

(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
2018 年 10 月 25 日 (25.10.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/192023 A1

(51) 国际专利分类号:
G06K 9/62 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/083766

(22) 国际申请日: 2017 年 5 月 10 日 (10.05.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710266000.X 2017年4月21日 (21.04.2017) CN

(71) 申请人: 深圳大学(SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国广东省深圳市南海大道 3688
号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 贾森 (JIA, Sen); 中国广东省深圳市
南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。 邓

琳 (DENG, Lin); 中国广东省深圳市南海大道
3688 号, Guangdong 518000 (CN)。 沈琳琳
(SHEN, Linlin); 中国广东省深圳市南海大道
3688号, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 广州三环专利商标代理有限公司
(SCIHEAD IP LAW FIRM); 中国广东省广州市
越秀区先烈中路 80 号汇华商贸大厦 1508
室, Guangdong 510070 (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,
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,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING IMAGE CLASSIFICATION

(54) 发明名称: 一种高光谱遥感图像分类方法及装置

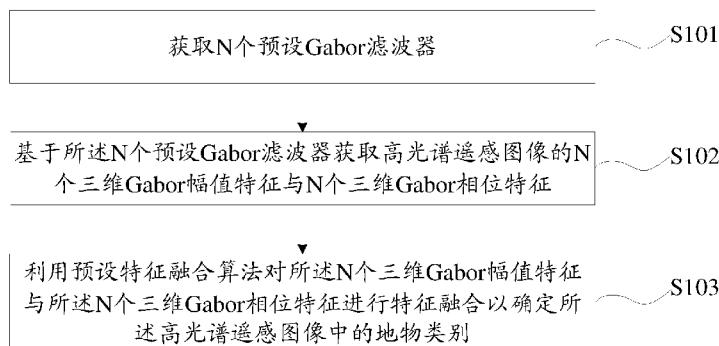


图 1

- S101 Acquire N preset Gabor filters
- S102 Acquire N three-dimensional Gabor amplitude features and N three-dimensional Gabor phase features of hyperspectral remote sensing image on the basis of the N preset Gabor filters
- S103 Utilize a preset feature fusion algorithm to perform feature fusion with respect to the N three-dimensional Gabor amplitude features and the N three-dimensional Gabor phase features so as to determine a terrain type in the hyperspectral remote sensing image

(57) Abstract: A method and device for hyperspectral remote sensing image classification. The method comprises: acquiring N preset Gabor filters (S101); acquiring N three-dimensional Gabor amplitude features and N three-dimensional Gabor phase features of a hyperspectral remote sensing image on the basis of the N preset Gabor filters (S102); and utilizing a feature fusion algorithm to perform feature fusion with respect to the N three-dimensional Gabor amplitude features and the N three-dimensional Gabor phase features so as to determine the type of terrain in the hyperspectral remote sensing image (S103). The method, by fusing the three-dimensional Gabor amplitude features and the three-dimensional Gabor phase features of the hyperspectral remote sensing image for determining the type of terrain in the hyperspectral remote sensing image, increases the accuracy of terrain classification with respect to the hyperspectral



QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, 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,
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))。

remote sensing image.

(57) 摘要：一种高光谱遥感图像分类方法及装置，所述方法包括：获取N个预设Gabor滤波器(S101)；基于所述N个预设Gabor滤波器获取高光谱遥感图像的N个三维Gabor幅值特征与N个三维Gabor相位特征(S102)；利用预设特征融合算法对所述N个三维Gabor幅值特征与所述N个三维Gabor相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中地物的类别(S103)。所述方法通过融合高光谱遥感图像的三维Gabor幅值特征与三维Gabor相位特征用于确定高光谱遥感图像中的地物类别，从而提高对高光谱遥感图像的地物分类准确度。

一种高光谱遥感图像分类方法及装置

本申请要求于 2017 年 4 月 21 日递交国家知识产权局、申请号为 201710266000.X，发明名称为“一种高光谱遥感图像分类方法及装置”的国内专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本发明涉及图像处理领域，具体涉及一种高光谱遥感图像分类方法及装置。

10 背景技术

高光谱遥感图像是指由传感器在电磁波谱的可见光，近红外，中红外和热红外波段范围内，在不同波段成像获得的高光谱图像数据。因此，高光谱遥感图像包含了丰富的空间、辐射和光谱三重信息，为地表物质的精细分类和识别提供了可能。

15 目前，在对地表物质进行分类时，由于三维 Gabor 特征的幅值信息具有稳定性好的优点，所以通常被直接用于分类，但由于对于高光谱遥感图像来说，三维 Gabor 特征中包含了丰富的相位特征，所以仅采用 Gabor 特征的幅值特征对地表特征进行分类将使得分类准确率不高。

20 发明内容

本发明实施例提供了一种高光谱遥感图像分类方法及装置，以期可以提高地物分类准确率。

第一方面，本发明实施例提供一种高光谱遥感图像分类方法，其特征在于，所述方法包括：

25 获取 N 个预设 Gabor 滤波器，所述 N 为正整数；

基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征；

利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

第二方面,本发明实施例提供一种高光谱遥感图像分类装置,其特征在于,所述装置包括:

获取模块,用于获取 N 个预设 Gabor 滤波器,所述 N 为正整数;

提取模块,用于基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征;

确定模块,用于利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

可以看出,本发明实施例所提供的技术方案中,首先获取 N 个预设 Gabor 滤波器,然后再基于该 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征,最后利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中地物的所属类别。由于高光谱遥感图像的相位特征包括了丰富的相位特征,并且三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征互补,所以在本发明实施例中通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于确定高光谱遥感图像中的地物类别,提高对高光谱遥感图像的地物分类准确度。

进一步地,由于三维 Gabor 相位信息对地物的空间位置具有极高的敏感性,所以通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于分类,降低了分类鲁棒性。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类方法的第一实施例流程示意图;

图 2 是本发明实施例提供的一种三维 Gabor 特征的频率域关系示意图;

图 3 是本发明实施例提供的从三个不同视角观察到的平行于光谱维度方向的三维 Gabor 滤波器;

图 4-a 为本发明实施例提供的高光谱遥感图像;

5 图 4-b 是本发明实施例提供的三维 Gabor 幅值特征集;

图 4-c 是本发明实施例提供的高光谱遥感图像的相位特征集及编码特征集;

图 5 示出了本发明实施例所提供的高光谱遥感图像的分类示意图;

10 图 6 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类方法的第二实施例流程图示意图;

图 7 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类装置的第一实施例的结构示意图;

图 8 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类装置的第二实施例的结构示意图。

15

具体实施方式

本发明实施例提供了一种高光谱遥感图像分类方法及装置,以期可以提高地物分类准确率。

20 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,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,都应当属于本发明保护的范围。

25 本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”和“第三”等是用于区别不同对象,而非用于描述特定顺序。此外,术语“包括”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。

本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类方法，包括：

获取 N 个预设 Gabor 滤波器，所述 N 为正整数；基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征；利用预设特征融合算法对所述 N 个 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

参见图 1，图 1 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类方法的第一实施例流程示意图。如图 1 所示，本发明实施例提供的高光谱遥感图像分类方法包括以下步骤：

S101、获取 N 个预设 Gabor 滤波器。

其中，所述 N 为正整数，该 N 个预设 Gabor 滤波器用于后续进行高光谱遥感图像的幅值特征和相位特征的提取。

可选地，在本发明的一个实施例中，该 N 个预设 Gabor 滤波器为平行于所述高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器。

可以理解，由于相位信息对空间位置的敏感性，不同 Gabor 滤波器获得的 Gabor 相位特征对于地物的分类能力存在巨大差异，不能全部用于后续的编码和分类过程，并且如果不加选择地利用所有的 Gabor 滤波器用于高光谱遥感图像的分类，将使得计算量非常大，所以仅选择平行于高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器提取的特征用于高光谱遥感图像的分类将极大地提高算法的计算效率。

具体地，在本发明的一个实施例中，可以通过以下公式获取 N 个平行于高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器 $\psi_{f,\varphi,b}$ ：

$$\psi_{f,\varphi,b} = \frac{1}{(2\pi)^{2/3} \sigma^3} \exp(j2\pi(xu + yv + bw)) \times \exp\left(-\frac{x^2 + y^2 + b^2}{2\sigma^2}\right), \text{ 其}$$

中， f 是预设 Gabor 滤波器的频率， φ 是所述预设 Gabor 滤波器与 ω 轴的夹角， θ 是预设 Gabor 滤波器与 $u-v$ 平面的夹角， $\{\varphi, \theta\}$ 表示 Gabor 滤波器的方向， (x, y, b) 分别表示高光谱遥感图像的像素的 x 坐标、 y 坐标以及光谱坐标，

σ 是高斯包络的宽度。

具体地，在本发明的一个示例中，若 $\varphi = \pi/2$ ， $\theta = \pi/2$ ，参见图 2，图 2 是本发明实施例提供的一种三维 Gabor 特征的频率域关系示意图，由图 2 可见，该频率 f 所指的方向即为高光谱遥感图像的光谱维度方向。

5 具体地，在本发明的一个示例中，若设置频率 $f_j = [0.5, 0.25, 0.125, 0.0625]$ ，则可以得到 4 个平行于高光谱遥感图像的三维 Gabor 滤波器 $\{\Psi_i, i=1, \dots, 4\}$ ，用于后续三维 Gabor 特征提取。具体可参见图 3，图 3 是本发明实施例提供的从三个不同视角观察到的平行于光谱维度方向的三维 Gabor 滤波器。

10 可选地，在本发明的一些实施例中，该 Gabor 滤波器可以为 Log-Gabor 滤波器，haar-Gabor 滤波器。

S102、基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器提取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征。

15 可选地，在本发明的一个实施例中，通过将高光谱遥感图像与 N 个预设 Gabor 滤波器进行卷积运算得到三维 Gabor 特征，然后对高光谱图像的每一个像素进行编码进一步得到高光谱图像的幅值特征和相位特征。

具体地，首先通过如下公式将高光谱遥感图像与 N 个三维 Gabor 滤波器进行卷积操作得到 i 个三维 Gabor 特征 $G_i(x, y, b)$ ， $G_i(x, y, b) = (R \otimes \Psi_i)(x, y, b)$ ，其中，R 表示该高光谱遥感图像， G_i 表示第 i 个三维 Gabor 特征，其中，i 的取值为 1 至 N 之间的任意整数。

20 当得到 N 个三维 Gabor 特征后，再利用如下公式计算该高光谱遥感图像的幅值特征 $M_i(x, y, b)$ 与相位特征 $F_i(x, y, b)$ ：

$$M_i(x, y, b) = \text{abs}(G_i(x, y, b));$$

$$F_i^{\text{Re}}(x, y, b) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{Re}(G_i(x, y, b)) > 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases};$$

$$F_i^{\text{Im}}(x, y, b) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{Im}(G_i(x, y, b)) > 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 其中, } \text{Re}(G_i(x, y, b)) \text{ 和 } \text{Im}(G_i(x, y, b)) \text{ 分别是}$$

25 Gabor 特征的实部和虚部。

举例说明，在本发明的一个示例中，若 N 的取值为 4，首先获取到图 3 所

示的 4 个三维 Gabor 滤波器，再将高光谱遥感图像与生成的 4 个三维 Gabor 滤波器进行卷积运算后，将得到 4 个三维 Gabor 滤波器特征，并进一步通过上述公式得到 4 个三维 Gabor 幅值特征 $G_i(x, y, b)$ 以及三维 Gabor 相位特征 $F_i(x, y, b)$ ，其中， i 的取值为 1 至 4 之间的任一整数。具体可参见图 4-a，图 4-b，以及图 4-c，图 4-a 为本发明实施例提供的高光谱遥感图像，取 4 个三维 Gabor 滤波器中的两个 Gabor 滤波器为例，得到图 4-b 的三维 Gabor 幅值特征集以及图 4-c 的三维 Gabor 相位特征集。其中，图 4-b 是本发明实施例提供的三维 Gabor 幅值特征集；图 4-c 是本发明实施例提供的高光谱遥感图像的相位特征集及编码特征集。在图 4-c 中，第一列表示该两个三维 Gabor 滤波器得到的三维 Gabor 相位特征；第二列表示当对第一列三维 Gabor 特征中的实部编码得到的特征；第三列表示对第一列三维 Gabor 特征中的虚部编码得到的特征。

可以理解，上述三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征在计算过程中不需要训练样本的参与，所以可以提高该方案的实用性。

可选地，在本发明的另一些实施例中，也可以使用其它方式来获取三维 Gabor 相位特征，例如，基于融合编码的方式或基于竞争编码的方式。

S103、利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

其中，该预设特征融合算法是指用于对三维 Gabor 幅值特征和相位特征进行融合，以能同时将三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于遥感图像的分类的一种算法。

可选地，在本发明的一个实施例中，所述利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别，包括：

基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，以及基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一 Gabor 相位特征 F_i 获取所述遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p ， P 为正整数；

确定所述 p 个类别中所述置信度 S_i^p 与所述相似性度量距离 H_i^p 在所述 N 个

Gabor 滤波器下的平方差之和为最大的类别为所述高光谱遥感图像中的地物类别。

其中，置信度 S_i^p 取值在 0 至 1 之间，用于反映该高光谱遥感图像属于第 p 类别的概率，从而当置信度 S_i^p 越大，该高光谱遥感图像属于第 p 类的概率越大，汉明距离 H_i^p 取值在 0 至 1 之间，用于反映高光谱遥感图像与类别 p 之间的匹配度，当汉明距离 H_i^p 越小，该高光谱遥感图像属于第 p 类的概率越大。

可选地，在本发明的一个实施例中，所述基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，包括：

- 10 利用以下公式基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述高光谱遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ：

$$S_i^p = \frac{\sum_{j=1}^p D_{pj}}{2 \times n_p} + \frac{n_p}{2 \times p}, \text{ 其中, 所述 } D \text{ 为基于支持向量机获取的所述遥感图}$$

像的决策矩阵，所述 n_p 为所述决策矩阵 D 中第 p 行非零元素的个数。

- 具体地，在本发明的一个实施例中，可以通过如下方式获取该决策矩阵 P：
- 15 假设有 P 类地物，针对每一个测试样本 t，利用一对一策略建立 $P \times (P-1)$ 个支持向量机的分类器。其中，对于任意两个类别 C1 和 C2，通过投票可以得到决策值 δ ；进一步建立决策矩阵 D，其中当 $\delta > 0$ 时， $DC1C2 = \delta$ ，否则 $DC1C2 = -\delta$ ，决策矩阵 D 中的其他元素为零。由于支持向量机在用于分类上的良好效果，所以基于支持向量机的方式来确定置信度 S_i^p ，有效提升了融合决策的精度。
- 20 度。

可以看出，该置信度 S_i^p 的取值为 0 至 1 之间，并且当置信度 S_i^p 越大时，该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大。

可选地，在本发明的另一些实施例中，也可以使用相加、相乘的方式来计算置信度 S_i^p 。

- 25 可选地，在本发明的一个实施例中，该相似性度量距离 H_i^p 为汉明距离，所述基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一三维 Gabor 相位特征 F_i 获取所述高光谱遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p ，

包括:

利用以下公式获取所述高光谱遥感图像 t 和训练集合 A 中任意训练样本 s 之间的相似性度量:

$$h_i(t, s) = \frac{\sum_{b=1}^B (F_i^{\text{Re}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Re}}(x_{tr}, y_{tr}, b) + F_i^{\text{Im}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Im}}(x_{tr}, y_{tr}, b))}{2 \times B}, \text{ 其中,}$$

5 B 为高光谱图像的光谱维度;

获取所述高光谱遥感图像 t 与所述任一类别 p 之间的相似性度量距离 H_i^p 为:

$$H_i^p = \min_{A_i \in p} h_i(t, A_i).$$

可以看出, 该汉明距离 H_i^p 的取值为 0 至 1 之间, 并且当汉明距离 H_i^p 越小时, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 对于高光谱遥感图像与类别 p 的最优匹配下, 汉明距离 H_i^p 为零。

可选地, 在本发明的另一些实施例中, 也可以使用基于稀疏表示的分类、 K 紧邻分类等方式来计算上述汉明距离 H_i^p 。

可选地, 在本发明的另一些实施例中, 该相似性度量距离也可以其它距离, 例如, 莱文斯坦距离, 李距离。

可以理解, 上述置信度 S_i^p 与汉明距离 H_i^p 的计算公式中各参数均为确定的参数, 所以在利用上述公式计算时, 不需要进行参数估计, 将使得计算更为准确。

可以看出, 若定义融合特征值为 E^p , 该 E^p 定义为所述置信度 S_i^p 与所述汉明距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和, 也即 $E^p = \sum_{i=1}^N (S_i^p - H_i^p)$, 由于当置信度 S_i^p 越大时, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 当汉明距离 H_i^p 越小, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 从而当融合三维 Gabor 幅值特征和三维 Gabor 相位特征后, E^p 越大, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 最后将得到 E^p 最大的值所对应的类别即为该高光谱遥感图像中的地物类别。可以理解, 通过上述方式, 可以在确定高光谱遥感图像中的地物类别时, 同时使用高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor

相位特征,从而使得所确定的类别更为准确。

可选地,在本发明的另一些实施例中,该融合特征值 E^p 也可以定义为其
它形式,例如,平方形式、指数形式等。

具体地,在本发明的一个实施例中,若取 $N=4$,首先获得图3所示的4
5 个三维 Gabor 滤波器,然后再利用步骤 S102 计算得到图 4-b 所示的三维 Gabor
幅值特征与图 4-c 所示的三维 Gabor 相位特征。进一步地,若通过支持向量机
对图 4-b 所示的 Gabor 幅值特征进行分类,获得高光谱遥感图像 4-a 属于每一
类的置信度 S_i^p ,通过正则化的汉明距离,利用最近邻策略对图 4-c 所示的 Gabor
相位编码特征进行分类,获得高光谱遥感图像属于每一类的汉明距离 H_i^p ,然
10 后再利用 E^p 融合置信度 S_i^p 和汉明距离 H_i^p ,以对高光谱遥感图像进行分类,确
定该高光谱遥感图像属于哪个地物类别。参见图 5,图 5 示出了本发明实施例
所提供的高光谱遥感图像的分类示意图。

可以看出,本实施例的方案中,首先获取 N 个预设 Gabor 滤波器,然后
再基于该 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值
15 特征与 N 个三维 Gabor 相位特征,最后利用预设特征融合算法对所述 N 个三
维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述
高光谱遥感图像中的地物类别。由于高光谱遥感图像的相位特征包括了丰富的
相位特征,并且三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征互补,所以在本发
明实施例通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特
20 征用于确定高光谱遥感图像中地物的所属类别,提高对高光谱遥感图像的地物
分类准确度。

进一步地,由于三维 Gabor 相位信息对地物的空间位置具有极高的敏感
上,所以通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特
征用于分类,降低了分类鲁棒性。

25

参见图 6,图 6 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类方法的第
二实施例流程示意图。图 6 所示的方法中,与图 1 所示方法相同或类似的内容
可以参考图 1 中的详细描述,此处不再赘述。如图 6 所示,本发明实施例提供
的高光谱遥感图像分类方法包括以下步骤:

S601、获取 N 个预设 Gabor 滤波器。

具体地，可以获取到 4 个平行于高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器。

5 S602、基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征。

S603、基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p 。

S604、基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一 Gabor 相位特征 F_i 获取所述遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的汉明距离 H_i^p 。

10 S605、确定所述 p 个类别中所述置信度 S_i^p 与所述相似性度量距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和为最大的类别为所述高光谱遥感图像中的地物类别。

需要说明，上述步骤 S603 和 S604 之间没有严格的先后顺序。

15 可以看出，本实施例的方案中，获取目标图像，首先获取 N 个预设 Gabor 滤波器，然后再基于该 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征，最后利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中地物的所属类别。由于高光谱遥感图像的相位特征包括了丰富的相位特征，并且三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征
20 互补，所以在本发明实施例通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于确定高光谱遥感图像中的地物类别，提高对高光谱遥感图像的地物分类准确度。

25 进一步地，由于三维 Gabor 相位信息对地物的空间位置具有极高的敏感性，所以通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于分类，降低了分类鲁棒性。

本发明实施例还提供一种高光谱遥感图像分类装置，包括：

获取模块，用于获取 N 个预设 Gabor 滤波器，所述 N 为正整数；

提取模块，用于基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N

个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征;

确定模块, 用于利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

5 具体地, 请参见图 7, 图 7 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类装置的第一实施例的结构示意图, 用于实现本发明实施例公开的一种高光谱遥感图像分类方法。其中, 如图 7 所示, 本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类装置 700 可以包括:

获取模块 710、提取模块 720 和确定模块 730。

10 其中, 获取模块 710, 用于获取 N 个预设 Gabor 滤波器, 所述 N 为正整数。

其中, 所述 N 为正整数, 该 N 个预设 Gabor 滤波器用于后续进行高光谱遥感图像的幅值特征和相位特征的提取。

15 可选地, 在本发明的一个实施例中, 该 N 个预设 Gabor 滤波器为平行于所述高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器。

可以理解, 由于相位信息对空间位置的敏感性, 不同 Gabor 滤波器获得的 Gabor 相位特征对于地物的分类能力存在巨大差异, 不能全部用于后续的编码和分类过程, 并且如果不加选择地利用所有的 Gabor 滤波器用于高光谱遥感图像的分类, 将使得计算量非常大, 所以仅选择平行于高光谱遥感图像的光谱维
20 度方向的 Gabor 滤波器提取的特征用于高光谱遥感图像的分类将极大地提高算法的计算效率。

具体地, 在本发明的一个实施例中, 可以通过以下公式获取 N 个平行于高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器 $\psi_{f,\varphi,b}$:

$$\psi_{f,\varphi,b} = \frac{1}{(2\pi)^{2/3} \sigma^3} \exp(j2\pi(xu + yv + bw)) \times \exp(-\frac{x^2 + y^2 + b^2}{2\sigma^2}), \text{ 其}$$

25 中, f 是预设 Gabor 滤波器的频率, φ 是所述预设 Gabor 滤波器与 ω 轴的夹角, θ 是预设 Gabor 滤波器与 $u-v$ 平面的夹角, $\{\varphi, \theta\}$ 表示 Gabor 滤波器的方向, (x, y, b) 分别表示高光谱遥感图像的像素的 x 坐标、 y 坐标以及光谱坐标,

σ 是高斯包络的宽度。

具体地, 在本发明的一个示例中, 若 $\varphi = \pi/2$, $\theta = \pi/2$, 参见图 2, 图 2 是本发明实施例提供的一种三维 Gabor 特征的频率域关系示意图, 由图 2 可见, 该频率 f 所指的方向即为高光谱遥感图像的光谱维度方向。

5 具体地, 在本发明的一个示例中, 若设置频率 $f_i = [0.5, 0.25, 0.125, 0.0625]$, 则可以得到 4 个平行于高光谱遥感图像的三维 Gabor 滤波器 $\{\Psi_i, i=1, \dots, 4\}$, 用于后续三维 Gabor 特征提取。具体可参见图 3, 图 3 是本发明实施例提供的从三个不同视角观察到的平行于光谱维度方向的三维 Gabor 滤波器。

10 可选地, 在本发明的一些实施例中, 该 Gabor 滤波器可以为 Log-Gabor 滤波器, haar-Gabor 滤波器。

提取模块 720, 用于基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征。

15 可选地, 在本发明的一个实施例中, 通过将高光谱遥感图像与 N 个预设 Gabor 滤波器进行卷积运算得到三维 Gabor 特征, 然后对高光谱图像的每一个像素进行编码进一步得到高光谱图像的幅值特征和相位特征。

具体地, 首先通过如下公式将高光谱遥感图像与 N 个三维 Gabor 滤波器进行卷积操作得到 i 个三维 Gabor 特征 $G_i(x, y, b)$, $G_i(x, y, b) = (R \otimes \Psi_i)(x, y, b)$, 其中, R 表示该高光谱遥感图像, G_i 表示第 i 个三维 Gabor 特征, 其中, i 的取值为 1 至 N 之间的任意整数。

20 当得到 N 个三维 Gabor 特征后, 再利用如下公式计算该高光谱遥感图像的幅值特征 $M_i(x, y, b)$ 与相位特征 $F_i(x, y, b)$:

$$M_i(x, y, b) = \text{abs}(G_i(x, y, b));$$

$$F_i^{\text{Re}}(x, y, b) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{Re}(G_i(x, y, b)) > 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases};$$

$$F_i^{\text{Im}}(x, y, b) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{Im}(G_i(x, y, b)) > 0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}, \text{ 其中, } \text{Re}(G_i(x, y, b)) \text{ 和 } \text{Im}(G_i(x, y, b)) \text{ 分别是}$$

25 Gabor 特征的实部和虚部。

举例说明, 在本发明的一个示例中, 若 N 的取值为 4, 首先获取到图 3 所

示的 4 个三维 Gabor 滤波器，再将高光谱遥感图像与生成的 4 个三维 Gabor 滤波器进行卷积运算后，将得到 4 个三维 Gabor 滤波器特征，并进一步通过上述公式得到 4 个三维 Gabor 幅值特征 $G_i(x, y, b)$ 以及三维 Gabor 相位特征 $F_i(x, y, b)$ ，其中， i 的取值为 1 至 4 之间的任一整数。具体可参见图 4-a，图 4-b，以及图 4-c，图 4-a 为本发明实施例提供的高光谱遥感图像，取 4 个三维 Gabor 滤波器中的两个 Gabor 滤波器为例，得到图 4-b 的三维 Gabor 幅值特征集以及图 4-c 的三维 Gabor 相位特征集。其中，图 4-b 是本发明实施例提供的三维 Gabor 幅值特征集；图 4-c 是本发明实施例提供的高光谱遥感图像的相位特征集及编码特征集。在图 4-c 中，第一列表示该两个三维 Gabor 滤波器得到的三维 Gabor 相位特征；第二列表示当对第一列三维 Gabor 特征中的实部编码得到的特征；第三列表示对第一列三维 Gabor 特征中的虚部编码得到的特征。

可以理解，上述三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征在计算过程中不需要训练样本的参与，所以可以提高该方案的实用性。

可选地，在本发明的另一些实施例中，也可以使用其它方式来获取三维 Gabor 相位特征，例如，基于融合编码的方式或基于竞争编码的方式。

确定模块 730，用于利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

其中，该预设特征融合算法是指用于对三维 Gabor 幅值特征和相位特征进行融合，以能同时将三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于遥感图像的分类的一种算法。

可选地，在本发明的一个实施例中，所述确定模块 730 包括：

获取单元 731，用于基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，以及基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一 Gabor 相位特征 F_i 获取所述遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p ， P 为正整数；

确定单元 732，用于确定所述 p 个类别中所述置信度 S_i^p 与所述相似性度量距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和为最大的类别为所述高光谱遥感图像中的地物类别。

其中，置信度 S_i^p 取值在 0 至 1 之间，用于反映该高光谱遥感图像属于第 p 类别的概率，从而当置信度 S_i^p 越大，该高光谱遥感图像属于第 p 类的概率越大，汉明距离 H_i^p 取值在 0 至 1 之间，用于反映高光谱遥感图像与类别 p 之间的匹配度，当汉明距离 H_i^p 越小，该高光谱遥感图像属于第 p 类的概率越大。

5 可选地，在本发明的一个实施例中，所述获取单元 731 具体用于：

利用以下公式基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述高光谱遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ：

$$S_i^p = \frac{\sum_{j=1}^p D_{pj}}{2 \times n_p} + \frac{n_p}{2 \times p}, \text{ 其中，所述 } D \text{ 为基于支持向量机获取的所述遥感图}$$

像的决策矩阵，所述 n_p 为所述决策矩阵 D 中第 p 行非零元素的个数。

10 具体地，在本发明的一个实施例中，可以通过如下方式获取该决策矩阵 P：假设有 P 类地物，针对每一个测试样本 t，利用一对一策略建立 $P \times (P-1)$ 个支持向量机的分类器。其中，对于任意两个类别 C1 和 C2，通过投票可以得到决策值 δ ；进一步建立决策矩阵 D，其中当 $\delta > 0$ 时， $DC1C2 = \delta$ ，否则 $DC1C2 = -\delta$ ，决策矩阵 D 中的其他元素为零。由于支持向量机在用于分类上的良好效果，所以基于支持向量机的方式来确定置信度 S_i^p ，有效提升了融合决策的精度。

15

可以看出，该置信度 S_i^p 的取值为 0 至 1 之间，并且当置信度 S_i^p 越大时，该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大。

20 可选地，在本发明的另一些实施例中，也可以使用相加、相乘的方式来计算置信度 S_i^p 。

可选地，在本发明的一个实施例中，若所述相似性度量距离包括汉明距离，所述获取单元 731 具体用于：

利用以下公式获取所述高光谱遥感图像 t 和训练集合 A 中任意训练样本 s 之间的相似性度量：

$$25 \quad h_i(t, s) = \frac{\sum_{b=1}^B (F_i^{\text{Re}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Re}}(x_v, y_v, b) + F_i^{\text{Im}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Im}}(x_v, y_v, b))}{2 \times B}, \text{ 其中，}$$

B 为原始高光谱数据的光谱维度；

获取所述高光谱遥感图像 t 与所述任一类别 p 之间的汉明距离 H_i^p 为:

$$H_i^p = \min_{A_i \in p} h_i(t, A_i)。$$

可以看出, 该汉明距离 H_i^p 的取值为 0 至 1 之间, 并且当汉明距离 H_i^p 越小时, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 对于高光谱遥感图像与类别 p 的最优匹配下, 汉明距离 H_i^p 为零。

可选地, 在本发明的另一些实施例中, 也可以使用基于稀疏表示的分类、K 紧邻分类等方式来计算上述汉明距离 H_i^p 。

可选地, 在本发明的另一些实施例中, 该相似性度量距离也可以其它距离, 例如, 莱文斯坦距离, 李距离。

可以理解, 上述置信度 S_i^p 与汉明距离 H_i^p 的计算公式中各参数均为确定的参数, 所以在利用上述公式计算时, 不需要进行参数估计, 将使得计算更为准确。

可以看出, 若定义融合特征值为 E^p , 该 E^p 定义为所述置信度 S_i^p 与所述汉明距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和, 也即 $E^p = \sum_{i=1}^4 (S_i^p - H_i^p)$, 由于当置信度 S_i^p 越大时, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 当汉明距离 H_i^p 越小, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 从而当融合三维 Gabor 幅值特征和三维 Gabor 相位特征后, E^p 越大, 该高光谱遥感图像属于类别 p 的概率越大, 最后将得到 E^p 最大的值所对应的类别即为该高光谱遥感图像中的地物类别。可以理解, 通过上述方式, 可以在确定高光谱遥感图像中的地物类别时, 同时使用高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征, 从而使得所确定的类别更为准确。

可选地, 在本发明的另一些实施例中, 该融合特征值 E^p 也可以定义为其形式, 例如, 平方形式、指数形式等。

具体地, 在本发明的一个实施例中, 若取 $N=4$, 首先获得图 3 所示的 4 个三维 Gabor 滤波器, 然后再利用步骤 S102 计算得到图 4-b 所示的三维 Gabor 幅值特征与图 4-c 所示的三维 Gabor 相位特征。进一步地, 若通过支持向量机对图 4-b 所示的 Gabor 幅值特征进行分类, 获得高光谱遥感图像 4-a 属于每一类的置信度 S_i^p , 通过正则化的汉明距离, 利用最近邻策略对图 4-c 所示的 Gabor

相位编码特征进行分类，获得高光谱遥感图像属于每一类的汉明距离 H_i^p ，然后再利用 E^p 融合置信度 S_i^p 和汉明距离 H_i^p ，以对高光谱遥感图像进行分类，确定该高光谱遥感图像属于哪个地物类别。参见图 5，图 5 示出了本发明实施例所提供的高光谱遥感图像的分类示意图。

5 可以看出，本实施例的方案中，高光谱遥感图像分类装置 700 首先获取 N 个预设 Gabor 滤波器，然后再基于该 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征，最后利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中地物的所属类别。由于高光谱遥感图像的相位特征包括了丰富的相位特征，并且三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征互补，所以在本发明实施例通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于确定高光谱遥感图像中的地物类别，提高对高光谱遥感图像的地物分类准确度。

15 进一步地，由于三维 Gabor 相位信息对地物的空间位置具有极高的敏感性，所以通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于分类，降低了分类鲁棒性。

在本实施例中，高光谱遥感图像分类装置 700 是以单元的形式来呈现。这里的“单元”可以指特定应用集成电路（application-specific integrated circuit, ASIC），执行一个或多个软件或固件程序的处理器和存储器，集成逻辑电路，20 和/或其他可以提供上述功能的器件。

可以理解的是，本实施例的高光谱遥感图像分类装置 700 的各功能单元的功能可根据上述方法实施例中的方法具体实现，其具体实现过程可以参照上述方法实施例的相关描述，此处不再赘述。

25 参见图 8，图 8 是本发明实施例提供的一种高光谱遥感图像分类装置的第二实施例的结构示意图，用于实现本发明实施例公开的高光谱遥感图像分类方法。其中，该高光谱遥感图像分类装置 800 可以包括：至少一个总线 801、与总线 801 相连的至少一个处理器 802 以及与总线 801 相连的至少一个存储器 803。

其中，处理器 802 通过总线 801，调用存储器中存储的代码以用于获取 N 个预设 Gabor 滤波器，所述 N 为正整数；基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征；利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

可选地，在本发明的一些可能的实施方式中，所述 N 个预设 Gabor 滤波器为平行于所述高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器。

可选地，在本发明的一些可能的实施方式中，所述处理器 802 利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别，包括：

基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，以及基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一 Gabor 相位特征 F_i 获取所述遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p ，P 为正整数；

确定所述 p 个类别中所述置信度 S_i^p 与所述相似性度量距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和为最大的类别为所述高光谱遥感图像中的地物类别。

可选地，在本发明的一些可能的实施方式中，所述处理器 802 基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，包括：

利用以下公式基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述高光谱遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ：

$$S_i^p = \frac{\sum_{j=1}^p D_{pj}}{2 \times n_p} + \frac{n_p}{2 \times p}, \text{ 其中, 所述 } D \text{ 为基于支持向量机获取的所述遥感图像的决策矩阵, 所述 } n_p \text{ 为所述决策矩阵 } D \text{ 中第 } p \text{ 行非零元素的个数。}$$

可选地，在本发明的一些可能的实施方式中，若所述相似性度量距离为汉明距离，所述处理器 802 基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一三维 Gabor 相位特征 F_i 获取所述高光谱遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性

度量距离 H_i^p ，包括：

利用以下公式获取所述高光谱遥感图像 t 和训练集合 A 中任意训练样本 s 之间的相似性度量：

$$h_i(t, s) = \frac{\sum_{b=1}^B (F_i^{\text{Re}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Re}}(x_{tr}, y_{tr}, b) + F_i^{\text{Im}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Im}}(x_{tr}, y_{tr}, b))}{2 \times B}, \text{ 其中,}$$

5 B 为原始高光谱数据的光谱维度；

获取所述高光谱遥感图像 t 与所述任一类别 p 之间的汉明距离 H_i^p 为：

$$H_i^p = \min_{A_i \in p} h_i(t, A_i)。$$

可以看出，本实施例的方案中，高光谱遥感图像分类装置 800 首先获取 N 个预设 Gabor 滤波器，然后再基于该 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感
10 图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征，最后利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中地物的所属类别。由于高光谱遥感图像的相位特征包括了丰富的相位特征，并且三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征互补，所以在本发明实施例通过融合高光谱遥感图像的三维
15 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于确定高光谱遥感图像中的地物类别，提高对高光谱遥感图像的地物分类准确度。

进一步地，由于三维 Gabor 相位信息对地物的空间位置具有极高的敏感性，所以通过融合高光谱遥感图像的三维 Gabor 幅值特征与三维 Gabor 相位特征用于分类，降低了分类鲁棒性。

20 在本实施例中，高光谱遥感图像分类装置 800 是以单元的形式来呈现。这里的“单元”可以指特定应用集成电路（application-specific integrated circuit, ASIC），执行一个或多个软件或固件程序的处理器和存储器，集成逻辑电路，和/或其他可以提供上述功能的器件。

可以理解的是，本实施例的高光谱遥感图像分类装置 800 的各功能单元的功能可根据上述方法实施例中的方法具体实现，其具体实现过程可以参照上述方法实施例的相关描述，此处不再赘述。

25

本发明实施例还提供一种计算机存储介质，其中，该计算机存储介质可存储有程序，该程序执行时包括上述方法实施例中记载的任何高光谱遥感图像分类方法的部分或全部步骤。

5 需要说明的是，对于前述的各方法实施例，为了简单描述，故将其都表述为一系列的动作组合，但是本领域技术人员应该知悉，本发明并不受所描述的动作顺序的限制，因为依据本发明，某些步骤可以采用其他顺序或者同时进行。其次，本领域技术人员也应该知悉，说明书中所描述的实施例均属于优选实施例，所涉及的动作和模块并不一定是本发明所必须的。

10 在上述实施例中，对各个实施例的描述都各有侧重，某个实施例中沒有详述的部分，可以参见其他实施例的相关描述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置，可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，例如所述单元的划分，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，可以是电性或其它的形式。

20 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

25 另外，在本发明的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。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用时，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全

部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可为个人计算机、服务器或者网络设备等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上所述，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所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；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权利要求书

1、一种高光谱遥感图像分类方法，其特征在于，所述方法包括：

获取 N 个预设 Gabor 滤波器，所述 N 为正整数；

5 基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器提取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征；

利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

10 2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述 N 个预设 Gabor 滤波器为平行于所述高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征
15 融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别，包括：

基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述高光谱遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，以及基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一 Gabor 相位特征 F_i 获取所述遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p ， P 为正整数；

20 确定所述 p 个类别中所述置信度 S_i^p 与所述相似性度量距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和为最大的类别为所述高光谱遥感图像中的地物类别。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述基于所述 N 个三维
25 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，包括：

利用以下公式基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述高光谱遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ：

$$S_i^p = \frac{\sum_{j=1}^p D_{pj}}{2 \times n_p} + \frac{n_p}{2 \times p}, \text{ 其中, 所述 } D \text{ 为基于支持向量机获取的所述遥感图}$$

像的决策矩阵, 所述 n_p 为所述决策矩阵 D 中第 p 行非零元素的个数。

5 5、根据权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 所述相似性度量距离包括汉明距离, 所述基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一三维 Gabor 相位特征 F_i 获取所述高光谱遥感图像与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p , 包括:

利用以下公式获取所述高光谱遥感图像 t 和训练集合 A 中任意训练样本 s 之间的相似性度量:

$$10 \quad h_i(t, s) = \frac{\sum_{b=1}^B (F_i^{\text{Re}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Re}}(x_v, y_v, b) + F_i^{\text{Im}}(x_u, y_u, b) \oplus F_i^{\text{Im}}(x_v, y_v, b))}{2 \times B}, \text{ 其中,}$$

所述 B 为所述高光谱图像的光谱维度;

获取所述高光谱遥感图像 t 与所述任一类别 p 之间的汉明距离 H_i^p 为:

$$H_i^p = \min_{A_i \in p} h_i(t, A_i).$$

15 6、一种高光谱遥感图像分类装置, 其特征在于, 所述装置包括:

获取模块, 用于获取 N 个预设 Gabor 滤波器, 所述 N 为正整数;

提取模块, 用于基于所述 N 个预设 Gabor 滤波器获取高光谱遥感图像的 N 个三维 Gabor 幅值特征与 N 个三维 Gabor 相位特征;

20 确定模块, 用于利用预设特征融合算法对所述 N 个三维 Gabor 幅值特征与所述 N 个三维 Gabor 相位特征进行特征融合以确定所述高光谱遥感图像中的地物类别。

7、根据权利要求 6 所述的装置, 其特征在于, 所述 N 个预设 Gabor 滤波器为平行于所述高光谱遥感图像的光谱维度方向的 Gabor 滤波器。

8、根据权利要求 7 所述的装置，其特征在于，所述确定模块包括：

获取单元，用于基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ，以及基于所述 N 个三维 Gabor 相位特征中的任一 Gabor 相位特征 F_i 获取所述遥感图像与

5 与所述 P 个类别中的任一类别 p 的相似性度量距离 H_i^p ，P 为正整数；

确定单元，用于确定所述 p 个类别中所述置信度 S_i^p 与所述相似性度量距离 H_i^p 在所述 N 个 Gabor 滤波器下的平方差之和为最大的类别为所述高光谱遥感图像中的地物类别。

10 9、根据权利要求 8 所述的装置，其特征在于，所述获取单元具体用于：

利用以下公式基于所述 N 个三维 Gabor 幅值特征中的任一三维 Gabor 幅值特征 M_i 获取所述高光谱遥感图像属于 P 个类别中任一类别 p 的置信度 S_i^p ：

$$S_i^p = \frac{\sum_{j=1}^p D_{pj}}{2 \times n_p} + \frac{n_p}{2 \times p}, \text{ 其中, 所述 } D \text{ 为基于支持向量机获取的所述遥感图}$$

像的决策矩阵，所述 n_p 为所述决策矩阵 D 中第 p 行非零元素的个数。

15

10、根据权利要求 8 所述的装置，其特征在于，若所述相似性度量距离包括汉明距离，所述获取单元具体用于：

利用以下公式获取所述高光谱遥感图像 t 和训练集合 A 中任意训练样本 s 之间的相似性度量：

$$20 \quad h_i(t, s) = \frac{\sum_{b=1}^B (F_i^{\text{Re}}(x_{tt}, y_{tt}, b) \oplus F_i^{\text{Re}}(x_{tr}, y_{tr}, b) + F_i^{\text{Im}}(x_{tt}, y_{tt}, b) \oplus F_i^{\text{Im}}(x_{tr}, y_{tr}, b))}{2 \times B}, \text{ 其中,}$$

B 为原始高光谱数据的光谱维度；

获取所述高光谱遥感图像 t 与所述任一类别 p 之间的汉明距离 H_i^p 为：

$$H_i^p = \min_{A_i \in p} h_i(t, A_i)。$$

25

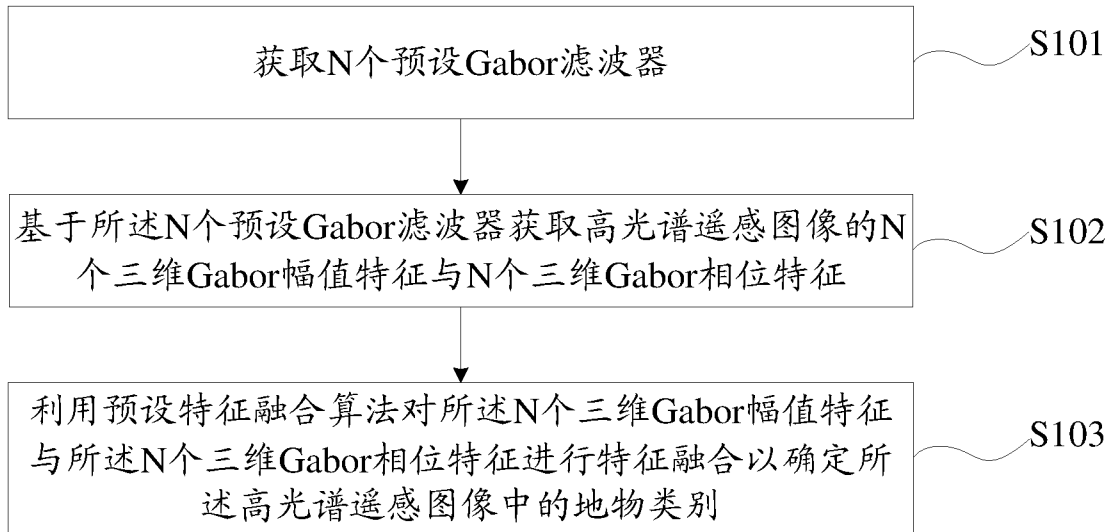


图 1

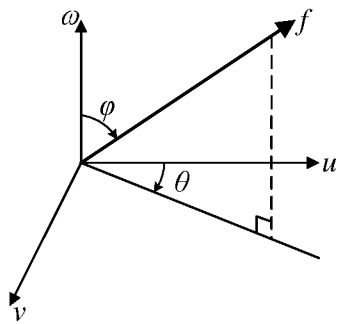


图 2

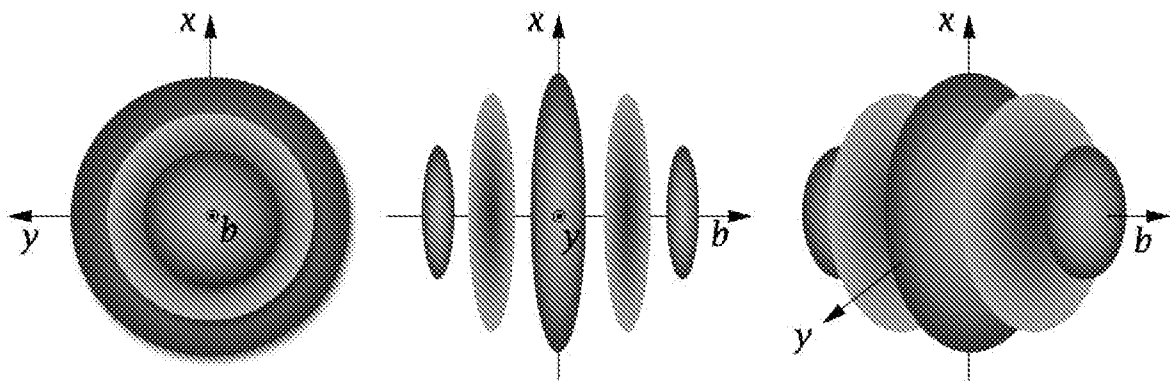


图 3

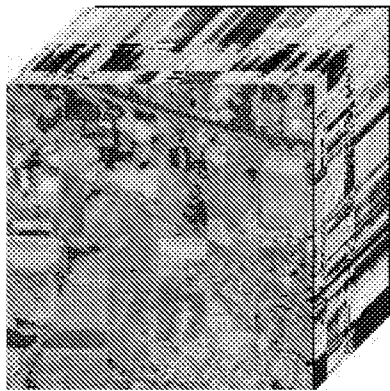


图 4-a

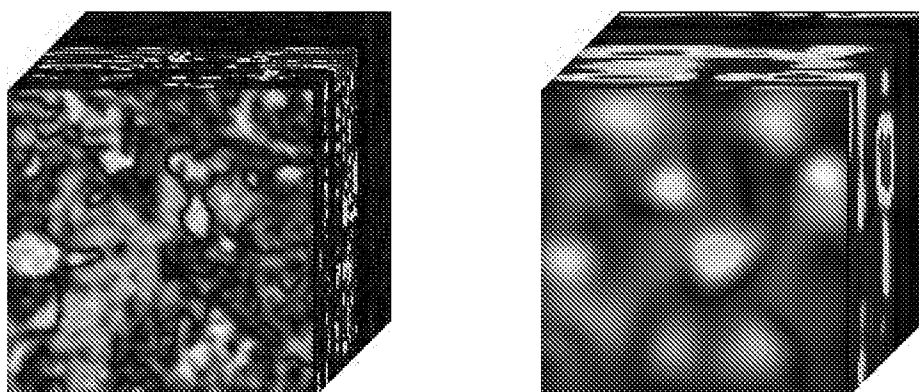


图 4-b

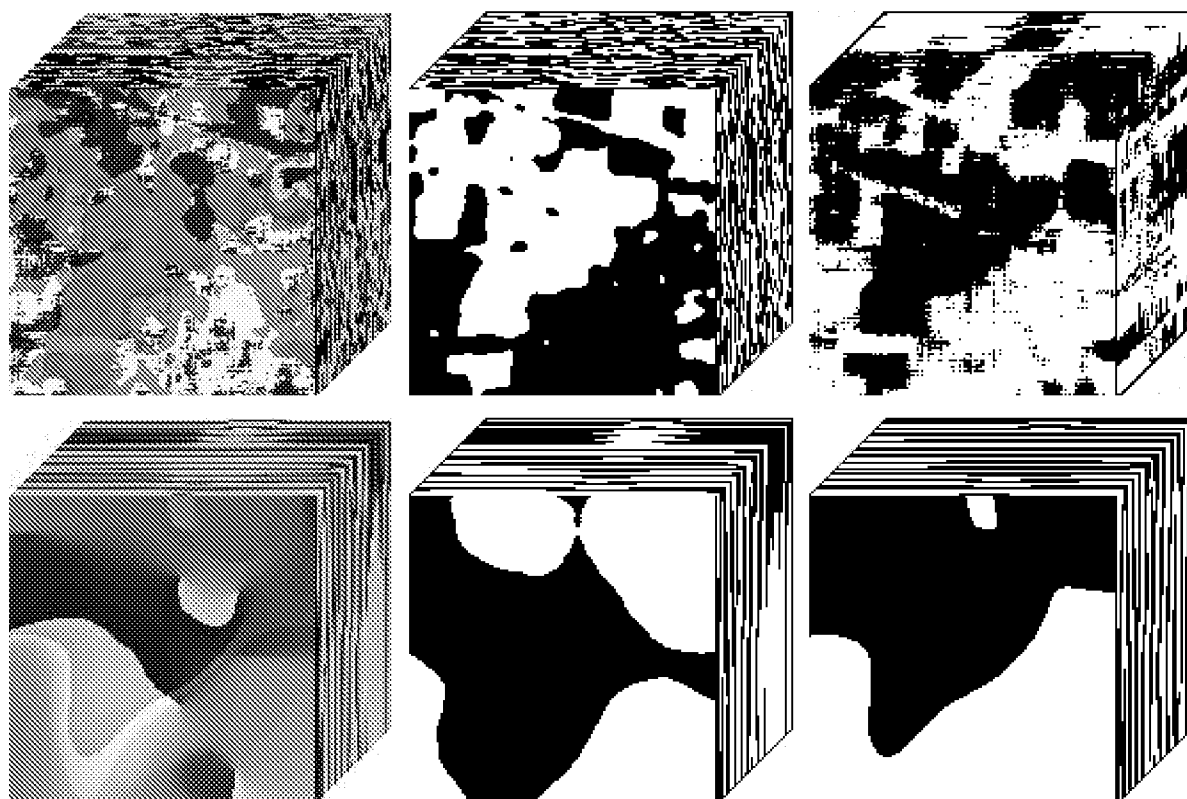


图 4-c

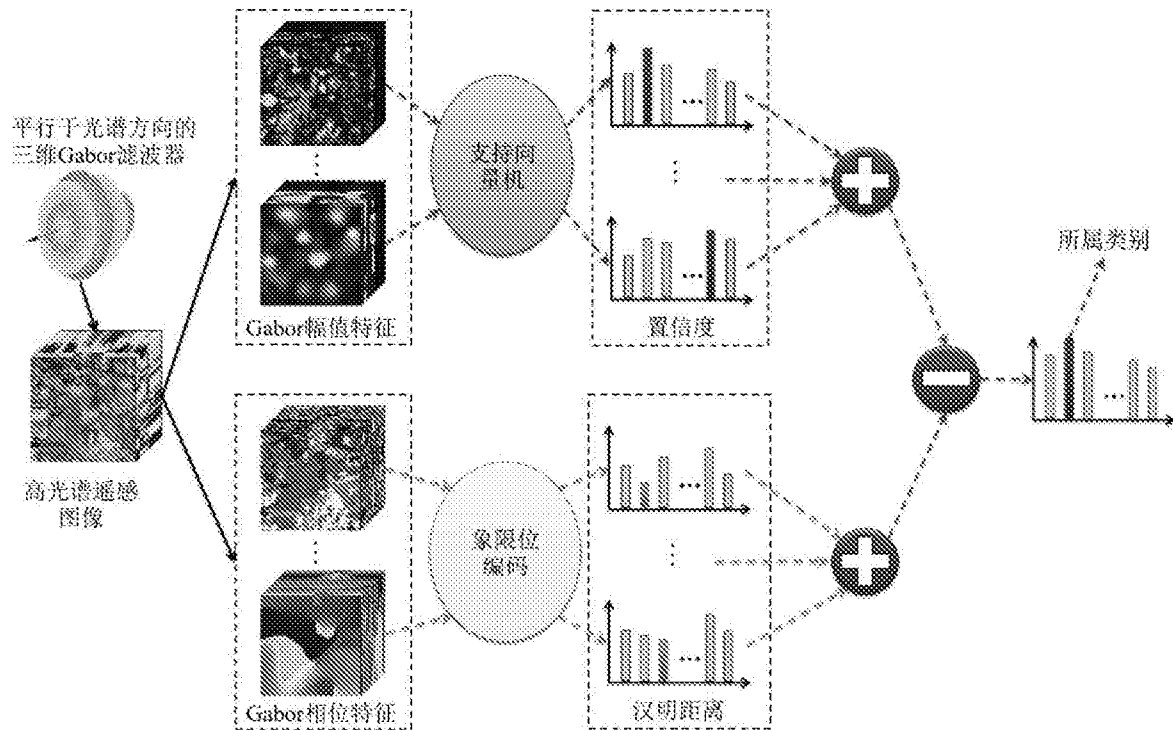


图 5

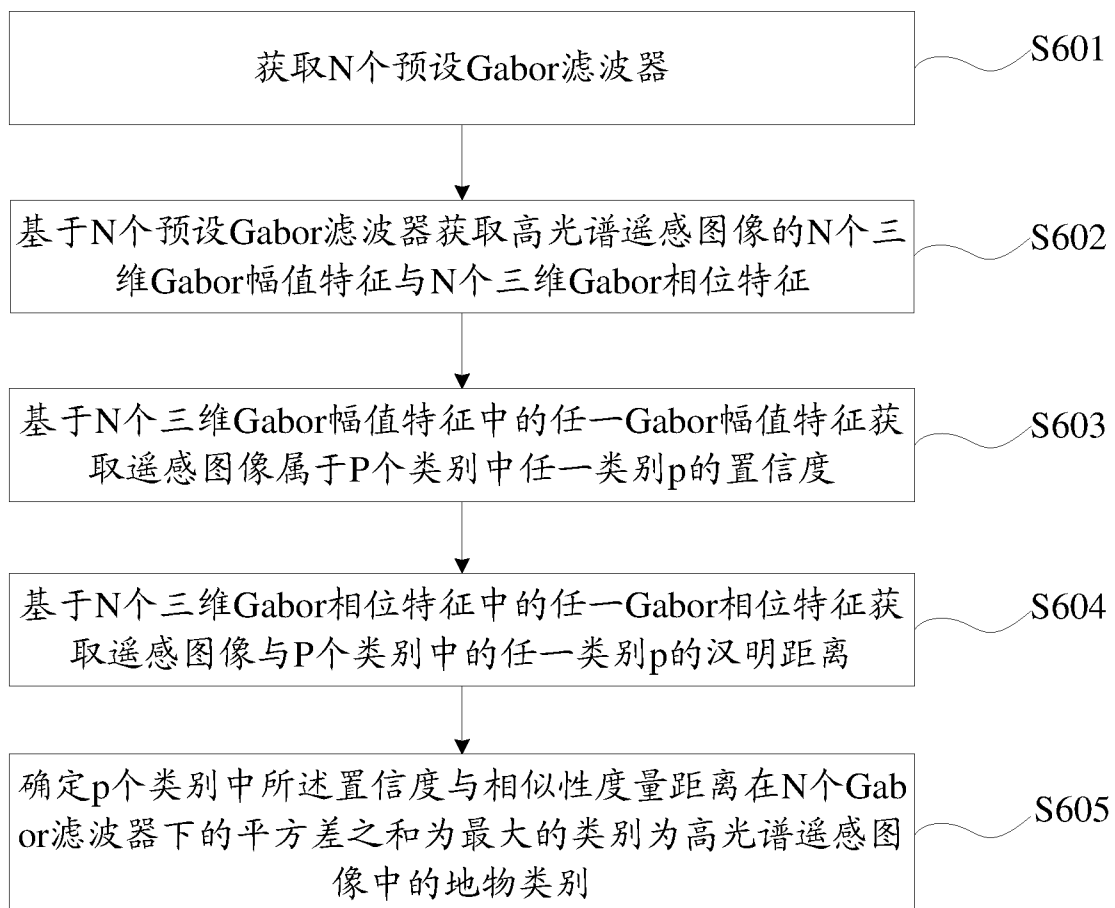


图 6

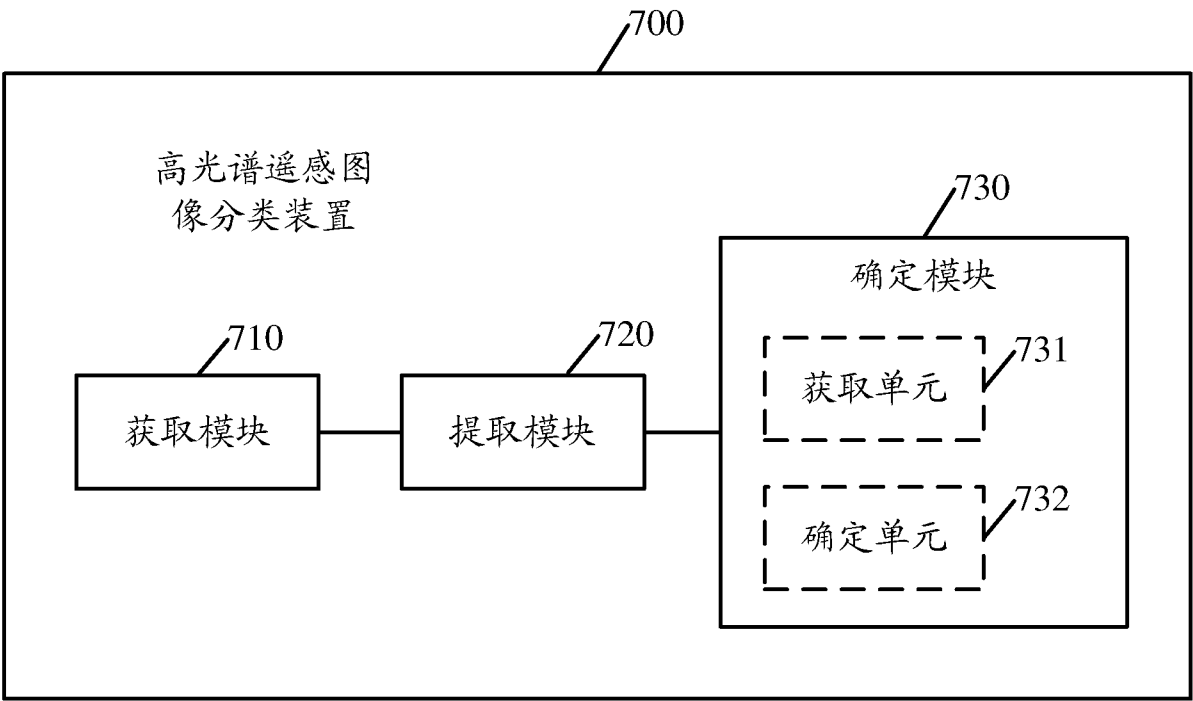


图 7

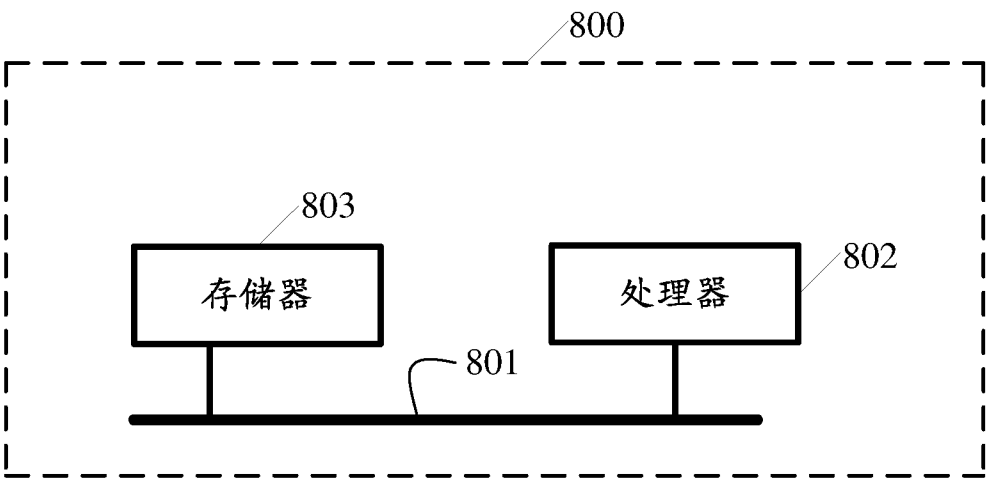


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/083766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06K 9/62 (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)

G06K

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

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

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 高频谱, 图像, 幅值, 相位, 分类, 地物, 三维, gabor, hyper spectral, magnitude, amplitude, phase, fusion, image, classification

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102156872 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 17 August 2011 (17.08.2011), entire document	1-10
A	CN 106022391 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY SHENZHEN GRADUATE SCHOOL), 12 October 2016 (12.10.2016), entire document	1-10
Y	JIA, Sen et al., "A 3-D Gabor Phase-Based Coding and Matching Framework for Hyperspectral Imagery Classification", IEEE Transactions on Cybernetics, 28 March 2017 (28.03.2017), section I, paragraphs 6 and 7 and figure 1, section III, paragraph 2, and section IV	1-10
Y	WANG, Fang et al., "ISAR Image Recognition with Fusion of Gabor magnitude and Phase Feature", Journal of Electronics & Information Technology, 35(8), 31 August 2013 (31.08.2013), section 3, and figure 2	1-10

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

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 28 December 2017	Date of mailing of the international search report 19 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LIANG, Yan Telephone No. (86-10) 62414022

International application No.
PCT/CN2017/083766

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/083766

A. 主题的分类 G06K 9/62 (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) G06K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: 高频谱, 图像, 幅值, 相位, 分类, 地物, 三维, gabor, hyperspectral, magnitude, amplitude, phase, fusion, image, classification																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 102156872 A (深圳大学) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106022391 A (哈尔滨工业大学深圳研究生院) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JIA, Sen et al. "A 3-D Gabor Phase-Based Coding and Matching Framework for Hyperspectral Imagery Classification" IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS, 2017年 3月 28日 (2017 - 03 - 28), 第I节第6、7段以及附图1, 第III节第2段, 第IV节</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>王芳等. "基于Gabor 幅值特征和相位特征相融合的ISAR 像目标识别" 电子与信息学报, 第35卷, 第8期, 2013年 8月 31日 (2013 - 08 - 31), 第3节以及附图2</td> <td>1-10</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	A	CN 102156872 A (深圳大学) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-10	A	CN 106022391 A (哈尔滨工业大学深圳研究生院) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 全文	1-10	Y	JIA, Sen et al. "A 3-D Gabor Phase-Based Coding and Matching Framework for Hyperspectral Imagery Classification" IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS, 2017年 3月 28日 (2017 - 03 - 28), 第I节第6、7段以及附图1, 第III节第2段, 第IV节	1-10	Y	王芳等. "基于Gabor 幅值特征和相位特征相融合的ISAR 像目标识别" 电子与信息学报, 第35卷, 第8期, 2013年 8月 31日 (2013 - 08 - 31), 第3节以及附图2	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
A	CN 102156872 A (深圳大学) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-10															
A	CN 106022391 A (哈尔滨工业大学深圳研究生院) 2016年 10月 12日 (2016 - 10 - 12) 全文	1-10															
Y	JIA, Sen et al. "A 3-D Gabor Phase-Based Coding and Matching Framework for Hyperspectral Imagery Classification" IEEE TRANSACTIONS ON CYBERNETICS, 2017年 3月 28日 (2017 - 03 - 28), 第I节第6、7段以及附图1, 第III节第2段, 第IV节	1-10															
Y	王芳等. "基于Gabor 幅值特征和相位特征相融合的ISAR 像目标识别" 电子与信息学报, 第35卷, 第8期, 2013年 8月 31日 (2013 - 08 - 31), 第3节以及附图2	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 "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 2017年 12月 28日		国际检索报告邮寄日期 2018年 1月 19日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 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 梁艳 电话号码 (86-10) 62414022															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/083766

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	102156872	A	2011年 8月 17日	无	
CN	106022391	A	2016年 10月 12日	无	