

(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 6 月 18 日 (18.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/118826 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 7/10 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/071075

(22) 国际申请日: 2019 年 1 月 10 日 (10.01.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811535090.9 2018 年 12 月 14 日 (14.12.2018) CN

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 胡战利 (HU, Zhanli); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 梁栋 (LIANG, Dong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 贺阳素 (HE, Yangsu); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 杨永峰 (YANG, Yongfeng); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 刘新 (LIU, Xin); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 郑海荣 (ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳智趣知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN IPLUS)

(54) Title: LEFT VENTRICLE IMAGE SEGMENTING METHOD AND APPARATUS, AND DEVICE AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种左心室图像分割方法、装置、设备及存储介质

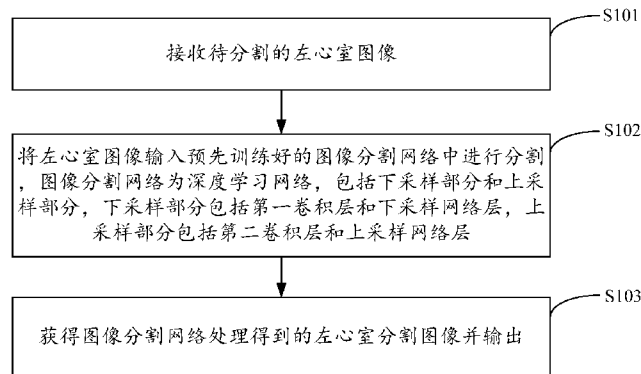


图 1

S101 RECEIVE A LEFT VENTRICLE IMAGE TO BE SEGMENTED
S102 INPUT THE LEFT VENTRICLE IMAGE INTO AN IMAGE SEGMENTATION NETWORK TRAINED IN ADVANCE FOR SEGMENTATION, WHEREIN THE IMAGE SEGMENTATION NETWORK IS A DEEP LEARNING NETWORK AND COMPRISES A DOWN-SAMPLING SECTION AND AN UP-SAMPLING SECTION, THE DOWN-SAMPLING SECTION COMPRISES A FIRST CONVOLUTIONAL LAYER AND A DOWN-SAMPLING NETWORK LAYER, AND THE UP-SAMPLING SECTION COMPRISES A SECOND CONVOLUTIONAL LAYER AND AN UP-SAMPLING NETWORK LAYER
S103 OBTAIN A LEFT VENTRICLE SEGMENTED IMAGE OBTAINED BY IMAGE SEGMENTATION NETWORK PROCESSING AND OUTPUT SAME

(57) Abstract: A left ventricle image segmenting method and apparatus, and a device and a storage medium. The method comprises: receiving a left ventricle image to be segmented (S101); inputting the left ventricle image into a trained image segmentation network for segmentation, wherein the image segmentation network is a deep learning network and comprises a down-sampling section and an up-sampling section, the down-sampling section comprises a first convolutional layer and a down-sampling network layer, and the up-sampling section comprises a second convolutional layer and an up-sampling network layer (S102); obtaining a left ventricle

INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市福田区梅林街道梅都社区梅林路48号理想公馆2427, Guangdong 518000 (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))。

segmented image obtained by image segmentation network processing and outputting same (S103). Therefore, automatic segmentation of the left ventricle image is achieved, the efficiency and the effect of left ventricle image segmentation are improved, and the method is suitable for the technical field of medical image processing.

(57) 摘要: 一种左心室图像分割方法、装置、设备及存储介质, 该方法包括: 接收待分割的左心室图像 (S101), 将左心室图像输入训练好的图像分割网络中进行分割, 图像分割网络为深度学习网络, 包括下采样部分和上采样部分, 下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层, 上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层 (S102), 获得图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出 (S103), 从而实现左心室图像的自动分割, 提高了左心室图像分割的效率和效果, 适用于医学图像处理技术领域。

一种左心室图像分割方法、装置、设备及存储介质

技术领域

5 本发明属于医学图像处理技术领域，尤其涉及一种左心室图像分割方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

10 在心血管疾病的早期诊断中，需要对患者心脏进行扫描成像，并在扫描到的图像上对相应的左心室轮廓进行分割。扫描过程中，血液流动会带来成像伪影，加上人体结构的复杂性、软组织的不规则性，如何对左心室图像进行准确分割有着非常重要的临床价值。

15 传统对左心室图像进行分割的方式是由专业医生进行手动分割，操作繁琐，效率不高，而且手动分割容易受人工主观影响，导致左心室图像分割的准确度不高。

发明内容

20 本发明的目的在于提供一种左心室图像分割方法、装置、设备及存储介质，旨在解决由于现有技术无法提供一种有效的左心室图像分割方法，导致左心室图像分割效率不高且效果不佳的问题。

一方面，本发明提供了一种左心室图像分割方法，所述方法包括下述步骤：
接收待分割的左心室图像；

将所述左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，所述图像分割网络为深度学习网络，所述图像分割网络包括下采样部分和上采样部分，
25 所述下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，所述上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层；

获得所述图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

另一方面，本发明提供了一种左心室图像分割装置，所述装置包括：

待分割图像接收单元，用于接收待分割的左心室图像；

5 图像分割单元，用于将所述左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，所述图像分割网络为深度学习网络，所述图像分割网络包括下采样部分和上采样部分，所述下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，所述上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层；以及

分割图像输出单元，用于获得所述图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

10 另一方面，本发明还提供了一种计算机设备，包括存储器、处理器以及存储在该存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现如上述一种左心室图像分割方法所述的步骤。

15 另一方面，本发明还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如上述一种左心室图像分割方法所述的步骤。

20 本发明接收待分割的左心室图像，由训练好的图像分割网络对左心室图像进行分割，获得分割后得到的左心室分割图像并输出，其中，图像分割网络为深度学习网络，包括上采样部分和下采样部分，上采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层，从而借助上述结构的图像分割网络对左心室图像进行自动分割，有效地提高左心室图像分割的效率和效果。

附图说明

图 1 是本发明实施例一提供的一种左心室图像分割方法的实现流程图；

25 图 2 是本发明实施例二提供的一种左心室图像分割方法的实现流程图；

图 3 是本发明实施例三提供的一种左心室图像分割装置的结构示意图；

图 4 是本发明实施例三提供的一种左心室图像分割装置的优选结构示意图；以及

图 5 是本发明实施例四提供的计算机设备的结构示意图。

5 具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

以下结合具体实施例对本发明的具体实现进行详细描述：

10 实施例一：

图 1 示出了本发明实施例一提供的一种左心室图像分割方法的实现流程，为了便于说明，仅示出了与本发明实施例相关的部分，详述如下：

在步骤 S101 中，接收待分割的左心室图像；

15 本发明实施例适用于计算机、服务器等支持图像处理的设备。待分割的左心室图像可为从网上公开的医学数据库中获取的左心室图像，也可以为医院或医生提供的左心室图像，或者由 CT、MRI 等医学扫描设备扫描到的左心室图像。本发明实施例并不涉及左心室图像的扫描过程，在此不作描述。

20 在步骤 S102 中，将左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，图像分割网络为深度学习网络，包括下采样部分和上采样部分，下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层。

25 在本发明实施例中，预先训练好图像分割网络，其中，图像分割网络为深度网络，包括下采样部分和上采样部分，下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层。在获得左心室图像后，将左心室图像输入至第一卷积层，提取得到左心室图像的图像特征，再将图像特征输入至下采样网络层，将依次经每层下采样网络层处理后的图像特征输入

至上采样网络层进行处理, 获得依次将每层下采样网络层、每层下采样网络层处理后的图像特征, 再由第二卷积层进行卷积操作, 实现对左心室图像的分割。

优选地, 每层下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层, 每层上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征卷积层, 从而通过不同卷积层的结合, 提高图像分割网络对左心室图像特征的处理效果。其中, 将每层下采样网络层处理后的图像特征进入第一层上采样网络层时, 先通过第一层上采样网络层中的特征反卷积层对这些图像特征进行处理, 再由第一层上采样网络层中的第一特征卷积层对该特征反卷积层处理的图像特征进行处理。

进一步优选地, 图像分割网络中的下采样部分包括一层第一卷积层和三层下采样网络层, 图像分割网络中的上采样部分包括三层上采样网络层和三层第二卷积层, 第一卷积层和第二卷积层的卷积核大小不同, 在上采样网络层中, 第一特征卷积层与第二特征卷积层的步长不同, 以提高图像分割网络对左心室图像特征的处理效果。作为示例地, 第一卷积层的卷积核为 5×5 大小, 第二卷积层的卷积核为 1×1 大小, 第一特征卷积层的卷积核为 5×5 大小且步长为 3, 第二特征卷积层的卷积核为 5×5 大小且步长为 1, 特征反卷积层的卷积核大小为 4×4 且步长为 3。

在步骤 S103 中, 获得图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

在本发明实施例中, 由图像分割网络处理得到的左心室分割图像, 为待分割的左心室图像中分割出左心室轮廓图像, 可帮助医生直观地观察到患者的左心室状况。

优选地, 在通过第一卷积层对到待分割的左心室图像进行处理时, 卷积计算公式为:

$$S_i(i, j) = (I * K_l)(i, j) = \sum_m \sum_n I(m, n) K(i - m, j - n), \text{ 其中, } I \text{ 表示}$$

待分割的左心室图像, m 、 n 为第一卷积层中卷积核的宽与高, K_l 表示第一卷积层中的第 l 个卷积核, i 、 j 为左心室图像中图像像素的位置。同样地, 通过第二卷积层对上一层上采样网络输出的图像特征进行处理的公式也为上述公式,

此时， I 表示一层上采样网络输出的图像特征， m 、 n 为第二卷积层中卷积核的宽与高， K_l 表示第二卷积层中的第 l 个卷积核， i 、 j 为图像特征中图像像素的位置。

进一步优选地，在获得经过第一卷积层提取到的图像特征后，对这些图像特征进行非线性激活，以提高图像分割网络对左心室图像的分割效果。其中，非线性激活的公式为：

$$f(x) = \text{relu} \left\{ \sum_{l=1}^z S_l(i, j) \right\}, \text{ 其中, } S_l(i, j) \text{ 为第一卷积层提取到的图像特征, } z \text{ 为提取到的图像特征的数量, } \text{relu}(\cdot) \text{ 为非线性激活函数, } f(x) \text{ 为非线性激活函数的输出结果。}$$

优选地，在通过下采样网络层中的第一特征卷积层、下采样网络层中的第二特征卷积层、或者上采样网络中的第一特征卷积层对其接收到的图像特征进行处理时，包括对图像特征进行特征卷积操作和非线性变化操作，以提高对图像特征的处理效果。

进一步优选地，根据第一特征卷积层对应的网络权重和动态路由算法中的路由系数，对输入至该第一特征卷积层的图像特征进行特征卷积操作，路由系数通过动态路由算法进行更新，再将特征卷积操作处理后的图像特征输入预设的非线性变化公式，进行非线性变化操作，以提高第一特征卷积对图像特征的处理效果。

其中，特征卷积操作的公式为：

$$\hat{U}_{xy|t_i^p} = M_{t_i^p} \times U_{xy|t_i^p}, \quad S_{xy} = \sum_n C_{t_i^p|xy} \hat{U}_{xy|t_i^p}, \text{ 其中, } U_{xy|t_i^p} \text{ 为输入该第一特征卷积层的图像特征, } M_{t_i^p} \text{ 为第一特征卷积层对应的网络权重, } S_{xy} \text{ 为经特征卷积操作处理后的图像特征, } C_{t_i^p|xy} \text{ 为动态路由算法中的路由系数,}$$

$T^p = \{t_1^p, t_2^p, \dots, t_n^p \mid n \in N\}$ 为图像特征所对应特征编号的集合, N 为这些图像特征的数目, p 为当前下采样网络层 (或当前上采样网络层) 位于图像分割网络中的网络层数, x, y 为图像特征在左心室图像中的位置。

其中, 非线性变化公式为:

$$V_{xy} = \frac{\|S_{xy}\|^2}{1 + \|S_{xy}\|^2} \bullet \frac{S_{xy}}{\|S_{xy}\|}, \quad V_{xy} \text{ 为经非线性变化操作处理后的图像特征。}$$

在通过动态路由算法更新路由系数时, 通过迭代方式进行更新, 其中第 d 次迭代过程如下:

(1) 获取位于图像分割网络 p 层的下采样网络 (或上采样网络) 的路由系数:

$$C_{t_i^p|xy} = \frac{\exp(b_{t_i^p|xy})}{\sum_k \exp(b_{t_i^p k})}, \quad \text{其中, } k = k_h \times k_w \text{ 为图像特征在位于图像分割}$$

网络 p 层的下采样网络 (或上采样网络) 中对应的网络权重, $b_{t_i^p|xy}$ 为预设参数, 可将第一次迭代中的 $b_{t_i^p|xy}$ 设为 0。

(2) 在位于图像分割网络 $p+1$ 层的下采样网络 (或上采样网络) 中, 对输入该层网络的图像特征进行特征卷积处理, 处理公式为:

$$S_{xy} = \sum_n C_{t_i^{p+1}|xy} \wedge u_{xy|t_i^{p+1}}。$$

(3) 在位于图像分割网络 $p+1$ 层的下采样网络 (或上采样网络) 中, 对经特征卷积处理的图像特征进行非线性变化操作, 公式为:

$$V_{xy} = \frac{\|S_{xy}\|^2}{1 + \|S_{xy}\|^2} \cdot \frac{S_{xy}}{\|S_{xy}\|}$$

(4) 更新参数 $b_{t_i^p|_{xy}}$ ，更新公式如下：

$$b_{t_i^p|_{xy}} \leftarrow b_{t_i^p|_{xy}} + \hat{u}_{xy|t_i^p} \cdot V_{xy}。$$

在本发明实施例中，由训练好的图像分割网络对左心室图像进行分割，获得分割后得到的左心室分割图像并输出，其中，图像分割网络为深度学习网络，包括上采样部分和下采样部分，上采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层，下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层，上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征反卷积层，从而借助上述结构的图像分割网络对左心室图像进行自动分割，有效地提高左心室图像分割的效率和效果。

实施例二：

图 2 示出了本发明实施例二提供的一种左心室图像分割方法的实现流程，为了便于说明，仅示出了与本发明实施例相关的部分，详述如下：

在步骤 S201 中，获取采集到的左心室训练图像。

在步骤 S202 中，将左心室训练图像输入图像分割网络中，并通过预设的优化算法对图像分割网络进行训练，优化算法为 Adam 学习率自适应优化算法。

在本发明实施例中，在实施例一中已详细描述了图像分割网络的网络结构，在训练之前，按照上述网络结果构建图像分割网络。采集多张左心室训练图像，用作图像分割网络的训练样本，一一输入图像分割网络之中，并采用 Adam（适应性矩估计）学习率自适应优化算法对图像分割网络进行训练，获得训练好的图像分割网络。

在步骤 S203 中，接收待分割的左心室图像；

在步骤 S204 中，将左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，图像分割网络包括下采样部分和上采样部分，下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层；

在步骤 S205 中，获得图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

5 在本发明实施例中，步骤 S203~步骤 S205 可参照实施例一中相应步骤的详细描述，在此不再赘述。

在本发明实施例中，通过 Adam 学习率自适应优化算法训练图像分割网络，由训练好的图像分割网络对左心室图像进行分割，获得分割后得到的左心室分割图像并输出，其中，图像分割网络为深度学习网络，包括上采样部分和下采样部分，上采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层，下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层，上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征反卷积层，从而实现

10 对左心室图像进行自动优化分割，有效地提高左心室图像分割的效率和效果。

实施例三：

15 图 3 示出了本发明实施例三提供的一种左心室图像分割装置的结构，为了便于说明，仅示出了与本发明实施例相关的部分，其中包括：

待分割图像接收单元 31，用于接收待分割的左心室图像。

图像分割单元 32，用于将左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，图像分割网络为深度学习网络，图像分割网络包括下采样部分和上采样部分，下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层。

20

在本发明实施例中，预先训练好图像分割网络。在获得左心室图像后，将左心室图像输入至第一卷积层，提取得到左心室图像的图像特征，再将图像特征输入至下采样网络层，将依次经每层下采样网络层处理后的图像特征输入至上采样网络层进行处理，获得依次将每层下采样网络层、每层下采样网络层处理后的图像特征，再由第二卷积层进行卷积操作，实现对左心室图像的分割。

25

优选地，每层下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层，每层上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征卷积层，从而通过不同卷积层的结合，提高图像分割网络对左心室图像特征的处理效果。其中，将每层下采样网络层处理后的图像特征进入第一层上采样网络层时，先通过第一层上采样网络层中的特征反卷积层对这些图像特征进行处理，再由第一层上采样网络层中的第一特征卷积层对该特征反卷积层处理的图像特征进行处理。

进一步优选地，图像分割网络中的下采样部分包括一层第一卷积层和三层下采样网络层，图像分割网络中的上采样部分包括三层上采样网络层和三层第二卷积层，第一卷积层和第二卷积层的卷积核大小不同，在上采样网络层中，第一特征卷积层与第二特征卷积层的步长不同，以提高图像分割网络对左心室图像特征的处理效果。

分割图像输出单元 33，用于获得图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

在本发明实施例中，由图像分割网络处理得到的左心室分割图像，为待分割的左心室图像中分割出左心室轮廓图像，可帮助医生直观地观察到患者的左心室状况。

优选地，在通过第一卷积层对到待分割的左心室图像进行处理时，卷积计算公式为：

$$S_i(i, j) = (I * K_l)(i, j) = \sum_m \sum_n I(m, n) K(i - m, j - n), \text{ 其中, } I \text{ 表示待分割的左心室图像, } m、n \text{ 为第一卷积层中卷积核的宽与高, } K_l \text{ 表示第一卷积层中的第 } l \text{ 个卷积核, } i、j \text{ 为左心室图像中图像像素的位置。同样地, 通过第二卷积层对上一层上采样网络输出的图像特征进行处理的公式也为上述公式, 此时, } I \text{ 表示一层上采样网络输出的图像特征, } m、n \text{ 为第二卷积层中卷积核的宽与高, } K_l \text{ 表示第二卷积层中的第 } l \text{ 个卷积核, } i、j \text{ 为图像特征中图像像素的位置。}$$

进一步优选地，在获得经过第一卷积层提取到的图像特征后，对这些图像

特征进行非线性激活，以提高图像分割网络对左心室图像的分割效果。其中，非线性激活的公式为：

$$f(x) = \text{relu} \left\{ \sum_{l=1}^z S_l(i, j) \right\}, \text{ 其中, } S_l(i, j) \text{ 为第一卷积层提取到的图像特征, } z \text{ 为提取到的图像特征的数量, } \text{relu}(\cdot) \text{ 为非线性激活函数, } f(x) \text{ 为非}$$

5 线性激活函数的输出结果。

优选地，在通过下采样网络层中的第一特征卷积层、下采样网络层中的第二特征卷积层、或者上采样网络中的第一特征卷积层对其接收到的图像特征进行处理时，包括对图像特征进行特征卷积操作和非线性变化操作，以提高对图像特征的处理效果。

10 进一步优选地，根据第一特征卷积层对应的网络权重和动态路由算法中的路由系数，对输入至该第一特征卷积层的图像特征进行特征卷积操作，路由系数通过动态路由算法进行更新，再将特征卷积操作处理后的图像特征输入预设的非线性变化公式，进行非线性变化操作，以提高第一特征卷积对图像特征的处理效果。

15 其中，特征卷积操作的公式为：

$$\hat{u}_{xy|t_i^p} = M_{t_i^p} \times U_{xy|t_i^p}, \quad S_{xy} = \sum_n C_{t_i^p|xy} \hat{u}_{xy|t_i^p}, \text{ 其中, } U_{xy|t_i^p} \text{ 为输入}$$

入该第一特征卷积层的图像特征, $M_{t_i^p}$ 为第一特征卷积层对应的网络权重, S_{xy}

为经特征卷积操作处理后的图像特征, $C_{t_i^p|xy}$ 为动态路由算法中的路由系数,

$T^p = \{t_1^p, t_2^p, \dots, t_n^p \mid n \in N\}$ 为图像特征所对应特征编号的集合, N

20 为这些图像特征的数目, p 为当前下采样网络层（或当前上采样网络层）位于图像分割网络中的网络层数, x, y 为图像特征在左心室图像中的位置。

其中，非线性变化公式为：

$$V_{xy} = \frac{\|S_{xy}\|^2}{1 + \|S_{xy}\|^2} \bullet \frac{S_{xy}}{\|S_{xy}\|}, \quad V_{xy} \text{ 为经非线性变化操作处理后的图像特征。}$$

在通过动态路由算法更新路由系数时，通过迭代方式进行更新，其中第 d 次迭代过程如下：

(1) 获取位于图像分割网络 p 层的下采样网络（或上采样网络）的路由系数：

$$C_{t_i^p|xy} = \frac{\exp(b_{t_i^p|xy})}{\sum_k \exp(b_{t_i^p k})}, \quad \text{其中, } k = k_h \times k_w \text{ 为图像特征在位于图像分割}$$

网络 p 层的下采样网络（或上采样网络）中对应的网络权重， $b_{t_i^p|xy}$ 为预设参

数，可将第一次迭代中的 $b_{t_i^p|xy}$ 设为 0。

(2) 在位于图像分割网络 p+1 层的下采样网络（或上采样网络）中，对输入该层网络的图像特征进行特征卷积处理，处理公式为：

$$S_{xy} = \sum_n C_{t_i^{p+1}|xy} \wedge u_{xy|t_i^{p+1}}。$$

(3) 在位于图像分割网络 p+1 层的下采样网络（或上采样网络）中，对经特征卷积处理的图像特征进行非线性变化操作，公式为：

$$V_{xy} = \frac{\|S_{xy}\|^2}{1 + \|S_{xy}\|^2} \bullet \frac{S_{xy}}{\|S_{xy}\|}$$

(4) 更新参数 $b_{t_i^p|xy}$ ，更新公式如下：

$$b_{t_i^P|_{XY}} \leftarrow b_{t_i^P|_{XY}} + \hat{u}_{XY|t_i^P} \cdot V_{XY}。$$

优选地，如图 4 所示，图像分割单元 32 还包括：

图像特征提取单元 421，用于通过第一卷积层对左心室图像进行特征提取，生成左心室图像对应的图像特征；以及

5 图像特征处理单元 422，用于将图像特征输入与第一卷积层连接的下采样网络层，依次经过每层下采样网络层、每层上采样网络层和第二卷积层的处理，获得左心室分割图像。

优选地，在训练之前，按照上述网络结果构建图像分割网络。采集多张左心室训练图像，用作图像分割网络的训练样本，一一输入图像分割网络之中，
10 并采用 Adam（适应性矩估计）学习率自适应优化算法对图像分割网络进行训练，获得训练好的图像分割网络，从而通过自适应优化算法提高图像分割网络对左心室图像的自动分割效果。

在本发明实施例中，通过 Adam 学习率自适应优化算法训练图像分割网络，由训练好的图像分割网络对左心室图像进行分割，获得分割后得到的左心室分割图像并输出，其中，图像分割网络为深度学习网络，包括上采样部分和下采样部分，上采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层，下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层，上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征反卷积层，从而实现对左心室图像进行自动优化分割，有效地提高左心室图像分割的效率和效果。

20 在本发明实施例中，一种左心室图像分割装置的各单元可由相应的硬件或软件单元实现，各单元可以为独立的软、硬件单元，也可以集成为一个软、硬件单元，在此不用以限制本发明。

实施例四：

图 5 示出了本发明实施例五提供的一种计算机设备的结构，为了便于说明，
25 仅示出了与本发明实施例相关的部分。

本发明实施例的汽车 5 包括处理器 50、存储器 51 以及存储在存储器 51 中并可在处理器 50 上运行的计算机程序 52。该处理器 50 执行计算机程序 52 时实现上述各个方法实施例中的步骤，例如图 1 所示的步骤 S101 至 S103。或者，处理器 50 执行计算机程序 52 时实现上述各装置实施例中各单元的功能，例如图 3 所示单元 31 至 33 的功能。

在本发明实施例中，由训练好的图像分割网络对左心室图像进行分割，获得分割后得到的左心室分割图像并输出，其中，图像分割网络为深度学习网络，包括上采样部分和下采样部分，上采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层，下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层，上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征反卷积层，从而借助上述结构的图像分割网络对左心室图像进行自动分割，有效地提高左心室图像分割的效率和效果。

实施例五：

在本发明实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述各个方法实施例中的步骤，例如，图 1 所示的步骤 S101 至 S103。或者，该计算机程序被处理器执行时实现上述各装置实施例中各单元的功能，例如图 3 所示单元 31 至 33 的功能。

在本发明实施例中，由训练好的图像分割网络对左心室图像进行分割，获得分割后得到的左心室分割图像并输出，其中，图像分割网络为深度学习网络，包括上采样部分和下采样部分，上采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层，下采样网络层包括第一特征卷积层和第二特征卷积层，上采样网络层包括特征反卷积层和第一特征反卷积层，从而借助上述结构的图像分割网络对左心室图像进行自动分割，有效地提高左心室图像分割的效率和效果。

本发明实施例的计算机可读存储介质可以包括能够携带计算机程序代码的

任何实体或装置、记录介质，例如，ROM/RAM、磁盘、光盘、闪存等存储器。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种左心室图像分割方法，其特征在于，所述方法包括下述步骤：

接收待分割的左心室图像；

将所述左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，所述图像
5 分割网络为深度学习网络，所述图像分割网络包括下采样部分和上采样部分，
所述下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，所述上采样部分包括第二卷
积层和上采样网络层；

获得所述图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，将所述左心室图像输入预先
10 训练好的图像分割网络中进行分割的步骤，包括：

通过所述第一卷积层对所述左心室图像进行特征提取，生成所述左心室图
像对应的图像特征；

将所述图像特征输入与所述第一卷积层连接的下采样网络层，依次经过每
层所述下采样网络层、每层所述上采样网络层和所述第二卷积层的处理，获得
15 所述左心室分割图像。

3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，每层所述下采样网络层包括第
一特征卷积层和第二特征卷积层，每层所述上采样层包括特征反卷积层和所述
第一特征卷积层。

4、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述第一特征卷积层和所述第
20 二特征卷积层包括特征卷积操作和非线性变换操作。

5、如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，将所述图像特征输入与所述第
一卷积层连接的下采样网络层的步骤，包括：

在所述下采样网络层中，根据所述第一特征卷积层对应的网络权重和动态
路由算法中的路由系数，对输入至所述第一特征卷积层的图像特征进行所述特
25 征卷积操作，所述路由系数通过所述动态路由算法进行更新；

将经所述特征卷积操作处理后的图像特征输入预设的非线性变换公式，进

行所述非线性变化操作。

6、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，接收待分割的左心室图像的步骤之前，所述方法还包括：

获取采集到的左心室训练图像；

5 将所述左心室训练图像输入所述图像分割网络中，并通过预设的优化算法对所述图像分割网络进行训练，所述优化算法为 Adam 学习率自适应优化算法。

7、一种左心室图像分割装置，其特征在于，所述装置包括：

待分割图像接收单元，用于接收待分割的左心室图像；

10 图像分割单元，用于将所述左心室图像输入预先训练好的图像分割网络中进行分割，所述图像分割网络为深度学习网络，所述图像分割网络包括下采样部分和上采样部分，所述下采样部分包括第一卷积层和下采样网络层，所述上采样部分包括第二卷积层和上采样网络层；以及

分割图像输出单元，用于获得所述图像分割网络处理得到的左心室分割图像并输出。

15 8、如权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述图像分割单元包括：

图像特征提取单元，用于通过所述第一卷积层对所述左心室图像进行特征提取，生成所述左心室图像对应的图像特征；以及

20 图像特征处理单元，用于将所述图像特征输入与所述第一卷积层连接的下采样网络层，依次经过每层所述下采样网络层、每层所述上采样网络层和所述第二卷积层的处理，获得所述左心室分割图像。

9、一种计算机设备，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 6 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，
25 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 6 任一项所述方法的步骤。

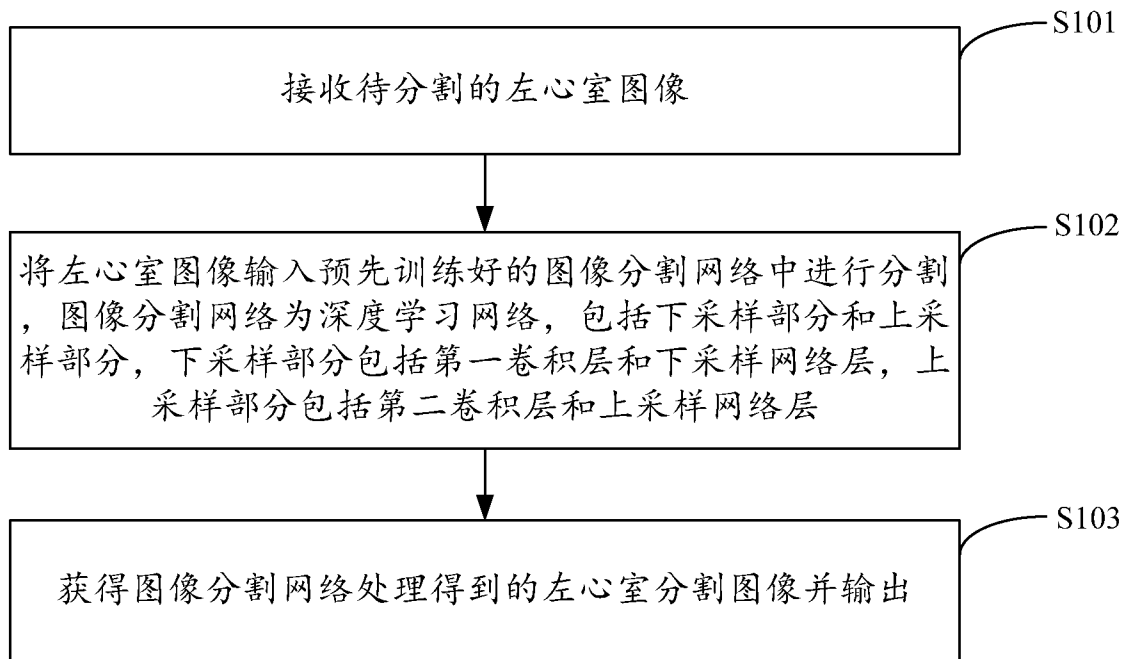


图 1

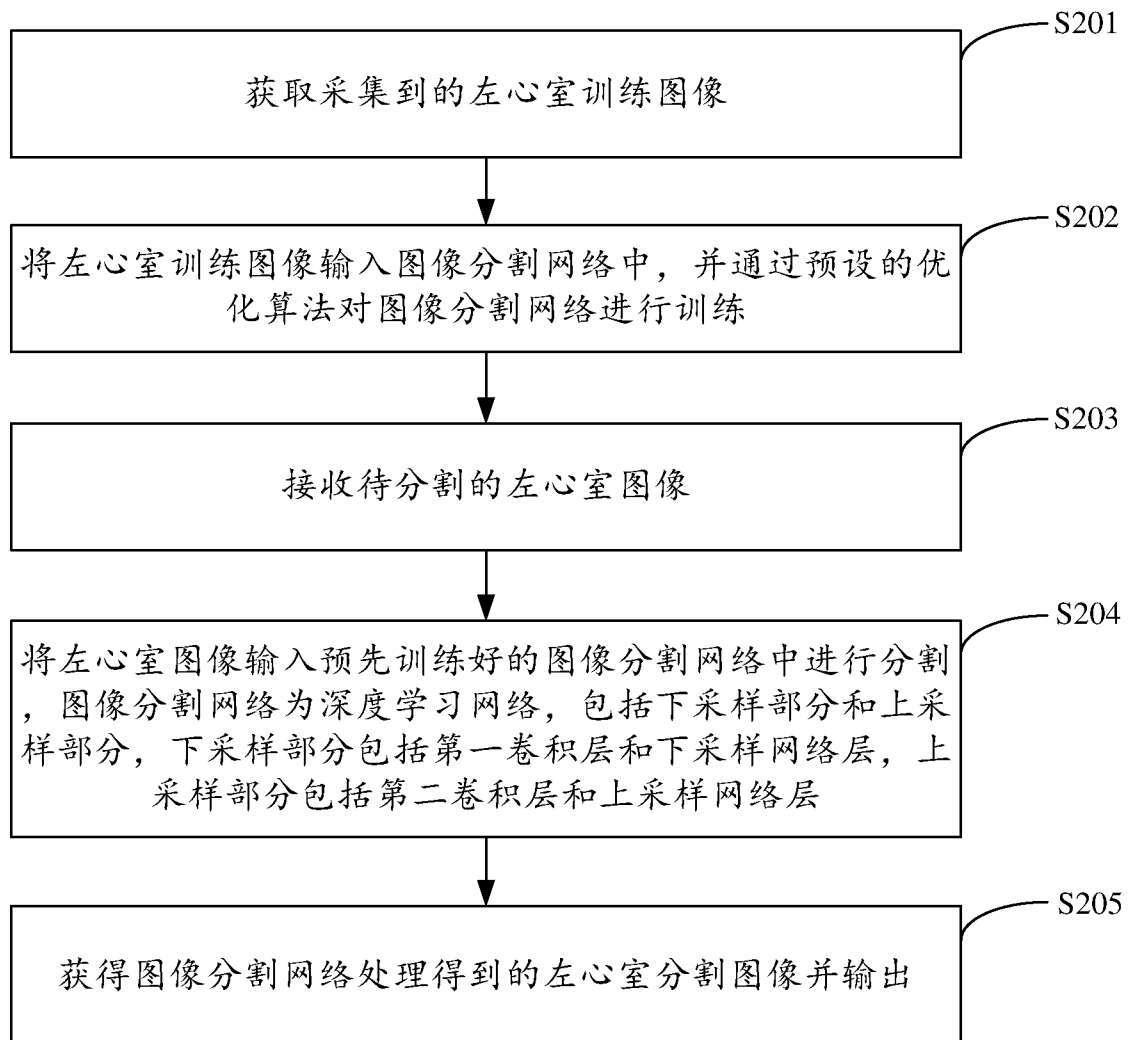


图 2

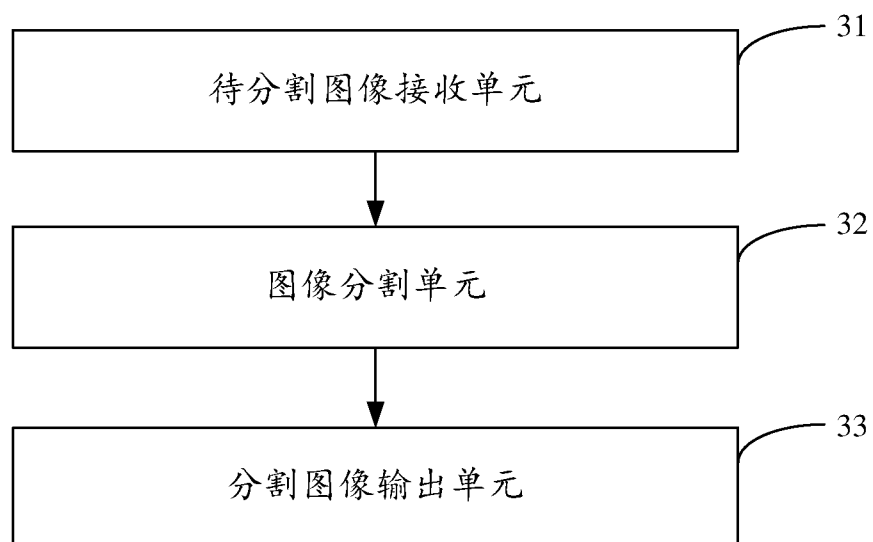


图 3

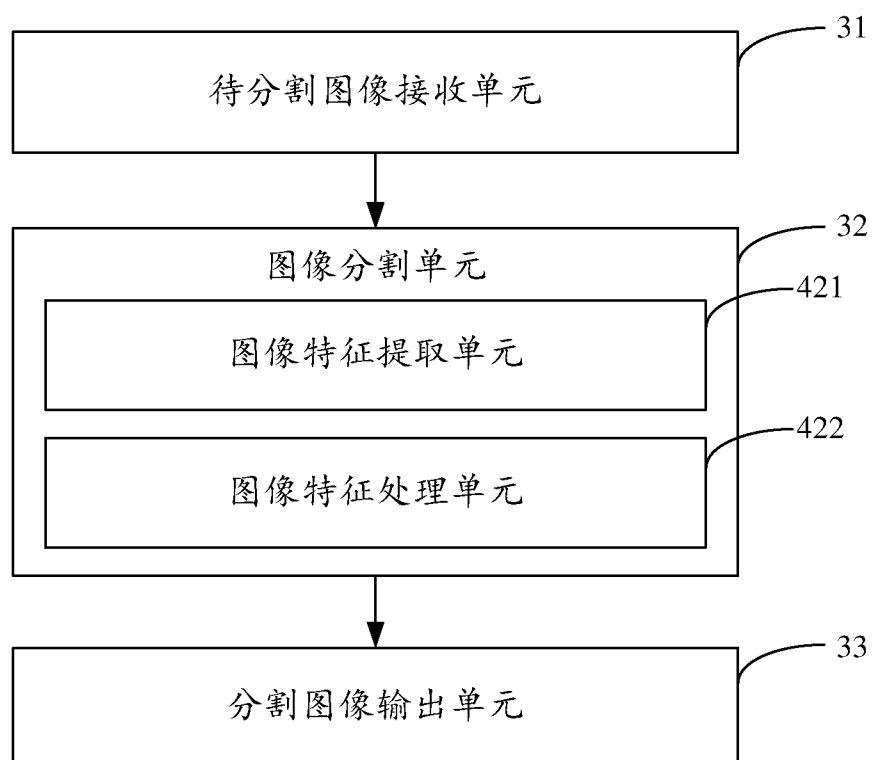


图 4

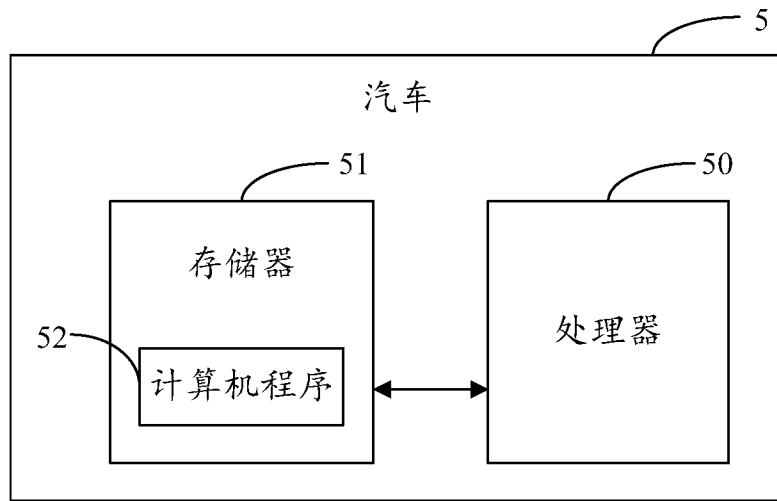


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/071075

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/10(2017.01)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)

G06T

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 左心室, 图像, 分割, 训练, 深度, 学习, 网络, 下采样, 降采样, 上采样, 卷积, 层, left, ventricular, image, segmentation, train, deep, learning, network, downsampling, upsampling, convolutional, layer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 108537801 A (SHANDONG UNIVERSITY) 14 September 2018 (2018-09-14) description, paragraphs [0006]-[0030]	1-10
A	CN 108921850 A (BOYUN VISION (BEIJING) TECHNOLOGY CO., LTD.) 30 November 2018 (2018-11-30) entire document	1-10
A	CN 108062543 A (CRRC INDUSTRY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 22 May 2018 (2018-05-22) entire document	1-10
A	CN 108664974 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 16 October 2018 (2018-10-16) entire document	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

29 August 2019

Date of mailing of the international search report

16 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/071075

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	108537801	A	14 September 2018	None	
CN	108921850	A	30 November 2018	None	
CN	108062543	A	22 May 2018	None	
CN	108664974	A	16 October 2018	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/071075

A. 主题的分类 G06T 7/10 (2017.01) 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) G06T 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)) WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI, IEEE: 左心室, 图像, 分割, 训练, 深度, 学习, 网络, 下采样, 降采样, 上采样, 卷积, 层, left, ventricular, image, segmentation, train, deep, learning, network, downsampling, upsampling, convolutional, layer																	
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>CN 108537801 A (山东大学) 2018年 9月 14日 (2018 - 09 - 14) 说明书第[0006]-[0030]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108921850 A (博云视觉北京科技有限公司) 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108062543 A (中车工业研究院有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108664974 A (华南理工大学) 2018年 10月 16日 (2018 - 10 - 16) 全文</td> <td>1-10</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	CN 108537801 A (山东大学) 2018年 9月 14日 (2018 - 09 - 14) 说明书第[0006]-[0030]段	1-10	A	CN 108921850 A (博云视觉北京科技有限公司) 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30) 全文	1-10	A	CN 108062543 A (中车工业研究院有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 全文	1-10	A	CN 108664974 A (华南理工大学) 2018年 10月 16日 (2018 - 10 - 16) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	CN 108537801 A (山东大学) 2018年 9月 14日 (2018 - 09 - 14) 说明书第[0006]-[0030]段	1-10															
A	CN 108921850 A (博云视觉北京科技有限公司) 2018年 11月 30日 (2018 - 11 - 30) 全文	1-10															
A	CN 108062543 A (中车工业研究院有限公司) 2018年 5月 22日 (2018 - 05 - 22) 全文	1-10															
A	CN 108664974 A (华南理工大学) 2018年 10月 16日 (2018 - 10 - 16) 全文	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 2019年 8月 29日		国际检索报告邮寄日期 2019年 9月 16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 王晓敏 电话号码 86-(10)-53961359															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/071075

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	108537801	A	2018年 9月 14日	无	
CN	108921850	A	2018年 11月 30日	无	
CN	108062543	A	2018年 5月 22日	无	
CN	108664974	A	2018年 10月 16日	无	