

(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
2021 年 4 月 1 日 (01.04.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/056972 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06K 9/34 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/078177
- (22) 国际申请日: 2020 年 3 月 6 日 (06.03.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910921732.7 2019年9月27日 (27.09.2019) CN
- (71) 申请人: 五邑大学(WUYI UNIVERSITY) [CN/CN];
中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号,
Guangdong 529000 (CN)。
- (72) 发明人: 曾军英(ZENG, Junying); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
王璠(WANG, Fan); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
秦传波(QIN, Chuanbo); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
朱伯远(ZHU, Boyuan);

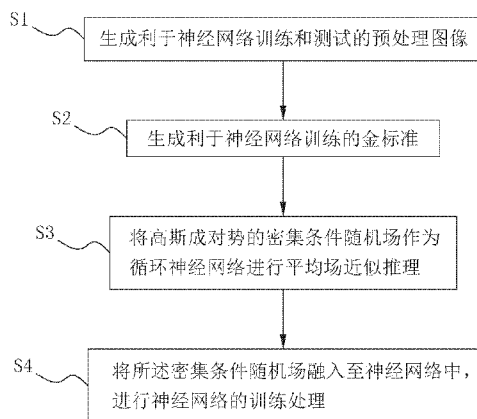
中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
朱京明(ZHU, Jingming); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
翟懿奎(ZHAI, Yikui); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
甘俊英(GAN, Junying); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。
邓建祥(DENG, Jianxiang); 中国广东省江门市蓬江区东成村 22 号, Guangdong 529000 (CN)。

(74) 代理人: 广州嘉权专利商标事务所有限公司(JIAQUAN IP LAW FIRM); 中国广东省广州市天河区黄埔大道西 100 号富力盈泰广场 A 栋 910 郑勇, Guangdong 510627 (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,

(54) Title: FINGER VEIN SEGMENTATION METHOD AND APPARATUS BASED ON NEURAL NETWORK AND PROBABILISTIC GRAPHICAL MODEL

(54) 发明名称: 基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法及装置



- S1 Generate a preprocessed image facilitating neural network training and testing
- S2 Generate a gold standard facilitating the neural network training
- S3 Use the dense conditional random field of a Gaussian pairwise potential as a recurrent neural network to perform average field approximate reasoning
- S4 Integrate the dense conditional random field into the neural network, and perform the neural network training

图1

(57) Abstract: A finger vein segmentation method and apparatus based on a neural network and a probabilistic graphical model. The method comprises the following steps: generating a preprocessed image facilitating neural network training and testing (S1); generating a gold standard facilitating the neural network training (S2); using the dense conditional random field (CRF) of a Gaussian pairwise potential as a recurrent neural network to perform average field approximate reasoning (S3); and integrating the dense CRF into the neural network, and performing the neural network training (S4). According to the solution, the dense CRF with a Gaussian pairwise potential is used as a recurrent neural network (RNN) to establish average field approximate reasoning, so that the coarse output of a conventional neural network (CNN) can be refined in a forward transfer process, the error is transferred back to the neural network (CNN) during a training process, and after a certain period of training, due to the full use of the advantages of the dense CRF, finer vein segmentation can be produced.

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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法及装置, 包括以下步骤: 生成利于神经网络训练和测试的预处理图像(S1); 生成利于神经网络训练的金标准(S2); 将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理(S3); 将所述密集条件随机场融入至神经网络中, 进行神经网络的训练处理(S4)。上述方案能够将具有高斯成对势的密集条件随机场(CRF)作为一种循环神经网络(RNN)建立了平均场近似推理, 它可以在前向传递过程中细化传统神经网络(CNN)的粗输出, 同时在训练过程中将误差传递回神经网络(CNN), 经过一定时间的训练, 由于充分利用了密集条件随机场(CRF)的优势, 因此可以产生更精细的静脉分割。

基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法及装置

技术领域

本发明涉及神经网络技术领域，特别涉及一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法及装置。

背景技术

近年来，随着人们对生物识别系统安全性和准确性的要求越来越高，生物特征识别技术得到越来越多的关注。手指静脉识别作为众多生物特征识别技术中的一种，由于具有非接触式采集、活体检测、不易伪造、成本较低等优点，成为当前研究的热点。而手指静脉图像血管的分割是指静脉识别技术中的一个关键步骤，分割效果的优劣直接影响后续识别的精度和准确度。

传统的 CNN 具有感受野较大的卷积滤波器，重构后生成像素级标签会产生粗输出（在网络最后一层的时候，每个神经元对应到原始图片的一块很大区域）。在 CNNs 中存在的 max pooling 层进一步降低了获得精细分割输出的机会。例如，在语义分割任务中，这可能导致边界不清晰和水滴状形状。其次，CNN 缺乏鼓励相似像素之间的标签一致性，以及标签输出的空间和外观一致性的平滑约束，缺乏这样的平滑约束，会导致分割输出中目标轮廓较差，伪区域较小。

随着深度学习技术的发展，概率图模型已成为提高像素级标记任务精度的有效方法。特别是马尔可夫随机场 (MRFs) 及其变体条件随机场 (CRFs) 在这一领域获得了广泛的成功，并已成为计算机视觉中最成功的图模型之一。语义标注的 CRF 推理的核心思想是将标签分配问题表示为一个概率推理问题，其中包含了相似像素之间的标签一致性等假设。CRF 推理能够细化弱和粗糙的像素级标签预测，从而产生清晰的边界和细粒度的分割。因此，直观地，CRFs 可以用来克服利用 CNN 进行像素级标记任务的缺点。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一。为此，本发明提出—

种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法及装置，能够将具有高斯成对势的密集条件随机场（CRF）作为一种循环神经网络（RNN）建立了平均场近似推理，它可以在前向传递过程中细化传统神经网络（CNN）的粗输出，同时在训练过程中将误差传递回神经网络（CNN），经过一定时间的训练，由于充分利用了密集条件随机场（CRF）的优势，因此可以产生更精细的静脉分割。

根据本发明的第一方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，包括以下步骤：生成利于神经网络训练和测试的预处理图像；生成利于神经网络训练的金标准；将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理；将所述密集条件随机场融入至神经网络中，进行神经网络的训练处理。

根据本发明第一方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，至少具有如下有益效果：本发明的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，能够将具有高斯成对势的密集条件随机场（CRF）作为一种循环神经网络（RNN）建立了平均场近似推理，它可以在前向传递过程中细化传统神经网络（CNN）的粗输出，同时在训练过程中将误差传递回神经网络（CNN），经过一定时间的训练，由于充分利用了密集条件随机场（CRF）的优势，因此可以产生更精细的静脉分割。

根据本发明的一些实施例，所述生成利于神经网络训练和测试的预处理图像包括：图像的预处理过程包括灰度变换处理、ROI 提取处理、归一化处理、对比度受限的自适应直方图均衡处理和伽马调整处理。

根据本发明的一些实施例，所述生成利于神经网络训练的金标准包括：通过重复线追踪、宽线检测器、Gabor 滤波器、最大曲率、平均曲率和增强型最大曲率来提取六种手指静脉分割的纹路图，并将六种所述纹路图附以不同的权重来得到神经网络训练的所述金标准。

根据本发明的一些实施例，所述将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理包括：所述密集条件随机场的神经网络分解过程包括

初始化、消息传递、加权滤波器输出、兼容性变换、增加一元势和归一化步骤。

根据本发明的第二方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置，包括：预处理图像生成单元，用于生成利于神经网络训练和测试的预处理图像；金标准生成单元，用于生成利于神经网络训练的金标准；平均场近似推理单元，用于将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理；训练处理单元，用于将所述密集条件随机场融入至神经网络中，进行神经网络的训练处理。

根据本发明的第三方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备，包括：至少一个控制处理器和用于与所述至少一个控制处理器通信连接的存储器；所述存储器存储有可被所述至少一个控制处理器执行的指令，所述指令被所述至少一个控制处理器执行，以使所述至少一个控制处理器能够执行如上述第一方面实施例的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

根据本发明的第四方面实施例的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可执行指令，所述计算机可执行指令用于使计算机执行如上述第一方面实施例的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

根据本发明的第五方面实施例的一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括存储在计算机可读存储介质上的计算机程序，所述计算机程序包括程序指令，当所述程序指令被计算机执行时，使计算机执行如上述第一方面实施例的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

本发明的附加方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法的步骤流程图；

图 2 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法的框架流程图；

图 3 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法中生成利于神经网络训练的金标准的流程图；

图 4 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法中密集条件随机场中的平均场分解为常见的 CNN 操作过程的示意图；

图 5 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法中将迭代平均场近似为循环神经网络示意图；

图 6 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法中密集 CRF 中的平均场分解为常见的 CNN 操作算法流程图；

图 7 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置的结构图；

图 8 为本发明实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备的结构图。

附图标记：

基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置 100、预处理图像生成单元 110、金标准生成单元 120、平均场近似推理单元 130、训练处理单元 140；

基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备 200、控制处理器 210、存储器 220。

具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，需要理解的是，涉及到方位描述，例如上、下、前、后、左、右等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便

于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

在本发明的描述中，若干的含义是一个或者多个，多个的含义是两个以上，大于、小于、超过等理解为不包括本数，以上、以下、以内等理解为包括本数。如果有描述到第一、第二只是用于区分技术特征为目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量或者隐含指明所指示的技术特征的先后关系。

本发明的描述中，除非另有明确的限定，设置、安装、连接等词语应做广义理解，所属技术领域技术人员可以结合技术方案的具体内容合理确定上述词语在本发明中的具体含义。

参照图 1，根据本发明的第一方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，包括以下步骤：

S1：生成利于神经网络训练和测试的预处理图像；

S2：生成利于神经网络训练的金标准；所述金标准即为标签；

S3：将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理；

S4：将所述密集条件随机场融入至神经网络中，进行神经网络的训练处理。使用全卷积神经网络架构作为网络的第一部分，为条件随机场提供一元势能；将整幅图像（或多幅图像）作为小批次处理，利用适当的损失函数，计算网络中每个像素输出的误差。

根据本发明第一方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，至少具有如下有益效果：本发明的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，能够将具有高斯成对势的密集条件随机场（CRF）作为一种循环神经网络（RNN）建立了平均场近似推理，它可以在前向传递过程中细化传统神经网络（CNN）的粗输出，同时在训练过程中将误差传递回神经网络（CNN），经过一定时间的训练，由于充分利用了密集条件随机场（CRF）的优势，因此可

以产生更精细的静脉分割。

根据本发明的一些实施例，所述生成利于神经网络训练和测试的预处理图像包括：图像的预处理过程包括灰度变换处理、ROI 提取处理、归一化处理、对比度受限的自适应直方图均衡处理和伽马调整处理。目的在于突出静脉纹路丰富的区域，减少处理时间，增加精度。

根据本发明的一些实施例，所述生成利于神经网络训练的金标准包括：通过重复线追踪、宽线检测器、Gabor 滤波器、最大曲率、平均曲率和增强型最大曲率来提取六种手指静脉分割的纹路图，并将六种所述纹路图附以不同的权重来得到神经网络训练的所述金标准。该方法可以充分发挥每种传统提取纹路的优势，弥补劣势，使得标签尽量准确。

根据本发明的一些实施例，所述将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理包括：所述密集条件随机场的神经网络分解过程包括初始化、消息传递、加权滤波器输出、兼容性变换、增加一元势和归一化步骤。

为了解决现有技术中无法达到良好的分割效果，传统的 CNN 具有感受野较大的卷积滤波器，重构后生成像素级标签会产生粗输出，且没有适于神经网络训练的参考标准等问题，本发明实施例以下结合附图对本发明进行进一步详细说明。

图 2 是本发明实施例的手指静脉分割方法总体框架流程图，包括图像预处理、平均场近似推理、标签制作和搭建网络四部分。

图像的预处理包括灰度变换、ROI 提取、归一化、对比度受限的自适应直方图均衡和伽马调整等。由于单通道的静脉血管背景对比度优于 RGB 图像，故将原始 RGB 静脉图像转换为单通道图像，接着利用归一化和对比度受限的自适应直方图均衡来增强前后背景对比度，最后引入伽马调整，进一步提高图像质量。

图 3 是金标准的制作过程，在此选择了六种传统方法作为金标准（即标签）的基础构造分割图，根据分割质量的好坏以及各种方法的优劣附以不同的权重，权重的大小在图 3 中已标出，接着将其进行图像叠加、平均、二值化、滤波等操作，得到最终用于网络训练的金标准。

图 4 是密集条件随机场中的平均场分解为常见的 CNN 操作过程。图 6 是密集 CRF 中的平均场分解为常见的 CNN 操作算法流程图，包括初始化、消息传递、加权滤波器输出、兼容性变换、增加一元势和归一化步骤。下面详细介绍下该步骤。

初始化：

在算法初始化阶段，执行 $Q_i(l) \leftarrow \frac{1}{Z_i} \exp(U_i(l))$ 操作，其中 $Z_i = \sum_l \exp(U_i(l))$ 是归一化因子。该操作不包含任何参数，并且在执行 softmax 转换的通常向后传递计算后，可以将反向传播步骤中输出时接收到的误差微分传递到一元势输入。

消息传递：

$Q(l)$ 是一张概率图片，对应着原始图像每个像素点属于类别 l 的概率。 $k(f_i, f_j)$ 是一个高斯核权重，这就相当于神经网络的卷积运算一样。具体 $k(f_i, f_j)$ 一般包含：位置、颜色度量等作为特征。在密集 CRF 公式中，消息传递是通过对 Q 值应用 M 高斯滤波器来实现的。高斯滤波系数是根据像素位置和 RGB 值等图像特征得到的，这些特征反映了一个像素与其他像素之间的关系有多强。由于 CRF 可能是全连接的，每个滤波器的感受野横跨整个图像，因此不可能依靠蛮力实现滤波器。在反向传播过程中，通过对滤波器输出的误差导数利用相同的 M 高斯滤波器反向发送，计算出对滤波器输入的误差导数。在 Permutohedral lattice 操作方面，这可以通过在模糊阶段只反转可分离滤波器的顺序来实现，同时以与前向通道相同的方式构建 Permutohedral lattice, splatting 和 slicing。因此，通过这个滤波阶段的反向传播也可以在 $O(N)$ 时间内进行。

加权滤波器输出：

这一步可以看成是采用 1×1 的卷积层，对多个特征图进行卷积层运算。经过运算完后，每两张特征图又输出一张新的概率图。平均场迭代的下一步是对前一步的 M 个滤波器输出（每个类标签 l ）取加权和。当每个类标签被单独考虑时，这可以被看作是与一个带有 M 个输入通道，一个输出通道的 1×1 滤波器的通常卷积。由于此步骤的输入和输出在反向传播期间都是已知的，因此可以计算出相对于滤波器权值的误差导数，从而使自动学习滤波器权值成为可能（前一阶段的每

个高斯滤波器输出的相对贡献)。对输入的误差导数也可以用通常的方法计算,从而将误差导数传递到前一阶段。为了获得更多的可调参数,我们对每个类标签使用独立的核权重。

兼容性变换:

在兼容性变换步骤中,根据这些标签之间的兼容性,在不同程度上共享前一步的输出(在算法 1 中由 $\hat{Q}^v$ 表示)。两个标签 l 和 l' 之间的兼容性由标签兼容性函数 $\mu(l, l')$ 参数化。Potts 模型,由 $\mu(l, l') = [l \neq l']$,其中 $[\cdot]$ 是艾佛森括号(方括号内的条件满足则为 1,不满足则为 0),如果为具有相似属性的像素分配不同的标签,则分配固定的惩罚。该模型的局限性在于它为所有不同的标签对赋予相同的惩罚。直观地,通过考虑不同标签对之间的兼容性并相应地惩罚分配,可以获得更好的结果。因此,最好从数据中学习函数 μ ,而不是使用 Potts 模型预先修复函数。兼容性变换步骤可以看作是另一个卷积层,其中滤波器的空间感受野为 1×1 ,输入和输出通道数均为 L 。学习该滤波器的权值相当于学习标签兼容性函数 μ 。由于这一步是一个常见的卷积运算,因此可以将误差微分从这一步的输出转移到输入。

增加一元势:

在这个步骤中,兼容性变换阶段的输出从一元输入 U 中减去对应元素。虽然此步骤中不涉及任何参数,但通过将此步骤输出处的差值复制到具有适当符号的两个输入,可以轻松地传输误差。

归一化:

最后,迭代的归一化步骤可以看作是另一种没有参数的 softmax 操作。此步骤输出处的微分可以使用 softmax 操作的反向传播传递到输入。

图 5 是将迭代平均场近似为循环神经网络示意图。下面具体介绍该实现流程。

使用函数 f_θ 来表示通过一次平均场迭代完成的变换:给定图像 I ,像素对的一元势能值 U 和来自前一次迭代的边缘概率 Q_{in} 的估计,以及在给定 $f_\theta(U, Q_{in}, I)$

的一次平均场迭代后边缘分布的下一个估计。向量 $\theta = \{w^{(m)}, \mu(l, l')\}$, $m \in \{1, \dots, M\}$, $l, l' \in \{l_1, \dots, l_L\}$ 表示 CRF 参数(高斯核权重和兼容性函数)。这个近似过程如以下几个公式给出, 其中 T 为平均场迭代次数。

$$H_1(t) = \begin{cases} \text{softmax}(U), & t = 0 \\ H_2(t-1), & 0 < t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

$$H_2(t) = f_{\theta}(U, H_1(t), I), \quad 0 \leq t \leq T \quad (2)$$

$$Y(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < T \\ H_2(t), & t = T \end{cases} \quad (3)$$

在训练过程中, 可以使用整幅图像(或多幅图像)作为小批次处理, 利用适当的损失函数, 如与图像的标签分割相关的 softmax 损失, 计算网络中每个像素输出的误差。

参照图 7, 根据本发明的第二方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置 100, 包括:

预处理图像生成单元 110, 用于生成利于神经网络训练和测试的预处理图像;

金标准生成单元 120, 用于生成利于神经网络训练的金标准;

平均场近似推理单元 130, 用于将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理;

训练处理单元 140, 用于将所述密集条件随机场融入至神经网络中, 进行神经网络的训练处理。

需要说明的是, 由于本实施例中的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置 100 与上述的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法基于相同的发明构思, 因此, 方法实施例中的相应内容同样适用于本装置实施例, 此处不再详述。

参照图 8, 根据本发明的第三方面实施例的一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备 200, 该基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备 200 可以是任意类型的智能终端, 例如手机、平板电脑、个人计算机等。

具体地，该基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备 200 包括：一个或多个控制处理器 210 和存储器 220，图 8 中以一个控制处理器 210 为例。

控制处理器 210 和存储器 220 可以通过总线或者其他方式连接，图 8 中以通过总线连接为例。

存储器 220 作为一种非暂态计算机可读存储介质，可用于存储非暂态软件程序、非暂态性计算机可执行程序以及模块，如本发明实施例中的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法对应的程序指令/模块，例如，图 7 中所示的单元 110-140。控制处理器 210 通过运行存储在存储器 220 中的非暂态软件程序、指令以及模块，从而执行基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置 100 的各种功能应用以及数据处理，即实现上述方法实施例的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

存储器 220 可以包括存储程序区和存储数据区，其中，存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需要的应用程序；存储数据区可存储根据基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置 100 的使用所创建的数据等。此外，存储器 220 可以包括高速随机存取存储器，还可以包括非暂态存储器，例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非暂态固态存储器件。在一些实施方式中，存储器 220 可选包括相对于控制处理器 210 远程设置的存储器 220，这些远程存储器 220 可以通过网络连接至该基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备 200。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

所述一个或者多个模块存储在所述存储器 220 中，当被所述一个或者多个控制处理器 210 执行时，执行上述方法实施例中的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，例如，执行以上描述的图 1 中的方法步骤 S1 至 S4，实现图 7 中的单元 110-140 的功能。

根据本发明的第四方面实施例的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可执行指令，该计算机可执行指令被一个或多个控制处理

器 210 执行，例如，被图 8 中的一个控制处理器 210 执行，可使得上述一个或多个控制处理器 210 执行上述方法实施例中的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，例如，执行以上描述的图 1 中的方法步骤 S1 至 S4，实现图 7 中的单元 110-140 的功能。

以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，其中所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，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模块来实现本实施例方案的目的。

通过以上的实施方式的描述，本领域技术人员可以清楚地了解到各实施方式可借助软件加通用硬件平台的方式来实现。本领域技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的程序可存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，可包括如上述方法的实施例的流程。其中，所述的存储介质可为磁碟、光盘、只读存储记忆体 (Read Only Memory, ROM) 或随机存储记忆体 (Random Access Memory, RAM) 等。

根据本发明的第五方面实施例的一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括存储在计算机可读存储介质上的计算机程序，所述计算机程序包括程序指令，当所述程序指令被计算机执行时，使计算机执行如上述第一方面实施例的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

上面结合附图对本发明实施例作了详细说明，但是本发明不限于上述实施例，在所述技术领域普通技术人员所具备的知识范围内，还可以在不脱离本发明宗旨的前提下作出各种变化。

权 利 要 求 书

1、一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，其特征在于，包括以下步骤：

生成利于神经网络训练和测试的预处理图像；

生成利于神经网络训练的金标准；

将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理；

将所述密集条件随机场融入至神经网络中，进行神经网络的训练处理。

2、根据权利要求1所述的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，其特征在于，所述生成利于神经网络训练和测试的预处理图像包括：图像的预处理过程包括灰度变换处理、ROI提取处理、归一化处理、对比度受限的自适应直方图均衡处理和伽马调整处理。

3、根据权利要求1所述的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，其特征在于，所述生成利于神经网络训练的金标准包括：通过重复线追踪、宽线检测器、Gabor滤波器、最大曲率、平均曲率和增强型最大曲率来提取六种手指静脉分割的纹路图，并将六种所述纹路图附以不同的权重来得到神经网络训练的所述金标准。

4、根据权利要求1所述的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法，其特征在于，所述将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理包括：所述密集条件随机场的神经网络分解过程包括初始化、消息传递、加权滤波器输出、兼容性变换、增加一元势和归一化步骤。

5、一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割装置，其特征在于，包括：

预处理图像生成单元，用于生成利于神经网络训练和测试的预处理图像；

金标准生成单元，用于生成利于神经网络训练的金标准；

平均场近似推理单元，用于将高斯成对势的密集条件随机场作为循环神经网络进行平均场近似推理；

训练处理单元，用于将所述密集条件随机场融入至神经网络中，进行神经网络的训练处理。

6、一种基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割设备，其特征在于，包括：至少一个控制处理器和用于与所述至少一个控制处理器通信连接的存储器；所述存储器存储有可被所述至少一个控制处理器执行的指令，所述指令被所述至少一个控制处理器执行，以使所述至少一个控制处理器能够执行如权利要求 1 至 4 任一项所述的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

7、一种计算机可读存储介质，其特征在于：所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于使计算机执行如权利要求 1 至 4 任一项所述的基于神经网络和概率图模型的手指静脉分割方法。

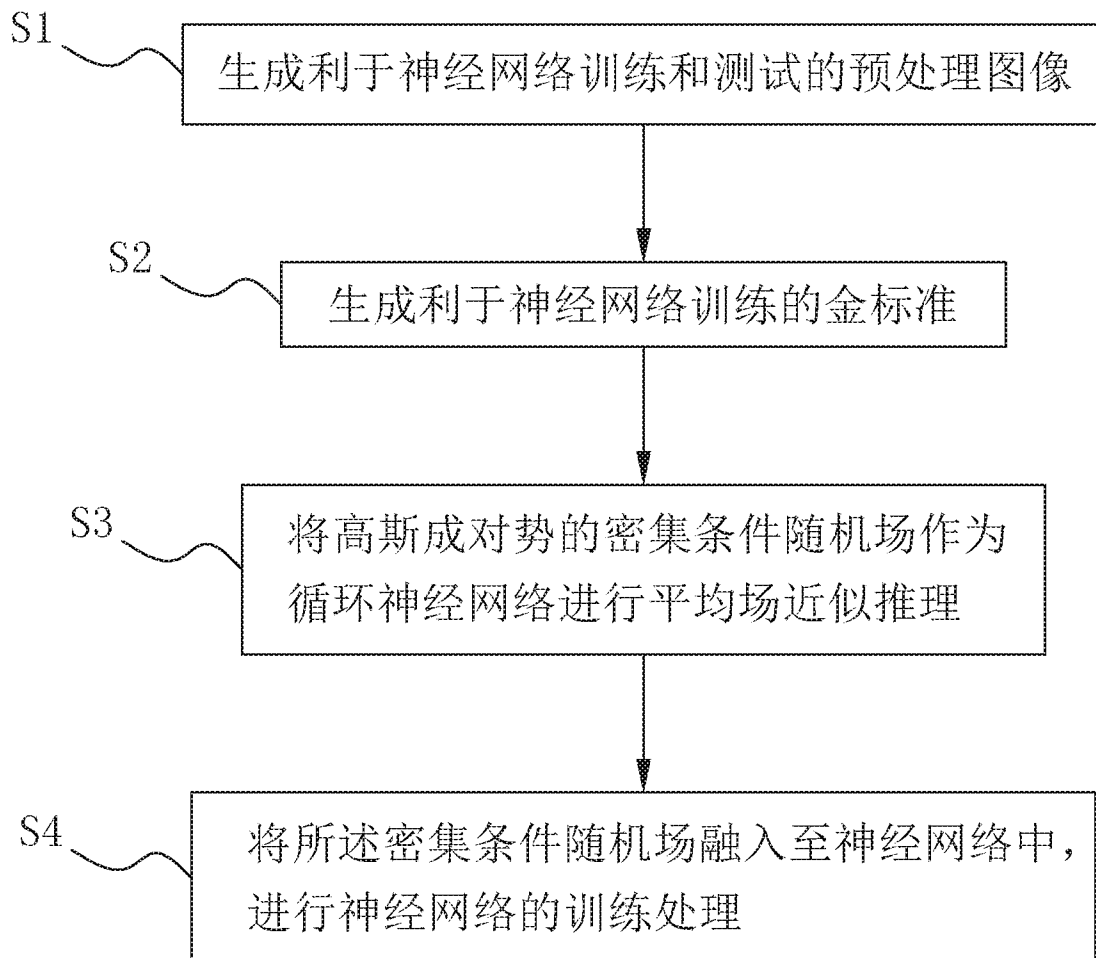


图1

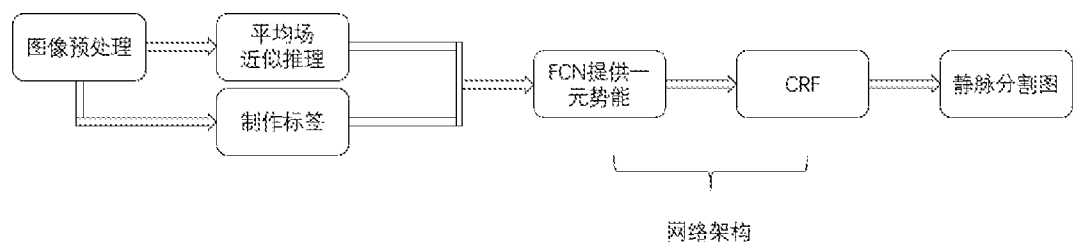


图 2

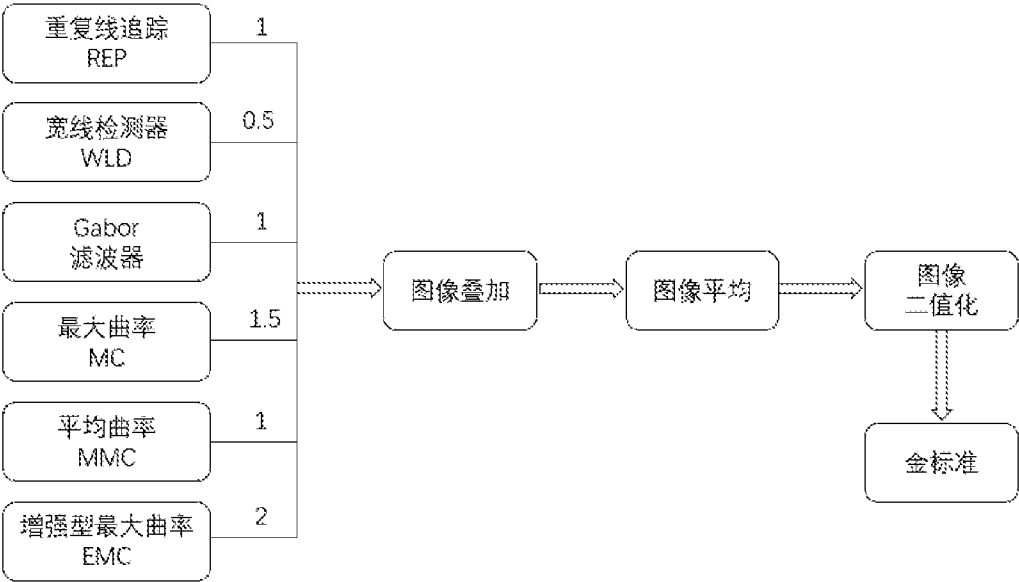


图 3

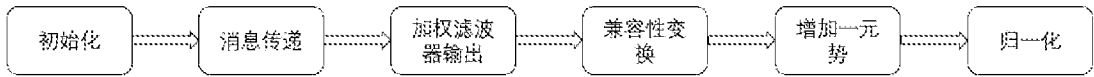


图 4

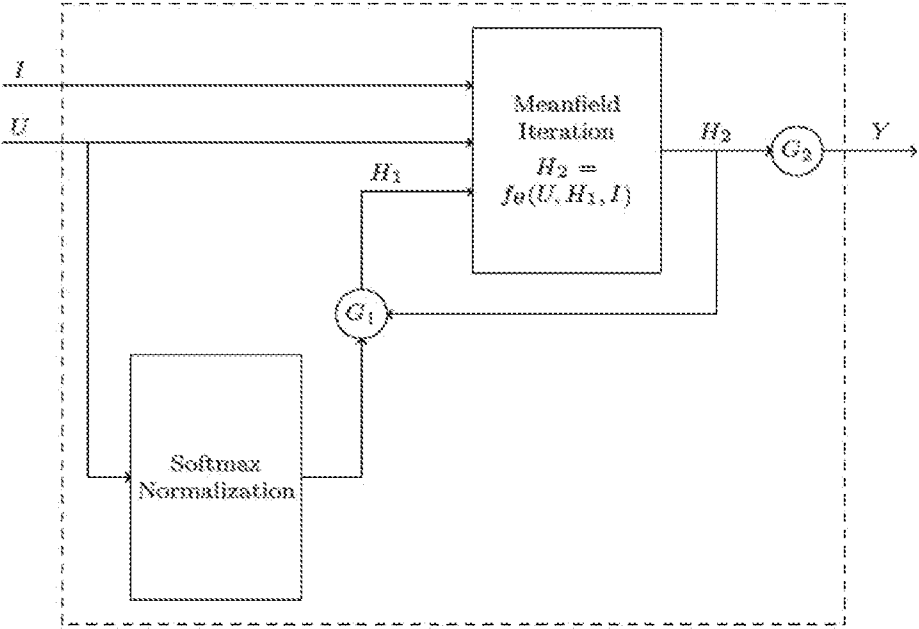


图 5

算法 1 密集 CRFs 中的平均场，分解为常见的 CNN 操作。

$Q_i(l) \leftarrow \frac{1}{Z_i} \exp(U_i(l))$ 对于所有的 l ► 初始化

while 若不收敛则执行

$\tilde{Q}_i^{(m)}(l) \leftarrow \sum_{j \neq i} k^{(m)}(f_i, f_j) Q_j(l)$ 对于所有的 m ► 消息传递

$\check{Q}_i(l) \leftarrow \sum_m w^{(m)} \tilde{Q}_i^{(m)}(l)$ ► 加权滤波器输出

$\hat{Q}_i(l) \leftarrow \sum_{l' \in L} \mu(l, l') \check{Q}_i(l')$ ► 兼容性变换

$\check{Q}_i(l) \leftarrow U_i(l) - \hat{Q}_i(l)$ ► 增加一元势

$Q_i(l) \leftarrow \frac{1}{Z_i} \exp(\check{Q}_i(l))$ ► 归一化

end while

图 6

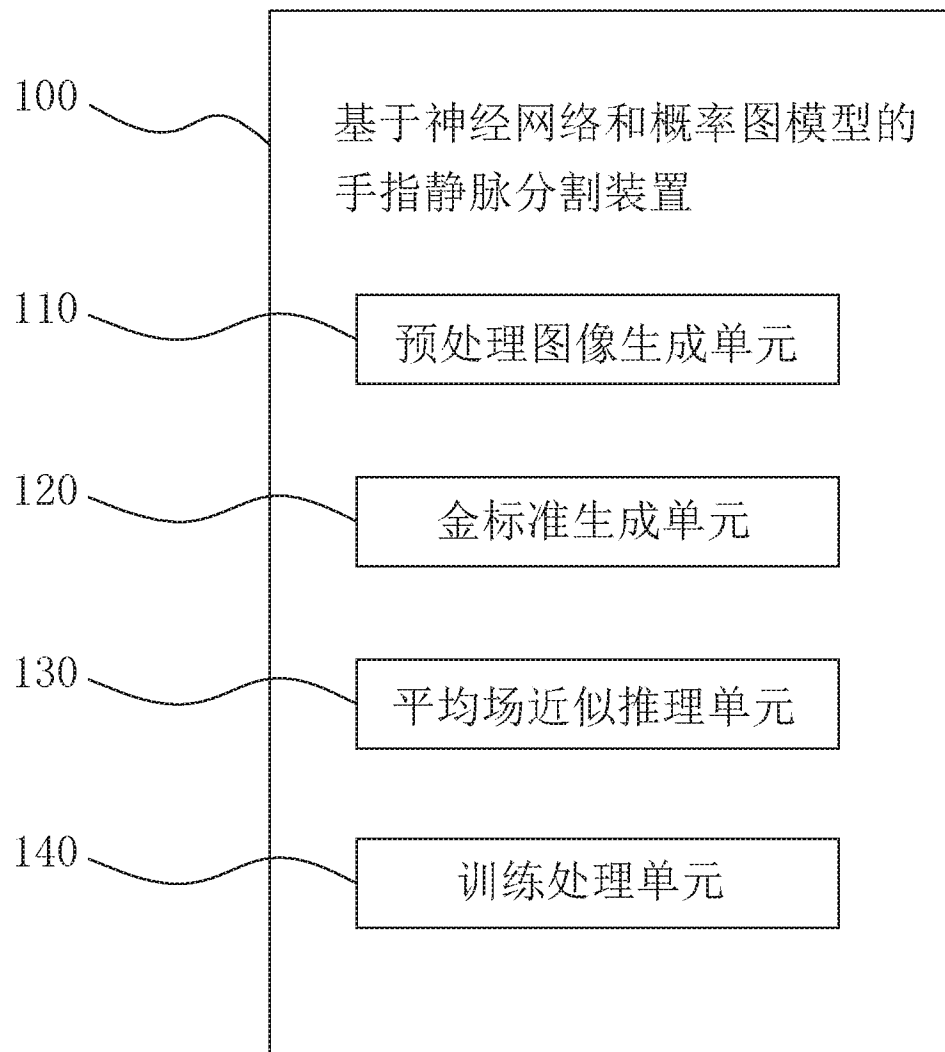


图7

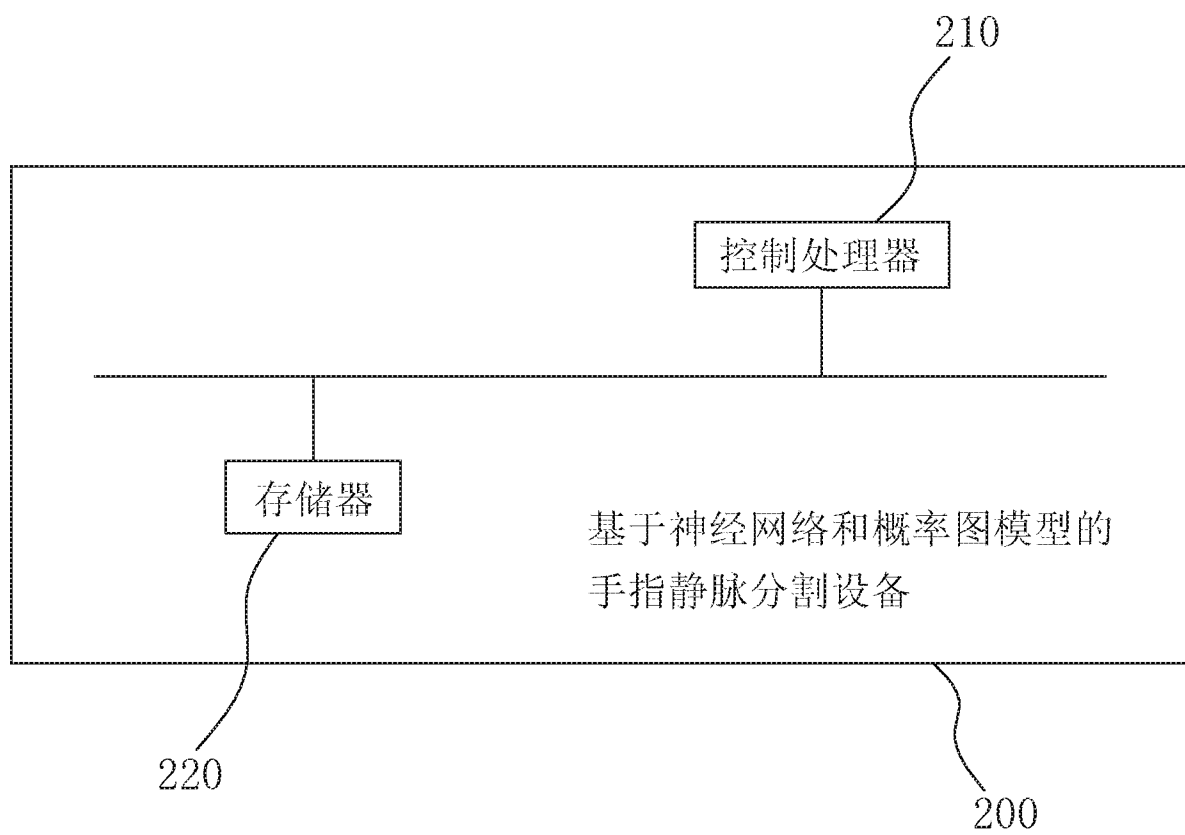


图8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/078177

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06K 9/34(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 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, GOOGLE, IEEE: 神经网络, 近似推理, 对势, crf, rnn, cnn, neural network, pairwise potential, inference																				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Category*</th> <th style="width: 70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width: 20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td>ShuqiaoS. "[Reading Note] "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" (CRFasRNN)" <i>CSDN blog: https://blog.csdn.net/ShuqiaoS/article/details/89249699, 21 April 2019 (2019-04-21), pp. 1-4</i></td> <td style="text-align: center;">1-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td>Shuai, Zheng et al. "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" <i>2015 IEEE ICCV</i>, 18 February 2016 (2016-02-18), ISSN: 2380-7504, pp. 1-6</td> <td style="text-align: center;">1-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>CN 110176006 A (BEIHANG UNIVERSITY) 27 August 2019 (2019-08-27) entire document</td> <td style="text-align: center;">1-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>US 2018068429 A1 (INSTITUTE OF AUTOMATION CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 08 March 2018 (2018-03-08) entire document</td> <td style="text-align: center;">1-7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PX</td> <td>CN 110826563 A (WUYI UNIVERSITY) 21 February 2020 (2020-02-21) claims 1-7</td> <td style="text-align: center;">1-7</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	ShuqiaoS. "[Reading Note] "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" (CRFasRNN)" <i>CSDN blog: https://blog.csdn.net/ShuqiaoS/article/details/89249699, 21 April 2019 (2019-04-21), pp. 1-4</i>	1-7	X	Shuai, Zheng et al. "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" <i>2015 IEEE ICCV</i> , 18 February 2016 (2016-02-18), ISSN: 2380-7504, pp. 1-6	1-7	A	CN 110176006 A (BEIHANG UNIVERSITY) 27 August 2019 (2019-08-27) entire document	1-7	A	US 2018068429 A1 (INSTITUTE OF AUTOMATION CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 08 March 2018 (2018-03-08) entire document	1-7	PX	CN 110826563 A (WUYI UNIVERSITY) 21 February 2020 (2020-02-21) claims 1-7	1-7
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X	ShuqiaoS. "[Reading Note] "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" (CRFasRNN)" <i>CSDN blog: https://blog.csdn.net/ShuqiaoS/article/details/89249699, 21 April 2019 (2019-04-21), pp. 1-4</i>	1-7																		
X	Shuai, Zheng et al. "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" <i>2015 IEEE ICCV</i> , 18 February 2016 (2016-02-18), ISSN: 2380-7504, pp. 1-6	1-7																		
A	CN 110176006 A (BEIHANG UNIVERSITY) 27 August 2019 (2019-08-27) entire document	1-7																		
A	US 2018068429 A1 (INSTITUTE OF AUTOMATION CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 08 March 2018 (2018-03-08) entire document	1-7																		
PX	CN 110826563 A (WUYI UNIVERSITY) 21 February 2020 (2020-02-21) claims 1-7	1-7																		
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																				
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> * 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 </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> "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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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 08 June 2020		Date of mailing of the international search report 23 June 2020																		
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/CN2020/078177

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110176006	A	27 August 2019	None			
US	2018068429	A1	08 March 2018	US	10223780	B2	05 March 2019
				WO	2016165082	A1	20 October 2016
CN	110826563	A	21 February 2020	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/078177

A. 主题的分类 G06K 9/34 (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 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, EP0DOC, GOOGLE, IEEE: 神经网络, 近似推理, 对势, crf, rnn, cnn, neural network, pairwise potential, inference		
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
X	ShuqiaoS. "【阅读笔记】《Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks》(CRFasRNN)" CSDN 博客: https://blog.csdn.net/ShuqiaoS/article/details/89249699 , 2019 年 4 月 21 日 (2019 - 04 - 21), 第 1-4 页	1-7
X	Shuai, Zheng et al. "Conditional Random Fields as Recurrent Neural Networks" 2015 IEEE ICCV, 2016 年 2 月 18 日 (2016 - 02 - 18), ISSN: 2380-7504, 第 1-6 页	1-7
A	CN 110176006 A (北京航空航天大学) 2019 年 8 月 27 日 (2019 - 08 - 27) 全文	1-7
A	US 2018068429 A1 (INSTITUTE OF AUTOMATION CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 2018 年 3 月 8 日 (2018 - 03 - 08) 全文	1-7
PX	CN 110826563 A (五邑大学) 2020 年 2 月 21 日 (2020 - 02 - 21) 权利要求 1-7	1-7
☐ 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 2020 年 6 月 8 日		国际检索报告邮寄日期 2020 年 6 月 23 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 巩瑜 电话号码 86-(10)-53961382

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/078177

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	110176006	A	2019年 8月 27日	无	
US	2018068429	A1	2018年 3月 8日	US	10223780 B2 2019年 3月 5日
				WO	2016165082 A1 2016年 10月 20日
CN	110826563	A	2020年 2月 21日	无	