

(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 2020/228455 A1

(43) 国际公布日

2020 年 11 月 19 日 (19.11.2020)

(51) 国际专利分类号:

G01S 7/35 (2006.01)

伟 (XU, Zhiwei); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。

(21) 国际申请号:

PCT/CN2020/084007

(22) 国际申请日:

2020 年 4 月 9 日 (09.04.2020)

(25) 申请语言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司 (HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市玉古路147号黄鸿年科技综合大楼215室/贾玉霞, Zhejiang 310013 (CN)。

(30) 优先权:

201910477082.1 2019年6月3日 (03.06.2019) CN

(71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。

(72) 发明人: 宋春毅 (SONG, Chunyi); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。谢丛霜 (XIE, Congshuang); 中国浙江省杭州市余杭塘路866号, Zhejiang 310058 (CN)。徐志

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

(54) Title: METHOD FOR EXTRACTING MICRO-MOTION FEATURES OF AIRCRAFT ROTOR WING

(54) 发明名称: 一种飞行器旋翼微动特征提取方法

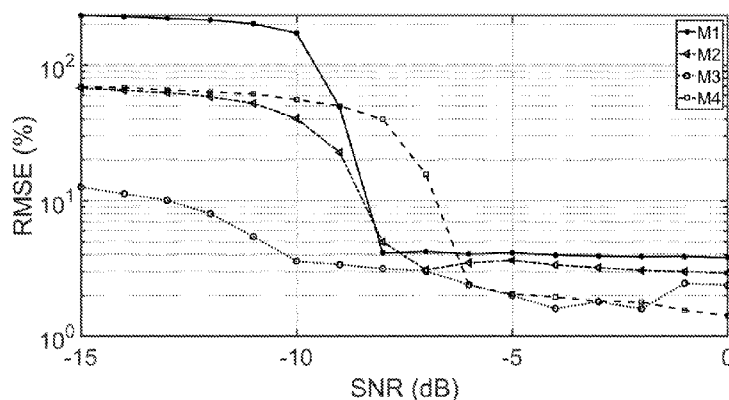


图 1

(57) Abstract: A method for extracting micro-motion features of an aircraft rotor wing. According to the method, low-rank decomposition is applied to the saliency detection of a rotor wing echo time-frequency diagram, such that a higher accuracy in extracting micro-motion features of a rotor wing can still be achieved at a low signal-to-noise ratio. The method has accuracy and robustness for the maximum micro-Doppler frequency offset estimation of an aircraft rotor wing echo signal, has a certain anti-interference capability, and facilitates aerial rotor wing monitoring.

(57) 摘要: 一种飞行器旋翼微动特征提取方法, 将低秩分解应用于旋翼回波时频图的显著性检测, 使得在低信噪比下仍能够具有较高的旋翼微动特征的提取准确率, 对飞行器旋翼回波信号的最大微多普勒频偏估计具有准确性和鲁棒性, 具备一定抗干扰能力, 有利于空中旋翼监测。

(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))。
- 根据申请人的请求, 在条约第21条(2)(a)所规定的期限届满之前进行。

一种飞行器旋翼微动特征提取方法

技术领域

本发明涉及雷达信号处理领域，具体涉及一种低信噪比下旋翼微动特征提取方法。

背景技术

微动指的是物体除质心平动以外任何振动、转动等微运动。旋翼的旋转就是一种微动状态。微多普勒频率体现的是散射中心速度相对雷达的变化，受到微动目标物理结构、运动参数影响，因此提取回波中微多普勒特征能为飞行目标分类、识别提供依据。

获得旋翼运动回波的数据后，多种从回波信号中提取微多普勒特征的方法被提出。比如，采用非线性分析经验模式分解法提取微动目标参数，针对正弦调频形式的微多普勒信号提出正交匹配追踪算法进行稀疏逼近实现了微动目标参量的估计，该类方法直接分解雷达回波序列，具有较好的鲁棒性，但是在估计参量维数较高时，计算量巨大。由于目标回波的微多普勒频率的时变性，雷达回波信号序列常常经过时频分析再进行处理。或者采用 Hough 变换方法在参数域中进行多维搜索提取出微多普勒曲线进行参数估计。由于叶尖的微多普勒回波能量小，易淹没于背景噪声中，在极低信噪比下这类参数估计方法的准确度不高。还有一种方法是在频域上检测目标信号包络转折点以及时频域上峰值间隔的方法提取旋翼运动参数，此计算方法复杂度小，但抗噪性较差。

发明内容

针对现有技术的不足，本发明提出一种低信噪比下旋翼微动特征提取方法，其具体技术方案如下：

一种飞行器旋翼微动特征提取方法，其特征在于，该方法具体包括如下步骤：

S1：对旋翼的时频图进行低秩分解得到时频图 TF 的低秩部分 TF_s ；

S1.1：在连续波雷达下，通过下式的旋翼的回波模型得到旋翼回波信号序列 $s(t)$ ；

$$s(t) = L \times \exp\left(-\frac{j4\pi R_0}{\lambda}\right) \times \sum_{n=0}^{N-1} \text{sinc}\left(\frac{2L}{\lambda} \cos \beta \cos\left(2\pi f_r t + \phi_0 + \frac{2\pi n}{N}\right)\right) \times \exp\left(-\frac{j4\pi L}{\lambda} \cos \beta \cos\left(2\pi f_r t + \phi_0 + \frac{2\pi n}{N}\right)\right) \quad (1)$$

其中， L 是旋翼长度， R_0 是雷达与旋翼旋转中心的距离， λ 是雷达的发射波长， β 是雷达的观测仰角， f_r 是旋翼旋转频率， ϕ_0 是旋翼初始相位， N 是旋翼桨叶数目， n 为旋翼的编号，

t 为时间;

S1.2: 对旋翼回波信号序列 $s(t)$ 进行时频分析, 得到时频图 TF :

S1.3: 通过求解式(2)的 NP-Hard 问题得到时频图 TF 的稀疏部分 E :

$$\begin{cases} \min_{L,M} \|TF_s\|_* + \varepsilon|E|_1 \\ s.t. TF = TF_s + E \end{cases} \quad (2)$$

其中, TF_s 是时频图 TF 的低秩部分, $\|\cdot\|_*$ 是核范数, $|\cdot|_1$ 是一阶范数, ε 是一个正的平衡值;

S1.4: 用初始时频图 TF 减去 E 即可以得到经过低秩分解后的图像的的低秩部分 TF_s

$$TF_s = TF - E \quad (3)$$

S2: 将时频图 TF 的低秩部分 TF_s 分割为二值图像 TF_b ;

S2.1: 将 S1.4 得到的图像的的低秩部分 TF_s 通过迭代法得到二值化的分割阈值 T_0 ;

S2.2: 将 TF_s 的每个像素点通过下式得到二值化后的图像 TF_b 中的每个像素点

$$P_{(x,y)} = \begin{cases} 0 & p_{s(x,y)} < T_0 \\ 1 & p_{s(x,y)} \geq T_0 \end{cases} \quad (4)$$

其中, $p_{(x,y)}$ 代表是 TF_b 中每个像素点的灰度值, $p_{s(x,y)}$ 代表是图像 TF_s 中每个像素点的灰度值;

S3: 将二值图像 TF_b 沿图像中心水平线分为上半部分 TF_t 和下半部分 TF_d ;

S4: 采用直线检测方法提取 TF_t 中的频率带长度集 L_t 、 TF_d 中的频率带长度集 L_d , 通过下式得到估计旋翼微动特征最大多普勒频偏 $\hat{f}_d$

$$\hat{f}_d = \omega_0 \times \overline{L_t} + \overline{L_d} \quad (5)$$

其中, ω_0 为时频图的频率分辨率。

进一步地, 所述的直线检测方法为 Hough 检测。

进一步地, 所述的 S1.2 中对旋翼回波信号序列 $s(t)$ 进行时频分析采用快速傅立叶变换方法:

$$TF(t, f) = |STFT(t, f)|^2 = \left| \sum_{m_i=-\infty}^{W-1} w(m_i) s(m_i + (t-1)(W-O_i)) e^{-j2\pi k m_i / W} \right|^2 \quad (6)$$

其中, f 是频率, $w(\cdot)$ 是窗长为 W 的窗函数, 默认使用汉明窗。 m_i 是窗函数位置的索引, O_i 是两个分析窗之间信号的重叠长度, k 是离散频率的索引。

进一步地, 所述的 S1.3 中求解 NP-Hard 问题采用的方法为加速近端梯度法。

进一步地, 所述的 S1.3 中 ε 取值为:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{N_s}} \quad (7)$$

其中, $N_s = t_s f_s$ 是旋翼信号的总长度, t_s 为采样时间。

本发明的有益效果如下:

本方法能够有效检测飞行器旋翼回波中时频图显著区域, 在低信噪比下仍能够具有较高的旋翼微动特征的提取准确率, 具备一定抗干扰能力, 有利于空中旋翼监测。

附图说明

图 1 为采用本发明的方法估计的单旋翼、双旋翼、三旋翼和四旋翼的微动特征的标准误差结果图。

具体实施方式

下面根据附图和优选实施例详细描述本发明, 本发明的目的和效果将变得更加明白, 以下结合附图和实施例, 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仅用以解释本发明, 并不用于限定本发明。

一种飞行器旋翼微动特征提取方法, 其特征在于, 该方法具体包括如下步骤:

S1: 对旋翼的时频图进行低秩分解得到时频图 TF 的低秩部分 TF_s ;

S1.1: 在连续波雷达下, 通过下式的旋翼的回波模型得到旋翼回波信号序列 $s(t)$;

$$s(t) = L \times \exp\left(-\frac{j4\pi R_0}{\lambda}\right) \times \sum_{n=0}^{N-1} \text{sinc}\left(\frac{2L}{\lambda} \cos \beta \cos\left(2\pi f_r t + \phi_0 + \frac{2\pi n}{N}\right)\right) \times \exp\left(-\frac{j4\pi L}{\lambda} \cos \beta \cos\left(2\pi f_r t + \phi_0 + \frac{2\pi n}{N}\right)\right) \quad (1)$$

其中, L 是旋翼长度, R_0 是雷达与旋翼旋转中心的距离, λ 是雷达的发射波长, β 是雷达的观测仰角, f_r 是旋翼旋转频率, ϕ_0 是旋翼初始相位, N 是旋翼桨叶数目, n 为旋翼的编号, t 为时间;

S1.2: 对旋翼回波信号序列 $s(t)$ 进行时频分析, 得到时频图 TF ;

S1.3: 通过求解式 (2) 的 NP-Hard 问题得到时频图 TF 的稀疏部分 E :

$$\begin{cases} \min_{L, M} \|TF_s\|_* + \varepsilon \|E\|_1 \\ \text{s.t. } TF = TF_s + E \end{cases} \quad (2)$$

其中, TF_s 是时频图 TF 的低秩部分, $\|\cdot\|_*$ 是核范数, $\|\cdot\|_1$ 是一阶范数, ε 是一个正的平衡值;

优选地, $\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{N_s}}$, 其中, $N_s = t_s f_s$ 是旋翼信号的总长度, t_s 为采样时间。

优选地, 求解 NP-Hard 问题采用的方法为加速近端梯度法。

S1.4: 用初始时频图 TF 减去 E 即可以得到经过低秩分解后的图像的低秩部分 TF_s

$$TF_s = TF - E$$

S2: 将时频图 TF 的低秩部分 TF_s 分割为二值图像 TF_b ;

对于获得的低秩部分 TF_s , 此时低秩背景噪声部分已经去除。当叶片与雷达视线垂直时, 由于频率带部分能量值(灰度)明显高于背景, 因此, 合理选择阈值, 能够将频率带从背景中分割出来。迭代法是一种全局二值化方法, 采用迭代思想选取最佳阈值 T_0 。

S2.1: 将 S1.4 得到的图像的低秩部分 TF_s 通过迭代法得到二值化的分割阈值 T_0 ;

S2.2: 将 TF_s 的每个像素点通过下式得到二值化后的图像 TF_b 中的每个像素点

$$p_{(x,y)} = \begin{cases} 0 & p_{s(x,y)} < T_0 \\ 1 & p_{s(x,y)} \geq T_0 \end{cases}$$

其中, $p_{(x,y)}$ 代表是 TF_b 中每个像素点的灰度值, $p_{s(x,y)}$ 代表是图像 TF_s 中每个像素点的灰度值;

S3: 将二值图像 TF_b 沿图像中心水平线分为上半部分 TF_t 和下半部分 TF_d ;

S4: 采用直线检测方法提取 TF_t 中的频率带长度集 L_t 、 TF_d 中的频率带长度集 L_d , 通过下式得到估计旋翼微动特征最大多普勒频偏 $\hat{f}_d$

$$\hat{f}_d = \omega_0 \times \overline{\overline{L_t} + \overline{L_d}}$$

其中, ω_0 为时频图的频率分辨率。

在雷达照射旋转叶片的场景中, 当叶片与雷达视线垂直时刻, 电磁波能够覆盖整个叶片, 叶片发生镜面散射使散射强度最大, 回波在时频域出现自 0Hz 到最大多普勒频偏的频率带, 即时频域存在“闪烁”。在其他时刻, 在其他的照射角度下, 旋转中心散射点引起的微多普勒效应在时频图表现为零频带。叶尖产生的在这些时刻产生的微多普勒效应在时频图呈现为正弦曲线包络形式。

由于叶片的材质一般是均匀的, 因此产生的频率带部分一般都为直线。Hough 直线检测对直线断点不敏感且较为简单, 因此采用 Hough 检测提取频率带长度。在短时 t 中, 可以将旋翼看作悬停状态, 即转速一致, 因此在 TF_s 中, 频率带长度一致。

优选地, 所述的 S1.2 中对旋翼回波信号序列 $s(t)$ 进行时频分析采用快速傅立叶变换方法:

$$TF(t, f) = |STFT(t, f)|^2$$

$$= \left| \sum_{m_i=-\infty}^{W-1} w(m_i) s(m_i + (t-1)(W-O_l)) e^{-j2\pi k m_i / W} \right|^2 \quad (6)$$

其中, f 是频率, $w(\cdot)$ 是窗长为 W 的窗函数, 默认使用汉明窗。 m_i 是窗函数位置的索引, O_l 是两个分析窗之间信号的重叠长度, k 是离散频率的索引。

为了验证本发明的方法的, 设定 M1、M2、M3 和 M4 代表单旋翼、双旋翼、三旋翼和四旋翼, 其叶片长度分别为 0.1m, 0.2m, 0.3m 和 0.2m, 其叶片个数分别为 2、2、2 和 1。对 M1、M2、M3 和 M4 的旋翼回波进行了仿真, 获得不同信噪比下四种旋翼模型采用本发明的方法估计得到的微动特征的标准误差 (Root Mean Squared Error, RMSE) 结果, 如图 1 所示, 从图中可以看出, 在较低信噪比下, 本方法能够达到较好的微动特征估计准确度, 说明本方法具有一定抗噪性, 具备一定抗干扰能力, 有利于空中旋翼监测。

本领域普通技术人员可以理解, 以上所述仅为发明的优选实例而已, 并不用于限制发明, 尽管参照前述实例对发明进行了详细的说明, 对于本领域的技术人员来说, 其依然可以对前述各实例记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在发明的精神和原则之内, 所做的修改、等同替换等均应包含在发明的保护范围之内。

权利要求书

1. 一种飞行器旋翼微动特征提取方法, 其特征在于, 该方法具体包括如下步骤:

S1: 对旋翼的时频图进行低秩分解得到时频图 TF 的低秩部分 TF_s ;

S1.1: 在连续波雷达下, 通过下式的旋翼的回波模型得到旋翼回波信号序列 $s(t)$;

$$s(t) = L \times \exp\left(-\frac{j4\pi R_0}{\lambda}\right) \times \sum_{n=0}^{N-1} \text{sinc}\left(\frac{2L}{\lambda} \cos \beta \cos\left(2\pi f_r t + \phi_0 + \frac{2\pi n}{N}\right)\right) \times \exp\left(-\frac{j4\pi L}{\lambda} \cos \beta \cos\left(2\pi f_r t + \phi_0 + \frac{2\pi n}{N}\right)\right) \quad (1)$$

其中, L 是旋翼长度, R_0 是雷达与旋翼旋转中心的距离, λ 是雷达的发射波长, β 是雷达的观测仰角, f_r 是旋翼旋转频率, ϕ_0 是旋翼初始相位, N 是旋翼桨叶数目, n 为旋翼的编号, t 为时间。

S1.2: 对旋翼回波信号序列 $s(t)$ 进行时频分析, 得到时频图 TF ;

S1.3: 通过求解式(2)的 NP-Hard 问题得到时频图 TF 的稀疏部分 E :

$$\begin{cases} \min_{L, M} \|TF_s\|_* + \varepsilon \|E\|_1 \\ \text{s.t. } TF = TF_s + E \end{cases} \quad (2)$$

其中, TF_s 是时频图 TF 的低秩部分, $\|\cdot\|_*$ 是核范数, $\|\cdot\|_1$ 是一阶范数, ε 是一个正的平衡值;

S1.4: 用初始时频图 TF 减去 E 即可以得到经过低秩分解后的图像的低秩部分 TF_s

$$TF_s = TF - E \quad (3)$$

S2: 将时频图 TF 的低秩部分 TF_s 分割为二值图像 TF_b ;

S2.1: 将 S1.4 得到的图像的低秩部分 TF_s 通过迭代法得到二值化的分割阈值 T_0 ;

S2.2: 将 TF_s 的每个像素点通过下式得到二值化后的图像 TF_b 中的每个像素点

$$p_{(x,y)} = \begin{cases} 0 & p_{s(x,y)} < T_0 \\ 1 & p_{s(x,y)} \geq T_0 \end{cases} \quad (4)$$

其中, $p_{(x,y)}$ 代表是 TF_b 中每个像素点的灰度值, $p_{s(x,y)}$ 代表是图像 TF_s 中每个像素点的灰度值;

S3: 将二值图像 TF_b 沿图像中心水平线分为上半部分 TF_t 和下半部分 TF_d ;

S4: 采用直线检测方法提取 TF_t 中的频率带长度集 L_t 、 TF_d 中的频率带长度集 L_d , 通过下式得到估计旋翼微动特征最大多普勒频偏 $\hat{f}_d$

$$\hat{f}_d = \omega_0 \times \overline{L_t + L_d} \quad (5)$$

其中, ω_0 为时频图的频率分辨率。

2. 根据权利要求 1 所述的飞行器旋翼微动特征提取方法, 其特征在于, 所述的直线检测方法为 Hough 检测。

3. 根据权利要求 1 所述的飞行器旋翼微动特征提取方法, 其特征在于, 所述的 S1.2 中对旋翼回波信号序列 $s(t)$ 进行时频分析采用快速傅立叶变换方法:

$$TF(t, f) = |STFT(t, f)|^2 = \left| \sum_{m_i=-\infty}^{W-l} w(m_i) s(m_i + (t-l)(W-O_l)) e^{-j2\pi k m_i / W} \right|^2 \quad (6)$$

其中, f 是频率, $w(\cdot)$ 是窗长为 W 的窗函数, 默认使用汉明窗。 m_i 是窗函数位置的索引, O_l 是两个分析窗之间信号的重叠长度, k 是离散频率的索引。

4. 根据权利要求 1 所述的飞行器旋翼微动特征提取方法, 其特征在于, 所述的 S1.3 中求解 NP-Hard 问题采用的方法为加速近端梯度法。

5. 根据权利要求 1 所述的飞行器旋翼微动特征提取方法, 其特征在于, 所述的 S1.3 中 ε 取值为:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{N_s}} \quad (7)$$

其中, $N_s = t_s f_s$ 是旋翼信号的总长度, t_s 为采样时间。

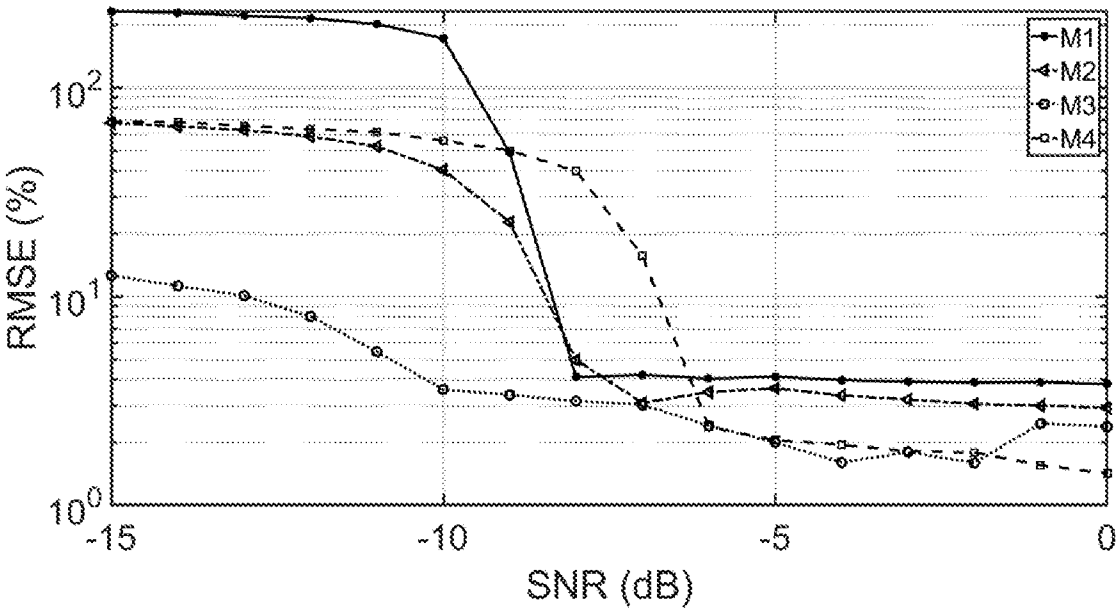


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/084007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 7/35(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)

G01S

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)

CNABS, CNTXT, CNKI, WPI, EPODOC: 浙江大学, 宋春毅, 谢丛霜, 徐志伟, 旋翼, 微动, 震动, 振动, 转动, 多普勒, 频率, 低秩, 稀疏, 分解, 二值图像, 二值化, rotor?, micro, motion?, mov+, Doppler, frequency, sparse, SPMAT, low w rank, decomposition, image, binarization, binary

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110146853 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 20 August 2019 (2019-08-20) claims 1-5, description paragraphs [0037]-[0063]	1-5
A	CN 102914768 A (PLA NAVAL AERONAUTICAL AND ASTRONAUTICAL UNIVERSITY) 06 February 2013 (2013-02-06) description paragraphs [0008]-[0062], figure 1	1-5
A	CN 105678781 A (ELECTRONIC ENGINEERING INSTITUTE OF PLA) 15 June 2016 (2016-06-15) entire document	1-5
A	CN 107463744 A (NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY) 12 December 2017 (2017-12-12) entire document	1-5
A	US 6388739 B1 (THE BOEING COMPANY) 14 May 2002 (2002-05-14) entire document	1-5
A	CN 109633629 A (SHANGHAI RADIO EQUIPMENT INSTITUTE) 16 April 2019 (2019-04-16) entire document	1-5



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

18 June 2020

Date of mailing of the international search report

29 June 2020

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

International application No.

PCT/CN2020/084007

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103954962 A (XIDIAN UNIVERSITY) 30 July 2014 (2014-07-30) entire document	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/084007

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110146853	A	20 August 2019	None			
CN	102914768	A	06 February 2013	CN	102914768	B	17 September 2014
CN	105678781	A	15 June 2016	CN	105678781	B	29 May 2018
CN	107463744	A	12 December 2017	None			
US	6388739	B1	14 May 2002	None			
CN	109633629	A	16 April 2019	None			
CN	103954962	A	30 July 2014	CN	103954962	B	07 December 2016

A. 主题的分类 G01S 7/35 (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) G01S 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)) CNABS, CNTXT, CNKI, WPI, EPDOC: 浙江大学, 宋春毅, 谢丛霜, 徐志伟, 旋翼, 微动, 震动, 振动, 转动, 多普勒, 频率, 低秩, 稀疏, 分解, 二值图像, 二值化, rotor?, micro, motion?, mov+, Doppler, frequency, sparse, SPMAT, low w rank, decomposition, image, binarization, binary																										
C. 相关文件 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">类 型*</th> <th style="width: 70%;">引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th style="width: 20%;">相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110146853 A (浙江大学) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 权利要求1-5, 说明书第[0037]-[0063]段</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102914768 A (中国人民解放军海军航空工程学院) 2013年 2月 6日 (2013 - 02 - 06) 说明书第[0008]-[0062]段、图1</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105678781 A (中国人民解放军电子工程学院) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107463744 A (南京理工大学) 2017年 12月 12日 (2017 - 12 - 12) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 6388739 B1 (THE BOEING COMPANY) 2002年 5月 14日 (2002 - 05 - 14) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109633629 A (上海无线电设备研究所) 2019年 4月 16日 (2019 - 04 - 16) 全文</td> <td>1-5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103954962 A (西安电子科技大学) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文</td> <td>1-5</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	PX	CN 110146853 A (浙江大学) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 权利要求1-5, 说明书第[0037]-[0063]段	1-5	A	CN 102914768 A (中国人民解放军海军航空工程学院) 2013年 2月 6日 (2013 - 02 - 06) 说明书第[0008]-[0062]段、图1	1-5	A	CN 105678781 A (中国人民解放军电子工程学院) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-5	A	CN 107463744 A (南京理工大学) 2017年 12月 12日 (2017 - 12 - 12) 全文	1-5	A	US 6388739 B1 (THE BOEING COMPANY) 2002年 5月 14日 (2002 - 05 - 14) 全文	1-5	A	CN 109633629 A (上海无线电设备研究所) 2019年 4月 16日 (2019 - 04 - 16) 全文	1-5	A	CN 103954962 A (西安电子科技大学) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-5
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 110146853 A (浙江大学) 2019年 8月 20日 (2019 - 08 - 20) 权利要求1-5, 说明书第[0037]-[0063]段	1-5																								
A	CN 102914768 A (中国人民解放军海军航空工程学院) 2013年 2月 6日 (2013 - 02 - 06) 说明书第[0008]-[0062]段、图1	1-5																								
A	CN 105678781 A (中国人民解放军电子工程学院) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-5																								
A	CN 107463744 A (南京理工大学) 2017年 12月 12日 (2017 - 12 - 12) 全文	1-5																								
A	US 6388739 B1 (THE BOEING COMPANY) 2002年 5月 14日 (2002 - 05 - 14) 全文	1-5																								
A	CN 109633629 A (上海无线电设备研究所) 2019年 4月 16日 (2019 - 04 - 16) 全文	1-5																								
A	CN 103954962 A (西安电子科技大学) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-5																								
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> * 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 style="width: 50%; vertical-align: top;"> “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 <div style="text-align: right;">2020年 6月 18日</div>		国际检索报告邮寄日期 <div style="text-align: right;">2020年 6月 29日</div>																								
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 <div style="text-align: right;">李庆萍</div> 电话号码 86- (10) -53962641																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/084007

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	110146853	A	2019年 8月 20日	无	
CN	102914768	A	2013年 2月 6日	CN 102914768	B 2014年 9月 17日
CN	105678781	A	2016年 6月 15日	CN 105678781	B 2018年 5月 29日
CN	107463744	A	2017年 12月 12日	无	
US	6388739	B1	2002年 5月 14日	无	
CN	109633629	A	2019年 4月 16日	无	
CN	103954962	A	2014年 7月 30日	CN 103954962	B 2016年 12月 7日