

## (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  
2023 年 6 月 22 日 (22.06.2023)



(10) 国际公布号  
**WO 2023/109652 A1**

(51) 国际专利分类号:  
**G06V 20/10** (2022.01) **A01G 22/22** (2018.01)  
**G06T 7/62** (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/137663

(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:  
202111524140.5 2021 年 12 月 14 日 (14.12.2021) 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)。 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)。 赵龙龙(ZHAO, Longlong); 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)。 李晓丽(LI, Xiaoli); 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)。 姜小砾(JIANG, Xiaoli); 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

(54) **Title:** RICE PLANTING EXTRACTION AND MULTIPLE-CROPPING INDEX MONITORING METHOD AND SYSTEM, AND TERMINAL AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 水稻种植提取及复种指数监测方法、系统、终端及存储介质

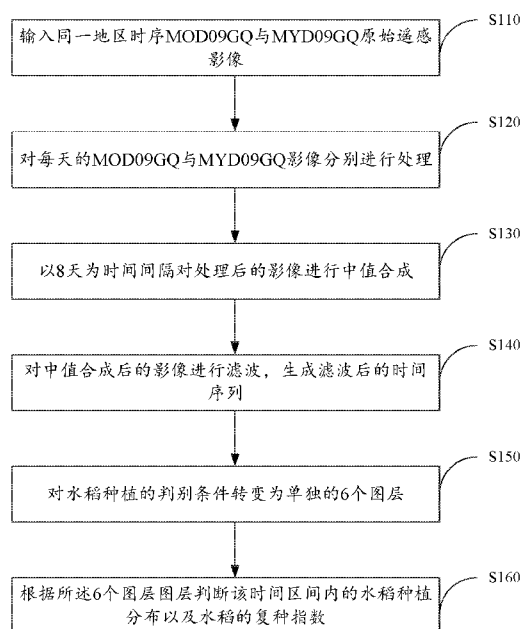


图 1

S110 Input time-series MOD09GQ and MYD09GQ original remote sensing images of the same area  
S120 Respectively process everyday MOD09GQ and MYD09GQ images  
S130 Perform median synthesis on the processed images at a time interval of eight days  
S140 Perform filtering on the images that have been subjected to median synthesis, so as to generate a time series after filtering  
S150 Convert a rice planting discrimination condition into six individual layers  
S160 Determine rice planting distribution and a rice multiple-cropping index within the time interval according to the six individual layers

(57) **Abstract:** Provided in the present application are a rice planting extraction and multiple-cropping index monitoring method and system, and a terminal and a storage medium. MODIS remote sensing data of a long time series is used as a data source; phenological characteristics of rice growth corresponding to eight-day time series vegetation index data is re-synthesized on the basis of original MOD09GQ and MYD09GQ data; local maximum detection and a Mann-Kendall trend test are used as vegetation index difference

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,  
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))。

discrimination during a critical phenological period of rice growth; the occurrence of a phenomenon of heavy irrigation in rice fields is discriminated by means of identifying surface properties by decomposing day-by-day mixed pixels; and discrimination results in terms of a plurality of aspects are matched with phenological characteristic laws of rice. A large-scale and full-period rice planting recognition rule, which is suitable for cloudy and rainy areas, is designed, and not only can spatial distribution information of rice planting in tropics and subtropics be extracted, but a multiple-cropping index of rice can also be extracted for analyzing the spatiotemporal distribution and change of a rice planting mode.

(57) 摘要: 本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测方法、方法、终端及存储介质, 利用长时间序列的MODIS遥感数据作为数据源, 基于原始MOD09GQ与MYD09GQ数据重新合成时序8天植被指数数据对应水稻生长的物候特征, 基于局部最大值检测及Mann-Kendall趋势检验作为水稻生长关键物候期间的植被指数差异判别, 并通过逐日混合像元分解辨识地表属性的方法判别水稻田进行大量灌溉现象的发生, 将以上的多方面判别结果与水稻物候特征规律相对应, 设计一种适用于多云多雨地区、大范围、全时期的水稻种植识别规则, 不仅可以提取热带、亚热带水稻种植空间分布信息, 还能提取水稻复种指数, 用来分析水稻种植模式的时空分布及变化。

## 水稻种植提取及复种指数监测方法、系统、终端及存储介质

### 技术领域

- 5           本申请属于农业数据处理技术领域，具体涉及一种水稻种植提取及复种指数监测方法、系统、终端及存储介质。

### 背景技术

- 10           水稻是全世界主要的粮食作物之一。热带、亚热带地区（如南亚、东南亚）是全球水稻的主要生产区之一，适宜的气候条件和丰富的水资源使水稻的集约生产和多种作物的种植成为可能。水稻复种指数是指全年内水稻的总播种面积与水田面积之比，是反映水稻种植模式的重要指标。遥感是大范围水稻种植状况监测的主要手段，在监测水稻种植分布及水稻复种指数上具有独特的优势。然而，在热带、亚热带水稻主产区，遥感监测水稻仍面临三个主要问题：（1）  
15   水稻产区多云雨天气，严重影响水稻生长期连续光学影像的获取；（2）水稻产区水热资源丰富，使得水稻的种植模式非常复杂，不同区域，水稻的种植时间、生长周期以及复种指数呈现较大差异性；（3）受人类活动与气候变化的双重影响，水稻的种植模式更加复杂多变，同一区域内可能存在较大差异。这些因素降低了遥感监测水稻的稳定性、精度以及大范围的适用性。

- 20           水稻种植具有明显的物候特征，国内外的研究人员主要基于水稻的物候特征来进行水稻的识别与提取。水稻的物候期主要包括七个阶段：播种育秧期、移栽返青期、分蘖期、孕穗抽穗期、乳熟期以及成熟期。不同地区、不同熟制的水稻，其生长周期也有所差别，热带地区早稻生长周期 90 天左右，而晚稻则为 150 天左右。

- 25           光学影像的遥感指数，如 NDVI(Normalized Difference Vegetation Index, 归

一化植被指数)、EVI (Enhanced Vegetation Index, 增强型植被指数)、LSWI (Land Surface Water Index, 地表水分指数) 等, 其时序的变化与水稻的形态特征、生化参量以及物候信息有着较好的相关关系。NDVI (或 EVI) 在水稻移栽返青期较低, 随着叶片与植株的生长逐渐增加, 至孕穗抽穗期, NDVI (或 EVI) 达到高峰最大值, 然后随着水稻的逐渐成熟, NDVI (或 EVI) 逐渐降低。而在水稻移栽返青期, 由于水稻的生物学特性, 水稻田需进行大量灌溉以保持适当深度的水层, 在此期间, 水分指数 LSWI 略高于植被指数 NDVI (或 EVI)。综合植被指数高峰最大值与最小值的差异、时间间隔以及移栽返青期水分指数与植被指数的关系, 是目前水稻识别与提取的最常用方法。

在热带、亚热带区域, 水稻主产区多云雨天气, 往往导致关键物候期数据的缺失, 进而使得水稻识别规则的无效, 对于现有技术来说, 主要存在两方面的影响: (1) 水稻收割后, 杂草与水稻稻茬生长迅速, 植被指数 NDVI (或 EVI) 的低谷值持续时间较短, 目前的植被指数 NDVI (或 EVI) 中值合成方式往往忽略到其低谷值, 从而使得水稻孕穗抽穗期 NDVI (或 EVI) 高峰最大值与收割后 NDVI (或 EVI) 低谷值的差值较小, 使得不满足水稻的识别规则; (2) 受天气、降水以及灌溉条件的影响, 不同年份、不同地区、不同播种期的水稻在移栽返青期, 水稻田的水分指数 LSWI 与植被指数 NDVI (或 EVI) 的关系差值不一致, 单一的差值阈值设置难以适用于大区域的水稻识别与制图。总体而言, 受水稻产区多云多雨天气的影响, 现有的水稻种植识别方法难以适用于大规模、大范围、多时期的水稻识别与制图, 并进而影响水稻复种指数的提取精度。

## 发明内容

鉴于此, 有必要针对现有技术存在的缺陷提供一种能够高效、准确地实现大范围的水稻种植制图以及水稻复种指数制图的水稻种植提取及复种指数监测方法、系统、终端以及存储介质。

为解决上述问题, 本申请采用下述技术方案:

本申请目的之一，在于提供一种水稻种植提取及复种指数监测方法，包括下述步骤：

步骤 S110：输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像；

步骤 S120：对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理；

5 步骤 S130：以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成；

步骤 S140：对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列；

步骤 S150：对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层，所述 6 个图层包括：局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验  
10 图层  $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{BMK}$  及前向 40-80 天内水覆盖判别图层  $Layer_d^{FW}$ ；

步骤 S160：根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数。

在其中一些实施例中，在步骤 S110，输入同一地区时序 MOD09GQ 与  
15 MYD09GQ 原始遥感影像的步骤中，所述 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像的时间范围从第一年的 10 月份至第三年的 3 月份，时间总跨度 1.5 年，所述 MOD09GQ 与 MYD09GQ 遥感影像包括 2 个 250 米分辨率谱段，将这 2 个谱段命名为近红外谱段及红谱段。

在其中一些实施例中，在步骤 S120，对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ  
20 影像分别进行处理的步骤中，具体包括：

对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行云覆盖检测，并将云覆盖像元进行掩膜处理；

对云掩膜后的影像分别计算研究区域的归一化差分植被指数数据 NDVI，计算公式如下：

$$NDVI_{o/y} = (B_{nir} - B_{red}) / (B_{nir} + B_{red})$$

NDVI<sub>o</sub>、NDVI<sub>y</sub>分别对应 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像。

在其中一些实施例中，在步骤 S130：以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成的步骤中，具体包括下述步骤：

以 8 天为时间间隔对生成的 NDVI 时序进行中值合成，计算公式如下：

$$NDVI_d = \text{median}\{NDVI_o^{d1}, NDVI_y^{d2}\}$$

5 其中， $d$ 表示合成的日期， $d-3 \leq d_1, d_2 \leq d+4$ ，median为中值算子。

在其中一些实施例中，在步骤 S140，对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列的步骤中，具体包括下述步骤：

对生成的时间序列  $NDVI_d$  进行时间窗口为 32，即  $\{NDVI_{d+i*8}\} i = -2, -1, 0, 1, 2$  的 Savitzky-Golay 滤波，生成滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$ 。

10 在其中一些实施例中，在步骤 S150：对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层的步骤中，具体包括下述步骤：

对滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$  进行时间窗口 50 的局部极大值检测，按照  $\overline{NDVI}_d$  的序列时间建立局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{\max En}$ ，计算公式如下：

$$Layer_d^{\max En} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \overline{NDVI}_d = \max_{d_i \in [d-25, d+25]} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}, \text{ 且 } \overline{NDVI}_d \geq 0.7 \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

15 对原始的时间序列  $NDVI_d$  进行前向 40 天，即前向 6 个时相  $\{NDVI_{d-i*8}\} i = 5, 4, 3, 2, 1, 0$  的 Mann-Kendall 趋势检验，按照  $NDVI_d$  的序列时间建立前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ ，计算公式如下：

$$FMK = \text{Mann-Kendall}\{NDVI_{d-i*8}\}, i = 5, 4, 3, 2, 1, 0.$$

$$Layer_d^{FMK} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } FMK \text{ 为显著增加或极显著增加;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

20 对原始的时间序列  $NDVI_d$  进行后向 40 天，即后向 6 个时相  $\{NDVI_{d+i*8}\} i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$  的 Mann-Kendall 趋势检验，按照  $NDVI_d$  的序列时间建立后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{BMK}$ ，计算公式如下：

$$BMK = \text{Mann} - \text{Kendall}\{NDVI_{d+i*8}\}, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5.$$

$$Layer_d^{FMK} = \begin{cases} 1, & \text{如果} BMK \text{ 为显著减少或极显著减少;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

对滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$  进行前向 30-70 天内的最小值计算及前向差异足够判别, 建立前向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{FDE}$ , 计算公式如下:

$$FMin = \min_{d-70 \leq d_i \leq d-30} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}$$

$$Layer_d^{FDE} = \begin{cases} 1, & \text{如果} FMin \leq 0.6 \text{ 且 } \overline{NDVI}_d - FMin \geq 0.25; \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

5 对滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$  进行后向 30-70 天内的最小值计算及后向差异足够判别, 建立后向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{BDE}$ , 计算公式如下:

$$BMin = \min_{d+30 \leq d_i \leq d+70} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}$$

$$Layer_d^{BDE} = \begin{cases} 1, & \text{如果} BMin \leq 0.6 \text{ 且 } \overline{NDVI}_d - BMin \geq 0.25; \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

输入同一地区时序 MOD09GA 与 MYD09GA 原始遥感影像, 时间范围从第一年的 10 月份至第三年的 3 月份, 时间总跨度 1.5 年, MOD09GA 与 MYD09GA  
10 遥感影像包括 7 个 500 米分辨率谱段, 对每天的 MOD09GA 与 MYD09GA 影像分别进行云覆盖检测, 并将云覆盖像元进行掩膜处理;

基于每天的 MOD09GA 与 MYD09GA 云掩膜数据, 以及选择的纯净像元, 应用中值平均计算城镇、水体、林地终端像元光谱值, 分别标记为  $Urban_d^{MOD}$ 、 $Water_d^{MOD}$ 、 $Forest_d^{MOD}$ 、 $Urban_d^{MYD}$ 、 $Water_d^{MYD}$ 、 $Forest_d^{MYD}$ ;

15 对 MODIS MOD09GA 与 MYD09GA 云掩膜数据, 基于上步中的终端像元光谱值, 进行混合像元分解 Unmix, 并建立水覆盖判别图层  $Layer_d^{Water}$ , 计算公式如下:

$$\{U_o, W_o, F_o\} = \text{Unmix}(Urban_d^{MOD}, Water_d^{MOD}, Forest_d^{MOD})$$

$$\{U_y, W_y, F_y\} = \text{Unmix}(Urban_d^{MYD}, Water_d^{MYD}, Forest_d^{MYD})$$

$$Layer_d^{Water} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } W_o = \max\{U_o, W_o, F_o\} \text{ 或者 } W_y = \max\{U_y, W_y, F_y\}; \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

基于水覆盖判别图层 $Layer_d^{Water}$ ，建立前向 40-80 天内水覆盖判别图层 $Layer_d^{FW}$ ，计算公式如下：

$$Layer_d^{FW} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \sum_{d_i=d-80}^{d-40} Layer_{d_i}^{Water} \geq 1; \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

5 基于上面各步骤中生成的局部极大值时间序列图层 $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{BMK}$ 、以及前向 40-80 天内水覆盖判别图层 $Layer_d^{FW}$ ，建立水稻种植判别图层 $Layer_d^{Paddy}$ ，计算公式如下：

$$10 \quad Layer_d^{Paddy} = AND\{Layer_d^{maxEn}, Layer_d^{FDE}, Layer_d^{BDE}, Layer_d^{FMK}, Layer_d^{BMK}, Layer_d^{FW}\}$$

其中AND为按位与运算符。若图层 $Layer_d^{Paddy}$ 像元值为 1，则表示在日期 d，该像元内种植水稻，且其 NDVI 达到整个物候期内的最大值。

15 在其中一些实施例中，在步骤 S160：根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数的步骤中，具体包括下述步骤：

根据图层 $Layer_d^{Paddy}$ ，设定日期区间的上下限进行累加，可以判断该时间区间内的水稻种植分布，如下式所示：

$$Layer^{Paddy} = \sum_{d=d_1}^{d_2} Layer_d^{Paddy}$$

$$Layer^{Paddy} = \begin{cases} \geq 1 & \text{有水稻种植} \\ 0, & \text{非水稻种植} \end{cases}$$

若日期的区间设定为全年，则图层 $Layer^{Paddy}$ 表示该像元水稻的复种指数，即



$$Layer^{Paddy} = \sum_{d=1}^{365} Layer_d^{Paddy} = \begin{cases} n, & n > 0 \\ 0, & \end{cases} \begin{matrix} n \text{ 为水稻复种指数} \\ \text{无水稻种植} \end{matrix}。$$

本申请目的之二，在于提供一种水稻种植提取及复种指数监测系统，包括：

数据采集单元：用于输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像；

5 数据处理单元：用于对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理；

中值合成单元：用于以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成；

滤波单元：用于对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列；

10 判别单元：用于对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层，所述 6 个图层包括：局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{BMK}$  及前向 40-80 天内水覆盖判别图层  $Layer_d^{FW}$ ；

15 输出单元：用于根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数。

本申请目的之三，在于提一种终端，包括：所述终端包括处理器、与所述处理器耦接的存储器，其中，

所述存储器存储有用于实现所述的水稻种植提取及复种指数监测方法的程序指令；

20 所述处理器用于执行所述存储器存储的所述程序指令以控制水稻种植提取及复种指数监测。

本申请目的之四，在于提供一种存储介质，存储有处理器可运行的程序指令，所述程序指令用于执行所述水稻种植提取及复种指数监测方法。

本申请采用上述技术方案具备下述效果：

本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测方法、方法、终端及存储介质，利用长时间序列的 MODIS 遥感数据作为数据源，基于原始 MOD09GQ 与 MYD09GQ 数据重新合成时序 8 天植被指数（NDVI）数据对应水稻生长的物候特征，基于局部最大值检测及 Mann-Kendall 趋势检验作为水稻生长关键物候期间的植被指数（NDVI）差异判别，并通过逐日混合像元分解辨识地表属性的方法判别水稻田进行大量灌溉现象的发生，将以上的多方面判别结果与水稻物候特征规律相对应，设计一种适用于多云多雨地区、大范围、全时期的水稻种植识别规则，不仅可以提取热带、亚热带水稻种植空间分布信息，还能提取水稻复种指数，用来分析水稻种植模式的时空分布及变化，可克服针对现有光学遥感水稻监测相关技术对于热带、亚热带多云多雨地区的种植模式复杂多变、种植时间不统一、关键物候期数据缺失等问题。

此外，本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测方法、方法、终端及存储介质，不用进行其他地物类别，如林地、城市、水体等的区分，而且不需要针对不同种植期的水稻分别设定识别规则中的阈值，该方法所需数据源获取较易，需要处理的数据量较小，分类规则简单，工作效率较高，对关键物候期缺失的情况同样适用。

### 附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案，下面将对本申请实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面所描述的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本申请实施例提供的水稻种植提取及复种指数监测方法的步骤流程图。

图 2 是本申请实施例提供的水稻种植提取及复种指数监测方法的结构示意图。

图 3 为本申请实施例提供的终端结构示意图。

图 4 为本申请实施例提供的存储介质的结构示意图。

图 5 为本申请实施例提供的东南亚中南半岛及我国华南地区 2015 年水稻分布及复种指数监测结果示意图。

5

### 具体实施方式

下面详细描述本申请的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本申请，而不能理解为对本申请的限制。

10

在本申请的描述中，需要理解的是，术语“上”、“下”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。

15

此外，术语“第一”、“第二”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”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

请参阅图 1，为本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测方法的步骤流程图，包括下述步骤：

20

步骤 S110：输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像。

在本实施例中，输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像的步骤中，所述 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像的时间范围从第一年的 10 月份至第三年的 3 月份，时间总跨度 1.5 年，所述 MOD09GQ 与 MYD09GQ 遥感影像包括 2 个 250 米分辨率谱段，将这 2 个谱段命名为近红外谱段及红谱段。

25

步骤 120：对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理。

在本实施例中，对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理，具体包括下述步骤：对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行云覆盖检测，并将云覆盖像元进行掩膜处理；对云掩膜后的影像分别计算研究区域的归一化差分植被指数数据 NDVI，计算公式如下：

$$NDVI_{o/y} = (B_{nir} - B_{red}) / (B_{nir} + B_{red})$$

NDVI<sub>o</sub>、NDVI<sub>y</sub>分别对应 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像。

步骤 S130：以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成。

在本实施例中，以 8 天为时间间隔对生成的 NDVI 时序进行中值合成，计算公式如下：

$$NDVI_d = \text{median}\{NDVI_o^{d1}, NDVI_y^{d2}\}$$

其中， $d$ 表示合成的日期， $d - 3 \leq d_1, d_2 \leq d + 4$ ，median为中值算子。

在本实施例中，大量纯净像元的选取及中值平均处理消除云参覆盖的影响，确保终端像元的代表性。

可以理解，原始的方法中对水稻移栽返青期灌水现象发生的判断主要基于植被指数 NDVI（或 EVI）与地表水分指数（LSWI）的差值，但差值阈值受到天气、降水、区域、种植期的影响而变动，因此需要对特定研究区分别进行统计分析以确定。本申请应用逐日混合像元分解的方法，并且对 MOD09GA 与 MYD09GA 数据分别进行，最大限度的避免云覆盖的影响，而在灌水现象判断中，基于混合像元分解值的相对大小关系进行判断，不需要进行经验阈值的预先获取，能够适用于大范围、多时相、常年的应用。

步骤 S140：对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列。

在本实施例中，对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列的步骤中，具体包括下述步骤：

对生成的时间序列  $NDVI_d$  进行时间窗口为 32，即  $\{NDVI_{d+i*8}\}_{i=}$

-2, -1, 0, 1, 2. 的 Savitzky-Golay 滤波, 生成滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$ 。

可以理解, 原始的方法仅基于 Savitzky-Golay 滤波后时间序列  $\overline{NDVI}_d$ , 但是 Savitzky-Golay 滤波会出现过度拟合, 以及对缺失时相数据的插补存在一定概率的错误现象, 即插补的数据与实际状况差距较大, 从而导致在水稻生长期植被指数 NDVI 最大值点检测中, 出现一定比例的错误点, 因此在原始方法中, 需首先对非耕地类的地物类别进行剔除; 本实施例则可以直接应用到所有地物类别中, 将满足水稻生长期植被指数 NDVI 最大值点的判断分成了 5 部分, 综合应用了原始的时间序列  $NDVI_d$  和 Savitzky-Golay 滤波后时间序列  $\overline{NDVI}_d$ , 其中基于 Mann-Kendall 的前、后向趋势检验能够在部分时相数据缺失的情况下仍有效。

步骤 S150: 对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层, 所述 6 个图层包括: 局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{BMK}$  及前向 40-80 天内水覆盖判别图层  $Layer_d^{FW}$ ;

在本实施例中, 对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层, 具体包括:

对滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$  进行时间窗口 50 的局部极大值检测, 按照  $\overline{NDVI}_d$  的序列时间建立局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{maxEn}$ , 计算公式如下:

$$Layer_d^{maxEn} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \overline{NDVI}_d = \max_{d_i \in [d-25, d+25]} \{ \overline{NDVI}_{d_i} \}, \text{ 且 } \overline{NDVI}_d \geq 0.7 \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

对原始的时间序列  $NDVI_d$  进行前向 40 天, 即前向 6 个时相  $\{NDVI_{d-i*8}\}_{i=5,4,3,2,1,0}$  的 Mann-Kendall 趋势检验, 按照  $NDVI_d$  的序列时间建立前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ , 计算公式如下:

$$FMK = \text{Mann-Kendall}\{NDVI_{d-i*8}\}, i = 5, 4, 3, 2, 1, 0.$$

$$Layer_d^{FMK} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } FMK \text{ 为显著增加或极显著增加;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

对原始的时间序列 $NDVI_d$ 进行后向 40 天, 即后向 6 个时相 $\{NDVI_{d+i*8}\} i = 0,1,2,3,4,5$ . 的 Mann-Kendall 趋势检验, 按照 $NDVI_d$ 的序列时间建立后向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{BMK}$ , 计算公式如下:

$$BMK = \text{Mann} - \text{Kendall}\{NDVI_{d+i*8}\}, i = 0,1,2,3,4,5.$$

$$Layer_d^{FMK} = \begin{cases} 1, & \text{如果} BMK \text{ 为显著减少或极显著减少;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

- 5 对滤波后的时间序列 $\overline{NDVI}_d$ 进行前向 30-70 天内的最小值计算及前向差异足够判别, 建立前向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{FDE}$ , 计算公式如下:

$$FMin = \min_{d-70 \leq d_i \leq d-30} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}$$

$$Layer_d^{FDE} = \begin{cases} 1, & \text{如果} FMin \leq 0.6 \text{ 且 } \overline{NDVI}_d - FMin \geq 0.25; \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

对滤波后的时间序列 $\overline{NDVI}_d$ 进行后向 30-70 天内的最小值计算及后向差异足够判别, 建立后向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{BDE}$ , 计算公式如下:

$$BMin = \min_{d+30 \leq d_i \leq d+70} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}$$

$$10 \quad Layer_d^{BDE} = \begin{cases} 1, & \text{如果} BMin \leq 0.6 \text{ 且 } \overline{NDVI}_d - BMin \geq 0.25; \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

输入同一地区时序 MOD09GA 与 MYD09GA 原始遥感影像, 时间范围从第一年的 10 月份至第三年的 3 月份, 时间总跨度 1.5 年, MOD09GA 与 MYD09GA 遥感影像包括 7 个 500 米分辨率谱段, 对每天的 MOD09GA 与 MYD09GA 影像分别进行云覆盖检测, 并将云覆盖像元进行掩膜处理;

- 15 基于每天的 MOD09GA 与 MYD09GA 云掩膜数据, 以及选择的纯净像元, 应用中值平均计算城镇、水体、林地终端像元光谱值, 分别标记为 $Urban_d^{MOD}$ 、 $Water_d^{MOD}$ 、 $Forest_d^{MOD}$ 、 $Urban_d^{MYD}$ 、 $Water_d^{MYD}$ 、 $Forest_d^{MYD}$ ;

对 MODIS MOD09GA 与 MYD09GA 云掩膜数据, 基于上步中的终端像元光谱值, 进行混合像元分解 Unmix, 并建立水覆盖判别图层 $Layer_d^{Water}$ , 计算

- 20 公式如下:

$$\{U_o, W_o, F_o\} = \text{Unmix}(\text{Urban}_d^{\text{MOD}}, \text{Water}_d^{\text{MOD}}, \text{Forest}_d^{\text{MOD}})$$

$$\{U_y, W_y, F_y\} = \text{Unmix}(\text{Urban}_d^{\text{MYD}}, \text{Water}_d^{\text{MYD}}, \text{Forest}_d^{\text{MYD}})$$

$$\text{Layer}_d^{\text{Water}} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } W_o = \max\{U_o, W_o, F_o\} \text{ 或者 } W_y = \max\{U_y, W_y, F_y\}; \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

基于水覆盖判别图层 $\text{Layer}_d^{\text{Water}}$ , 建立前向 40-80 天内水覆盖判别图层

5  $\text{Layer}_d^{\text{FW}}$ , 计算公式如下:

$$\text{Layer}_d^{\text{FW}} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \sum_{d_i=d-80}^{d-40} \text{Layer}_{d_i}^{\text{Water}} \geq 1; \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

基于上面各步骤中生成的局部极大值时间序列图层 $\text{Layer}_d^{\text{maxEn}}$ 、前向 NDVI 差异判别图层 $\text{Layer}_d^{\text{FDE}}$ 、后向 NDVI 差异判别图层 $\text{Layer}_d^{\text{BDE}}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $\text{Layer}_d^{\text{FMK}}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  
10  $\text{Layer}_d^{\text{BMK}}$ 、以及前向 40-80 天内水覆盖判别图层 $\text{Layer}_d^{\text{FW}}$ , 建立水稻种植判别图层 $\text{Layer}_d^{\text{Paddy}}$ , 计算公式如下:

$$\text{Layer}_d^{\text{Paddy}} = \text{AND}\{\text{Layer}_d^{\text{maxEn}}, \text{Layer}_d^{\text{FDE}}, \text{Layer}_d^{\text{BDE}}, \text{Layer}_d^{\text{FMK}}, \text{Layer}_d^{\text{BMK}}, \text{Layer}_d^{\text{FW}}\}$$

其中AND为按位与运算符。若图层 $\text{Layer}_d^{\text{Paddy}}$ 像元值为 1, 则表示在日期 d,  
15 该像元内种植水稻, 且其 NDVI 达到整个物候期内的最大值。

步骤 S160:根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数。

在本实施例中, 根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数的步骤中, 具体包括下述步骤:

20 根据图层 $\text{Layer}_d^{\text{Paddy}}$ , 设定日期区间的上下限进行累加, 可以判断该时间区间内的水稻种植分布, 如下式所示:

$$\text{Layer}^{\text{Paddy}} = \sum_{d=d_1}^{d_2} \text{Layer}_d^{\text{Paddy}}$$

$$Layer^{Paddy} = \begin{cases} \geq 1 & \text{有水稻种植} \\ 0, & \text{非水稻种植} \end{cases}$$

若日期的区间设定为全年, 则图层 $Layer^{Paddy}$ 表示该像元水稻的复种指数, 即

$$Layer^{Paddy} = \sum_{d=1}^{365} Layer_d^{Paddy} = \begin{cases} n, & n > 0 \quad n \text{ 为水稻复种指数} \\ 0, & \text{无水稻种植} \end{cases}。$$

请参阅图 2, 为本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测系统的结构示意图, 包括: 数据采集单元 110: 用于输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像; 数据处理单元 120: 用于对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理; 中值合成单元 130: 用于以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成; 滤波单元 140: 用于对中值合成后的影像进行滤波, 生成滤波后的时间序列; 判别单元 150: 用于对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层, 所述 6 个图层包括: 局部极大值时间序列图层 $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{BMK}$ 及前向 40-80 天内水覆盖判别图层 $Layer_d^{FW}$ ; 输出单元 160: 用于根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数。其详细的实现方式在本申请上述方法描述中已经说明, 这里不再赘述。

请参阅图 3, 为本申请实施例的终端结构示意图。该终端 50 包括处理器 51、与处理器 51 耦接的存储器 52。

存储器 52 存储有用于实现所述的水稻种植提取及复种指数监测方法的程序指令。

处理器 51 用于执行存储器 52 存储的程序指令以控制所述的水稻种植提取及复种指数监测。

其中, 处理器 51 还可以称为 CPU(Central Processing Unit, 中央处理单元)。处理器 51 可能是一种集成电路芯片, 具有信号的处理能力。处理器 51 还可以是通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现成可编程



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。

请参阅图 4，为本申请实施例的存储介质的结构示意图。本申请实施例的存储介质存储有能够实现上述所有方法的程序文件 61，其中，该程序文件 61 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、平板等终端设备。

本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测方法、方法、终端及存储介质，利用长时间序列的 MODIS 遥感数据作为数据源，基于原始 MOD09GQ 与 MYD09GQ 数据重新合成时序 8 天植被指数（NDVI）数据对应水稻生长的物候特征，基于局部最大值检测及 Mann-Kendall 趋势检验作为水稻生长关键物候期间的植被指数（NDVI）差异判别，并通过逐日混合像元分解辨识地表属性的方法判别水稻田进行大量灌溉现象的发生，将以上的多方面判别结果与水稻物候特征规律相对应，设计一种适用于多云多雨地区、大范围、全时期的水稻种植识别规则，不仅可以提取热带、亚热带水稻种植空间分布信息，还能提取水稻复种指数，用来分析水稻种植模式的时空分布及变化，可克服针对现有光学遥感水稻监测相关技术对于热带、亚热带多云多雨地区的种植模式复杂多变、种植时间不统一、关键物候期数据缺失等问题。

此外，本申请提供的水稻种植提取及复种指数监测方法、方法、终端及存储介质，不用进行其他地物类别，如林地、城市、水体等的区分，而且不需要针对不同种植期的水稻分别设定识别规则中的阈值，该方法所需数据源获取较易，需要处理的数据量较小，分类规则简单，工作效率较高，对关键物候期缺失的情况同样适用。

请参阅图 5，为基于本申请方案的东南亚中南半岛及我国华南地区 2015 年水稻分布及复种指数监测结果。中南半岛包括缅甸、泰国、柬埔寨、老挝、越南，我国华南地区包括海南、广西、广东、福建。整个区域从最南端的热带至北部的亚热带，水稻的种植模式也从最南端的三季稻至北部的二季稻，部分区域由于经济作物种植、地形、降水等影响，水稻种植模式为一季稻。图 5 中将研究区中的主要水稻产区，如伊洛瓦底江三角洲、湄公河平原、呵叻高原、湄公河三角洲、红河三角洲、雷州南渡河、江门沿海等区域重点展示。实验结果与中南半岛各国、我国各省统计资料对比，具有很高的一致性。通过随机布设样点方式进行精度检验，水稻分布精度高于 90%，复种指数精度高于 85%。

以上仅为本申请的实施例而已，并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的权利要求范围之内。

## 权 利 要 求 书

1、一种水稻种植提取及复种指数监测方法，其特征在于，包括下述步骤：

步骤 S110：输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像；

5 步骤 S120：对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理；

步骤 S130：以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成；

步骤 S140：对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列；

步骤 S150：对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层，所述 6 个图层包括：局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{BMK}$  及前向 40-80 天内水覆盖判别图层  $Layer_d^{FW}$ ；

步骤 S160：根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数。

15 2、根据权利要求 1 所述的水稻种植提取及复种指数监测方法，其特征在于，在步骤 S110，输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像的步骤中，所述 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像的时间范围从第一年的 10 月份至第三年的 3 月份，时间总跨度 1.5 年，所述 MOD09GQ 与 MYD09GQ 遥感影像包括 2 个 250 米分辨率谱段，将这 2 个谱段命名为近红外谱段及红谱  
20 段。

3、根据权利要求 2 所述的水稻种植提取及复种指数监测方法，其特征在于，在步骤 S120，对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理的步骤中，具体包括：

对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行云覆盖检测，并将云覆盖  
25 像元进行掩膜处理；

对云掩膜后的影像分别计算研究区域的归一化差分植被指数数据 NDVI, 计算公式如下:

$$NDVI_{o/y} = (B_{nir} - B_{red}) / (B_{nir} + B_{red})$$

NDVI<sub>o</sub>、NDVI<sub>y</sub>分别对应 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像。

4、根据权利要求 3 所述的水稻种植提取及复种指数监测方法, 其特征在于, 在步骤 S130: 以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成的步骤中, 具体包括下述步骤:

以 8 天为时间间隔对生成的 NDVI 时序进行中值合成, 计算公式如下:

$$NDVI_d = \text{median}\{NDVI_o^{d1}, NDVI_y^{d2}\}$$

其中,  $d$  表示合成的日期,  $d - 3 \leq d_1, d_2 \leq d + 4$ , median 为中值算子。

5、根据权利要求 4 所述的水稻种植提取及复种指数监测方法, 其特征在于, 在步骤 S140, 对中值合成后的影像进行滤波, 生成滤波后的时间序列的步骤中, 具体包括下述步骤:

对生成的时间序列  $NDVI_d$  进行时间窗口为 32, 即  $\{NDVI_{d+i*8}\}_{i=-2,-1,0,1,2}$  的 Savitzky-Golay 滤波, 生成滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$ 。

6、根据权利要求 5 所述的水稻种植提取及复种指数监测方法, 其特征在于, 在步骤 S150: 对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层的步骤中, 具体包括下述步骤:

对滤波后的时间序列  $\overline{NDVI}_d$  进行时间窗口 50 的局部极大值检测, 按照  $\overline{NDVI}_d$  的序列时间建立局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{\max En}$ , 计算公式如下:

$$Layer_d^{\max En} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \overline{NDVI}_d = \max_{d_i \in [d-25, d+25]} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}, \text{ 且 } \overline{NDVI}_d \geq 0.7 \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

对原始的时间序列  $NDVI_d$  进行前向 40 天, 即前向 6 个时相  $\{NDVI_{d-i*8}\}_{i=5,4,3,2,1,0}$  的 Mann-Kendall 趋势检验, 按照  $NDVI_d$  的序列时间建立前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ , 计算公式如下:

$$FMK = \text{Mann} - \text{Kendall}\{NDVI_{d-i*8}\}, i = 5, 4, 3, 2, 1, 0.$$

$$Layer_d^{FMK} = \begin{cases} 1, & \text{如果FMK为显著增加或极显著增加;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

对原始的时间序列 $NDVI_d$ 进行后向 40 天, 即后向 6 个时相 $\{NDVI_{d+i*8}\} i = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ . 的 Mann-Kendall 趋势检验, 按照 $NDVI_d$ 的序列时间建立后向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{BMK}$ , 计算公式如下:

$$BMK = \text{Mann} - \text{Kendall}\{NDVI_{d+i*8}\}, i = 0, 1, 2, 3, 4, 5.$$

$$5 \quad Layer_d^{FMK} = \begin{cases} 1, & \text{如果BMK为显著减少或极显著减少;} \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

对滤波后的时间序列 $\overline{NDVI}_d$ 进行前向 30-70 天内的最小值计算及前向差异足够判别, 建立前向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{FDE}$ , 计算公式如下:

$$FMin = \min_{d-70 \leq d_i \leq d-30} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}$$

$$Layer_d^{FDE} = \begin{cases} 1, & \text{如果} FMin \leq 0.6 \text{ 且 } \overline{NDVI}_d - FMin \geq 0.25; \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

10 对滤波后的时间序列 $\overline{NDVI}_d$ 进行后向 30-70 天内的最小值计算及后向差异足够判别, 建立后向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{BDE}$ , 计算公式如下:

$$BMin = \min_{d+30 \leq d_i \leq d+70} \{\overline{NDVI}_{d_i}\}$$

$$Layer_d^{BDE} = \begin{cases} 1, & \text{如果} BMin \leq 0.6 \text{ 且 } \overline{NDVI}_d - BMin \geq 0.25; \\ 0, & \text{否则} \end{cases};$$

15 输入同一地区时序 MOD09GA 与 MYD09GA 原始遥感影像, 时间范围从第一年的 10 月份至第三年的 3 月份, 时间总跨度 1.5 年, MOD09GA 与 MYD09GA 遥感影像包括 7 个 500 米分辨率谱段, 对每天的 MOD09GA 与 MYD09GA 影像分别进行云覆盖检测, 并将云覆盖像元进行掩膜处理;

基于每天的 MOD09GA 与 MYD09GA 云掩膜数据, 以及选择的纯净像元, 应用中值平均计算城镇、水体、林地终端像元光谱值, 分别标记为 $Urban_d^{MOD}$ 、 $Water_d^{MOD}$ 、 $Forest_d^{MOD}$ 、 $Urban_d^{MYD}$ 、 $Water_d^{MYD}$ 、 $Forest_d^{MYD}$ ;

对 MODIS MOD09GA 与 MYD09GA 云掩膜数据, 基于上步中的终端像元光谱值, 进行混合像元分解 Unmix, 并建立水覆盖判别图层  $Layer_d^{Water}$ , 计算公式如下:

$$\begin{aligned} \{U_o, W_o, F_o\} &= \text{Unmix}(\text{Urban}_d^{MOD}, \text{Water}_d^{MOD}, \text{Forest}_d^{MOD}) \\ \{U_y, W_y, F_y\} &= \text{Unmix}(\text{Urban}_d^{MYD}, \text{Water}_d^{MYD}, \text{Forest}_d^{MYD}) \\ Layer_d^{Water} &= \begin{cases} 1, & \text{如果 } W_o = \max\{U_o, W_o, F_o\} \text{ 或者 } W_y = \max\{U_y, W_y, F_y\}; \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \end{aligned}$$

基于水覆盖判别图层  $Layer_d^{Water}$ , 建立前向 40-80 天内水覆盖判别图层  $Layer_d^{FW}$ , 计算公式如下:

$$Layer_d^{FW} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } \sum_{d_i=d-80}^{d-40} Layer_{d_i}^{Water} \geq 1; \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$$

基于上面各步骤中生成的局部极大值时间序列图层  $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层  $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层  $Layer_d^{BMK}$ 、以及前向 40-80 天内水覆盖判别图层  $Layer_d^{FW}$ , 建立水稻种植判别图层  $Layer_d^{Paddy}$ , 计算公式如下:

$$Layer_d^{Paddy} = \text{AND}\{Layer_d^{maxEn}, Layer_d^{FDE}, Layer_d^{BDE}, Layer_d^{FMK}, Layer_d^{BMK}, Layer_d^{FW}\}$$

其中 AND 为按位与运算符, 若图层  $Layer_d^{Paddy}$  像元值为 1, 则表示在日期 d, 该像元内种植水稻, 且其 NDVI 达到整个物候期内的最大值。

7、根据权利要求 6 所述的水稻种植提取及复种指数监测方法, 其特征在于, 在步骤 S160: 根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数的步骤中, 具体包括下述步骤:

根据图层  $Layer_d^{Paddy}$ , 设定日期区间的上下限进行累加, 可以判断该时间区间内的水稻种植分布, 如下式所示:

$$Layer^{Paddy} = \sum_{d=d_1}^{d_2} Layer_d^{Paddy}$$

$$Layer^{Paddy} = \begin{cases} \geq 1 & \text{有水稻种植} \\ 0, & \text{非水稻种植} \end{cases}$$

若日期的区间设定为全年，则图层 $Layer^{Paddy}$ 表示该像元水稻的复种指数，  
即

$$Layer^{Paddy} = \sum_{d=1}^{365} Layer_d^{Paddy} = \begin{cases} n, & n > 0 \quad n \text{ 为水稻复种指数} \\ 0, & \text{无水稻种植} \end{cases}。$$

8、一种水稻种植提取及复种指数监测系统，其特征在于，包括：

5 数据采集单元：用于输入同一地区时序 MOD09GQ 与 MYD09GQ 原始遥感影像；

数据处理单元：用于对每天的 MOD09GQ 与 MYD09GQ 影像分别进行处理；

中值合成单元：用于以 8 天为时间间隔对处理后的影像进行中值合成；

10 滤波单元：用于对中值合成后的影像进行滤波，生成滤波后的时间序列；

判别单元：用于对水稻种植的判别条件转变为单独的 6 个图层，所述 6 个图层包括：局部极大值时间序列图层 $Layer_d^{maxEn}$ 、前向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{FDE}$ 、后向 NDVI 差异判别图层 $Layer_d^{BDE}$ 、前向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{FMK}$ 、后向 Mann-Kendall 趋势检验图层 $Layer_d^{BMK}$ 及前向 40-80 天内  
15 水覆盖判别图层 $Layer_d^{FW}$ ；

输出单元：用于根据所述 6 个图层判断该时间区间内的水稻种植分布以及水稻的复种指数。

9 一种终端，其特征在于，包括：所述终端包括处理器、与所述处理器耦接的存储器，其中，

20 所述存储器存储有用于实现权利要求 1-7 任一项所述的水稻种植提取及复

种指数监测方法的程序指令；

所述处理器用于执行所述存储器存储的所述程序指令以控制水稻种植提取及复种指数监测。

10.一种存储介质，其特征在于，存储有处理器可运行的程序指令，所述程序指令用于执行权利要求 1 至 7 任一项所述水稻种植提取及复种指数监测方法。



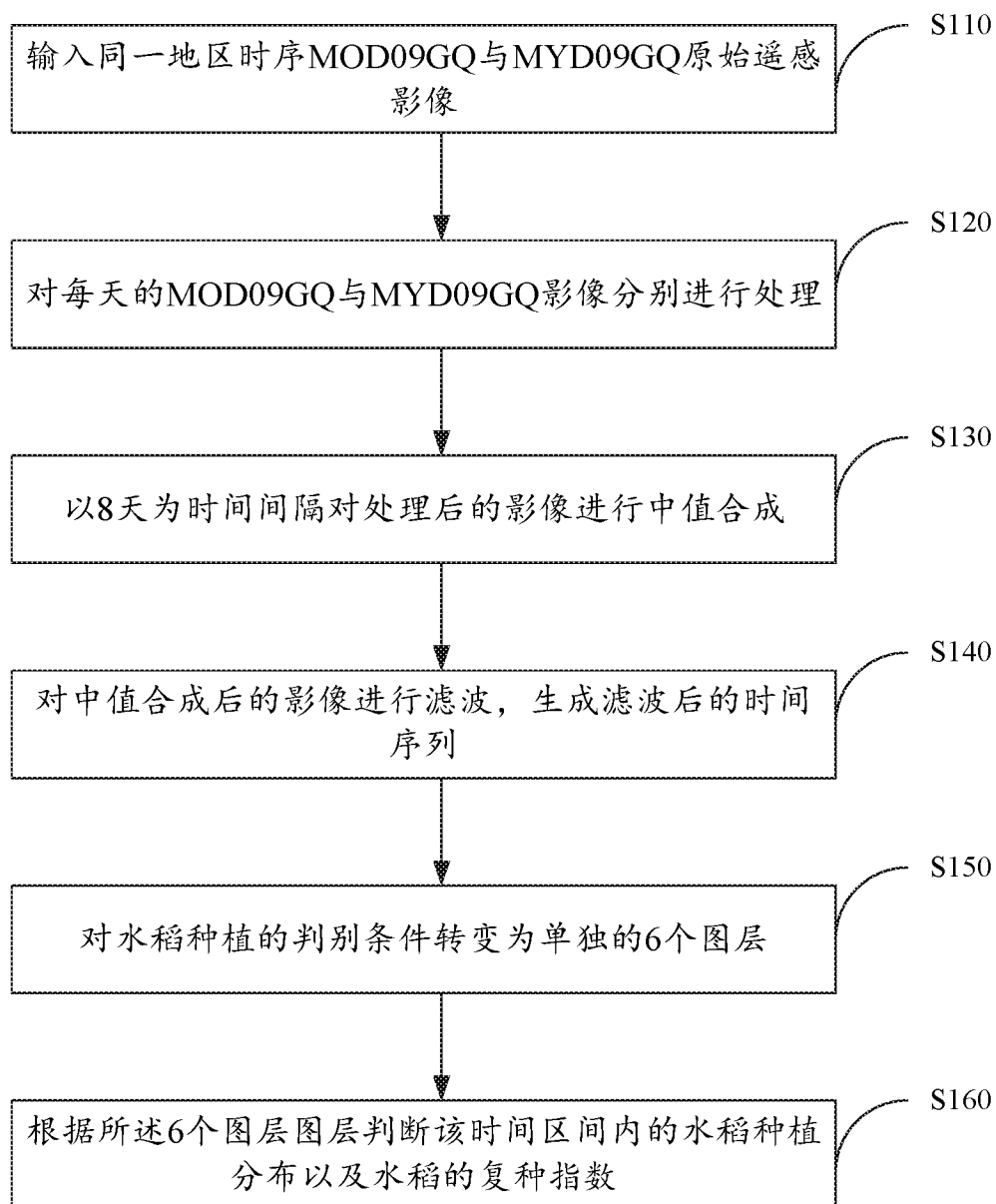


图 1

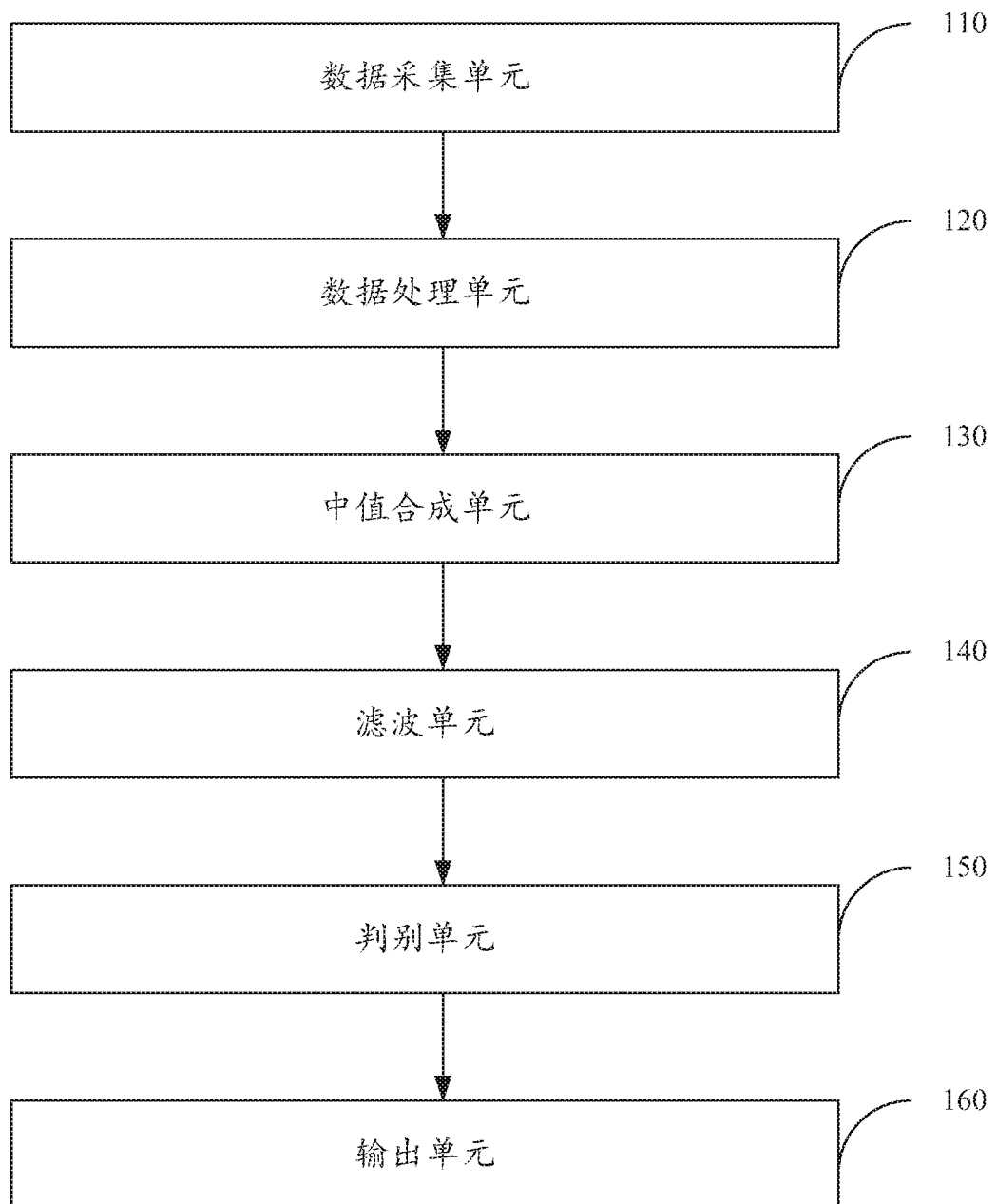


图 2

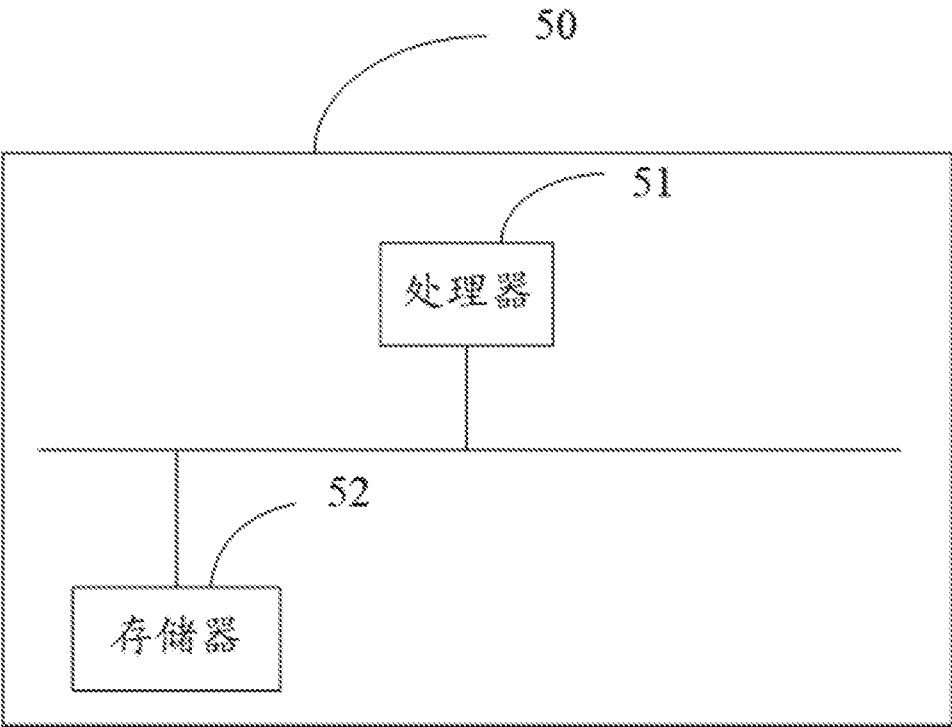


图 3

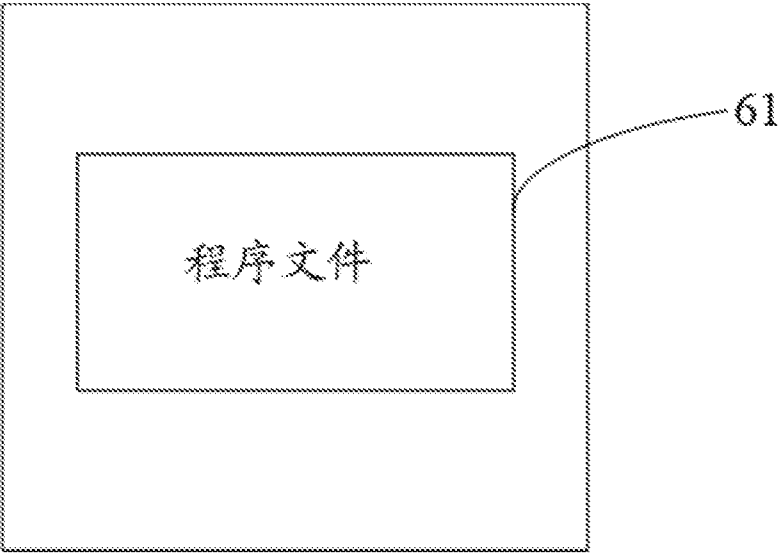


图 4

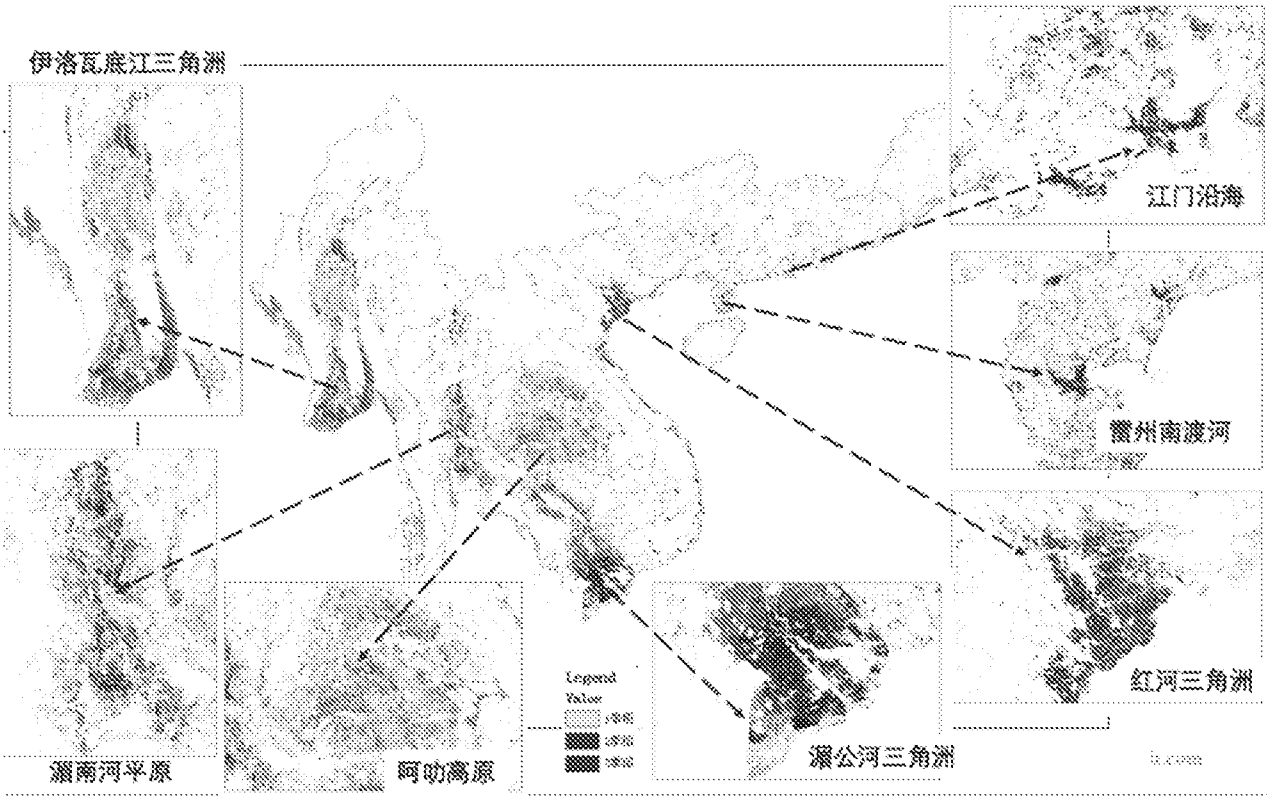


图 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/137663

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

G06V 20/10(2022.01)i;G06T 7/62(2017.01)i;A01G 22/22(2018.01)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)

G06V G06T A01G

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: 水稻, 早稻, 晚稻, 植被, 面积, 分类, 遥感, 植被指数, Mann Kendall, 局部最大值, 中值, 滤波, rice, vegetation, area, classification, remote sensing, vegetation index, local maximum, median, filtering

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                       | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| PX        | CN 114708490 A (SHENZHEN INSTITUTE OF ADVANCED TECHNOLOGY) 05 July 2022 (2022-07-05)<br>claims 1-10                                      | 1-10                  |
| A         | CN 109948596 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 28 June 2019 (2019-06-28)<br>description, paragraphs 0009-0017 | 1-10                  |
| A         | CN 110472184 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 19 November 2019 (2019-11-19)<br>entire document               | 1-10                  |
| A         | CN 106599844 A (NANJING INSTITUTE OF GEOGRAPHY & LIMNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 26 April 2017 (2017-04-26)<br>entire document    | 1-10                  |
| A         | US 2020141877 A1 (NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY) 07 May 2020 (2020-05-07)<br>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

15 February 2023

Date of mailing of the international search report

22 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/CN2022/137663**

| Patent document cited in search report |            |    | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |           |    | Publication date (day/month/year) |
|----------------------------------------|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|-----------|----|-----------------------------------|
| CN                                     | 114708490  | A  | 05 July 2022                      | None                    |           |    |                                   |
| CN                                     | 109948596  | A  | 28 June 2019                      | None                    |           |    |                                   |
| CN                                     | 110472184  | A  | 19 November 2019                  | None                    |           |    |                                   |
| CN                                     | 106599844  | A  | 26 April 2017                     | None                    |           |    |                                   |
| US                                     | 2020141877 | A1 | 07 May 2020                       | US                      | 11029251  | B2 | 08 June 2021                      |
|                                        |            |    |                                   | CN                      | 109459392 | A  | 12 March 2019                     |

## 国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/137663

## A. 主题的分类

G06V 20/10(2022.01)i;G06T 7/62(2017.01)i;A01G 22/22(2018.01)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)

G06V G06T A01G

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: 水稻, 早稻, 晚稻, 植被, 面积, 分类, 遥感, 植被指数, Mann Kendall, 局部最大值, 中值, 滤波, rice, vegetation, area, classification, remote sensing, vegetation index, local maximum, median, filtering

## 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 114708490 A (深圳先进技术研究院) 2022年7月5日 (2022 - 07 - 05)<br>权利要求1-10                   | 1-10    |
| A    | CN 109948596 A (电子科技大学) 2019年6月28日 (2019 - 06 - 28)<br>说明书第0009-0017段               | 1-10    |
| A    | CN 110472184 A (电子科技大学) 2019年11月19日 (2019 - 11 - 19)<br>全文                          | 1-10    |
| A    | CN 106599844 A (中国科学院南京地理与湖泊研究所) 2017年4月26日 (2017 - 04 - 26)<br>全文                  | 1-10    |
| A    | US 2020141877 A1 (NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY) 2020年5月7日 (2020 - 05 - 07)<br>全文 | 1-10    |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

\* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“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

“&amp;” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2023年2月15日

国际检索报告邮寄日期

2023年2月22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

丁蓬莉

电话号码 (+86) 010-53961397

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/137663

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利           | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|----------------|----------------|
| CN          | 114708490  | A  | 2022年7月5日      | 无              |                |
| CN          | 109948596  | A  | 2019年6月28日     | 无              |                |
| CN          | 110472184  | A  | 2019年11月19日    | 无              |                |
| CN          | 106599844  | A  | 2017年4月26日     | 无              |                |
| US          | 2020141877 | A1 | 2020年5月7日      | US 11029251 B2 | 2021年6月8日      |
|             |            |    |                | CN 109459392 A | 2019年3月12日     |