

(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
2017 年 10 月 5 日 (05.10.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/166156 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06K 9/62 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/077976
- (22) 国际申请日: 2016 年 3 月 31 日 (31.03.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (72) 发明人: 李岩山 (LI, Yanshan); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。石伟 (SHI, Wei); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。夏荣杰 (XIA, Rongjie); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。谢维信 (XIE, Weixin); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guang-

dong 518000 (CN)。张勇 (ZHANG, Yong); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。

- (74) 代理人: 深圳市恒申知识产权事务所 (普通合伙) (HENSEN INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市福田区南园路 68 号上步大厦 10H, Guangdong 518000 (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, 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, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: HYPERSPECTRAL IMAGE CLASSIFICATION METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 一种高光谱图像的分类方法及其系统

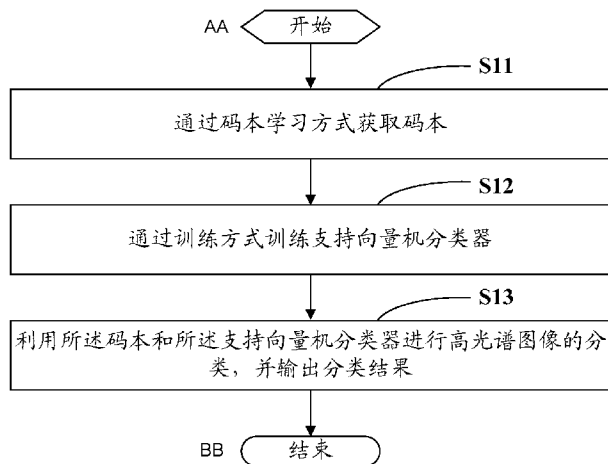


图 1

S11 OBTAIN A CODEBOOK USING A CODEBOOK LEARNING APPROACH
S12 TRAIN A SUPPORT VECTOR MACHINE CLASSIFIER USING A TRAINING APPROACH
S13 CLASSIFY HYPERSPECTRAL IMAGES BY USING THE CODEBOOK AND THE SUPPORT VECTOR MACHINE CLASSIFIER, AND OUTPUT THE CLASSIFICATION RESULT
AA START
BB END

(57) Abstract: A hyperspectral image classification method, comprising: obtaining a codebook using a codebook learning approach (S11); training a support vector machine classifier using a training approach (S12); classifying hyperspectral images by using the codebook and the support vector machine classifier and outputting the classification result (S13). Also provided is a hyperspectral image classification system. By extracting spatial-spectral domain interest points of hyperspectral images using a spatial-spectral domain interest point detection algorithm and dividing hyperspectral images into small blocks by means of image blocks for learning, training, and classification, a novel hyperspectral image classification frame is provided to effectively indicate and classify hyperspectral images, thereby improving the accuracy and efficiency of classification of hyperspectral images having high spatial resolution.

(57) 摘要: 一种高光谱图像的分类方法, 包括: 通过码本学习方式获取码本 (S11); 通过训练方式训练支持向量机分类器 (S12); 利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类, 并输出分类结果 (S13)。还提供一种高光谱图像的分类系统, 通过空谱域兴趣点检测算法提取高光谱图像的空谱域兴趣点, 通过图像分块将高光谱图像分割成小块进行学习、训练和分类, 提出了一种新的高光谱图像分类框架, 能有效对高光谱图像进行表示及分类, 提高了高空间分辨率高光谱图像分类的准确性和效率。

WO 2017/166156 A1



(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))。

一种高光谱图像的分类方法及其系统

技术领域

本发明涉及计算机视觉领域，尤其涉及一种高光谱图像的分类方法及其系统。

背景技术

图像分类是计算机视觉领域的重要研究方向，也是一个典型的模式识别问题，它是根据图像信息中反映的不同特征，把不同类别的目标区分开来的图像处理方法。高光谱图像分类是高光谱应用中的热点技术之一，也是实现各种实际应用的前提，如目标识别及跟踪、地质勘探以及环境监测等方面。

原有的高光谱图像分类方法主要针对空间分辨率低的高光谱遥感图像，而现有的高光谱图像具有很高的空间分辨率。采用逐个像素的光谱曲线进行图像分类时，一方面效率低，另一方面识别率容易受“同物异谱”和“同谱异物”的影响而降低。采用像素的光谱信息以及图像的空间信息进行高光谱图像分类时，将空域和光谱域分开来考虑，算法复杂性高，耗时长，识别率低，但是现有算法难以适用于高分辨率的高光谱图像分类上。

因此，如何实现对高空间分辨率高光谱图像进行快速准确的分类一直是业界亟待实现的目标。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种高光谱图像的分类方法及其系统，旨在解决现有技术中对高光谱图像识别效率低且准确度不高的问题。

本发明提出一种高光谱图像的分类方法，所述分类方法包括：

通过码本学习方式获取码本；

通过训练方式训练支持向量机分类器；

利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果。

优选的，所述通过码本学习方式获取码本的步骤具体包括：

对待学习码本的高光谱图像进行图像分块；

用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

利用预设聚类方法对获取的所有空谱域兴趣点的描述向量进行聚类以获取码本。

优选的，所述通过训练方式训练支持向量机分类器的步骤具体包括：

对待训练的支持向量机分类器的高光谱图像进行图像分块；

用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

基于获取到的所述码本，利用预设模型对每幅高光谱图像的空谱域特征集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

利用获取到的所述描述矢量训练支持向量机分类器。

优选的，所述利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果的步骤具体包括：

将待分类的高光谱图像进行图像分块；

用 m 个线程并行地提取待分类的高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

基于获取到的所述码本，利用预设模型对待分类的高光谱图像中的空谱域兴趣点集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

利用训练好的所述支持向量机分类器对获取到的所述描述矢量进行分类，并输出分类结果。

另一方面，本发明还提供一种高光谱图像的分类系统，所述分类系统包括：

学习模块，用于通过码本学习方式获取码本；

训练模块，用于通过训练方式训练支持向量机分类器；

分类模块，用于利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果。

优选的，所述学习模块包括：

第一分块子模块，用于对待学习码本的高光谱图像进行图像分块；

第一描述子模块，用于用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

第一聚类子模块，用于利用预设聚类方法对获取的所有空谱域兴趣点的描述向量进行聚类以获取码本。

优选的，所述训练模块包括：

第二分块子模块，用于对待训练的支持向量机分类器的高光谱图像进行图像分块；

第二描述子模块，用于用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

第一编码子模块，用于基于获取到的所述码本，利用预设模型对每幅高光谱图像的空谱域特征集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

第一训练子模块，用于利用获取到的所述描述矢量训练支持向量机分类器。

优选的，所述分类模块包括：

第三分块子模块，用于将待分类的高光谱图像进行图像分块；

第三描述子模块，用于用 m 个线程并行地提取待分类的高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

第二编码子模块，用于基于获取到的所述码本，利用预设模型对待分类的

高光谱图像中的空谱域兴趣点集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

第一分类子模块，用于利用训练好的所述支持向量机分类器对获取到的所述描述矢量进行分类，并输出分类结果。

本发明提供的技术方案提出了一种基于空谱域兴趣点的高空间分辨率高光谱图像分类方法，利用空谱域兴趣点可以有效利用空域和光谱域的信息进行图像分类。本发明通过空谱域兴趣点检测算法提取高光谱图像的空谱域兴趣点，通过图像分块将高光谱图像分割成小块进行学习、训练和分类，提出了一种新的高光谱图像分类框架，能有效对高光谱图像进行表示及分类，显著提高了高空间分辨率高光谱图像分类的准确性和效率。

附图说明

图 1 为本发明一实施方式中高光谱图像的分类方法流程图；

图 2 为本发明一实施方式中图 1 所示的步骤 S11 的详细流程图；

图 3 为本发明一实施方式中图 1 所示的步骤 S12 的详细流程图；

图 4 为本发明一实施方式中图 1 所示的步骤 S13 的详细流程图；

图 5 为本发明一实施方式中高空间分辨率高光谱图像分类结果的图表；

图 6 为本发明一实施方式中高光谱图像的伪彩色图像分类结果的图表；

图 7 为本发明一实施方式中高光谱图像的分类方法的整体框架图；

图 8 为本发明一实施方式中高光谱图像的分类系统 10 的内部结构示意图；

图 9 为本发明一实施方式中图 8 所示的学习模块 11 的内部结构示意图；

图 10 为本发明一实施方式中图 8 所示的训练模块 12 的内部结构示意图；

图 11 为本发明一实施方式中图 8 所示的分类模块 13 的内部结构示意图。

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

仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

本发明具体实施方式提供了一种高光谱图像的分类方法，所述方法主要包括如下步骤：

S11、通过码本学习方式获取码本；

S12、通过训练方式训练支持向量机分类器；

S13、利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果。

本发明提出了一种基于空谱域兴趣点的高空间分辨率高光谱图像分类方法，利用空谱域兴趣点可以有效利用空域和光谱域的信息进行图像分类。本发明通过空谱域兴趣点检测算法提取高光谱图像的空谱域兴趣点，通过图像分块将高光谱图像分割成小块进行学习、训练和分类，提出了一种新的高光谱图像分类框架，能有效对高光谱图像进行表示及分类，显著提高了高空间分辨率高光谱图像分类的准确性和效率。

以下将对本发明所提供的一种高光谱图像的分类方法进行详细说明。

请参阅图 1，为本发明一实施方式中高光谱图像的分类方法流程图。

在步骤 S11 中，通过码本学习方式获取码本。

在本实施方式中，所述通过码本学习方式获取码本的步骤 S12 具体包括 S111—S113，如图 2 所示。

请参阅图 2，为本发明一实施方式中图 1 所示的步骤 S11 的详细流程图。

在步骤 S111 中，对待学习码本的高光谱图像进行图像分块。

在本实施方式中，对待学习码本的高空间分辨率高光谱图像集 $I = \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\}$ 中的图像 I_i 进行图像分块，可以表示为 $I_i = \{b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, \dots, b_{in_i}\}$ ，其中 $b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, \dots, b_{in_i}$ 分别表示图像块，其中 n_i 表示图像块的数量。

在步骤 S112 中，用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量。

在本实施方式中，空谱域兴趣点是在高光谱图像的空域和光谱域组成的空谱域上提取的特征点，反映了空域和光谱域上的特性，利用空谱域兴趣点可以有效利用空域和光谱域的信息进行图像分类。

在本实施方式中，用 m 个线程并行地提取步骤 S111 中每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并选用 3D SIFT 描述子对所有空谱域兴趣点进行特征描述，将每一个空谱域兴趣点描述为 640 维的描述向量。

在步骤 S113 中，利用预设聚类方法对获取的所有空谱域兴趣点的描述向量进行聚类以获取码本。

在本实施方式中，预设聚类方法为 K-means 聚类方法，利用 K-means 聚类方法对步骤 S112 中得到的所有的描述向量进行聚类，聚类后得到的 k 个聚类中心，称为码字或视觉单词，用 v_i 来表示。而所有视觉单词的组合即为码本 $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_k\}$ 。

请继续参阅图 1，在步骤 S12 中，通过训练方式训练支持向量机分类器。

在本实施方式中，所述通过训练方式训练支持向量机（Support Vector Machine, SVM）分类器的步骤 S12 具体包括 S121—S124，如图 3 所示。

请参阅图 3，为本发明一实施方式中图 1 所示的步骤 S12 的详细流程图。

在步骤 S121 中，对待训练的支持向量机分类器的高光谱图像进行图像分块。

在本实施方式中，对待训练的 SVM 分类器的高空间分辨率高光谱图像集 $T = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_L\}$ 中的图像 T_j 进行图像分块，可以表示为 $T_j = \{b_{j1}, b_{j2}, b_{j3}, \dots, b_{jn_j}\}$ ，其中 $b_{j1}, b_{j2}, b_{j3}, \dots, b_{jn_j}$ 分别表示图像块，其中 n_j 表示图像块的数量。

在步骤 S122 中，用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量。

在本实施方式中，用 m 个线程并行地提取步骤 S121 中每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并用 3D SIFT 描述子对所有空谱域兴趣点进行特

征描述, 将每一个空谱域兴趣点描述为 640 维的描述向量。

在步骤 S123 中, 基于获取到的所述码本, 利用预设模型对每幅高光谱图像的空谱域特征集进行编码, 以获取该图像的描述矢量。

在本实施方式中, 预设模型为 BoW 模型, 基于图 2 所示的学习步骤中得到的码本 V, 利用 BoW 模型对每幅待训练的 SVM 分类器的高空间分辨率高光谱图像 T_j 的空谱域特征集进行编码, 得到所有图像的描述矢量, 记为:

$S = \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_L\}$, 其中 $S_j \in S$ 为 $T_j \in T$ 的图像描述矢量。

在步骤 S124 中, 利用获取到的所述描述矢量训练支持向量机分类器。

在本实施方式中, 利用步骤 S123 得到的 T 的描述矢量集 S 训练 SVM 分类器。

请继续参阅图 1, 在步骤 S13 中, 利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类, 并输出分类结果。

在本实施方式中, 所述利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类, 并输出分类结果的步骤 S13 具体包括 S131—S134, 如图 4 所示。

请参阅图 4, 为本发明一实施方式中图 1 所示的步骤 S13 的详细流程图。

在步骤 S131 中, 将待分类的高光谱图像进行图像分块。

在本实施方式中, 将待分类的高空间分辨率高光谱图像 I_{test} 进行图像分块, 可以表示为 $I_{test} = \{b_1, b_2, b_3, \dots, b_N\}$, 其中 $b_1, b_2, b_3, \dots, b_N$ 分别表示图像块, N 表示图像块的数量。

在步骤 S132 中, 用 m 个线程并行地提取待分类的高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点, 并对所有空谱域兴趣点进行特征描述, 以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量。

在本实施方式中, 同样用 m 个线程并行地提取步骤 S131 中待分类的高光谱图像中所有图像 I_{test} 对应的图像块的空谱域兴趣点, 并用 3D SIFT 描述子对每一个空谱域兴趣点进行描述, 将每一个空谱域兴趣点描述为 640 维的描述向量, 将 N 块高光谱图像块中提取的空谱域兴趣点融合形成高光谱图像 I_{test} 的空谱域

特征集, 记为 $F_{test} = \{f_1, f_2, \dots, f_M\}$ 。

在步骤 S133 中, 基于获取到的所述码本, 利用预设模型对待分类的高光谱图像中的空谱域兴趣点集进行编码, 以获取该图像的描述矢量。

在本实施方式中, 预设模型为 BoW 模型, 基于图 2 所示的学习步骤中得到的码本 V, 利用 BoW 模型对待分类的高空间分辨率高光谱图像中图像 I_{test} 的空谱域兴趣点集 F_{test} 进行编码, 得到图像 I_{test} 的描述矢量 D。

在步骤 S134 中, 利用训练好的所述支持向量机分类器对获取到的所述描述矢量进行分类, 并输出分类结果。

在本实施方式中, 利用图 3 所示的训练步骤所训练好的 SVM 分类器对步骤 S133 中得到的描述矢量 D 进行分类, 输出分类结果。

在本实施方式中, 不管是步骤 S11, 步骤 S12, 还是步骤 S13, 都是针对大量图像而言, 包括连续的多幅图像, 而不仅仅只是针对一幅图像而言。

在本实施方式中, 应用上述的基于空谱域兴趣点的高空间分辨率高光谱图像的分类方法对一组高空间分辨率高光谱图像进行分类实验, 在学习码本时, 待学习码本的每幅图像提取 3500 个空谱域兴趣点用于聚类, 聚类后得到的词汇数设为 2500。重复进行 10 次分类实验我们得到如图 5 所示的分类结果。计算这 10 次实验的分类结果的均值和标准差, 可知, 这组高光谱图像分类的准确率为 $93.22 \pm 0.51(\%)$ 。

为了说明本发明提出的基于空谱域兴趣点的高空间分辨率高光谱图像的分类方法的有效性, 还提取了上述所有待分类高光谱图像的伪彩色图进行了二维图像的分类实验, 并计算其准确率。重复进行 10 次实验, 得到如图 6 所示的分类结果。计算这 10 次实验的分类结果的均值和标准差, 可得到分类的准确率为 $84.42 \pm 0.70(\%)$ 。

与图 5 相比, 图 6 中显示的高光谱图像的伪彩色图像分类的准确率远低于高光谱图像分类的准确率, 这充分说明了本发明提出的基于空谱域兴趣点的高空间分辨率高光谱图像的分类方法与系统的有效性以及准确性。

请参阅图 7，为本发明一实施方式中高光谱图像的分类方法的整体框架图。

本发明提供的一种高光谱图像的分类方法利用空谱域兴趣点可以有效利用空域和光谱域的信息进行图像分类，能有效对高光谱图像进行表示及分类，显著提高了高空间分辨率高光谱图像分类的准确性和效率。

请参阅图 8，所示为本发明一实施方式中高光谱图像的分类系统 10 的结构示意图。在本实施方式中，高光谱图像的分类系统 10 主要包括学习模块 11、训练模块 12 以及分类模块 13。该高光谱图像的分类系统 10，利用空谱域兴趣点可以有效利用空域和光谱域的信息进行图像分类，能有效对高光谱图像进行表示及分类，显著提高了高空间分辨率高光谱图像分类的准确性和效率。

其中，学习模块 11，用于通过码本学习方式获取码本。

在本实施方式中，学习模块 11 具体包括第一分块子模块 111、第一描述子模块 112 以及第一聚类子模块 113，如图 7 所示。

请参阅图 9，所示为本发明一实施方式中图 8 所示的学习模块 11 的内部结构示意图。

第一分块子模块 111，用于对待学习码本的高光谱图像进行图像分块。

在本实施方式中，第一分块子模块 111 具体的图像分块方法详见前述步骤 S111 中的相关记载，在此不做重复描述。

第一描述子模块 112，用于用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量。

在本实施方式中，第一描述子模块 112 具体的特征描述方法详见前述步骤 S112 中的相关记载，在此不做重复描述。

第一聚类子模块 113，用于利用预设聚类方法对获取的所有空谱域兴趣点的描述向量进行聚类以获取码本。

在本实施方式中，第一聚类子模块 113 具体的聚类方法详见前述步骤 S113

中的相关记载，在此不做重复描述。

请继续参阅图 8，训练模块 12，用于通过训练方式训练支持向量机分类器。

在本实施方式中，训练模块 12 具体包括第二分块子模块 121、第二描述子模块 122、第一编码子模块 123 以及第一训练子模块 124，如图 10 所示。

请参阅图 10，所示为本发明一实施方式中图 8 所示的训练模块 12 的内部结构示意图。

第二分块子模块 121，用于对待训练的支持向量机分类器的高光谱图像进行图像分块。

在本实施方式中，第二分块子模块 121 具体的图像分块方法详见前述步骤 S121 中的相关记载，在此不做重复描述。

第二描述子模块 122，用于用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量。

在本实施方式中，第二描述子模块 122 具体的特征描述方法详见前述步骤 S122 中的相关记载，在此不做重复描述。

第一编码子模块 123，用于基于获取到的所述码本，利用预设模型对每幅高光谱图像的空谱域特征集进行编码，以获取该图像的描述矢量。

在本实施方式中，第一编码子模块 123 具体的编码方法详见前述步骤 S123 中的相关记载，在此不做重复描述。

第一训练子模块 124，用于利用获取到的所述描述矢量训练支持向量机分类器。

在本实施方式中，第一训练子模块 124 具体的训练方法详见前述步骤 S124 中的相关记载，在此不做重复描述。

请继续参阅图 8，分类模块 13，用于利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果。

在本实施方式中，分类模块 13 具体包括第三分块子模块 131、第三描述子

模块 132、第二编码子模块 133 以及第一分类子模块 134，如图 11 所示。

请参阅图 11，所示为本发明一实施方式中图 8 所示的分类模块 13 的内部结构示意图。

第三分块子模块 131，用于将待分类的高光谱图像进行图像分块。

在本实施方式中，第三分块子模块 131 具体的图像分块方法详见前述步骤 S131 中的相关记载，在此不做重复描述。

第三描述子模块 132，用于用 m 个线程并行地提取待分类的高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量。

在本实施方式中，第三描述子模块 132 具体的特征描述方法详见前述步骤 S132 中的相关记载，在此不做重复描述。

第二编码子模块 133，用于基于获取到的所述码本，利用预设模型对待分类的高光谱图像中的空谱域兴趣点集进行编码，以获取该图像的描述矢量。

在本实施方式中，第二编码子模块 133 具体的编码方法详见前述步骤 S133 中的相关记载，在此不做重复描述。

第一分类子模块 134，用于利用训练好的所述支持向量机分类器对获取到的所述描述矢量进行分类，并输出分类结果。

在本实施方式中，第一分类子模块 134 具体的分类方法详见前述步骤 S134 中的相关记载，在此不做重复描述。

本发明提供一种高光谱图像的分类系统 10，利用空谱域兴趣点可以有效利用空域和光谱域的信息进行图像分类，能有效对高光谱图像进行表示及分类，显著提高了高空间分辨率高光谱图像分类的准确性和效率。

值得注意的是，上述实施例中，所包括的各个单元只是按照功能逻辑进行划分的，但并不局限于上述的划分，只要能够实现相应的功能即可；另外，各功能单元的具体名称也只是为了便于相互区分，并不用于限制本发明的保护范围。

另外，本领域普通技术人员可以理解实现上述各实施例方法中的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件来完成，相应的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，所述的存储介质，如 ROM/RAM、磁盘或光盘等。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种高光谱图像的分类方法，其特征在于，所述分类方法包括：
通过码本学习方式获取码本；
通过训练方式训练支持向量机分类器；
利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果。
2. 如权利要求 1 所述的高光谱图像的分类方法，其特征在于，所述通过码本学习方式获取码本的步骤具体包括：
对待学习码本的高光谱图像进行图像分块；
用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；
利用预设聚类方法对获取的所有空谱域兴趣点的描述向量进行聚类以获取码本。
3. 如权利要求 2 所述的高光谱图像的分类方法，其特征在于，所述通过训练方式训练支持向量机分类器的步骤具体包括：
对待训练的支持向量机分类器的高光谱图像进行图像分块；
用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；
基于获取到的所述码本，利用预设模型对每幅高光谱图像的空谱域特征集进行编码，以获取该图像的描述矢量；
利用获取到的所述描述矢量训练支持向量机分类器。
4. 如权利要求 3 所述的高光谱图像的分类方法，其特征在于，所述利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果的步骤具体包括：
将待分类的高光谱图像进行图像分块；
用 m 个线程并行地提取待分类的高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣

点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

基于获取到的所述码本，利用预设模型对待分类的高光谱图像中的空谱域兴趣点集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

利用训练好的所述支持向量机分类器对获取到的所述描述矢量进行分类，并输出分类结果。

5. 一种高光谱图像的分类系统，其特征在于，所述分类系统包括：

学习模块，用于通过码本学习方式获取码本；

训练模块，用于通过训练方式训练支持向量机分类器；

分类模块，用于利用所述码本和所述支持向量机分类器进行高光谱图像的分类，并输出分类结果。

6. 如权利要求 5 所述的高光谱图像的分类系统，其特征在于，所述学习模块包括：

第一分块子模块，用于对待学习码本的高光谱图像进行图像分块；

第一描述子模块，用于用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

第一聚类子模块，用于利用预设聚类方法对获取的所有空谱域兴趣点的描述向量进行聚类以获取码本。

7. 如权利要求 6 所述的高光谱图像的分类系统，其特征在于，所述训练模块包括：

第二分块子模块，用于对待训练的支持向量机分类器的高光谱图像进行图像分块；

第二描述子模块，用于用 m 个线程并行地提取每幅高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

第一编码子模块，用于基于获取到的所述码本，利用预设模型对每幅高光

谱图像的空谱域特征集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

第一训练子模块，用于利用获取到的所述描述矢量训练支持向量机分类器。

8. 如权利要求 7 所述的高光谱图像的分类系统，其特征在于，所述分类模块包括：

第三分块子模块，用于将待分类的高光谱图像进行图像分块；

第三描述子模块，用于用 m 个线程并行地提取待分类的高光谱图像中所有图像块的空谱域兴趣点，并对所有空谱域兴趣点进行特征描述，以获取每一个空谱域兴趣点的描述向量；

第二编码子模块，用于基于获取到的所述码本，利用预设模型对待分类的高光谱图像中的空谱域兴趣点集进行编码，以获取该图像的描述矢量；

第一分类子模块，用于利用训练好的所述支持向量机分类器对获取到的所述描述矢量进行分类，并输出分类结果。

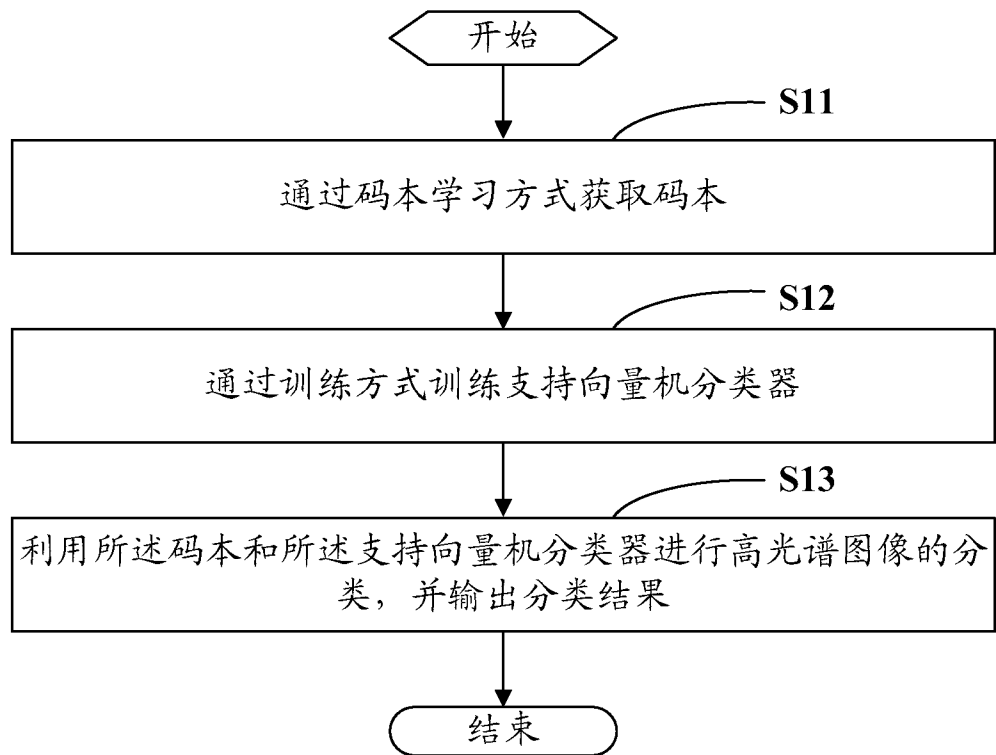


图 1

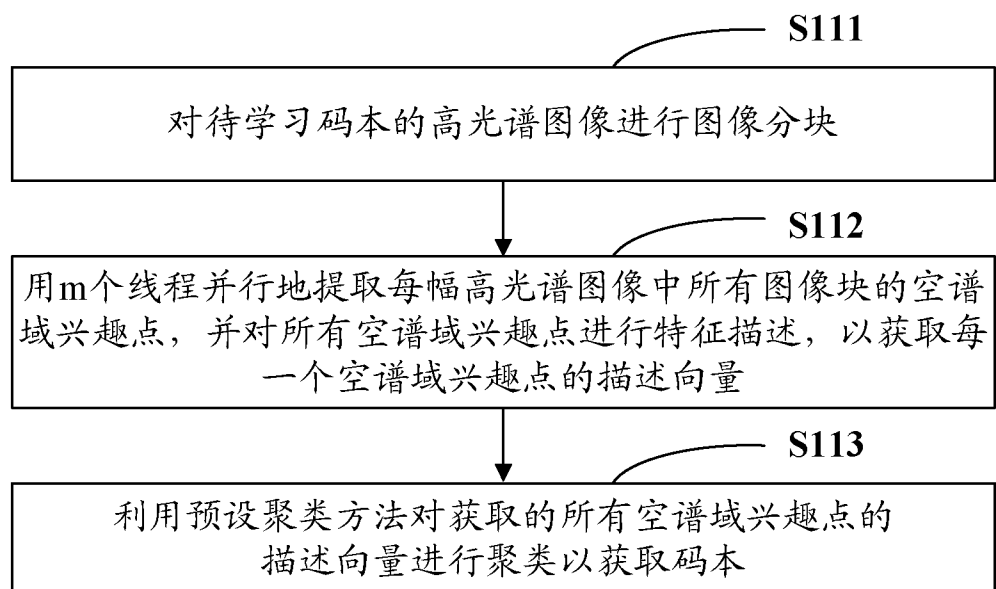


图 2

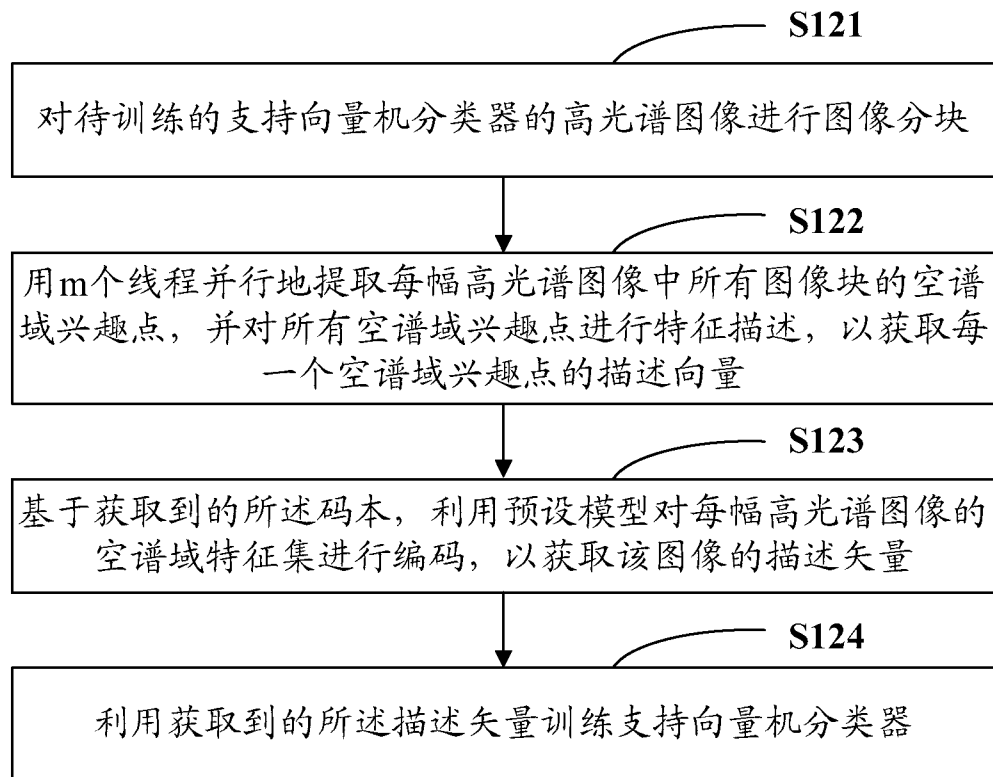


图 3

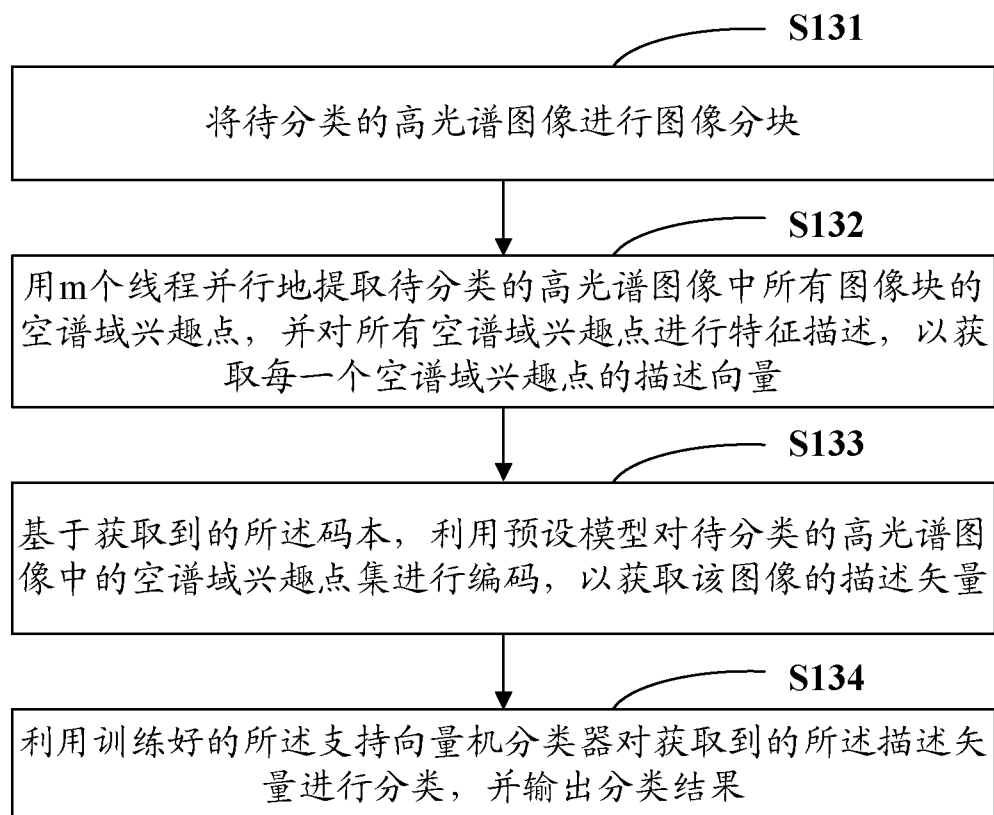


图 4

实验序号	分类准确率(%)
1	93.47
2	92.80
3	92.45
4	93.47
5	93.84
6	93.45
7	92.78
8	92.59
9	93.48
10	93.84
均值±标准差	93.22 ± 0.51

图 5

序号	分类准确率(%)
1	83.66
2	83.48
3	82.60
4	85.04
5	84.40
6	84.13
7	85.14
8	85.00
9	84.35
10	85.14
均值±标准差	84.42 ± 0.70

图 6

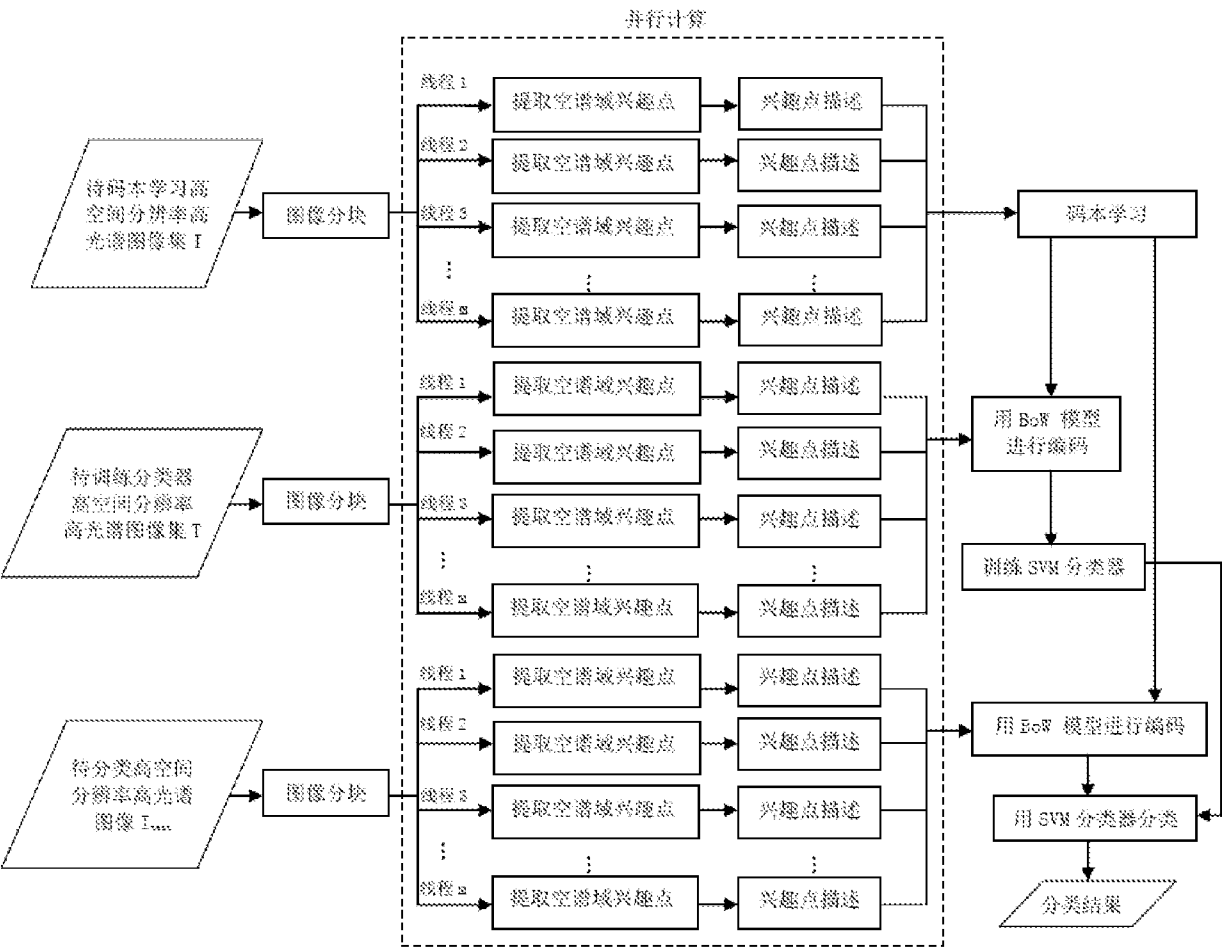


图 7

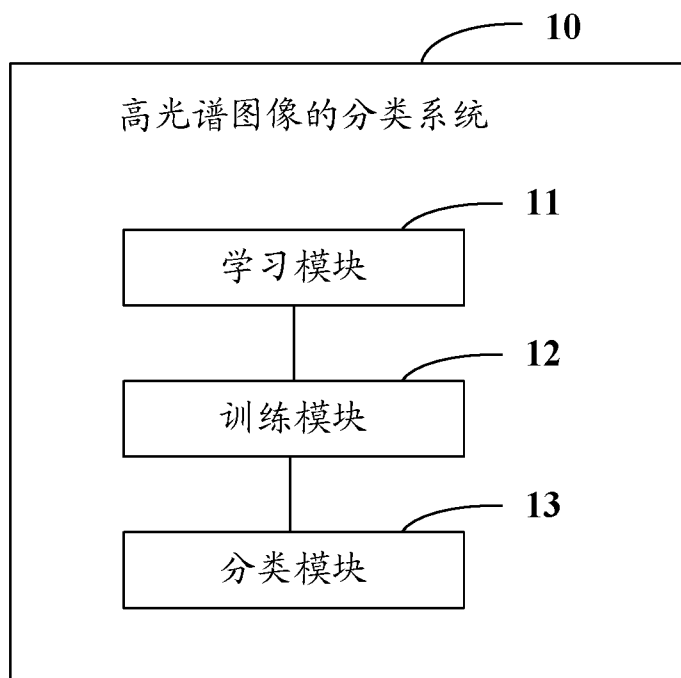


图 8

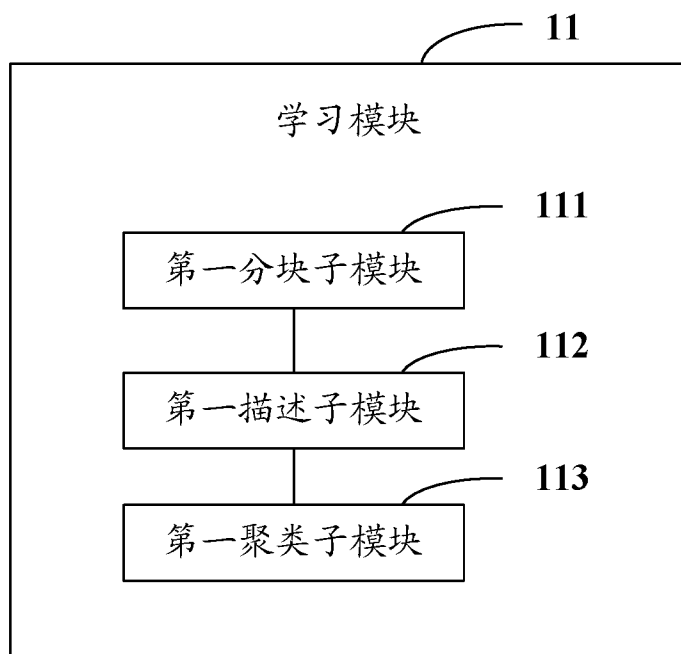


图 9

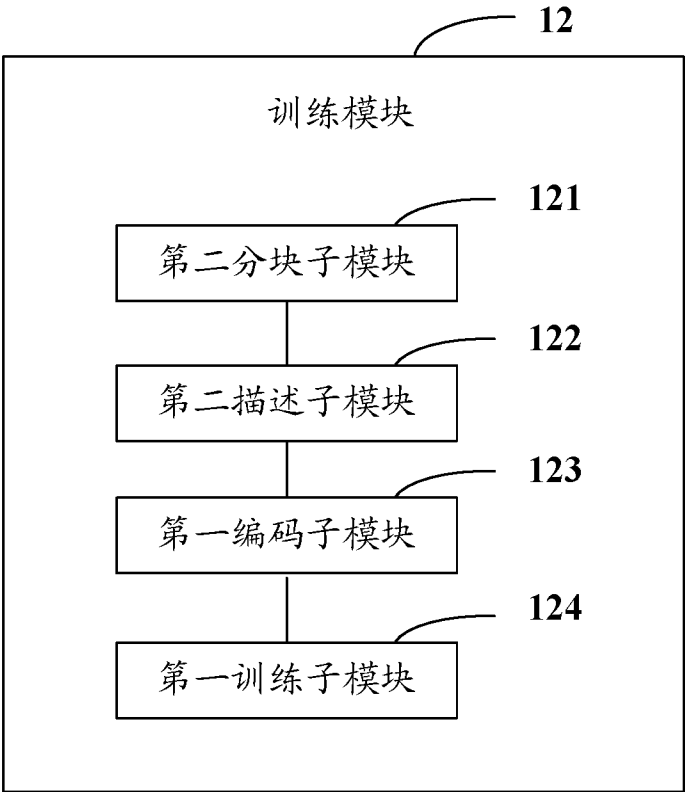


图 10

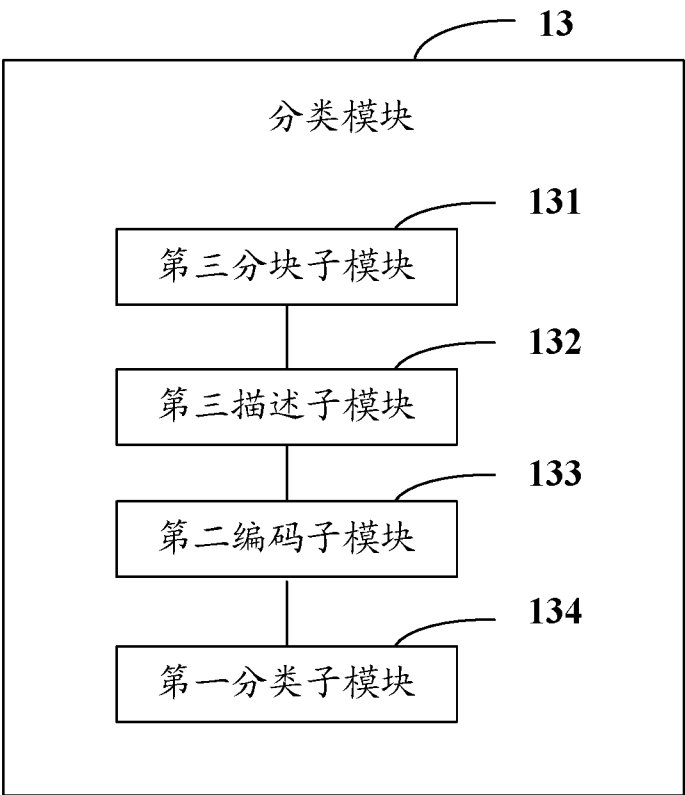


图 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/077976

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, EPODOC, WPI, CNKI, GOOGLE: spatial domain, support vector machine, hyperspectral, image, classification, codebook, train, spatial, svm, feature, cluster

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LI, Yanshan et al., "A Novel Visual Codebook Model Based on Fuzzy Geometry for Large-Scale Image Classification", PATTERN RECOGNITION, vol. 48, 04 March 2015 (04.03.2015), page 3125, section 1, pages 3127-3128, section 5, page 3130, section 6, and page 3133, section 8.2, and figure 1	1, 5
A	CN 102156871 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 17 August 2011 (17.08.2011), the whole document	1-8
A	CN 102156885 A (INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 17 August 2011 (17.08.2011), the whole document	1-8
A	CN 104021396 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 03 September 2014 (03.09.2014), the whole document	1-8
A	CN 103208011 A (XIDIAN UNIVERSITY), 17 July 2013 (17.07.2013), the whole document	1-8
A	US 8761510 B2 (NEC LABORATORIES AMERICA INC.), 24 June 2014 (24.06.2014), the whole document	1-8

☐ 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 16 December 2016 (16.12.2016)	Date of mailing of the international search report 29 December 2016 (29.12.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: 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 WANG, Ying Telephone No.: (86-10) 62414071

International application No.
PCT/CN2016/077976

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

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, EPDOC, WPI, CNKI, GOOGLE: 高光谱, 图像, 分类, 码本, 训练, 空域, 支持向量机, 特征, 聚类, hyperspectral, image, classification, codebook, train, spatial, svm, feature, cluster																							
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>X</td> <td>LI, Yanshan 等. "A novel visual codebook model based on fuzzy geometry for large-scale image classification" Pattern Recognition, 第48卷, 2015年 3月 4日 (2015 - 03 - 04), 第3125页第1节, 第3127-3128页第5节, 第3130页第6节, 第3133页第8.2节, 图1</td> <td>1, 5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102156871 A (中国科学院自动化研究所) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102156885 A (中国科学院自动化研究所) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104021396 A (哈尔滨工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103208011 A (西安电子科技大学) 2013年 7月 17日 (2013 - 07 - 17) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 8761510 B2 (NEC LABORATORIES AMERICA INC.) 2014年 6月 24日 (2014 - 06 - 24) 全文</td> <td>1-8</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	X	LI, Yanshan 等. "A novel visual codebook model based on fuzzy geometry for large-scale image classification" Pattern Recognition, 第48卷, 2015年 3月 4日 (2015 - 03 - 04), 第3125页第1节, 第3127-3128页第5节, 第3130页第6节, 第3133页第8.2节, 图1	1, 5	A	CN 102156871 A (中国科学院自动化研究所) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-8	A	CN 102156885 A (中国科学院自动化研究所) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-8	A	CN 104021396 A (哈尔滨工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 全文	1-8	A	CN 103208011 A (西安电子科技大学) 2013年 7月 17日 (2013 - 07 - 17) 全文	1-8	A	US 8761510 B2 (NEC LABORATORIES AMERICA INC.) 2014年 6月 24日 (2014 - 06 - 24) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
X	LI, Yanshan 等. "A novel visual codebook model based on fuzzy geometry for large-scale image classification" Pattern Recognition, 第48卷, 2015年 3月 4日 (2015 - 03 - 04), 第3125页第1节, 第3127-3128页第5节, 第3130页第6节, 第3133页第8.2节, 图1	1, 5																					
A	CN 102156871 A (中国科学院自动化研究所) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-8																					
A	CN 102156885 A (中国科学院自动化研究所) 2011年 8月 17日 (2011 - 08 - 17) 全文	1-8																					
A	CN 104021396 A (哈尔滨工业大学) 2014年 9月 3日 (2014 - 09 - 03) 全文	1-8																					
A	CN 103208011 A (西安电子科技大学) 2013年 7月 17日 (2013 - 07 - 17) 全文	1-8																					
A	US 8761510 B2 (NEC LABORATORIES AMERICA INC.) 2014年 6月 24日 (2014 - 06 - 24) 全文	1-8																					
☐ 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 2016年 12月 16日		国际检索报告邮寄日期 2016年 12月 29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		受权官员 王莹 电话号码 (86-10) 62414071																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/077976

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	102156871	A	2011年 8月 17日	CN	102156871 B 2012年 12月 12日
CN	102156885	A	2011年 8月 17日	CN	102156885 B 2014年 3月 26日
CN	104021396	A	2014年 9月 3日	无	
CN	103208011	A	2013年 7月 17日	CN	103208011 B 2016年 1月 13日
US	8761510	B2	2014年 6月 24日	US	2013129199 A1 2013年 5月 23日