性插值操作，从而能够提高计算速度，减少目标检测所需时间，从而能够适用于实时场景。

应当理解的是，以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的，而非限制本公开。

根据下面参考附图对示例性实施例的详细说明，本公开的其它特征及方面将变得清楚。

附图说明

此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，这些附图示出了符合本公开的实施例，并

与说明书一起用于说明本公开的技术方案。

图1示出本公开实施例提供的检测器的配置方法的流程图。

图2示出本公开实施例提供的检测器的配置方法中的膨胀率学习器的示意图。

图3示出本公开实施例提供的检测器的配置方法中第一子卷积操作Conv₀对应的输出通道数和第二子卷积操作Conv₁对应的输出通道数的示意图。

图4示出本公开实施例提供的检测器的配置方法中检测器中进行膨胀卷积的卷积操作分解为两个子卷积操作Conv₀和Conv₁的示意图。

图5示出本公开实施例提供的检测器的配置方法的示意图。

图6示出本公开实施例提供的检测器的配置装置的框图。

图7示出本公开实施例提供的一种电子设备800的框图。

图8示出本公开实施例提供的一种电子设备1900的框图。

具体实施方式

以下将参考附图详细说明本公开的各种示例性实施例、特征和方面。附图中相同的附图标记表示功能相同或相似的元件。尽管在附图中示出了实施例的各种方面，但是除非特别指出，不必按比例绘制附图。

在这里专用的词“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。

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，本文中术语“至少一种”表示多种中的任意一种或多种中的至少两种的任意组合，例如，包括A、B、C中的至少一种，可以表示包括从A、B和C构成的集合中选择的任意一个或多个元素。

另外，为了更好地说明本公开，在下文的具体实施方式中给出了众多的具体细节。本领域技术人员应当理解，没有某些具体细节，本公开同样可以实施。在一些实例中，对于本领域技术人员熟知的方法、手段、元件和电路未作详细描述，以便于凸显本公开的主旨。

为了解决类似于上文所述的技术问题，本公开实施例提供了一种检测器的配置方法及装置、目标检测方法及装置、电子设备和存储介质，以减少目标检测所需时间，从而能够适用于实时场景。

图1示出本公开实施例提供的检测器的配置方法的流程图。所述检测器的配置方法的执行主体可以是检测器的配置装置。例如，所述检测器的配置方法可以由终端设备或服务器或其它处理设备执行。其中，终端设备可以是用户设备（User Equipment, UE）、移动设备、用户终端、终端、蜂窝电话、无绳电话、个人数字助理（Personal Digital Assistant, PDA）、手持设备、计算设备、车载设备或者可穿戴设备等。在一些可能的实现方式中，所述检测器的配置方法可以通过处理器调用存储器中存储的计算机可读指令的方式来实现。如图1所示，所述检测器的配置方法包括步骤S11至步骤S13。

其中，在步骤S11之前，可以先确定检测器的检测器类型和检测器的主体网络。例如，检测器的检测器类型可以为Faster-RCNN、RFCN、RetinaNet或者SSD等，检测器的主体网络可以为VGG、ResNet、ResNeXt等。

在步骤S11中，确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率。

在本公开实施例中，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的数量可以为一个或多个。例如，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以为所述检测器中的部分或全部卷积操作。即，所述检测器可以包括进行膨胀卷积的卷积操作，也可以包括不进行膨胀卷积的卷积操作。

在本公开实施例中，检测器的同一卷积操作针对不同训练图像的膨胀率可以不同，也可以相同。检测器的不同卷积操作针对同一训练图像的膨胀率可以不同，也可以相同。

在一种可能的实现方式中，若所述卷积操作的卷积核包括两个维度，则所述卷积操作的膨胀率可以包括纵向膨胀率和横向膨胀率。其中，所述卷积操作的纵向膨胀率和横向膨胀率可以不同，也可以相同。例如，固定膨胀率可以包括纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率。相应地，下文中的第一膨胀率可以包括第一纵向膨胀率和第一横向膨胀率，第二膨胀率可以包括第二纵向膨胀率和第二横向膨胀率。通过配置卷积操作的不同维度对应的膨胀率，能够使检测器中卷积操作的卷积核尺寸更为灵活，由此得到的检测器能够进一步提高目标检测的准确性。

在另一种可能的实现方式中，所述卷积操作的膨胀率可以不分纵向膨胀率和横向膨胀率。在该实现方式中，可以默认所述卷积操作的纵向膨胀率和横向膨胀率相同，即，可以默认所述卷积操作的不同维度的膨胀率相同。

在一种可能的实现方式中，膨胀的卷积核尺寸=膨胀率 $\times$ (原始卷积核尺寸-1)+1。例如，若所述卷积操作针对所述训练图像的膨胀率包括纵向膨胀率和横向膨胀率，则膨胀的卷积核纵向尺寸=纵向膨胀率 $\times$ (原始卷积核纵向尺寸-1)+1，膨胀的卷积核横向尺寸=横向膨胀率 $\times$ (原始卷积核横向尺寸-1)+1。

在一种可能的实现方式中，所述检测器包括主体网络；所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作包括：所述检测器的所述主体网络中原始卷积核尺寸为指定尺寸的一个或多个卷积操作。例如，指定尺寸可以包括 3×3 ，或者，指定尺寸可以包括 5×5 、 7×7 等。

作为该实现方式的一个示例，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作包括：所述检测器的主体网络中原始卷积核尺寸为指定尺寸的所有卷积操作。例如，主体网络为ResNet，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以包括ResNet的conv2、conv3、conv4和conv5中的所有 3×3 卷积操作。

作为该实现方式的另一个示例，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作包括：所述检测器的主体网络中原始卷积核尺寸为指定尺寸的部分卷积操作。例如，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以包括：所述检测器的所述主体网络的指定卷积层中原始卷积核尺寸为指定尺寸的一个或多个卷积操作。例如，主体网络为ResNet，指定卷积层可以为conv3、conv4和conv5，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以包括ResNet的conv3、conv4和conv5中的所有 3×3 卷积操作。在这个例子中，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以不包括conv2中的 3×3 卷积操作。

在另一种可能的实现方式中，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以包括：所述检测器的主体网络中的指定卷积层中的卷积操作。例如，主体网络为ResNet，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以包括conv2、conv3、conv4和conv5中的卷积操作。

在另一种可能的实现方式中，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作还可以包括：所述检测器中主体网络以外的卷积操作。例如，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作还可以包括所述检测器中主

体网络以外的原始卷积核尺寸为指定尺寸的卷积操作。

在一种可能的实现方式中，所述检测器还包括膨胀学习器；所述确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率，包括：通过所述膨胀学习器获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率；根据所述第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。在该实现方式中，通过根据所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率确定所述卷积操作的固定膨胀率，由此确定的固定膨胀率的准确性较高，从而能够保证检测器进行目标检测的准确性。

在该实现方式中，膨胀率学习器可以用于学习所述卷积操作针对训练图像的膨胀率。膨胀率学习器可以与所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作一一对应。即，一个膨胀率学习器可以用于学习一个进行膨胀卷积的卷积操作的膨胀率。在该实现方式中，膨胀率学习器可以设置在膨胀卷积的卷积操作与进行膨胀卷积的卷积操作的上一个操作之间。

作为该实现方式的一个示例，所述膨胀率学习器包括全局平均池化层和全连接层。例如，膨胀率学习器可以包括一个全局平均池化层和一个全连接层。在该示例中，可以通过全局平均池化操作和全连接操作，获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率。例如，对于检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，可以将所述卷积操作之前的特征（即检测器的初始结构中所述卷积操作的输入特征图）经过全局平均池化操作和全连接操作预测出所述卷积操作针对所述训练图像的膨胀率。图2示出本公开实施例提供的检测器的配置方法中的膨胀率学习器的示意图。如图2所示，膨胀率学习器可以包括全局平均池化（GAP，Global Average Pooling）层和全连接层。其中，全连接层可以为线性（Linear）层。如图2所示，对于检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，可以在所述卷积操作之前分别连接全局平均池化层和全连接层，并将所述卷积操作替换为可变形卷积，使用预测出的膨胀率进行卷积操作。

作为该实现方式的一个示例，所述通过所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率，包括：对于所述多个训练图像中的任一训练图像，通过所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第二膨胀率；基于所述第二膨胀率，获得所述训练图像对应的目标检测结果；根据所述训练图像对应的目标检测结果，更新所述膨胀率学习器的参数；通过参数更新后的所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第一膨胀率。

在该示例中，对于所述多个训练图像中的任一训练图像，可以根据所述检测器中各个进行膨胀卷积的卷积操作针对所述训练图像的第二膨胀率，确定所述各个进行膨胀卷积的卷积操作对应的膨胀的卷积核尺寸，并基于膨胀后的检测器，获得所述训练图像对应的目标检测结果。其中，所述训练图像对应的目标检测结果可以包括所述训练图像中的目标检测框的位置信息和所述训练图像属于各个分类的概率。根据所述训练图像对应的目标检测结果以及所述训练图像的真实值，可以得到检测器的损失函数的值，从而可以根据检测器的损失函数的值，更新所述膨胀率学习器的参数。其中，针对任一训练图像训练膨胀率的次数可以为预设值，例如，预设值可以为13；或者，针对任一训练图像可以训练至膨胀率收敛为止。在该示例中，通过膨胀率学习器进行多轮学习，能够提高用于确定固定膨胀率的第一膨胀率的准确性，由此能够提高所确定的固定膨胀率的准确性较高，从而能够保证检测器进行目标检测的准确性。

在该示例中，所述卷积操作针对所述训练图像的第一膨胀率，可以指针对所述训练图像训练完成后，所述卷积操作针对所述训练图像的膨胀率。即，所述卷积操作针对所述训练图像的第一膨胀率，

可以指针对所述训练图像训练膨胀率的次数达到预设值后，所述卷积操作针对所述训练图像的膨胀率，或者可以指所述卷积操作针对所述训练图像的收敛的膨胀率。

在该示例中，检测器针对不同的训练图像分别训练膨胀率，由此对于检测器的任一进行膨胀卷积的卷积层，均能获得与多个训练图像对应的多个第一膨胀率。

作为该实现方式的一个示例，所述根据所述第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率，包括：将所述第一膨胀率的平均值确定为所述卷积操作的固定膨胀率。例如，若所述卷积操作的固定膨胀率包括纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率，则可以将所述卷积操作针对多个训练图像的第一纵向膨胀率的平均值确定为所述卷积操作的纵向固定膨胀率，将所述卷积操作针对多个训练图像的第一横向膨胀率的平均值确定为所述卷积操作的横向固定膨胀率。例如，纵向固定膨胀率为1.7，横向固定膨胀率2.9。

在该示例中，对于检测器中进行膨胀卷积的任一卷积操作，可以根据所述卷积操作针对部分训练图像（例如1000张训练图像）的第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。例如，对于检测器的conv3的第一个3×3卷积操作，可以根据所述卷积操作针对1000张训练图像的第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。或者，对于检测器中进行膨胀卷积的任一卷积操作，可以根据所述卷积操作针对全部训练图像的第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。

在步骤S12中，对于所述检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，并确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，将所述上限膨胀率作为所述第一子卷积操作的膨胀率，将所述下限膨胀率作为所述第二子卷积操作的膨胀率。

例如，所述卷积操作的固定膨胀率为D，所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率为Du，所述卷积操作的固定膨胀率对应的下限膨胀率为Dl。

在一种可能的实现方式中，所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件包括以下任意一项：所述卷积操作的固定膨胀率为小数；所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离大于第一阈值，其中，所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离表示所述卷积操作的固定膨胀率和与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数之间的距离。

作为该实现方式的一个示例，若所述卷积操作的固定膨胀率包括纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率，则所述卷积操作的固定膨胀率为小数可以为：所述卷积操作的纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率中的至少一项为小数。

作为该实现方式的一个示例，若所述卷积操作的固定膨胀率包括纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率，则所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离大于第一阈值可以为：所述卷积操作的纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率中的至少一项与整数的最小距离大于第一阈值。例如，第一阈值为0.05，某一卷积操作的纵向固定膨胀率为2.02，横向固定膨胀率为1.7，则所述卷积操作的纵向固定膨胀率与整数的最小距离为0.02，小于第一阈值，所述卷积操作的横向固定膨胀率与整数的最小距离为0.3，大于第一阈值，因此，可以判定所述卷积操作满足分解条件。

在一个示例中，若所述卷积操作的纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率中的一项与整数的最小距离小于或等于第一阈值，另一项与整数的最小距离大于第一阈值，则可以根据该另一项进行分解。例如，

所述卷积操作的纵向固定膨胀率为2.02、横向固定膨胀率为1.7，则可以得到第一子卷积操作的纵向膨胀率为2、横向膨胀率为2，第二子卷积操作的纵向膨胀率为2、横向膨胀率为1。根据该示例，在所述卷积操作的纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率中的一项与整数的最小距离小于或等于第一阈值时，可以不对该项进行分解，由此能够降低检测器配置的计算量。

在一种可能的实现方式中，所述确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，包括：将大于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率；将小于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的下限膨胀率。例如，纵向固定膨胀率为1.7，横向固定膨胀率2.9，则可以将纵向上限膨胀率确定为2，将纵向下限膨胀率确定为1，将横向上限膨胀率确定为3，将横向下限膨胀率确定为2。在这个例子中，可以将纵向上限膨胀率2、横向上限膨胀率3确定为第一子卷积操作的膨胀率，将纵向下限膨胀率1、横向下限膨胀率2确定为第二子卷积操作的膨胀率。

在本公开实施例中，通过在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，例如，在所述卷积操作的固定膨胀率为小数的情况下，将所述卷积操作分解为具有整数膨胀率的第一子卷积操作和第二子卷积操作，由此能够在卷积计算的过程中减少引入双线性插值操作，从而能够提高计算速度。

在步骤S13中，根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

例如，所述卷积操作的输出通道数为C，第一子卷积操作对应的输出通道数为 C_u ，所述第二子卷积操作对应的输出通道数为 C_l 。

在一种可能的实现方式中，所述根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数，包括：根据所述卷积操作的固定膨胀率与所述下限膨胀率的差值，确定所述卷积操作对应的整体差值系数；根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作对应的整体差值系数，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在该实现方式中，可以根据所述卷积操作的固定膨胀率D与所述下限膨胀率 D_l 的差值 $D-D_l$ ，确定所述卷积操作对应的整体差值系数。

作为该实现方式的一个示例，若所述卷积操作的固定膨胀率包括纵向固定膨胀率和横向固定膨胀率，则可以确定所述卷积操作的纵向固定膨胀率与纵向下限膨胀率的第一差值，确定所述卷积操作的横向固定膨胀率与横向下限膨胀率的第二差值，并将第一差值与第二差值的平均值作为所述卷积操作对应的整体差值系数。例如，所述卷积操作的固定膨胀率包括纵向固定膨胀率1.7和横向固定膨胀率2.9，所述卷积操作的纵向固定膨胀率1.7与纵向下限膨胀率1的第一差值 $a_{纵}=0.7$ ，所述卷积操作的横向固定膨胀率2.9与横向下限膨胀率2的第二差值 $a_{横}=0.9$ ，则所述卷积操作对应的整体差值系数 $a=0.8$ 。

例如，第一子卷积操作对应的输出通道数 $C_u=aC$ ，第二子卷积操作对应的输出通道数 $C_l=(1-a)C$ 。

图3示出本公开实施例提供的检测器的配置方法中第一子卷积操作 $Conv_u$ 对应的输出通道数和第

二子卷积操作 Conv_1 对应的输出通道数的示意图。在图3中，第一子卷积操作 Conv_0 的纵向膨胀率为2、横向膨胀率为3，第二子卷积操作 Conv_1 的纵向膨胀率为1、横向膨胀率为2。 $H \times W \times C_{in}$ 表示所述卷积操作的输入特征图的高、宽和通道数，因此，第一子卷积操作 Conv_0 和第二子卷积操作 Conv_1 的输入特征图的高、宽和通道数也为 $H \times W \times C_{in}$ 。 C_{out} 表示所述卷积操作的输出通道数，所述卷积操作的纵向固定膨胀率为1.7、横向固定膨胀率为2.9。第一子卷积操作 Conv_0 对应的输出通道数为0.8，第二子卷积操作 Conv_1 对应的输出通道数为0.2。

当然，在另一种可能的实现方式中，也可以根据所述卷积操作的固定膨胀率与所述上限膨胀率的差值，确定所述卷积操作对应的整体差值系数。

在本公开实施例中，通过对检测器中进行膨胀卷积的卷积操作进行分解，由此能够在卷积计算的过程中减少引入较为耗时的双线性插值操作，从而能够提高计算速度，减少目标检测所需时间，从而能够适用于实时场景。

在一种可能的实现方式中，在所述确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数之后，还包括：采用目标训练图像集训练所述检测器，以优化所述检测器的参数。

在该实现方式中，在确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数之后，检测器中可以不再包括膨胀率学习器，检测器中进行膨胀卷积的卷积操作可以分解为两个子卷积操作。图4示出本公开实施例提供的检测器的配置方法中检测器中进行膨胀卷积的卷积操作分解为两个子卷积操作 Conv_0 和 Conv_1 的示意图。

图5示出本公开实施例提供的检测器的配置方法的示意图。如图5所示，检测器的主体网络为ResNet，对Res2、Res3、Res4和Res5中的 3×3 卷积操作进行分解，将Res2、Res3、Res4和Res5中的每个 3×3 卷积操作分别分解为两个子卷积操作。

在一种可能的实现方式中，在训练检测器时，可以使用SGD作为学习优化器，动量为0.9，权重衰退率设置为0.0001，初始学习率为0.00125每张训练图像。训练时间可以设置为13个周期，在第8个周期和第11个周期之后可以进行学习率下降，下降比率为10倍。

本公开实施例提供的检测器的配置方法能够适用于需要硬编码的场景，在保证能处理多尺度目标的前提下，去除了自适应模块，达到了减小耗时、提高检测速度的效果。另外，本公开实施例提供的硬编码方法相比于自适应方法能够加速与硬件兼容，有利于实际应用。

本公开实施例还提供了一种目标检测方法，所述目标检测方法包括：获取待检测图像；采用上述检测器的配置方法训练得到的所述检测器对所述待检测图像进行目标检测，获得所述待检测图像对应的目标检测结果。

本公开实施例利用带有膨胀率结构的深度学习网络进行目标检测，能够同时准确地检测多种尺度的目标，且能够在保证目标检测准确性的前提下，减少多尺度目标检测所需时间，从而能够适用于多尺度目标检测的实时场景。例如，本公开实施例能够适用于自动驾驶中针对大小远近不同的车辆和行人的检测、实时智能视频分析中的关键帧检测、安防监控中的行人检测、智能家居中的活体检测等。

可以理解，本公开提及的上述各个方法实施例，在不违背原理逻辑的情况下，均可以彼此相互结合形成结合后的实施例，限于篇幅，本公开不再赘述。

本领域技术人员可以理解，在具体实施方式的上述方法中，各步骤的撰写顺序并不意味着严格的执行顺序而对实施过程构成任何限定，各步骤的具体执行顺序应当以其功能和可能的内在逻辑确定。

此外，本公开还提供了检测器的配置装置、目标检测装置、电子设备、计算机可读存储介质、程序，相应技术方案和描述和参见方法部分的相应记载，不再赘述。

图6示出本公开实施例提供的检测器的配置装置的框图。如图6所示，所述检测器的配置装置包括：第一确定模块21，用于确定检测器中进行膨胀卷积的卷积操作的固定膨胀率；第二确定模块22，用于对于所述检测器中任一进行膨胀卷积的卷积操作，在所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件的情况下，将所述卷积操作分解为第一子卷积操作和第二子卷积操作，并确定所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率和下限膨胀率，将所述上限膨胀率作为所述第一子卷积操作的膨胀率，将所述下限膨胀率作为所述第二子卷积操作的膨胀率；第三确定模块23，用于根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作的固定膨胀率，确定所述第一子卷积操作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在一种可能的实现方式中，所述检测器包括主体网络，所述检测器中进行膨胀卷积的卷积操作包括：所述检测器的所述主体网络中原始卷积核尺寸为指定尺寸的一个或多个卷积操作。

在一种可能的实现方式中，所述检测器还包括膨胀学习器；所述第一确定模块21包括：第一确定子模块，用于通过所述膨胀学习器获得所述卷积操作针对多个训练图像的第一膨胀率；第二确定子模块，用于根据所述第一膨胀率，确定所述卷积操作的固定膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述膨胀率学习器包括全局平均池化层和全连接层。

在一种可能的实现方式中，所述第一确定子模块用于：对于所述多个训练图像中的任一训练图像，通过所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第二膨胀率；基于所述第二膨胀率，获得所述训练图像对应的目标检测结果；根据所述训练图像对应的目标检测结果，更新所述膨胀率学习器的参数；通过参数更新后的所述膨胀率学习器获得所述卷积操作针对所述训练图像的第一膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述第二确定子模块用于：将所述第一膨胀率的平均值确定为所述卷积操作的固定膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述卷积操作的固定膨胀率满足分解条件包括以下任意一项：所述卷积操作的固定膨胀率为小数；所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离大于第一阈值，其中，所述卷积操作的固定膨胀率与整数的最小距离表示所述卷积操作的固定膨胀率与与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数之间的距离。

在一种可能的实现方式中，所述第二确定模块22包括：第三确定子模块，用于将大于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的上限膨胀率；第四确定子模块，用于将小于所述卷积操作的固定膨胀率且与所述卷积操作的固定膨胀率最接近的整数确定为所述卷积操作的固定膨胀率对应的下限膨胀率。

在一种可能的实现方式中，所述第三确定模块23包括：第五确定子模块，用于根据所述卷积操作的固定膨胀率与所述下限膨胀率的差值，确定所述卷积操作对应的整体差值系数；第六确定子模块，用于根据所述卷积操作的输出通道数以及所述卷积操作对应的整体差值系数，确定所述第一子卷积操

作对应的输出通道数和所述第二子卷积操作对应的输出通道数。

在一种可能的实现方式中，还包括：训练模块，用于采用目标训练图像集训练所述检测器，以优化所述检测器的参数。

本公开实施例还提供了一种目标检测装置，包括：获取模块，用于获取待检测图像；目标检测模块，用于采用上述检测器的配置装置训练得到的所述检测器对所述待检测图像进行目标检测，获得所述待检测图像对应的目标检测结果。

在一些实施例中，本公开实施例提供的装置具有的功能或包含的模块可以用于执行上文方法实施例描述的方法，其具体实现可以参照上文方法实施例的描述，为了简洁，这里不再赘述。

本公开实施例还提出一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序指令，所述计算机程序指令被处理器执行时实现上述方法。其中，所述计算机可读存储介质可以是非易失性计算机可读存储介质，也可以是易失性计算机可读存储介质。

本公开实施例还提出一种计算机程序，包括计算机可读代码，当所述计算机可读代码在电子设备中运行时，所述电子设备中的处理器执行用于实现上述方法。

本公开实施例还提出一种电子设备，包括：一个或多个处理器；与所述一个或多个处理器关联的存储器，所述存储器用于存储可执行指令，所述可执行指令在被所述一个或多个处理器读取执行时，执行上述方法。

电子设备可以被提供为终端、服务器或其它形态的设备。

图7示出本公开实施例提供的一种电子设备800的框图。例如，电子设备800可以是移动电话，计算机，数字广播终端，消息收发设备，游戏控制台，平板设备，医疗设备，健身设备，个人数字助理等终端。

参照图7，电子设备800可以包括以下一个或多个组件：处理组件802，存储器804，电源组件806，多媒体组件808，音频组件810，输入/输出（I/O）的接口812，传感器组件814，以及通信组件816。

处理组件802通常控制电子设备800的整体操作，诸如与显示，电话呼叫，数据通信，相机操作和记录操作相关联的操作。处理组件802可以包括一个或多个处理器820来执行指令，以完成上述的方法的全部或部分步骤。此外，处理组件802可以包括一个或多个模块，便于处理组件802和其他组件之间的交互。例如，处理组件802可以包括多媒体模块，以方便多媒体组件808和处理组件802之间的交互。

存储器804被配置为存储各种类型的数据以支持在电子设备800的操作。这些数据的示例包括用于在电子设备800上操作的任何应用程序或方法的指令，联系人数据，电话簿数据，消息，图片，视频等。存储器804可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现，如静态随机存取存储器（SRAM），电可擦除可编程只读存储器（EEPROM），可擦除可编程只读存储器（EPROM），可编程只读存储器（PROM），只读存储器（ROM），磁存储器，快闪存储器，磁盘或光盘。

电源组件806为电子设备800的各种组件提供电力。电源组件806可以包括电源管理系统，一个或多个电源，及其他与为电子设备800生成、管理和分配电力相关联的组件。

多媒体组件808包括在所述电子设备800和用户之间提供一个输出接口的屏幕。在一些实施例中，屏幕可以包括液晶显示器（LCD）和触摸面板（TP）。如果屏幕包括触摸面板，屏幕可以被实现为触摸屏，以接收来自用户的输入信号。触摸面板包括一个或多个触摸传感器以感测触摸、滑动和触

摸面板上的手势。所述触摸传感器可以不仅感测触摸或滑动动作的边界，而且还检测与所述触摸或滑动操作相关的持续时间和压力。在一些实施例中，多媒体组件808包括一个前置摄像头和/或后置摄像头。当电子设备800处于操作模式，如拍摄模式或视频模式时，前置摄像头和/或后置摄像头可以接收外部的多媒体数据。每个前置摄像头和后置摄像头可以是一个固定的光学透镜系统或具有焦距和光学变焦能力。

音频组件810被配置为输出和/或输入音频信号。例如，音频组件810包括一个麦克风（MIC），当电子设备800处于操作模式，如呼叫模式、记录模式和语音识别模式时，麦克风被配置为接收外部音频信号。所接收的音频信号可以被进一步存储在存储器804或经由通信组件816发送。在一些实施例中，音频组件810还包括一个扬声器，用于输出音频信号。

I/O接口812为处理组件802和外围接口模块之间提供接口，上述外围接口模块可以是键盘，点击轮，按钮等。这些按钮可包括但不限于：主页按钮、音量按钮、启动按钮和锁定按钮。

传感器组件814包括一个或多个传感器，用于为电子设备800提供各个方面的状态评估。例如，传感器组件814可以检测到电子设备800的打开/关闭状态，组件的相对定位，例如所述组件为电子设备800的显示器和小键盘，传感器组件814还可以检测电子设备800或电子设备800一个组件的位置改变，用户与电子设备800接触的存在或不存在，电子设备800方位或加速/减速和电子设备800的温度变化。传感器组件814可以包括接近传感器，被配置用来在没有任何的物理接触时检测附近物体的存在。传感器组件814还可以包括光传感器，如CMOS或CCD图像传感器，用于在成像应用中使用。在一些实施例中，该传感器组件814还可以包括加速度传感器，陀螺仪传感器，磁传感器，压力传感器或温度传感器。

通信组件816被配置为便于电子设备800和其他设备之间有线或无线方式的通信。电子设备800可以接入基于通信标准的无线网络，如Wi-Fi、2G、3G、4G/LTE、5G或它们的组合。在一个示例性实施例中，通信组件816经由广播信道接收来自外部广播管理系统的广播信号或广播相关信息。在一个示例性实施例中，所述通信组件816还包括近场通信（NFC）模块，以促进短程通信。例如，在NFC模块可基于射频识别（RFID）技术，红外数据协会（IrDA）技术，超宽带（UWB）技术，蓝牙（BT）技术和其他技术来实现。

在示例性实施例中，电子设备800可以被一个或多个应用专用集成电路（ASIC）、数字信号处理器（DSP）、数字信号处理设备（DSPD）、可编程逻辑器件（PLD）、现场可编程门阵列（FPGA）、控制器、微控制器、微处理器或其他电子元件实现，用于执行上述方法。

在示例性实施例中，还提供了一种非易失性计算机可读存储介质，例如包括计算机程序指令的存储器804，上述计算机程序指令可由电子设备800的处理器820执行以完成上述方法。

图8示出本公开实施例提供的一种电子设备1900的框图。例如，电子设备1900可以被提供为一服务器。参照图8，电子设备1900包括处理组件1922，其进一步包括一个或多个处理器，以及由存储器1932所代表的存储器资源，用于存储可由处理组件1922的执行的指令，例如应用程序。存储器1932中存储的应用程序可以包括一个或一个以上的每一个对应于一组指令的模块。此外，处理组件1922被配置为执行指令，以执行上述方法。

电子设备1900还可以包括一个电源组件1926被配置为执行电子设备1900的电源管理，一个有线或

无线网络接口1950被配置为将电子设备1900连接到网络，和一个输入输出（I/O）接口1958。电子设备1900可以操作基于存储在存储器1932的操作系统，例如Windows Server®，Mac OS X®，Unix®，Linux®，FreeBSD®或类似。

在示例性实施例中，还提供了一种非易失性计算机可读存储介质，例如包括计算机程序指令的存储器1932，上述计算机程序指令可由电子设备1900的处理组件1922执行以完成上述方法。

本公开可以是系统、方法和/或计算机程序产品。计算机程序产品可以包括计算机可读存储介质，其上载有用于使处理器实现本公开的各个方面的计算机可读程序指令。

计算机可读存储介质可以是可以保持和存储由指令执行设备使用的指令的有形设备。计算机可读存储介质例如可以是——但不限于——电存储设备、磁存储设备、光存储设备、电磁存储设备、半导体存储设备或者上述的任意合适的组合。计算机可读存储介质的更具体的例子（非穷举的列表）包括：便携式计算机盘、硬盘、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦式可编程只读存储器（EPROM或闪存）、静态随机存取存储器（SRAM）、便携式压缩盘只读存储器（CD-ROM）、数字多功能盘（DVD）、记忆棒、软盘、机械编码设备、例如其上存储有指令的打孔卡或凹槽内凸起结构、以及上述的任意合适的组合。这里所使用的计算机可读存储介质不被解释为瞬时信号本身，诸如无线电波或者其他自由传播的电磁波、通过波导或其他传输媒介传播的电磁波（例如，通过光纤电缆的光脉冲）、或者通过电线传输的电信号。

这里所描述的计算机可读程序指令可以从计算机可读存储介质下载到各个计算/处理设备，或者通过网络、例如因特网、局域网、广域网和/或无线网下载到外部计算机或外部存储设备。网络可以包括铜传输电缆、光纤传输、无线传输、路由器、防火墙、交换机、网关计算机和/或边缘服务器。每个计算/处理设备中的网络适配卡或者网络接口从网络接收计算机可读程序指令，并转发该计算机可读程序指令，以供存储在各个计算/处理设备中的计算机可读存储介质中。

用于执行本公开操作的计算机程序指令可以是汇编指令、指令集架构（ISA）指令、机器指令、机器相关指令、微代码、固件指令、状态设置数据、或者以一种或多种编程语言的任意组合编写的源代码或目标代码，所述编程语言包括面向对象的编程语言—诸如Smalltalk、C++等，以及常规的过程式编程语言—诸如“C”语言或类似的编程语言。计算机可读程序指令可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中，远程计算机可以通过任意种类的网络—包括局域网（LAN）或广域网（WAN）—连接到用户计算机，或者，可以连接到外部计算机（例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接）。在一些实施例中，通过利用计算机可读程序指令的状态信息来个性化定制电子电路，例如可编程逻辑电路、现场可编程门阵列（FPGA）或可编程逻辑阵列（PLA），该电子电路可以执行计算机可读程序指令，从而实现本公开的各个方面。

这里参照根据本公开实施例的方法、装置（系统）和计算机程序产品的流程图和/或框图描述了本公开的各个方面。应当理解，流程图和/或框图的每个方框以及流程图和/或框图中各方框的组合，都可以由计算机可读程序指令实现。

这些计算机可读程序指令可以提供给通用计算机、专用计算机或其它可编程数据处理装置的处理单元，从而生产出一种机器，使得这些指令在通过计算机或其它可编程数据处理装置的处理单元执行时，

产生了实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的装置。也可以把这些计算机可读程序指令存储在计算机可读存储介质中，这些指令使得计算机、可编程数据处理装置和/或其他设备以特定方式工作，从而，存储有指令的计算机可读介质则包括一个制品，其包括实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作的各个方面的指令。

也可以把计算机可读程序指令加载到计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上，使得在计算机、其它可编程数据处理装置或其它设备上执行一系列操作步骤，以产生计算机实现的过程，从而使得在计算机、其它可编程数据处理装置、或其它设备上执行的指令实现流程图和/或框图中的一个或多个方框中规定的功能/动作。

附图中的流程图和框图显示了根据本公开的多个实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或指令的一部分，所述模块、程序段或指令的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个连续的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

以上已经描述了本公开的各实施例，上述说明是示例性的，并非穷尽性的，并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下，对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择，旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对市场中的技术的技术改进，或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。