

(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 2023/116455 A1

(43) 国际公布日
2023 年 6 月 29 日 (29.06.2023)

- (51) 国际专利分类号:
G06F 17/16 (2006.01) **G01S 13/90** (2006.01)
G01S 7/41 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/137662
- (22) 国际申请日: 2022 年 12 月 8 日 (08.12.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111562482.6 2021年12月20日 (20.12.2021) 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: 李洪忠(LI, Hongzhong); 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)。 孙鹭怡(SUN, Luyi); 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)。 韩宇(HAN, Yu); 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)。 陈劲松(CHEN, Jinsong); 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: 北京中巡通大知识产权代理有限公司 (BEIJING ZHONG XUN TONG DA INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市西城区西直门外大街1号院2号楼7层7C1, Beijing 100044 (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,

(54) **Title:** GENERALIZED SIMILARITY MEASUREMENT METHOD AND APPARATUS FOR POLARIMETRIC RADAR, DEVICE, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 极化雷达的广义相似性度量方法、装置、设备及存储介质

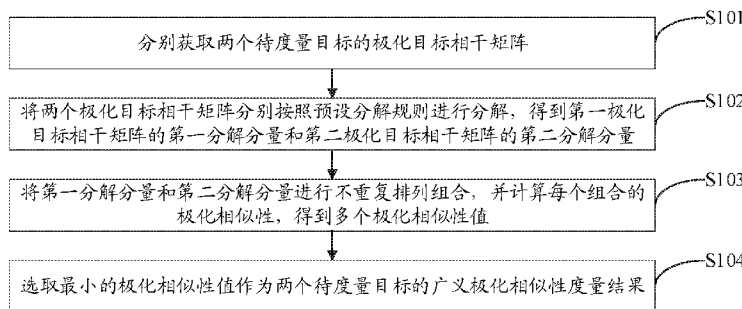


图 1

- S101 Respectively obtain polarized target coherence matrixes of two objects to be measured
- S102 Decompose the two polarized target coherence matrixes according to a preset decomposition rule to obtain a first decomposition component of the first polarized target coherence matrix and a second decomposition component of the second polarized target coherence matrix
- S103 Perform permutation without repetition on the first decomposition component and the second decomposition component, and calculate the polarized similarity of each permutation to obtain a plurality of polarized similarity values
- S104 Select a minimum polarized similarity value as a generalized polarized similarity measurement result of said two objects

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention are a generalized similarity measurement method and apparatus for a polarimetric radar, a device, and a storage medium. The method comprises: respectively obtaining polarized target coherence matrixes of two objects to be measured; decomposing the two polarized target coherence matrixes according to a preset decomposition rule to obtain a first decomposition component of the first polarized target coherence matrix and a second decomposition component of the second polarized target coherence matrix; performing permutation without repetition on the first decomposition component and the second decomposition component, and calculating the polarized similarity of each permutation to obtain a plurality of polarized similarity values; and selecting

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

a minimum polarized similarity value as a generalized polarized similarity measurement result of said two objects. According to the method in the present invention, the similarity of different types of objects can be measured, the universality of the method is improved, and the method is higher in applicability in polarized SAR data processing and application.

(57) 摘要: 本发明公开了一种极化雷达的广义相似性度量方法、装置、设备及存储介质, 其中方法包括: 分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵; 将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解, 得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相干矩阵的第二分解分量; 将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合, 并计算每个组合的极化相似性, 得到多个极化相似性值; 选取最小的极化相似性值作为两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。通过上述方式, 本发明能够对多种不同类型的目标进行相似性度量, 提高其通用性, 在极化SAR数据处理和应用中的适用性更强。

极化雷达的广义相似性度量方法、装置、设备及存储介质

5 技术领域

本申请涉及雷达探测领域，特别是涉及一种极化雷达的广义相似性度量方法、装置、设备及存储介质。

背景技术

10 雷达是进行地物探测的重要手段，随着人们对目标电磁极化散射机理认识的深入及雷达极化测量技术的发展，雷达极化研究逐渐受到关注。极化雷达通过测量入射波与散射波电场矢量或 Stokes 矢量间的变换关系，获得目标极化矩阵。对单目标，以 2×2 Sinclair 散射矩阵表示，对分布式目标，以 3×3 极化相干矩阵或极化协方差矩阵表示，通过对这些矩阵的
15 分析与处理，可以反演目标的物理散射机制和几何结构信息，以及对目标进行归类。

极化相似性能够度量两个极化目标之间的相关系数，相比于极化目标分解，不需要完善的理论模型，解算过程也简单易操作。极化相似性既可以用于两个独立的散射目标来度量目标之间的相似程度，也可以用于
20 将目标散射与规范散射进行比较，根据两者散射相似程度实现目标散射分类。然而，目前存在的几种极化相似性度量方法只能进行单一情况的度量，如只能实现单目标之间的极化相似性度量，或只能实现分布式目标之间的极化相似性度量等，存在很大的局限性，不能适用于所有极化散射目标，降低了极化相似性在极化 SAR 数据处理和应用中的适用性。

25

发明内容

本申请提供一种极化雷达的广义相似性度量方法、装置、设备及存储介质，以解决现有的相似性度量方法局限性大、通用性弱的问题。

为解决上述技术问题，本申请采用的一个技术方案是：提供一种极

化雷达的广义相似性度量方法，包括：分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵；将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解，得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相干矩阵的第二分解分量；将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值；选取最小的极化相似性值作为两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。

作为本申请的进一步改进，两个待度量目标为单目标与单目标、单目标与分布式目标、分布式目标与分布式目标、分布式目标与规范散射目标中的一种。

作为本申请的进一步改进，分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵，包括：当待度量目标为单目标时，获取待度量目标的 2×2 散射矩阵，并将 2×2 散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵；当待度量目标为分布式目标时，获取待度量目标的极化相干矩阵或极化协方差矩阵，并将极化相干矩阵或极化协方差矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵；当待度量目标为规范散射目标时，获取规范散射目标的规范散射矩阵，并将规范散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵。

作为本申请的进一步改进，第一极化目标相干矩阵和第二极化目标相干矩阵的分解分别表示为：

$$T_1 = \det(T_1) \sum_{i=1}^3 p_i T_1^i = \det(T_1) \{p_1 e_1 e_1^* + p_2 e_2 e_2^* + p_3 e_3 e_3^*\} ;$$

$$T_2 = \det(T_2) \sum_{j=1}^3 q_j T_2^j = \det(T_2) \{q_1 k_1 k_1^* + q_2 k_2 k_2^* + q_3 k_3 k_3^*\} ;$$

其中， T_1 为第一极化目标相干矩阵， T_2 为第二极化目标相干矩阵， $\det$ 表示矩阵的行列式， p_i 为第一极化目标相干矩阵的归一化特征值， q_j 为第二极化目标相干矩阵的归一化特征值，且满足： $\sum_{i=1}^3 p_i = \sum_{j=1}^3 q_j = 1$ ， e_i 为第一极化目标相干矩阵的第一分解分量， k_j 为第二极化目标相干矩阵的第二分解分量。

作为本申请的进一步改进，将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值之前，还包括：分别对第一分解分量和第二分解分量进行去取向角处理，得到取向角为 0 的第一分解分量和第二分解分量。

作为本申请的进一步改进，将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值，包括：结合两个极化目标相干矩阵的归一化特征值，分别计算每个第一分解分量与每个第二分解分量之间的单一极化相似性值；将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并将每个不重复排列组合对应的所有单一极化相似性值之和作为不重复排列组合的极化相似性值。

作为本申请的进一步改进，单一极化相似性的计算公式为：

$$s_{ij} = \sqrt{p_i} \sqrt{q_j} |\bar{e}_i^* \bar{k}_j|^2 \quad i, j = 1, 2, 3;$$

其中， s_{ij} 表示第*i*个第一分解分量和第*j*个第二分解分量之间极化相似性值， $\bar{e}_i$ 表示去取向角后的第*i*个第一分解分量， $\bar{k}_j$ 表示去取向角后的第*j*个第二分解分量。

为解决上述技术问题，本申请采用的另一个技术方案是：提供一种极化雷达的广义相似性度量装置，包括：获取模块，用于分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵；分解模块，用于将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解，得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相干矩阵的第二分解分量；计算模块，用于将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值；选取模块，用于选取最小的极化相似性值作为两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。

为解决上述技术问题，本申请采用的再一个技术方案是：提供一种计算机设备，所述计算机设备包括处理器、与所述处理器耦接的存储器，所述存储器中存储有程序指令，所述程序指令被所述处理器执行时，使得所述处理器执行上述的极化雷达的广义相似性度量方法的步骤。

为解决上述技术问题，本申请采用的再一个技术方案是：提供一种存储介质，存储有能够实现上述极化雷达的广义相似性度量方法的程序指令。

本申请的有益效果是：本申请的极化雷达的广义相似性度量方法通过获取待度量目标的极化目标相干矩阵后，对极化目标相干矩阵进行分解，得到分解分量，再将两个极化目标相干矩阵的分解分量两两进行组

合，并计算每个组合的极化相似性值，最后选取其中最小的极化相似性
值作为该两个待度量目标的广义极化相似性度量结果，该度量过程不再
局限于固定类型的目标之间，而是适用于能够将矩阵信息转换为目标相
干矩阵信息的目标之间，提高了其通用性，在极化 SAR 数据处理和应用
5 中的适用性更强。

附图说明

图 1 是本发明实施例的极化雷达的广义相似性度量方法的流程示意图；

10 图 2 是本发明实施例的极化雷达的广义相似性度量装置的功能模块示意图；

图 3 是本发明实施例的计算机设备的结构示意图；

图 4 是本发明实施例的存储介质的结构示意图。

15 具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案
进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本申请的一部分实
施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术
人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本
20 申请保护的范围。

本申请中的术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的，而不能
理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。
由此，限定有“第一”、“第二”、“第三”的特征可以明示或者隐含地包括
至少一个该特征。本申请的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两
25 个，三个等，除非另有明确具体的限定。本申请实施例中所有方向性指
示（诸如上、下、左、右、前、后……）仅用于解释在某一特定姿态（如
附图所示）下各部件之间的相对位置关系、运动情况等，如果该特定姿
态发生改变时，则该方向性指示也相应地随之改变。此外，术语“包括”
和“具有”以及它们任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一
30 系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出

的步骤或单元，而是可选地还包括没有列出的步骤或单元，或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是指相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。

图 1 是本发明实施例的极化雷达的广义相似性度量方法的流程示意图。需注意的是，若有实质上相同的结果，本发明的方法并不以图 1 所示的流程顺序为限。如图 1 所示，该方法包括步骤：

步骤 S101：分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵。

需要理解的是，两个待度量目标为单目标与单目标、单目标与分布式目标、分布式目标与分布式目标、分布式目标与规范散射目标中的一种。其中，单目标是指极化雷达探测过程中所针对的某一个目标，如一栋房屋、一辆汽车等；分布式目标是指极化雷达探测过程中所针对某一区域的所有目标，如所有楼房、车辆、树木等；规范散射目标是指以某种特定方式所探测的目标，其中规范散射可以用于与目标散射进行比较，根据两者散射相似程度实现目标散射分类。

具体地，本实施例中，为了提高该极化雷达的广义相似性度量方法的适用性，对需要进行相似性度量的目标不做限定，只需从该待度量目标处获取极化目标相干矩阵即可。需要说明的是，为了更好的进行计算，本发明实施例均以 3×3 的极化相干矩阵作为待度量目标的统一表达式进行计算。

因此，步骤 S101 具体包括：

1、当待度量目标为单目标时，获取待度量目标的 2×2 散射矩阵，并将 2×2 散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵。

2、当待度量目标为分布式目标时，获取待度量目标的极化相干矩阵或极化协方差矩阵，并将极化相干矩阵或极化协方差矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵。

3、当待度量目标为规范散射目标时，获取规范散射目标的规范散射矩阵，并将规范散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵。

步骤 S102: 将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解，得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相干矩阵的第二分解分量。

具体地，在得到两个待度量目标的极化目标相干矩阵之后，根据预设分解规则进行分解，该预设分解规则优选为 Cloude-Pottier 规则。并且，鉴于极化目标相干矩阵为 3×3 的矩阵，其分级的分解分量数量均为 3 个。

其中，该第一极化目标相干矩阵和第二极化目标相干矩阵的分解分别表示为：

$$T_1 = \det(T_1) \sum_{i=1}^3 p_i T_1^i = \det(T_1) \{p_1 e_1 e_1^* + p_2 e_2 e_2^* + p_3 e_3 e_3^*\};$$

$$T_2 = \det(T_2) \sum_{j=1}^3 q_j T_2^j = \det(T_2) \{q_1 k_1 k_1^* + q_2 k_2 k_2^* + q_3 k_3 k_3^*\};$$

其中， T_1 为第一极化目标相干矩阵， T_2 为第二极化目标相干矩阵， $\det$ 表示矩阵的行列式， p_i 为第一极化目标相干矩阵的归一化特征值， q_j 为第二极化目标相干矩阵的归一化特征值，且满足： $\sum_{i=1}^3 p_i = \sum_{j=1}^3 q_j = 1$ ， e_i 为第一极化目标相干矩阵的第一分解分量， k_j 为第二极化目标相干矩阵的第二分解分量。

本实施例中，增加极化目标相干矩阵的归一化特征值的目的在于充分体现每个分解分量的在原极化目标中的比重，从而使得最终计算的相似性度量结果具有更高的可信度。

步骤 S103: 将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值。

具体地，在对极化目标相干矩阵进行分解得到分解分量之后，对两个极化目标相干矩阵的分解分量进行两两组合，再分别计算每个组合的极化相似性。

需要说明的是，在步骤 S103 之前，还包括：分别对第一分解分量和第二分解分量进行去取向角处理，得到取向角为 0 的第一分解分量和第二分解分量。

具体地, 本实施例中, 以第一分解分量为例进行说明, 去取向处理过程如下所示:

$$e_i e_i^* = T_1 = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} & T_{13} \\ T_{21} & T_{22} & T_{23} \\ T_{31} & T_{32} & T_{33} \end{bmatrix};$$

取向角 φ 通过下式计算:

$$5 \quad \varphi = \frac{1}{4} \arctan \frac{2\operatorname{Re}(T_{23})}{T_{22}-T_{33}};$$

去取向角后的第一分解分量 $\bar{e}$ 表示为:

$$\bar{e} = R(\varphi)e,$$

$$\text{其中 } R(\varphi) \text{ 为旋转算子, } R(\varphi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 2\varphi & \sin 2\varphi \\ 0 & -\sin 2\varphi & \cos 2\varphi \end{bmatrix}.$$

进一步的, 步骤 S103 具体包括:

- 10 1、结合两个极化目标相干矩阵的归一化特征值, 分别计算每个第一分解分量与每个第二分解分量之间的单一极化相似性值。

其中, 单一极化相似性的计算公式为:

$$s_{ij} = \sqrt{p_i} \sqrt{q_j} |\bar{e}_i^* \bar{k}_j|^2 \quad i, j = 1, 2, 3;$$

- 15 其中, s_{ij} 表示第 i 个第一分解分量和第 j 个第二分解分量之间极化相似性值, $\bar{e}_i$ 表示去取向角后的第 i 个第一分解分量, $\bar{k}_j$ 表示去取向角后的第 j 个第二分解分量。

2、将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合, 并将每个不重复排列组合对应的所有单一极化相似性值之和作为不重复排列组合的极化相似性值。

- 20 具体地, 鉴于每个极化目标相干矩阵的分解分量的数量均为 3 个, 在进行不重复排列组合后, 即可得到 6 中组合结果, 具体如下:

$$1、\bar{e}_1 \leftrightarrow \bar{k}_1, \bar{e}_2 \leftrightarrow \bar{k}_2, \bar{e}_3 \leftrightarrow \bar{k}_3;$$

$$2、\bar{e}_1 \leftrightarrow \bar{k}_1, \bar{e}_2 \leftrightarrow \bar{k}_3, \bar{e}_3 \leftrightarrow \bar{k}_2;$$

$$3、\bar{e}_1 \leftrightarrow \bar{k}_2, \bar{e}_2 \leftrightarrow \bar{k}_1, \bar{e}_3 \leftrightarrow \bar{k}_3;$$

$$25 \quad 4、\bar{e}_1 \leftrightarrow \bar{k}_3, \bar{e}_2 \leftrightarrow \bar{k}_2, \bar{e}_3 \leftrightarrow \bar{k}_1;$$

$$5、\bar{e}_1 \leftrightarrow \bar{k}_3, \bar{e}_2 \leftrightarrow \bar{k}_1, \bar{e}_3 \leftrightarrow \bar{k}_2;$$

$$6、\bar{e}_1 \leftrightarrow \bar{k}_2, \bar{e}_2 \leftrightarrow \bar{k}_3, \bar{e}_3 \leftrightarrow \bar{k}_1;$$

因此，分别对上述 6 种组合方式计算对应的极化相似性，计算公式如下所示：

$$GS_1 = s_{11} + s_{22} + s_{33};$$

$$5 \quad GS_2 = s_{11} + s_{23} + s_{32};$$

$$GS_3 = s_{12} + s_{21} + s_{33};$$

$$GS_4 = s_{13} + s_{22} + s_{31};$$

$$GS_5 = s_{13} + s_{21} + s_{32};$$

$$GS_6 = s_{12} + s_{23} + s_{31}。$$

10 步骤 S1014：选取最小的极化相似性值作为两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。

具体地，计算两个极化目标相干矩阵之间的广义相似性 $GS(T_1, T_2)$ ，计算公式如下所示：

$$GS(T_1, T_2) = \min_{1 \leq i \leq 6} \{GS_i\};$$

15 本实施例中，采用上述方式计算得到的广义相似性度量结果，满足所有极化相似性应当满足的旋转不变性、尺度不变性和有限性等特征，其中：

1、旋转不变性：

$$GS(T_1, T_2) = GS(R(\varphi_1)T_1R(-\varphi_1), R(\varphi_2)T_2R(-\varphi_2));$$

20 其中 φ_1, φ_2 是任意角度， $R(\varphi)TR(-\varphi)$ 表示 T 矩阵按角度 φ 进行旋转变换；

2、尺度不变性：

$$GS(T_1, T_2) = GS(a_1T_1, a_2T_2)$$

其中 a_1, a_2 为任意复数。

3、有限性：

$$0 \leq GS(T_1, T_2) \leq 1$$

25 当且仅当存在角度 φ ，使得 $T_1 = R(\varphi)T_2R(-\varphi)$ 时， $GS(T_1, T_2) = 1$ 。

因此，本发明实施例的极化雷达的广义相似性度量方法适用于任何形式的极化目标，因此也成为广义极化相似性。

本发明实施例的极化雷达的广义相似性度量方法通过获取待度量目标的极化目标相干矩阵后，对极化目标相干矩阵进行分解，得到分解分量，再将两个极化目标相干矩阵的分解分量两两进行组合，并计算每个组合的极化相似性值，最后选取其中最小的极化相似性值作为该两个待度量目标的广义极化相似性度量结果，该度量过程不再局限于固定类型的目标之间，而是适用于能够将矩阵信息转换为目标相干矩阵信息的目标之间，提高了其通用性，在极化 SAR 数据处理和应用中的适用性更强。

图 2 是本发明实施例的极化雷达的广义相似性度量装置的功能模块示意图。如图 2 所示，该装置 20 包括获取模块 21、分解模块 22、计算模块 23 和选取模块 24。

获取模块 21，用于分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵；

分解模块 22，用于将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解，得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相干矩阵的第二分解分量；

计算模块 23，用于将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值；

选取模块 24，用于选取最小的极化相似性值作为两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。

可选地，两个待度量目标为单目标与单目标、单目标与分布式目标、分布式目标与分布式目标、分布式目标与规范散射目标中的一种。

可选地，获取模块 21 执行分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵的操作，具体包括：当待度量目标为单目标时，获取待度量目标的 2×2 散射矩阵，并将 2×2 散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵；当待度量目标为分布式目标时，获取待度量目标的极化相干矩阵或极化协方差矩阵，并将极化相干矩阵或极化协方差矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵；当待度量目标为规范散射目标时，获取规范散射目标的规范散射矩阵，并将规范散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵。

可选地，第一极化目标相干矩阵和第二极化目标相干矩阵的分解分别表示为：

$$T_1 = \det(T_1) \sum_{i=1}^3 p_i T_1^i = \det(T_1) \{p_1 e_1 e_1^* + p_2 e_2 e_2^* + p_3 e_3 e_3^*\};$$

$$T_2 = \det(T_2) \sum_{j=1}^3 q_j T_2^j = \det(T_2) \{q_1 k_1 k_1^* + q_2 k_2 k_2^* + q_3 k_3 k_3^*\};$$

5 其中， T_1 为第一极化目标相干矩阵， T_2 为第二极化目标相干矩阵， $\det$ 表示矩阵的行列式， p_i 为第一极化目标相干矩阵的归一化特征值， q_j 为第二极化目标相干矩阵的归一化特征值，且满足： $\sum_{i=1}^3 p_i = \sum_{j=1}^3 q_j = 1$ ， e_i 为第一极化目标相干矩阵的第一分解分量， k_j 第二极化目标相干矩阵的第二分解分量。

10 可选地，计算模块 23 执行将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值的操作之前，还用于：分别对第一分解分量和第二分解分量进行去取向角处理，得到取向角为 0 的第一分解分量和第二分解分量。

15 可选地，计算模块 23 执行将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值的操作，具体包括：结合两个极化目标相干矩阵的归一化特征值，分别计算每个第一分解分量与每个第二分解分量之间的单一极化相似性值；将第一分解分量和第二分解分量进行不重复排列组合，并将每个不重复排列组合对应的所有单一极化相似性值之和作为不重复排列组合的极化相似性值。

20 可选地，单一极化相似性的计算公式为：

$$s_{ij} = \sqrt{p_i} \sqrt{q_j} |\bar{e}_i^* \bar{k}_j|^2 \quad i, j = 1, 2, 3;$$

25 其中， s_{ij} 表示第*i*个第一分解分量和第*j*个第二分解分量之间极化相似性值， $\bar{e}_i$ 表示去取向角后的第*i*个第一分解分量， $\bar{k}_j$ 表示去取向角后的第*j*个第二分解分量。

关于上述实施例极化雷达的广义相似性度量装置中各模块实现技术方案的其他细节，可参见上述实施例中的极化雷达的广义相似性度量方法中的描述，此处不再赘述。

需要说明的是，本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述，

每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处，各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可。对于装置类实施例而言，由于其与方法实施例基本相似，所以描述的比较简单，相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

5 请参阅图 3，图 3 为本发明实施例的计算机设备的结构示意图。如图 3 所示，该计算机设备 60 包括处理器 61 及和处理器 61 耦接的存储器 62，存储器 62 中存储有程序指令，程序指令被处理器 61 执行时，使得处理器 61 执行上述任一实施例所述的极化雷达的广义相似性度量方法的步骤。

10 其中，处理器 61 还可以称为 CPU（Central Processing Unit，中央处理单元）。处理器 61 可能是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。处理器 61 还可以是通用处理器、数字信号处理器（DSP）、专用集成电路（ASIC）、现场可编程门阵列（FPGA）或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。

15 参阅图 3，图 3 为本发明实施例的存储介质的结构示意图。本发明实施例的存储介质存储有能够实现上述所有方法的程序指令 71，其中，该程序指令 71 可以以软件产品的形式存储在上述存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）或处理器（processor）执行本申请各个实施方式所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（ROM, Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM, Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质，或者是计算机、服务器、手机、平板等计算机设备设备。

25 在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的计算机设备，装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所

显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。以上仅为本申请的实施方式，并非因此限制本申请的专利范围，凡是利用本申请说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换，或直接或间接运用在其他相关的技术领域，均同

10 理包括在本申请的专利保护范围内。

权 利 要 求 书

1、一种极化雷达的广义相似性度量方法，其特征在于，包括：

分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵；

- 5 将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解，得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相干矩阵的第二分解分量；

将所述第一分解分量和所述第二分解分量进行不重复排列组合，并计算每个组合的极化相似性，得到多个极化相似性值；

- 10 选取最小的极化相似性值作为所述两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。

2、根据权利要求 1 所述的极化雷达的广义相似性度量方法，其特征在于，所述两个待度量目标为单目标与单目标、单目标与分布式目标、分布式目标与分布式目标、分布式目标与规范散射目标中的一种。

- 15 3、根据权利要求 2 所述的极化雷达的广义相似性度量方法，其特征在于，所述分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵，包括：

当所述待度量目标为所述单目标时，获取所述待度量目标的 2×2 散射矩阵，并将所述 2×2 散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵；

- 20 当所述待度量目标为所述分布式目标时，获取所述待度量目标的极化相干矩阵或极化协方差矩阵，并将所述极化相干矩阵或极化协方差矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵；

当所述待度量目标为所述规范散射目标时，获取所述规范散射目标的规范散射矩阵，并将所述规范散射矩阵转换为 3×3 的极化目标相干矩阵。

- 25 4、根据权利要求 1 所述的极化雷达的广义相似性度量方法，其特征在于，所述第一极化目标相干矩阵和所述第二极化目标相干矩阵的分解分别表示为：

$$T_1 = \det(T_1) \sum_{i=1}^3 p_i T_1^i = \det(T_1) \{p_1 e_1 e_1^* + p_2 e_2 e_2^* + p_3 e_3 e_3^*\} ;$$

$$T_2 = \det(T_2) \sum_{j=1}^3 q_j T_2^j = \det(T_2) \{q_1 k_1 k_1^* + q_2 k_2 k_2^* + q_3 k_3 k_3^*\} ;$$

其中, T_1 为所述第一极化目标相干矩阵, T_2 为所述第二极化目标相干矩阵, $\det$ 表示矩阵的行列式, p_i 为所述第一极化目标相干矩阵的归一化特征值, q_j 为所述第二极化目标相干矩阵的归一化特征值, 且满足: $\sum_{i=1}^3 p_i = \sum_{j=1}^3 q_j = 1$, e_i 为所述第一极化目标相干矩阵的第一分解分量, k_j 为所述第二极化目标相干矩阵的第二分解分量。

5、根据权利要求 4 所述的极化雷达的广义相似性度量方法, 其特征在于, 所述将所述第一分解分量和所述第二分解分量进行不重复排列组合, 并计算每个组合的极化相似性, 得到多个极化相似性值之前, 还包括:

10 分别对所述第一分解分量和所述第二分解分量进行去取向角处理, 得到取向角为 0 的第一分解分量和第二分解分量。

6、根据权利要求 5 所述的极化雷达的广义相似性度量方法, 其特征在于, 所述将所述第一分解分量和所述第二分解分量进行不重复排列组合, 并计算每个组合的极化相似性, 得到多个极化相似性值, 包括:

15 结合两个极化目标相干矩阵的归一化特征值, 分别计算每个第一分解分量与每个第二分解分量之间的单一极化相似性值;

将所述第一分解分量和所述第二分解分量进行不重复排列组合, 并将每个不重复排列组合对应的所有单一极化相似性值之和作为所述不重复排列组合的极化相似性值。

20 7、根据权利要求 6 所述的极化雷达的广义相似性度量方法, 其特征在于, 所述单一极化相似性的计算公式为:

$$s_{ij} = \sqrt{p_i} \sqrt{q_j} |\bar{e}_i^* \bar{k}_j|^2 \quad i, j = 1, 2, 3;$$

其中, s_{ij} 表示第 i 个第一分解分量和第 j 个第二分解分量之间极化相似性值, $\bar{e}_i$ 表示去取向角后的第 i 个第一分解分量, $\bar{k}_j$ 表示去取向角后的第 j 个第二分解分量。

8、一种极化雷达的广义相似性度量装置, 其特征在于, 包括:

获取模块, 用于分别获取两个待度量目标的极化目标相干矩阵;

分解模块, 用于将两个极化目标相干矩阵分别按照预设分解规则进行分解, 得到第一极化目标相干矩阵的第一分解分量和第二极化目标相

干矩阵的第二分解分量;

计算模块, 用于将所述第一分解分量和所述第二分解分量进行不重复排列组合, 并计算每个组合的极化相似性, 得到多个极化相似性值;

5 选取模块, 用于选取最小的极化相似性值作为所述两个待度量目标的广义极化相似性度量结果。

9、一种计算机设备, 其特征在于, 所述计算机设备包括处理器、与所述处理器耦接的存储器, 所述存储器中存储有程序指令, 所述程序指令被所述处理器执行时, 使得所述处理器执行如权利要求 1-7 中任一项权利要求所述的极化雷达的广义相似性度量方法的步骤。

10 10、一种存储介质, 其特征在于, 存储有能够实现如权利要求 1-7 中任一项所述的极化雷达的广义相似性度量方法的程序指令。

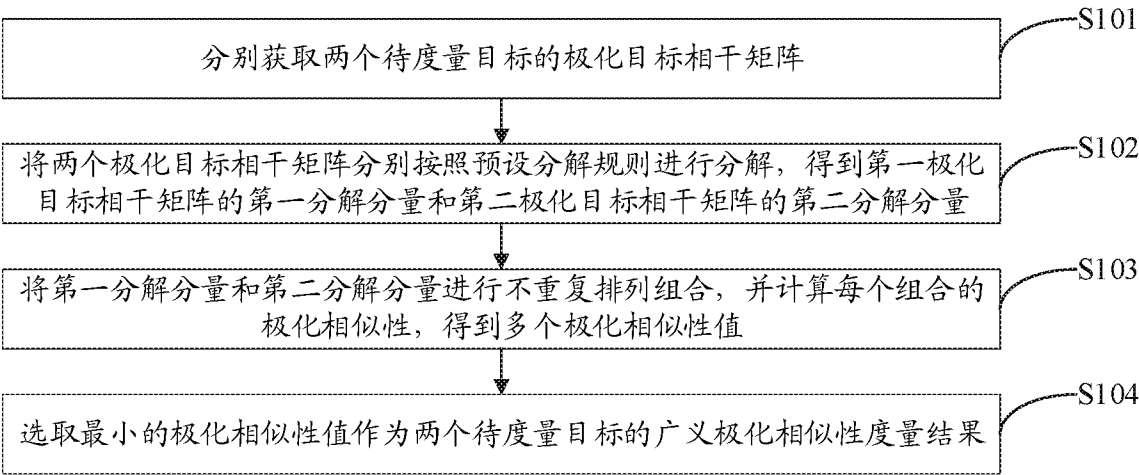


图 1

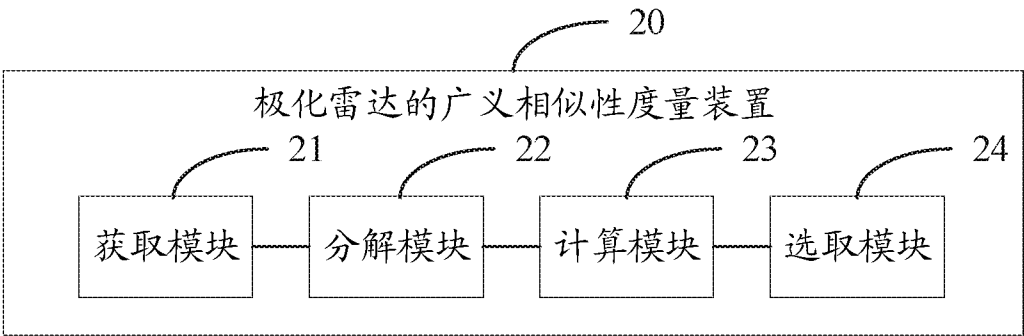


图 2

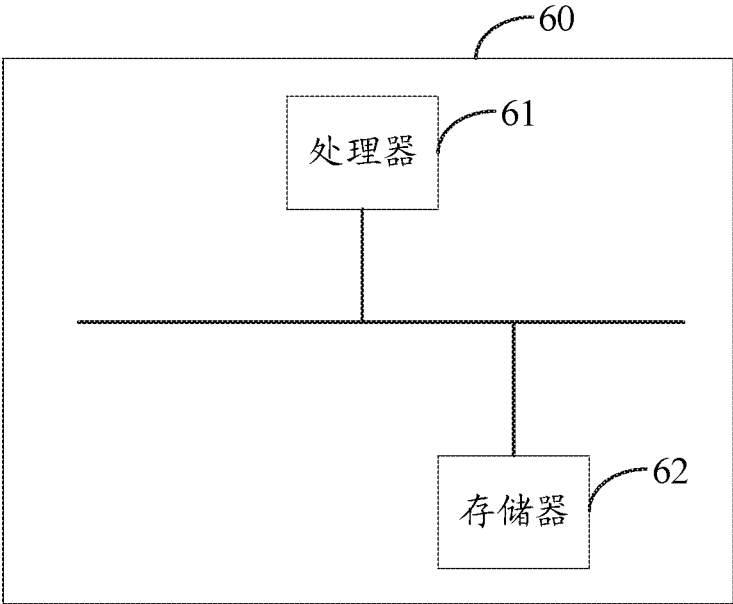


图 3

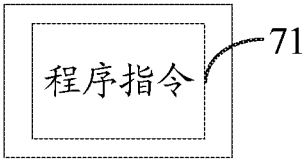


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/137662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F17/16(2006.01)i;G01S7/41(2006.01)i;G01S13/90(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC:G06F 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)

VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 极化, 雷达, 合成孔径雷达, 相似, 相干矩阵, 分解, 分量, 排列, 组合, 单目标, 分布式目标, 取向角, 归一化, SAR, polarization, radar, similar, coherence Matrix, decomposition, component, permutation, combination, distributed target, orientation angle, normalization

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 114417973 A (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) 29 April 2022 (2022-04-29) claims 1-10	1-10
A	CN 112147591 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 29 December 2020 (2020-12-29) description, paragraphs 0009-0042	1-10
A	CN 103439708 A (XIDIAN UNIVERSITY) 11 December 2013 (2013-12-11) entire document	1-10
A	CN 104463219 A (XIDIAN UNIVERSITY) 25 March 2015 (2015-03-25) entire document	1-10
A	EP 2887090 A1 (ONERA et al.) 24 June 2015 (2015-06-24) 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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 February 2023

Date of mailing of the international search report

15 February 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/137662

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	114417973	A	29 April 2022	None			
CN	112147591	A	29 December 2020	None			
CN	103439708	A	11 December 2013	None			
CN	104463219	A	25 March 2015	None			
EP	2887090	A1	24 June 2015	FR	3015693	A1	26 June 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/137662

A. 主题的分类 G06F17/16(2006.01)i;G01S7/41(2006.01)i;G01S13/90(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类				
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC:G06F 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)) VEN, CNABS, CNTXT, WOTXT, EPTXT, USTXT, CNKI, IEEE: 极化, 雷达, 合成孔径雷达, 相似, 相干矩阵, 分解, 分量, 排列, 组合, 单目标, 分布式目标, 取向角, 归一化, SAR, polarization, radar, similar, coherence Matrix, decomposition, component, permutation, combination, distributed target, orientation angle, normalization				
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		
PX	CN 114417973 A (深圳先进技术研究院) 2022年4月29日 (2022 - 04 - 29) 权利要求1-10	1-10		
A	CN 112147591 A (清华大学) 2020年12月29日 (2020 - 12 - 29) 说明书第0009-0042段	1-10		
A	CN 103439708 A (西安电子科技大学) 2013年12月11日 (2013 - 12 - 11) 全文	1-10		
A	CN 104463219 A (西安电子科技大学) 2015年3月25日 (2015 - 03 - 25) 全文	1-10		
A	EP 2887090 A1 (ONERA 等) 2015年6月24日 (2015 - 06 - 24) 全文	1-10		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。				
<table><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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件			
国际检索实际完成的日期 2023年2月9日		国际检索报告邮寄日期 2023年2月15日		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 邱爽 电话号码 (+86) 010-53961362		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/137662

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	114417973	A	2022年4月29日	无	
CN	112147591	A	2020年12月29日	无	
CN	103439708	A	2013年12月11日	无	
CN	104463219	A	2015年3月25日	无	
EP	2887090	A1	2015年6月24日	FR 3015693 A1	2015年6月26日