(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 7 月 23 日 (23.07.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/147282 A1

(51) 国际专利分类号:
G06K 9/62 (2006.01) *G06N 3/02* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/096458

(22) 国际申请日: 2019 年 7 月 18 日 (18.07.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910038838.2 2019年1月16日 (16.01.2019) CN

(71) 申请人: 南方科技大学(SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道1088号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 翁文康 (YUNG, Manhong); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道1088号, Guangdong 518055 (CN)。 张笑鸣 (ZHANG, Xiaoming); 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道1088号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一专利商标事务所 (SHENZHEN ZHONGYI PATENT AND TRADEMARK OFFICE); 中国广东省深圳市福田区深南中路1014号老特区报社四楼 (5号信箱), Guangdong 518028 (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:** IMAGE RECOGNITION METHOD BASED ON OPTICAL NEURAL NETWORK STRUCTURE, APPARATUS AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 发明名称: 基于光学神经网络结构的图像识别方法、装置及电子设备

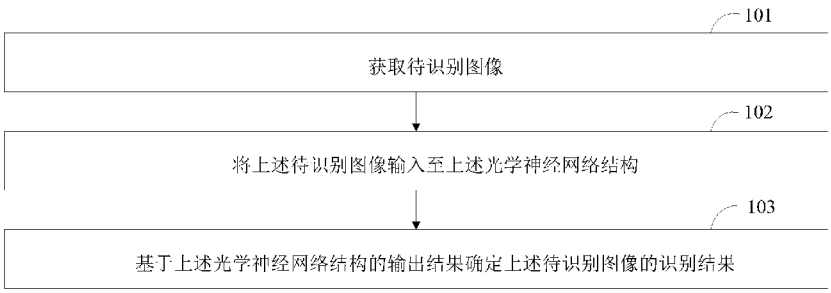


图 1

101 Obtaining an image to be recognized
102 Inputting the image to be recognized into an optical neural network structure
103 On the basis of an optical neural network structure output result, determining a recognition result for the image to be recognized

(57) **Abstract:** The present invention discloses an image recognition method based on an optical neural network structure, an image recognition apparatus and an electronic device, wherein, the optical neural network structure comprising an X-layer neural network; the image recognition method comprising: obtaining an image to be recognized; inputting the image to be recognized into an optical neural network structure; and, on the basis of an optical neural network structure output result, determining a recognition result for the image to be recognized; wherein, the optical neural network structure being used: with regard to an ith-layer of a neural network, for obtaining an input vector of the ith-layer neural network, i being a positive integer greater than 0 and less than X+1; on the basis of a Yi number of inner product calculation units, for respectively performing linear transformation on the input vector, obtaining a Yi number of linear transformation results; for activating the Yi number of linear transformation results by means of nonlinear crystals, obtaining a Yi number of activation results; and for using the Yi number of activation results as an output vector for a present layer of the neural network. The solution of the present application being applicable to a novel optical neural network structure, and further enhancing the speed of image recognition.

WO 2020/147282 A1

[见续页]

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：本申请公开了一种基于光学神经网络结构的图像识别方法、图像识别装置及电子设备，其中，光学神经网络结构由X层神经网络所构成；该图像识别方法包括：获取待识别图像；将待识别图像输入至光学神经网络结构；基于光学神经网络结构的输出结果确定待识别图像的识别结果；其中，光学神经网络结构用于：针对第i层神经网络，获取第i层神经网络的输入向量，i为大于0且小于X+1的正整数；分别基于Yi个内积计算单元对输入向量进行线性变换，得到Yi个线性变换的结果；将Yi个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到Yi个激活结果；将Yi个激活结果作为本层神经网络的输出向量。本申请方案应用了新型的光学神经网络结构，进一步提升了图像识别的速度。

基于光学神经网络结构的图像识别方法、装置及电子设备

技术领域

本申请属于数据处理技术领域，尤其涉及一种基于光学神经网络结构的图像识别方法、装置及电子设备。

背景技术

当前，机器学习已经成为一种十分重要的工具。其中，基于深度神经网络的深度学习受到了广泛的关注，并被应用于图像识别、语音识别、自然语言翻译等重要领域。其中，基于传统中央处理器（Central Processing Unit，CPU）的深度学习并非最优的方案；研发人员发展出了多样的硬件结构，以适应深度学习算法的要求，例如图形处理器（Graphics Processing Unit，GPU）和张量处理器（Tensor Processing Unit，TPU）。

技术问题

虽然图形处理器和张量处理器都能加速深度学习算法，但这些硬件结构往往基于电子元件，其计算速度无法超越线性多项式增长的理论极限，这很可能影响到图像识别等操作时的速度及效率。

技术解决方案

有鉴于此，本申请提供了一种基于光学神经网络结构的图像识别方法、图像识别装置、电子设备及计算机可读存储介质，用以提升图像识别的速度。

本申请的第一方面提供了一种基于光学神经网络结构的图像识别方法，上述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，上述 X 为正整数；上述图像识别方法包括：

获取待识别图像；

将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构；

基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果；

其中，上述光学神经网络结构用于：

针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，上述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量基于上述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；

分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，上述 Yi 为正整数；

将上述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

将上述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，上述第 i 层神经网络的输出向量为上述光学神经网络结构的输出结果，上述第 i 层神经网络的输出

向量中的各个元素用于指示上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。

本申请的第二方面提供了一种基于光学神经网络结构的图像识别装置，上述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，上述 X 为正整数；上述图像识别装置包括：

图像获取模块，用于获取待识别图像；

图像输入模块，用于将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构；

结果识别模块，用于基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果；

其中，上述光学神经网络结构的各层神经网络均包括：

向量输入单元，用于针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，上述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量基于上述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；

线性变换单元，用于分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，上述 Yi 为正整数；

激活单元，用于将上述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

结果输出单元，用于将上述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，上述第 i 层神经网络的输出向量为上述光学神经网络结构的输出结果，上述第 i 层神经网络的输出向量中的各个元素用于指示上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。

本申请的第三方面提供了一种电子设备，上述电子设备包括存储器、处理器以及存储在上述存储器中并可在上述处理器上运行的计算机程序，上述处理器执行上述计算机程序时实现如上第一方面的方法的步骤。

本申请的第四方面提供了一种计算机可读存储介质，上述计算机可读存储介质存储有计算机程序，上述计算机程序被处理器执行时实现如上第一方面的方法的步骤。

本申请的第五方面提供了一种计算机程序产品，上述计算机程序产品包括计算机程序，上述计算机程序被一个或多个处理器执行时实现如上述第一方面的方法的步骤。

有益效果

由上可见，通过本申请方案，首先获取待识别图像，然后将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构，接着基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果；其中，上述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，上述 X 为正整数，上述光学神经网络结构用于：针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，上述 i 为

大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量基于上述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，上述 Yi 为正整数；将上述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；将上述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，上述第 i 层神经网络的输出向量为上述光学神经网络结构的输出结果，上述第 i 层神经网络的输出向量中的各个元素用于指示上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。通过本申请方案，提出了一种新型的光学神经网络结构，通过上述新型的光学神经网络结构对图像进行识别，由于其中的所有计算皆由光学元件完成，因而能耗极低，并且处理速度快，能够快速获得图像识别的结果。

附图说明

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

图 1 是本申请实施例提供的基于光学神经网络结构的图像识别方法的实现流程示意图；

图 2 是本申请实施例提供的光学神经网络结构的工作流程示意图；

图 3 是本申请实施例提供的光学神经网络结构中，内积计算单元的示意图；

图 4 是本申请实施例提供的光学神经网络结构的结构示意图；

图 5 是本申请实施例提供的基于光学神经网络结构的图像识别装置的结构框图；

图 6 是本申请实施例提供的光学神经网络结构中单层神经网络的结构框图；

图 7 是本申请实施例提供的电子设备的示意图。

具体实施方式

以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本申请实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本申请。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本申请的描述。

为了说明本申请上述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

实施例 1

下面对本申请实施例提供的基于光学神经网络结构的图像识别方法进行描述，请参阅图 1，本申请实施例中的基于光学神经网络结构的图像识别方法包括：

在步骤 101 中，获取待识别图像；

在本申请实施例中，可以先由电子设备获取待识别图像。可选地，若上述电子设备为智能手机、平板电脑等具备拍摄功能的电子设备，则可以对上述电子设备的相机应用程序进行监听，在监听到电子设备通过相机应用程序启动摄像头进行了拍摄操作后，获取拍摄的图片作为待识别图像，其中，上述摄像头可以为前置摄像头，也可以为后置摄像头，此处不作限定；或者，若上述电子设备为具备社交功能的电子设备，则可以对上述电子设备的社交类应用程序进行监听，在监听到上述社交类应用程序中接收到了其它用户发送的图片后，将接收到的图片作为待识别图像；或者，若上述电子设备具备联网功能，则还可以对上述电子设备的浏览器类应用程序进行监听，在监听到用户通过上述浏览器类应用程序下载了图片后，将下载得到的图片作为待识别图像；当然，也可以通过其他方式获取待识别图像，此处不作限定。

在步骤 102 中，将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构；

在本申请实施例中，需要预先训练好上述光学神经网络结构，然后将上述待识别图像输入至上述训练好的光学神经网络结构中。具体地，上述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，上述 X 为预设的正整数。为了更好的说明本申请实施例的方案，首先对上述光学神经网络结构进行说明，具体地，该光学神经网络结构的输入向量为一列向量，其中，每一层神经网络由线性变换和非线性激活函数组成。其中，针对第 i 层的输入向量，须先对其作线性变换，然后由激活函数对进行非线性变换，得到该第 i 层的输出结果后，若该第 i 层之后还有第 i+1 层神经网络，则将该第 i 层的输出结果作为第 i+1 层神经网络的输入向量的各个元素。具体地，此处对上述光学神经网络结构中每一层神经网络的工作流程作出说明，请参阅图 2：

在步骤 201 中，针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量；

在本申请实施例中，上述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数。当 i 等于 1 时，上述第 i 层神经网络即为第 1 层神经网络；该第 1 层神经网络的输入向量基于上述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量。

具体地，针对第 1 层神经网络，上述步骤 201 具体包括：

A1、获取单一相干光源；

A2、将单一相干光源等分为 N 路光信号；

A3、将上述 N 路光信号分别通过光学衰减器进行编码，并基于编码后的 N 路光信号的振幅构建第 1 层神经网络的输入向量。

在本申请实施例中，上述光学衰减器及其对光信号的编码可以有多种实现方法。例如，

通过可调分束器将一部分的光场引出。为了更好的进行举例说明，避免丧失一般性，假设所需要编码的输入向量中的元素为 0 到 1 之间的某个值，则光学衰减器的输入光场的振幅大小可以被预先设置为常数（例如，可以被设置为 1），随后通过可调分束器可以将输入光束分为两路光，并且两路光的权重可以任意调整，使得两路光的中的第一路光的振幅与上述待识别图像的像素点相关联。将第一路光作为光学衰减器的输出，将第二路光舍弃，即可完成对光信号的编码。也即是说，在第 1 层神经网络中，首先将单一相干光源等分为 N 路光信号后，通过上述光学衰减器对光信号的编码过程实现对 N 路光信号的编码，使得上述编码后的 N 路光信号分别与上述待识别图像的各个像素点相关联。具体地，上述 N 基于上述待识别图像的像素点的个数而设定，也即，若上述待识别图像中的像素点有 N 个，则在第 1 层神经网络中，其所编码得到光信号也有 N 路，使得待识别图像中 N 个像素点与 N 路光信号呈现一一对应的关系。

在步骤 202 中，分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果；

在本申请实施例中，上述 Yi 为预设的正整数，且该 Yi 在设置时，与本层神经网络相关。例如，i 为 1 时，Y1 即为第 1 层神经网络中内积计算单元的个数；i 为 2 时，Y2 即为第 2 层神经网络中内积计算单元的个数。具体地，在同一层神经网络中，每一个内积计算单元均包含有 M 个光学组件，其中，单一内积计算单元的工作过程如下：

B1、分别对上述输入向量所包含的各个元素进行编码，得到 M 路输入光信号，其中，M 为上述输入向量所包含的元素的个数；

B2、将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号；

其中，由于一个内积计算单元均包含有 M 个光学组件，因而，上述 M 路输入光信号与 M 个光学组件也呈现一一对应的关系；例如，第一路输入光信号代表输入向量中的第一个元素，将该第一路输入光信号输入至第一个光学组件中，得到第一路输出光信号。

B3、将上述 M 路输出光信号进行合束后得到内积计算结果，作为基于上述内积计算单元对上述输入向量进行线性变换所得到的线性变换的结果。

其中，可以通过若干个马赫-曾德耳干涉仪来实现 M 路输出光信号的合束。具体地，由于马赫-曾德耳干涉仪有两个输入口和两个输出口，因而，可以将相邻两路的输出光信号分别作为一马赫-曾德耳干涉仪的输入，所得到的该马赫-曾德耳干涉仪的两个输出中，有一个输出口将正比于两个输入信号的振幅之和，在本申请实施例所提出的内积计算单元中，仅保留上述正比于两个输入信号的振幅之和的输出，将另一输出丢弃。可以认为，这一系列的马赫-曾德耳干涉仪构成一个二叉树，其总输入为即为 M 路输出光信号，并最终只得到一个最终的合束结果。具体地，当 i 大于 1 时，由于针对第 i-1 层神经网络来说，该层神

经网络中有 Yi-1 个内积计算单元，因而其输出向量中有 Yi-1 个元素；而这 Yi-1 个元素又将构成第 i 层神经网络的输入向量，由于上述 M 为上述第 i 层神经网络的输入向量所包含的元素的个数，因而，针对非首层神经网络中的内积计算单元，其所包含的光学组件的数量 M=Yi-1。也即是说，针对非首层神经网络，由于 M 为上述输入向量所包含的元素的个数，而该层输入向量所包含的元素的个数与上层神经网络中包含的内积计算单元的个数相同，因而，此处可以通过上层神经网络的神经元（也即内积计算单元）的个数而确定 M 的取值。

为了更好的说明内积计算单元的工作过程，请参阅图 3：

图 3 示出了一个内积计算单元由两个部分所组成，假定 M 的取值为 8。上述内积计算单元可看作由两部分所构成：

在第一部分中，α1、α2 至α8 为输入向量中的各个元素所编码得到的 8 路光信号，ω1、ω2 至ω8 为相应的 8 个光学组件；首先依次将 8 路光信号通过相应的光学组件后，得到 8 路输出光信号，如此，第一部分的输出将有 8 路光，每一路光的振幅分别为α j*ω j，j 的取值为大于 0，小于 9（也即 M+1）的正整数。

在第二部分中，通过预设数量的马赫-曾德耳干涉仪完成光线的合束。根据图 3 可知，每相邻两路光线之间均需要通过保留马赫-曾德耳干涉仪实现光线的合束，具体地，在通过马赫-曾德耳干涉仪得到两路输出光之后，被保留的光路由实线表示，被舍弃的输出由虚线表示。需要注意的是，内积计算单元的输入向量的元素个数需为 2z，其中，z 为正整数。当出现输入向量的元素个数不足时，需要以 0 进行补齐，直至输入向量的元素个数达到 2z 为止。

在通过上述第一部分及第二部分后，该内积计算单元所最终得到的输出光信号的振幅为

$$\beta_{out} = \frac{1}{\sqrt{\mathrm{M}}}\vec{\alpha}\cdot\vec{\omega} = \frac{1}{\sqrt{M}}\beta$$

上述βout 为单个内积计算单元所得到的输出光信号的振幅。通过对输出光信号的相位以及振幅进行测量，并乘以系数 $\frac{1}{\sqrt{\mathrm{M}}}$，便可得到β的数值大小；或者，内积计算单元可以作为处理更复杂问题的光学线路的元件，其输出光信号在其它部分进行进一步处理。对比现有技术，这种光学线路的主要优势如下：内积计算单元的线路深度仅仅以对数形式增长，这意味着其计算误差也仅以对数形式增长，大大增加了线路的鲁棒性。

在步骤 203 中，将上述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

在步骤 204 中，将上述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量。

在本申请实施例中，当 i 为大于 0 且小于 X 的整数时，上述第 i 层神经网络的输出结

果没有特殊的含义，仅作为第 i+1 层神经网络的输入向量。也即是说，当 i 为大于 0 且小于 X 的整数时，上述第 i 层神经网络的输出结果可以被看做是上述光学神经网络结构的中间过渡参数；而当 i 等于 X 时，上述第 i 层神经网络（也即第 X 层神经网络）的输出向量即为上述光学神经网络结构的最终总的输出结果，上述第 i 层神经网络（也即第 X 层神经网络）的输出向量中的各个元素用于指示上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。在上述光学神经网络结构中，由于所有计算皆由光学元件完成，因而其能耗极低，并且处理速度更快。

为了更好的说明上述光学神经网络结构，下面对上述光学神经网络结构的工作流程进行概述，请参阅图 4：

光学神经网络结构的初始输入为一列向量 $\vec{\mathbf{x}}$=[x1, x2, …, xN]T，每一层神经网络由线性变换和非线性激活函数组成。假定第 n 层的输入为向量 $\overrightarrow{\mathbf{h}^{(n)}}=\left[h_1^{(n)}, h_2^{(n)}, \ldots\right]^{\mathrm{T}}$，该第 n 层神经网络将首先通过多个内积计算单元（分别编码有相应的计算矩阵）对 $\overrightarrow{\mathbf{h}^{(n)}}$ 作线性变换，随后通过非线性晶体由激活函数对 $\overrightarrow{\mathbf{h}^{(n)}}$ 进行非线性变换，所得到的该层的输出（也即图中的多个 F）作为第 n 层的下一层（也即第 n+1 层）神经网络的输入向量 $\overrightarrow{\mathbf{h}^{(n+1)}}$ 的各个元素。

在步骤 103 中，基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果；

在本申请实施例中，上述光学神经网络结构的输出结果代表了上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。例如，假定通过上述光学神经网络判断图像中物体是猫还是狗，则上述光学神经网络结构的输出结果将有两个数据，分别为代表属于狗的数据 A1 及代表属于猫的数据 A2，若 A2＞A1，则可以确定上述待识别图像的识别结果为猫；若 A1＞A2，则可以确定上述待识别图像的识别结果为狗。

可选地，上述图像识别方法还包括：

获取预设的转换矩阵，其中，上述预设的转换矩阵与第 i 层神经网络相关，上述预设的转换矩阵的维度为 M*Yi；

将上述转换矩阵拆分为 Yi 个 M*1 的矩阵，记为 Yi 个计算矩阵；

将上述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中；

相应地，上述将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号，包括：

将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，以使得上述输入向量分别与上

述内积计算单元所编码的计算矩阵进行内积运算，得到 M 路输出光信号。

在本申请实施例中，每一层神经网络都有各自的转换矩阵，将且上述转换矩阵的维度为 M*Yi，其中 M 即为该层神经网络的输入向量的元素个数；将上述转换矩阵拆分为 Yi 个 M*1 的矩阵后，由于将 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中，因而，会有 Yi 个内积计算单元进行内积计算；也即是说，上述 Yi 个内积计算单元的输入虽然一致（均为本层神经网络的输入向量），但由于 Yi 个内积计算单元的计算矩阵并不一定相同，因而会得到不同的输出结果；具体地，由于一个内积计算单元只有一个输出，因而，Yi 个内积计算单元将会有 Yi 个输出，也即是说，一层神经网络将会得到 Yi 个输出结果。通过上述过程，即实现了维度的转换。具体地，上述光学组件包括光学衰减器及偏振片；上述将上述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中，包括：针对任一计算矩阵，分别将上述计算矩阵的各个元素的绝对值编码至相应光学组件的光学衰减器上，分别将上述计算矩阵的各个元素的符号编码至相应光学组件的偏振片上。具体地，上述各个元素的符号指的是各个元素的正负号，如该元素为正数，则将“+”号编码至该元素相应光学组件的偏振片上；如该元素为负数，则将“-”号编码至该元素相应光学组件的偏振片上。

由上可见，通过本申请实施例，提出了一种新型的光学神经网络结构，通过上述新型的光学神经网络结构对图像进行识别，由于其中的所有计算皆由光学元件完成，因而能耗极低，并且处理速度快，能够快速获得图像识别的结果。

应理解，上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不应对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

实施例 2

本申请实施例提供了一种基于光学神经网络结构的图像识别装置，上述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，上述 X 为正整数；请参阅图 5，上述图像识别装置 500 包括：

图像获取模块 501，用于获取待识别图像；

图像输入模块 502，用于将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构；

结果识别模块 503，用于基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果；

其中，请参阅图 6，上述光学神经网络结构的各层神经网络均包括：

向量输入单元 601，用于针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，上述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量基于上述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；

线性变换单元 602，用于分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，上述 Yi 为正整数；

激活单元 603，用于将上述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

结果输出单元 604，用于将上述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，上述第 i 层神经网络的输出向量为上述光学神经网络结构的输出结果，上述第 i 层神经网络的输出向量中的各个元素用于指示上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。

可选地，上述光学神经网络结构的第 1 层神经网络的向量输入单元，包括：

光源获取子单元，用于获取单一相干光源；

光源等分子单元，用于将单一相干光源等分为 N 路光信号；

光源编码子单元，用于将上述 N 路光信号分别通过光学衰减器进行编码，并基于编码后的 N 路光信号的振幅构建第 1 层神经网络的输入向量，其中，上述编码后的 N 路光信号分别与上述待识别图像的各个像素点相关联，上述 N 基于上述待识别图像的像素点的个数而设定。

可选地，上述光学神经网络结构的各层神经网络的线性变换单元，具体用于分别对上述输入向量所包含的各个元素进行编码，得到 M 路输入光信号，其中，M 为上述输入向量所包含的元素的个数；

上述线性变换单元，具体还用于针对任一内积计算单元，将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号，其中，上述内积计算单元中包含有 M 个光学组件；将上述 M 路输出光信号进行合束后得到内积计算结果，作为基于上述内积计算单元对上述输入向量进行线性变换所得到的线性变换的结果。

可选地，各层神经网络中还包括：

转换矩阵获取单元，用于获取预设的转换矩阵，其中，上述预设的转换矩阵与第 i 层神经网络相关，上述预设的转换矩阵的维度为 M*Yi；

转换矩阵拆分单元，将上述转换矩阵拆分为 Yi 个 M*1 的矩阵，记为 Yi 个计算矩阵；

计算矩阵编码单元，用于将上述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中；

相应地，上述线性变换单元，具体用于将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，以使得上述输入向量分别与上述内积计算单元所编码的计算矩阵进行内积运算，得到 M 路输出光信号。

可选地，上述光学组件包括光学衰减器及偏振片；上述计算矩阵编码单元，具体用于针对任一计算矩阵，分别将上述计算矩阵的各个元素的绝对值编码至相应光学组件的光学

衰减器上，分别将上述计算矩阵的各个元素的符号编码至相应光学组件的偏振片上。

由上可见，通过本申请实施例，提出了一种新型的光学神经网络结构，图像识别装置通过上述新型的光学神经网络结构对图像进行识别，由于其中的所有计算皆由光学元件完成，因而能耗极低，并且处理速度快，能够快速获得图像识别的结果。

实施例 3

本申请实施例提供一种电子设备，请参阅图 7，本申请实施例中的电子设备包括：存储器 701，一个或多个处理器 702（图 7 中仅示出一个）及存储在存储器 701 上并可在处理器上运行的计算机程序。其中：存储器 701 用于存储软件程序以及模块，处理器 702 通过运行存储在存储器 701 的软件程序以及单元，从而执行各种功能应用以及数据处理，以获取上述预设事件对应的资源。具体地，处理器 702 通过运行存储在存储器 701 的上述计算机程序时实现以下步骤：

获取待识别图像；

将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构；

基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果；

其中，上述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，上述 X 为正整数；上述光学神经网络结构用于：

针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，上述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量基于上述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，上述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；

分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，上述 Yi 为正整数；

将上述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

将上述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，上述第 i 层神经网络的输出向量为上述光学神经网络结构的输出结果，上述第 i 层神经网络的输出向量中的各个元素用于指示上述待识别图像属于各个不同类别的可能性。

假设上述为第一种可能的实施方式，则在第一种可能的实施方式作为基础而提供的第二种可能的实施方式中，当 i 等于 1 时，上述获取第 i 层神经网络的输入向量，包括：

获取单一相干光源；

将单一相干光源等分为 N 路光信号；

将上述 N 路光信号分别通过光学衰减器进行编码，并基于编码后的 N 路光信号的振幅构建第 1 层神经网络的输入向量，其中，上述编码后的 N 路光信号分别与上述待识别图像的各个像素点相关联，上述 N 基于上述待识别图像的像素点的个数而设定。

在上述第一种可能的实施方式作为基础而提供的第三种可能的实施方式中，上述分别基于 Yi 个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，包括：

分别对上述输入向量所包含的各个元素进行编码，得到 M 路输入光信号，其中，M 为上述输入向量所包含的元素的个数；

针对任一内积计算单元：

上述内积计算单元中包含有 M 个光学组件，将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号；

将上述 M 路输出光信号进行合束后得到内积计算结果，作为基于上述内积计算单元对上述输入向量进行线性变换所得到的线性变换的结果。

在上述第三种可能的实施方式作为基础而提供的第四种可能的实施方式中，处理器 702 通过运行存储在存储器 701 的上述计算机程序时实现以下步骤：

获取预设的转换矩阵，其中，上述预设的转换矩阵与第 i 层神经网络相关，上述预设的转换矩阵的维度为 M*Yi；

将上述转换矩阵拆分为 Yi 个 M*1 的矩阵，记为 Yi 个计算矩阵；

将上述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中；

相应地，上述将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号，包括：

将上述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，以使得上述输入向量分别与上述内积计算单元所编码的计算矩阵进行内积运算，得到 M 路输出光信号。

在上述第四种可能的实施方式作为基础而提供的第五种可能的实施方式中，上述光学组件包括光学衰减器及偏振片；上述将上述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中，包括：

针对任一计算矩阵，分别将上述计算矩阵的各个元素的绝对值编码至相应光学组件的光学衰减器上，分别将上述计算矩阵的各个元素的符号编码至相应光学组件的偏振片上。

进一步，如图 7 所示，上述电子设备还可包括：一个或多个输入设备 703（图 7 中仅示

出一个）和一个或多个输出设备 704（图 7 中仅示出一个）。存储器 701、处理器 702、输入设备 703 和输出设备 704 通过总线 705 连接。

应当理解，在本申请实施例中，所称处理器 702 可以是中央处理单元(Central Processing Unit，CPU)，该处理器还可以是其他通用处理器、数字信号处理器 (Digital Signal Processor，DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit，ASIC)、现成可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array，FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

输入设备 703 可以包括键盘、触控板、指纹采传感器（用于采集用户的指纹信息和指纹的方向信息）、麦克风等，输出设备 704 可以包括显示器、扬声器等。

存储器 701 可以包括只读存储器和随机存取存储器，并向处理器 702 提供指令和数据。存储器 701 的一部分或全部还可以包括非易失性随机存取存储器。例如，存储器 701 还可以存储设备类型的信息。

由上可见， 通过本申请实施例，提出了一种新型的光学神经网络结构，电子设备通过上述新型的光学神经网络结构对图像进行识别，由于其中的所有计算皆由光学元件完成，因而能耗极低，并且处理速度快，能够快速获得图像识别的结果。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为了描述的方便和简洁，仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明，实际应用中，可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成，即将上述装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块，以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中，上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。另外，各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本申请的保护范围。上述系统中单元、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。

在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中没有详述或记载的部分，可以参见其它实施例的相关描述。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本

申请的范围。

在本申请所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的系统实施例仅仅是示意性的，例如，上述模块或单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通讯连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通讯连接，可以是电性，机械或其它的形式。

上述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

上述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程，也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，上述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中，该计算机程序在被处理器执行时，可实现上述各个方法实施例的步骤。其中，上述计算机程序包括计算机程序代码，上述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。上述计算机可读介质可以包括：能够携带上述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U 盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是，上述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减，例如在某些司法管辖区，根据立法和专利实践，计算机可读介质不包括是电载波信号和电信信号。

以上上述实施例仅用以说明本申请的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本申请各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本申请的保护范围之内。

权利要求书

1、 一种基于光学神经网络结构的图像识别方法，其特征在于，所述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，所述 X 为正整数；所述图像识别方法包括：

获取待识别图像；

将所述待识别图像输入至所述光学神经网络结构；

基于所述光学神经网络结构的输出结果确定所述待识别图像的识别结果；

其中，所述光学神经网络结构用于：

针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，所述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，所述第 i 层神经网络的输入向量基于所述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，所述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；

分别基于 Yi 个内积计算单元对所述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，所述 Yi 为正整数；

将所述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

将所述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，所述第 i 层神经网络的输出向量为所述光学神经网络结构的输出结果，所述第 i 层神经网络的输出向量中的各个元素用于指示所述待识别图像属于各个不同类别的可能性。

2、 如权利要求 1 所述的图像识别方法，其特征在于，当 i 等于 1 时，所述获取第 i 层神经网络的输入向量，包括：

获取单一相干光源；

将单一相干光源等分为 N 路光信号；

将所述 N 路光信号分别通过光学衰减器进行编码，并基于编码后的 N 路光信号的振幅构建第 1 层神经网络的输入向量，其中，所述编码后的 N 路光信号分别与所述待识别图像的各个像素点相关联，所述 N 基于所述待识别图像的像素点的个数而设定。

3、 如权利要求 1 所述的图像识别方法，其特征在于，所述分别基于 Yi 个内积计算单元对所述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，包括：

分别对所述输入向量所包含的各个元素进行编码，得到 M 路输入光信号，其中，M 为所述输入向量所包含的元素的个数；

针对任一内积计算单元：

所述内积计算单元中包含有 M 个光学组件，将所述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号；

将所述 M 路输出光信号进行合束后得到内积计算结果，作为基于所述内积计算单

元对所述输入向量进行线性变换所得到的线性变换的结果。

4、 如权利要求 3 所述的图像识别方法，其特征在于，所述图像识别方法还包括：

获取预设的转换矩阵，其中，所述预设的转换矩阵与第 i 层神经网络相关，所述预设的转换矩阵的维度为 M*Yi；

将所述转换矩阵拆分为 Yi 个 M*1 的矩阵，记为 Yi 个计算矩阵；

将所述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中；

相应地，所述将所述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号，包括：

将所述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，以使得所述输入向量分别与所述内积计算单元所编码的计算矩阵进行内积运算，得到 M 路输出光信号。

5、 如权利要求 4 所述的图像识别方法，其特征在于，所述光学组件包括光学衰减器及偏振片；所述将所述 Yi 个计算矩阵分别编码至相应的内积计算单元中，包括：

针对任一计算矩阵，分别将所述计算矩阵的各个元素的绝对值编码至相应光学组件的光学衰减器上，分别将所述计算矩阵的各个元素的符号编码至相应光学组件的偏振片上。

6、 一种基于光学神经网络结构的图像识别装置，其特征在于，所述光学神经网络结构由 X 层神经网络所构成，所述 X 为正整数；所述图像识别装置包括：

图像获取模块，用于获取待识别图像；

图像输入模块，用于将所述待识别图像输入至所述光学神经网络结构；

结果识别模块，用于基于所述光学神经网络结构的输出结果确定所述待识别图像的识别结果；

其中，所述光学神经网络结构的各层神经网络均包括：

向量输入单元，用于针对第 i 层神经网络，获取第 i 层神经网络的输入向量，所述 i 为大于 0 且小于 X+1 的正整数，其中，当 i 等于 1 时，所述第 i 层神经网络的输入向量基于所述待识别图像的各个像素点而生成；当 i 大于 1 时，所述第 i 层神经网络的输入向量为第 i-1 层神经网络的输出向量；

线性变换单元，用于分别基于 Yi 个内积计算单元对所述输入向量进行线性变换，得到 Yi 个线性变换的结果，其中，所述 Yi 为正整数；

激活单元，用于将所述 Yi 个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到 Yi 个激活结果；

结果输出单元，用于将所述 Yi 个激活结果作为本层神经网络的输出向量，其中，当 i 等于 X 时，所述第 i 层神经网络的输出向量为所述光学神经网络结构的输出结果，

所述第 i 层神经网络的输出向量中的各个元素用于指示所述待识别图像属于各个不同类别的可能性。

7、 如权利要求 6 所述的图像识别装置，其特征在于，所述光学神经网络结构的第 1 层神经网络的向量输入单元，包括：

光源获取子单元，用于获取单一相干光源；

光源等分子单元，用于将单一相干光源等分为 N 路光信号；

光源编码子单元，用于将所述 N 路光信号分别通过光学衰减器进行编码，并基于编码后的 N 路光信号的振幅构建第 1 层神经网络的输入向量，其中，所述编码后的 N 路光信号分别与所述待识别图像的各个像素点相关联，所述 N 基于所述待识别图像的像素点的个数而设定。

8、 如权利要求 6 所述的图像识别装置，其特征在于，所述光学神经网络结构的各层神经网络的线性变换单元，具体用于分别对所述输入向量所包含的各个元素进行编码，得到 M 路输入光信号，其中，M 为所述输入向量所包含的元素的个数；

所述线性变换单元，具体还用于针对任一内积计算单元，将所述 M 路输入光信号分别输入至相应的光学组件上，得到 M 路输出光信号，其中，所述内积计算单元中包含有 M 个光学组件；将所述 M 路输出光信号进行合束后得到内积计算结果，作为基于所述内积计算单元对所述输入向量进行线性变换所得到的线性变换的结果。

9、 一种电子设备，包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求 1 至 5 任一项所述方法的步骤。

10、 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，其特征在于，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1 至 5 任一项所述方法的步骤。

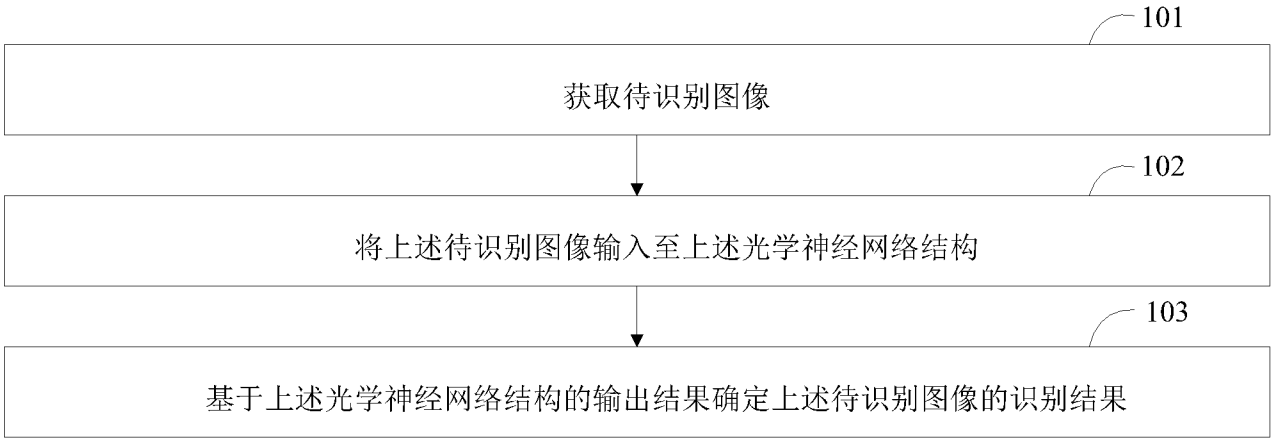

101
获取待识别图像
102
将上述待识别图像输入至上述光学神经网络结构
103
基于上述光学神经网络结构的输出结果确定上述待识别图像的识别结果

图 1

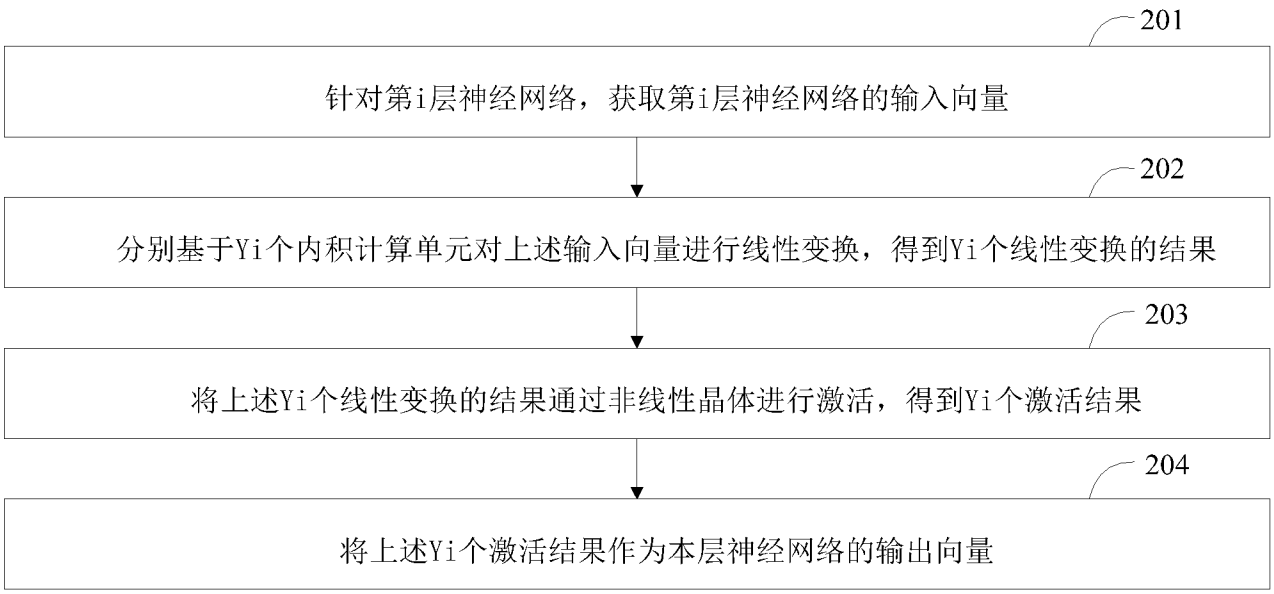

201
针对第i层神经网络，获取第i层神经网络的输入向量
202
分别基于Yi个内积计算单元对上述输入向量进行线性变换，得到Yi个线性变换的结果
203
将上述Yi个线性变换的结果通过非线性晶体进行激活，得到Yi个激活结果
204
将上述Yi个激活结果作为本层神经网络的输出向量

图 2

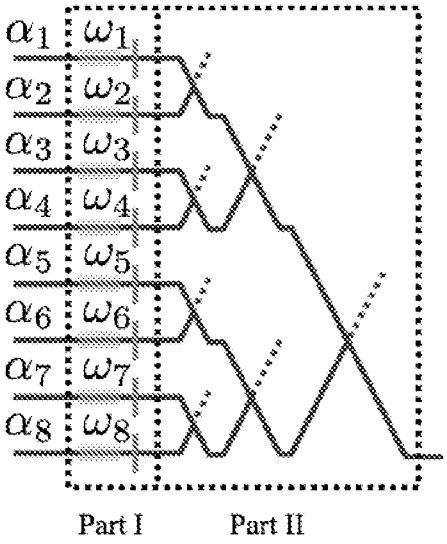

α_1 ω_1
α_2 ω_2
α_3 ω_3
α_4 ω_4
α_5 ω_5
α_6 ω_6
α_7 ω_7
α_8 ω_8
Part I
Part II

图 3

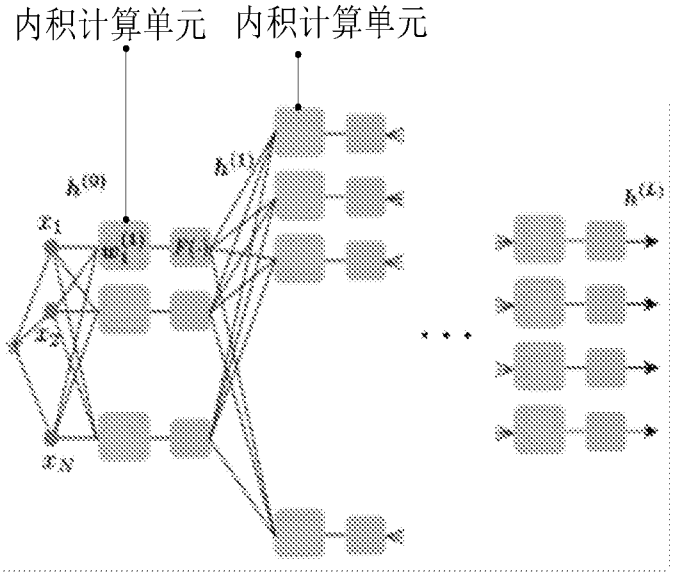

内积计算单元
内积计算单元

图 4

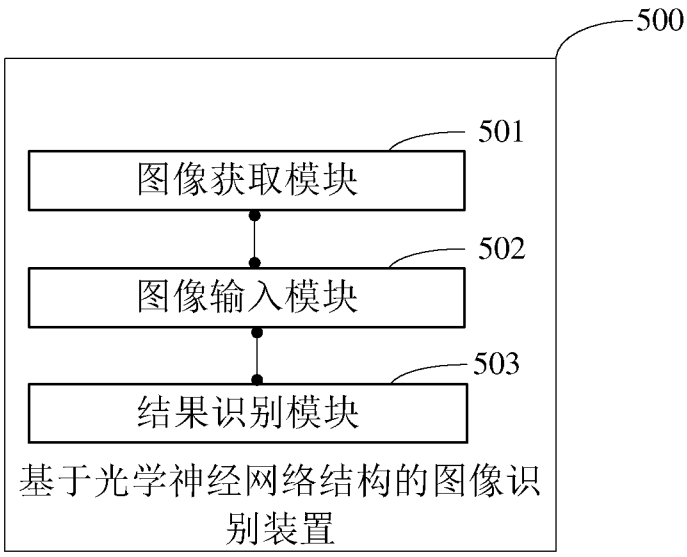

500
501
图像获取模块
502
图像输入模块
503
结果识别模块
基于光学神经网络结构的图像识别装置

图 5

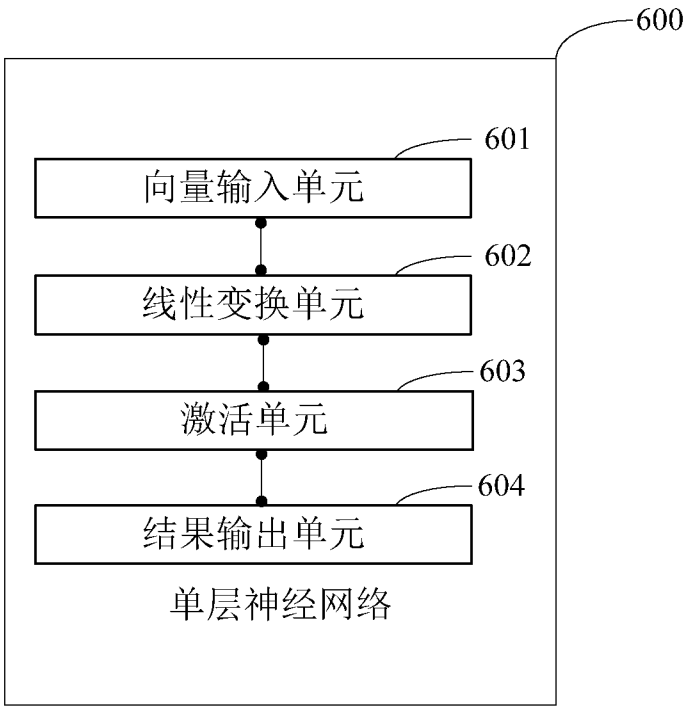

600
601
向量输入单元
602
线性变换单元
603
激活单元
604
结果输出单元
单层神经网络

图 6

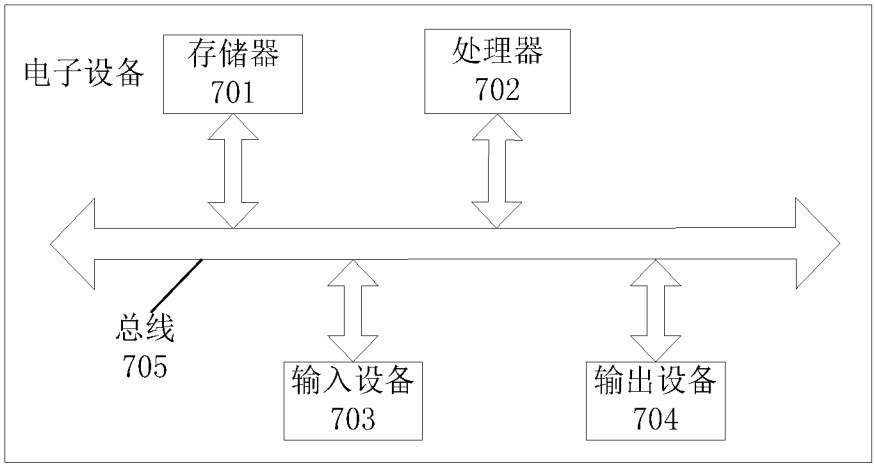


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/096458

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06K 9/62(2006.01)i; G06N 3/02(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)

G06K; G06N; G06E; G06F; G02F; G02B; H04N

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, WPI, EPODOC, CNKI, IEEE: 光, 神经网络, 图像, 识别, 向量, 矢量, 像素, 线性, 非线性, 类别, 类型, 种类, 分类, 矩阵, 衰减, 偏振, optical, neural, network, image, picture, identif+, recogni+, vector, pixel, linear, nonlinear, sort, class+, type, category, matrix, attenuat+, polariz+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109871871 A (SOUTH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 11 June 2019 (2019-06-11) claims 1-10	1-10
X	US 2017351293 A1 (CAROLAN, J.J. et al.) 07 December 2017 (2017-12-07) description, paragraphs 0032-0099, and figures 1-12	1-10
A	CN 102043962 A (PEKING UNIVERSITY) 04 May 2011 (2011-05-04) entire document	1-10
A	US 2004107172 A1 (WANG, Ruibo) 03 June 2004 (2004-06-03) entire document	1-10
A	EP 0499469 A2 (SUMITOMO CEMENT CO., LTD. et al.) 19 August 1992 (1992-08-19) entire document	1-10
A	YANG, Zixian. "基于深度学习卷积神经网络图像识别技术的研究与应用 (Non-official translation: Research and Application on Image Recognition Technology Based on Deep Learning Convolutional Neural Network)" *中国设备工程 (China Plant Engineering),* 31 December 2018 (2018-12-31), pp. 146-149	1-10

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

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

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
16 September 2019	**26 September 2019**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration** **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/CN2019/096458

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109871871	A	11 June 2019	None			
US	2017351293	A1	07 December 2017	CN	109477938	A	15 March 2019
				AU	2017273863	A1	03 January 2019
				US	10268232	B2	23 April 2019
				EP	3465302	A1	10 April 2019
				WO	2017210550	A1	07 December 2017
				CA	3026091	A1	07 December 2017
				KR	20190015732	A	14 February 2019
CN	102043962	A	04 May 2011	CN	102043962	B	14 January 2015
US	2004107172	A1	03 June 2004	US	6754646	B1	22 June 2004
EP	0499469	A2	19 August 1992	EP	0499469	A3	21 December 1994

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/096458

A. 主题的分类

G06K 9/62(2006.01)i; G06N 3/02(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)

G06K; G06N; G06E; G06F; G02F; G02B; H04N

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,WPI,EPODOC,CNKI,IEEE: 光，神经网络，图像，识别，向量，矢量，像素，线性，非线性，类别，类型，种类，分类，矩阵，衰减，偏振，optical，neural，network，image，picture，identif+，recogni+，vector，pixel，linear，nonlinear，sort，class+，type，category，matrix，attenuat+，polariz+

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
PX	CN 109871871 A (南方科技大学) 2019年 6月 11日 (2019-06-11) 权利要求1-10	1-10
X	US 2017351293 A1 (CAROLAN, JACQUES JOHANNES 等) 2017年 12月 7日 (2017-12-07) 说明书第0032-0099段，图1-12	1-10
A	CN 102043962 A (北京大学) 2011年 5月 4日 (2011-05-04) 全文	1-10
A	US 2004107172 A1 (WANG, RUIBO) 2004年 6月 3日 (2004-06-03) 全文	1-10
A	EP 0499469 A2 (SUMITOMO CEMENT CO., LTD. 等) 1992年 8月 19日 (1992-08-19) 全文	1-10
A	杨子贤. "基于深度学习卷积神经网络图像识别技术的研究与应用" 中国设备工程, 2018年 12月 31日 (2018-12-31), 第146-149页	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

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

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

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

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

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

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2019年 9月 16日	2019年 9月 26日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
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	夏刊
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(10) 53961807

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/096458

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	109871871	A	2019年 6月 11日	无			
US	2017351293	A1	2017年 12月 7日	CN	109477938	A	2019年 3月 15日
				AU	2017273863	A1	2019年 1月 3日
				US	10268232	B2	2019年 4月 23日
				EP	3465302	A1	2019年 4月 10日
				WO	2017210550	A1	2017年 12月 7日
				CA	3026091	A1	2017年 12月 7日
				KR	20190015732	A	2019年 2月 14日
CN	102043962	A	2011年 5月 4日	CN	102043962	B	2015年 1月 14日
US	2004107172	A1	2004年 6月 3日	US	6754646	B1	2004年 6月 22日
EP	0499469	A2	1992年 8月 19日	EP	0499469	A3	1994年 12月 21日