(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 16 日 (16.07.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/143513 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 3/40 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/130826

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 31 日 (31.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910029164.X 2019年1月12日 (12.01.2019) CN

(71) 申请人: 深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES 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: 乔宇 (QIAO, Yu); 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)。 张文龙 (ZHANG, Wenlong); 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)。 刘翼豪 (LIU, Yihao); 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)。 董超 (DONG, Chao); 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: 深圳中一联合知识产权代理有限公司 (SHENZHEN ZHONGYI UNION INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO.,LTD.); 中国广东省深圳市福田区园岭街道深南中路1014号报春大厦9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,

(54) **Title:** SUPER-RESOLUTION IMAGE RECONSTRUCTION METHOD, APPARATUS AND DEVICE

(54) **发明名称:** 一种超分辨率图像的重构方法、装置及设备

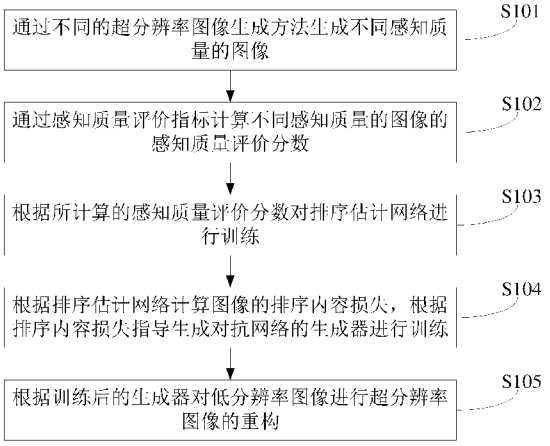


图 1

S101 Generate images of different perceptual qualities by means of different super-resolution image generation methods

S102 Calculate, by means of a perceptual quality evaluation index, perceptual quality evaluation scores of the images of different perceptual qualities

S103 Train a ranking estimation network according to the calculated perceptual quality evaluation scores

S104 Calculate, according to the ranking estimation network, a ranking content loss of an image, and guide, according to the ranking content loss, a generator of a generative adversarial network to train

S105 Perform super-resolution image reconstruction on a low-resolution image according to the trained generator

(57) **Abstract:** A super-resolution image reconstruction method, comprising: generating images of different perceptual qualities by means of different super-resolution image generation methods; calculating, by means of a perceptual quality evaluation index, perceptual quality evaluation scores of the images of different perceptual qualities; training a ranking estimation network according to the calculated perceptual quality evaluation scores; calculating, according to the trained ranking estimation network, a ranking content loss of an image generated by a generator of a generative adversarial network, and guiding, according to the ranking content loss, the generator of the generative adversarial network to train; performing super-resolution image reconstruction on a low-resolution image according to the trained generator. The present invention uses the ranking estimation network to directly perform optimization on the perceptual quality evaluation index, so as to obtain a better image perceptual quality, can flexibly perform expansion according to requirements, and can constrain the generator to generate super-resolution reconstructed images of different characteristics.

WO 2020/143513 A1

[见续页]

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))。

(57) 摘要：一种超分辨率图像的重构方法包括：通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构，通过使用排序估计网络在感知质量评价指标上直接优化而得到更好的图像感知质量，并且能够灵活的根据需求来进行拓展，可以约束生成器生成具有不同特点的超分辨率重建图像。

一种超分辨率图像的重构方法、装置及设备

技术领域

[0001] 本申请属于图像处理领域，尤其涉及一种超分辨率的图像的重构方法、装置及设备。

背景技术

[0002] 超分辨率图像重构技术在计算机视觉和图像处理领域拥有重要的学术研究和工业应用价值。超分辨率图像重构技术的目的就是，根据给定的低分辨率图像去重构出其所对应的高分辨率图像，并且能够得到尽量好的视觉效果和小的重构误差。

[0003] 在对低分辨率图像进行重构，目前一般包括卷积神经网络的学习方法和对抗生成网络的方法。其中，卷积神经网络的学习方法使用方误差（Mean Square Error, MSE）来求卷积神经网络重建的高分辨率图像和真实高分辨率图像之间的误差。虽然通过均方误差的方式能够得到在均方误差上和真实高分辨率图像误差很小的重建结果。然而，通过均方误差的方式重建出的高分辨率图像表现出了过于平滑的效果，对于人眼观测的视觉效果不好。

[0004] 现有的基于cGAN的超分辨恢复恢复技术在整体解决思路上和利用卷积神经网络进行超分辨率重建的思路类似，通过生成器G来学习低分率图像和高分辨率图像之间的映射关系，然后进一步引入了判别器D来和生成器G来进行对抗训练，同时对于生成器G生成的高分辨率图像在特定的特征空间上和真实图像进行误差计算并进行反向传播。相对于均方误差，这种方式虽然能够得到较好的视觉效果，但是和真实的高分辨率图像相比纹理细节特征却不够真实。另外一方面，感知质量评价指标使用了特征的提取和进一步的变换操作所以是不可微的，不能进行梯度求解和反向传播，这就导致了在感知质量评价指标上的优化难度高，并且视觉效果提升受限。

发明概述

技术问题

[0005] 有鉴于此，本申请实施例提供了一种高分辨率图像的重构方法、装置及设备，以解决现有技术中的问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[0006] 本申请实施例的第一方面提供了一种高分辨率图像的重构方法，所述超分辨率图像的重构方法包括：

[0007] 通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

[0008] 通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

[0009] 根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

[0010] 根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

[0011] 根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构。

[0012] 结合第一方面，在第一方面的第一种可能实现方式中，所述通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数的步骤包括：

[0013] 将所述不同感知质量的图像裁剪为图像块；

[0014] 选择同一图像内容且具有不同感知质量的图像块构成图像对，通过无参考图像评价指标获取不同感知质量的图像对的感知质量评价分数。

[0015] 结合第一方面的第一种可能实现方式，在第一方面的第二种可能实现方式中，所述根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练的步骤包括：

[0016] 选择作为排序估计网络的卷积神经网络计算所述图像的排序分数；

[0017] 根据感知质量评价指标计算的评价分数和所述排序分数，得到所述卷积神经网络的排序误差；

[0018] 通过反向传播算法更新所述卷积神经网络的参数。

[0019] 结合第一方面，在第一方面的第三种可能实现方式中，所述根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练的步骤包括：

[0020] 通过生成器生成高分辨率图像；

[0021] 根据所述训练后的排序估计网络计算所述高分辨率图像的排序内容损失；

[0022] 根据所述排序内容损失对生成器进行训练。

[0023] 结合第一方面的第三种可能实现方式，在第一方面的第四种可能实现方式中，所述根据所述排序内容损失对生成器进行训练的步骤还包括：

[0024] 通过判别器判断所生成的高分辨率图像与真实高分辨率图像的误差；

[0025] 通过VGG网络的特征空间计算生成的高分辨率图像与真实图像高分辨率图像的感知损失误差；

[0026] 联合所述排序内容损失、所述判别器判断的误差和所述感知损失误差，对生成器进行训练。

[0027] 结合第一方面，在第一方面的第五种可能实现方式中，在所述根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练的步骤之前，所述方法还包括：

[0028] 计算不同感知质量的图像的差异，选择所述图像的差异大于预设的阈值的图像。

[0029] 本申请实施例的第二方面提供了一种超分辨率图像的重构装置，所述超分辨率图像的重构装置包括：

[0030] 图像生成单元，用于通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

[0031] 评价分数计算单元，用于通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

[0032] 排序估计网络训练单元，用于根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

[0033] 生成器训练单元，用于根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

[0034] 重构单元，用于根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构。

[0035] 结合第二方面，在第二方面的第一种可能实现方式中，所述评价分数计算单元包括：

[0036] 裁剪子单元，用于将所述不同感知质量的图像裁剪为图像块；

[0037] 评价子单元，用于选择同一图像内容且具有不同感知质量的图像块构成图像对，通过无参考图像评价指标获取不同感知质量的图像对的感知质量评价分数。

[0038] 本申请实施例的第三方面提供了一种高分辨率图像的重构设备，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，所述处理器执行所述计算机程序时实现如第一方面任一项所述高分辨率图像的重构方法的步骤。

[0039] 本申请实施例的第四方面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第一方面任一项所述高分辨率图像的重构方法的步骤。

发明的有益效果

有益效果

[0040] 本申请实施例与现有技术相比存在的有益效果是：本申请能够使用排序估计网络在感知质量评价指标上直接优化而得到更好的图像感知质量，可以降低研发时间成本并且能够显著的提升重构高分辨率图像的感知质量；并且，通过排序估计网络可以学习具有不同先验信息的训练数据，能够灵活的根据需求来进行拓展，可以约束生成器生成具有不同特点的超分辨率重建图像。

对附图的简要说明

附图说明

[0041] 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。

[0042] 图1是本申请实施例提供的一种超分辨率图像的重构方法的实现流程示意图；

[0043] 图2是本申请实施例提供的一种排序估计网络训练方法的实现流程示意图；

[0044] 图3是本申请实施例提供的排序估计网络的结构示意图；

[0045] 图4是本申请实施例提供的生成器训练方法的实现流程示意图；

[0046] 图5是本申请实施例提供的超分辨率图像的重构系统示意图；

[0047] 图5a为本申请实施例提供的实验效果对比示意图；

[0048] 图6是本申请实施例提供的一种超分辨率图像的重构装置的示意图；

[0049] 图7是本申请实施例提供的高分辨率图像的重构设备的示意图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0050] 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。

[0051] 为了说明本申请所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

[0052] 图1为本申请实施例提供的一种超分辨率图像的重构方法的实现流程示意图，详述如下：

[0053] 在步骤S101中，通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

[0054] 具体的，可以选用一张或者多张低分辨率图像，可以用不同的超分辨率图像生成方法，对每张图像生成不同的感知质量的图像。所述超分辨率图像生成方法可以包括像素损失的超分辨率方法、传统的生成对抗超分辨率图像生成方法或基于卷积神经网络的超分辨率图像生成方法等。

[0055] 对于同一图像，采用两种不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像时，可以选取其中的两个不同感知质量的图像，作为图像对。

[0056] 其中，用于生成不同感知质量的图像的低分辨率图像的训练数据集，可以根据需求进行变换和拓展，即可以选择不同的先验信息的训练数据。

[0057] 在步骤S102中，通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

[0058] 为了便于对图像通过感知质量评价指标进行计算，可以将不同感知质量的图像裁剪为图像块，选择同一图像内容且具有不同知感知质量的图像块构成图像对，通过感知质量评价指标计算图像对的感知质量评价分数。其中，所述感知质量评价指标可以包括无参考图像质量评价（英文全称为No Reference Image Quality Assessment, 英文简称为NR-IQA），

例如自然图像评价（英文全称为Natural image quality evaluator，英文简称为NIQE）等。通过感知质量评价指标的评价，可以获得同一个图像内容上不同感知质量的图像对的感知质量评价分数，可以将所获得的感知质量评价分数作为图像对中的图像的标签。

[0059] 当然，在使用图像对时，还可以对图像对的差异性进行评估，比如可以设置阈值来评估图像对的差异是否足够大，如果图像对的差异大于预设的阈值，则可以用于后续步骤的排序估计网络的训练。

[0060] 在步骤S103中，根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

[0061] 对于所生成的不同感知质量的图像，对应有不同感知质量评价分数的标签。将不同感知质量的图像作为输入向量，作为标签的感知质量评价分数作为标签作为输出向量，根据多个所述输入向量及对应的所述输出向量作为训练数据，训练作为排序估计网络的卷积神经网络，从而使得训练后的排序估计网络可以对超分辨率图像进行排序估计，输出超分辨率图像的排序分数。其中，对所述排序估计网络进行训练的步骤具体可以如图2所示，包括：

[0062] 在步骤S201中，选择作为排序估计网络的卷积神经网络计算所述图像的排序分数；

[0063] 对于排序估计网络，可以选取适当的卷积神经网络模型对图像进行排序分数的计算。由于排序估计任务和分类任务具有一定程度上的相关性，可以参考经典的分类网络进行设计，例如VGG-Net(Visual Geometry Group, Network)。排序估计网络可以通过一个基本卷积神经网络的双生结构来实现，如图3所示，所述卷积神经网络包括具有参数共享的特征提取模块、池化模块、全连接模块和排序损失函数模块，其中特征提取模块可以采用VGG-16网络。

[0064] 在步骤S202中，根据感知质量评价指标计算的评价分数和所述排序分数，得到所述卷积神经网络的排序误差；

[0065] 由图3可知，具有相同内容的不同感知质量的图像1和图像2分别输入到特征提取模块，然后经过池化层和全连接层分别得到其对应的排序分数1和排序分数2，然后利用排序分数1和排序分数2使用排序损失函数来进行整体网络的参数更新。

[0066] 在步骤S203中，通过反向传播算法更新所述卷积神经网络的参数。

[0067] 对于同一个图像内容下的两幅不同感知质量的图像，卷积神经网络可以输出他们的排序分数。一般的，感知质量评价指标，例如NIQE越小则说明图像的感知质量越好，同一个图像内容下排序分数越小，则说明图像的感知质量越好。根据感知质量评价指标通过排序损失（margin-ranking loss）可以得到排序误差。通过反射传播算法（Backpropagation Algorithm）可以将网络最终的排序误差传递到卷积神经网络的每一层，通过误差传递实现网络参数的训练和更新，最终使得排序误差最小化。

[0068] 在步骤S104中，根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

[0069] 对生成器进行训练的过程，可以如图4所示，包括：

[0070] 在步骤S401中，通过生成器生成高分辨率图像；

[0071] 对于对抗网络生成器的训练，可以选用真实的超分辨率图像和对应的低分辨率图像作为训练样本，为了便于对图像进行计算，可以对训练样本中的同一对图像裁剪为具有相同内容的图像块，通过对图像块进行训练计算。为了对生成器进行训练，可以根据样本中的低分辨率图像或低分辨率图像的图像块，由所述生成器生成高分辨率图像。

[0072] 在步骤S402中，根据所述训练后的排序估计网络计算所述高分辨率图像的排序内容损失；

[0073] 根据之前所训练后的排序估计网络，计算所述高分辨率图像的排序分数，根据所述排序分数得到所述高分辨率图像的排序内容损失。

[0074] 在步骤S403中，根据所述排序内容损失对生成器进行训练。

[0075] 将所述排序内容损失反馈至生成器，对所述生成器进行训练和更新。

[0076] 优选的一种实施方式中，所述根据所述排序内容损失对生成器进行训练的步骤还包括：

[0077] 通过判别器判断所生成的高分辨率图像与真实高分辨率图像的误差；

[0078] 通过VGG网络的特征空间计算生成的高分辨率图像与真实图像高分辨率图像的

感知损失误差；

[0079] 联合所述排序内容损失、所述判别器判断的误差和所述感知损失误差，对生成器进行训练。

[0080] 在排序内容损失的基础上，结合判别器判别的误差，以及VGG网络的特征空间的感知损失误差，可以更为有效的对所述生成器进行训练，提高生成器的训练效率，以及提高超分辨率图像生成的真实度。

[0081] 在步骤S105中，根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构。

[0082] 利用已训练完成的生成器，可以对低分辨率图像进行超分辨率的实现。

[0083] 由于本申请能够使用排序估计网络在具体的感知质量评价标准上直接优化进而得到更好的图像感知质量。表现为现有的超分辨率图像方法多为在均方误差或者特征空间上的误差来对超分辨率模型进行优化。在具体的感知质量评价标准上，对于此类方法的改进，是十分耗时耗力的，因为无论是对均方误差或特征空间上的误差优化都不能直接表示在具体感知质量上的提升。本申请提出了使用排序估计网络来约束超分辨率模型直接在具体的感知质量上进行优化，可以降低研发时间成本并且能够显著的提升重建高分辨率图像的感知质量。

[0084] 并且，针对具体的图像感知质量，本发明能够拥有更强的拓展性。表现为排序估计网络可以学习具有不同先验信息的训练数据，能够灵活的根据需求来进行拓展。通过训练数据中不同感知质量数据的排序方式和自身的统计特性等，可以学习到不同的先验信息。具有不同先验信息的排序估计网络可以约束生成器生成出具有不同特点的超分辨率重建图像。

[0085] 图5为本申请实施例提供的一种超排序生成对抗超分辨率图像网络的示意图，其主要由生成器，判别器，特征提取器和排序估计器组成，其中特征提取器和排序估计器可以为训练好的模型，可以只进行损失计算不进行模型的参数更新。由示意图可知，低分率图像可以通过生成器生成重构高分辨率图像，然后判别器可以通过原始高分辨率图像和重构的高分辨率图像计算对抗损失，特征提取器可以分别对重构高分辨率图像和原始高分辨率图像在特征空间上计算误差来得到感知损失误差，进一步，重构的高分辨率图像可以通过排序估计器计算

其在具体感知质量评价标准下的排序分数进而得到排序内容损失。最后使用对抗损失，感知损失误差和排序内容损失来联合训练生成器。

[0086] 图5a为申请实施例提供的一种超分辨率图像的重构效果对比示意图，其中，左一为低分辨率图像，左二为基于像素损失的超分辨率方法生成的超分辨率图像，右二为传统的生成对抗超分辨率方法生成的超分辨率图像，右一为本申请所述超分辨率图像的重构方法所生成的超分辨率图像。根据实验结果可知，本申请所述超分辨率图像重构方法，能够从低分辨率图像中生成出更加真实的图像。

[0087] 图6为本申请实施例提供的一种超分辨率图像的重构装置的结构示意图，详述如下：

[0088] 所述超分辨率图像的重构装置包括：

[0089] 图像生成单元601，用于通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

[0090] 评价分数计算单元602，用于通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

[0091] 排序估计网络训练单元603，用于根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

[0092] 生成器训练单元604，用于根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

[0093] 重构单元605，用于根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构。

[0094] 优选的，所述评价分数计算单元包括：

[0095] 裁剪子单元，用于将所述不同感知质量的图像裁剪为图像块；

[0096] 评价子单元，用于选择同一图像内容且具有不同感知质量的图像块构成图像对，通过无参考图像评价指标获取不同感知质量的图像对的感知质量评价分数。

[0097] 图6所述的高分辨率图像的重构装置，与图1所述的高分辨率图像的重构方法对应。

[0098] 图7是本申请一实施例提供的高分辨率图像的重构设备的示意图。如图7所示，该实施例的高分辨率图像的重构设备7包括：处理器70、存储器71以及存储在所述存储器71中并可在所述处理器70上运行的计算机程序72，例如高分辨率图像的重构程序。所述处理器70执行所述计算机程序72时实现上述各个高分辨率图像的重构方法实施例中的步骤。或者，所述处理器70执行所述计算机程序72时实现上述各装置实施例中各模块/单元的功能。

[0099] 示例性的，所述计算机程序72可以被分割成一个或多个模块/单元，所述一个或者多个模块/单元被存储在所述存储器71中，并由所述处理器70执行，以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段，该指令段用于描述所述计算机程序72在所述高分辨率图像的重构设备7中的执行过程。例如，所述计算机程序72可以被分割成：

[0100] 图像生成单元，用于通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

[0101] 评价分数计算单元，用于通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

[0102] 排序估计网络训练单元，用于根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

[0103] 生成器训练单元，用于根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

[0104] 重构单元，用于根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构。

[0105] 所述高分辨率图像的重构设备7可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备。所述高分辨率图像的重构设备可包括，但不仅限于，处理器70、存储器71。本领域技术人员可以理解，图7仅仅是高分辨率图像的重构设备7的示例，并不构成对高分辨率图像的重构设备7的限定，可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者不同的部件，例如所述高分辨率图像的重构设备还可以包括输入输出设备、网络接入设备、总线等。

[0106] 所称处理器70可以是中央处理单元(Central Processing Unit，CPU)，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。

[0107] 所述存储器71可以是所述高分辨率图像的重构设备7的内部存储单元，例如高分辨率图像的重构设备7的硬盘或内存。所述存储器71也可以是所述高分辨率图像的重构设备7的外部存储设备，例如所述高分辨率图像的重构设备7上配备的插接式硬盘，智能存储卡（Smart Media Card, SMC），安全数字（Secure Digital, SD）卡，闪存卡（Flash Card）等。进一步地，所述存储器71还可以既包括所述高分辨率图像的重构设备7的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器71用于存储所述计算机程序以及所述高分辨率图像的重构设备所需的其他程序和数据。所述存储器71还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0108] 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，即将所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。

[0109] 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。

[0110] 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。

[0111] 在本申请所提供的实施例中，应该理解到，所揭露的装置/终端设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置/终端设备实施例仅仅是示意性的，例如，所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。

[0112] 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，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。

[0113] 另外，在本申请各个实施例中的各功能单元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。

[0114] 所述集成的模块/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，所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，所述计算机程序包括计算机程序代码，所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。所述计算机可读介质可以包括：能够携带所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，所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。

[0115] 以上所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

[权利要求 1] 一种超分辨率图像的重构方法，其特征在于，所述超分辨率图像的重构方法包括：

通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的超分辨率图像的重构方法，其特征在于，所述通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数的步骤包括：

将所述不同感知质量的图像裁剪为图像块；

选择同一图像内容且具有不同感知质量的图像块构成图像对，通过无参考图像评价指标获取不同感知质量的图像对的感知质量评价分数。

[权利要求 3] 根据权利要求2所述的超分辨率图像的重构方法，其特征在于，所述根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练的步骤包括：

选择作为排序估计网络的卷积神经网络计算所述图像的排序分数；

根据感知质量评价指标计算的评价分数和所述排序分数，得到所述卷积神经网络的排序误差；

通过反向传播算法更新所述卷积神经网络的参数。

[权利要求 4] 根据权利要求1所述的超分辨率图像的重构方法，其特征在于，所述根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练的步骤包括：

通过生成器生成高分辨率图像；

根据所述训练后的排序估计网络计算所述高分辨率图像的排序内容损失；

根据所述排序内容损失对生成器进行训练。

[权利要求 5] 根据权利要求4所述的超分辨率图像的重构方法，其特征在于，所述根据所述排序内容损失对生成器进行训练的步骤还包括：

通过判别器判断所生成的高分辨率图像与真实高分辨率图像的误差；

通过VGG网络的特征空间计算生成的高分辨率图像与真实图像高分辨率图像的感知损失误差；

联合所述排序内容损失、所述判别器判断的误差和所述感知损失误差，对生成器进行训练。

[权利要求 6] 根据权利要求1所述的超分辨率图像的重构方法，其特征在于，在所述根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练的步骤之前，所述方法还包括：

计算不同感知质量的图像的差异，选择所述图像的差异大于预设的阈值的图像。

[权利要求 7] 一种超分辨率图像的重构装置，其特征在于，所述超分辨率图像的重构装置包括：

图像生成单元，用于通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像；

评价分数计算单元，用于通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数；

排序估计网络训练单元，用于根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练；

生成器训练单元，用于根据训练后的排序估计网络计算生成对抗网络的生成器所生成的图像的排序内容损失，根据所述排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练；

重构单元，用于根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图

像的重构。

[权利要求 8] 根据权利要求7所述的超分辨率图像的重构装置，其特征在于，所述评价分数计算单元包括：

裁剪子单元，用于将所述不同感知质量的图像裁剪为图像块；

评价子单元，用于选择同一图像内容且具有不同感知质量的图像块构成图像对，通过无参考图像评价指标获取不同感知质量的图像对的感知质量评价分数。

[权利要求 9] 一种高分辨率图像的重构设备，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任一项所述高分辨率图像的重构方法的步骤。

[权利要求 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6任一项所述高分辨率图像的重构方法的步骤。


通过不同的超分辨率图像生成方法生成不同感知质量的图像
S101
通过感知质量评价指标计算不同感知质量的图像的感知质量评价分数
S102
根据所计算的感知质量评价分数对排序估计网络进行训练
S103
根据排序估计网络计算图像的排序内容损失，根据排序内容损失指导生成对抗网络的生成器进行训练
S104
根据训练后的生成器对低分辨率图像进行超分辨率图像的重构
S105

图 1

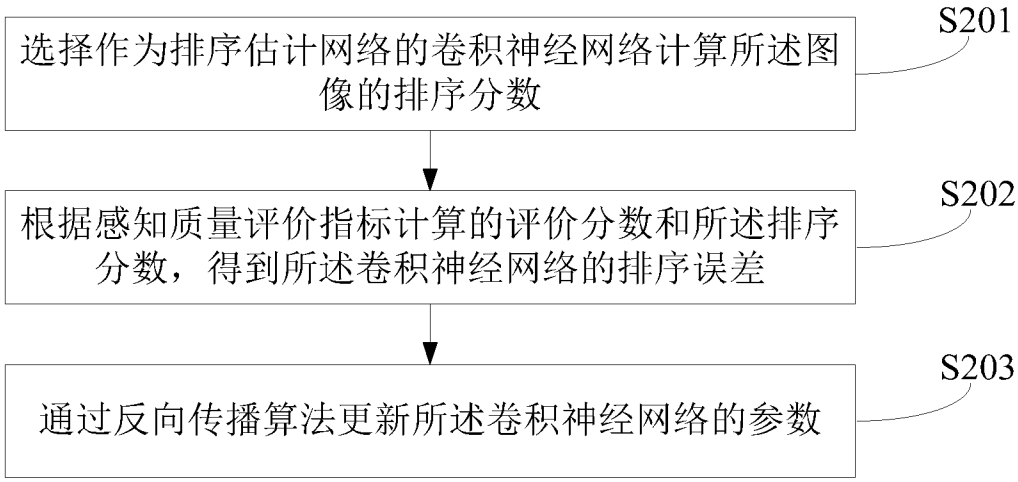

选择作为排序估计网络的卷积神经网络计算所述图像的排序分数
S201
根据感知质量评价指标计算的评价分数和所述排序分数，得到所述卷积神经网络的排序误差
S202
通过反向传播算法更新所述卷积神经网络的参数
S203

图 2

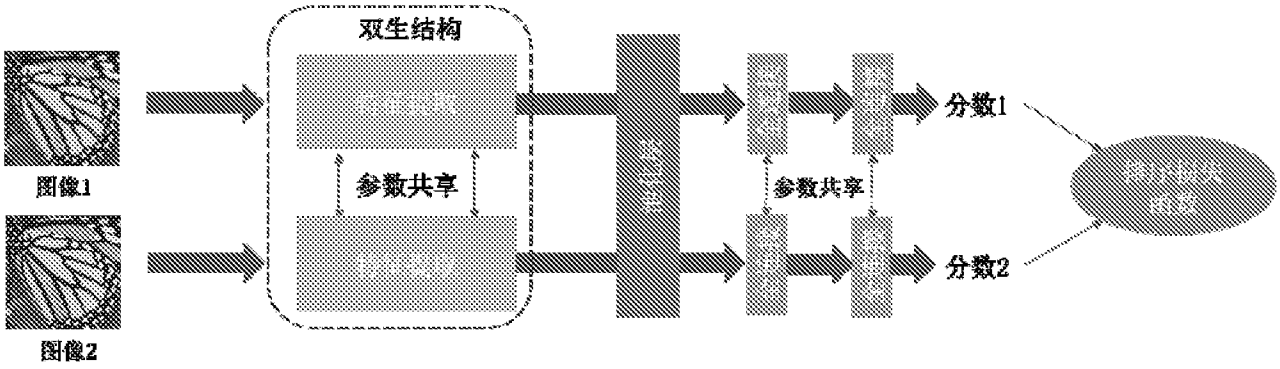

双生结构
参数共享
参数共享
图像1
图像2
分数1
分数2

图 3

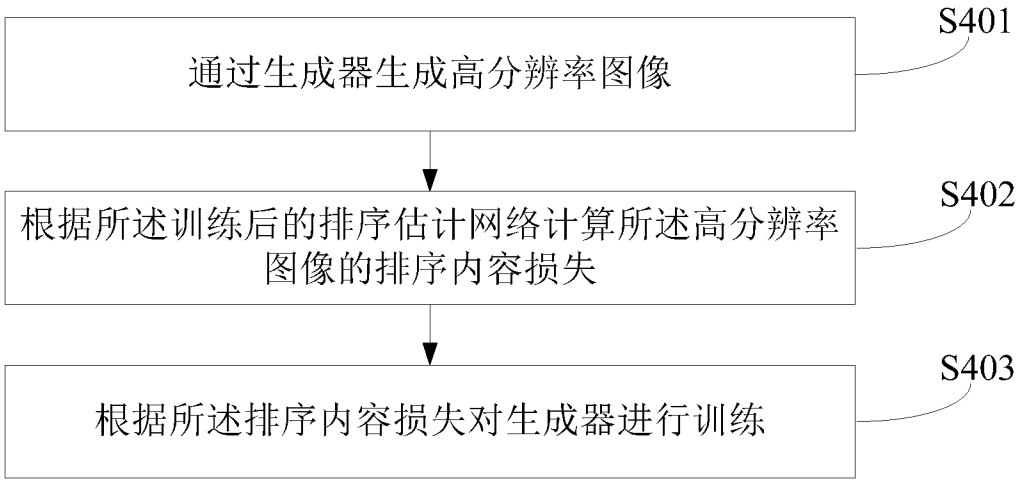

通过生成器生成高分辨率图像
S401
根据所述训练后的排序估计网络计算所述高分辨率图像的排序内容损失
S402
根据所述排序内容损失对生成器进行训练
S403

图 4

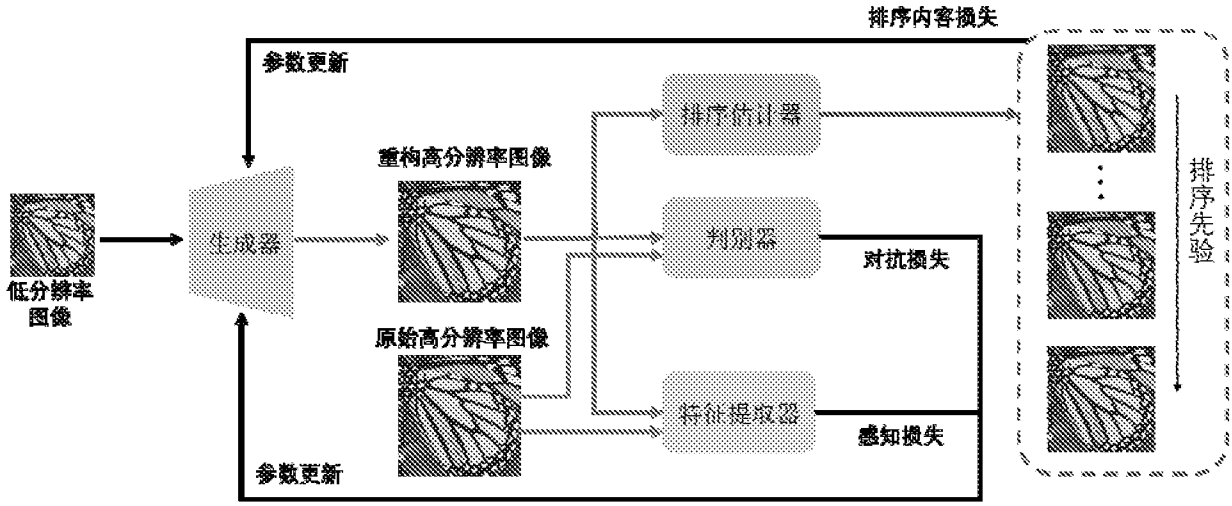

排序内容损失
参数更新
排序估计器
重构高分辨率图像
判别器
对抗损失
生成器
低分辨率图像
原始高分辨率图像
特征提取器
感知损失
参数更新
排序先验

图 5

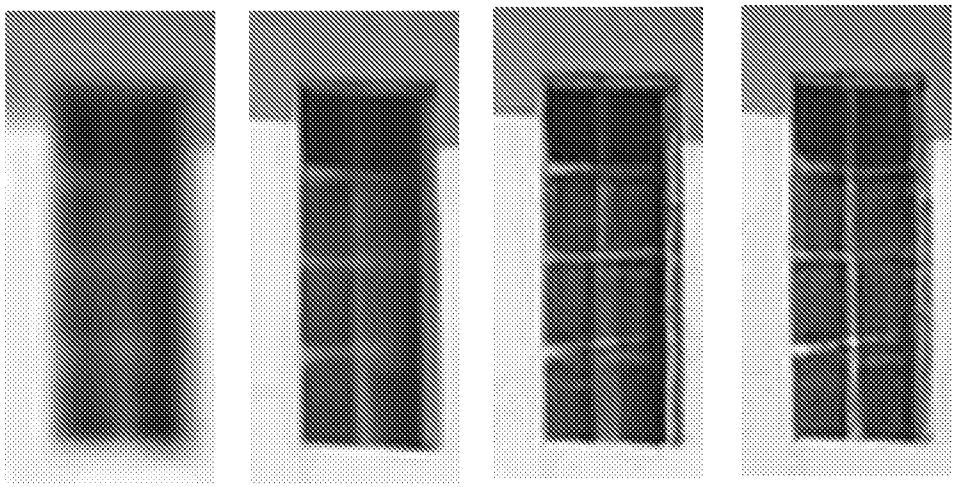


图 5a

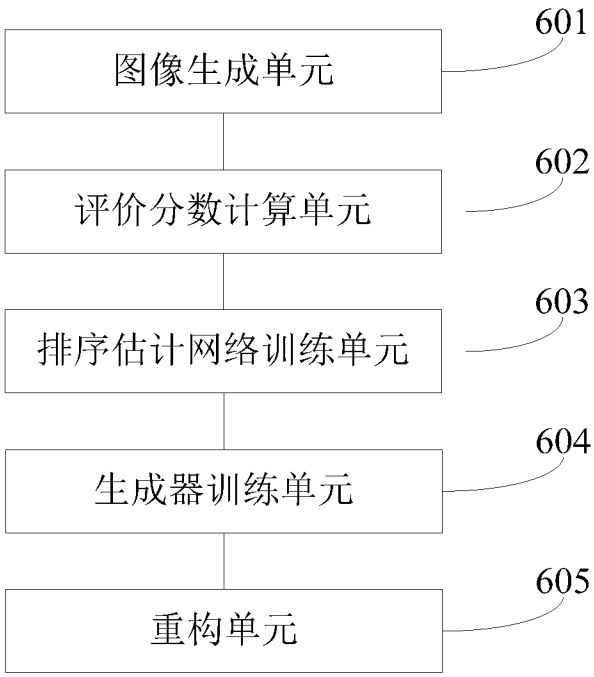

601
图像生成单元
602
评价分数计算单元
603
排序估计网络训练单元
604
生成器训练单元
605
重构单元

图 6

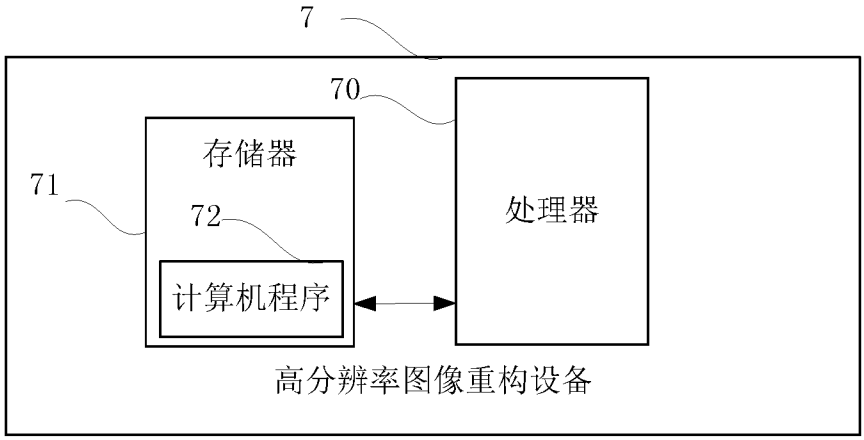


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/130826

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 3/40(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)

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)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI, ISI: 超分辨率, 图像, 重构, 感知, 质量, 评价, 排序, 估计, 训练, 对抗, 网络, 内容, 损失, 生成器, ultra, resolution, image, reconstruct, perceptual, quality, evaluation, rank, estimation, training, adversarial, network, content, loss, generator

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109949219 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 28 June 2019 (2019-06-28) claims 1-10, and description, paragraphs [0005]-[0039]	1-10
A	黄思炜 (HUANG, Siwei). "基于深度学习的超分辨率图像重建算法研究 (Research on Super-Resolution Image Reconstruction Algorithm Based on Deep Learning)" *中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑 (Information Science & Technology, China Master's Theses Full-text Database),* No. no. 11, 15 November 2018 (2018-11-15), ISSN: 1674-0246, main body, chapter 4	1-10
A	CN 109034365 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 18 December 2018 (2018-12-18) entire document	1-10
A	CN 108921788 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY) 30 November 2018 (2018-11-30) 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	Date of mailing of the international search report
11 March 2020	**02 April 2020**
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108550115 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 18 September 2018 (2018-09-18) entire document	1-10
A	US 2018075581 A1 (TWITTER, INC.) 15 March 2018 (2018-03-15) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/130826

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 109949219 A	28 June 2019	None	
CN 109034365 A	18 December 2018	None	
CN 108921788 A	30 November 2018	None	
CN 108550115 A	18 September 2018	None	
US 2018075581 A1	15 March 2018	WO 2018053340 A1	22 March 2018

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/130826

A. 主题的分类

G06T 3/40(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)

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）)

CNPAT, EPODOC, WPI, CNKI, ISI：超分辨率，图像，重构，感知，质量，评价，排序，估计，训练，对抗，网络，内容，损失，生成器，ultra, resolution, image, reconstruct, perceptual, quality, evaluation, rank, estimation, training, adversarial, network, content, loss, generator

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 109949219 A (深圳先进技术研究院) 2019年 6月 28日 (2019-06-28) 权利要求第1-10项以及说明书第[0005]-[0039]段	1-10
A	黄思炜. "基于深度学习的超分辨率图像重建算法研究" 《中国优秀硕士学位论文全文数据库信息科技辑》, 第11期, 2018年 11月 15日 (2018-11-15), ISSN：1674-0246, 正文第4章	1-10
A	CN 109034365 A (电子科技大学) 2018年 12月 18日 (2018-12-18) 全文	1-10
A	CN 108921788 A (华北电力大学) 2018年 11月 30日 (2018-11-30) 全文	1-10
A	CN 108550115 A (中国矿业大学) 2018年 9月 18日 (2018-09-18) 全文	1-10
A	US 2018075581 A1 (TWITTER, INC.) 2018年 3月 15日 (2018-03-15) 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	国际检索报告邮寄日期
2020年 3月 11日	2020年 4月 2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 李婉怡 电话号码 86-(10)-53961408

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/130826

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 109949219 A	2019年 6月 28日	无	
CN 109034365 A	2018年 12月 18日	无	
CN 108921788 A	2018年 11月 30日	无	
CN 108550115 A	2018年 9月 18日	无	
US 2018075581 A1	2018年 3月 15日	WO 2018053340 A1	2018年 3月 22日