

(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



(10) 国际公布号

WO 2020/118830 A1

(43) 国际公布日

2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)

(51) 国际专利分类号:

G06T 3/40 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2019/071173

(22) 国际申请日:

2019 年 1 月 10 日 (10.01.2019)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

201811519177.7 2018 年 12 月 12 日 (12.12.2018) 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: 胡战利 (HU, Zhanli); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 梁栋 (LIANG, Dong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 谷佩键 (GU, Peijian); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑

大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 杨永峰 (YANG, Yongfeng); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 刘新 (LIU, Xin); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 郑海荣 (ZHENG, Hairong); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳智趣知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENZHEN IPLUS INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市福田区梅林街道梅都社区梅林路 48 号理想公馆 2427, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) Title: DICTIONARY TRAINING AND IMAGE SUPER-RESOLUTION RECONSTRUCTION METHOD, SYSTEM AND DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 字典训练及图像超分辨率重建方法、系统、设备及存储介质

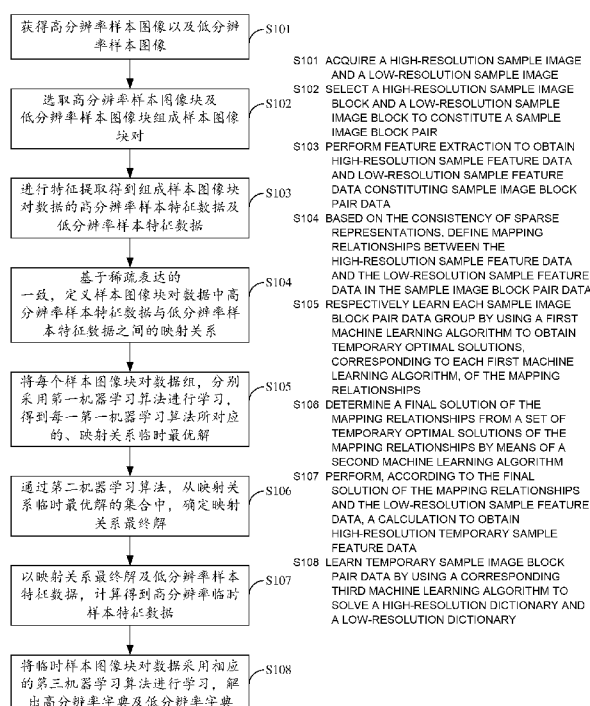


图 1

(57) Abstract: Provided are a dictionary training and image super-resolution reconstruction method, system and device, and a storage medium. The method comprises: after a low-resolution image to be processed is acquired, performing image super-resolution reconstruction on same by using an acquired high-resolution and low-resolution dictionaries to obtain a high-resolution imaged image, involving: defining mapping relationships between corresponding high-resolution and low-resolution sample feature data and performing machine learning on same; performing machine learning classification screening on the obtained multiple mapping relationships to obtain a final mapping relationship; and performing machine learning by using the final mapping relationship to obtain corresponding high-resolution and low-resolution dictionaries. In this way, a low-resolution imaged image obtained through low-radiation-dose and short-CT-time imaging can be used for reconstruction to obtain a high-resolution image, and the occurrence of artifacts caused by the movement of a patient can be reduced, thereby achieving rapid scanning while also ensuring the quality of a CT image, and reducing the radiation dose.

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: 一种字典训练及图像超分辨重建方法、系统、设备及存储介质, 该方法包括: 获得低分辨率待处理图像后, 利用所获取的高、低分辨率字典对其进行图像超分辨重建, 得到高分辨率成像图像, 其中涉及: 通过定义并机器学习相应的高、低分辨率样本特征数据之间的映射关系; 对得到的多个映射关系进行机器学习分类筛选, 得到一个最终的映射关系; 以该最终的映射关系进行机器学习, 得到相应的高、低分辨率字典。这样, 可采用低辐射剂量、短CT时间成像得到的低分辨率成像图像, 重建得到高分辨率图像, 可减少因病人运动而引起的伪影现象的发生, 从而在保证CT图像质量的同时实现快速扫描, 且降低辐射剂量。

字典训练及图像超分辨重建方法、系统、设备及存储介质

技术领域

5 本发明属于计算机技术领域，尤其涉及一种字典训练及图像超分辨重建方法、系统、设备及存储介质。

背景技术

10 电子计算机断层扫描（Computed Tomography, CT）是利用精确准直的 X 线束、 γ 射线、超声波等，与灵敏度极高的探测器一同围绕人体的某一部位作断面扫描，可用于多种疾病的检查，是我国装机量最大的医疗影像诊断设备之一。

15 通过低剂量的 CT 得到的图像分辨率低，通常会具有高噪音、较为模糊且颗粒化明显，这对于临床医学上的观察是不可靠的，非常有可能造成误诊的情况，目前为保证 CT 图像高分辨率，采用的是高剂量的 CT，但高剂量 CT 会产生高强度的辐射而对病人身体产生极大的伤害，并且由于需要全采样，因此 CT 时间较长，同时容易出现因病人运动而引起的伪影现象。

发明内容

20 本发明的目的在于提供一种字典训练及图像超分辨重建方法、系统、设备及存储介质，旨在解决现有技术所存在的、无法在保证 CT 图像质量的同时降低对病人的辐射剂量的问题。

一方面，本发明提供了一种字典获取方法，所述字典获取方法包括下述步骤：

25 获得高分辨率样本图像以及与所述高分辨率样本图像对应的低分辨率样本图像；

从所述高分辨率样本图像中选取高分辨率样本图像块，从所述低分辨率样本图像中选取与所述高分辨率样本图像块对应的低分辨率样本图像块，以组成样本图像块对；

5 对所述样本图像块对中的高分辨率样本图像块及所述低分辨率样本图像块进行特征提取，得到组成样本图像块对数据的高分辨率样本特征数据及低分辨率样本特征数据；

基于所述高分辨率样本图像块在高分辨率字典上的稀疏表达与所述低分辨率样本图像块在对应的低分辨率字典上的稀疏表达一致，定义所述样本图像块对数据中所述高分辨率样本特征数据与所述低分辨率样本特征数据之间的映射
10 关系，所述映射关系依赖于所述低分辨率样本特征数据；

将所述样本图像块对数据分组后所得到的每个样本图像块对数据组，分别采用第一机器学习算法进行学习，得到每一所述第一机器学习算法所对应的、映射关系临时最优解；

15 通过第二机器学习算法，从所述映射关系临时最优解的集合中，确定一所述映射关系临时最优解作为映射关系最终解；

以所述映射关系最终解及所述低分辨率样本特征数据，计算得到高分辨率临时样本特征数据，所述高分辨率临时样本特征数据以及所述低分辨率样本特征数据组成临时样本图像块对数据；

20 将所述临时样本图像块对数据采用相应的第三机器学习算法进行学习，解出所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，所述第三机器学习算法中定义有所述高分辨率临时样本特征数据、所述低分辨率样本特征数据、所述高分辨率字典及所述低分辨率字典的约束关系。

进一步的，所述第一机器学习算法具体为：决策树算法，所述决策树算法中定义了节点分裂函数，所述节点分裂函数以一依赖于所述低分辨率样本特征
25 数据的响应函数作为约束条件。

进一步的，所述决策树算法中还定义了一依赖于所述低分辨率样本特征数

据及所述高分辨率样本特征数据的质量函数。

进一步的，所述决策树算法的决策树数量及深度因需适应性选择。

另一方面，本发明还提供了一种图像超分辨重建方法，所述图像超分辨重建方法基于如上述的字典获取方法，所述图像超分辨重建方法包括：

5 获得低分辨率待处理图像；

利用所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，对所述低分辨率待处理图像进行图像超分辨重建。

进一步的，所述字典获取方法或所述图像超分辨重建方法应用于电子计算机断层扫描 CT 图像、正电子发射型计算机断层显像 PET 图像或单光子发射型
10 计算机断层成像 SPECT 图像。

另一方面，本发明提供了一种计算系统，所述系统包括：

预处理单元，用于获得高分辨率样本图像以及与所述高分辨率样本图像对应的低分辨率样本图像；从所述高分辨率样本图像中选取高分辨率样本图像块，从所述低分辨率样本图像中选取与所述高分辨率样本图像块对应的低分辨率样本图像块，以组成样本图像块对；对所述样本图像块对中的高分辨率样本图像块及所述低分辨率样本图像块进行特征提取，得到组成样本图像块对数据的高
15 分辨率样本特征数据及低分辨率样本特征数据；以及，

字典获取单元，用于基于所述高分辨率样本图像块在高分辨率字典上的稀疏表达与所述低分辨率样本图像块在对应的低分辨率字典上的稀疏表达一致，
20 定义所述样本图像块对数据中所述高分辨率样本特征数据与所述低分辨率样本特征数据之间的映射关系，所述映射关系依赖于所述低分辨率样本特征数据；将所述样本图像块对数据分组后所得到的每个样本图像块对数据组，分别采用第一机器学习算法进行学习，得到每一所述第一机器学习算法所对应的、映射关系临时最优解；通过第二机器学习算法，从所述映射关系临时最优解的集合
25 中，确定一所述映射关系临时最优解作为映射关系最终解；以所述映射关系最终解及所述低分辨率样本特征数据，计算得到高分辨率临时样本特征数据，所

述高分辨率临时样本特征数据以及所述低分辨率样本特征数据组成临时样本图像块对数据；将所述临时样本图像块对数据采用相应的第三机器学习算法进行学习，解出所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，所述第三机器学习算法中建立了所述高分辨率临时样本特征数据、所述低分辨率样本特征数据、所述高分辨率字典及所述低分辨率字典的约束关系。

进一步的，所述系统还包括：

重建单元，用于获得低分辨率待处理图像；利用所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，对所述低分辨率待处理图像进行图像超分辨重建。

另一方面，本发明还提供了一种计算设备，包括存储器及处理器，所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序时实现如上述方法中的步骤。

另一方面，本发明还提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如上述方法中的步骤。

本发明在获得低分辨率待处理图像后，利用所获取的高、低分辨率字典对其进行图像超分辨重建，得到高分辨率成像图像，其中涉及：通过定义并机器学习相应的高、低分辨率样本特征数据之间的映射关系；对得到的多个映射关系进行机器学习分类筛选，得到一个最终的映射关系；以该最终的映射关系进行机器学习，得到相应的高、低分辨率字典。这样，可采用低辐射剂量、短 CT 时间成像得到的低分辨率成像图像，重建得到高分辨率图像，可减少因病人运动而引起的伪影现象的发生，从而在保证 CT 图像质量的同时实现快速扫描，且降低辐射剂量。

附图说明

图 1 是本发明实施例一提供的字典获取方法的实现流程图；

图 2 是本发明实施例所涉及的高分辨率样本图像；

图 3 是本发明实施例所涉及的低分辨率样本图像；

图 4 是本发明实施例四提供的图像超分辨重建方法的实现流程图；

图 5 是本发明实施例所涉及的高分辨率成像图像；

图 6 是图 2 中的细节 A 放大图；

图 7 是图 3 中的细节 B 放大图；

5 图 8 是图 5 中的细节 C 放大图；

图 9 是本发明实施例五提供的计算系统的结构示意图；

图 10 是本发明实施例六提供的计算系统的结构示意图；

图 11 是本发明实施例七提供的计算设备的结构示意图。

10 具体实施方式

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

以下结合具体实施例对本发明的具体实现进行详细描述：

15 实施例一：

图 1 示出了本发明实施例一提供的字典获取方法的实现流程，为了便于说明，仅示出了与本发明实施例相关的部分，详述如下：

在步骤 S101 中，获得高分辨率样本图像以及与高分辨率样本图像对应的低分辨率样本图像。

20 本实施例中，在进行字典获取处理前，需要准备样本图像集合，该集合中存在样本图像对，样本图像对包含针对于同一场景的相对应的高分辨率样本图像以及低分辨率样本图像，如图 2 及图 3 所示。高分辨率样本图像以及低分辨率样本图像的获得，可以通过对同一场景进行高、低剂量 CT 获得，或者，通过对高分辨率样本图像进行双三次插值下采样模拟图像退化，得到低分辨率样
25 本图像，或者，通过低分辨率样本图像的超分辨重建，得到高分辨率样本图像等。不论采用何种途径得到高、低分辨率样本图像，样本图像的质量要尽可能

满足期望要求，这样才能训练出符合期望的字典。

在步骤 S102 中，从高分辨率样本图像中选取高分辨率样本图像块，从低分辨率样本图像中选取与高分辨率样本图像块对应的低分辨率样本图像块，以组成样本图像块对。

5 本实施例中，高、低分辨率样本图像块也是相对应的，也就是说，高、低分辨率样本图像块所对应的是上述场景中的同一区域。

在步骤 S103 中，对样本图像块对中的高分辨率样本图像块及低分辨率样本图像块进行特征提取，得到组成样本图像块对数据的高分辨率样本特征数据 X_H 及低分辨率样本特征数据 X_L 。样本图像块对数据可为 $\{X_H, X_L\}$ 。

10 本实施例中，可对样本图像块进行相应的高频和/或中频分量的提取，得到相应的样本特征数据，或者，对样本图像块的一阶梯度特征和/或二阶梯度特征，得到相应的样本特征数据等。

15 相应的，本步骤中可能还涉及需要对提取得到的数据加入相应的特征算子处理，例如：将提取得到的数据与相应的特征算子相乘，最终才得到样本特征数据。

在步骤 S104 中，基于高分辨率样本图像块在高分辨率字典 D_H 上的稀疏表达与低分辨率样本图像块在对应的低分辨率字典 D_L 上的稀疏表达一致，定义样本图像块对数据中高分辨率样本特征数据 X_H 与低分辨率样本特征数据 X_L 之间的映射关系 $W(X_L)$ ，映射关系 $W(X_L)$ 依赖于低分辨率样本特征数据。

20 本实施例中，高分辨率样本图像块在高分辨率字典 D_H 上的稀疏表达为：

$$X_H = D_H \times \alpha$$

其中， α 为稀疏表达式。

而低分辨率样本图像块在低分辨率字典 D_L 上的稀疏表达为：

$$X_L = D_L \times \alpha$$

25 上述两个稀疏表达中，稀疏表达式 α 一致。

基于此，可定义样本图像块对数据中高分辨率样本特征数据 X_H 与低分辨率样本特征数据 X_L 之间的映射关系 $W(X_L)$ ，映射关系 $W(X_L)$ 依赖于低分辨率样本特征数据，即：

$$X_H = X_L \times W(X_L)$$

5 在步骤 S105 中，将样本图像块对数据 $\{X_H, X_L\}$ 分组后所得到的每个样本图像块对数据组，分别采用第一机器学习算法进行学习，得到每一第一机器学习算法所对应的、映射关系临时最优解。

本实施例中，第一机器学习算法可以为决策树算法、K 最临近 (K Nearest Neighbors, KNN) 算法或其他机器学习算法，可将 N 个样本图像块对数据 $\{X_H, X_L\}$ 分成 M 组 (N、M 为自然数) 样本图像块对数据组，利用第一机器学习算法对每一样本图像块对数据组进行学习，得到 M 个相应的映射关系 $W(X_L)$ 临时最优解。

10 在步骤 S106 中，通过第二机器学习算法，从映射关系 $W(X_L)$ 临时最优解的集合中，确定一映射关系 $W(X_L)$ 临时最优解作为映射关系 $W(X_L)$ 最终解。

本实施例中，当得到 M 个相应的映射关系 $W(X_L)$ 临时最优解时，需要从这些临时最优解中，选择一个作为映射关系 $W(X_L)$ 最终解，具体可通过投票选择算法，以大部分临时最优解所最接近的一临时最优解，作为映射关系最终解 $W_{best}(X_L)$ 。

20 在步骤 S107 中，以映射关系最终解 $W_{best}(X_L)$ 及低分辨率样本特征数据 X_L ，计算得到高分辨率临时样本特征数据 X_H' ，高分辨率临时样本特征数据 X_H' 以及低分辨率样本特征数据 X_L 组成临时样本图像块对数据 $\{X_H', X_L\}$ 。

本实施例中，可通过下式，得到高分辨率临时样本特征数据 X_H' ：

$$X_H' = W_{best}(X_L) \times X_L$$

25 在步骤 S108 中，将临时样本图像块对数据 $\{X_H', X_L\}$ 采用相应的第三机

器学习算法进行学习，解出高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L ，第三机器学习算法中定义有高分辨率临时样本特征数据 X_H' 、低分辨率样本特征数据 X_L 、高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L 的约束关系。

本实施例中，可确定一上述约束关系的定义函数：

$$\min_{D_L, D_H, E} = \frac{1}{D_L} \|X_L - D_L E\|_2^2 + \frac{1}{D_H} \|X_H' - D_H E\|_2^2 + \Gamma(E)$$

其中， E 为高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L 之间的连接矩阵， $\Gamma(E)$ 为 E 的规范约束， $\|\bullet\|_2^2$ 为取 l_2 范数。

当上述定义函数满足最小值时，即可确定出相应的高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L 。

实施本实施例，获取高、低分辨率字典具体涉及：通过定义并机器学习相应的高、低分辨率样本特征数据之间的映射关系；对得到的多个映射关系进行机器学习分类筛选，得到一个最终的映射关系；以该最终的映射关系进行机器学习，得到相应的高、低分辨率字典，进而利用所获取的高、低分辨率字典对其进行图像超分辨重建，得到高分辨率成像图像。这样，可采用低辐射剂量、短 CT 时间成像得到的低分辨率成像图像，重建得到高分辨率图像，可减少因病人运动而引起的伪影现象的发生，从而在保证 CT 图像质量的同时实现快速扫描，且降低辐射剂量。另外，由于上述字典的获取与传统的、计算量偏大且运行时间过长的字典训练方法不同，本实施例的字典获取方法包含的是计算上述映射关系，计算量得到有效减少，运行时间相对偏短，可提高整体计算效率。

实施例二：

本实施例在实施例一基础上，进一步提供了如下内容：

第一机器学习算法具体为：决策树算法，该决策树算法中定义了节点分裂函数 $\delta(X_L, \theta)$ ，节点分裂函数 $\delta(X_L, \theta)$ 以一依赖于低分辨率样本特征数据 X_L 的响应函数 $r_\theta(X_L)$ 作为约束条件，具体如下：

$$\delta(X_L, \theta) = \begin{cases} 0 & r_\theta(X_L) < 0 \\ 1 & r_\theta(X_L) \geq 0 \end{cases}$$

$$r_\theta(X_L) = X_L[\theta_1] - \theta_{th},$$

其中， Θ_{th} 为一门限值， $[\]$ 为取 X_L 的一维， $\Theta_1 \in \{1, \dots, D_L\} \subset Z$ 。

第一机器学习算法中还定义了一依赖于低分辨率样本特征数据 X_L 及高分
5 辨率样本特征数据 X_H 的质量函数 $Q(\delta, \theta, X_L, X_H)$ ，由此作为特征选择的依据，
具体如下：

$$Q(\delta, \Theta, X_L, X_H) = \sum_{c \in \{Le, Ri\}} |X^c| \cdot E(X_L^c, X_H^c)$$

其中， Le 、 Ri 作为决策树向下分裂的左、右节点，即为根据相关的约束和
条件作出的选择以达到分类器分类的效果，即：

$$X_{\{H,L\}}^{Le} = \{X_{\{H,L\}} : \sigma(x_L, \Theta) = 0\}$$

10

$$X_{\{H,L\}}^{Ri} = \{X_{\{H,L\}} : \sigma(x_L, \Theta) = 1\}$$

15

其中， $E(X_L^c, X_H^c)$ 为正则表达式， σ 是个选择函数，可为一个基函数，
一般机器学习中需要通过定义基函数来完成分类器工作，本文中的机器学习属
于弱分类器，其基函数不能过于复杂否则计算量极大，采用一般的线性函数即
可。

实施例三：

本实施例在实施例二基础上，进一步提供了如下内容：

本实施例中，决策树算法的决策树数量 n 及深度 $\xi_{\max}$ 可因需适应性选择。

在具体应用中，决策树数量 n 不同，得到最后结果的效果也不同， n 越大

效果越好，但是也会达到一个饱和状态，大概在 $n=10$ 左右即达到饱和，每个决策树的算法是相同的，其节点分裂函数 $\delta(X_L, \theta)$ 是同一个。

实施例四：

本实施例提供了一种图像超分辨率重建方法，该图像超分辨率重建方法基于如
5 上述的字典获取方法，图像超分辨率重建方法主要包括如图 4 所示的流程：

在步骤 S401 中，获得低分辨率待处理图像。

在步骤 S402 中，利用字典获取方法中获取的高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L ，对低分辨率待处理图像进行图像超分辨率重建。

本实施例中，对低分辨率待处理图像进行图像超分辨率重建可直接利用上述
10 字典获取方法中获取的高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L 来进行处理，具体可包括：对低分辨率待处理图像进行分块、特征提取、在代价函数满足最小时得到稀疏表达式 α 、再由稀疏表达式 α 及高分辨率字典 D_H 得到高分辨率成像图像特征数据，最终重建出高分辨率成像图像，代价函数可如下式：

$$F(\alpha) = \|X_L - D_L \alpha\|_2^2 + \lambda \|\alpha\|_1$$

15 其中， $\|\cdot\|_1$ 为取 l_1 范数， λ 为常量参数。

上述字典获取方法或图像超分辨率重建方法不仅可应用于 CT 图像，还可以应用于正电子发射型计算机断层显像 (Positron Emission Computed Tomography, PET) 图像或单光子发射型计算机断层成像 (Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT) 图像等的处理。

20 结合图 2、图 3 及图 5，可以发现：通过本实施例的图像超分辨率重建方法处理，如图 3 所示的低分辨率待处理图像可重建为如图 5 所示的高分辨率成像图像，如图 5 所示的高分辨率成像图像与如图 2 所示的高分辨率样本图像质量相当。图 2、图 3 及图 5 中对应位置的细节放大图可分别参考图 6、图 7 及图 8。

对低分辨率待处理图像进行图像超分辨率重建还可包括上述字典获取方法中
25 获取的高分辨率字典 D_H 及低分辨率字典 D_L 的过程。

实施例五：

图 9 示出了本发明实施例五提供的计算系统的结构，为了便于说明，仅示出了与本发明实施例相关的部分，其中包括：

预处理单元 901，用于获得高分辨率样本图像以及与高分辨率样本图像对应的低分辨率样本图像；从高分辨率样本图像中选取高分辨率样本图像块，从低分辨率样本图像中选取与高分辨率样本图像块对应的低分辨率样本图像块，以组成样本图像块对；对样本图像块对中的高分辨率样本图像块及低分辨率样本图像块进行特征提取，得到组成样本图像块对数据的高分辨率样本特征数据及低分辨率样本特征数据；以及，

字典获取单元 902，用于基于高分辨率样本图像块在高分辨率字典上的稀疏表达与低分辨率样本图像块在对应的低分辨率字典上的稀疏表达一致，定义样本图像块对数据中高分辨率样本特征数据与低分辨率样本特征数据之间的映射关系，映射关系依赖于低分辨率样本特征数据；将样本图像块对数据分组后所得到的每个样本图像块对数据组，分别采用第一机器学习算法进行学习，得到每一所述第一机器学习算法所对应的、映射关系临时最优解；通过第二机器学习算法，从映射关系临时最优解的集合中，确定一映射关系临时最优解作为映射关系最终解；以映射关系最终解及低分辨率样本特征数据，计算得到高分辨率临时样本特征数据，高分辨率临时样本特征数据以及低分辨率样本特征数据组成临时样本图像块对数据；将临时样本图像块对数据采用相应的第三机器学习算法进行学习，解出高分辨率字典及低分辨率字典，第三机器学习算法中建立了高分辨率临时样本特征数据、低分辨率样本特征数据、高分辨率字典及低分辨率字典的约束关系。

在本发明实施例中，各单元可由相应的硬件或软件单元实现，各单元可以为独立的软、硬件单元，也可以集成为一个软、硬件单元，在此不用以限制本发明。各单元实现上述相应方法实施例中的步骤，例如图 1 所示的步骤 S101 至 S108，具体此处不再赘述。

实施例六：

本实施例在实施例五基础上，进一步提供了如下内容：

如图 10 所示，本实施例中，计算系统还包括：

重建单元 1001，用于获得低分辨率待处理图像；利用高分辨率字典及低分辨率字典，对低分辨率待处理图像进行图像超分辨重建。

5 同样，在本发明实施例中，各单元可由相应的硬件或软件单元实现，各单元可以为独立的软、硬件单元，也可以集成为一个软、硬件单元，在此不用以限制本发明。各单元实现上述相应方法实施例中的步骤，例如图 4 所示的步骤 S401 至 S402，具体此处不再赘述。

实施例七：

10 图 11 示出了本发明实施例七提供的计算设备的结构，为了便于说明，仅示出了与本发明实施例相关的部分。

本发明实施例的计算设备包括处理器 1101 及存储器 1102，处理器 1101 执行存储器 1102 中存储的计算机程序 1103 时实现上述各个方法实施例中的步骤，例如图 1 所示的步骤 S101 至 S108。或者，处理器 1101 执行计算机程序 1103
15 时实现上述各装置实施例中各单元的功能，例如图 9 所示单元 901 至 902 的功能。

本发明实施例的计算设备可以为计算机或计算机网络系统。该计算设备中处理器 1101 执行计算机程序 1103 时实现上述各方法时实现的步骤可参考前述方法实施例的描述，在此不再赘述。

实施例八：

20 在本发明实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述各方法实施例中的步骤，例如，图 1 所示的步骤 S101 至 S108。或者，该计算机程序被处理器执行时实现上述各装置实施例中各单元的功能，例如图 9 所示单元 901 至 902
25 的功能。

本发明实施例的计算机可读存储介质可以包括能够携带计算机程序代码的

任何实体或装置、记录介质，例如，ROM/RAM、磁盘、光盘、闪存等存储器。

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

权 利 要 求 书

1、一种字典获取方法，其特征在于，所述字典获取方法包括下述步骤：

获得高分辨率样本图像以及与所述高分辨率样本图像对应的低分辨率样本图像；

5 从所述高分辨率样本图像中选取高分辨率样本图像块，从所述低分辨率样本图像中选取与所述高分辨率样本图像块对应的低分辨率样本图像块，以组成样本图像块对；

对所述样本图像块对中的高分辨率样本图像块及所述低分辨率样本图像块进行特征提取，得到组成样本图像块对数据的高分辨率样本特征数据及低分辨率样本特征数据；

基于所述高分辨率样本图像块在高分辨率字典上的稀疏表达与所述低分辨率样本图像块在对应的低分辨率字典上的稀疏表达一致，定义所述样本图像块对数据中所述高分辨率样本特征数据与所述低分辨率样本特征数据之间的映射关系，所述映射关系依赖于所述低分辨率样本特征数据；

15 将所述样本图像块对数据分组后所得到的每个样本图像块对数据组，分别采用第一机器学习算法进行学习，得到每一所述第一机器学习算法所对应的、映射关系临时最优解；

通过第二机器学习算法，从所述映射关系临时最优解的集合中，确定一所述映射关系临时最优解作为映射关系最终解；

20 以所述映射关系最终解及所述低分辨率样本特征数据，计算得到高分辨率临时样本特征数据，所述高分辨率临时样本特征数据以及所述低分辨率样本特征数据组成临时样本图像块对数据；

将所述临时样本图像块对数据采用相应的第三机器学习算法进行学习，解出所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，所述第三机器学习算法中定义有所述高分辨率临时样本特征数据、所述低分辨率样本特征数据、所述高分辨率字典及所述低分辨率字典的约束关系。

2、如权利要求 1 所述的字典获取方法，其特征在于，所述第一机器学习算法具体为：决策树算法，所述决策树算法中定义了节点分裂函数，所述节点分裂函数以一依赖于所述低分辨率样本特征数据的响应函数作为约束条件。

3、如权利要求 2 所述的字典获取方法，其特征在于，所述决策树算法中还定义了一依赖于所述低分辨率样本特征数据及所述高分辨率样本特征数据的质
5 量函数。

4、如权利要求 2 所述的字典获取方法，其特征在于，所述决策树算法的决策树数量及深度因需适应性选择。

5、一种图像超分辨重建方法，其特征在于，所述图像超分辨重建方法基于
10 如权利要求 1 至 4 中任一项所述的字典获取方法，所述图像超分辨重建方法包括：

获得低分辨率待处理图像；

利用所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，对所述低分辨率待处理图像进行图像超分辨重建。

15 6、如权利要求 1 至 5 任一项所述的字典获取方法或图像超分辨重建方法，其特征在于，所述字典获取方法或所述图像超分辨重建方法应用于电子计算机断层扫描 CT 图像、正电子发射型计算机断层显像 PET 图像或单光子发射型计算机断层成像 SPECT 图像。

7、一种计算系统，其特征在于，所述系统包括：

20 预处理单元，用于获得高分辨率样本图像以及与所述高分辨率样本图像对应的低分辨率样本图像；从所述高分辨率样本图像中选取高分辨率样本图像块，从所述低分辨率样本图像中选取与所述高分辨率样本图像块对应的低分辨率样本图像块，以组成样本图像块对；对所述样本图像块对中的高分辨率样本图像块及所述低分辨率样本图像块进行特征提取，得到组成样本图像块对数据的高
25 分辨率样本特征数据及低分辨率样本特征数据；以及，

字典获取单元，用于基于所述高分辨率样本图像块在高分辨率字典上的稀

疏表达与所述低分辨率样本图像块在对应的低分辨率字典上的稀疏表达一致，定义所述样本图像块对数据中所述高分辨率样本特征数据与所述低分辨率样本特征数据之间的映射关系，所述映射关系依赖于所述低分辨率样本特征数据；将所述样本图像块对数据分组后所得到的每个样本图像块对数据组，分别采用

5 第一机器学习算法进行学习，得到每一所述第一机器学习算法所对应的、映射关系临时最优解；通过第二机器学习算法，从所述映射关系临时最优解的集合中，确定一所述映射关系临时最优解作为映射关系最终解；以所述映射关系最终解及所述低分辨率样本特征数据，计算得到高分辨率临时样本特征数据，所述高分辨率临时样本特征数据以及所述低分辨率样本特征数据组成临时样本图

10 像块对数据；将所述临时样本图像块对数据采用相应的第三机器学习算法进行学习，解出所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，所述第三机器学习算法中建立了所述高分辨率临时样本特征数据、所述低分辨率样本特征数据、所述高分辨率字典及所述低分辨率字典的约束关系。

8、如权利要求 7 所述的系统，其特征在于，所述系统还包括：

15 重建单元，用于获得低分辨率待处理图像；利用所述高分辨率字典及所述低分辨率字典，对所述低分辨率待处理图像进行图像超分辨重建。

9、一种计算设备，包括存储器及处理器，其特征在于，所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序时实现如权利要求 1 至 6 任一项所述方法中的步骤。

20 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 任一项所述方法中的步骤。

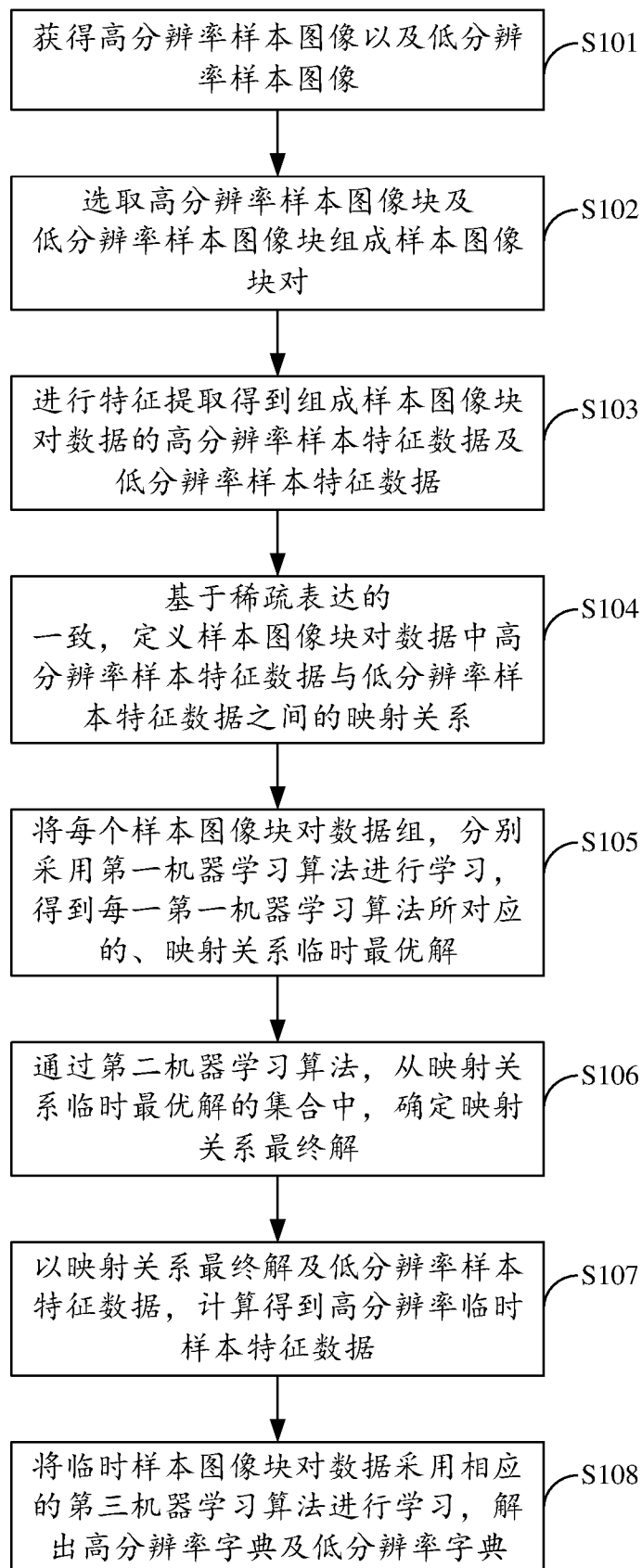


图 1

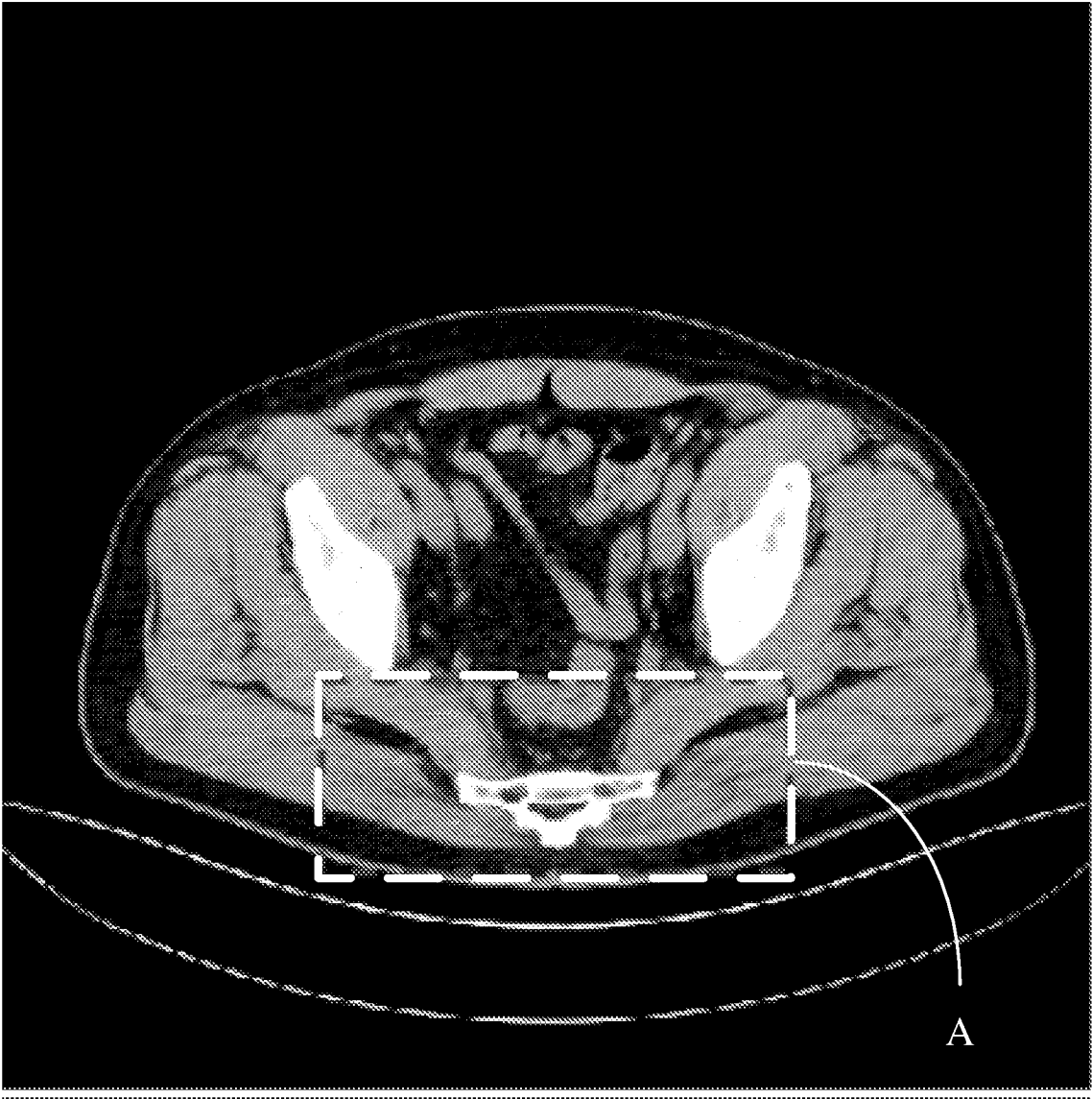


图 2

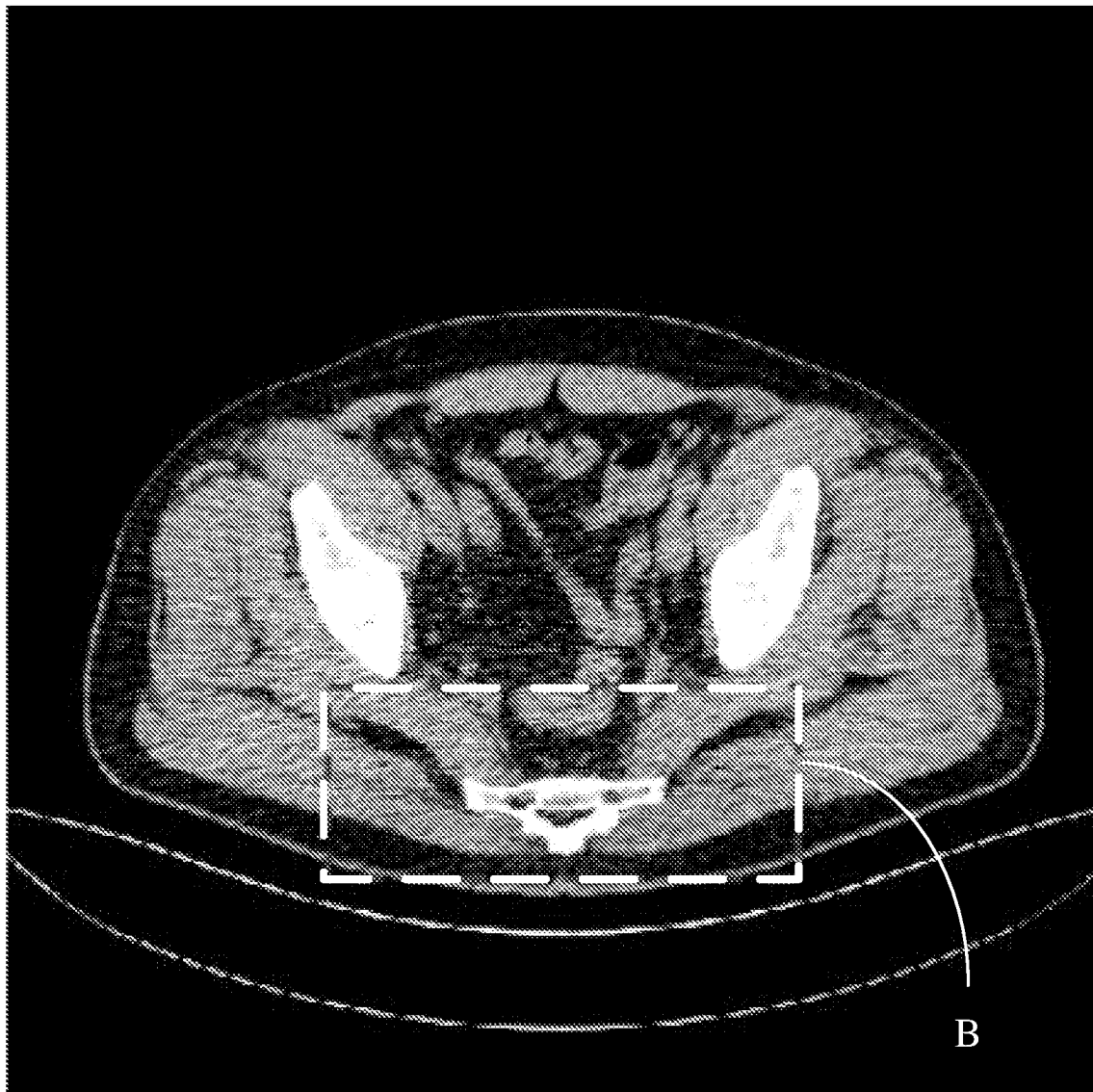


图 3

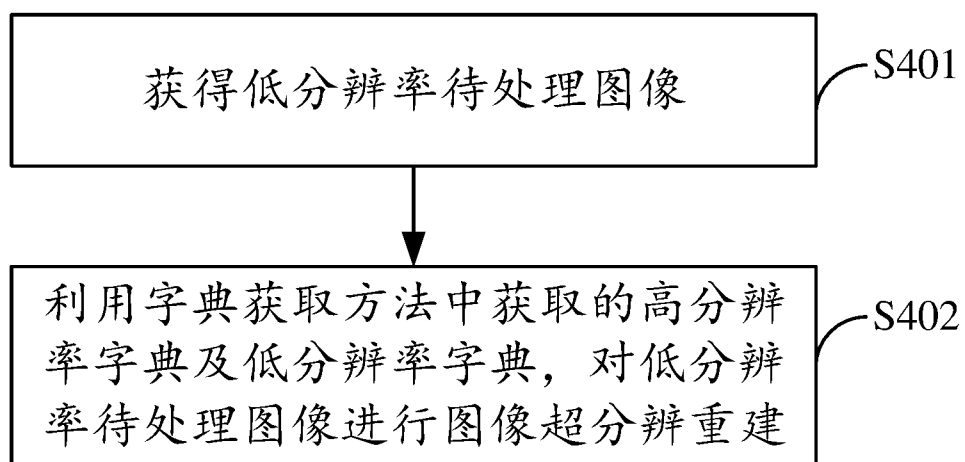


图 4



图 5

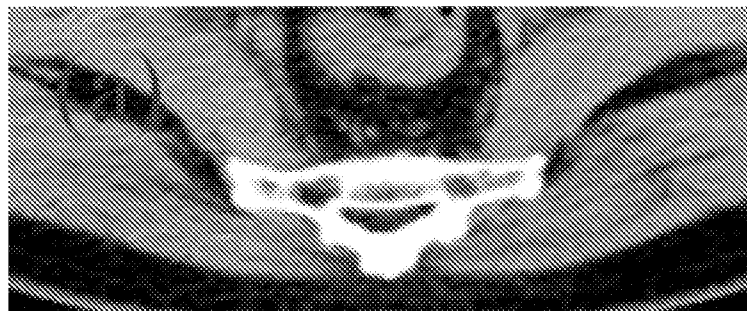


图 6



图 7



图 8

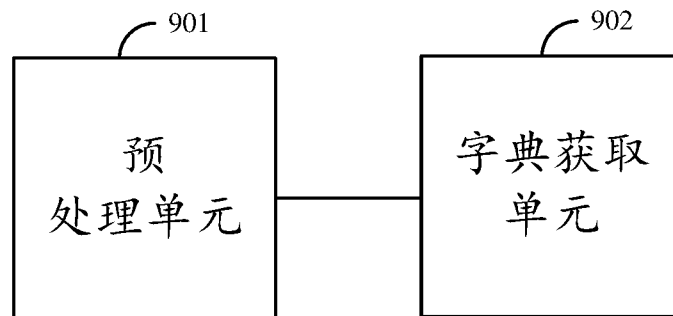


图 9

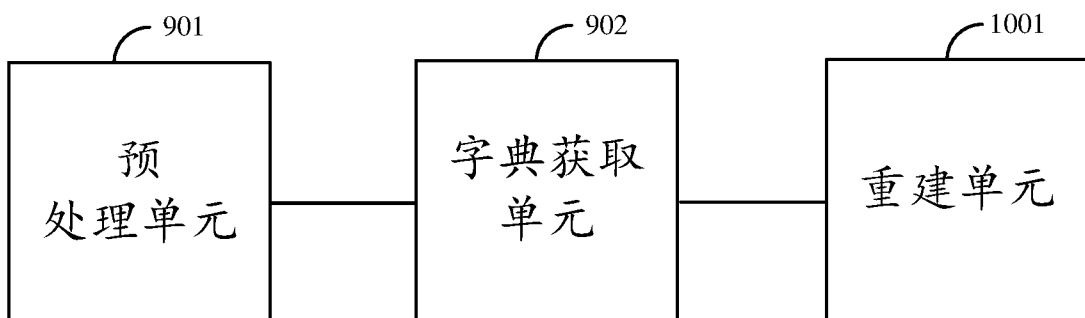


图 10

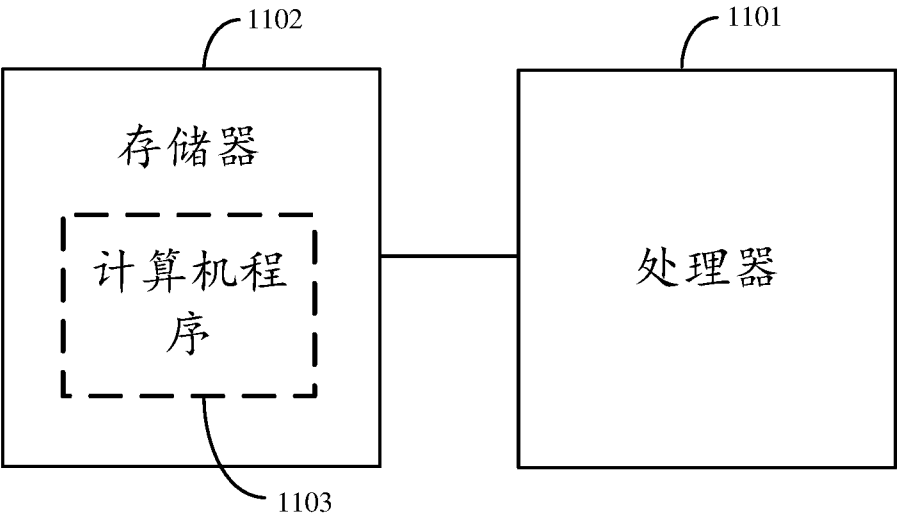


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/071173

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; CNKI; WPI; EPODOC: 字典, 高, 低, 分辨率, 图像, 块, 特征, 提取, 稀疏, 映射, 机器学习, 约束, 重建, 多个, 第一, 第二, 重构, 系数, dictionary, high, low, resolution, image, block, feature, extract, sparse, map, machine learning, constrained, reconstruction, multiple, first, second, coefficient

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106296583 A (NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY) 04 January 2017 (2017-01-04) description, paragraphs [0010]-[0054]	1-10
A	WO 2018120329 A1 (SHENZHEN CHINA STAR OPTOELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 July 2018 (2018-07-05) entire document	1-10
A	CN 107133915 A (XI'AN UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND TECHNOLOGY) 05 September 2017 (2017-09-05) entire document	1-10
A	CN 107492070 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY) 19 December 2017 (2017-12-19) entire document	1-10
A	CN 107341765 A (XI'AN UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS) 10 November 2017 (2017-11-10) 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

27 August 2019

Date of mailing of the international search report

11 September 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/071173

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	106296583	A	04 January 2017	None	
WO	2018120329	A1	05 July 2018	CN 106780342 A	31 May 2017
				US 2018225807 A1	09 August 2018
CN	107133915	A	05 September 2017	None	
CN	107492070	A	19 December 2017	None	
CN	107341765	A	10 November 2017	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/071173

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; CNKI; WPI; EPDOC: 字典, 高, 低, 分辨率, 图像, 块, 特征, 提取, 稀疏, 映射, 机器学习, 约束, 重建, 多个, 第一, 第二, 重构, 系数, dictionary, high, low, resolution, image, block, feature, extract, sparse, map, machine learning, constrained, reconstruction, multiple, first, second, coefficient																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 106296583 A (西北工业大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 说明书第[0010]-[0054]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2018120329 A1 (深圳市华星光电技术有限公司) 2018年 7月 5日 (2018 - 07 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107133915 A (西安科技大学) 2017年 9月 5日 (2017 - 09 - 05) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107492070 A (华北电力大学) 2017年 12月 19日 (2017 - 12 - 19) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107341765 A (西安邮电大学) 2017年 11月 10日 (2017 - 11 - 10) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 106296583 A (西北工业大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 说明书第[0010]-[0054]段	1-10	A	WO 2018120329 A1 (深圳市华星光电技术有限公司) 2018年 7月 5日 (2018 - 07 - 05) 全文	1-10	A	CN 107133915 A (西安科技大学) 2017年 9月 5日 (2017 - 09 - 05) 全文	1-10	A	CN 107492070 A (华北电力大学) 2017年 12月 19日 (2017 - 12 - 19) 全文	1-10	A	CN 107341765 A (西安邮电大学) 2017年 11月 10日 (2017 - 11 - 10) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 106296583 A (西北工业大学) 2017年 1月 4日 (2017 - 01 - 04) 说明书第[0010]-[0054]段	1-10																		
A	WO 2018120329 A1 (深圳市华星光电技术有限公司) 2018年 7月 5日 (2018 - 07 - 05) 全文	1-10																		
A	CN 107133915 A (西安科技大学) 2017年 9月 5日 (2017 - 09 - 05) 全文	1-10																		
A	CN 107492070 A (华北电力大学) 2017年 12月 19日 (2017 - 12 - 19) 全文	1-10																		
A	CN 107341765 A (西安邮电大学) 2017年 11月 10日 (2017 - 11 - 10) 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2019年 8月 27日		国际检索报告邮寄日期 2019年 9月 11日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 王璐 电话号码 86-(10)-53961303																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/071173

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	106296583	A	2017年 1月 4日	无	
WO	2018120329	A1	2018年 7月 5日	CN	106780342 A 2017年 5月 31日
				US	2018225807 A1 2018年 8月 9日
CN	107133915	A	2017年 9月 5日	无	
CN	107492070	A	2017年 12月 19日	无	
CN	107341765	A	2017年 11月 10日	无	