

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 18 日 (18.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/118844 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 11/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/071746

(22) 国际申请日: 2019 年 1 月 15 日 (15.01.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811536162.1 2018 年 12 月 14 日 (14.12.2018) CN

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

(72) 发明人: 胡战利 (HU, Zhanli); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 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)。 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)。 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: 深圳市铭粤知识产权代理有限公司 (MING & YUE INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM);

(54) Title: RECONSTRUCTION METHOD FOR PET IMAGE, COMPUTER STORAGE MEDIUM, AND COMPUTER DEVICE

(54) 发明名称: PET 图像的重建方法、计算机存储介质、计算机设备

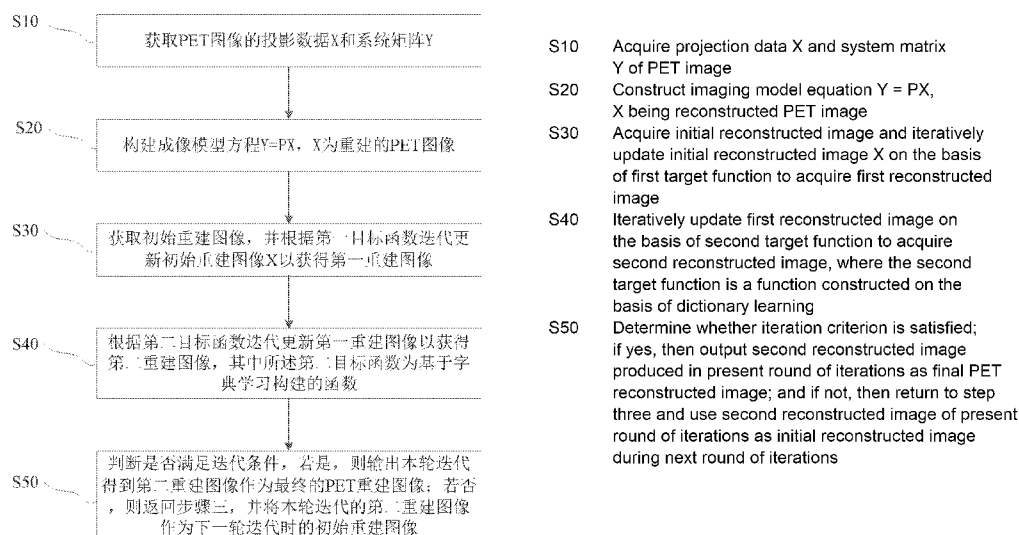


图 1

(57) Abstract: A reconstruction method for a PET image, a computer storage medium, and a computer device. The method comprises: step one: acquiring projection data Y and a system matrix P of a PET image (S10); step two: constructing an imaging model equation $Y = PX$, X being a reconstructed PET image (S20); step three: acquiring an initial reconstructed image X and iteratively updating the initial reconstructed image X on the basis of a first target function to acquire a first reconstructed image (S30); step four: iteratively updating the first reconstructed image on the basis of a second target function to acquire a second reconstructed image (S40); step five:

中国广东省深圳市南山区南山街道前海路泛海城市广场2栋604室, Guangdong 518066 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

determining whether an iteration criterion is satisfied; if yes, then outputting the second reconstructed image produced in the present round of iterations as a final PET reconstructed image; and if not, then returning to step three and using the second reconstructed image of the present round of iterations as the initial reconstructed image during the next round of iterations (S50). The reconstruction method does not rely on the degree of compliance between information of an anatomical structure and functional information, and is great for distinguishing the edges of an image regardless of whether any noise is interfering with the edges of the image.

(57) 摘要: 一种PET图像的重建方法、计算机存储介质、计算机设备。该方法包括: 步骤一: 获取PET图像的投影数据Y和系统矩阵P(S10); 步骤二: 构建成像模型方程 $Y=PX$, X为重建的PET图像(S20); 步骤三: 获取初始重建图像X, 并根据第一目标函数迭代更新初始重建图像X以获得第一重建图像(S30); 步骤四: 根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像(S40); 步骤五: 判断是否满足迭代条件, 若是, 则输出本轮迭代得到第二重建图像作为最终的PET重建图像; 若否, 则返回步骤三, 并将本轮迭代的第二重建图像作为下一轮迭代时的初始重建图像(S50)。上述重建方法不依赖解剖结构的信息和功能信息的符合程度, 无论是否有噪声干扰图像边缘, 都能很好的将图像边缘区分出来。

PET 图像的重建方法、计算机存储介质、计算机设备

技术领域

- 5 本发明属于信息技术领域，特别涉及 PET 图像的重建方法、计算机存储介质、计算机设备。

背景技术

- 正电子发射型断层 (positron emission tomography, PET)，即正电子断层成像，是首先通过向病人体内注射放射性示踪剂，然后测量病人体内放射性同位素的分布来进行成像的。PET 重建算法主要分为解析重建算法和迭代重建算法两类。解析重建算法主要包括反投影，滤波反投影以及傅里叶重建。其中最广泛应用的算法是滤波反投影 (Filtered back-projection, FBP)。FBP 的方法基于莱登 (Radon) 变换，但 FBP 没有考虑系统响应的时空不均一性，也没有考虑
10 到仪器在测量时的噪声，所以重建出的图像含有大量噪声。迭代重建算法又包括代数重建和统计重建，其中代数重建中主要有代数重建算法 (Algebra Reconstruction Technique, ART) 及在此基础上进一步扩展得到的一些新的算法。统计重建中极大似然 - 期望最大化 (Maximum likelihood-expectation maximization, ML-EM) 方法因其在病变检测方面比传统的算法有更好的性能，
15 目前在临床和实践中被广泛应用，但该方法随迭代次数的增加图像质量退化，会产生“棋盘格伪影”。提前终止迭代和在似然函数中集成惩罚项或某种先验知识，在一定程度上克服了 ML-EM 方法存在的问题。

- 综上，现有的 PET 重建方法存在如下问题：1) 由于在有噪声影响的图像重建中仅用单个像素差来区分真实边缘和噪声波动，导致重建的图像没有保留
20 正确的边缘；2) 由于在去除噪声和保留细节信息之间没有很好的权衡，导致重建出的图像丢失很多细节信息；3) 对于欠采样图像和噪声图像，由于没有好的约束条件，将导致细节丢失和产生块状的伪影。

发明内容

(一) 要解决的技术问题

本发明要解决的技术问题是：如何得到重建效果更好的 PET 图像。

(二) 技术方案

为了实现上述的目的，本发明采用了如下的技术方案：

一种 PET 图像的重建方法，包括如下步骤：

步骤一：获取 PET 图像的投影数据 Y 和系统矩阵 P ；

步骤二：构建成像模型方程 $Y = PX$ ， X 为重建的 PET 图像。

步骤三：获取初始重建图像 X ，并根据第一目标函数迭代更新初始重建图像 X 以获得第一重建图像，第一目标函数为：

$$X^{n+1} = \arg \max_{X \geq 0} Q_L(X; X^n) - \beta Q_U^b(X; X^n)$$

其中， $Q_L(X; X^n)$ 为基于泊松随机分布变量构建的似然代理函数， $Q_U^b(X; X^n)$ 为基于邻域块先验构建的惩罚代理函数， X^n 为第 n 次迭代后得到的重建图像， β 为正则化参数；

步骤四：根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像，其中所述第二目标函数为基于字典学习构建的函数；

步骤五：判断是否满足迭代条件，若是，则输出本轮迭代得到第二重建图像作为最终的 PET 重建图像；若否，则返回步骤三，并将本轮迭代的第二重建图像作为下一轮迭代时的初始重建图像。

可选地，所述似然代理函数的表达式为：

$$Q_L(X; X_n) = \sum_{j=1}^{n_j} p_j \left(\hat{X}_{j,EM}^{n+1} \log X_j - X_j \right)$$

其中，其中， $\hat{X}_{j,EM}^{n+1} = \frac{X_j^n}{p_j} \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij} \frac{y_i}{\bar{y}_i^n}$ ， $p_j = \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij}$ ， $\bar{y}^n = PX^n + r$ ， n_j 表示像素的总量， p_{ij} 表示第 j 个像素被第 i 个探测器探测到概率， n_i 表示探测器的总数， p_j 表示第 j 个像素被 n_i 个探测器探测到总概率值， X_j 表示重建图像 X 的第 j 个像

素的值, X_j^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的值, y_i 表示第 i 个探测器探测到的投影数据, $\bar{y}_i^n$ 表示期望投影数据, $\hat{X}_{j,EM}^{n+1}$ 表示期望最大化图像的第 j 个像素的值。

可选地, 所述惩罚代理函数的表达式: $Q_U^b(X; X_n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_j} \omega_j^n (X_j - \hat{X}_{j,Reg}^{n+1})^2$

5 其中, $\hat{X}_{j,Reg}^{n+1} = \frac{1}{2w_j^n} \sum_{k \in N_j} w_{jk}(X^n)(X_k^n + X_j^n)$, $w_j^n = \sum_{k \in N_j} w_{jk}(X^n)$,

$w_{jk}(X^n) = \sum_{l=1}^{n_l} h_l w_{jl,kl}^n(X^n)$, ω_j^n 表示第 j 个像素的权重, w_{jk} 表示重建图像 X^n 的第 j 个像素与第 k 个像素之间的权重, $\hat{X}_{j,Reg}^{n+1}$ 表示中间图像的第 j 个像素的值, N_j 表示以第 j 个像素为中心的邻域块, X_k^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的邻域块中的第 k 个像素的值, j_l 为邻域块 $f_j(X)$ 中的第 l 个像素, k_l 为邻域块 $f_k(X)$ 中的第 l 个像素, h_l 为正权重向量。

可选地, 所述根据第一目标函数迭代更新初始化重建图像 X 以获得第一重建图像的方法包括:

根据所述初始化重建图像 X 、投影数据 Y 和系统矩阵 P 获取期望最大化图像;

15 对所述初始化重建图像 X 进行图像平滑处理以获取中间图像;

根据所述期望最大化图像和所述中间图像生成第一重建图像。

可选地, 所述第二目标函数的表达式为:

$$\min_{D, \alpha} \sum_{i,j} \|R_{ij}X - D\alpha_{ij}\|_2^2, \quad st. \|\alpha_{ij}\|_0 \leq T_0, \forall i, j,$$

20 其中, X 表示步骤三重建得到的第一重建图像, R_{ij} 是从 X 中获得图像块的操作, D 是以图像块为基的字典, α_{ij} 是关于字典 D 的 X_{ij} 的稀疏表示, T_0 表示所要达到的稀疏水平。

可选地, 所述根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像的方法包括:

对第一重建图像进行图像分割，生成多个图像块；

根据每个所述图像块、和预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生成每个图像块的稀疏系数；

5 根据所述每个图像块的稀疏系数、和所述高分辨率字典生成所述第一重建图像对应的高分辨率图像；

根据所述第一重建图像、所述高分辨率图像、预设的模糊矩阵和预设的下采样矩阵，生成并输出第二重建图像。

可选地，所述根据每个所述图像块、预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生成每个图像块的稀疏系数的方法：

10 根据所述图像块、所述低分辨率字典、预设的特征提取函数和预设第一阈值，构建第一系数约束条件；

根据所述图像块、所述图像块的与上一个图像块的重叠区域、所述高分辨率字典和预设的第二阈值，构建第二系数约束条件；

15 根据预设的系数计算公式，计算满足所述第一系数约束条件和所述第二系数约束条件的所述图像块的稀疏系数。

可选地，在对第一重建图像进行图像分割之前，所述重建方法还包括：

对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行随机初始化；

20 根据预设的低分辨率 PET 训练图像集、预设的高分辨率 PET 训练图像集、所述低分辨率 PET 训练图像集中图像块的尺寸、以及所述高分辨率 PET 图像集中图像块的尺寸，对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行联合训练。

本发明还公开了一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有 PET 图像的重建程序，所述 PET 图像的重建程序被处理器执行时实现上述的 PET 图像的重建方法。

25 本发明还公开了一种计算机设备，所述计算机设备包括存储器、处理器、存储在所述存储器中的 PET 图像的重建程序，所述 PET 图像的重建程序被所述处理器执行时实现任一种上述的 PET 图像的重建方法。

(三) 有益效果

本发明公开的一种 PET 图像的重建方法，通过在重建过程中加入泊松随机噪声变量来克服重建的图像中含有大量噪声的问题，并通过邻域块先验来进行图像重建，克服了现有技术中利用单个像素差来区分真实边缘和噪声波动，导致重建的图像没有保留正确的边缘的问题，另外通过对第一重建图像进一步地进行基于字典学习的更新迭代，以去除图像噪声和伪影，因此本发明的重建算法不依赖解剖结构的信息和功能信息的符合程度，无论是否有噪声干扰图像边缘，都能很好的将图像边缘区分出来。

附图说明

图 1 是本发明的实施例的 PET 图像的重建方法的流程图；

图 2 是本发明的实施例的根据第一目标函数迭代更新初始重建图像 X 以获得第一重建图像的流程图；

图 3 是本发明的实施例的根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像的流程图；

图 4a 至图 4d 分别为通过不同的重建方法得到的 PET 图像。

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，对本发明进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

如图 1 所示，根据本发明的实施例的 PET 图像的重建方法包括如下步骤：

步骤一 S10：获取 PET 图像的投影数据 Y 和系统矩阵 P 。

一方面，从仿真实验角度考虑，PET 图像的投影数据可为模拟数据，即利用现有模拟 PET 图像对应的模拟的投影数据，另外可获取现有的系统矩阵。另一方面，从实际测量角度考虑，投影数据可通过 PET 扫描系统进行扫描来获

得,接着根据PET扫描系统的几何结构信息计算出PET系统固有的系统矩阵。

步骤二 S20: 构建成像模型方程 $Y = PX$, X 为重建的PET图像。

步骤三 S30: 获取初始重建图像 X , 并根据第一目标函数迭代更新初始重建图像 X 以获得第一重建图像, 第一目标函数为:

$$X^{n+1} = \arg \max_{X \geq 0} Q_L(X; X^n) - \beta Q_U^b(X, X^n),$$

其中 $Q_L(X; X^n)$ 为基于泊松随机分布变量构建的似然代理函数, $Q_U^b(X; X^n)$ 为基于邻域块先验构建的惩罚代理函数, X^n 为第 n 次迭代后得到的重建图像, β 为正则化参数。

具体地, 初始化参数, 设置最大迭代次数为 $MaxIter = 100$, 正则化参数 $\beta = 2^{-7}$, 高参数 (hyper-parameter) $\delta = 1e^{-9}$ 。初始化图像, 将初始重建图像 X 赋值为 $X_j^1 = 1$, 其中, j 表示第 j 个像素。

进一步地, 似然代理函数的表达式为:

$$Q_L(X; X^n) = \sum_{j=1}^{n_j} p_j \left(\hat{X}_{j,EM}^{n+1} \log X_j - X_j \right)$$

其中, $\hat{X}_{j,EM}^{n+1} = \frac{X_j^n}{p_j} \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij} \frac{y_i}{\bar{y}_i^n}$, $p_j = \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij}$, $\bar{y}^n = PX^n + r$, n_j 表示像素的总量, p_{ij} 表示第 j 个像素被第 i 个探测器探测到概率, n_i 表示探测器的总数, p_j 表示第 j 个像素被 n_i 个探测器探测到总概率值, X_j 表示重建图像 X 的第 j 个像素的值, X_j^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的值, y_i 表示第 i 个探测器探测到的投影数据, $\bar{y}_i^n$ 表示期望投影数据, 其由每次迭代时的初始重建图像 X 通过仿射变换得到的, $\hat{X}_{j,EM}^{n+1}$ 表示期望最大化图像的第 j 个像素的值。

进一步地, 惩罚代理函数的表达式为:

$$Q_U^b(X; X^n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_j} \omega_j^n \left(X_j - \hat{X}_{j,Reg}^{n+1} \right)^2$$

其中, $\hat{X}_{j,Reg}^{n+1} = \frac{1}{2w_j^n} \sum_{k \in N_j} w_{jk} (X_k^n + X_j^n)$, $w_j^n = \sum_{k \in N_j} w_{jk} (X_k^n)$,

$w_{jk}(X^n) = \sum_{l=1}^{n_l} h_l w_{jl,kl}^q(X^n)$, w_j^n 表示第 j 个像素的权重, w_{jk} 表示重建图像 X^n 的第 j 个像素与第 k 个像素之间的权重, $\hat{X}_{j,\text{Reg}}^{n+1}$ 表示平滑图像的第 j 个像素的值, N_j 表示以第 j 个像素为中心的邻域块, X_k^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的邻域块中的第 k 个像素的值, j_l 为邻域块 $f_j(X)$ 中的第 l 个像素, k_l 为邻域块 $f_k(X)$ 中的第 l 个像素, h_l 为正权重向量。

进一步地, 如图 2 所示, 步骤三具体包括如下步骤:

步骤 S31: 根据所述初始化重建图像 X 、投影数据 Y 和系统矩阵 P 获取期望最大化图像。

具体地, 针对第 j 个像素来说, 首先通过 $\text{sinogram}\{y_i\}$ 来更新 EM 图像, 即根据目标函数 $\hat{X}_{j,EM}^{n+1} = \frac{X_j^n}{p_j} \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij} \frac{y_i}{\bar{y}_i}$, 对每个像素进行更新, 最终获得期望最大化图像。

步骤 S32: 根据初始化重建图像 X 进行图像平滑以获取中间图像。

具体地, 针对第 j 个像素, 根据目标函数

$\hat{X}_{j,\text{Reg}}^{n+1} = \frac{1}{2w_j^n} \sum_{k \in N_j} w_{jk}(X^n)(X_k^n + X_j^n)$, 对每个像素进行更新, 最终获得中间图像。

步骤 S33: 根据期望最大化图像和中间图像生成第一重建图像。

具体来说, 针对第 j 个像素, 根据目标函数 $X_j^{n+1} = \frac{2\hat{X}_{j,EM}^{n+1}}{\sqrt{(1-\beta_j^n \hat{X}_{j,\text{Reg}}^{n+1})^2 + 4\beta_j^n \hat{X}_{j,EM}^{n+1} + (1-\beta_j^n \hat{X}_{j,\text{Reg}}^{n+1})^2}}$, 进行逐像素融合, 最终获得第一重建图像, 其中 $\beta_j^n = \frac{\beta_j w_j^n}{p_j}$ 。

步骤四 S40: 根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像, 其中所述第二目标函数为基于字典学习构建的函数。

具体来说, 第二目标函数的表达是为: $\min_{D, \alpha} \sum_{i,j} \|R_{ij}X - D\alpha_{ij}\|_2^2$, $st. \|\alpha_{ij}\|_0 \leq T_0, \forall i, j$,

其中, X 表示步骤三重建得到的第一重建图像, R_{ij} 是从 X 中获得图像块的

操作， D 是以图像块为基的字典， α_{ij} 是关于字典 D 的 X_{ij} 的稀疏表示， T_0 表示所要达到的稀疏水平。

进一步地，如图3所示，该步骤包括如下步骤：

步骤 S41：对第一重建图像进行图像分割，生成多个图像块。

- 5 具体地，可通过预设的图像分割算法对第一重建图像进行分割，生成多个第一重建图像的图像块。其中，在分割时每个图像块的尺寸相同，且前后相邻的图像块之间存在重叠区域。

步骤 S42：根据每个图像块、和预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生成每个图像块的稀疏系数。

- 10 具体来说，该步骤包括如下步骤：

根据所述图像块、所述低分辨率字典、预设的特征提取函数和预设第一阈值，构建第一系数约束条件；

根据所述图像块、所述图像块的与上一个图像块的重叠区域、所述高分辨率字典和预设的第二阈值，构建第二系数约束条件；

- 15 根据预设的系数计算公式，计算满足所述第一系数约束条件和所述第二系数约束条件的所述图像块的稀疏系数。

步骤 S43：根据每个图像块的稀疏系数和高分辨率字典生成所述第一重建图像对应的高分辨率图像；

- 20 步骤 S44：根据第一重建图像、高分辨率图像、预设的模糊矩阵和预设的下采样矩阵，生成并输出第二重建图像。这样即完成了一次迭代过程。

进一步地，在对第一重建图像进行图像分割之前，重建方法还包括：

对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行随机初始化；

根据预设的低分辨率 PET 训练图像集、预设的高分辨率 PET 训练图像集、低分辨率 PET 训练图像集中图像块的尺寸、以及高分辨率 PET 图像集中

图像块的尺寸，对低分辨率字典和所述高分辨字典进行联合训练。

步骤五 S50：判断是否满足迭代条件，若是，则输出本轮迭代得到第二重建图像作为最终的 PET 重建图像；若否，则返回步骤三，并将本轮迭代的第二重建图像作为下一轮迭代时的初始重建图像，对于本实施例来说，迭代条件为迭代次数达到最大迭代次数 $MaxIter = 100$ 。

下面对现有技术重建方法和本发明的重建方法得到的各个图像进行对比，图 4a 为原始的模拟 PET 发射图，在本实施例中作为对比图像，图 4b 为基于单个像素正则化得到的 PET 重建图，图 4c 为基于邻域块正则化得到 PET 重建图，图 4d 为本发明的重建方法得到的 PET 重建图。从图 4b 和图 4c 可以看出，虽然基于单个像素和邻域块正则化的方法可以重建出图像的边缘和肿瘤区域，但重建出的图像含有大量噪声及肿瘤边缘较模糊肿瘤区域含有伪影，由图 4d 可以看到本发明方法重建得到的图像抑制了噪声和伪影同时肿瘤区域的边缘和一些细节信息也被很好的保留。

本发明公开的一种 PET 图像的重建方法，通过在重建过程中加入泊松随机噪声变量来克服重建的图像中含有大量噪声的问题，并通过邻域块先验来进行图像重建，克服了现有技术中利用单个像素差来区分真实边缘和噪声波动，导致重建的图像没有保留正确的边缘的问题，另外通过对第一重建图像进一步地进行基于字典学习的更新迭代，以去除图像噪声和伪影，因此本发明的重建算法不依赖解剖结构的信息和功能信息的符合程度，无论是否有噪声干扰图像边缘，都能很好的将图像边缘区分出来。

进一步地，本发明的实施例还公开了一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有 PET 图像的重建程序，所述 PET 图像的重建程序被处理器执行时实现上述的 PET 图像的重建方法。

进一步地，本发明的实施例还公开了计算机设备，所述计算机设备包括存储器、处理器、存储在所述存储器中的 PET 图像的重建程序，所述 PET 图像的重建程序被所述处理器执行时实现上述的 PET 图像的重建方法。

上面对本发明的具体实施方式进行了详细描述，虽然已表示和描述了一些实施例，但本领域技术人员应该理解，在不脱离由权利要求及其等同物限

定其范围的本发明的原理和精神的情况下，可以对这些实施例进行修改和完善，这些修改和完善也应在本发明的保护范围内。

权利要求书

1、一种 PET 图像的重建方法，其中，包括如下步骤：

步骤一：获取 PET 图像的投影数据 Y 和系统矩阵 P ；

步骤二：构建成像模型方程 $Y = PX$ ， X 为重建的 PET 图像。

5 步骤三：获取初始重建图像 X ，并根据第一目标函数迭代更新初始重建图像 X 以获得第一重建图像，第一目标函数为：

$$X^{n+1} = \arg \max_{X \geq 0} Q_L(X; X^n) - \beta Q_U^b(X; X^n)$$

其中， $Q_L(X; X^n)$ 为基于泊松随机分布变量构建的似然代理函数， $Q_U^b(X; X^n)$ 为基于邻域块先验构建的惩罚代理函数， X^n 为第 n 次迭代后得到的重建图像，
10 β 为正则化参数；

步骤四：根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像，其中所述第二目标函数为基于字典学习构建的函数；

步骤五：判断是否满足迭代条件，若是，则输出本轮迭代得到第二重建图像作为最终的 PET 重建图像；若否，则返回步骤三，并将本轮迭代的第二重建
15 图像作为下一轮迭代时的初始重建图像。

2、根据权利要求 1 所述的 PET 图像的重建方法，其中，所述似然代理函数的表达式为：

$$Q_L(X; X^n) = \sum_{j=1}^{n_j} p_j \left(\hat{X}_{j,EM}^{n+1} \log X_j - X_j \right)$$

其中，其中， $\hat{X}_{j,EM}^{n+1} = \frac{X_j^n}{p_j} \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij} \frac{y_i}{\bar{y}_i^n}$ ， $p_j = \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij}$ ， $\bar{y}_i^n = PX^n + r$ ， n_j 表示像素的
20 总量， p_{ij} 表示第 j 个像素被第 i 个探测器探测到概率， n_i 表示探测器的总数， p_j 表示第 j 个像素被 n_i 个探测器探测到总概率值， X_j 表示重建图像 X 的第 j 个像素的值， X_j^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的值， y_i 表示第 i 个探测器探测到的投影数据， $\bar{y}_i^n$ 表示期望投影数据， $\hat{X}_{j,EM}^{n+1}$ 表示期望最大化图像的第 j 个像素的值。

3、根据权利要求2所述的PET图像的重建方法，其中，所述惩罚代理函数的表达式：

$$Q_U^b(X; X_n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_j} \omega_j^n (X_j - \hat{X}_{j, \text{Reg}}^{n+1})^2$$

其中， $\hat{X}_{j, \text{Reg}}^{n+1} = \frac{1}{2w_j^n} \sum_{k \in N_j} w_{jk} (X_k^n + X_j^n)$ ， $w_j^n = \sum_{k \in N_j} w_{jk} (X^n)$ ，

$w_{jk} (X^n) = \sum_{l=1}^{n_l} h_l w_{jl,kl}^q (X^n)$ ， ω_j^n 表示第j个像素的权重， w_{jk} 表示重建图像 X^n 的第j

5 个像素与第k个像素之间的权重， $\hat{X}_{j, \text{Reg}}^{n+1}$ 表示中间图像的第j个像素的值， N_j 表示以第j个像素为中心的邻域块， X_k^n 表示经过第n次迭代后的重建图像 X^n 的第j个像素的邻域块中的第k个像素的值， j_l 为邻域块 $f_j(X)$ 中的第l个像素， k_l 为邻域块 $f_k(X)$ 中的第l个像素， h_l 为正权重向量。

4、根据权利要求1所述的PET图像的重建方法，其中，所述根据第一目标函数迭代更新初始化重建图像X以获得第一重建图像的方法包括：

根据所述初始化重建图像X、投影数据Y和系统矩阵P获取期望最大化图像；

对所述初始化重建图像X进行图像平滑处理以获取中间图像；

根据所述期望最大化图像和所述中间图像生成第一重建图像。

15 5、根据权利要求1所述的PET图像的重建方法，其中，所述第二目标函数的表达式为： $\min_{D, \alpha} \sum_{i,j} \|R_{ij} X - D \alpha_{ij}\|_2^2$ ， $st. \|\alpha_{ij}\|_0 \leq T_0, \forall i, j$ ，

其中， X 表示步骤三重建得到的第一重建图像， R_{ij} 是从 X 中获得图像块的操作， D 是以图像块为基的字典， α_{ij} 是关于字典 D 的 X_{ij} 的稀疏表示， T_0 表示所要达到的稀疏水平。

20 6、根据权利要求1所述的PET图像的重建方法，其中，所述根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像的方法包括：

对第一重建图像进行图像分割，生成多个图像块；

根据每个所述图像块、和预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生

成每个图像块的稀疏系数；

根据所述每个图像块的稀疏系数、和所述高分辨率字典生成所述第一重建图像对应的高分辨率图像；

5 根据所述第一重建图像、所述高分辨率图像、预设的模糊矩阵和预设的下采样矩阵，生成并输出第二重建图像。

7、根据权利要求6所述的PET图像的重建方法，其中，所述根据每个所述图像块、预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生成每个图像块的稀疏系数的方法：

10 根据所述图像块、所述低分辨率字典、预设的特征提取函数和预设第一阈值，构建第一系数约束条件；

根据所述图像块、所述图像块的与上一个图像块的重叠区域、所述高分辨率字典和预设的第二阈值，构建第二系数约束条件；

根据预设的系数计算公式，计算满足所述第一系数约束条件和所述第二系数约束条件的所述图像块的稀疏系数。

15 8、根据权利要求6所述的PET图像的重建方法，其中，在对第一重建图像进行图像分割之前，所述重建方法还包括：

对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行随机初始化；

20 根据预设的低分辨率PET训练图像集、预设的高分辨率PET训练图像集、所述低分辨率PET训练图像集中图像块的尺寸、以及所述高分辨率PET图像集中图像块的尺寸，对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行联合训练。

9、一种计算机存储介质，其特征在于，所述计算机存储介质中存储有PET图像的重建程序，所述PET图像的重建程序被处理器执行时实现如权利要求1所述的PET图像的重建方法。

25 10、一种计算机设备，其中，所述计算机设备包括存储器、处理器、存

储在所述存储器中的 PET 图像的重建程序，所述 PET 图像的重建程序被所述处理器执行时实现 PET 图像的重建方法，所述 PET 图像的重建方法包括：

步骤一：获取 PET 图像的投影数据 Y 和系统矩阵 P ；

步骤二：构建成像模型方程 $Y = PX$ ， X 为重建的 PET 图像。

5 步骤三：获取初始重建图像 X ，并根据第一目标函数迭代更新初始重建图像 X 以获得第一重建图像，第一目标函数为：

$$X^{n+1} = \arg \max_{X \geq 0} Q_L(X; X^n) - \beta Q_U^b(X; X^n)$$

其中， $Q_L(X; X^n)$ 为基于泊松随机分布变量构建的似然代理函数， $Q_U^b(X; X^n)$ 为基于邻域块先验构建的惩罚代理函数， X^n 为第 n 次迭代后得到的重建图像，
10 β 为正则化参数；

步骤四：根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像，其中所述第二目标函数为基于字典学习构建的函数；

步骤五：判断是否满足迭代条件，若是，则输出本轮迭代得到第二重建图像作为最终的 PET 重建图像；若否，则返回步骤三，并将本轮迭代的第二重建
15 图像作为下一轮迭代时的初始重建图像。

11、根据权利要求 10 所述的计算机设备，其中，所述似然代理函数的表达式为：

$$Q_L(X; X^n) = \sum_{j=1}^{n_j} p_j \left(\hat{X}_{j,EM}^{n+1} \log X_j - X_j \right)$$

其中，其中， $\hat{X}_{j,EM}^{n+1} = \frac{X_j^n}{p_j} \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij} \frac{y_i}{\bar{y}_i^n}$ ， $p_j = \sum_{i=1}^{n_i} p_{ij}$ ， $\bar{y}^n = PX^n + r$ ， n_j 表示像素的
20 总量， p_{ij} 表示第 j 个像素被第 i 个探测器探测到概率， n_i 表示探测器的总数， p_j 表示第 j 个像素被 n_i 个探测器探测到总概率值， X_j 表示重建图像 X 的第 j 个像素的值， X_j^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的值， y_i 表示第 i 个探测器探测到的投影数据， $\bar{y}_i^n$ 表示期望投影数据， $\hat{X}_{j,EM}^{n+1}$ 表示期望最大化图像的第 j 个像素的值。

12、根据权利要求 11 所述的计算机设备，其中，所述惩罚代理函数的表达式： $Q_U^b(X; X_n) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n_j} \omega_j^n (X_j - \hat{X}_{j, \text{Reg}}^{n+1})^2$

其中， $\hat{X}_{j, \text{Reg}}^{n+1} = \frac{1}{2w_j^n} \sum_{k \in N_j} w_{jk} (X_k^n + X_j^n)$ ， $w_j^n = \sum_{k \in N_j} w_{jk} (X_k^n)$ ，

$w_{jk} (X_k^n) = \sum_{l=1}^{n_l} h_l w_{jl,kl}^q (X_k^n)$ ， ω_j^n 表示第 j 个像素的权重， w_{jk} 表示重建图像 X^n 的第 j 个像素与第 k 个像素之间的权重， $\hat{X}_{j, \text{Reg}}^{n+1}$ 表示中间图像的第 j 个像素的值， N_j 表示以第 j 个像素为中心的邻域块， X_k^n 表示经过第 n 次迭代后的重建图像 X^n 的第 j 个像素的邻域块中的第 k 个像素的值， j_l 为邻域块 $f_j(X)$ 中的第 l 个像素， k_l 为邻域块 $f_k(X)$ 中的第 l 个像素， h_l 为正权重向量。

13、根据权利要求 10 所述的计算机设备，其中，所述根据第一目标函数迭代更新初始化重建图像 X 以获得第一重建图像的方法包括：

根据所述初始化重建图像 X 、投影数据 Y 和系统矩阵 P 获取期望最大化图像；

对所述初始化重建图像 X 进行图像平滑处理以获取中间图像；

根据所述期望最大化图像和所述中间图像生成第一重建图像。

14、根据权利要求 10 所述的计算机设备，其中，所述第二目标函数的表达式为： $\min_{D, \alpha} \sum_{i,j} \|R_{ij} X - D \alpha_{ij}\|_2^2, \text{ st. } \|\alpha_{ij}\|_0 \leq T_0, \forall i, j$ ，

其中， X 表示步骤三重建得到的第一重建图像， R_{ij} 是从 X 中获得图像块的操作， D 是以图像块为基的字典， α_{ij} 是关于字典 D 的 X_{ij} 的稀疏表示， T_0 表示所要达到的稀疏水平。

15、根据权利要求 10 所述的计算机设备，其中，所述根据第二目标函数迭代更新第一重建图像以获得第二重建图像的方法包括：

对第一重建图像进行图像分割，生成多个图像块；

根据每个所述图像块、和预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生

成每个图像块的稀疏系数；

根据所述每个图像块的稀疏系数、和所述高分辨率字典生成所述第一重建图像对应的高分辨率图像；

5 根据所述第一重建图像、所述高分辨率图像、预设的模糊矩阵和预设的下采样矩阵，生成并输出第二重建图像。

16、根据权利要求 15 所述的计算机设备，其中，所述根据每个所述图像块、预先训练好的低分辨率字典和高分辨率字典生成每个图像块的稀疏系数的方法：

10 根据所述图像块、所述低分辨率字典、预设的特征提取函数和预设第一阈值，构建第一系数约束条件；

根据所述图像块、所述图像块的与上一个图像块的重叠区域、所述高分辨率字典和预设的第二阈值，构建第二系数约束条件；

根据预设的系数计算公式，计算满足所述第一系数约束条件和所述第二系数约束条件的所述图像块的稀疏系数。

15 17、根据权利要求 15 所述的计算机设备，其中，在对第一重建图像进行图像分割之前，所述重建方法还包括：

对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行随机初始化；

20 根据预设的低分辨率 PET 训练图像集、预设的高分辨率 PET 训练图像集、所述低分辨率 PET 训练图像集中图像块的尺寸、以及所述高分辨率 PET 图像集中图像块的尺寸，对所述低分辨率字典和所述高分辨字典进行联合训练。

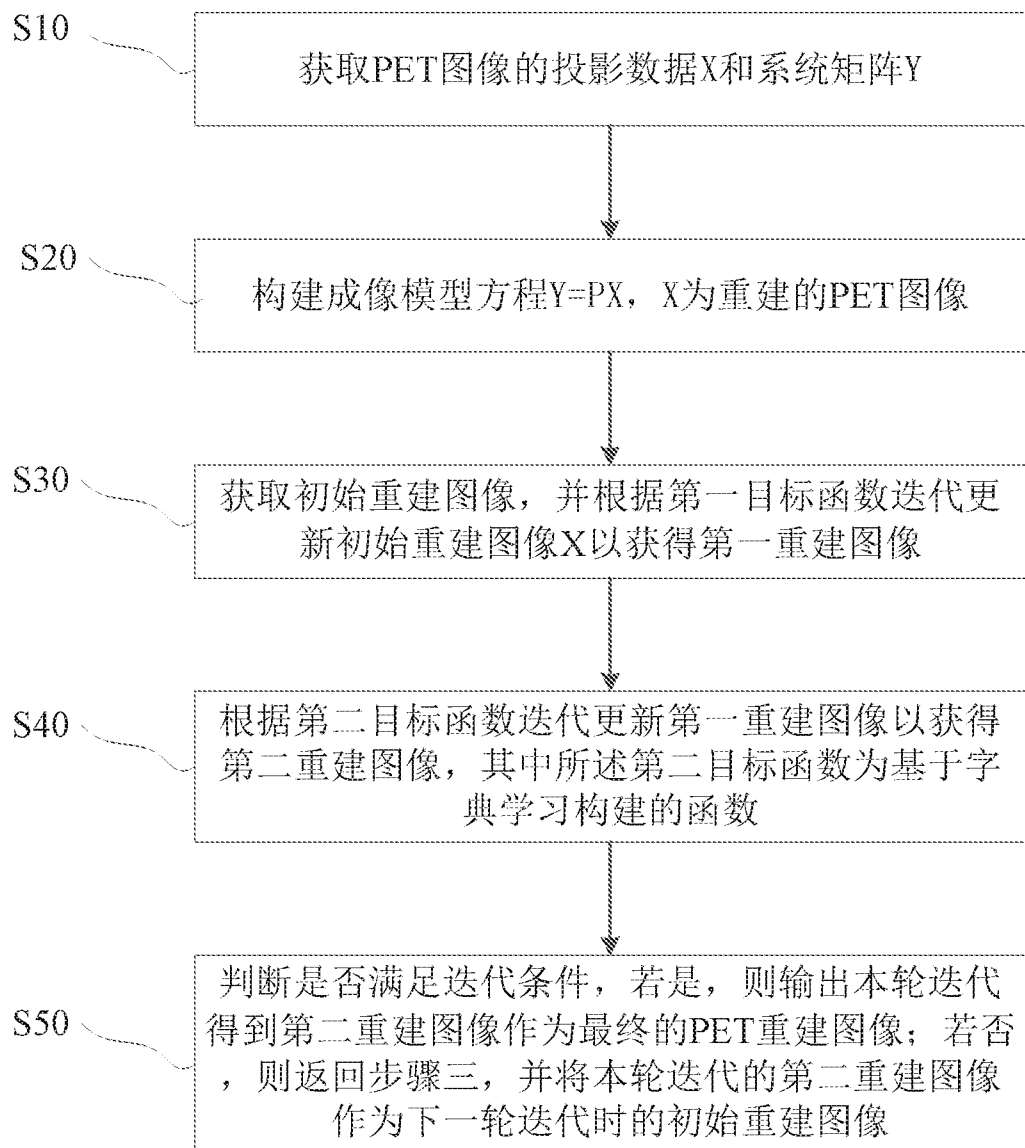


图 1

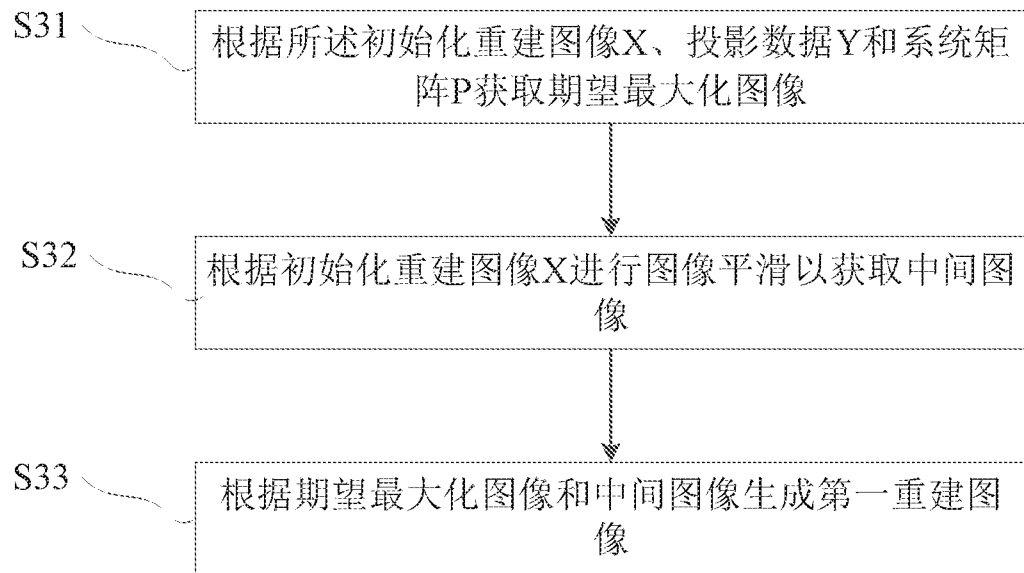


图 2

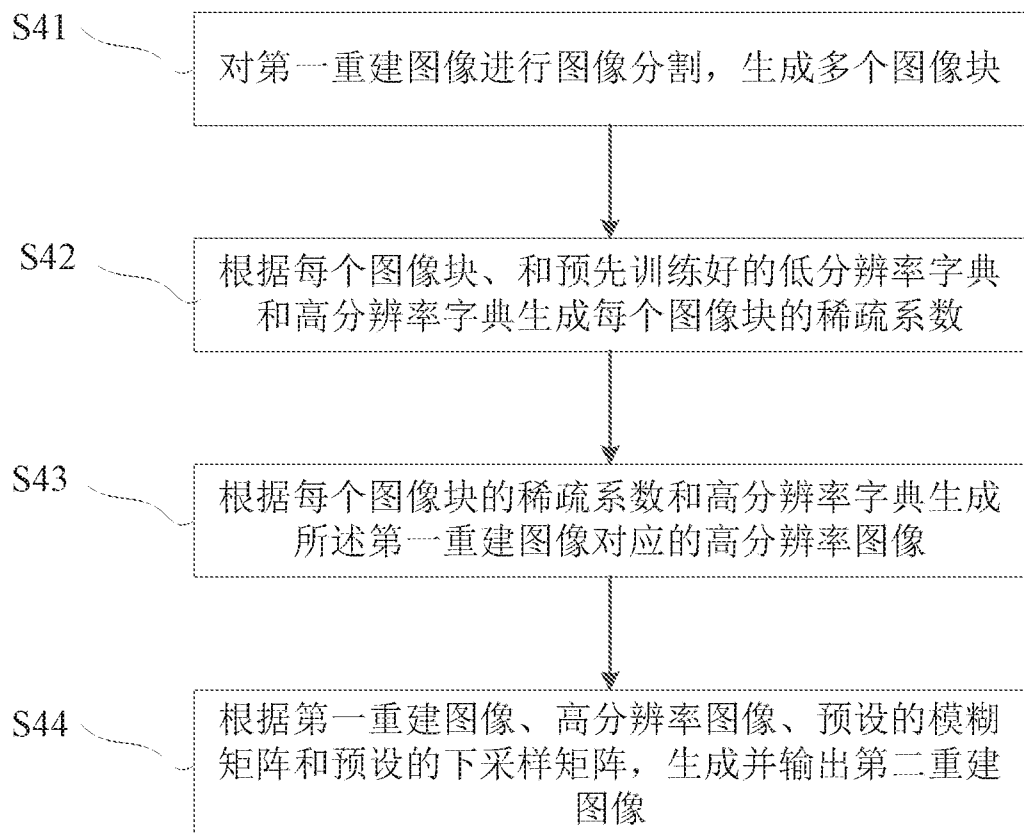


图 3

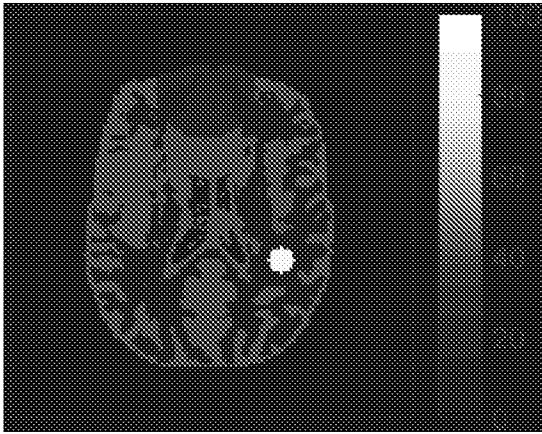


图 4a

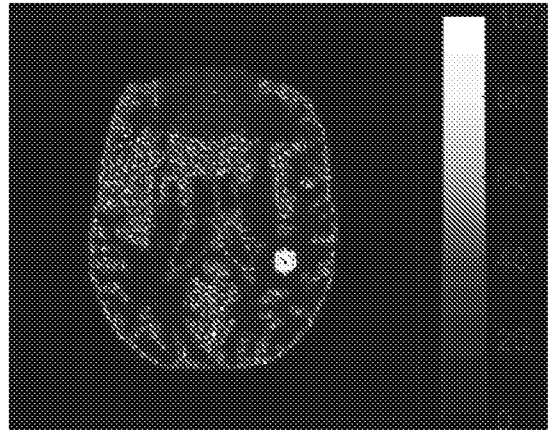


图 4b

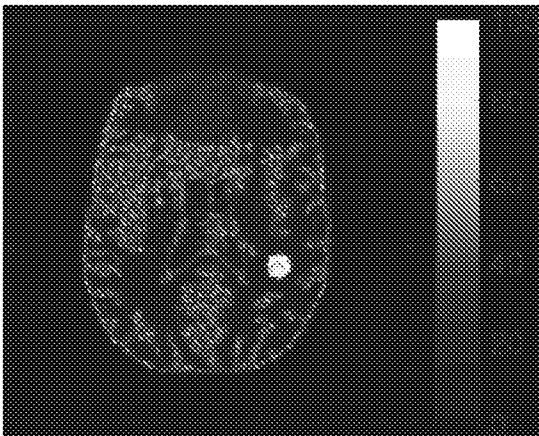


图 4c

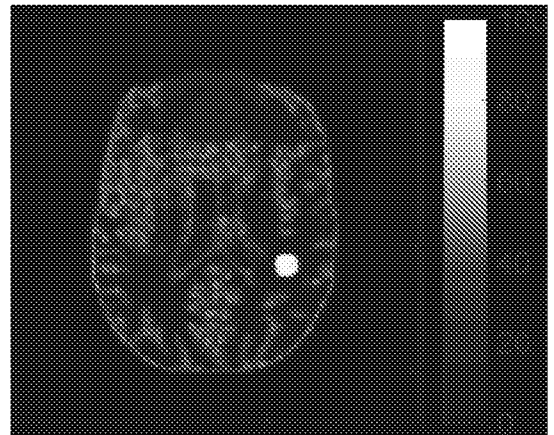


图 4d

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/071746

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 11/00(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; WPI; EPODOC; BAIDU; CNKI; ISI: 断层成像, 图像, 重建, 重构, 目标函数, 字典学习; PET, positron emission tomography, image, reconstruction, restoration, function, dictionary

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104077763 A (INSTITUTE OF HIGH ENERGY PHYSICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 01 October 2014 (2014-10-01) description, paragraphs [0049]-[0083]	1-17
A	US 2013188856 A1 (VARIAN MEDICAL SYSTEMS, INC.) 25 July 2013 (2013-07-25) entire document	1-17
A	CN 105374060 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 02 March 2016 (2016-03-02) entire document	1-17
A	CN 104574459 A (SHENYANG NEUSOFT MEDICAL SYSTEMS CO., LTD.) 29 April 2015 (2015-04-29) entire document	1-17
A	CN 107680146 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY) 09 February 2018 (2018-02-09) entire document	1-17



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2019

Date of mailing of the international search report

12 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/CN2019/071746

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104077763	A	01 October 2014	CN	104077763	B	25 January 2017
US	2013188856	A1	25 July 2013	US	9314160	B2	19 April 2016
				US	2016184608	A1	30 June 2016
CN	105374060	A	02 March 2016	None			
CN	104574459	A	29 April 2015	None			
CN	107680146	A	09 February 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/071746

A. 主题的分类 G06T 11/00 (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; WPI; EPDOC; BAIDU; CNKI; ISI: 断层成像, 图像, 重建, 重构, 目标函数, 字典学习; PET, positron emission tomography, image, reconstruction, restoration, function, dictionary																				
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 104077763 A (中国科学院高能物理研究所) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 说明书第[0049]-[0083]段</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2013188856 A1 (VARIAN MEDICAL SYSTEMS, INC.) 2013年 7月 25日 (2013 - 07 - 25) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105374060 A (浙江大学) 2016年 3月 2日 (2016 - 03 - 02) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104574459 A (沈阳东软医疗系统有限公司) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 全文</td> <td>1-17</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107680146 A (深圳先进技术研究院) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 全文</td> <td>1-17</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 104077763 A (中国科学院高能物理研究所) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 说明书第[0049]-[0083]段	1-17	A	US 2013188856 A1 (VARIAN MEDICAL SYSTEMS, INC.) 2013年 7月 25日 (2013 - 07 - 25) 全文	1-17	A	CN 105374060 A (浙江大学) 2016年 3月 2日 (2016 - 03 - 02) 全文	1-17	A	CN 104574459 A (沈阳东软医疗系统有限公司) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 全文	1-17	A	CN 107680146 A (深圳先进技术研究院) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 全文	1-17
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
A	CN 104077763 A (中国科学院高能物理研究所) 2014年 10月 1日 (2014 - 10 - 01) 说明书第[0049]-[0083]段	1-17																		
A	US 2013188856 A1 (VARIAN MEDICAL SYSTEMS, INC.) 2013年 7月 25日 (2013 - 07 - 25) 全文	1-17																		
A	CN 105374060 A (浙江大学) 2016年 3月 2日 (2016 - 03 - 02) 全文	1-17																		
A	CN 104574459 A (沈阳东软医疗系统有限公司) 2015年 4月 29日 (2015 - 04 - 29) 全文	1-17																		
A	CN 107680146 A (深圳先进技术研究院) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 全文	1-17																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
国际检索实际完成的日期 2019年 8月 29日		国际检索报告邮寄日期 2019年 9月 12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		授权官员 张琳琳 电话号码 86-(10)-53961404																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/071746

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	104077763	A	2014年 10月 1日	CN 104077763 B	2017年 1月 25日
US	2013188856	A1	2013年 7月 25日	US 9314160 B2	2016年 4月 19日
				US 2016184608 A1	2016年 6月 30日
CN	105374060	A	2016年 3月 2日	无	
CN	104574459	A	2015年 4月 29日	无	
CN	107680146	A	2018年 2月 9日	无	