

(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
2015 年 9 月 17 日 (17.09.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/135208 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04N 5/213 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/073461
- (22) 国际申请日: 2014 年 3 月 14 日 (14.03.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司 (SHENZHEN MINDRAY BIO-MEDICAL ELECTRONICS CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 赖勇铨 (LAI, Yongquan); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦, Guangdong 518057 (CN)。 邹耀贤 (ZOU, Yaoxian); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦, Guangdong 518057 (CN)。 林穆清 (LIN, Muqing); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦, Guangdong 518057 (CN)。 许鹏 (XU, Peng); 中国广东省深圳市南山区高新技术产业园区科技南十二路迈瑞大厦, Guangdong 518057 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳鼎合诚知识产权代理有限公司 (DHC IP ATTORNEYS); 中国广东省深圳市福田区金田路与福华路交汇处现代商务大厦 2201, Guangdong 518048 (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONDUCTING NOISE SUPPRESSION ON IMAGE

(54) 发明名称: 对图像进行噪声抑制的方法及装置

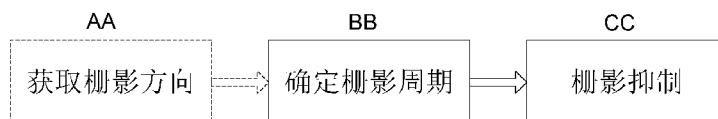


图 4 / FIG. 4

AA OBTAINING GRID SHADOW DIRECTION
BB DETERMINING GRID SHADOW PERIOD
CC GRID SHADOW SUPPRESSION

(57) Abstract: A method and device for conducting noise suppression on an image, the method comprising: obtaining an image to be processed, the image to be processed being an image having interference of periodic noise; determining the period of the periodic noise; substituting the period of the periodic noise into a signal separation model; optimizing and resolving the signal separation model to obtain a clean image signal corresponding to the image to be processed; based on the SPX model implementation, the model having incorporated the determined period of the periodic noise conducts the processing, so that the periodicity effect of the noise can be taken into consideration while separating the periodic noise signal, the aperiodic noise signal and the clean image signal, enabling the clean image to be free of ringing effect, thus further improving image quality.

(57) 摘要: 一种对图像进行噪声抑制的方法及装置, 方法包括: 获取待处理图像, 待处理图像为被周期性噪声干扰的图像; 确定周期性噪声的周期; 将所述周期性噪声的周期代入信号分离模型, 对信号分离模型进行优化求解, 得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。基于 SPX 模型实现, 在该模型时结合了确定出的周期性噪声的周期进行处理, 使得在分离出周期性噪声信号、非周期性噪声信号和干净图像信号时, 能够考虑到噪声的周期性影响, 使得干净的图像中不包含振铃效应, 进而提高图像质量。



WO 2015/135208 A1



ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

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)。

- (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, 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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

对图像进行噪声抑制的方法及装置

技术领域

本申请涉及图像处理技术，尤其涉及一种对图像进行噪声抑制的方法及装置，特别地，该图像为被周期性噪声干扰的图像。

背景技术

数字 X 射线照相术 (Digital Radiography, DR) 是一种采用数字传感器检测 X 光进行拍摄医学相片的技术，其以数字的方式存储和处理医学图像，具有采集和传输速度快、更容易进行图像增强和显示等优点，目前已经广泛应用于各种医学检查和诊断。

为了提高 DR 图像的分辨率，大多数 DR 产品都会在 X 光接收平板和人体之间加入一块防散射滤线栅。该滤线栅的作用是，让来自正面的穿过人体的 X 光通过的同时，使得从人体散射出来的 X 光被滤除，从而尽量避免平板上的同一感光点接收到来自人体不同组织的 X 光信号，以提高图像对比度和空间分辨率。当滤线栅的空间频率不是图像的空间采样频率的整数倍时，图像上会显示出条纹状的噪声，为如图 1 所示的栅影 13，其通常呈现为周期性噪声。这种现象称之为摩尔效应 (Moiré effect)；所产生的条纹又称为摩尔条纹或云纹。摩尔条纹的存在会影响正常人体组织显示，进而影响医生对病症的诊断。为了避免这种摩尔条纹，通常可采用如下几种方法，即：1) 调整滤线栅的线密度，使得其频率是平板采样频率（即像素点间隔的倒数）的整数倍；2) 采用运动栅，当栅的运动速度足够大，使得栅经过像素点的时间小于该像素点的曝光时间时，栅影将减弱或消失；3) 使用图像处理的方法去除这种云纹。其中，方法 1) 和方法 2) 对滤线栅的结构和安装要求较高，而方法 3) 对滤线栅的结构和安装方式要求降低，但需要去除成像时产生的条纹，并且要求不能受到成像平板本身缺陷（如坏线、坏点）带来的影响。

对于使用图像处理的方法，大多数是使用基于空间域卷积滤波或频域直接进行抑制。这一类方法容易受成像平板坏线的影响，滤波过程中在坏线周围产生扩散式的振铃效应，参见图 2 的坏线图像和图 3 的低通滤波后的图像。为了降低这种振铃效应，通常有两种做法。一是在设计滤波时在尽量降低滤波器的阶数，通过牺牲频率特性来换取较低的振铃效应。二是尽量减小坏线或坏点处周围像素点的突变，即采用好的插值算法计算出坏线或坏点的可能值。因为对坏线处采用常用的插值方法如线性插值、三次插值等进行插值，只能得到平滑

的过渡，破坏了栅影的周期性，导致频域滤波产生振铃效应而不能达到有效降低振铃的效果。对于带栅影的 DR 图像，第一种方法通常无法达到在彻底滤除栅影的同时而不在坏线处产生振铃效应，而第二种方法则需要在插值的同时考虑栅影的影响，即不能只考虑简单的邻域插值，还应将栅影的周期性规律考虑进去。然而，目前尚未有研究给出既能有效去除栅影同时又能将振铃的产生最小化的算法。

发明内容

根据本发明的一个方面，提供一种对图像进行噪声抑制的方法，包括：

图像获取步骤：获取待处理图像，所述待处理图像为被周期性噪声干扰的图像；

周期确定步骤：确定所述待处理图像中周期性噪声的周期；

优化求解步骤：将待处理图像的图像数据和所述周期性噪声的周期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。

根据本发明的另一个方面，提供一种对图像进行噪声抑制的装置，包括：

图像获取模块，用于获取待处理图像，所述待处理图像为被周期性噪声干扰的图像；

周期确定步骤：确定所述待处理图像中周期性噪声的周期；

优化求解步骤：将待处理图像的图像数据和所述周期性噪声的周期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。

本发明的对图像进行噪声抑制的方法是通过信号分离模型来实现，在使用该模型时结合了确定出的周期性噪声的周期进行处理，使得在分离出周期性噪声信号、非周期性噪声信号和干净图像信号这三个分量时能够考虑到噪声的周期性影响，使得干净的图像中不包含振铃效应，进而提高图像质量。

附图说明

图 1 为防散射滤线栅工作时栅影产生的示意图，其中 11 为 X 光接收平板，12 为滤线栅，13 为栅影，短箭头 14 为直射射线，长箭头 15 为散射线；

图 2 和图 3 分别为坏线振铃产生的坏线图像示意图和低通滤波后的图像示意图；

图 4 为本发明一种实施例的带滤线栅的 DR 图像栅影抑制方法的流程示意

图；

图 5 为本发明一种实施例中输入的 DR 图像信号分解为三个信号分量的示意图；

图 6 为本发明一种实施例中 DCT 频域及其滤波器系数的举例示意图；

图 7 为图 5 所示信号分量 p 的示意图；

图 8 为本发明一种实施例中的栅影方向检测算法的流程示意图；

图 9a 和 9b 为本发明一种实施例中对待处理图像进行分段的示意图。

具体实施方式

本发明提出一种对图像进行噪声抑制方法，特别地，该图像为被周期性噪声干扰的图像。该方法可以应用于包括但不限于带防散射滤线栅的数字放射图像（简称 DR 图像）中。以下以对带滤线栅的 DR 图像进行栅影抑制（即周期性噪声为栅影）为例，对本发明的对图像进行噪声抑制方法进行详细说明，应理解，以下的方法能适用于各种需要抑制周期性噪声的图像。

本发明实施例提出的对图像进行噪声抑制的方法是基于这样一种情形下的信号处理：一个干净的信号 x 受到周期性噪声 p 的加性干扰，并且在观测时由于传感器缺陷引入稀疏的噪声 s （也称为非周期性噪声），此时需要从传感器输出 d 来进行 s 、 p 和 x 三个分量的估计。简言之，即根据式子 $d=s+p+x$ 分别求出 s 、 p 和 x 三个未知分量，通过求解式子 $d=s+p+x$ 能够分离出周期性噪声信号（即 p 分量，为栅影引起的噪声）、非周期性噪声信号（即 s 分量，为如坏线或坏点导致的噪声）和干净的图像信号（即 x 分量，为去除了栅影和坏线坏点等之后的图像信号），从而可以得到干净的图像信号。

以下通过具体实施例结合附图对本发明作进一步详细说明。

实施例 1:

如图 4 所示，本实施例提出了一种带滤线栅 DR 图像的栅影抑制方法，通过该方法体现出本发明提出的对图像（尤其指被周期性噪声如栅影干扰的图像）进行噪声抑制的方法，其大体流程是：首先确定栅影周期，然后进行栅影抑制（图示中的实线部分）。

对于栅影周期的确定，通常有两种方法可以获得该周期参数，一是通过目测图像而得到，二是采用数值方法进行自动计算，关于后者的一种具体实现可参考下文中的实施例 4。

在得到估计的栅影周期后，可进行栅影抑制。本实施例中基于前述的信号处理方式进行栅影抑制，即把信号 d （即待处理图像）分离成三个分量（见图 5），

包括未知的干净图像信号 x ，周期性噪声 p 和非周期性噪声 s ，这三个分量满足 $x+s+p=d$ ，据此构建信号分离模型（简称 SPX 模型），并将栅影周期代入 SPX 模型进行优化求解，从而可以得到干净图像信号 x 。实施例中，SPX 模型的获得可通过如下方法构建而得；或者是直接调用事先已存储的模型，该已存储的模型可以是按照如下方法事先构建而得。

这里所构建的 SPX 模型包括代价函数和约束条件，其中代价函数为满足约束条件且与干净信号分量、周期信号分量和非周期信号分量中的至少一个相关的函数，干净信号分量为关于干净图像信号的平滑度的测度函数，周期信号分量为关于周期性噪声及其周期的测度函数，非周期信号分量为关于非周期性噪声的测度函数。

本实施例中，干净信号分量的表达式为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2$ ，周期信号分量的表达式为 $e_2 \|u\|_2^2$ ，非周期信号分量的表达式为 $e_3 \|diag(w)s\|_1$ ；约束条件包括固定约束条件，或者包括固定约束条件和指定约束条件，其中固定约束条件为 $x+s+Mu=d, Mu=p$ ，指定约束条件和这里涉及的表达式中的各参数的含义将在下文中解释。

本实施例的代价函数表达式为：

$$e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\|_1, \quad (1)$$

$$\text{subject to } x+s+Mu=d, \quad (2)$$

其中 Mu 为周期性噪声， M 为转换矩阵， u 为用于重建周期信号的变量， e_1 、 e_2 和 e_3 分别为用于控制干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声的大小的权重， $Q_c = diag(c)Q$ ， Q 为待处理图像的幅度谱矩阵， c 为权重向量， w 为用于降低或提高非周期性噪声的值的权重。

其它实施例中，代价函数中的代价项可以变为约束项，例如：代价函数可以表示为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2$ ，且该代价函数还满足固定约束条件和指定约束条件，该指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$ 且 $e_3 \|diag(w)s\|_1 < r_2$ ，或者该指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\|_1 < r_3$ ；或者，代价函数可以表示为 $e_2 \|u\|_2^2$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，该指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$ 且 $e_3 \|diag(w)s\|_1 < r_2$ ，或者该指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\|_1 < r_5$ ；或者，该代价函数可以表示为 $e_3 \|diag(w)s\|_1$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，该指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$ 且 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$ ，或者该指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2 < r_6$ ；或者，该代价函数可表示为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，该指定约束条件为 $e_3 \|diag(w)s\|_1 < r_2$ ；或者，该代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\|_1$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，该指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$ ；或者，该代价函数为 $e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\|_1$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，该指定约束条件为

$e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$, 其中, r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 、 r_5 和 r_6 为预设值如经验值或试验值等。

本实施例中, 对 s 、 p 和 x 的测度函数是采用 L_1 或 L_2 范数, 如对 s 项 (即非周期性噪声项) 采用 L_1 范数, 对 x 项 (即干净图像信号项) 和 p 项 (即周期性噪声项) 采用 L_2 范数; 当然, 在其它实施例中, 可以采用其它显而易见的近似或等价测度来替代 L_1 范数和/或 L_2 范数。例如, 可以对 p 项 (即周期性噪声项) 采用 L_1 范数, 对 x 项 (即干净图像信号项) 和 s 项 (即非周期性噪声项) 采用 L_2 范数, 也可以是对 s 项 (即非周期性噪声项) 采用 L_1 范数, 对 x 项 (即干净图像信号项) 和 p 项 (即周期性噪声项) 采用 L_2 范数, 等等, 以此类推。

本实施例中, 设 $e_1 = \frac{1}{n_c}$, $e_2 = \frac{\alpha}{Kt}$, $e_3 = \frac{\beta}{n}$, 其中 n_c 为矩阵 Q 的行数且不等于零, α 和 β 分别为用于控制周期性噪声和非周期性噪声与干净图像信号的大小的权重, K 为将周期性噪声分段而设定的段数, t 为每一段周期性噪声的周期, $n = KtT_0$, T_0 为每一段周期性噪声中 t 的个数。

以本实施例的代价函数为例 (即式 (1)), 对构建的 SPX 模型进行优化求解则是求解下面的数学优化问题, 由此可以实现栅影抑制:

$$\min_{x,u,s} \frac{1}{n_c} \|Q_c x\|_2^2 + \frac{\alpha}{Kt} \|u\|_2^2 + \frac{\beta}{n} \|\text{diag}(w)s\| \quad (3)$$

$$\text{subject to } x+s+Mu=d \quad (4)$$

即 SPX 模型以最小化代价函数为优化目标, 在满足约束条件的前提下, 结合周期性噪声的周期作为参数, 通过求解代价函数得到干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声。此时代价函数为 $\frac{1}{n_c} \|Q_c x\|_2^2 + \frac{\alpha}{Kt} \|u\|_2^2 + \frac{\beta}{n} \|\text{diag}(w)s\|$, 则该数学优化问题是求使代价函数为最小时的 x 、 u 、 s 的值, 且其约束条件是 $x+s+Mu=d$ 。其中对 s 项采用 L_1 范数, L_1 范数的计算方法为取向量各元素的绝对值的和, 对 x 项和 u 项采用 L_2 范数, L_2 范数的计算方法为取向量各元素的平方和然后求平方根。如前述, 在式子 (3) 和 (4) 中, $d \in R^n$ 为输入信号 (即输入的待进行噪声抑制处理的 DR 图像), s 为非周期性噪声, $p = Mu$ 为周期信号, x 为干净的信号。 Q_c 为带权重的 DCT (离散余弦变换) 矩阵, 目的是滤波, 即将某个频率的分量抑制掉以使得 x 项最小, 其计算方法见式 (5)。

$$Q_c = \text{diag}(c)Q \quad (5)$$

其中 Q 为输入信号 (即待进行噪声抑制处理的 DR 图像) 的 DCT 幅度谱 (其可通过对图像进行 DCT 变换后求频谱, 进而求得幅度谱), $c \in R^n$ 为权重向量 (或称滤波器系数向量)。 c 的形状设为一个或多个波峰的形式, 分别对应 DCT 频谱上由于周期性噪声造成的波峰, 如图 6 所示。滤波器系数越大, 则对周期性噪声的抑制越大; 滤波器系数为 0 时, 对应的频谱将不会衰减。 n_c 为不等于零的滤波器系数的个数, 相当于是矩阵 Q_c 的行数。该具体实现中 Q_c 为带权重的 DCT 矩阵, 其它具体实现中 Q_c 还可以是例如带权重的 DFT (离散傅里叶变换) 矩阵或 FFT (快速傅里叶变换) 矩阵等。

对于用于重建周期信号的变量 u ，每一个信号可以分解为 K 段，每段用一个基波表示，该基波的长度为 t ，重复 T_0 次， t 即为栅影的周期，可以通过经验值得到，或者通过后续对栅影周期的估计算法计算而得。这种分段的目的是增加鲁棒性。如图 7 所示，以图 5 所示周期信号 p 为例，周期信号 p 可分解为 K 段，每段用一个基波表示，该基波的长度为 t ，重复 T_0 次（图示中 $T_0=3$ ）。 u 可以表示如下：

$$u = [u_1^T, u_2^T, \dots, u_i^T, \dots, u_K^T]^T \in R^{Kt}, \text{ 其中 } u_i \in R^t$$

M 是信号转换矩阵，使得 $Mu = [u_1^T, \dots, u_1^T, u_2^T, \dots, u_2^T, \dots, u_K^T, \dots, u_K^T]^T \in R^n$ 。其中 n , t , K , T_0 有如下的关系： $n=KtT_0$ 。当信号长度不是 tT_0 的整数倍时，可以对 Mu 进行截断处理。

$w \in R^n$ 是输入权重，通过增加或减少 w_i 的值可以降低或提高噪声项 s 在位置 i （即 s_i ）的值。 α, β 分别控制周期信号 p 和噪声项 s 与信号 x 的大小关系。增加 α 可以降低周期信号 p 相对于 s 和 x 的幅值，同时由于等式约束的关系，即式(4)， s 和/或 x 的幅值相应降值。对 β 也同理。这里提及的参数 w 、 α 、 β 等在实际使用中可根据经验值或是试验值得到。

上述式(3)和(4)涉及到 L_1 范数和 L_2 范数的数学优化，可通过现有相关数学知识进行求解，即可得到分离出的三个分量 p 、 s 和 x ， x 即为分离后的干净的图像信号，即去除了栅影和坏线坏点后的图像信号。

综上，本实施例的对受周期性噪声干扰的图像进行噪声抑制的方法是基于 SPX 模型实现，通过该模型能分离出周期性噪声信号、非周期性噪声信号和干净图像信号，将该方法应用于使用带滤线栅的 DR 图像的处理中，能够在有效地去除图像中的栅影，而且由于在采用 SPX 模型时结合了噪声的周期进行处理，使得在分离出周期性噪声信号、非周期性噪声信号和干净图像信号时，能够考虑到噪声的周期性影响，使干净的图像中不包含振铃效应，进而提高图像质量。

基于上述方法，本实施例还提供了一种对图像进行噪声抑制的装置，其包括：

图像获取模块，用于获取待处理图像，该待处理图像为被周期性噪声干扰的图像；

周期确定模块，用于确定待处理图像中周期性噪声的周期；

优化求解模块，用于将待处理图像的图像数据和确定出的周期性噪声的周期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。

以上各模块的具体实现可参考上述方法实施例中相应的描述，在此不作重

述。

实施例 2:

本实施例仍以对带滤线栅 DR 图像的栅影抑制为例进行说明,并假设坏线处存在较大的噪声,而其它像素噪声场较小或为 0 (即噪声为大的稀疏噪声 large and sparse noise),所以本实施例在进行栅影抑制之前,首先考虑对非周期性噪声处进行插值以恢复该处的像素值,以便减小非周期性噪声对栅影抑制的影响。如图 4 所示,包括图示中的虚线部分和实线部分,本实施例提出的带滤线栅 DR 图像的栅影抑制方法的大体流程是:首先获取栅影方向(即周期性噪声的方向,可以理解为是周期性噪声呈现在图像中的视觉上的分布方向),根据栅影方向情况确定是否需要进行插值,然后估计出栅影的周期,以便在栅影抑制时考虑这种周期分量的影响,最后根据 SPX 模型去除栅影。

栅影方向的获取可采用图像处理的方法自动进行检测得到;当然,也可以通过人为的方式得到,如通过人工输入、硬件开关等均可以得到方向信息。这些人为的方式可以参考例如人机交互中通过界面输入的方式实现,在此不做详述。至于坏线的方向(即非周期性噪声的方向,可以理解为是非周期性噪声如坏线呈现在图像中的视觉上的分布方向),其可以通过人眼观察得到,也可以是通过标定的方式计算得到,具体的标定方法可以参考现有的标定方法,此处不做详述。

本实施例提供了一种采用图像处理的方法自动进行栅影方向检测,以使得将输入图像分为三种类型,即不存在栅影的图像、第一方向栅影(即栅影的方向与坏线的方向平行,本文中称之为横向栅影)图像和第二方向栅影(即栅影的方向与坏线的方向平行,本文中称之为竖向栅影)图像。在本实施例中,栅影方向检测算法的基本流程如图 8 所示,首先对输入的 DR 图像提取小波特征,然后采用预先训练好的第一个支持向量机(Support Vector Machine, SVM)分类器(图示中的分类器 1)进行有栅和无栅的分类;针对有栅的 DR 图像,将提取的特征再次输入到第二个 SVM 分类器(图示中的分类器 2),判断出栅影是横向还是竖向。以下介绍本发明一种实施例中涉及的特征提取和 SVM 分类器设计的方法。

特征提取的目的是从图像中提取出有利于栅影检测和栅影方向分类的特征向量,本实施例主要是提取小波特征进行分类,其提取算法包括如下步骤 S11-S13:

步骤 S11,对于输入图像计算两级二维小波变换,可选用 Haar 小波或者 db 小波,得到水平方向的分解 cH1、cH2 和竖直方向的分解 cV1、cV2;

步骤 S12, 对于得到的四个分解中的每一个分解, 按这种方式计算水平和竖直的梯度, 即, 对于每个像素位置 (i, j) , 计算水平方向和竖直方向的梯度, 统计所有像素位置中水平方向梯度大于竖直方向梯度一定门限 ε 的像素个数 $N1$, 统计所有像素位置中竖直方向梯度大于水平方向梯度一定门限 ε 的像素个数 $N2$, 对 $N1$ 和 $N2$ 用图像像素个数进行归一化并返回, 作为本分解的两个特征值;

步骤 S13, 返回四个分解得到的八个特征值作为输入图像的特征向量。

对于 SVM 分类器设计, 本实施例的分类器根据训练样本训练得到, 分类器参数主要包括支持向量、核函数的参数和偏置 (bias)。分类的公式为:

$$f(y) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^m a_i g(y_i, y) + b \right) \quad (6)$$

其中 y 为输入图像的变换后特征向量, $\{x_i\}_{i=1, \dots, m}$ 为支持向量, a_i 为加权系数, b 为偏置, $g(y_i, y)$ 为核函数。特征向量的每一个值需要经过平移和缩放后再输入, 即

$$y = \text{diag}(z) \left(\tilde{y} + l \right) \quad (7)$$

其中 $\tilde{y}$ 为从图像中直接提取的特征向量, z 和 l 分别为缩放和平移参数向量。分类器 1 采用 rbf 核函数, 即

$$g(y_i, y) = \exp \left(-\frac{1}{2\sigma^2} \|y - y_i\|_2^2 \right) \quad (8)$$

其中 σ 为 rbf 参数。分类器 2 采用多项式核函数, 即

$$g(y_i, y) = y_i^T y (y_i^T y + 1)^2 \quad (9)$$

分类器 1 的参数包括支持向量、加权系数、偏置、rbf 参数。分类器 2 的参数包括支持向量、加权系数和偏置。这些参数都是在训练中得到。

训练的基本流程通常可以描述为: 首先准备好三部分样本, 分别为无栅影的图像样本、横向栅影的图像样本和竖向栅影的图像样本; 然后训练分类器 1, 即将有栅影 (包括横向栅影和竖向栅影) 的图像样本作为正样本, 标号为+1, 无栅影的图像样本作为负样本, 标号为-1, 按前述特征提取算法分别提取正负样本的特征, 输入分类器训练算法进行训练, 得到分类器 1 的参数; 最后训练分类器 2, 即将横向栅影的图像样本作为正样本, 标号为+1, 竖向栅影的图像样本作为负样本, 标号为-1, 按前述特征提取算法分别提取正负样本的特征, 输入分类器训练算法进行训练, 得到分类器 2 的参数。

在线分类时, 对于新输入的图像 (即前述待处理图像) 按前述特征提取算法提取特征, 按照图 8 的流程进行有无栅影检测和栅影方向检测。分类器的判别公式见上述公式 (6)。当分类器 1 的按照公式 (6) 计算的输出大于 0 时判断

为有栅影，小于零时判断为无栅影。当分类器 2 的按照公式 (6) 计算的输出大于 0 时判断为横向栅影，小于 0 时判断为竖向栅影。需要注意的是，训练时正样本或者负样本的标号可以互换，相应地在线分类的得到的标号也应该互换。

本实施例中采用的小波特征并结合 SVM 进行分类，其中给出了具体的小波特征为通过两级二维小波变换而得到以及具体的 SVM 分类器的核函数，可以理解，在其它实施例中，还可以通过改变本实施例的小波变换的类型如采用 Gabor 小波特征、特征的统计方式等来提取特征，也可以对本实施例的支持向量机进行包括但不限于改变支持向量机的核、核函数等。此外，在另外一些实施例中，栅影方向的检测算法还可以采用已知的图像特征如不变矩等，也可以采用已知的分类器如神经网络、fisher 分类器等，只要是适于得到有无栅影及栅影方向的特征和分类均可。

在通过上述方法获取栅影方向后，对栅影方向进行判断。若是竖向栅影（即栅影的方向与坏线的方向垂直），则直接进行常规的差值处理如线性插值，插值后进行栅影周期计算及后续的栅影抑制处理，可以理解，插值后的 DR 图像中相当于不存在坏线，从而在后续的处理中可以据此设定相关的权重；若是横向栅影（即栅影的方向与坏线的方向平行），则不需要对坏线处进行插值处理，直接进行栅影周期计算及后续的栅影抑制处理。在此进一步说明的是，当检测到的非周期性噪声为坏点时，无论栅影方向如何，均认为此时栅影的方向与坏点平行（即为横向栅影），直接进行栅影周期计算及后续的栅影抑制处理。

本实施例的栅影周期确定方法以及栅影抑制方法可参考前述实施例 1 中的相关描述。栅影方向的计算对栅影抑制的影响之一在于，由于在判断出栅影方向与坏线方向垂直时，已通过插值方式恢复坏线处的像素值，所以，在进行栅影抑制时，前述的输入权重 w 的值可以不用设置为很大。

综上，本实施例不仅具有实施例 1 的优点，而且在处理时首先检测栅影方向，根据栅影方向确定是否对坏线进行插值以恢复坏线处的像素值，尽量减小了坏线对后续栅影抑制的影响。

基于本实施例的方法，本实施例还提供了一种对图像进行噪声抑制的装置，其包括：

图像获取模块，用于获取待处理图像，该待处理图像为被周期性噪声干扰的图像；

方向检测模块，用于确定所述周期性噪声的方向；

周期确定模块，用于确定待处理图像中周期性噪声的周期；

优化求解模块，用于将待处理图像的图像数据和确定出的周期性噪声的周

期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。

以上各模块的具体实现可参考上述方法实施例中相应的描述，在此不作重述。

实施例 3:

在实施例 1 或 2 中，假设代价函数的关于 x 的代价项中， Q_c 为 DCT 矩阵，即 $Q_c \in R^{n \times n}$ ，随着图像每一行长度 n 的增加，基于 SPX 模型的代价函数的计算复杂度呈平方增加，即渐进复杂度为 $O(n^2)$ 。可以理解， Q_c 为 FFT 矩阵或 DFT 矩阵等也存在类似的复杂度问题。本实施例即是针对实施例 1 或 2 存在的可能较高的算法复杂度进行改进，目的是降低基于 SPX 模型的算法复杂度。

本实施例中，为降低复杂度，采用分段的方式进行处理，假设分为 n_s 段，则渐进复杂度变为 $n_s O\left(\frac{n^2}{n_s}\right) = \left(\frac{n^2}{n_s}\right)$ 。因此，当 n_s 越接近于 n 时，算法的复杂度接近 $O(n)$ ，即线性复杂度。应理解，本实施例中说的分段与实施例 1 中变量 u 的分段不同，本实施例中的分段是指对一行图像数据进行分段，然后再采用实施例 1 中的算法进行计算，将本实施例和实施例 1 结合，很显然，此时实施例 1 中变量 u 的分段所针对的数据处理是基于本实施例已经分段得到的某一段图像数据。

一般地，如果采用分段处理，则需要解决由于频域滤波的副作用而导致的分段边界的不连续问题。对此，本实施例这样处理边界问题：将一行图像数据分成 n_s 段，每一段均前后留出一小部分作为交叠区域，最后的图像数据来源于每一段丢弃的第一个周期和最后一个周期的组合。如图 9a 和 9b 所示，其均可示出本发明对图像数据的分段处理。在图 9a 中，对一行图像数据 90 进行分段，前后两段相邻图像数据重叠两个周期，重叠部分如图中粗黑线部分和最粗黑线部分所示。分段过程中，除第一段图像数据和最后一段图像数据外，每一段图像数据均丢弃其第一个周期和最后一个周期。以第二段和第三段图像数据为例，第二段丢弃重叠部分标号为 201 的粗黑线段和标号为 204 的粗黑线段，第三段丢弃重叠部分标号为 301 和标号为 304 的粗黑线段。上述分段处理的结果见图 9b，尽管第二段和第三段分别丢弃了首段和末端重叠，但由于第二段补足了丢弃的周期 301，第三段补足了丢弃的周期 204，在两段交接处图像数据并不存在不连续的现象。进一步如图 9b 所示，除第一段图像数据的起始若干块数据与最后一段图像数据的末尾若干块数据外，每一段图像数据的起始若干块数据（图示中标记为最粗黑线部分）与前一段图像数据的末尾若干块数据（图示中标记为最粗黑线部分）重叠，每一段图像数据的末尾若干块数据（图示中标记为最粗黑线部分）与后一段图像数据的起始若干块数据（图示中标记为最粗黑线部分）重叠。

从整体来看，本实施例的对受周期性噪声干扰的图像的噪声抑制方法的大

体流程是：首先对输入的受周期性噪声干扰的待处理图像，按前述实施例 1（或者实施例 2）确定其周期性噪声的周期（或者是方向和周期），将该待处理图像按本实施例的分段方法进行分段处理，得到多段待处理图像数据，然后针对每一段待处理图像数据采用实施例 1 中的栅影抑制方法进行处理，最终得到待处理图像的噪声抑制后的结果。如前述，由于采用了分段的方式，降低了算法的复杂度。

实施例 4:

本实施例提出的一种带滤线栅 DR 图像的栅影抑制方法可基于前述各实施例实现，但其中涉及的确定栅影周期采用的是一种基于 SPX 模型实现的算法。

实施例中栅影周期的大小基于前述的 SPX 模型及其数学优化问题实现，可通过如下算法得到：

对于输入的待处理图像，选取其中一块感兴趣区域进行周期扫描，寻找最佳的周期，候选周期为经验值，例如可以设置为 5-10 的范围，或根据实际情况进行调整。感兴趣区域最好应选择周期比较明显的区域，避开由于剂量不足或过剩导致周期信号太弱的区域，或者采用随机选取的方式。由于包含栅影的图像经过傅里叶（DFT）变换到频域后，栅影在频域内分布在多个频率（高频、中频、低频）与图像信息变换后的部分频率重合，导致在频谱上可见数个频率点能量分布较其周围高，所以这个频率幅度较高之处对应地即为栅影所处的频率区域；基于此，可以选择出栅影区域，即周期比较明显的区域，该区域即为感兴趣区域。

最佳周期的衡量方法为：最终计算出来的周期信号越强，则周期越接近真实周期；即计算周期信号的 L_2 范数 $\|p\|_2$ 。 L_2 范数的计算方法为：取向量各元素的平方和再开根号。因此，取分解出来的周期信号最强的模型对应的周期即为栅影的周期。本实施例中以前述式（3）的代价函数为例，稍作变形，在数学上的表现是：

首先计算

$$\hat{u}(t) = \arg \min_{x,u,s} \frac{1}{n-1} \|Dx\|_1 + \frac{\alpha}{Kt} \|u\|_2^2 + \frac{\beta}{n} \|diag(w)s\|_1 \quad (10)$$

$$\text{subject to } x+s+Mu=d \quad (11)$$

其中 argmin 表示的是使目标函数取最小值时的变量值，体现在这里是指，求使代价函数取最小值时候的 u 值；

然后根据计算得到的 u 值计算

$$\hat{t} = \arg \max_t \|M\hat{u}(t)\|_2 \quad (12)$$

这里涉及到的公式和表达式中， d 表示的是感兴趣区域的图像数据； t 表示

的是预先设定的候选周期，将预先设定的某个范围内的候选周期代入此处涉及的公式和表达式进行计算，求解出来的周期性噪声信号最强的模型对应的那个候选周期为最佳周期，即需要求取的周期性噪声的周期； D 为差分矩阵，其形式如下：

$$D = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & -1 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 1 & -1 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

差分矩阵的作用是用于求信号的差分，即 $Dx = [x_1 - x_2, x_2 - x_3, \dots, x_{n-1} - x_n]^T$ ，其中 $\|Dx\|$ 被称为总变差 (total-variation)，是用于衡量图像信号平滑度的测度； n 为感兴趣区域的图像数据的长度；其它参数的含义参见前述实施例，在此不作重述。由于估计周期时可以避开坏线处，权重向量 w 可以设为全 1。可以理解，这里是以式 (3) 的优化函数为例稍作变形来进行周期计算的说明，其它实施例中该优化函数可以是如前所述的代价项可以变为约束项，各代价项前的系数可以相应修改，以及 L_2 范数也可以改为其它的等价测度等，只要其适合于计算出较好的周期的函数。

为了增加鲁棒性，可以选取多行进行计算，找所有行周期的范数的平方和的累加值最大的对应周期作为当前图像的栅影估计周期。

根据本实施例，本发明一种实施例还提供了一种确定图像中周期性噪声的周期的方法，包括：

图像获取步骤：获取待处理图像，所述待处理图像为被周期性噪声干扰的图像，从所述待处理图像中获取感兴趣区域的图像数据；

优化求解步骤：将感兴趣区域的图像数据和预先设定的候选周期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述感兴趣区域的图像数据的干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声；

周期确定步骤：将求解出的周期性噪声信号最强的模型对应的候选周期确定为周期性噪声的周期。

以上各步骤的具体实现可参考前述确定周期性噪声的周期中的相关描述，在此不作重述。

基于该确定图像中周期性噪声的周期的方法的实施例，另一种实施例还提供了一种确定图像中周期性噪声的周期的装置，包括：

图像获取模块，用于获取待处理图像，所述待处理图像为被周期性噪声干扰的图像，从所述待处理图像中获取感兴趣区域的图像数据；

优化求解模块，用于将感兴趣区域的图像数据和预先设定的候选周期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述感兴趣区域的图像数据的干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声；

周期确定模块，用于将求解出的周期性噪声信号最强的模型对应的候选周期确定为周期性噪声的周期。

以上各模块的具体实现可参考前述确定周期性噪声的周期中的相关描述，在此不作重述。

基于以上实施例，本发明提出的对受周期性噪声干扰的图像的噪声抑制方法或装置中，其通过构建 SPX 模型并进行优化求解既能分离出周期性噪声，还能分离出稀疏噪声（即非周期性噪声），从而可以得到干净图像噪声；此外，一种实施例中通过分段处理方式，能显著降低基于 SPX 模型的算法复杂度，并能有效消除分段的边界效应。按照本发明实施例的对图像进行噪声抑制的方法及其装置，可以通过硬件、软件、固件或者其组合是现在 X 射线成像系统中，从而使得 X 射线成像系统可以采用按照本发明实施例的噪声抑制的方法，或者包括按照本发明实施例的噪声抑制的装置。

本领域技术人员可以理解，上述实施方式中各种方法的全部或部分步骤可以通过程序来指令相关硬件完成，该程序可以存储于一计算机可读存储介质中，存储介质可以包括：只读存储器、随机存储器、磁盘或光盘等。

以上内容是结合具体的实施方式对本申请所作的进一步详细说明，不能认定本申请的具体实施只局限于这些说明。对于本申请所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干简单推演或替换。

权 利 要 求 书

1. 一种对图像进行噪声抑制的方法，其特征在于，包括：

图像获取步骤：获取待处理图像，所述待处理图像为被周期性噪声干扰的图像；

周期确定步骤：确定所述待处理图像中周期性噪声的周期；

优化求解步骤：将待处理图像的图像数据和所述周期性噪声的周期代入信号分离模型，对信号分离模型进行优化求解，得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述信号分离模型包括代价函数和约束条件，所述代价函数为满足所述约束条件且与干净信号分量、周期信号分量和非周期信号分量中的至少一个相关的函数；

所述干净信号分量为关于干净图像信号的平滑度的测度函数，所述周期信号分量为关于周期性噪声及其周期的测度函数，所述非周期信号分量为关于非周期性噪声的测度函数。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述约束条件包括固定约束条件，或者所述约束条件包括固定约束条件和指定约束条件，

所述固定约束条件为： $x+s+Mu=d$ ，

所述干净信号分量的表达式包括： $e_1 \|Q_c x\|_2^2$ ，

所述周期信号分量的表达式包括： $e_2 \|u\|_2^2$ ，

所述非周期信号分量的表达式包括： $e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1$ ，

其中 d 表示待处理图像， x 表示干净图像信号， s 表示非周期性噪声， u 表示用于重建周期性噪声的变量， Mu 表示周期性噪声， M 为转换矩阵， e_1 、 e_2 和 e_3 分别为用于控制干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声的大小的权重， $Q_c = \text{diag}(c)Q$ ， Q 为待处理图像的幅度谱矩阵， c 为权重向量， w 为用于降低或提高非周期性噪声的值的权重；

所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1$ ，且满足固定约束条件；

或者，所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，所述指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$ 且 $e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1 < r_2$ ，或者所述指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1 < r_3$ ；

或者，所述代价函数为 $e_2 \|u\|_2^2$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$ 且 $e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1 < r_2$ ，或者所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1 < r_5$ ；

或者，所述代价函数为 $e_3 \|\text{diag}(w)s\|_1$ ，且满足固定约束条件和指定约束条件，所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$ 且 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$ ，或者所述指定约束条件为

$$e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2 < r_6;$$

或者, 所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_3 \|\text{diag}(w)s\| < r_2$;

或者, 所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$;

或者, 所述代价函数为 $e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$;

其中, r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 、 r_5 和 r_6 为预设值。

4. 根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, $e_1 = \frac{1}{n_c}$, $e_2 = \frac{\alpha}{Kt}$, $e_3 = \frac{\beta}{n}$, n_c 为矩阵 Q 的行数且不等于零, α 和 β 分别为用于控制周期性噪声和非周期性噪声与干净图像信号的大小的权重, K 为将周期性噪声分段而设定的段数, t 为每一段周期性噪声的周期, $n = KtT_0$, T_0 为每一段周期性噪声中 t 的个数。

5. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在确定所述周期性噪声的周期这一步骤之前, 所述方法还包括: 确定所述周期性噪声的方向, 如果确定出所述周期性噪声的方向与非周期性噪声的方向垂直, 对所述待处理图像进行插值处理, 继续执行周期确定步骤, 如果确定出所述周期性噪声的方向与非周期性噪声的方向平行, 直接执行周期确定步骤;

其中所述确定周期性噪声的方向这一步骤具体为:

对所述待处理图像进行特征提取;

根据提取到的特征, 采用预先训练得到的第一分类器对所述待处理图像进行分类, 将所述待处理图像识别为带周期性噪声的图像或不带周期性噪声的图像, 所述第一分类器是通过将带周期性噪声的图像列入正样本训练集、将不带周期性噪声的图像列入负样本训练集训练得到, 或者所述第一分类器是通过将带周期性噪声的图像列入负样本训练集、将不带周期性噪声的图像列入正样本训练集训练得到;

根据所述提取到的特征, 采用预先训练得到的第二分类器对分类得到的带周期性噪声的图像进行分类, 将所述带周期性噪声的图像识别为第一方向噪声图像和第二方向噪声图像, 其中所述第一方向噪声图像中周期性噪声的方向与非周期性噪声的方向平行, 所述第二方向噪声图像中周期性噪声的方向与非周期性噪声的方向垂直, 所述第二分类器是通过将第一方向噪声图像列入正样本训练集、将第二方向噪声图像列入负样本训练集训练得到, 或者所述第二分类器是通过将第一方向噪声图像列入负样本训练集、将第二方向噪声图像列入正样本训练集训练得到。

6. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于, 所述提取到的特征包括小波特征; 所述第一分类器和所述第二分类器均为支持向量机分类器。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述方法还包括对所述待处理图像进行分段处理, 得到多段图像数据, 针对每一段待处理图像数据, 执行所述模型构建步骤和优化求解步骤;

其中, 所述分段处理包括: 将待处理图像分为多段, 其中, 除第一段图像数据的起始若干块数据与最后一段图像数据的末尾若干块数据外, 每一段图像数据的起始若干块数据与前一段图像数据的末尾若干块数据重叠, 每一段图像数据的末尾若干块数据与后一段图像数据的起始若干块数据重叠。

8. 根据权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述周期性噪声的周期被确定为预设值, 或者所述周期性噪声的周期通过以下步骤计算而确定包括:

获取感兴趣区域的图像数据;

将感兴趣区域的图像数据和预先设定的候选周期代入信号分离模型, 对信号分离模型进行干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声优化求解;

将求解出来的周期性噪声信号最强的模型对应的候选周期确定为周期性噪声的周期。

9. 根据权利要求 8 所述的方法, 其特征在于,

所述对信号分离模型进行干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声优化求解的公式包括:

$$\hat{u}(t) = \arg \min_{x, u, s} \frac{1}{n-1} \|Dx\|_1 + \frac{\alpha}{Kt} \|u\|_2^2 + \frac{\beta}{n} \|\text{diag}(w)s\|_1 \quad \text{且约}$$

束条件为 $x+s+Mu=d$;

所述将求解出来的周期性噪声信号最强的模型对应的候选周期确定为周期性噪声的周期这一步骤对应的表达式为: $\hat{t} = \arg \max_t \|M\hat{u}(t)\|_2$;

其中, d 表示感兴趣区域的图像数据, x 表示干净图像信号, s 表示非周期性噪声, u 表示用于重建周期性噪声的变量, Mu 表示周期性噪声, M 为转换矩阵, D 为差分矩阵, w 为用于降低或提高非周期性噪声的值的权重, n 为所述感兴趣区域的图像数据的长度, α 和 β 分别为用于控制周期性噪声和非周期性噪声与干净图像信号的大小的权重, K 为将周期性噪声分段而设定的段数, t 为所述候选周期, $n=KtT_0$, T_0 为每一段周期性噪声中 t 的个数, $\hat{t}$ 为所述周期性噪声的周期。

10. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述待处理图像包括数字放

射图像, 所述周期性噪声包括栅影。

11. 一种对图像进行噪声抑制的装置, 其特征在于, 包括:

图像获取模块, 用于获取待处理图像, 所述待处理图像为被周期性噪声干扰的图像;

周期确定模块, 用于确定所述待处理图像中周期性噪声的周期;

优化求解模块, 用于将待处理图像的图像数据和所述周期性噪声的周期代入信号分离模型, 对信号分离模型进行优化求解, 得到对应于所述待处理图像的干净图像信号。

12. 根据权利要求 11 所述的装置, 其特征在于, 包括: 所述信号分离模型包括代价函数和约束条件, 所述代价函数为满足所述约束条件且与干净信号分量、周期信号分量和非周期信号分量中的至少一个相关的函数;

所述干净信号分量为关于干净图像信号的平滑度的测度函数, 所述周期信号分量为关于周期性噪声及其周期的测度函数, 所述非周期信号分量为关于非周期性噪声的测度函数。

13. 根据权利要求 12 所述的装置, 其特征在于, 所述约束条件包括固定约束条件, 或者所述约束条件包括固定约束条件和指定约束条件,

所述固定约束条件为: $x+s+Mu=d$,

所述干净信号分量的表达式包括: $e_1 \|Q_c x\|_2^2$,

所述周期信号分量的表达式包括: $e_2 \|u\|_2^2$,

所述非周期信号分量的表达式包括: $e_3 \|diag(w)s\|$,

其中 d 表示待处理图像, x 表示干净图像信号, s 表示非周期性噪声, u 表示用于重建周期性噪声的变量, Mu 表示周期性噪声, M 为转换矩阵, e_1 、 e_2 和 e_3 分别为用于控制干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声的大小的权重, $Q_c = diag(c)Q$, Q 为待处理图像的幅度谱矩阵, c 为权重向量, w 为用于降低或提高非周期性噪声的值的权重;

所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\|$, 且满足固定约束条件;

或者, 所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$ 且 $e_3 \|diag(w)s\| < r_2$, 或者所述指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\| < r_3$;

或者, 所述代价函数为 $e_2 \|u\|_2^2$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$ 且 $e_3 \|diag(w)s\| < r_2$, 或者所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_3 \|diag(w)s\| < r_5$;

或者, 所述代价函数为 $e_3 \|diag(w)s\|$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$ 且 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$, 或者所述指定约束条件为

$$e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2 < r_6;$$

或者, 所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_2 \|u\|_2^2$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_3 \|\text{diag}(w)s\| < r_2$;

或者, 所述代价函数为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_2 \|u\|_2^2 < r_1$;

或者, 所述代价函数为 $e_2 \|u\|_2^2 + e_3 \|\text{diag}(w)s\|$, 且满足固定约束条件和指定约束条件, 所述指定约束条件为 $e_1 \|Q_c x\|_2^2 < r_4$;

其中, r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 、 r_5 和 r_6 为预设值。

14. 根据权利要求 11 所述的装置, 其特征在于, 还包括: 方向检测模块, 用于确定所述周期性噪声的方向;

其中所述确定周期性噪声的方向具体为:

对所述待处理图像进行特征提取;

根据提取到的特征, 采用预先训练得到的第一分类器对所述待处理图像进行分类, 将所述待处理图像识别为带周期性噪声的图像或不带周期性噪声的图像, 所述第一分类器是通过将带周期性噪声的图像列入正样本训练集、将不带周期性噪声的图像列入负样本训练集训练得到, 或者所述第一分类器是通过将带周期性噪声的图像列入负样本训练集、将不带周期性噪声的图像列入正样本训练集训练得到;

根据所述提取到的特征, 采用预先训练得到的第二分类器对分类得到的带周期性噪声的图像进行分类, 将所述带周期性噪声的图像识别为第一方向噪声图像和第二方向噪声图像, 其中所述第一方向噪声图像中周期性噪声的方向与非周期性噪声的方向平行, 所述第二方向噪声图像中周期性噪声的方向与非周期性噪声的方向垂直, 所述第二分类器是通过将第一方向噪声图像列入正样本训练集、将第二方向噪声图像列入负样本训练集训练得到, 或者所述第二分类器是通过将第一方向噪声图像列入负样本训练集、将第二方向噪声图像列入正样本训练集训练得到。

15. 根据权利要求 11 所述的装置, 其特征在于, 所述周期性噪声的周期被确定为预设值, 或者所述周期性噪声的周期的计算包括:

获取感兴趣区域的图像数据;

将感兴趣区域的图像数据和预先设定的候选周期代入信号分离模型, 对信号分离模型进行干净图像信号、周期性噪声和非周期性噪声优化求解;

将求解出来的周期性噪声信号最强的模型对应的候选周期确定为周期性噪声的周期。

16. 如权利要求 11 所述的装置, 其特征在于, 所述待处理图像包括数字放射图像, 所述周期性噪声包括栅影。

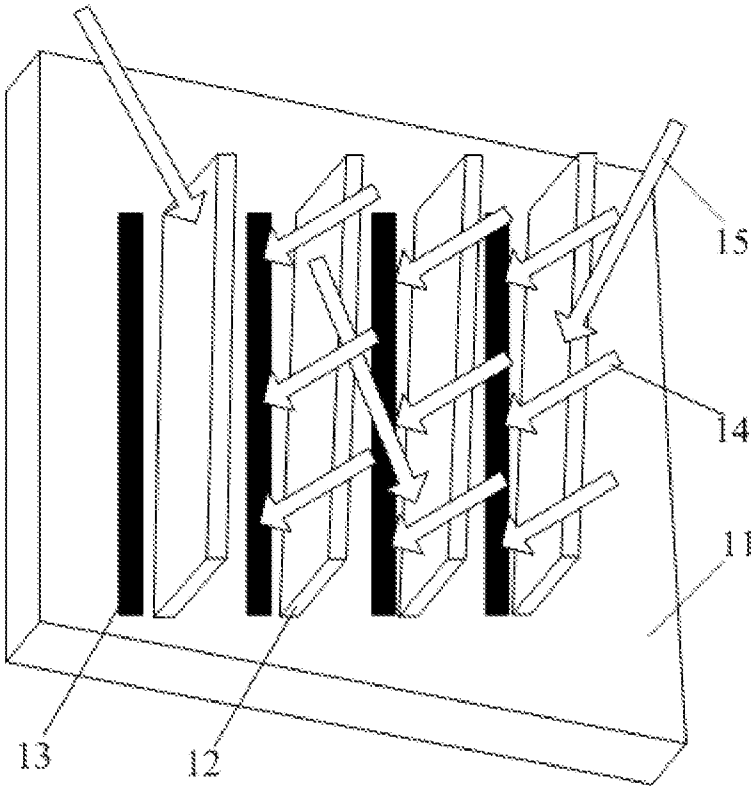


图 1

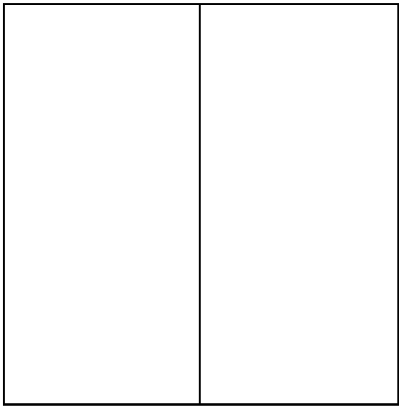


图 2

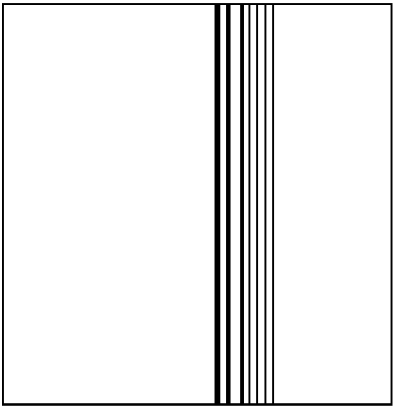


图 3



图 4

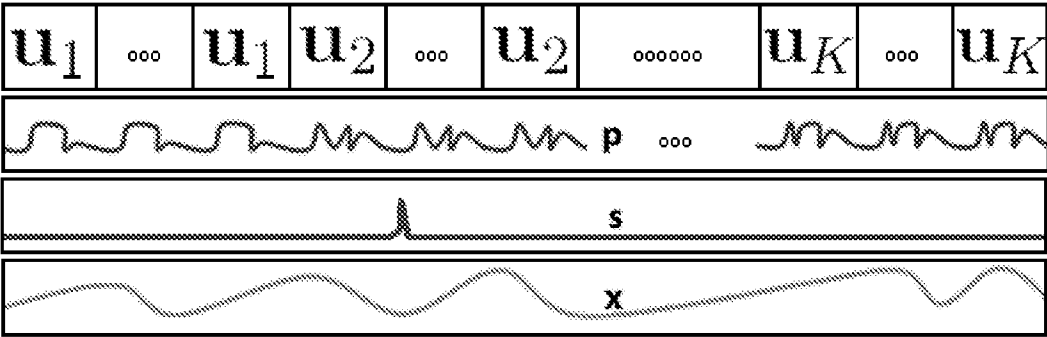


图 5

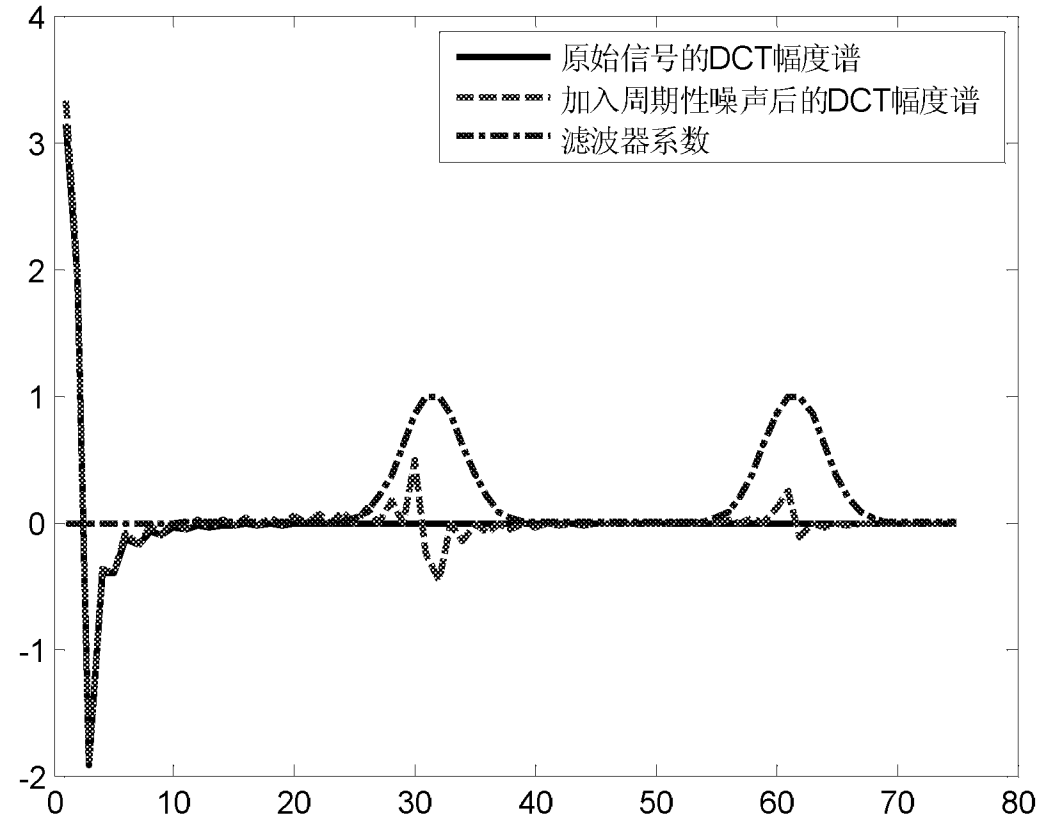


图 6

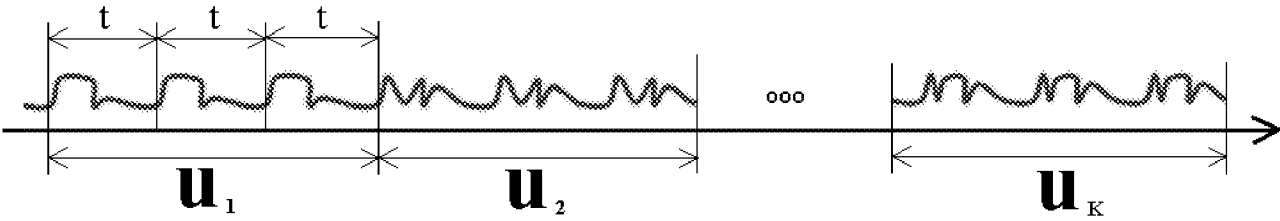


图 7

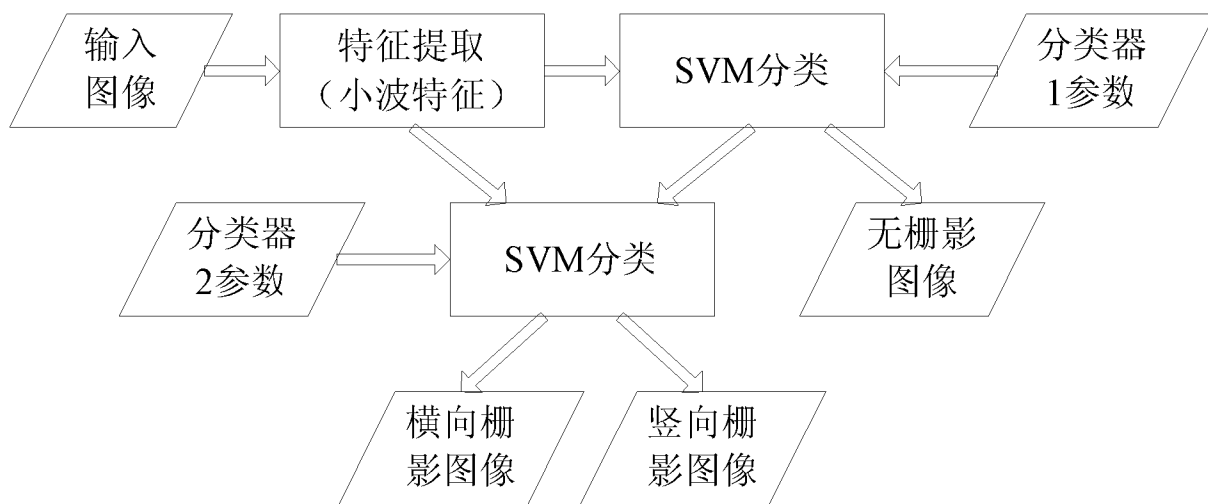


图 8

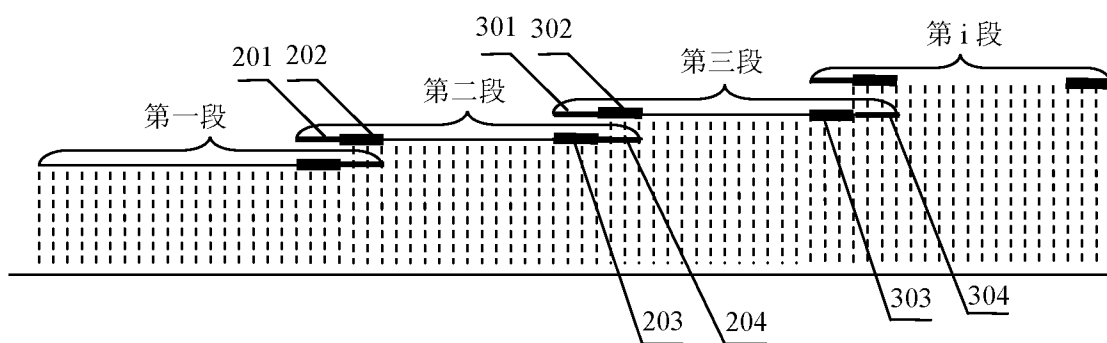


图 9a

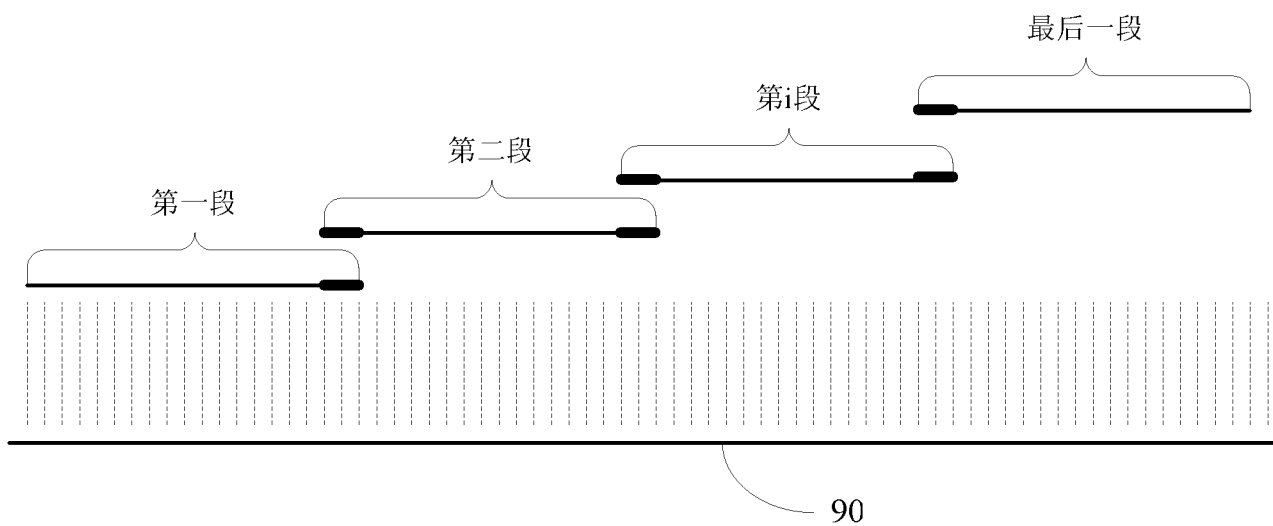


图 9b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/073461

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N 5/213 (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)

H04N, 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, EPODOC, WPI, IEEE: cost function, constraint condition, periodic, image processing, suppress+, restrain+, dectreas+, noise, function, model, condition, period+, image

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101101338 A (LANGFANG DEVELOPMENT ZONE PETROCHINA OIL FIELD TECHNOLOGY AND TRADE CO., LTD.), 09 January 2008 (09.01.2008), description, page 1, page 2, paragraph 3, page 6, page 7 and pages 10-12	1, 8, 10, 11, 15, 16
A	CN 102725715 A (CYPRESS SEMICONDUCTOR CORPORATION), 10 October 2012 (10.10.2012), the whole document	1-16
A	CN 103020913 A (WUHAN UNIVERSITY), 03 April 2013 (03.04.2013), the whole document	1-16
A	US 8346008 B2 (APTINA IMAGING CORPORATION), 01 January 2013 (01.01.2013), the whole document	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search 26 November 2014 (26.11.2014)	Date of mailing of the international search report 31 December 2014 (31.12.2014)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer XI, Huining Telephone No.: (86-10) 61648237

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/073461

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101101338 A	09 January 2008	CN 100547438 C	07 October 2009
CN 102725715 A	10 October 2012	US 2011115729 A1	19 May 2011
		KR 20120105445 A	25 September 2012
		EP 2491478 A1	29 August 2012
		WO 2011050113 A1	28 April 2011
CN 103020913 A	03 April 2013	None	
US 8346008 B2	01 January 2013	US 2010310190 A1	09 December 2010

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/073461

A. 主题的分类

H04N 5/213 (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)

H04N, 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, EPODOC, WPI, IEEE: 抑制, 噪声, 代价函数, 模型, 约束条件, 周期性, 图像, 图像处理, suppress+, restrain+, decreas+, noise, function, model, condition, period+, image

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 101101338 A (廊坊开发区中油油田科技工贸有限公司) 2008年 1月 09日 (2008 - 01 - 09) 说明书第1页, 第2页第3段, 第6页, 第7页, 第10-12页	1, 8, 10, 11, 15, 16
A	CN 102725715 A (赛普拉斯半导体公司) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-16
A	CN 103020913 A (武汉大学) 2013年 4月 03日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-16
A	US 8346008 B2 (APTINA IMAGING CORPORATION) 2013年 1月 01日 (2013 - 01 - 01) 全文	1-16

☐ 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

2014年 11月 26日

国际检索报告邮寄日期

2014年 12月 31日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10) 62019451

受权官员

奚惠宁

电话号码 (86-10) 61648237

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/073461

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	101101338	A	2008年 1月 09日	CN	100547438	C	2009年 10月 07日
CN	102725715	A	2012年 10月 10日	US	2011115729	A1	2011年 5月 19日
				KR	20120105445	A	2012年 9月 25日
				EP	2491478	A1	2012年 8月 29日
				WO	2011050113	A1	2011年 4月 28日
CN	103020913	A	2013年 4月 03日	无			
US	8346008	B2	2013年 1月 01日	US	2010310190	A1	2010年 12月 09日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)