

(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
2023 年 11 月 16 日 (16.11.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/217270 A1

(51) 国际专利分类号:

G06T 3/40 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2023/093880

(22) 国际申请日:

2023 年 5 月 12 日 (12.05.2023)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202210524546.1 2022年5月13日 (13.05.2022) CN

202210524706.2 2022年5月13日 (13.05.2022) CN

(71) 申请人: 北京字跳网络技术有限公司

(**BEIJING ZITIAO NETWORK TECHNOLOGY CO., LTD.**) [CN/CN]; 中国北京市海淀区紫金数码园4号楼2层0207, Beijing 100190 (CN)。

(72) 发明人: 孔方圆(**KONG, Fangyuan**); 中国北京市朝阳区七圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028 (CN)。

刘松伟(**LIU, Songwei**); 中国北京

市朝阳区七圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028 (CN)。李明蹊(**LI, Mingxi**); 中国北京市朝阳区七圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028 (CN)。拜阳(**BAI, Yang**); 中国北京市朝阳区七圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028 (CN)。陈芳民(**CHEN, Fangmin**); 中国北京市朝阳区七圣中街12号院融中心B1小邮局, Beijing 100028 (CN)。

(74) 代理人: 中国贸促会专利商标事务所有限公司(**CCPIT PATENT AND TRADEMARK LAW OFFICE**); 中国北京市西城区复兴门内大街158号远洋大厦10层, Beijing 100031 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ,

(54) **Title:** IMAGE SUPER-RESOLUTION METHOD, SUPER-RESOLUTION NETWORK PARAMETER ADJUSTMENT METHOD, RELATED DEVICE, AND MEDIUM

(54) 发明名称: 图像超分方法、超分网络参数调整方法、相关装置及介质

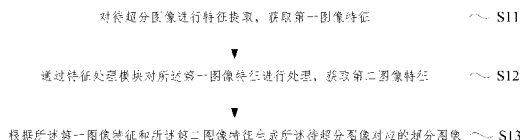


图 1

S11 Perform feature extraction on an image to be subjected to super-resolution so as to obtain a first image feature
S12 Process the first image feature by means of a feature processing module to obtain a second image feature
S13 Generate, according to the first image feature and the second image feature, a super-resolution image corresponding to the image to be subjected to super-resolution

(57) **Abstract:** Embodiments of the present disclosure provide an image super-resolution method, a super-resolution network parameter adjustment method, a related device, and a medium. The image super-resolution method comprises: performing feature extraction on an image to be subjected to super-resolution so as to obtain a first image feature; processing the first image feature by means of a feature processing module to obtain a second image feature, the feature processing module comprising: a feature refinement unit that consists of at least one set of first convolutional layers and first activation function layers connected in series and is used for processing an input feature of the feature processing module, a feature fusion unit that is used for adding the input feature of the feature processing module and an output feature of the feature refinement unit for fusion, and an attention unit that is used for processing an output feature of the feature fusion unit to obtain an output feature of the feature processing module; and generating, according to the first image feature and the second image feature, a super-resolution image corresponding to the image to be subjected to super-resolution.

(57) 摘要: 本公开实施例提供了一种图像超分方法、超分网络参数调整方法、相关装置及介质。该图像超分方法包括: 对待超分图像进行特征提取, 获取第一图像特征; 通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理, 获取第二图像特征; 所述特征处理模块包括: 由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元, 用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理; 特征融合单元, 用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出生成所述待超分图像对应的超分图像。

LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN,
MU, 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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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))。

图像超分方法、超分网络参数调整方法、相关装置及介质

相关申请的交叉引用

本公开是以 CN 申请号为 202210524546.1，申请日为 2022 年 5 月 13 日的申请，以及 CN 申请号为 202210524706.2，申请日为 2022 年 5 月 13 日的申请为基础，并主张其优先权，该 CN 申请的公开内容在此作为整体引入本公开中。

技术领域

本公开涉及图像处理技术领域，尤其涉及一种图像超分方法、超分网络参数调整方法、相关装置及介质。

背景技术

图像超分技术是一种由低分辨率图像恢复出高分辨率图像的技术。由于图像超分辨率业务目前已成为图像画质增强中的重点业务，因此图像超分技术是当前图像处理领域的研究热点之一。

目前，基于卷积神经网络（Convolutional Neural Network，CNN）的图像超分模型已经在图像超分辨率领域取得了极大的进展。

发明内容

本公开第一方面，本公开的实施例提供了一种图像超分方法，包括：

对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征；

通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征，其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

在一些实施例中，所述特征处理模块还包括：通道数调节单元，其中，所述通道数调节单元用于在所述注意力单元对所述特征融合单元的输出特征进行处理之前，将

所述特征融合单元的输出特征调节为与所述第一图像特征通道数相同的特征。

在一些实施例中，所述通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征包括：

通过多级串接的所述特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

在一些实施例中，所述第一激活函数层的激活函数为线性整流函数 **ReLU** 函数。

在一些实施例中，所述通道数调节单元，包括：第二卷积层，其中，所述第二卷积层的卷积核的尺寸为 1×1 。

在一些实施例中，所述对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征包括：

通过第三卷积层对所述待超分图像进行卷积处理，以获取所述第一图像特征。

在一些实施例中，所述根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像包括：

通过第四卷积层对所述第二图像特征进行处理，获取第三图像特征；

对所述第一图像特征和所述第三图像特征进行相加融合，获取第四图像特征；

通过第五卷积层对所述第四图像特征进行处理，获取第五图像特征；

对所述第五图像特征进行上采样获取第六图像特征；

根据所述第六图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

第二方面，本公开实施例提供一种超分网络参数调整方法，该方法包括：通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，其中，该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该卷积激活模块由卷积层和激活函数组成，第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为该超分网络的训练样本图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，该上采样图像为对该低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，第一重建图像、该高分辨率图像与该上采样图像具有相同的分辨率；基于第一重建图像的特征信息、该高分辨率图像的特征信息和该上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于第一重建图像的第一对比损失函数值；基于第一对比损失函数值，调整该超分网络的参数，以便通过该调整后的超分网络对该低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值。

在一些实施例中，该至少一个卷积激活模块中的每个卷积激活模块的卷积层相同。

在一些实施例中，该至少一个卷积激活模块串联连接。

在一些实施例中，该上采样处理为双三次插值处理。

在一些实施例中，该对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，第一差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第二差异项用于表征该上采样图像与该高分辨率图像的差异。

在一些实施例中，第一差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第二差异项为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离。

在一些实施例中，该对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，第三差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第四差异项用于表征第一重建图像与该上采样图像的差异。

在一些实施例中，第三差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第四差异项为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L1 距离。

第三方面，本公开实施例提供了一种图像超分装置，包括：

特征提取模组，用于对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征；

特征处理模组，用于通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征，其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

图像重建模组，用于根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

在一些实施例中，所述特征处理模块还包括：通道数调节单元；

所述通道数调节单元用于在所述注意力单元对所述特征融合单元的输出特征进行处理之前，将所述特征融合单元的输出特征调节为与所述第一图像特征通道数相同的特征。

在一些实施例中，所述特征处理模组 102，具体用于通过多级串接的所述特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

在一些实施例中，所述第一激活函数层的激活函数为线性整流函数 **ReLU** 函数。

在一些实施例中，所述通道数调节单元，包括：第二卷积层；

其中，所述第二卷积层的卷积核的尺寸为 1×1 。

在一些实施例中，所述特征提取模组，具体用于通过第三卷积层对所述待超分图像进行卷积处理，以获取所述第一图像特征。

在一些实施例中，所述图像重建模组，具体用于通过第四卷积层对所述第二图像特征进行处理，获取第三图像特征；对所述第一图像特征和所述第三图像特征进行相加融合，获取第四图像特征；通过第五卷积层对所述第四图像特征进行处理，获取第五图像特征；对所述第五图像特征进行上采样获取第六图像特征；根据所述第六图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

第四方面，本公开实施例提供了一种超分网络参数调整装置，该装置包括：特征提取模块，计算模块和调整模块，其中，该特征提取模块，用于通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该卷积激活模块由卷积层和激活函数组成，第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为该超分网络的训练样本图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，该上采样图像为对该低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，第一重建图像、该高分辨率图像与该上采样图像具有相同的分辨率；该计算模块，用于基于该特征提取模块提取的第一重建图像的特征信息、该高分辨率图像的特征信息和该上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于第一重建图像的第一对比损失函数值；该调整模块，用于基于该计算模块得到的第一对比损失函数值，调整该超分网络的参数，以便通过该调整后的超分网络对该低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值。

在一些实施例中，该至少一个卷积激活模块中的每个卷积激活模块的卷积层相同。

在一些实施例中，该至少一个卷积激活模块串联连接。

在一些实施例中，该上采样处理为双三次插值处理。

在一些实施例中，该对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，第一差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第二差异项用于表征该上采样图像与该高分辨率图像的差异。

在一些实施例中，第一差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第二差异项为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离。

在一些实施例中，该对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，第三差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第四差异项用于表征第一重建图像与该上采样图像的差异。

在一些实施例中，第三差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第四差异项为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L1 距离。

第五方面，本公开实施例提供了一种电子设备，包括：存储器和处理器，所述存储器用于存储计算机程序；所述处理器用于在调用计算机程序时，使得所述电子设备实现前述任意实施例所述的图像超分方法和/或前述任意实施例所述的超分网络参数调整方法。

第六方面，本公开实施例提供一种计算机可读存储介质，当所述计算机程序被计算设备执行时，使得所述计算设备实现前述任意实施例所述的图像超分方法和/或前述任意实施例所述的超分网络参数调整方法

第七方面，本公开实施例提供一种计算机程序产品，当所述计算机程序产品在计算机上运行时，使得所述计算机实现前述任意实施例所述的图像超分方法和/或前述任意实施例所述的超分网络参数调整方法

第八方面，本公开实施例提供一种芯片，该芯片包括处理器和通信接口，该通信接口和该处理器耦合，该处理器用于运行程序指令，实现如第一方面所述的超分网络参数调整方法。

附图说明

此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，示出了符合本公开的实施例，并与说明书一起用于解释本公开的原理。

为了更清楚地说明本公开实施例或现有技术中的技术方案，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，对于本领域普通技术人员而言，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 为本公开一些实施例提供的图像超分方法的流程图；

图 2 为本公开一些实施例提供的特征处理模块的结构示意图；
图 3 为本公开另一些实施例提供的特征处理模块的结构示意图；
图 4 为本公开又一些实施例提供的特征处理模块的结构示意图；
图 5 为本公开再一些实施例提供的特征处理模块的结构示意图；
图 6 为本公开又一些实施例提供的特征处理模块的结构示意图；
图 7 为本公开另一些实施例提供的图像超分方法的步骤流程图；
图 8 为本公开一些实施例提供的图像超分网络模型的结构示意图；
图 9 为本公开另一些实施例提供的图像超分网络模型的结构示意图；
图 10 为本公开一些实施例提供的图像超分装置的结构示意图；
图 11 为本公开一些实施例提供的电子设备的硬件结构示意图；
图 12 为本公开一些实施例提供的一种超分网络参数调整系统的结构示意图；
图 13 为本公开一些实施例提供的一种超分网络参数调整方法的流程示意图；
图 14 为本公开一些实施例提供的一种特征提取器的结构示意图；
图 15 为本公开一些实施例提供的一种超分网络参数调整装置的结构框图；
图 16 为本公开一些实施例提供的一种电子设备的结构框图。

具体实施方式

为了能够更清楚地理解本公开的上述目的、特征和优点，下面将对本公开的方案进行进一步描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本公开的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本公开，但本公开还可以采用其他不同于在此描述的方式来实施；显然，说明书中的实施例只是本公开的一部分实施例，而不是全部的实施例。

需要说明的是，为了便于清楚描述本公开实施例的技术方案，在本公开的实施例中，采用了“第一”、“第二”等字样对功能和作用基本相同的相同项或相似项进行区分，本领域技术人员可以理解“第一”、“第二”等字样并不是在对数量和执行次序进行限定。例如：第一图像特征和第二图像特征仅仅是为了区分不同的特征，而不是在对特征的顺序等进行限定。

在本公开实施例中，“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说

明。本公开实施例中被描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”或者“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念。此外，在本公开实施例的描述中，除非另有说明，“多个”的含义是指两个或两个以上。

发明人发现：虽然图像超分模型取得了较好的性能与视觉效果，但是图像超分模型的运行速度普遍很慢，非常影响实际使用中的图像超分的效率。图像超分模型的运行速度慢的主要原因为：通过图像超分模型进行图像超分过程中，对低分辨率图像进行特征提取后，需要进一步对提取的图像特征进行处理，以获取用于重建低分辨率图像对应的超分图像的特征，而现有技术中的图像超分模型的模型结构非常不利于进行模型加速。因此如何提升图像超分模型的运行速度是一个亟待解决的问题。

本公开实施例提供了一种图像超分方法，参照图 1 所示，该图像超分方法包括如下步骤：**S11~S13**，可以通过超分网络（图像超分模型）生成超分图像。

在步骤 **S11** 中、对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征。

本公开实施例中的待超分图像是指最终想要得到的高分辨率图像所对应的低分辨率图像。待超分图像可以为任意分辨率、任意格式的图像。例如：待超分图像可以为分辨率为 **960*540** 的 **RGB** 图像。

本公开实施例中不限定对待超分图像进行特征提取的特征提取方式，以能够对待超分图像进行特征提取为准。

在一些实施例中，上步骤 **S11**（对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征）包括：

通过第三卷积层对所述待超分图像进行处理，以获取所述第一图像特征。

示例性的，第三卷积层的卷积核的尺寸可以为 **3*3**，第三卷积层的步长可以为 **2**。

在步骤 **S12** 中、通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征。

例如，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理；特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合；注意力单元（**Expanded Self Attention, ESA**），用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征。

在一些实施例中，上述步骤 **S12**（通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处

理，获取第二图像特征）包括：

通过一级特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

示例性的，参照图 2 所示，当仅通过一级特征处理模块对所述第一图像特征进行处理时，实现上步骤 S12 的模型结构包括：特征处理模块 200，所述特征处理模块 200 的输入特征为对待超分图像进行特征提取得到的第一图像特征 F_1 ，所述特征处理模块 200 的输出特征为第二图像特征 F_2 。特征处理模块 200 由至少一组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 组成的特征细化单元 21（图 2 中以特征细化单元 21 包括三组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 为例示出），特征细化单元 21 用于对所述特征处理模块的输入特征（第一图像特征 F_1 ）进行处理；特征融合单元 22，用于对所述特征处理模块的输入特征（第一图像特征 F_1 ）和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合；注意力单元 23，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征（第二图像特征 F_2 ）。

如图 2 所示，当仅通过一级特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，且特征细化单元 21 包括三组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 时，特征处理模块 200 的特征处理过程包括：首先通过第一组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 对第一图像特征 F_1 进行处理，并输出特征 F_{re1} ，然后通过第二组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 对 F_{re1} 进行处理，并输出特征 F_{re2} ，再通过第三组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 对 F_{re2} 进行处理，并输出特征 F_{re3} （特征细化单元 21 的输出特征）；然后再通过特征融合单元 22 对第一图像特征 F_1 和特征细化单元 21 的输出特征 F_{re3} 进行相加融合，获取特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} ；最后通过注意力单元 23 对所述特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} 进行处理，获取第一图像特征 F_2 。

进一步的，第 1 组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 对特征的处理表示为 RM_1 ，第 2 组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 对特征的处理表示为 RM_2 ，第 3 组串接的第一卷积层 211 和第一激活函数层 212 对特征的处理表示为 RM_3 ，注意力单元 23 对特征的处理表示为 ESA ，则有如下公式：

$$F_{re1} = RM_1(F_{in}) \quad (1)$$

$$F_{re2} = RM_2(F_{re1}) \quad (2)$$

$$F_{re3} = RM_3(F_{re2}) \quad (3)$$

$$F_{re} = F_1 + F_{re3} \quad (4)$$

$$F_2 = ESA(F_{re}) \quad (5)$$

在一些实施例中，上述步骤 S12（通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征）包括：

通过多级串接的特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

示例性的，多级串接的特征处理模块可以包括 6 级串接的特征处理模块、8 级串接的特征处理模块等，本公开实施例对此不做限定。

示例性的，参照图 3 所示，当通过多级特征处理模块对所述第一图像特征进行处理时，实现上步骤 S12 的模型结构包括：多级串接的特征处理模块 200。其中，第 1 级特征处理模块 200 的输入特征为第一图像特征 F_1 ，第 n 级特征处理模块 200 的输入特征 F_{in} 为第 n-1 级特征处理模块 200 的输出特征，第 n 级特征处理模块 200 的输出特征 F_{out} 为第 n+1 级特征处理模块 200 的输入特征，各个特征处理模块 200 对输入特征的处理方式与上述相同，在此不再赘述。

在一些实施例中，在上述图 2 或图 3 所示实施例的基础上，参照图 4 所示，所述特征处理模块 200 还包括：通道数调节单元 24。

所述通道数调节单元 24 用于在所述注意力单元 23 对所述特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} 进行处理之前，将所述特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} 调节为与所述第一图像特征 F_1 通道数相同的特征。

即，在通过注意力单元 23 进行特征处理之前，还通过通道数调节单元 24 将特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} 的通道数调节为与所述第一图像特征 F_1 的通道数相同的特征，然后再输入注意力单元 23 中。

示例性的，所述通道数调节单元 24 的输出特征的通道数与所述第一特征 F_1 的通道数均可以为 52。

在一些实施例中，所述通道数调节单元 24，包括：第二卷积层，其中，所述第二卷积层的卷积核的尺寸为 1×1 。

由于上述实施例中通过卷积核尺寸为 1×1 的第二卷积层将特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} 为所述第一图像特征 F_1 通道数相同的特征，因此上述实施例可以在避免改变特征融合单元 22 的输出特征 F_{re} 的空间尺寸的情况下将所述特征融合单元的输出特征调节为与所述第一图像特征通道数相同的特征。

在一些实施例中，所述第一卷积层 211 的卷积核的尺寸为 3×3 。

在一些实施例中，所述第一激活函数层 212 的激活函数为线性整流函数（**Linear rectification function, ReLU 函数**）。

进一步的，当所述第一卷积层 211 的卷积核的尺寸为 3×3 ，第一激活函数层 212 的激活函数为 **ReLU**，所述通道数调节单元 23 包括卷积核的尺寸为 1×1 第二卷积层，则实现上步骤 S12 的网络模型结构可以如图 5 所示。

在一些实施例中，参照图 6 所示，所述注意力单元 23 包括：

第六卷积层 231、第七卷积层 232、池化层 233、卷积组 234、上采样层 235、第一融合层 236、第八卷积层 237、第二激活函数层 238 以及第二融合层 239。

其中，所述第六卷积层 231 的卷积核的尺寸为 1×1 ，用于对所述通道数调节单元的输出特征进行处理。

所述第七卷积层 232 的卷积核的尺寸为 3×3 ，步长为预设值，用于对所述第六卷积层的输出特征进行处理。

所述池化层 233 用于对所述第七卷积层的输出特征进行处理。

所述卷积组 234 包括多个串接的卷积核尺寸为 3×3 的卷积层，用于对所述池化层的输出特征进行处理。

所述上采样层 235 用于对所述池化层的输出特征进行上采样。

所述第一融合层 236 用于对所述第六卷积层的输出特征和所述上采样层的输出特征进行相加融合。

所述第八卷积层 237 的卷积核的尺寸为 1×1 ，用于对所述第一融合层的输出特征进行处理。

所述第二激活函数层 238 用于对所述第一融合层的输出特征进行处理。

所述第二融合层 239 用于对所述第二激活函数层的输出特征和所述通道数调节单元的输出特征进行相乘融合以获取所属特征处理模块的输出特征。

在步骤 S13 中、根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

本公开实施例提供的图像超分方法首先对待超分图像进行特征提取获取第一图像特征，然后通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征，再根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理；特征融合单元，用

于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合；注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征。相比于现有技术中图像超分模型（即超分网络）中需要对并行进行图像特征的处理，由于本公开实施例提供的图像超分方法在通过特征处理模块对第一图像特征进行处理时，特征处理模块中的各个单元是以串行的方式进行特征处理的，因此本公开实施例可以提升图像超分模型的运行速度。

在一些实施例中，还可以将上述实施例中的特征处理模块替换为每一阶段并行的对特征进行蒸馏和细化，并多阶段渐进式对特征进行处理的模型结构，替换后的图像超分模型能够达到与替换前的图像超分模型能类似的图像超分效果，但由于替换后的图像超分模型在进行特征处理时，每一阶段都需要并行的对特征进行蒸馏和细化，因此替换后的图像超分模型的运行速度会远低于替换前的图像超分模型。

作为对上述实施例的扩展和细化，本公开实施例提供了另一种图像超分方法，参照图 7 所示，该图像超分方法包括如下步骤：S701~S707。

在步骤 S701 中、对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征。

在一些实施例中，上步骤 S701（对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征）包括：

通过第三卷积层对所述待超分图像进行处理，获取所述第一图像特征。

在一些实施例中，所述第三卷积层的卷积核的尺寸为 3×3 。

即，通过一个卷积核为 3×3 的卷积层对待超分图像进行处理，以获取待超分图像的图像特征，并将待超分图像的图像特征作为本公开实施例中的第一图像特征。

在步骤 S702 中、通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征。

在一些实施例中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理；特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合；注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征。

在步骤 S703 中、通过第四卷积层对所述第二图像特征进行处理，获取第三图像特征。

在一些实施例中，所述第四卷积层的卷积核的尺寸为 3×3 。

在步骤 S704 中、对所述第一图像特征和所述第三图像特征进行相加融合，获取第四图像特征。

在步骤 S705 中、通过第五卷积层对所述第四图像特征进行处理，获取第五图像特征。

在一些实施例中，所述第八卷积层的卷积核的尺寸为 3×3 。

在步骤 S706 中、对所述第五图像特征进行上采样获取第六图像特征。

在步骤 S707 中、根据所述第六图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

示例性的，参照图 8 所示，结合图 2 至图 6 所示，实现图 8 所示图像超分方法的图像超分网络模型（即超分网络）包括：特征提取模块 81、多级串接的特征处理模块 82、第四卷积层 83、特征融合模块 84、第五卷积层 85、上采样模块 86 以及图像重建模块 87。

图 8 所示图像超分网络模型实现图像超分的过程包括：

首先通过特征提取模块 81 对待超分图像 P_{in} 进行特征提取获取第一图像特征 F_1 ，其次通过多级串接的特征处理模块 82 对第一图像特征 F_1 进行处理获取第二图像特征 F_2 ，然后通过第四卷积层 83 对第二图像特征 F_2 进行处理获取第三图像特征 F_3 ，再通过特征融合模块 84 融合第一图像特征 F_1 和第三图像特征 F_3 获取第四图像特征 F_4 ，以及通过第五卷积层 85 对第四图像特征 F_4 进行处理获取第五图像特征 F_5 ，最后通过上采样模块 86 对第五图像特征 F_5 进行上采样获取第六图像特征 F_6 ，以及通过图像重建模块 87 根据第六图像特征 F_6 进行图像重建获取待超分图像 P_{in} 对应的超分图像 P_{out} 。

进一步的，当所述第三卷积层、所述第四卷积层以及所述第五卷积层均为卷积核尺寸为 3×3 的卷积层时，实现图 8 所示图像超分方法的图像超分网络模型可以如实现图 9 所示。

基于同一发明构思，作为对上述方法的实现，本公开实施例还提供了一种图像超分装置，该装置实施例与前述方法实施例对应，为便于阅读，本装置实施例不再对前述方法实施例中的细节内容进行逐一赘述，但应当明确，本实施例中的图像超分装置能够对应实现前述方法实施例中的全部内容。

针对超分网络的训练，相关技术中，在通过超分网络实现图像超分辨率技术之前，通常先通过图像样本数据（低分辨率图像和高分辨率图像）以及对比损失函数对构建的超分网络进行训练，以得到效果较好（重建图像特征尽可能接近高分辨率图像特征，且重建图像特征尽可能远离低分辨率图像特征）的超分网络，具体地，先通过超分网

络对低分辨率图像进行重建得到重建图像，然后通过特征提取器分别提取出高分辨率图像的特征信息，重建图像的特征信息以及低分辨率图像的特征信息，再基于高分辨率图像的特征信息，重建图像的特征信息，低分辨率图像的特征信息，以及对比损失函数计算得到的对比损失函数值对超分网络的参数进行调整，以实现超分网络的训练。

发明人发现，当前在对超分网络进行训练的过程中，通常采用了较为深层的特征提取器，然而较为深层的特征提取器提取的深层特征失去了精细准确的图像边缘和高频特征，无法正确调整超分网络的参数，因此通过超分网络重建得到的重建图像通常会产生较多的伪影，这些伪影不仅会导致重建图像失真，而且对重建图像的主观质量和客观指标峰值信噪比（**Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR**）都有较大的影响。

有鉴于此，本公开还提供了一种超分网络参数调整、装置、系统等，下面进行描述。

首先，图 10 为本公开实施例示出的一种可能的超分网络参数调整系统。如图 10 所示，该超分网络参数调整系统包括超分网络、上采样单元、特征提取器、对比损失函数值计算单元以及参数调整单元，该系统还可以包括其他的单元，如其他损失函数单元，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。其中，超分网络用于对低分辨率图像进行重建，得到预设分辨率的重建图像，上采样单元用于对低分辨率图像进行上采样，得到预设分辨率的上采样图像，特征提取器用于分别提取重建图像的特征信息、高分辨率图像（高分辨率图像的分辨率为预设分辨率）的特征信息和上采样图像的特征信息，对比损失函数值计算单元用于基于重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，以及对比损失函数，计算对比损失函数值，然后参数调整单元用于基于对比损失函数值确定对超分网络的参数调整方案，并对超分网络的参数进行调整，以得到效果更好的超分网络。

本公开实施例中的电子设备可以为手机、平板电脑、笔记本电脑、掌上电脑、车载电子设备、超级移动个人计算机（**ultra-mobile personal computer, UMPC**）、上网本、个人数字助理（**personal digital assistant, PDA**）、个人计算机（**personal computer, PC**）等；本公开实施例不作具体限定。

本公开实施例提供的超分网络参数调整方法的执行主体可以为上述的电子设备，也可以为该电子设备中能够实现该超分网络参数调整方法的功能模块和/或功能实体，具体的可以根据实际使用需求确定，本公开实施例不作限定。

下面结合附图，通过具体的实施例及其应用场景对本公开实施例提供的超分网络

参数调整方法进行详细地说明。

如图 11 所示，本公开实施例提供一种超分网络参数调整方法，该方法可以包括下述的步骤 S1101 至步骤 S1103。

在步骤 S1101 中，通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息。

在一些实施例中，该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该卷积激活模块由卷积层和激活函数组成。

在一些实施例中，该特征提取器还可以包括其他不会改变分辨率的算子，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。

在一些实施例中，该特征提取器由至少一个卷积激活模块组成，每个卷积激活模块由一个卷积层和一个激活函数组成。

在一些实施例中，该特征提取器由至少一个卷积激活模块串联组成。

在一些实施例中，每个卷积激活模块由至少一个卷积层和至少一个激活函数组成，不同的卷积激活模块包括的卷积层数量可以相同，也可以不相同，不同的卷积激活模块包括的激活函数的数量可以相同，也可以不相同；具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。

示例性地，如图 13 所示，该特征提取器由 2 个卷积激活模块串联组成，一个卷积激活模块由一个卷积层和一个激活模块组成，图中虚线框指示的部分为一个卷积激活模块。

本公开实施例中，由于该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该特征提取器中不存在改变分辨率的算子，例如 `conv_s2`，`max_pooling`，`avg_pooling` 等，因此特征提取器在对第一重建图像、高分辨率图像和上采样图像进行特征提取的过程中一直保持了高分辨率，没有做下采样，所以得到的第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息均没有特征损失，如此，可以提取出精细准确的图像边缘和低频特征，进而使得基于该特征提取器提取到的第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息得到的对比损失函数值，可以正确地调整超分网络的参数，进而通过调整后的超分网络重建得到的第二重建图像不会产生较多的伪影，也就不会因伪影导致第二重建图像失真，而且可以提升第二重建图像的主观质量和客观指标峰值信噪比。

在一些实施例中，至少一个卷积激活模块中的每个卷积激活模块的卷积层可以相

同，该每个卷积激活模块的卷积层也可以不相同，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。

本公开实施例中，每个卷积激活模块的卷积层相同，可以使特征提取器的结构简单，便于进行特征提取，而且可以提取出精细准确的图像边缘和高频特征。

在一些实施例中，该每个卷积激活模块的卷积层相同，该每个卷积激活模块的卷积层的卷积核为 3×3 ，通道数为 64。

可以理解，每个卷积层的卷积核也可以为其他值，通道数也可以为其他值，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。

本公开实施例中，该每个卷积激活模块的卷积层的卷积核为 3×3 ，通道数为 64，可以使特征提取器的结构简单，便于进行特征提取，而且可以提取出精细准确的图像边缘和高频特征。

在一些实施例中，第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为该超分网络的训练样本图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，该上采样图像为对该低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，第一重建图像、该高分辨率图像与该上采样图像具有相同的分辨率。

可以理解，第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的预设分辨率的图像，该高分辨率图像为与该低分辨率图像对应的该预设分辨率的样本图像，该上采样图像为对该低分辨率图像进行上采样处理得到的该预设分辨率的图像。

可以理解，第一重建图像、高分辨率图像和上采样图像的分辨率均为预设分辨率，低分辨率图像的分辨率低于预设分辨率。

低分辨率图像和高分辨率图像的分辨率不同，但是展示的视觉内容（图像画面、图像内容）相同。

在一些实施例中，可以对本公开实施例中提供的特征提取器进行训练，也可以不对本公开实施例中提供的特征提取器进行训练，若不进行训练，特征提取器中的所有权重采用随机初始化即可。

本公开实施例中，无需对特征提取器进行训练，所有的权重采用随机初始化即可，一方面该特征提取器能够提取出精细准确的图像边缘和高频特征，基于该高频特征提取器的对比损失函数能够在训练过程中提供更加精确的监督信息，正确有效的引导对超分网络的训练过程，极大的减少重建图像的伪影并提高重建图像质量；另一方面，

该特征提取器无需训练，可以节约对特征提取器训练过程，提高超分网络的训练效率。

在一些实施例中，该上采样处理为双三次插值处理。

在一些实施例中，上采样处理也可以为最近邻插值、双线性插值、转置卷积等，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。

本公开实施例中，基于双三次插值处理得到的上采样图像通过低分辨率图像的本身内容提高图像的分辨率，并没有引入更多信息，如此通过特征提取器对上采样图像进行特征提取得到的特征信息更接近低分辨率图像的特征信息，如此可以计算得到比较准确地对比损失函数值，进而可以基于对比损失函数值正确地调整超分网络的参数，使得通过调整后的超分网络对该低分辨率图像进行重建得到的第二重建图像的特征更接近高分辨率图像的特征，同时更远离低分辨率图像的特征。

在步骤 S1102 中，基于第一重建图像的特征信息、该高分辨率图像的特征信息和该上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于第一重建图像的第一对比损失函数值。

在一些实施例中，该对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，第一差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第二差异项用于表征该上采样图像与该高分辨率图像的差异。

可以理解，基于该对比损失函数计算得到的对比损失函数值越小，基于该超分网络得到的重建图像的效果越好，也就是重建图像的特征越接近高分辨率图像的特征，越远离低分辨率图像的特征。

本公开实施例中，该对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，可以使对超分网络的训练过程更加稳定，重建图像的效果更好。

在一些实施例中，第一差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第二差异项为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离。

L1 距离为曼哈顿距离（Manhattan Distance），即两个图像的特征信息中的对应像素点的像素值的差值的绝对值之和，公式为：

$$d_{L1} = \sum_{P=1}^K |I_1^P - I_2^P| \quad (5)$$

其中， d_{L1} 为图像 1 的特征信息与图像 2 的特征信息的 L1 距离， I_1^P 为图像 1 的特征信息中的第 P 个像素点的像素值， I_2^P 为图像 2 的特征信息中的第 P 个像素点的像素

值, K 为图像 1 的特征信息和图像 2 的特征信息中的像素点个数。

相应地, 对比损失函数的公式为:

$$\text{contrastive_loss} = \frac{L1(\phi(\text{anchor}), \phi(\text{positive}))}{L1(\phi(\text{positive}), \phi(\text{negative}))} \quad (6)$$

其中, anchor 表示第一重建图像, $\phi(\text{anchor})$ 表示第一重建图像的特征信息, positive 表示高分辨率图像, $\phi(\text{positive})$ 表示高分辨率图像的特征信息, negative 表示上采样图像, $\phi(\text{negative})$ 表示上采样图像的特征信息; $L1(\phi(\text{anchor}), \phi(\text{positive}))$ 表示第一差异项, $L1(\phi(\text{positive}), \phi(\text{negative}))$ 表示第二差异项。

本公开实施例中, 第一差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 $L1$ 距离; 第二差异项为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 $L1$ 距离, 可以使对超分网络的训练过程更加稳定, 重建图像的效果更好。

本公开实施例中, 设计了一种高频特征提取器, 以及上述对比损失函数, 这种特征提取器能够提取出精细准确的高频特征, 基于这种高频特征的上述对比损失函数能够在训练过程中提供更加精确的监督信息, 正确有效的引导对超分网络的训练过程, 极大的减少重建图像的伪影并提高重建图像质量。

在一些实施例中, 第一差异项可以为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 $L2$ 距离; 第二差异项可以为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 $L2$ 距离。

其中, $L2$ 距离为欧氏距离, 即两个图像的特征信息中的对应像素点的像素值的差值的平方和再开根号, 公式为:

$$d_{L2} = \sqrt{\sum_{P=1}^K (I_1^P - I_2^P)^2} \quad (7)$$

其中, d_{L2} 为图像 1 的特征信息与图像 2 的特征信息的 $L2$ 距离, I_1^P 为图像 1 的特征信息中的第 P 个像素点的像素值, I_2^P 为图像 2 的特征信息中的第 P 个像素点的像素值, K 为图像 1 的特征信息和图像 2 的特征信息中的像素点个数。

相应地, 对比损失函数的公式为:

$$\text{contrastive_loss} = \frac{L2(\phi(\text{anchor}), \phi(\text{positive}))}{L2(\phi(\text{positive}), \phi(\text{negative}))} \quad (8)$$

其中, anchor 表示第一重建图像, $\phi(\text{anchor})$ 表示第一重建图像的特征信息, positive 表示高分辨率图像, $\phi(\text{positive})$ 表示高分辨率图像的特征信息, negative 表示上采样图像, $\phi(\text{negative})$ 表示上采样图像的特征信息; $L2(\phi(\text{anchor}), \phi(\text{positive}))$ 表示第一差异项,

$L2(\phi(positive), \phi(negative))$ 表示第二差异项。

本公开实施例中，第一差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L2 距离；第二差异项为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L2 距离，可以使对超分网络的训练过程更加稳定，重建图像的效果更好。

在一些实施例中，第一差异项还可以为其他表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异的公式，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。第二差异项还可以为其他表征该高分辨率图像与该低分辨率图像的差异的公式，具体可以根据实际情况确定，

在一些实施例中，该对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，第三差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第四差异项用于表征第一重建图像与该上采样图像的差异。

可以理解，基于该对比损失函数计算得到的对比损失函数值越小，基于该超分网络得到的重建图像的效果越好，也就是重建图像的特征越接近高分辨率图像的特征，越远离低分辨率图像的特征。

本公开实施例中，该对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，可以使对超分网络的训练过程更加稳定，重建图像的效果更好。

在一些实施例中，第三差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第四差异项为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L1 距离。

其中，对 L1 距离的描述可以参考上述对 L1 距离的相关描述，此处不再赘述。

相应地，对比损失函数的公式为：

$$contrastive_loss = \frac{L1(\phi(anchor), \phi(positive))}{L1(\phi(anchor), \phi(negative))} \quad (9)$$

其中， $anchor$ 表示第一重建图像， $\phi(anchor)$ 表示第一重建图像的特征信息， $positive$ 表示高分辨率图像， $\phi(positive)$ 表示高分辨率图像的特征信息， $negative$ 表示上采样图像， $\phi(negative)$ 表示上采样图像的特征信息； $L1(\phi(anchor), \phi(positive))$ 表示第三差异项， $L1(\phi(anchor), \phi(negative))$ 表示第四差异项。

本公开实施例中，第三差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第四差异项为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L1 距离，可以使对超分网络的训练过程更加稳定，重建图像的效果更好。

在一些实施例中，第三差异项可以为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像

的特征信息的 L2 距离；第四差异项可以为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L2 距离。

其中，对 L2 距离的描述可以参考上述对 L2 距离的相关描述，此处不再赘述。

相应地，对比损失函数的公式为：

$$contrastive_loss = \frac{L2(\phi(anchor), \phi(positive))}{L2(\phi(anchor), \phi(negative))} \quad (10)$$

其中，*anchor* 表示第一重建图像， $\phi(anchor)$ 表示第一重建图像的特征信息，*positive* 表示高分辨率图像， $\phi(positive)$ 表示高分辨率图像的特征信息，*negative* 表示上采样图像， $\phi(negative)$ 表示上采样图像的特征信息； $L2(\phi(anchor), \phi(positive))$ 表示第三差异项， $L2(\phi(anchor), \phi(negative))$ 表示第四差异项。

本公开实施例中，第三差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L2 距离；第四差异项为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L2 距离，可以使对超分网络的训练过程更加稳定，重建图像的效果更好。

在一些实施例中，第三差异项还可以为其他表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异的公式，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。第四差异项还可以为其他表征第一重建图像与该低分辨率图像的差异的公式，具体可以根据实际情况确定，

在一些实施例中，该对比损失函数还可以为其他地公式，具体可以根据实际情况确定，此处不做限定。

在步骤 S1103 中，基于第一对比损失函数值，调整该超分网络的参数，以便通过该调整后的超分网络对该低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值。

其中，获得第二对比损失函数值的过程可以参考上述步骤 S1101 至步骤 S1102 中获得第一对比损失函数值的过程，此处不再赘述。

可以理解，基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值，从而第二重建图像与该高分辨率图像的差异，小于第一重建图像与该高分辨率图像的差异，且第二重建图像与低分辨率图像的差异，大于第一重建图像与低分辨率图像的差异，也就是说，相比于第一重建图像，第二重建图像的特征更接近高分辨率图像的特征，更远离低分辨率图像的特征。说明基于第一对比损失函数值对超分网络进行调整后，使得调整后的超分网络的重建图像效果更好。

可以理解，基于第二重建图像重新执行上述步骤 S1101 至步骤 S1102（在执行过

程中，用第二重建图像替换第一重建图像）得到的基于第二重建图像的对比损失函数值，若基于第二重建图像的对比损失函数值小于或等于预设阈值，则超分网络训练完成，否则重新执行上述步骤 S1103，得到新的调整后的超分网络，然后重复执行上述步骤 S1101 至步骤 S1103，直至得到的对比损失函数值小于或等于预设阈值，超分网络训练完成，否则继续训练。

本公开实施例提供的技术方案与现有技术相比具有如下优点：本公开实施例中，通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该卷积激活模块由卷积层和激活函数组成；基于第一重建图像的特征信息、该高分辨率图像的特征信息和该上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于第一重建图像的第一对比损失函数值；基于第一对比损失函数值，调整该超分网络的参数，基于调整后的超分网络对低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值。由于该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该特征提取器中不存在改变分辨率的算子，因此特征提取器在对第一重建图像、高分辨率图像和上采样图像进行特征提取的过程中一直保持了高分辨率，没有做下采样，所以得到的第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息均没有特征损失，如此，可以提取出精细准确的图像边缘和高频特征，进而使得基于该特征提取器提取到的第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息得到的对比损失函数值，可以正确地调整超分网络的参数，进而通过调整后的超分网络重建得到的第二重建图像不会产生较多的伪影，也就不会因伪影导致第二重建图像失真，而且可以提升第二重建图像的主观质量和客观指标峰值信噪比。

本公开实施例提供了一种图像超分装置，图 12 为该图像超分装置的结构示意图，如图 12 所示，该图像超分装置 120 包括：特征提取模组 121，特征处理模组 122，图像重建模组 123。

特征提取模组 121 用于对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征。

特征处理模组 122 用于通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征，其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输入特征进行

相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

图像重建模组 123 用于根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

在一些实施例中，所述特征处理模块还包括：通道数调节单元；

所述通道数调节单元用于在所述注意力单元对所述特征融合单元的输出特征进行处理之前，将所述特征融合单元的输出特征调节为与所述第一图像特征通道数相同的特征。

在一些实施例中，所述特征处理模组 102，具体用于通过多级串接的所述特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

在一些实施例中，所述第一激活函数层的激活函数为线性整流函数 ReLU 函数。

在一些实施例中，所述通道数调节单元，包括：第二卷积层；

其中，所述第二卷积层的卷积核的尺寸为 1×1 。

在一些实施例中，所述特征提取模组 101，具体用于通过第三卷积层对所述待超分图像进行卷积处理，以获取所述第一图像特征。

在一些实施例中，所述图像重建模组 103，具体用于通过第四卷积层对所述第二图像特征进行处理，获取第三图像特征；对所述第一图像特征和所述第三图像特征进行相加融合，获取第四图像特征；通过第五卷积层对所述第四图像特征进行处理，获取第五图像特征；对所述第五图像特征进行上采样获取第六图像特征；根据所述第六图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

本实施例提供的图像超分装置可以执行上述方法实施例提供的图像超分方法，其实现原理与技术效果类似，此处不再赘述。

本公开还提供一种超分网络参数调整装置。图 14 为本公开实施例示出的一种超分网络参数调整装置的结构框图，如图 14 所示，包括：特征提取模块 141，计算模块 142 和调整模块 143；该特征提取模块 141，用于通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，该特征提取器包括至少一个卷积激活模块，该卷积激活模块由卷积层和激活函数组成，第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为该超分网络的训练样本图像，该高分辨率图像与该低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，该上采样图像为对该低分辨率图像进行上采样处理得到

的图像，第一重建图像、该高分辨率图像与该上采样图像具有相同的分辨率；该计算模块 142，用于基于该特征提取模块提取的第一重建图像的特征信息、该高分辨率图像的特征信息和该上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于第一重建图像的第一对比损失函数值；该调整模块 143，用于基于该计算模块得到的第一对比损失函数值，调整该超分网络的参数，以便通过该调整后的超分网络对该低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值。

在一些实施例中，该至少一个卷积激活模块中的每个卷积激活模块的卷积层相同。

在一些实施例中，该至少一个卷积激活模块串联连接。

在一些实施例中，该上采样处理为双三次插值处理。

在一些实施例中，该对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，第一差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第二差异项用于表征该上采样图像与该高分辨率图像的差异。

在一些实施例中，第一差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第二差异项为该上采样图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离。

在一些实施例中，该对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，第三差异项用于表征第一重建图像与该高分辨率图像的差异，第四差异项用于表征第一重建图像与该上采样图像的差异。

在一些实施例中，第三差异项为第一重建图像的特征信息与该高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；第四差异项为第一重建图像的特征信息与该上采样图像的特征信息的 L1 距离。

本公开实施例中，各模块可以实现上述方法实施例提供的超分网络参数调整方法，且能达到相同的技术效果，为避免重复，这里不再赘述。

本公开实施例还提供了一种电子设备。图 15 为本公开实施例提供的电子设备的结构示意图，如图 15 所示，本实施例提供的电子设备包括：存储器 151 和处理器 152，所述存储器 151 用于存储计算机程序；所述处理器 152 用于在调用计算机程序时执行上述实施例提供的图像超分方法和/或超分网络参数调整方法。

图 16 为本公开另一些实施例提供的一种电子设备的结构示意图，用于对实现本公开实施例中任意超分网络参数调整方法的电子设备进行示例性说明，不应理解为对

本公开实施例的具体限定。

如图 16 所示，电子设备 160 可以包括处理器（例如中央处理器、图形处理器等）161，其可以根据存储在只读存储器（ROM）162 中的程序或者从存储装置 168 加载到随机访问存储器（RAM）163 中的程序而执行各种适当的动作和处理。在 RAM 163 中，还存储有电子设备 160 操作所需的各种程序和数据。处理器 161、ROM 162 以及 RAM 163 通过总线 164 彼此相连。输入/输出（I/O）接口 165 也连接至总线 164。

通常，以下装置可以连接至 I/O 接口 165：包括例如触摸屏、触摸板、键盘、鼠标、摄像头、麦克风、加速度计、陀螺仪等的输入装置 166；包括例如液晶显示器（LCD）、扬声器、振动器等的输出装置 167；包括例如磁带、硬盘等的存储装置 168；以及通信装置 169。通信装置 169 可以允许电子设备 160 与其他设备进行无线或有线通信以交换数据。虽然示出了具有各种装置的电子设备 160，但是应理解的是，并不要求实施或具备所有示出的装置。可以替代地实施或具备更多或更少的装置。

特别地，根据本公开的实施例，上文参考流程图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如，本公开的实施例包括一种计算机程序产品，其包括承载在非暂态计算机可读介质上的计算机程序，该计算机程序包含用于执行流程图所示的方法的程序代码。在这样的实施例中，该计算机程序可以通过通信装置 169 从网络上被下载和安装，或者从存储装置 168 被安装，或者从 ROM 162 被安装。在该计算机程序被处理器 161 执行时，可以执行本公开实施例提供的任意超分网络参数调整方法中限定的功能。

本公开实施例还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有计算机程序，当计算机程序被处理器执行时，使得所述计算设备实现上述实施例提供的图像超分方法和/或超分网络参数调整方法。

本公开实施例还提供了一种计算机程序产品，包括：指令，当所述指令被处理器执行时，使得所述处理器实现上述实施例提供的图像超分方法和/或超分网络参数调整方法。

本公开实施例还提供了一种计算机程序，包括：指令，当所述指令被处理器执行时，使得所述处理器实现上述实施例提供的图像超分方法和/或超分网络参数调整方法。

本领域技术人员应明白，本公开的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本公开可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本公开可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码

的计算机可用存储介质上实施的计算机程序产品的形式。

处理器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。

存储器可能包括计算机可读介质中的非永久性存储器,随机存取存储器(RAM)和/或非易失性内存等形式,如只读存储器(ROM)或闪存(flash RAM)。存储器是计算机可读介质的示例。

计算机可读介质包括永久性和非永久性、可移动和非可移动存储介质。存储介质可以由任何方法或技术来实现信息存储,信息可以是计算机可读指令、数据结构、程序的模块或其他数据。计算机的存储介质的例子包括,但不限于相变内存(PRAM)、静态随机存取存储器(SRAM)、动态随机存取存储器(DRAM)、其他类型的随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、快闪记忆体或其他内存技术、只读光盘只读存储器(CD-ROM)、数字多功能光盘(DVD)或其他光学存储、磁盒式磁带,磁盘存储或其他磁性存储设备或任何其他非传输介质,可用于存储可以被计算设备访问的信息。根据本文中的界定,计算机可读介质不包括暂存电脑可读媒体(transitory media),如调制的数据信号和载波。

在一些实施方式中,客户端、服务端可以利用诸如 HTTP (HyperText Transfer Protocol, 超文本传输协议)之类的任何当前已知或未来研发的网络协议进行通信,并且可以与任意形式或介质的数字数据通信(例如,通信网络)互连。通信网络的示例包括局域网(“LAN”),广域网(“WAN”),网际网(例如,互联网)以及端对端网络(例如,ad hoc 端对端网络),以及任何当前已知或未来研发的网络。

上述计算机可读介质可以是上述电子设备中所包含的;也可以是单独存在,而未装配入该电子设备中。

本公开还提供以下方法。

(1) 一种图像超分方法,包括:

在超分网络中,对待超分图像进行特征提取,获取第一图像特征;

通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理,获取第二图像特征;其中,所述特征处理模块包括:由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细

化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

根据所述第一图像特征和所述第二图像特征，生成所述待超分图像对应的超分图像。

(2) 根据(1)所述的图像超分方法，其中，所述特征处理模块还包括：通道数调节单元，其中，所述通道数调节单元用于在所述注意力单元对所述特征融合单元的输出特征进行处理之前，将所述特征融合单元的输出特征调节为与所述第一图像特征通道数相同的特征。

(3) 根据(2)所述的图像超分方法，其中，所述通道数调节单元包括：第二卷积层，其中，所述第二卷积层的卷积核的尺寸为 1×1 。

(4) 根据(1)-(3)任一项所述的图像超分方法，其中，所述通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征包括：

通过多级串接的所述特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

(5) 根据(1)-(4)任一项所述的图像超分方法，其中，所述第一激活函数层的激活函数为线性整流函数 ReLU 函数。

(6) 根据(1)-(5)任一项所述的图像超分方法，其中，所述对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征包括：

通过第三卷积层对所述待超分图像进行处理，以获取所述第一图像特征。

(7) 根据(1)-(6)任一项所述的图像超分方法，其中，所述根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像包括：

通过第四卷积层对所述第二图像特征进行处理，获取第三图像特征；

对所述第一图像特征和所述第三图像特征进行相加融合，获取第四图像特征；

通过第五卷积层对所述第四图像特征进行处理，获取第五图像特征；

对所述第五图像特征进行上采样获取第六图像特征；

根据所述第六图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

(8) 根据(1)-(7)任一项所述的图像超分方法，还包括：

通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，其中，所述特征提取器包括至少一个卷积激活模块，所述卷

积激活模块由卷积层和激活函数组成，所述第一重建图像为通过所述超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为所述超分网络的训练样本图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，所述上采样图像为对所述低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，所述第一重建图像、所述高分辨率图像与所述上采样图像具有相同的分辨率；

基于所述第一重建图像的特征信息、所述高分辨率图像的特征信息和所述上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于所述第一重建图像的第一对比损失函数值；

基于所述第一对比损失函数值，调整所述超分网络的参数，以便通过所述调整后的超分网络对所述低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于所述第二重建图像的第二对比损失函数值小于所述第一对比损失函数值。

(9) 根据(8)所述的图像超分方法，其中，所述至少一个卷积激活模块中的每个卷积激活模块的卷积层相同。

(10) 根据(9)所述的图像超分方法，其中，所述至少一个卷积激活模块串联连接。

(11) 根据(8)-(10)任一项所述的图像超分方法，其中，所述上采样处理为双三次插值处理。

(12) 根据(8)-(11)中任一项所述的图像超分方法，其中，所述对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，所述第一差异项用于表征所述第一重建图像与所述高分辨率图像的差异，所述第二差异项用于表征所述上采样图像与所述高分辨率图像的差异。

(13) 根据(12)所述的图像超分方法，其中，所述第一差异项为所述第一重建图像的特征信息与所述高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；

所述第二差异项为所述上采样图像的特征信息与所述高分辨率图像的特征信息的 L1 距离。

(14) 根据(8)至(13)中任一项所述的图像超分方法，其中，所述对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，所述第三差异项用于表征所述第一重建图像与所述高分辨率图像的差异，所述第四差异项用于表征所述第一重建图像与所述上采样图像的差异。

(15) 根据(14)所述的图像超分方法，其中，所述第三差异项为所述第一重建

图像的特征信息与所述高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；

所述第四差异项为所述第一重建图像的特征信息与所述上采样图像的特征信息的 L1 距离。

本公开还提供以下装置。

(16) 一种图像超分装置，包括：

特征提取模组，用于在超分网络中对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征；

特征处理模组，用于通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征，其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

图像重建模组，用于根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

(17) 根据 (16) 所述的图像超分装置，还包括：特征提取模块，计算模块和调整模块，其中：

所述特征提取模块，用于通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，所述特征提取器包括至少一个卷积激活模块，所述卷积激活模块由卷积层和激活函数组成，第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为所述超分网络的训练样本图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，所述上采样图像为对所述低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，第一重建图像、所述高分辨率图像与所述上采样图像具有相同的分辨率；

所述计算模块，用于基于所述特征提取模块提取的第一重建图像的特征信息、所述高分辨率图像的特征信息和所述上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于第一重建图像的第一对比损失函数值；

所述调整模块，用于基于所述计算模块得到的第一对比损失函数值，调整所述超分网络的参数，以便通过所述调整后的超分网络对所述低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于第二重建图像的第二对比损失函数值小于第一对比损失函数值。

(18) 一种电子设备，其中，包括：存储器和处理器，存储器用于存储计算机程序；处理器用于在运行计算机程序时执行(1)至(15)中任一项所述的图像超分方法。

(19) 一种计算机可读存储介质，其中，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行(1)至(15)中任一项所述的图像超分方法。

(20) 一种计算机程序产品，其中，所述计算机程序产品上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行(1)至(15)中任一项所述的图像超分方法。

(21) 一种计算机程序，包括：指令，所述指令被处理器执行(1)至(15)中任一项所述的图像超分方法。最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本公开的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本公开进行了详细的说明，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，或者对其中部分或者全部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公开各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求

1. 一种图像超分方法，包括：

对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征；

通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征；其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

根据所述第一图像特征和所述第二图像特征，生成所述待超分图像对应的超分图像。

2. 根据权利要求 1 所述的图像超分方法，其中，所述特征处理模块还包括：通道数调节单元，其中，所述通道数调节单元用于在所述注意力单元对所述特征融合单元的输出特征进行处理之前，将所述特征融合单元的输出特征调节为与所述第一图像特征通道数相同的特征。

3. 根据权利要求 2 所述的图像超分方法，其中，所述通道数调节单元包括：第二卷积层，其中，所述第二卷积层的卷积核的尺寸为 1×1 。

4. 根据权利要求 1-3 任一项所述的图像超分方法，其中，所述通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征包括：

通过多级串接的所述特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取所述第二图像特征。

5. 根据权利要求 1-4 任一项所述的图像超分方法，其中，所述第一激活函数层的激活函数为线性整流函数 ReLU 函数。

6. 根据权利要求 1-5 任一项所述的图像超分方法，其中，所述对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征包括：

通过第三卷积层对所述待超分图像进行处理，以获取所述第一图像特征。

7. 根据权利要求 1-6 任一项所述的图像超分方法，其中，所述根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像包括：

通过第四卷积层对所述第二图像特征进行处理，获取第三图像特征；

对所述第一图像特征和所述第三图像特征进行相加融合，获取第四图像特征；

通过第五卷积层对所述第四图像特征进行处理，获取第五图像特征；

对所述第五图像特征进行上采样获取第六图像特征；

根据所述第六图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

8. 一种超分网络参数调整方法，包括：

通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，其中，所述特征提取器包括至少一个卷积激活模块，所述卷积激活模块由卷积层和激活函数组成，所述第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为所述超分网络的训练样本图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，所述上采样图像为对所述低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，所述第一重建图像、所述高分辨率图像与所述上采样图像具有相同的分辨率；

基于所述第一重建图像的特征信息、所述高分辨率图像的特征信息和所述上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于所述第一重建图像的第一对比损失函数值；

基于所述第一对比损失函数值，调整所述超分网络的参数，以便通过所述调整后的超分网络对所述低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于所述第二重建图像的第二对比损失函数值小于所述第一对比损失函数值。

9. 根据权利要求 8 所述的超分网络参数调整方法，其中，所述至少一个卷积激活模块中的每个卷积激活模块的卷积层相同。

10. 根据权利要求 9 所述的超分网络参数调整方法，其中，所述至少一个卷积激活模块串联连接。

11. 根据权利要求 8-10 任一项所述的超分网络参数调整方法，其中，所述上采样处理为双三次插值处理。

12. 根据权利要求 8 至 11 中任一项所述的超分网络参数调整方法，其中，所述对比损失函数为第一差异项与第二差异项的比值，所述第一差异项用于表征所述第一重建图像与所述高分辨率图像的差异，所述第二差异项用于表征所述上采样图像与所述高分辨率图像的差异。

13. 根据权利要求 12 所述的超分网络参数调整方法，其中，所述第一差异项为所述第一重建图像的特征信息与所述高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；

所述第二差异项为所述上采样图像的特征信息与所述高分辨率图像的特征信息

的 L1 距离。

14. 根据权利要求 8 至 13 中任一项所述的超分网络参数调整方法，其中，所述对比损失函数为第三差异项与第四差异项的比值，所述第三差异项用于表征所述第一重建图像与所述高分辨率图像的差异，所述第四差异项用于表征所述第一重建图像与所述上采样图像的差异。

15. 根据权利要求 14 所述的超分网络参数调整方法，其中，所述第三差异项为所述第一重建图像的特征信息与所述高分辨率图像的特征信息的 L1 距离；

所述第四差异项为所述第一重建图像的特征信息与所述上采样图像的特征信息的 L1 距离。

16. 一种图像超分装置，包括：

特征提取模组，用于对待超分图像进行特征提取，获取第一图像特征；

特征处理模组，用于通过特征处理模块对所述第一图像特征进行处理，获取第二图像特征，其中，所述特征处理模块包括：由至少一组串接的第一卷积层和第一激活函数层组成的特征细化单元，用于对所述特征处理模块的输入特征进行处理，特征融合单元，用于对所述特征处理模块的输入特征和所述特征细化单元的输出特征进行相加融合，注意力单元，用于对所述特征融合单元的输出特征进行处理，获取所述特征处理模块的输出特征；

图像重建模组，用于根据所述第一图像特征和所述第二图像特征生成所述待超分图像对应的超分图像。

17. 一种超分网络参数调整装置，其中，包括：特征提取模块，计算模块和调整模块；

所述特征提取模块，用于通过特征提取器分别提取第一重建图像的特征信息、高分辨率图像的特征信息和上采样图像的特征信息，所述特征提取器包括至少一个卷积激活模块，所述卷积激活模块由卷积层和激活函数组成，所述第一重建图像为通过超分网络对低分辨率图像进行重建得到的超分图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为所述超分网络的训练样本图像，所述高分辨率图像与所述低分辨率图像为不同分辨率下相同视觉内容的图像，所述上采样图像为对所述低分辨率图像进行上采样处理得到的图像，所述第一重建图像、所述高分辨率图像与所述上采样图像具有相同的分辨率；

所述计算模块，用于基于所述特征提取模块提取的所述第一重建图像的特征信息、

所述高分辨率图像的特征信息和所述上采样图像的特征信息，计算对比损失函数，得到基于所述第一重建图像的第一对比损失函数值；

所述调整模块，用于基于所述计算模块得到的所述第一对比损失函数值，调整所述超分网络的参数，以便通过所述调整后的超分网络对所述低分辨率图像进行重建得到第二重建图像，且基于所述第二重建图像的第二对比损失函数值小于所述第一对比损失函数值。

18. 一种电子设备，其中，包括：存储器和处理器，存储器用于存储计算机程序；处理器用于在调用计算机程序时执行权利要求 1 至 7 中任一项所述的图像超分方法和/或权利要求 8 至 15 任一项所述的超分网络参数调整方法。

19. 一种计算机可读存储介质，其中，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 7 中任一项所述的图像超分方法和/或权利要求 8 至 15 任一项所述的超分网络参数调整方法。

20. 一种计算机程序产品，其中，所述计算机程序产品上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 7 中任一项所述的图像超分方法和/或权利要求 8 至 15 任一项所述的超分网络参数调整方法。

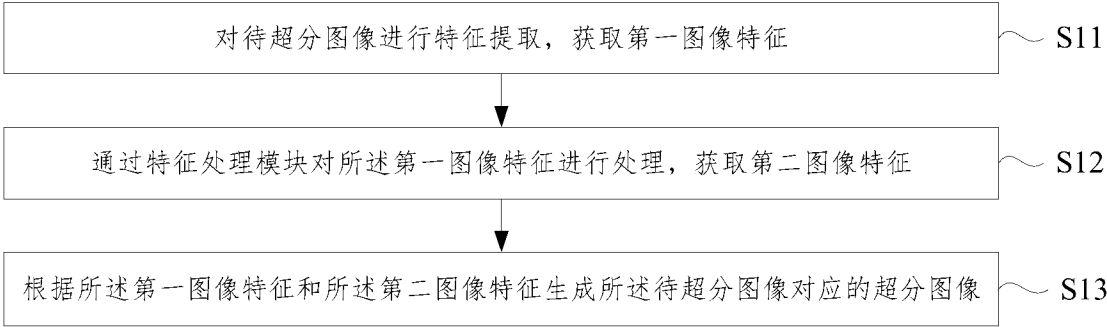


图 1

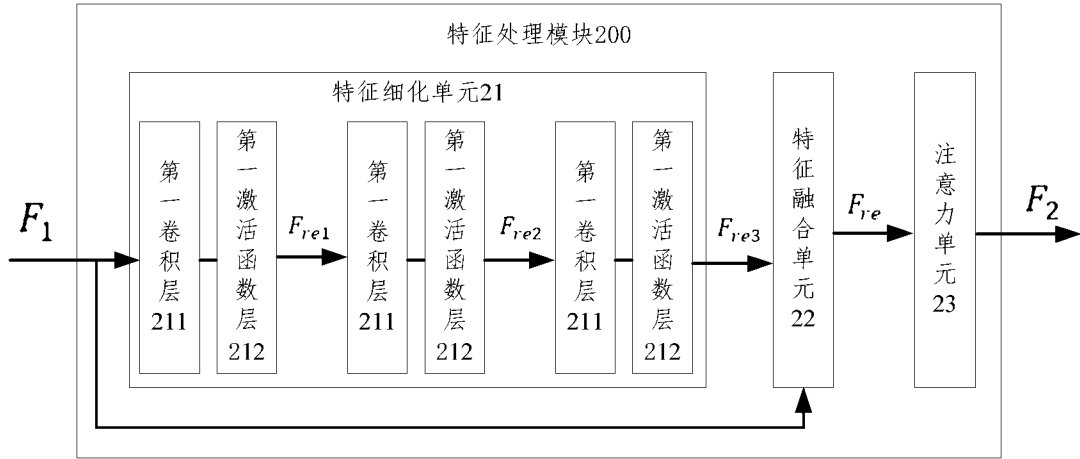


图 2

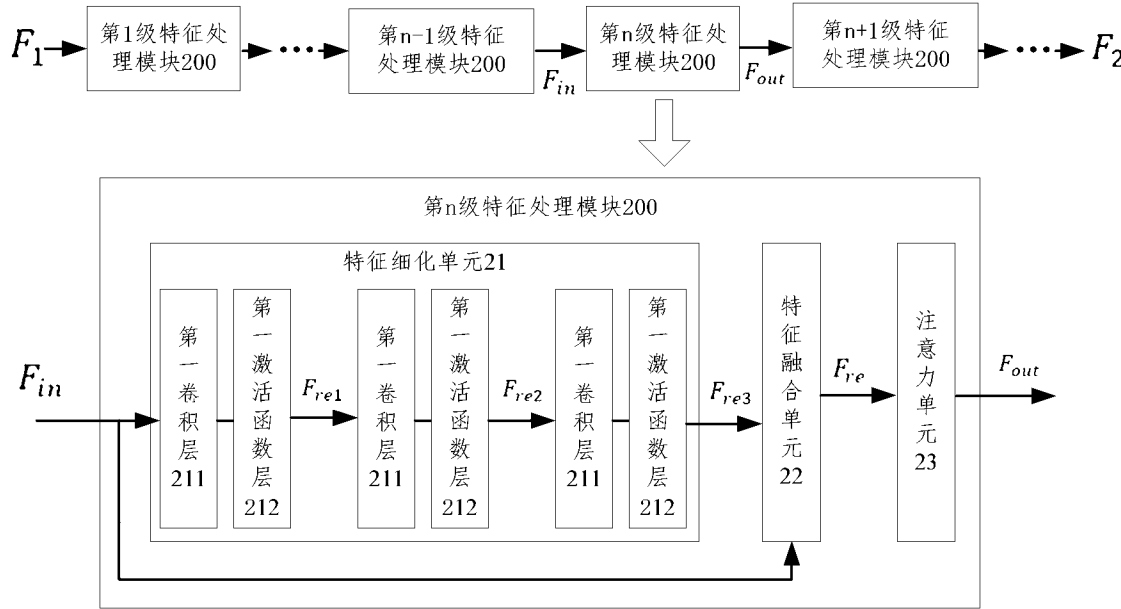


图 3

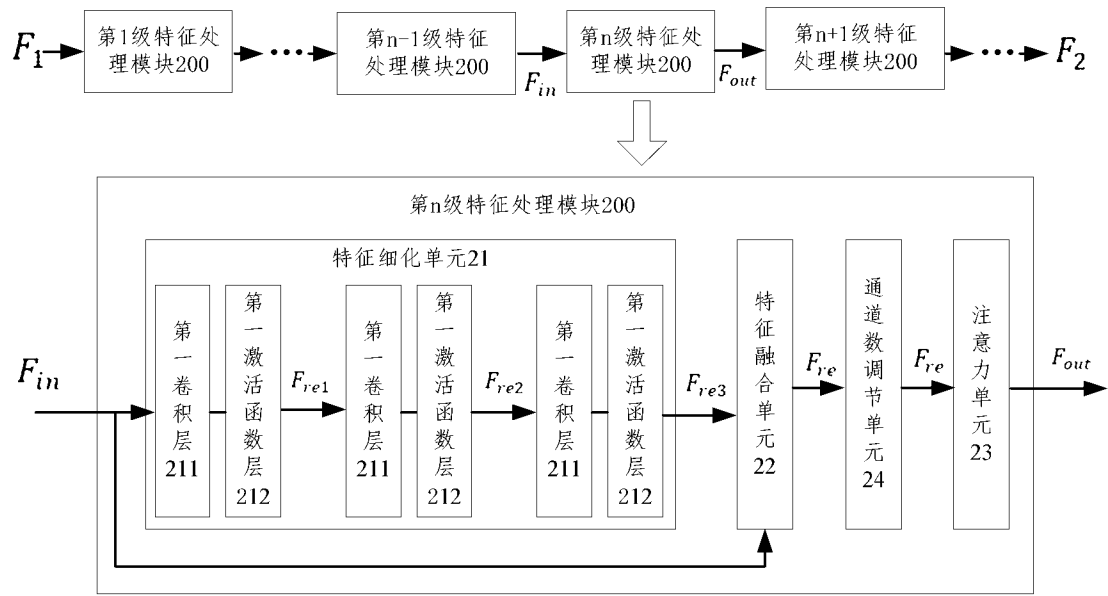


图 4

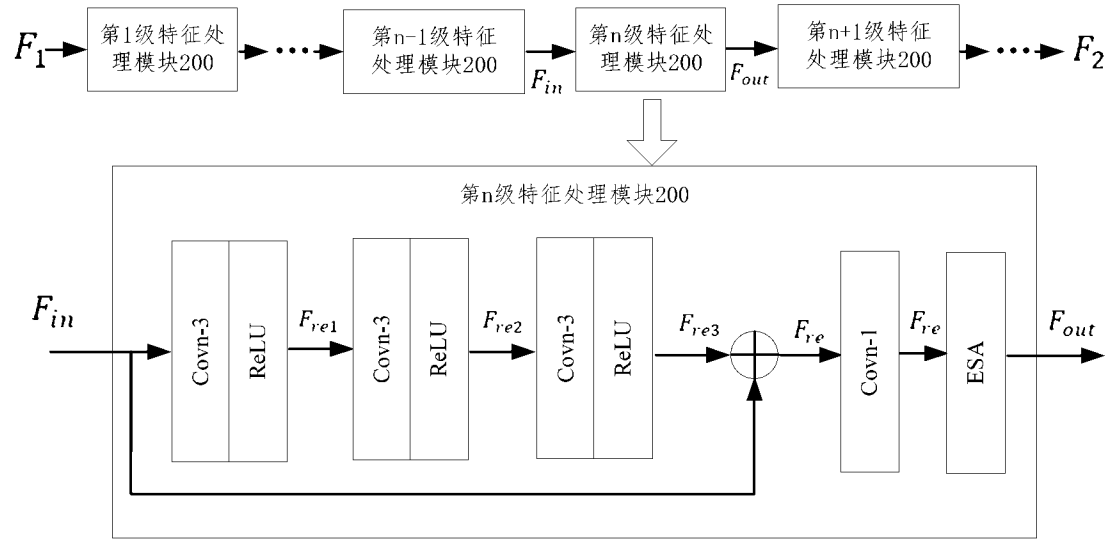


图 5

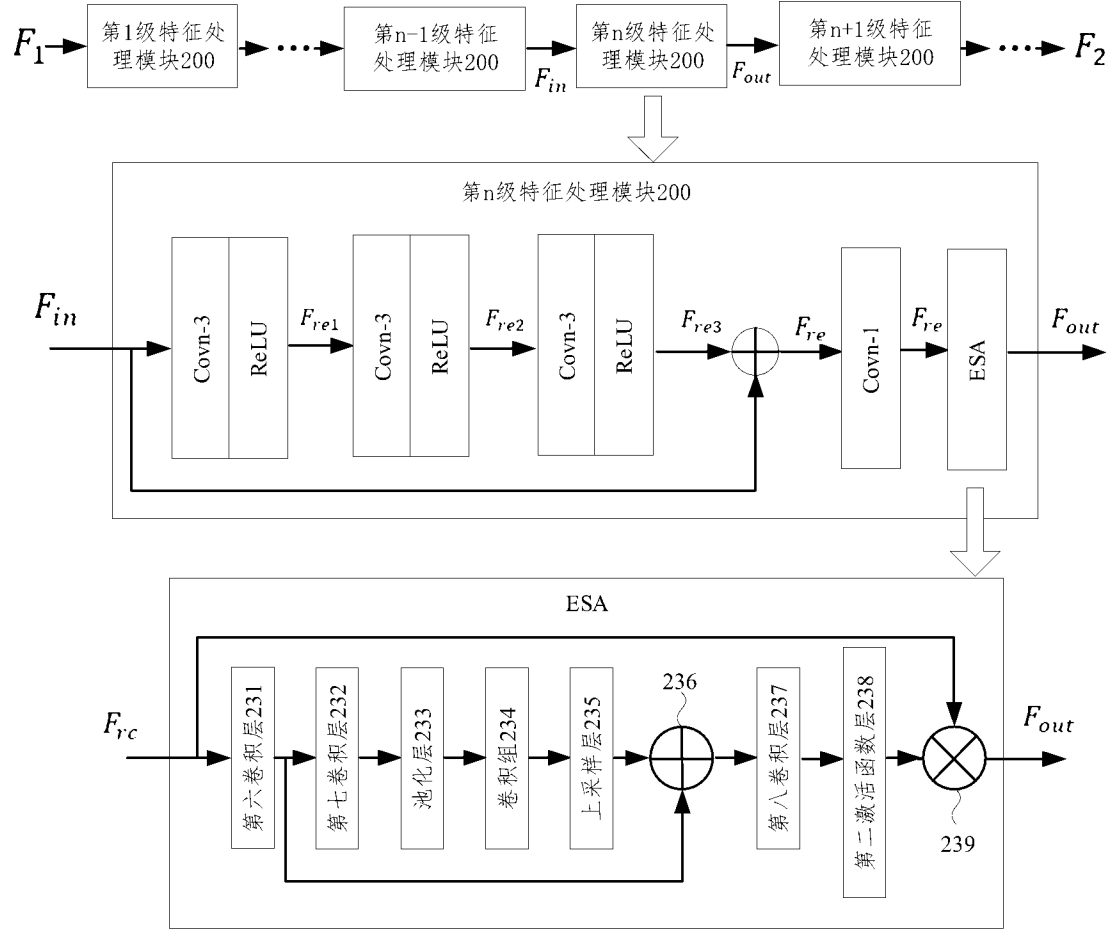


图 6

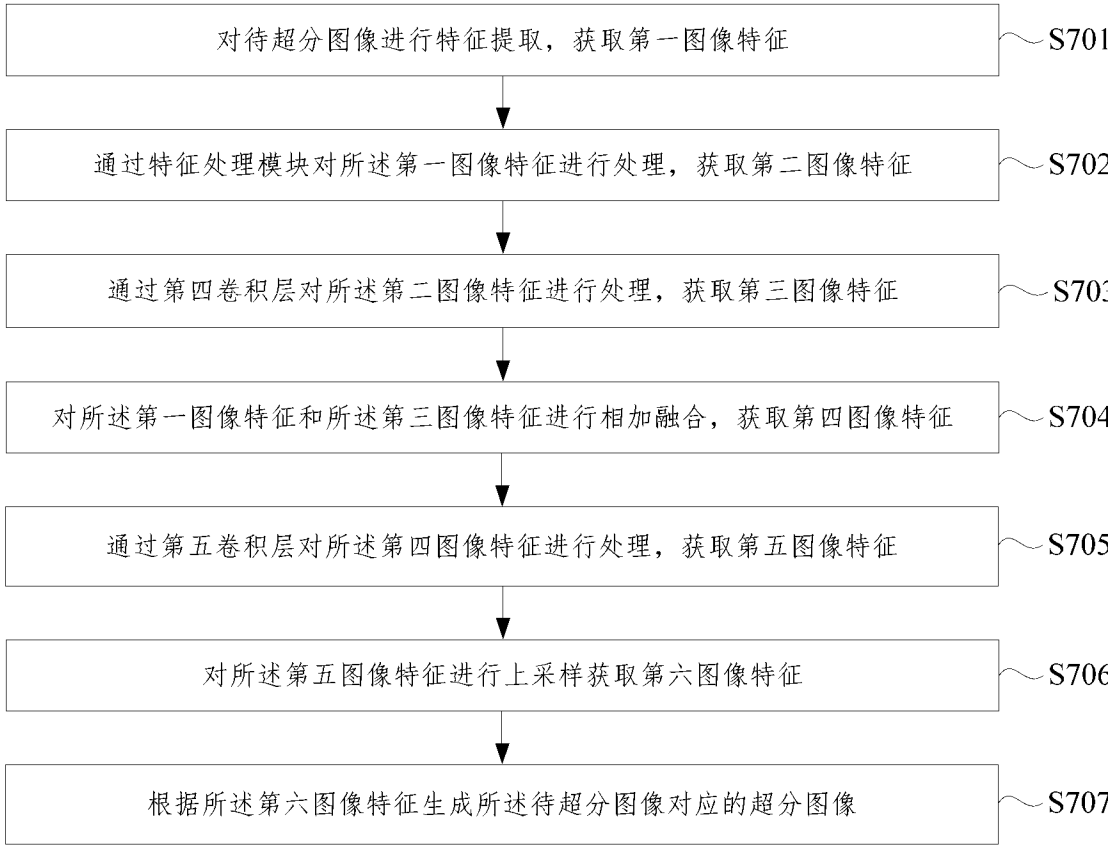


图 7

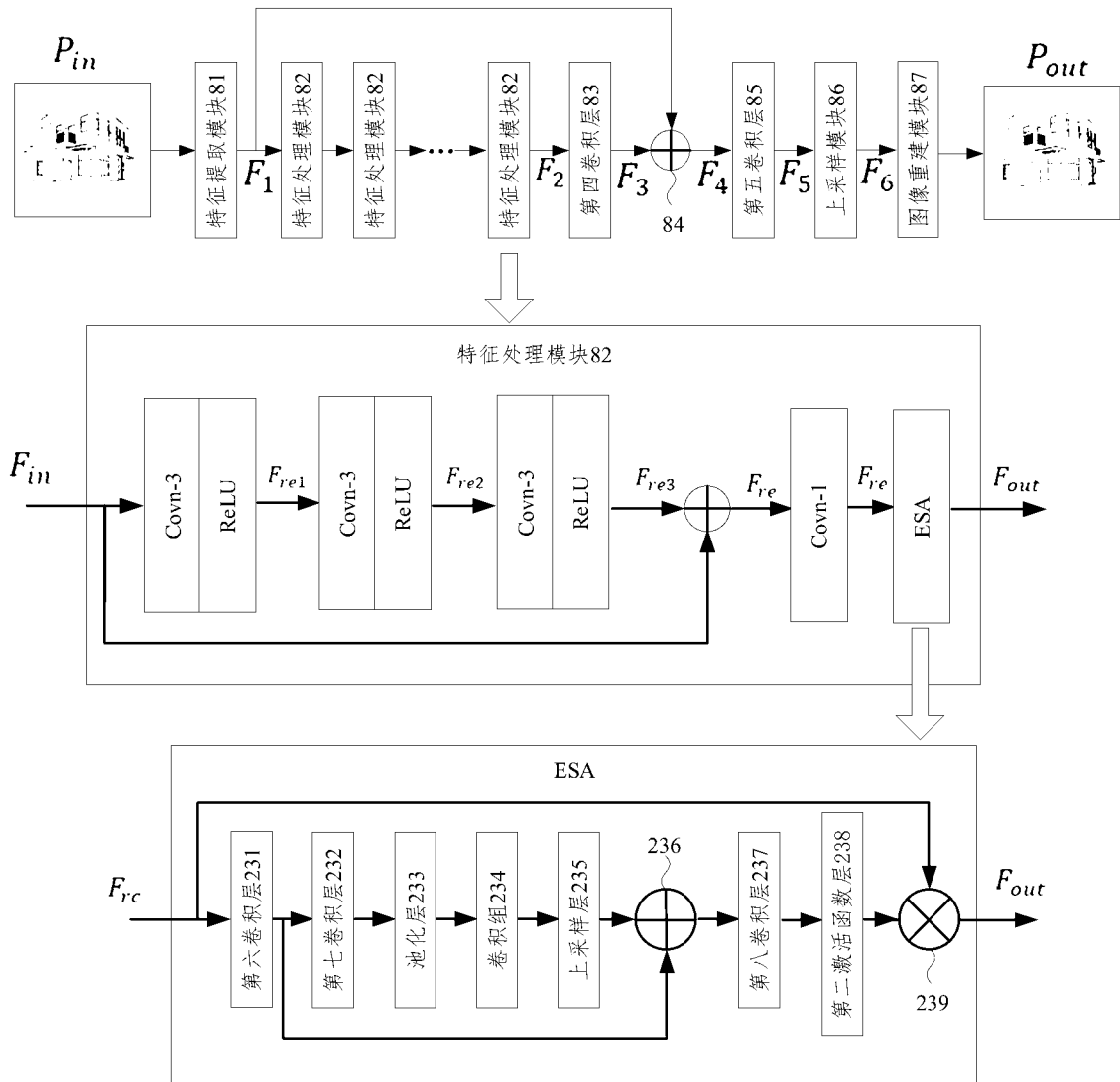


图 8

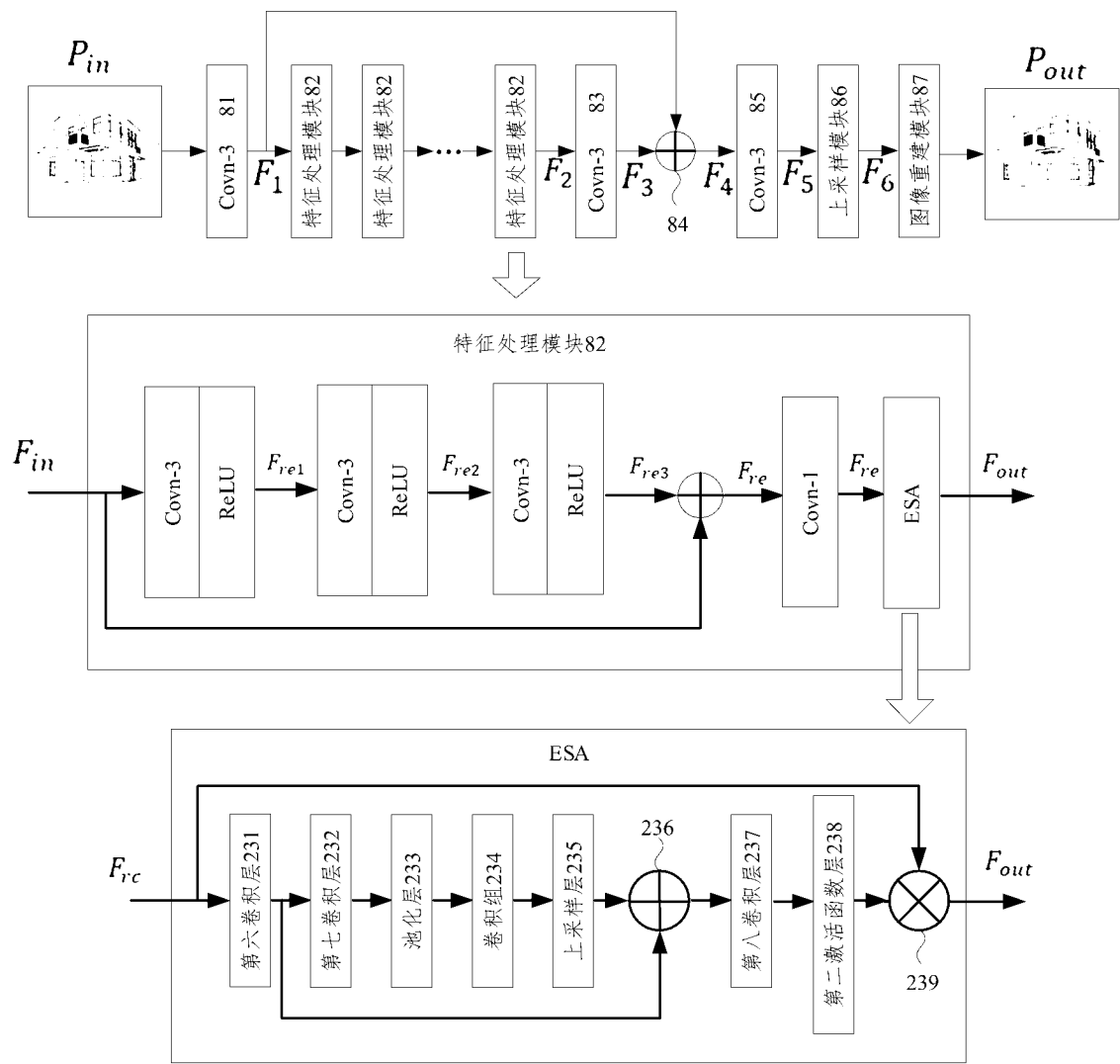


图 9

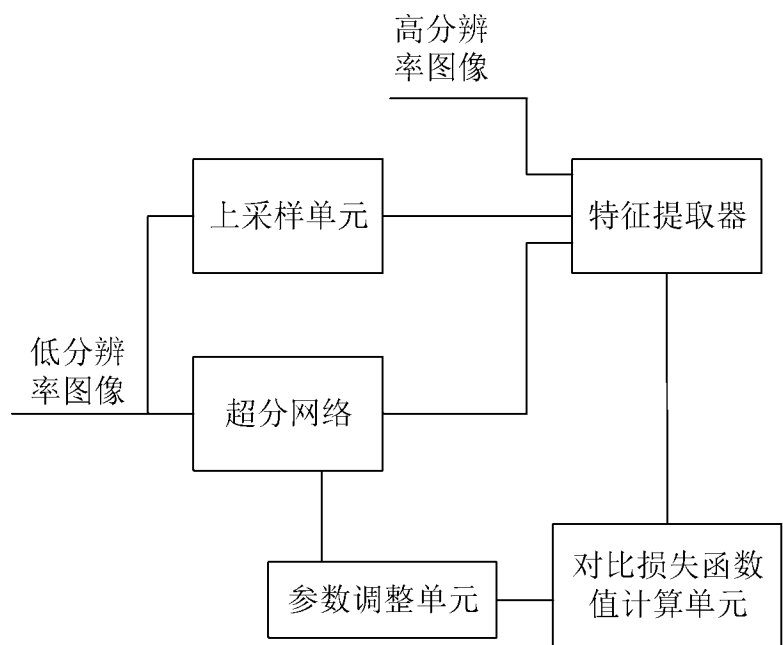


图 10

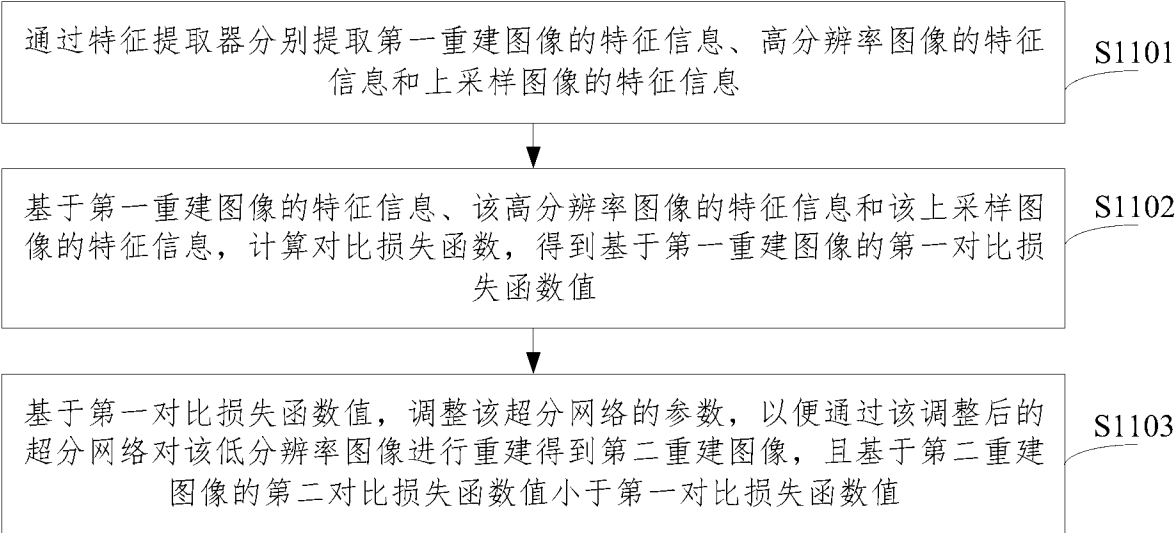


图 11

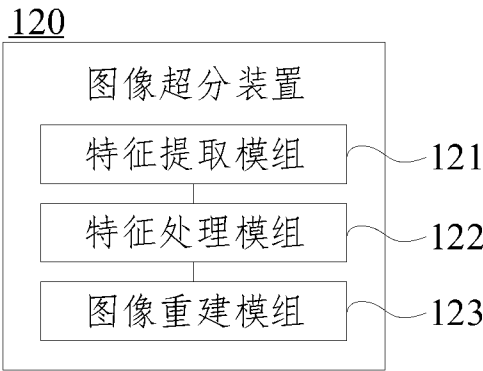


图 12

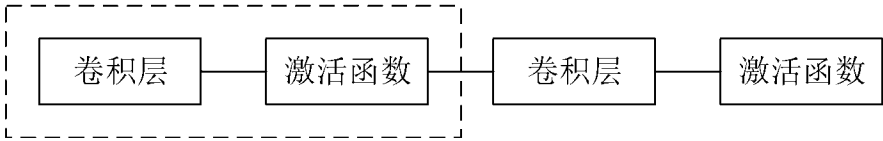


图 13

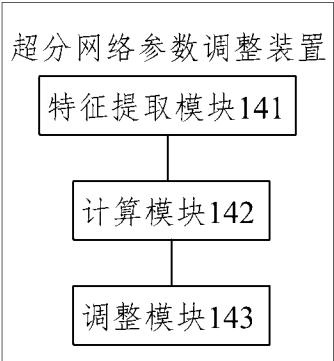


图 14

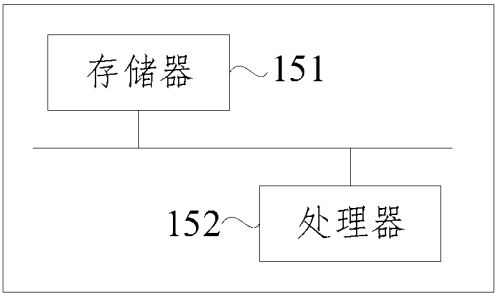


图 15

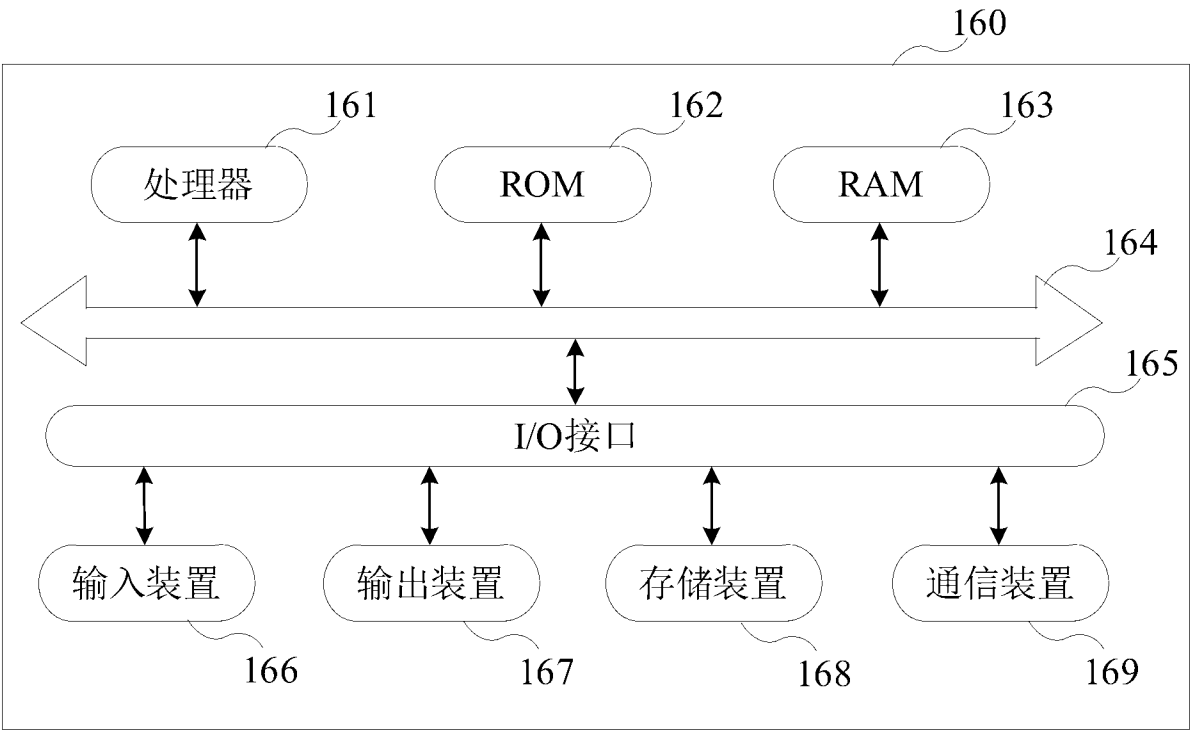


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/093880

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)

IPC: 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)

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 图像, 超分, 分辨率, 重建, 重构, 特征, 卷积, 激活函数, 注意力, 损失函数, 调整, 调节, image, super, resolution, reconstruct, feature, convolution, attention, loss, function, adjust

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114022362 A (NANJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 08 February 2022 (2022-02-08) claims 1-10, and description, paragraphs [0002]-[0004] and [0041]-[0074]	1-20
A	CN 113344794 A (TENCENT TECHNOLOGY (SHENZHEN) CO., LTD.) 03 September 2021 (2021-09-03) entire document	1-20
A	CN 111047515 A (LANZHOU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 21 April 2020 (2020-04-21) entire document	1-20
A	CN 114463183 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 10 May 2022 (2022-05-10) entire document	1-20
A	WO 2021073493 A1 (BOE TECHNOLOGY GROUP CO., LTD.) 22 April 2021 (2021-04-22) entire document	1-20



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

19 June 2023

Date of mailing of the international search report

23 June 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/093880

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114022362	A	08 February 2022	None			
CN	113344794	A	03 September 2021	HK	40051851	A1	14 April 2022
CN	111047515	A	21 April 2020	None			
CN	114463183	A	10 May 2022	None			
WO	2021073493	A1	22 April 2021	US	2022084166	A1	17 March 2022
				CN	110717851	A	21 January 2020

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) IPC: 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)) VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 图像, 超分, 分辨率, 重建, 重构, 特征, 卷积, 激活函数, 注意力, 损失函数, 调整, 调节, image, super, resolution, reconstruct, feature, convolution, attention, loss, function, adjust		
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
A	CN 114022362 A (南京邮电大学) 2022年2月8日 (2022 - 02 - 08) 权利要求1-10, 说明书第[0002]-[0004], [0041]-[0074]段	1-20
A	CN 113344794 A (腾讯科技 (深圳) 有限公司) 2021年9月3日 (2021 - 09 - 03) 全文	1-20
A	CN 111047515 A (兰州理工大学) 2020年4月21日 (2020 - 04 - 21) 全文	1-20
A	CN 114463183 A (中南大学) 2022年5月10日 (2022 - 05 - 10) 全文	1-20
A	WO 2021073493 A1 (京东方科技集团股份有限公司) 2021年4月22日 (2021 - 04 - 22) 全文	1-20
☐ 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2023年6月19日		国际检索报告邮寄日期 2023年6月23日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 王莹 电话号码 (+86) 010-53961411

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/093880

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	114022362	A	2022年2月8日	无			
CN	113344794	A	2021年9月3日	HK	40051851	A1	2022年4月14日
CN	111047515	A	2020年4月21日	无			
CN	114463183	A	2022年5月10日	无			
WO	2021073493	A1	2021年4月22日	US	2022084166	A1	2022年3月17日
				CN	110717851	A	2020年1月21日