(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
2022 年 3 月 3 日 (03.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/041598 A1

(51) 国际专利分类号:
G06T 7/12 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/139238

(22) 国际申请日: 2020 年 12 月 25 日 (25.12.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010856484.5 2020年8月24日 (24.08.2020) CN

(71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (**SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES**) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 李晓丽 (**LI, Xiaoli**); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道1068号, Guangdong 518055 (CN)。 陈劲松 (**CHEN, Jinsong**); 中国广东省深圳市南山区深圳大学城学苑大道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.**); 中国北京市海淀区杏石口路 50 号中间建筑 1 区 148 号, Beijing 100195 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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。

(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,

(54) **Title:** REMOTE SENSING IMAGE SEGMENTATION METHOD AND SYSTEM, TERMINAL, AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种遥感影像分割方法、系统、终端以及存储介质

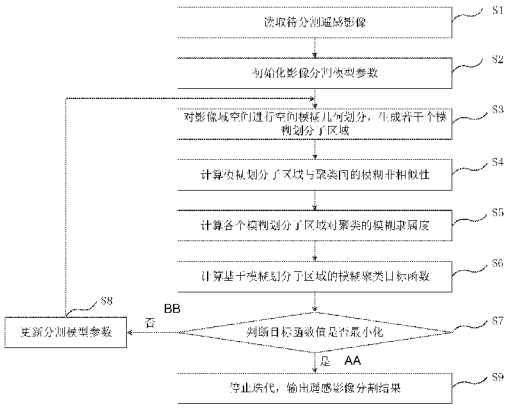


图1

S1 Read a remote sensing image to be segmented
S2 Initialise image segmentation model parameters
S3 Perform spatial fuzzy geometric division on the image domain space to generate a plurality of fuzzy division sub-regions
S4 Calculate the fuzzy non-similarity between the fuzzy division sub-regions and a cluster
S5 Calculate the degree of fuzzy membership of each fuzzy division sub-region to the cluster
S6 Calculate a fuzzy clustering objective function based on the fuzzy division sub-regions
S7 Determine whether the objective function value is minimised
S8 Stop iteration and output a remote sensing image segmentation result
S9 Update the segmentation model parameters
AA Yes
BB No

(57) **Abstract:** The present invention relates to a remote sensing image segmentation method and system, a terminal, and a storage medium, comprising: on the basis of the fuzzy non-similarity between pixels and generated points, calculating the degree of fuzzy attribution of the pixels to division sub-regions; on the basis of the degree of fuzzy attribution, performing spatial fuzzy geometric division on the image domain space of a remote sensing image to be segmented to generate a specified number of fuzzy division sub-regions; on the basis of the fuzzy non-similarity between the fuzzy division sub-regions and a cluster, calculate the degree of fuzzy membership of the fuzzy division sub-regions to the cluster; on the basis of the degree of fuzzy attribution and the degree of fuzzy membership, constructing a fuzzy clustering objective function of the fuzzy division sub-regions; and solving the parameters in the objective function to output a segmentation result of the remote sensing image to be segmented. The present invention improves the ability of the model to characterise the features of ground objects and solves the problem of mis-segmentation of complex boundaries, and thereby increases the precision of remote sensing image segmentation.

WO 2022/041598 A1

[见续页]

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))。

(57) 摘要: 本发明涉及一种遥感影像分割方法、系统、终端以及存储介质。包括：根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度，根据所述模糊归属度对待分割遥感影像的影像域空间进行空间模糊几何划分，生成指定数量的模糊划分子区域；根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度；基于所述模糊归属度以及模糊隶属度构建所述模糊划分子区域的模糊聚类目标函数；对所述目标函数中的参数进行求解，输出所述待分割遥感影像的分割结果。本发明提高了模型刻画地物特征的能力，解决了复杂边界的误分割问题，进而提高遥感影像分割精度。

一种遥感影像分割方法、系统、终端以及存储介质

技术领域

本发明属于遥感影像处理技术领域，特别涉及一种遥感影像分割方法、系统、终端以及存储介质。

背景技术

影像分割即根据某些预定特征的相似性将影像分割成若干个互不重叠的同质区域，并使这些特征在同质区域内呈现出高度的一致性、同质区域间呈现出明显的差异性。遥感影像分割是遥感影像解译的关键步骤之一，分割的精度将直接影响后续影像解译的质量。

随着传感器分辨率的不断提高，高分辨率遥感影像提供更多丰富地物细节信息的同时，也使得影像中“同谱异物，同物异谱”的现象加剧，光谱在影像域的空间相关性更加复杂，进而导致遥感影像分割的不确定性进一步增加。模糊聚类作为解决不确定性问题的有效工具之一，被广泛研究并应用于遥感影像分割。其中，最具代表性的为模糊 C 均值聚类(Fuzzy C-means, FCM)算法，该算法利用隶属度构建像素关于所有同质区域的模糊隶属关系，有效地描述了分割过程中像素类属的不确定性，通过耦合隶属度与像素和聚类间非相似性测度构建模糊聚类目标函数，以目标函数最小化为准则迭代求解隶属度，并经反模糊化操作获得最佳分割结果。然而，由于传统 FCM 算法缺乏考虑空间信息的作用，导致抗噪性较差。

为了解决上述不足，众多学者提出了一系列融入邻域像素空间作用的模糊聚类算法，例如顾及空间约束的 FCM 算法(Fuzzy Clustering with Constraint, FCM_S)、鲁棒模糊局部信息 C 均值聚类算法(Fuzzy Local Information C-Means, FLICM)以及修正的 FLICM 算法(Reformulated FLICM, RFLICM)等，均通过直接在目标函数中增加具有邻域像素作用的规则化项以引入空间信息约束；此外，还包括增强 FCM 算法(Enhanced FCM, EnFCM)和快速广义 FCM 算法(Fast Generalized FCM, FGFCM)等，利用邻域像素光谱信息构建加权影像，以引入空间信息作用，然后基于加权影像实现分割。但是，上述算法均以像素为基本操作单元，克服噪声能力有限，难以解决高分辨率遥感影像中复杂细节信息对分割

结果的影响。

近几年，基于空间几何划分的遥感影像分割方法被广泛研究。以划分子区域为基本操作单元建立像素光谱测度的或然率模型，根据贝叶斯定理得到像素关于同质区域的后验概率，并利用马尔科夫链蒙特卡洛方法(Markov Chain Monte Carlo, MCMC)求解模型参数，进而实现分割，有效地解决了遥感影像中复杂噪声对分割结果的影响，极大地提高了算法的抗噪性。而后，该思想被扩展到模糊聚类领域，结合 FCM 算法提出了区域化模糊 C 均值聚类算法(Rgionalized Fuzzy C means, RFCM)，有效地描述了划分子区域对聚类的类属不确定性，进一步提高了影像分割精度。然而，上述算法均只基于光谱信息建模了划分子区域的类属不确定性，忽略了空间信息角度像素对划分子区域归属的不确定性，限制了模型准确刻画地物特征的能力，难以实现复杂边界的有效分割。此外，当硬性划分子区域上升到模糊划分子区域时，现有模型的有效性也会受到巨大挑战。

发明内容

针对现有技术不足，本发明提供一种遥感影像分割方法、系统、终端及存储介质，旨在解决现有遥感影像分割方法存在的忽略像素对划分子区域归属的不确定性，限制模型准确刻画地物特征的能力，导致难以实现复杂边界有效分割的技术问题。

为了解决上述问题，本发明实施例采取的技术方案包括：

一种遥感影像分割方法，包括以下步骤：

根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度，根据所述模糊归属度对待分割遥感影像的影像域空间进行空间模糊几何划分，生成指定数量的模糊划分子区域；

根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度；

基于所述模糊归属度以及模糊隶属度构建所述模糊划分子区域的模糊聚类目标函数；

对所述目标函数中的参数进行求解，输出所述待分割遥感影像的分割结果。

本发明实施例采取的技术方案还包括：所述根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度之前还包括：

在所述影像域空间$\boldsymbol{\Omega}$ 中选取m个格点构成初始生成点集$\boldsymbol{G} = \{\boldsymbol{g}_j\ (a_j,\ b_j)\colon (a_j,\ b_j)\in\boldsymbol{\Omega},\ j = 1,\ ...,\ m\}$，其中$j$为生成点索引，$m$为生成点数，$\boldsymbol{g}_j$为生成点$j$的光谱测度矢量，$\boldsymbol{g}_j = (g_{js}\colon s = 1,\ ...,\ h)$，$s$为波段索引，$h$为波段数，$(a_j,\ b_j)$为生成点$j$在影像空间域的格点位置坐标；

计算像素 i 与生成点 j 间的光谱距离 $d_{ij}^{C} = d[\boldsymbol{I}_i,\ \boldsymbol{g}_j]$，其中，$d[\cdot]$表示距离函数，$\boldsymbol{I}_i$ 为像素 i 在特征域的光谱测度矢量，$\boldsymbol{I}_i = (I_{is}\colon s = 1,\ ...,\ h)$，；

计算像素 i 与生成点 j 间的空间距离 $d_{ij}^{\Omega} = d[(x_i,\ y_i),\ \ (a_j,\ b_j)]$，其中，$(x_i,\ y_i)$为像素 i 在影像空间域的格点位置坐标；

耦合所述光谱距离和所述空间距离得到像素 i 与生成点 j 间的模糊非相似性 d_{ij}：

$$d_{ij} = F(d_{ij}^{\Omega}, d_{ij}^{C})$$

上式中，$F(d_{ij}^{\Omega},\ d_{ij}^{C})$为光谱距离和空间距离耦合函数。

本发明实施例采取的技术方案还包括：所述像素对划分子区域的模糊归属度为：

$$r_{ij} = \frac{1}{\sum_{j'=1}^{m}\left(\frac{d_{ij}}{d_{ij'}}\right)^{\frac{2}{\lambda_1-1}}}$$

上式中，λ_1为模糊因子。

本发明实施例采取的技术方案还包括：所述根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度之前还包括：

计算像素 i 与聚类 l 间的像素级模糊非相似性 s_{il}：

$$s_{il} = d[\boldsymbol{I}_i, \boldsymbol{v}_l]$$

上式中，$\boldsymbol{v}_l$为第 l 个聚类的聚类中心，$\boldsymbol{v}_l = (v_{ls}\colon s = 1,\ ...,\ h)$；

以所述模糊归属度 r_{ij} 加权所述像素级模糊非相似性性 s_{il} 计算模糊划分子区域 j 与聚类 l 间的模糊非相似性 S_{jl}：

$$S_{jl} = \sum_{\substack{L_{(i)}=j \\ j=arc\max\limits_{j=1,...,m} r_{ij}}} r_{ij}s_{il}^{2}$$

上式中，$L_{(i)}$表示像素 i 归属模糊划分子区域的标号。

本发明实施例采取的技术方案还包括：所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度为：

$$u_{jl}=\frac{1}{\sum_{l'=1}^{k}\left(\frac{S_{jl}}{S_{jl'}}\right)^{\frac{1}{\lambda_2-1}}}$$

上式中，λ_2为模糊因子。

本发明实施例采取的技术方案还包括：所述模糊聚类目标函数为：

$$J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}r_{ij}^{\lambda_1}d_{ij}^{2}+\sum_{j=1}^{m}\sum_{l=1}^{k}u_{jl}^{\lambda_2}S_{jl}$$

上式中，$\boldsymbol{R}=[r_{ij}]_{n\times m}$为所述像素关于所述模糊划分子区域的模糊归属度矩阵；$\boldsymbol{U}=[u_{jl}]_{m\times k}$为所述模糊划分子区域关于聚类的模糊隶属度矩阵；$\boldsymbol{G}$为生成点集，$\boldsymbol{V}$为聚类中心，$\boldsymbol{V}=\{\boldsymbol{v}_l: l=1,...,k\}$，其中$l$为聚类索引，$k$为聚类数。

本发明实施例采取的另一技术方案为：一种遥感影像分割系统，包括：

空间模糊几何划分模块：用于根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度，根据所述模糊归属度对待分割遥感影像的影像域空间进行空间模糊几何划分，生成指定数量的模糊划分子区域；

模糊聚类分割模块：用于根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度，基于所述模糊归属度以及模糊隶属度构建所述模糊划分子区域的模糊聚类目标函数；对所述目标函数中的参数进行求解，输出所述待分割遥感影像的分割结果。

本发明实施例采取的又一技术方案为：一种终端，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遥感影像分割方法的程序指令；

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遥感影像分割。

本发明实施例采取的又一技术方案为：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遥感影像分割方法。

相对于现有技术，本发明实施例产生的有益效果在于：本发明实施例的遥感影像分割方法、系统、终端以及存储介质通过在划分子区域对聚类类属不确定性的基础上，进一步引入像素对划分子区域归属的不确定性，构建模糊划分子区域，并以其作为基本操作单元构建影像特征模糊表达模型，以充分考虑像素对模糊划分子区域归属不确定性的传递性，基于该模型建模模糊聚类目标函数，最后对目标函数中不同类型的参数进行求解得到遥感

影像分割结果，提高模型刻画地物特征的能力，解决复杂边界分割问题，进而提高遥感影像分割精度。

附图说明

图1是本发明实施例的遥感影像分割方法的流程图；

图2为本发明实施例的遥感影像分割系统结构示意图；

图3为本发明实施例的待分割遥感影像及其模板图，其中， (a1)为IKONOS影像，(b1)为WorldView-2影像， (a2)和(b2)分别为(a1)和(b1)的模板影像；

图4为本发明实施例算法以 m 分别取 60 和 80 时对两个待分割影像的分割结果；其中，(a1)和(b1)为模糊几何划分图，(a2) 和(b2)为分割结果，(a3)和(b3)为轮廓线图，(a4)和(b4)为叠加图；

图5为对比算法FCM算法、RFLICM算法及RFCM算法分别对两个待分割影像的分割结果；其中，(a1)和(d1)为FCM算法分割结果，(a2)和(d2)为FCM算法分割结果的轮廓线图，(a3)和(d3)为FCM算法分割结果的叠加图。(b1)和(e1)为RFLICM算法分割结果，(b2)和(e2)为RFLICM算法分割结果的轮廓线图，(b3)和(e3)为RFLICM算法分割结果的叠加图。(c1)和(f1)为RFCM算法分割结果，(c2)和(f2)为RFCM算法分割结果的轮廓线图，(c3)和(f3)为RFCM算法分割结果的叠加图；

图6为本发明实施例的终端结构示意图；

图7为本发明实施例的存储介质的结构示意图。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

针对现有技术的不足，本发明实施例的遥感影像分割方法通过在划分子区域对聚类类属不确定性的基础上，进一步引入像素对划分子区域归属的不确定性，构建模糊划分子区域，并以其作为基本操作单元构建影像特征模糊表达模型，基于该模型建模模糊聚类目标函数，最后对目标函数中不同类型的参数进行求解得到遥感影像分割结果，提高模型刻画地物特征的能力，解决复杂边界分割问题，进而提高遥感影像分割精度。

具体的，请参阅图1，是本发明实施例的遥感影像分割方法的流程图。本发明实施例的遥感影像分割方法包括以下S：

S1：通过影像分割模型读取待分割遥感影像；

本步骤中，给定一幅高分辨率遥感影像 $\boldsymbol{I}=\{\boldsymbol{I}_i\,(x_i, y_i)\colon (x_i, y_i)\in\boldsymbol{\Omega}, i=1, ..., n\}$，其中 i 为像素索引，(x_i, y_i)为像素 i 在影像空间域的格点位置坐标，$\boldsymbol{I}_i$ 为像素 i 在特征域的光谱测度矢量，$\boldsymbol{I}_i=(I_{is}\colon s=1, ..., h)$，$s$ 为波段索引，h 为波段数，n 为总像素数，$\boldsymbol{\Omega}$ 为影像域空间，$\boldsymbol{\Omega}=\{(x_i, y_i)\colon i=1, ..., n\}$。

S2：初始化影像分割模型参数；

本步骤中，初始化影像分割模型参数具体包括：

S2.1：初始化生成点集 $\boldsymbol{G}$；在影像域空间 $\boldsymbol{\Omega}$ 中随机选取 m 个格点构成初始生成点集 $\boldsymbol{G}=\{\boldsymbol{g}_j\,(a_j, b_j)\colon (a_j, b_j)\in\boldsymbol{\Omega}, j=1, ..., m\}$，其中 j 为生成点索引，m 为生成点数，由于生成点与模糊划分子区域一一对应，因此 j 和 m 又可分别称为模糊划分子区域索引和模糊划分子区域数。(a_j, b_j)为生成点 j 在影像空间域的格点位置坐标，$\boldsymbol{g}_j$ 为生成点 j 的光谱测度矢量，$\boldsymbol{g}_j=(g_{js}\colon s=1, ..., h)$。

S2.2：初始化聚类中心 $\boldsymbol{V}$；假设将遥感影像分割为 k 个同质区域(又称聚类)，初始化聚类中心 $\boldsymbol{V}=\{\boldsymbol{v}_l\colon l=1, ..., k\}$，其中 l 为聚类索引，k 为聚类数，v_l 为第 l 个聚类的聚类中心 $\boldsymbol{v}_l=(v_{ls}\colon s=1, ..., h)$。

S3：对影像域空间进行空间模糊几何划分，生成若干个模糊划分子区域；

本步骤中，空间模糊几何划分包括空间规则划分与非规则划分，以非规则划分为例，空间模糊几何划分方式具体包括：

S3.1：计算像素 i 与生成点 j 间的光谱距离 d_{ij}^{C}：

$$d_{ij}^{C}=d[\boldsymbol{I}_i, \boldsymbol{g}_j]=\sqrt{\sum_{s=1}^{h}(I_{is}-g_{js})^2} \tag{1}$$

式（1）中，$d[\cdot]$表示距离函数。本发明实施例以欧氏距离为例进行距离函数的建模，可以理解，在本发明其他实施例中，也可采用马氏距离、曼哈顿距离、切比雪夫距离、闵可夫斯基距离、相关系数、概率密度函数及信息熵等其它可作为距离测度等效性的度量。

S3.2：计算像素 i 与生成点 j 间的空间距离 d_{ij}^{Ω}：

$$d_{ij}^{\Omega}=d[(x_i, y_i), (a_j, b_j)]=\sqrt{(x_i-a_j)^2+(y_i-b_j)^2} \tag{2}$$

S3.3：通过耦合光谱距离和空间距离计算结果得到像素 i 与生成点 j 间的模糊非相似性 d_{ij}：

$$d_{ij} = F(d_{ij}^{\Omega}, d_{ij}^{C}) = \sqrt{w_{\Omega} \cdot \left(d_{ij}^{\Omega}\right)^2 + (1 - w_{\Omega}) \cdot \left(d_{ij}^{C}\right)^2} \tag{3}$$

式（3）中，$F(d_{ij}^{\Omega}, d_{ij}^{C})$为光谱距离和空间距离耦合函数， w_{Ω} 为空间距离权重，用于控制模糊划分子区域的抗噪性。为了充分发挥空间距离和光谱距离的综合作用，d_{ij}^{Ω} 和 d_{ij}^{C}需为归一化处理后的值。

本发明实施例中，像素与生成点间的模糊非相似性计算涉及至少两种或两种以上不同距离的耦合方案，本发明实施例以线性加权模型为例进行建模，其中加权系数视为常量，在本发明其他实施例中，也可将加权系数视为变量，以及采用非线性加权等其它形式的耦合方案。

S3.4：根据模糊非相似性 d_{ij} 计算像素 i 对模糊划分子区域 j 的模糊归属度 r_{ij}：

$$r_{ij} = \frac{1}{\sum_{j'=1}^{m} \left(\frac{d_{ij}}{d_{ij'}} \right)^{\frac{2}{\lambda_1 - 1}}} \tag{4}$$

模糊归属度用于表征像素对划分子区域归属的不确定性，基于该模糊归属度计算结果，将影像域空间划分为 m 个模糊划分子区域 $\widetilde{\boldsymbol{P}}_j$， $\boldsymbol{\Omega} = \{\widetilde{\boldsymbol{P}}_j : j = 1, \ldots, m\}$。

S4：计算模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性（即影像特征模糊表达模型）；

本步骤中，计算模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性具体包括：

S4.1：计算像素 i 与聚类 l 间的像素级模糊非相似性 s_{il}：

$$s_{il} = d[\boldsymbol{I}_i, \boldsymbol{v}_l] = \sqrt{\sum_{s=1}^{h} (I_{is} - v_{ls})^2} \tag{5}$$

S4.2：以模糊归属度 r_{ij} 加权像素级模糊非相似性性 s_{il} 计算模糊划分子区域 j 与聚类 l 间的模糊非相似性 S_{jl}，用以刻画同一地物特征一致性：

$$S_{jl} = \sum_{\substack{L_{(i)}=j \\ j=arc\max\limits_{j=1,\ldots,m} r_{ij}}} r_{ij} s_{il}^2 \tag{6}$$

式（6）中，$L_{(i)}$表示像素 i 归属模糊划分子区域的标号。

S5：计算各个模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度 u_{jl}；

$$u_{jl}=\frac{1}{\sum_{l'=1}^{k}\left(\frac{S_{jl}}{S_{jl'}}\right)^{\frac{1}{\lambda_2-1}}} \tag{7}$$

该模糊隶属度用于表征模糊划分子区域对聚类类属的不确定性。

S6：基于模糊归属度及模糊隶属度构建模糊划分子区域的模糊聚类目标函数 $J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$：

$$J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}r_{ij}^{\lambda_1}d_{ij}^2+\sum_{j=1}^{m}\sum_{l=1}^{k}u_{jl}^{\lambda_2}S_{jl} \tag{8}$$

式（8）中，$\boldsymbol{R}=[r_{ij}]_{n\times m}$为像素关于模糊划分子区域的模糊归属度矩阵；$\boldsymbol{U}=[u_{jl}]_{m\times k}$为模糊划分子区域关于聚类的模糊隶属度矩阵，$\lambda_1$ 和 λ_2 为模糊因子。为了便于计算，本发明实施例令 $\lambda_1=\lambda_2$。

本发明实施例中，目标函数参数求解方法具体为：

对于聚类中心等一般参数，本发明实施例采用导数法直接求解；

对于模糊归属度或模糊隶属度等具有约束条件的参数，本发明实施例采用构建拉格朗日函数的方式进行求解；

对于无法获取解析解的参数（例如当像素对划分子区域的非相似性采样Gamma分布等其它复杂分布时），本发明实施例设计以目标函数最小化为准则的数值逼近求解方案。

S7：判断目标函数值是否最小化，如果否，执行S8；如果是，执行S9；

S8：更新分割模型参数，并返回S3继续执行迭代操作；

本步骤中，更新模型参数具体包括：

S8.1：更新生成点集$\boldsymbol{G}$；令$J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$一阶导数为0求解，即：

$$\frac{\partial J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})}{\partial \boldsymbol{g}_j}=2w_\Omega\sum_{i=1}^{n}r_{ij}^{\lambda_1}\left(\boldsymbol{I}_i-\boldsymbol{g}_j\right)=0 \tag{9}$$

$$\frac{\partial J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})}{\partial a_j}=-2w_\Omega\sum_{i=1}^{n}r_{ij}^{\lambda_1}\left(x_i-a_j\right)=0 \tag{10}$$

$$\frac{\partial J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})}{\partial b_j}=-2w_\Omega\sum_{i=1}^{n}r_{ij}^{\lambda_1}\left(y_i-b_j\right)=0 \tag{11}$$

解得：

$$\boldsymbol{g}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{\lambda_1} \boldsymbol{I}_i}{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{\lambda_1}} \tag{12}$$

$$a_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{\lambda_1} x_i}{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{\lambda_1}} \tag{13}$$

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{\lambda_1} y_i}{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}^{\lambda_1}} \tag{14}$$

S8.2：更新聚类中心$\boldsymbol{V}$；令$J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$对$\boldsymbol{v}_l$求偏导，并令导数为0：

$$\frac{\partial J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})}{\partial \boldsymbol{v}_l} = 2\sum_{j=1}^{m} u_{jl}^{\lambda_2} \sum_{L_{(i)}=j} r_{ij}(\boldsymbol{I}_i - \boldsymbol{v}_l) = 0 \tag{15}$$

解得：

$$\boldsymbol{v}_l = \frac{\sum_{j=1}^{m} u_{jl}^{\lambda_2} \sum_{\substack{L_{(i)}=j \\ j=arc\max_{j=1,\ldots,m} r_{ij}}} r_{ij} \boldsymbol{I}_i}{\sum_{j=1}^{m} u_{jl}^{\lambda_2} \sum_{\substack{L_{(i)}=j \\ j=arc\max_{j=1,\ldots,m} r_{ij}}} r_{ij}} \tag{16}$$

S9：停止迭代，输出遥感影像分割结果，即$|J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})^{(t+1)} - J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})^{(t)}| < \varepsilon$；其中，$t$为迭代指示器，$\varepsilon$为大于0的极小值。

进一步地，基于S6计算得到的模糊聚类目标函数$J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$，像素$i$对模糊划分子区域$j$的模糊归属度$r_{ij}$的推导过程如下：

像素对模糊划分子区域的模糊归属度r_{ij}具有约束条件$\sum_{j=1}^{m} r_{ij} = 1$，由此根据模糊聚类目标函数$J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$构建拉格朗日函数$L_1(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$：

$$L_1(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V}) = J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V}) + \sum_{i=1}^{n} \delta_i \left(\sum_{j=1}^{m} r_{ij} - 1 \right) \tag{17}$$

式（17）中，δ_i为拉格朗日乘子。

基于$L_1(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$对$r_{ij}$求偏导，并令导数为0，即，

$$\frac{\partial L_1(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})}{\partial r_{ij}} = \lambda_1 r_{ij}^{\lambda_1-1} d_{ij}^2 + \sum_{l=1}^{k} u_{jl}^{\lambda_2} s_{il} + \delta_i = 0 \tag{18}$$

根据约束条件消除拉格朗日乘子，解得r_{ij}的解析式，

$$r_{ij} = \frac{1}{\sum_{j'=1}^{m} \left(\frac{d_{ij}}{d_{ij'}} \right)^{\frac{2}{\lambda_1-1}}} \tag{19}$$

同理，模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度推导过程如下：

模糊划分子区域 j 对聚类 l 的模糊隶属度 u_{jl} 具有约束条件 $\sum_{l=1}^{k} u_{jl} = 1$，由此根据模糊聚类目标函数 $J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$构建拉格朗日函数 $L_2(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$：

$$L_2(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V}) = J(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V}) + \sum_{j=1}^{m} \xi_j \left(\sum_{l=1}^{k} u_{jl} - 1 \right) \tag{20}$$

式（20）中，ξ_j为拉格朗日乘子。

基于$L_2(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V})$对$u_{jl}$求偏导，并令导数为0，即：

$$\frac{\partial L_2(\boldsymbol{R},\boldsymbol{U},\boldsymbol{G},\boldsymbol{V})}{\partial u_{jl}} = \lambda_2 u_{jl}^{\lambda_2-1} S_{jl} + \xi_j = 0 \tag{21}$$

根据约束条件消除拉格朗日乘子，解得u_{jl}的解析式,

$$u_{jl} = \frac{1}{\sum_{l'=1}^{k} \left(\frac{S_{jl}}{S_{jl'}} \right)^{\frac{1}{\lambda_2-1}}} \tag{22}$$

请参阅图2，是本发明实施例的遥感影像分割系统的结构示意图。本发明实施例的遥感影像分割系统40包括：

空间模糊几何划分模块41：用于根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度，根据所述模糊归属度对待分割遥感影像的影像域空间进行空间模糊几何划分，生成指定数量的模糊划分子区域；

模糊聚类分割模块42：用于根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度，基于所述模糊归属度以及模糊隶属度构建所述模糊划分子区域的模糊聚类目标函数；对所述目标函数中的参数进行求解，输出所述待分割遥感影像的分割结果。

为了验证本发明实施例的可行性和有效性，以下实施例通过设计对比测试进行仿真实验。具体为：应用本发明实施例和传统FCM（Fuzzy C-means，模糊C均值）算法、RFLICM算法、RFCM算法分别对不同类型的遥感影像进行分割，并以模板为标准对各算法的分割结果进行定量评价。图3为待分割影像示意图，其中 (a1)为IKONOS影像，分辨率为1m； (b1)为WorldView-2影像，分辨率为0.5m；(a1)和(b1)以下简称为两个待分割影像； (a2)和(b2)分别为(a1)和(b1)的模板影像。

图4为本发明实施例算法以 m 分别取 60 和 80 时对两个待分割影像的分割结果。其中，(a1)和(b1)为模糊几何划分图，(a2) 和(b2)为分割结果，(a3)和(b3)为轮廓线图，(a4)和(b4)为叠加图。由图4可以看出，本发明实施例不仅能够克服图3的(a1)中区域I、III及图3的(b1) 中区域IV的复杂噪声，实现同质区域边界的有效拟合，还可改善具有细长型复杂边界特征地物的分割效果，实现图3的(b1)中区域II的有效分割。

图5为对比算法FCM算法、RFLICM算法及RFCM算法分别对两个待分割影像的分割结果，其中，(a1)和(d1)为FCM算法分割结果，(a2)和(d2)为FCM算法分割结果的轮廓线图，(a3)和(d3)为FCM算法分割结果的叠加图。(b1)和(e1)为RFLICM算法分割结果，(b2)和(e2)为RFLICM算法分割结果的轮廓线图，(b3)和(e3)为RFLICM算法分割结果的叠加图。(c1)和(f1)为RFCM算法分割结果，(c2)和(f2)为RFCM算法分割结果的轮廓线图，(c3)和(f3)为RFCM算法分割结果的叠加图。由图5可以看出，FCM算法抗噪性极差，导致图3的(a1)中区域I和图3的(b1)中区域IV的分割结果中包含大量分割噪声，并且同质区域边界存在大量误分像素；RFLICM算法因引入邻域像素作用，部分地解决了分割噪声问题，但是边界分割效果依然较差；RFCM算法以硬性划分子区域为基本操作单元，有效地解决了同质区域内分割噪声问题，但是受硬性划分子区域影响，依然难以有效拟合复杂边界，导致图3的(b1)中区域II和IV分割混乱。

以两个待分割影像为分割模板，对本发明实施例算法和对比算法的分割结果生成混淆矩阵，并计算用户精度、产品精度、总精度和kappa值，具体的定量评价表如下表1所示：

表 1 本发明算法与各对比算法的定量评价

影像	算法	参数	同质区域			
			I	II	III	IV
图	本发明算	用户精度	99.15	91.61	98.48	-
		产品精度	94.11	99.26	99.65	-

3(a1)	法	总精度(%)	97.66			
		Kappa	0.96			
	FCM	用户精度	99.73	49.93	99.07	-
		产品精度	60.11	98.87	99.26	-
		总精度(%)	85.49			
		Kappa	0.77			
	RFLICM	用户精度	99.64	70.06	99.77	-
		产品精度	83.87	99.26	99.12	-
		总精度(%)	93.80			
		Kappa	0.90			
	RFCM	用户精度	99.19	70.24	99.34	-
		产品精度	83.40	98.87	99.01	-
		总精度(%)	93.52			
		Kappa	0.89			
图 3(b1)	本发明算法	用户精度	99.91	61.93	99.80	92.97
		产品精度	98.36	92.40	91.91	95.88
		总精度(%)	94.93			
		Kappa	0.93			
	FCM	用户精度	97.31	14.90	88.57	88.60
		产品精度	99.50	16.51	96.043	57.35
		总精度(%)	85.27			
		Kappa	0.79			
	RFLICM	用户精度	98.39	14.15	86.27	91.12
		产品精度	99.19	18.72	97.96	39.59
		总精度(%)	84.55			
		Kappa	0.76			
	RFCM	用户精度	99.91	0.28	83.60	89.58
		产品精度	97.43	0.08	98.92	77.70
		总精度(%)	88.48			
		Kappa	0.82			

可以看出，本发明实施例的各项分割精度指标明显高于对比算法，并且总精度最高可达97.66%，Kappa值为0.96，精确地验证了本发明实施例的有效性。

请参阅图6，为本发明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存储有用于实现上述遥感影像分割方法的程序指令。

处理器51用于执行存储器52存储的程序指令以控制遥感影像分割。

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7，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）执行本发明各个实施方式方法的全部或部分S。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。

本发明实施例的遥感影像分割方法、系统、终端以及存储介质在划分子区域对聚类类属不确定性的基础上，进一步引入像素对划分子区域归属的不确定性，构建模糊划分子区域，以模糊划分子区域作为基本操作单元构建影像特征模糊表达模型，基于该模型建模模糊聚类目标函数，最后对目标函数中不同类型的参数进行求解得到遥感影像分割结果，提高模型刻画地物特征的能力，解决复杂边界分割问题，进而提高遥感影像分割精度。

对所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本发明中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本发明所示的这些实施例，而是要符合与本发明所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

权 利 要 求 书

1、一种遥感影像分割方法，其特征在于，包括以下步骤：

根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度，根据所述模糊归属度对待分割遥感影像的影像域空间进行空间模糊几何划分，生成指定数量的模糊划分子区域；

根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度；

基于所述模糊归属度以及模糊隶属度构建所述模糊划分子区域的模糊聚类目标函数；

对所述目标函数中的参数进行求解，输出所述待分割遥感影像的分割结果。

2、根据权利要求1所述的遥感影像分割方法，其特征在于，所述根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度之前还包括：

在所述影像域空间$\boldsymbol{\Omega}$ 中选取m个格点构成初始生成点集$\boldsymbol{G} = \{\boldsymbol{g}_j\ (a_j,\ b_j)\colon\ (a_j,\ b_j) \in \boldsymbol{\Omega},\ j = 1,\ ...,\ m\}$，其中$j$为生成点索引，$m$为生成点数，$\boldsymbol{g}_j$为生成点$j$的光谱测度矢量，$\boldsymbol{g}_j = (g_{js}\colon\ s = 1,\ ...,\ h)$，$s$为波段索引，$h$为波段数，$(a_j,\ b_j)$为生成点$j$在影像空间域的格点位置坐标；

计算像素 i 与生成点 j 间的光谱距离 $d_{ij}^{C} = d[\boldsymbol{I}_i,\ \boldsymbol{g}_j]$，其中，$d[\cdot]$表示距离函数，$\boldsymbol{I}_i$ 为像素 i 在特征域的光谱测度矢量，$\boldsymbol{I}_i = (I_{is}\colon\ s = 1,\ ...,\ h)$；

计算像素 i 与生成点 j 间的空间距离 $d_{ij}^{\Omega} = d[(x_i,\ y_i),\ \ (a_j,\ b_j)]$，其中，$(x_i,\ y_i)$为像素 i 在影像空间域的格点位置坐标；

耦合所述光谱距离和所述空间距离得到像素 i 与生成点 j 间的模糊非相似性 d_{ij}：

$$d_{ij} = F(d_{ij}^{\Omega}, d_{ij}^{C})$$

上式中，$F(d_{ij}^{\Omega},\ d_{ij}^{C})$为光谱距离和空间距离耦合函数。

3、根据权利要求 2 所述的遥感影像分割方法，其特征在于，所述像素对划分子区域的模糊归属度为：

$$r_{ij} = \frac{1}{\sum_{j'=1}^{m}\left(\frac{d_{ij}}{d_{ij'}}\right)^{\frac{2}{\lambda_1 - 1}}}$$

上式中，λ_1为模糊因子。

4、根据权利要求2所述的遥感影像分割方法，其特征在于，所述根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度之前还包括：

计算像素 i 与聚类 l 间的像素级模糊非相似性 s_{il}：

$$s_{il} = d[\boldsymbol{I}_i, \boldsymbol{v}_l]$$

上式中，$\boldsymbol{v}_l$ 为第 l 个聚类的聚类中心，$\boldsymbol{v}_l = (v_{ls}: s = 1, ..., h)$；

以所述模糊归属度 r_{ij} 加权所述像素级模糊非相似性性 s_{il} 计算模糊划分子区域 j 与聚类 l 间的模糊非相似性 S_{jl}：

$$S_{jl} = \sum_{\substack{L_{(i)}=j \\ j=arc\max\limits_{j=1,...,m} r_{ij}}} r_{ij} s_{il}^2$$

上式中，$L_{(i)}$表示像素 i 归属模糊划分子区域的标号。

5、根据权利要求 4 所述的遥感影像分割方法，其特征在于，所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度为：

$$u_{jl} = \frac{1}{\sum_{l'=1}^{k} \left(\frac{S_{jl}}{S_{jl'}} \right)^{\frac{1}{\lambda_2 - 1}}}$$

上式中，λ_2为模糊因子。

6、根据权利要求1所述的遥感影像分割方法，其特征在于，所述模糊聚类目标函数为：

$$J(\boldsymbol{R}, \boldsymbol{U}, \boldsymbol{G}, \boldsymbol{V}) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} r_{ij}^{\lambda_1} d_{ij}^2 + \sum_{j=1}^{m} \sum_{l=1}^{k} u_{jl}^{\lambda_2} S_{jl}$$

上式中，$\boldsymbol{R} = [r_{ij}]_{n \times m}$为所述像素关于所述模糊划分子区域的模糊归属度矩阵；$\boldsymbol{U} = [u_{jl}]_{m \times k}$为所述模糊划分子区域关于聚类的模糊隶属度矩阵；$\boldsymbol{G}$为生成点集，$\boldsymbol{V}$为聚类中心，$\boldsymbol{V} = \{\boldsymbol{v}_l: l = 1, ..., k\}$，其中$l$为聚类索引，$k$为聚类数。

7、一种遥感影像分割系统，其特征在于，包括：

空间模糊几何划分模块：用于根据像素与生成点间的模糊非相似性计算所述像素对划分子区域的模糊归属度，根据所述模糊归属度对待分割遥感影像的影像域空间进行空间模糊几何划分，生成指定数量的模糊划分子区域；

模糊聚类分割模块：用于根据所述模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性计算所述模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度，基于所述模糊归属度以及模糊隶属度构建所述模糊划分子区域的模糊聚类目标函数；对所述目标函数中的参数进行求解，输出所述待分割遥感影像的分割结果。

8、 一种终端，其特征在于，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权利要求1-6任一项所述的遥感影像分割方法的程序指令；

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遥感影像分割。

9、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6任一项所述遥感影像分割方法。

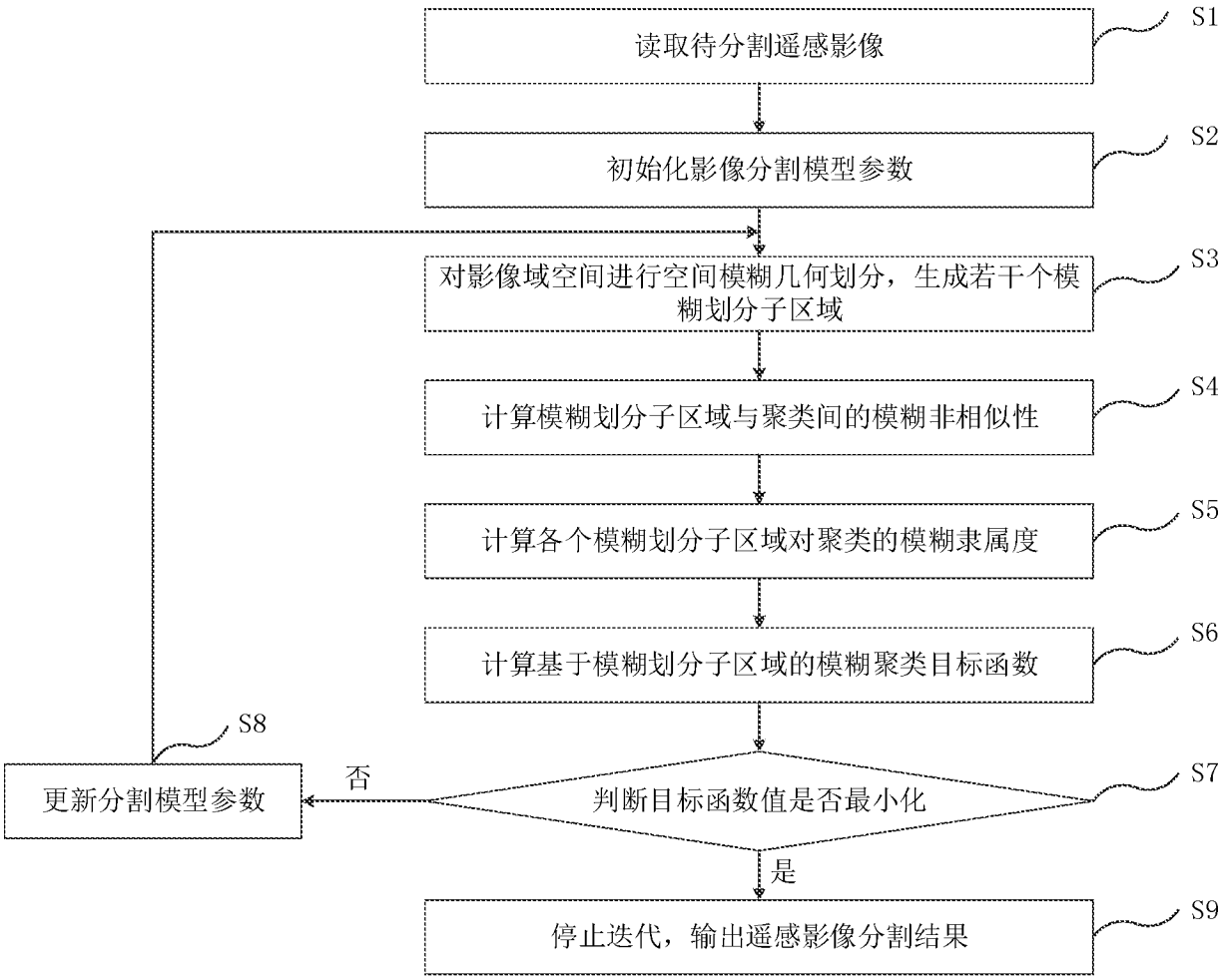

读取待分割遥感影像
S1
初始化影像分割模型参数
S2
对影像域空间进行空间模糊几何划分，生成若干个模糊划分子区域
S3
计算模糊划分子区域与聚类间的模糊非相似性
S4
计算各个模糊划分子区域对聚类的模糊隶属度
S5
计算基于模糊划分子区域的模糊聚类目标函数
S6
判断目标函数值是否最小化
S7
否
更新分割模型参数
S8
是
停止迭代，输出遥感影像分割结果
S9

图1

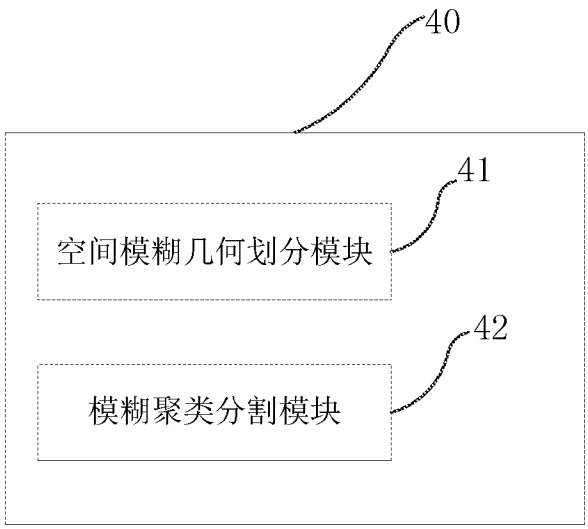
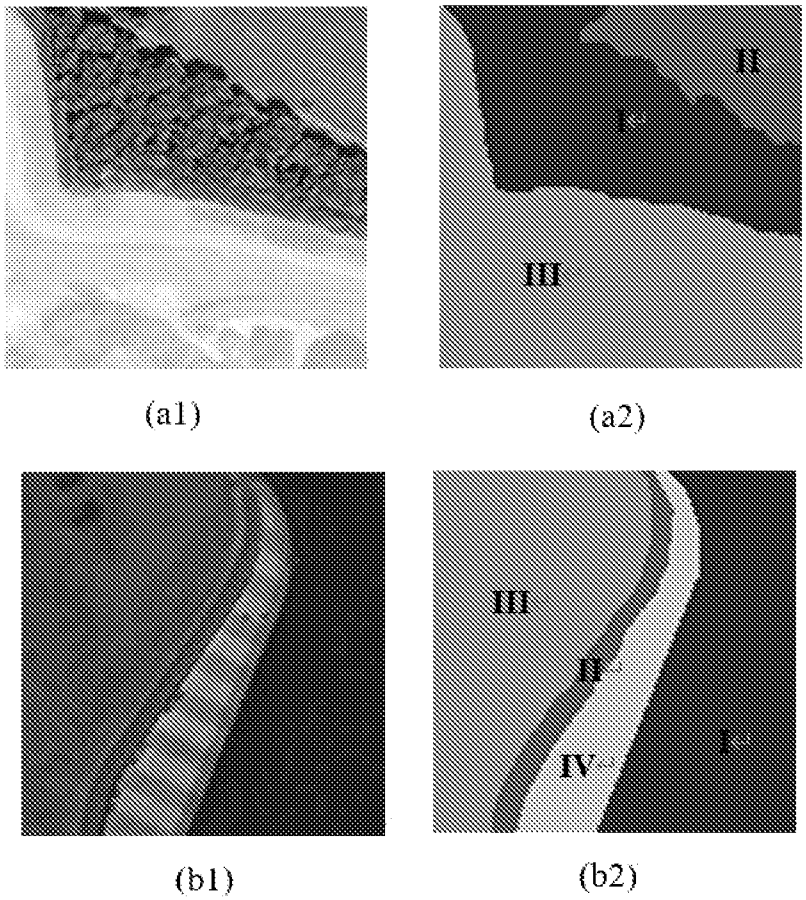

40
空间模糊几何划分模块
41
模糊聚类分割模块
42

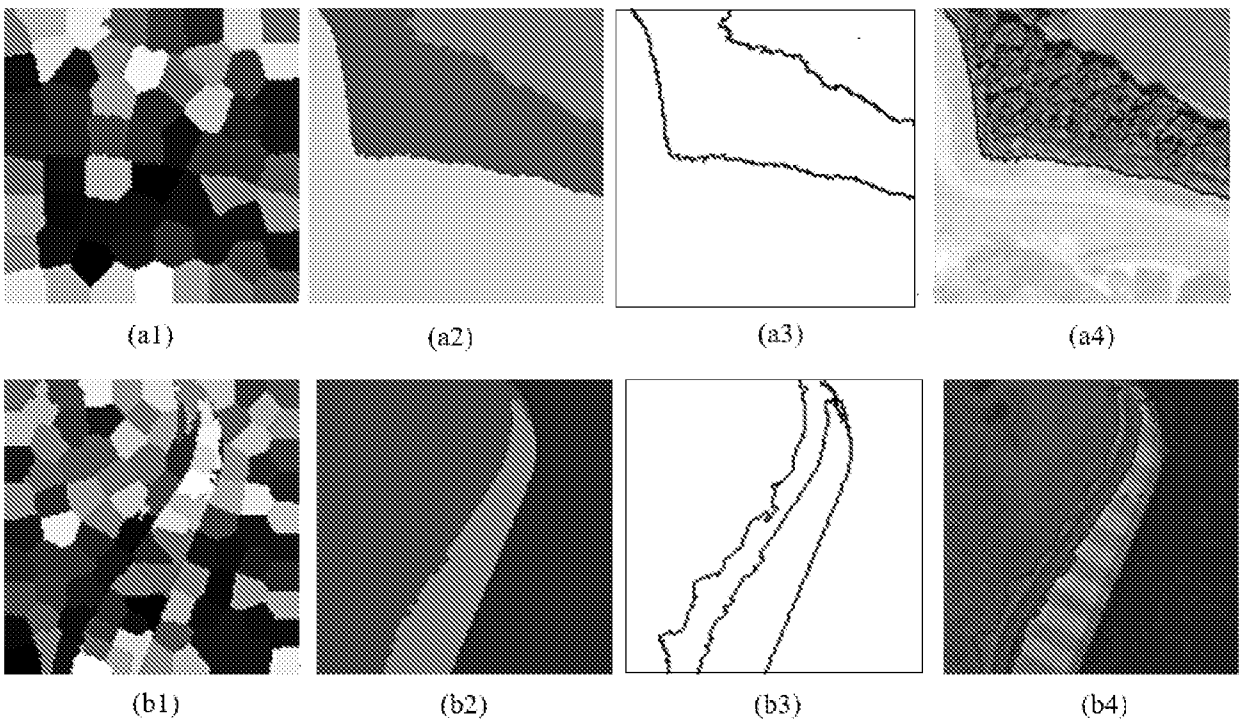
图2



(a1) (a2)

(b1) (b2)

图3



(a1) (a2) (a3) (a4)

(b1) (b2) (b3) (b4)

图4

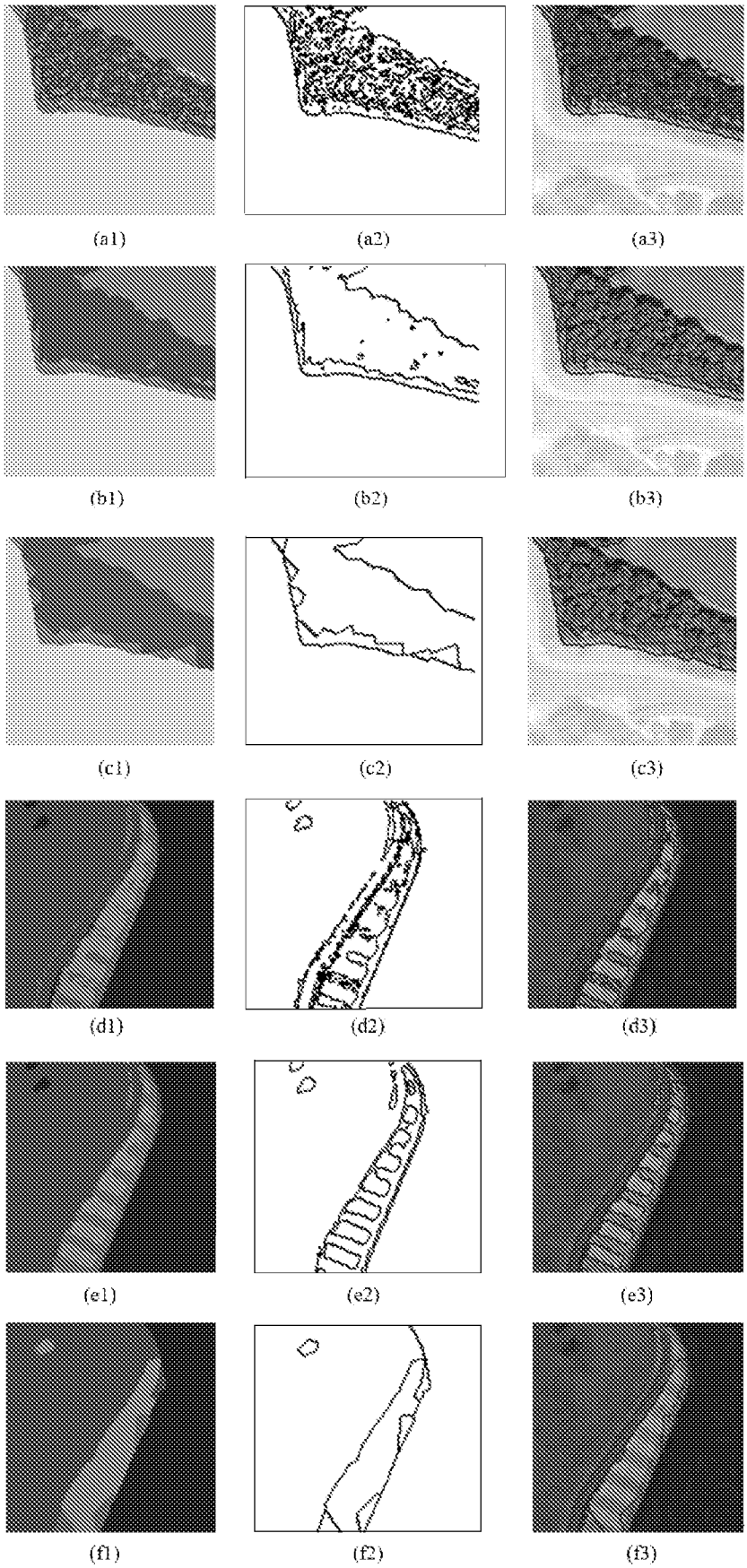


图5

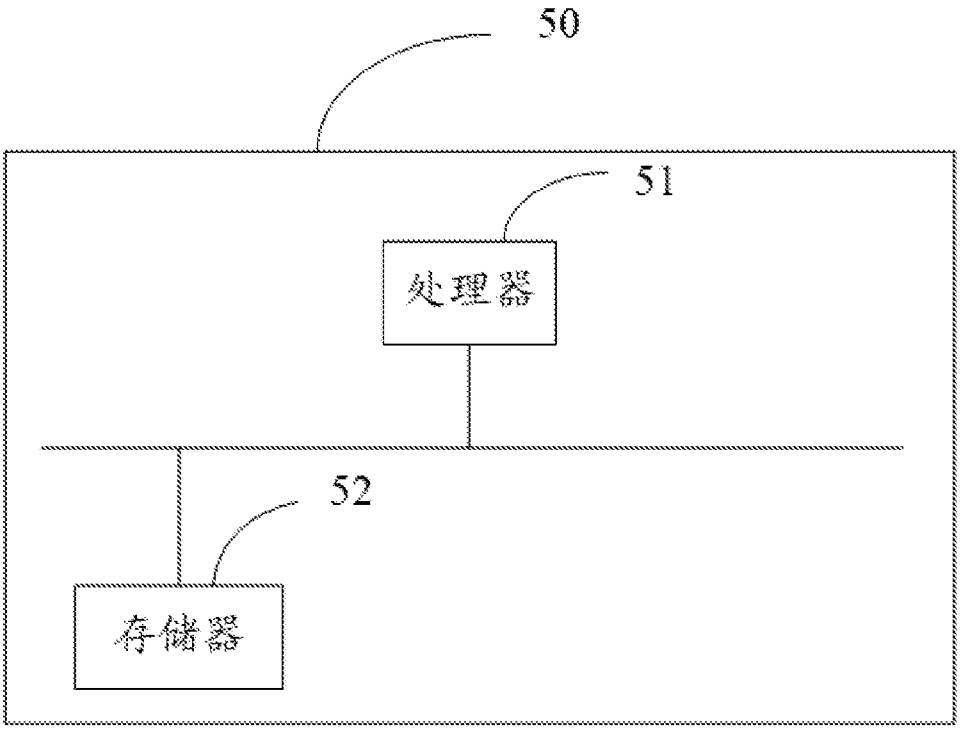


图6

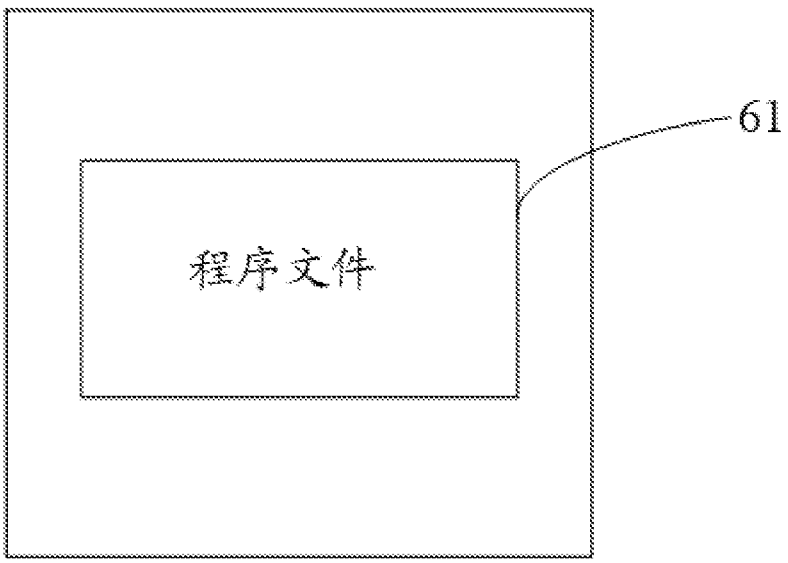


图7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2020/139238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/12(2017.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI; USTXT; VEN; CNABS; CNTXT; EPTXT; WOTXT; CNKI; GOOGLE: 遥感, 图像, 影像, 分割, 模糊, 聚类, 隶属度, 划分, 区域, 图像块, 相似, 距离, remote sensing, image, segmentation, fuzzy, cluster, membership, divide, region, image block, similar, distance

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112116610 A (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 22 December 2020 (2020-12-22) claims 1-9, description paragraphs 56-86, 123-125, 134-138	1-9
A	赵泉华 等 (ZHAO, Quanhua et al.). "区域化模糊C均值高分辨率彩色遥感影像分割方法 (Regionalized fuzzy C-Means Algorithm for Segmentation of Color Remote Sensing Image)" *控制与决策 (Control and Decision),* Vol. 30, No. 9, 30 September 2015 (2015-09-30), ISSN: 1001-0920, pp. 1707-1708	1-9
A	CN 106373129 A (LIAONING TECHNICAL UNIVERSITY) 01 February 2017 (2017-02-01) description, paragraphs 21-44	1-9
A	CN 102005034 A (NANJING UNIVERSITY) 06 April 2011 (2011-04-06) entire document	1-9
A	US 10115197 B1 (IMAM ABDULRAHMAN BIN FAISAL UNIVERSITY) 30 October 2018 (2018-10-30) entire document	1-9

☐ 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	Date of mailing of the international search report
19 May 2021	**26 May 2021**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088** **China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2020/139238

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 112116610 A	22 December 2020	None	
CN 106373129 A	01 February 2017	None	
CN 102005034 A	06 April 2011	CN 102005034 B	04 July 2012
US 10115197 B1	30 October 2018	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2020/139238

A. 主题的分类

G06T 7/12(2017.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06T

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

DWPI;USTXT;VEN;CNABS;CNTXT;EPTXT;WOTXT;CNKI;GOOGLE:遥感，图像，影像，分割，模糊，聚类，隶属度，划分，区域，图像块，相似，距离，remote sensing，image，segmentation，fuzzy，cluster，membership，divide，region，image block，similar，distance

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 112116610 A (中国科学院深圳先进技术研究院) 2020年 12月 22日 (2020-12-22) 权利要求1-9、说明书第56-86、123-125、134-138段	1-9
A	赵泉华 等. "区域化模糊C均值高分辨率彩色遥感影像分割方法" 控制与决策, 第30卷, 第9期, 2015年 9月 30日 (2015-09-30), ISSN：1001-0920, 第1707-1708页	1-9
A	CN 106373129 A (辽宁工程技术大学) 2017年 2月 1日 (2017-02-01) 说明书第21-44段	1-9
A	CN 102005034 A (南京大学) 2011年 4月 6日 (2011-04-06) 全文	1-9
A	US 10115197 B1 (IMAM ABDULRAHMAN BIN FAISAL UNIVERSITY) 2018年 10月 30日 (2018-10-30) 全文	1-9

☐ 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	国际检索报告邮寄日期
2021年 5月 19日	2021年 5月 26日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 薛双双 电话号码 86-(20)-28958967

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2020/139238

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 112116610 A	2020年 12月 22日	无	
CN 106373129 A	2017年 2月 1日	无	
CN 102005034 A	2011年 4月 6日	CN 102005034 B	2012年 7月 4日
US 10115197 B1	2018年 10月 30日	无	