

(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 5 月 3 日 (03.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/076138 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06K 9/62 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/103070
- (22) 国际申请日: 2016 年 10 月 24 日 (24.10.2016)
- (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 518060 (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 518060 (CN)。徐健杰(XU, Jianjie); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。黄庆华(HUANG, Qinghua); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。夏荣杰(XIA, Rongjie); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。谢维信(XIE, Weixin); 中国广东省深圳市南山区

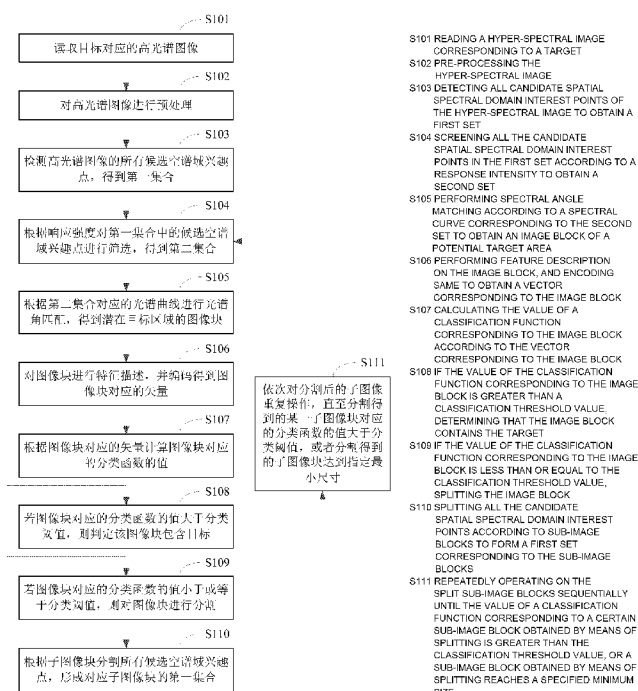
南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。刘鹏(LIU, Peng); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。

(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, 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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) Title: TARGET DETECTION METHOD AND APPARATUS BASED ON LARGE-SCALE HIGH-RESOLUTION HYPER-SPECTRAL IMAGE

(54) 发明名称: 基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法及装置



(57) Abstract: A target detection method and apparatus based on a large-scale high-resolution hyper-spectral image. The method comprises: reading a hyper-spectral image corresponding to a target (S101); pre-processing the hyper-spectral image (S102); detecting all candidate spatial spectral domain interest points of the hyper-spectral image to obtain a first set (S103); screening all the candidate spatial spectral domain interest points in the first set according to a response intensity to obtain a second set (S104); performing spectral angle matching according to a spectral curve corresponding to the second set to obtain an image block of a potential target area (S105); performing feature description on the image block, and encoding same to obtain a vector corresponding to the image block (S106); calculating the value of a classification function corresponding to the vector corresponding to the image block (S107); if the value of the classification function corresponding to the image block is greater than a classification threshold value, determining that the image block contains the target (S108); if the value of the classification function corresponding to the image block is less than or equal to the classification threshold value, splitting the image block (S109); splitting all the candidate spatial spectral

(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))。

domain interest points according to sub-image blocks to form a first set corresponding to the sub-image blocks (S110); and repeatedly operating on the split sub-image blocks sequentially until the value of a classification function corresponding to a certain sub-image block obtained by means of splitting is greater than the classification threshold value, or a sub-image block obtained by means of splitting reaches a specified minimum size (S111). The detection effect in target detection of a high-resolution hyper-spectral image can be improved.

(57) 摘要: 一种基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法及装置。该方法包括: 读取目标对应的高光谱图像(S101); 对高光谱图像进行预处理(S102); 检测高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点, 得到第一集合(S103); 根据响应强度对第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选, 得到第二集合(S104); 根据第二集合对应的光谱曲线进行光谱角匹配, 得到潜在目标区域的图像块(S105); 对图像块进行特征描述, 并编码得到图像块对应的矢量(S106); 根据图像块对应的矢量计算图像块对应的分类函数的值(S107); 若图像块对应的分类函数的值大于分类阈值, 则判定图像块包含目标(S108); 若图像块对应的分类函数的值小于或等于分类阈值, 则对图像块进行分割(S109); 根据子图像块分割所有候选空谱域兴趣点, 形成对应子图像块的第一集合(S110); 依次对分割后的子图像重复操作, 直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于分类阈值, 或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸(S111)。能够提高高分辨率的高光谱图像的目标探测中的探测效果。

基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法及装置

技术领域

本发明属于信息技术领域，尤其涉及基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法及装置。

背景技术

高光谱图像相对于灰度图、RGB（Red，红；Green，绿；Blue，蓝）彩色图，包含了空间和光谱信息，数据量大，在检测伪装和隐蔽的军事目标，以及在民用搜救探测目标等方面都有重要的作用。随着高光谱技术的发展，目前的高光谱图像呈现出高空间分辨率的特点，地物目标在高光谱图像上具有丰富的纹理和结构信息，其包含的光谱信息也非常复杂与丰富。现有的高光谱图像目标探测算法主要采用光谱信息进行目标探测，包括正交子空间投影（Orthogonal Subspace Projection, OSP）、广义似然比探测（Generalized Likelihood Ratio Test, GLRT）、约束能量最小化算法（Constrained Energy Minimization, CEM）、自适应余弦估计算法（Adaptive Cosine Estimator, ACE）、RX 异常探测算法（Reed-X Detector, RXD）等。这些算法普遍适用于低空间分辨率的卫星遥感高光谱图像。现有的高光谱图像目标探测算法主要是利用像元的光谱信息，它们在高分辨率的高光谱图像的目标探测中的探测效果较差。

发明内容

鉴于此，本发明实施例提供了一种基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法及装置，以解决现有技术高分辨率的高光谱图像的目标探测中的探测效果较差的问题。

第一方面，本发明实施例提供了一种基于大尺度高分辨率高光谱图像的目

标探测方法，包括：

读取目标对应的高光谱图像；

对所述高光谱图像进行预处理；

检测经过预处理的所述高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点，得到第一集合；

根据响应强度对所述第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选，得到第二集合；

根据所述第二集合对应的光谱曲线进行光谱角匹配，得到潜在目标区域的图像块；

对所述图像块进行特征描述，并编码得到所述图像块对应的矢量；

根据所述图像块对应的矢量计算所述图像块对应的分类函数的值；

若所述图像块对应的分类函数的值大于分类阈值，则判定所述图像块包含所述目标；

若所述图像块对应的分类函数的值小于或等于所述分类阈值，则对所述图像块进行分割，直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于所述分类阈值，或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸。

第二方面，本发明实施例提供了一种基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测装置，包括：

读取模块，用于读取目标对应的高光谱图像；

预处理模块，用于对所述高光谱图像进行预处理；

检测模块，用于检测经过预处理的所述高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点，得到第一集合；

筛选模块，用于根据响应强度对所述第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选，得到第二集合；

光谱角匹配模块，用于根据所述第二集合对应的光谱曲线进行光谱角匹配，得到潜在目标区域的图像块；特征描述模块，用于对所述图像块进行特征描述，

并编码得到所述图像块对应的矢量；

计算模块，用于根据所述图像块对应的矢量计算所述图像块对应的分类函数的值；

目标判定模块，用于若所述图像块对应的分类函数的值大于分类阈值，则判定所述图像块包含所述目标；

分割模块，用于若所述图像块对应的分类函数的值小于或等于所述分类阈值，则对所述图像块进行分割，直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于所述分类阈值，或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸。

本发明实施例与现有技术相比存在的有益效果是：本发明实施例通过运用空谱域结合提取兴趣点，对高光谱图像进行分割，使空谱域兴趣点相分离，并通过描述、编码、分类实现目标物的快速识别定位，从而能够提高高分辨率的高光谱图像的目标探测中的探测效果。

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性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 示出本发明实施例提供的基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法的实现流程图；

图 2 示出本发明实施例中高光谱图像中某点的原始光谱曲线和采样频率为原始光谱曲线的 1/3 的光谱曲线的示意图；

图 3 示出了本发明实施例中四叉树分割的示意图；

图 4 示出本发明实施例提供的基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法采用的整体框架的示意图；

图 5 至图 8 示出在不同场景下采用本发明实施例的基于大尺度高分辨率高

光谱图像的目标探测方法与采用其他算法的效果示意图；

图 9 示出本发明实施例提供的就高光谱图像的目标探测装置的结构框图。

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。

图 1 示出本发明实施例提供的基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法的实现流程图。如图 1 所示，该方法包括：

在步骤 S101 中，读取目标对应的高光谱图像。

该高光谱图像可以为一大尺度高分辨率的高光谱图像，例如，该高光谱图像的尺寸可以为 $M \times N \times B_1$ ，其中， M 表示高光谱图像的行数， N 表示高光谱图像的列数， B_1 表示高光谱图像的原波段数。

在步骤 S102 中，对高光谱图像进行预处理。

在一种可能的实现方式中，对高光谱图像进行预处理，包括：对高光谱图像进行波段采样处理。在该实现方式中，为了使该基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法具有一定的实时性，可以对原始的高光谱图像进行波段采样处理。例如，采样间隔可以为 k ，经过波段采样处理后的高光谱图像的尺寸可以为 $M \times N \times B_2$ ，其中， B_2 表示高光谱图像的采样后的波段数。

$B_2 = \{1, 1+k, 1+2k, \dots, B_{\max}\}, B_{\max} \leq B_1$ ，其中， $B_{\max}$ 表示 B_2 的最大波段数。

图 2 示出本发明实施例中高光谱图像中某点的原始光谱曲线和采样频率为原始光谱曲线的 1/3 的光谱曲线的示意图。在图 2 中，横轴为波长，纵轴为传感器记录的原始辐射值（Digital Number）。由图 2 可以看出，在采样后的光谱曲线中，光谱域的维度大大减少，数据量也随之大大减少。在采用后的光谱曲线中，在降低数据量的同时保留了光谱信息，这样为快速检测时空兴趣点提供了基础。

在步骤 S103 中,检测经过预处理的高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点,得到第一集合。

在本发明实施例中,空谱域兴趣点可以指整个高光谱立方块中像素值发生剧烈变化的点。在本发明实施例中,可以在预处理之前,提取高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点。假设 p_j 表示第 j 个候选空谱域兴趣点, v_j 表示第 j 个候选空谱域兴趣点对应的响应强度, p_j 到 v_j 为一一映射关系, $G: p_j \rightarrow v_j$ 。根据所有候选空谱域兴趣点可以构建第一集合 $P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_m | G(p_x) \geq G(p_{x+1})\}$, 其中, P 表示第一集合, $x \in \{1, 2, 3, \dots, m-1\}$, m 表示高光谱图像中候选空谱域兴趣点的总个数。

在步骤 S104 中,根据响应强度对第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选,得到第二集合。

由于候选空谱域兴趣点的数据量非常大,因此可以对第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选,得到第二集合,并采用第二集合对高光谱图像进行表示,以提高目标探测的效率。例如,可以用 F_n 表示对第一集合取前 n 个元素构成新的子集,并可以用 $\dot{P}$ 表示高光谱图像的子集, $\dot{P} = F_n(P) = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\}$ 。其中, $\dot{P}$ 表示第二集合, $n < m$ 。通常, m 远远大于 n 。

在一种可能的实现方式中,根据响应强度对第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选,得到第二集合,包括:从第一集合中筛选出响应强度最大的前 n 个候选空谱域兴趣点,得到第二集合,其中, n 为正整数。

在步骤 S105 中,根据第二集合对应的光谱曲线进行光谱角匹配,得到潜在目标区域的图像块。

在一种可能的实现方式中,该方法还包括:采用目标对应的光谱曲线集合与候选空谱域兴趣点对应的光谱曲线进行光谱角匹配,以排除非潜在目标区域的图像块。例如,光谱角相似度阈值可以为 h 。在该实现方式中,为了提高运算效率,减少后续的计算量。首先可以采用目标对应的光谱曲线集合与候选空谱域兴趣点对应的光谱曲线进行光谱角匹配,计算采样后的高光谱图像的候选

空谱域兴趣点与目标对应的光谱曲线集合的光谱角相似度,再使用该相似度与设定的光谱角相似度阈值 h 进行比较,若该相似度低于光谱角相似度阈值 h ,则判定该图像块有可能存在目标,否则排除该图像块。在步骤 S106 中,对图像块进行特征描述,并编码得到图像块对应的矢量。

作为本发明实施例的一个示例,可以采用 3D SIFT 对 p_j 进行描述形成 q_j , $j \in \{1,2,3,\dots,m\}$, p_j 与 q_j 之间的映射关系可以用 H 表示为 $H: p_j \rightarrow q_j$ 。对第二集合 $\dot{P}$ 进行描述,形成描述集合 $\dot{Q} \in \mathbb{R}^{640n}$, $\dot{Q} = H(\dot{P}) = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_n\}$ 。对每个图像立方块得到的描述集合进行词袋模型 (BoW) 编码形成统计分布直方图,可以得到各个图块像对应的矢量。

在步骤 S107 中,根据图像块对应的矢量计算图像块对应的分类函数的值。

作为本发明实施例的一个示例,在得到各个图像块对应的矢量后,可以用得到的矢量对高光谱图像进行表示,并可以采用 SVM (Support Vector Machine, 支持向量机) 分类器进行分类。假设一图像块对应的矢量为 X , 则判别目标物的分类函数可以为 $f(X) = w^T X + b$, 其中, w 向量和 b 向量为 SVM 分类器对大量目标物样本训练后得到的向量。

在步骤 S108 中,若图像块对应的分类函数的值大于分类阈值,则判定该图像块包含目标。

例如,分类阈值可以为 Td 。若 $f(X) \geq Td$, 则判定矢量 X 对应的图像块包含目标,否则采用四叉树分割方法对当前图像进行分割。

在步骤 S109 中,若图像块对应的分类函数的值小于或等于分类阈值,则对图像块进行分割。

在一种可能的实现方式中,对图像块进行分割,包括:对图像块进行四叉树分割。需要说明的是,在该实现方式中,高光谱图像的四叉树分割是在空域上进行的。与一般的四叉树分割不同的是,由于图像空域方向的分割块大小不同对兴趣点的提取影响不大,所以不需要进行图像的填充使行列都为 2 的 n 次方。例如,假设高光谱图像的尺寸为 $M \times N \times B$, 其中 M 为行数, N 为列数, B

为波段数。在分割时，根据 M 和 N 奇偶性，做以下分割：

$$R_i = \left[\frac{M_0}{2} + M_i \bmod 2 \right] \times \left[\frac{N_0}{2} + N_i \bmod 2 \right] \times B \quad i \in \{1, 2, 3, 4\}$$

$$M_i = \begin{cases} 0, i=1, 2 \\ M, i=0 \cap M \in \text{偶数}, 3, 4 \\ M-1, i=0 \cap M \in \text{奇数} \end{cases}$$

$$N_i = \begin{cases} 0, i=1, 3 \\ N, i=0 \cap N \in \text{偶数}, 2, 4 \\ N-1, i=0 \cap N \in \text{奇数} \end{cases}$$

其中， R_i 为分割子立方块，四叉树分割方法目标是使大环境下的高光谱图像块所包含的目标物越少，特征映射后所属类的评分会越高。

在步骤 S110 中，根据子图像块分割所有候选空谱域兴趣点，形成对应子图像块的第一集合。

在一种可能的实现方式中，对高光谱图像进行四叉树分割后， P_i 为 R_i 区域的候选点集，表示为 $P_i = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_{y_i} | G(p_z) \geq G(p_{z+l})\}$ ，其中， y_i 为对应子立方块 R_i 的候选空谱域兴趣点的数量的最大值， $z \in \{1, 2, 3, \dots, y_i-1\}$ 。同时， $\dot{Q}$ 也形成四个子集 $\dot{Q}_i$ ，表示为 $\dot{Q}_i = \{q_j | q_j \in \dot{Q} \cap q_j \in H(P_i)\}$ 。在分割后的子立方块中继续选取 n 个候选空谱域兴趣点形成集合 P'_i ，该集合 P'_i 用于表示高光谱图像， P'_i 可以表示为 $P'_i = F_n(P_i)$ ，则对应的图像块的特征描述集 Q_i 可以表示为 $Q_i = \dot{Q}_i \cup (H(P'_i - \dot{P}_i))$ ，新形成的图像块特征描述集中，不需要对 n 个候选空谱域兴趣点进行描述，而只需运算 $H(P'_i - \dot{P}_i)$ 部分即可， $\dot{Q}_i$ 则从父图像继承。

在步骤 S111 中，依次对分割后的子图像重复操作，直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于分类阈值，或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸。

在一种可能的实现方式中，在根据图像块对应的矢量计算图像块对应的分类函数的值之后，该方法还包括：若子图像块对应的分类函数的值小于或等于分类阈值，则继续对该子图像块进行四叉树分割，直至分割得到的某一子图像

块对应的分类函数的值大于分类阈值或者达到指定最小尺寸便停止分割。

将原始高光谱图像的数据作为根节点，依次递归分割为四个子立方块，直到满足条件 $f(X) \geq Td$ 则停止分割。 $f(X)$ 为高光谱图像经过基于空谱域提取的兴趣点和特征描述后的 BoW 模型编码的特征映射对应目标物的分类函数，Td 为分类阈值。需要说明的是，由于选择的候选空谱域兴趣点可能包含其他目标物，会影响 $f(X)$ 的值，若仅含有一种目标物，则经过计算后，得到的所属目标物的 $f(X)$ 较大。

图 3 示出了本发明实施例中四叉树分割的示意图。如图 3 所示，假设原始高光谱图像输入时序号为 0，对依次分割的子立方块进行编码，序号长度越长代表树的深度越深，子图像块的尺寸则越小。

需要说明的是，一般目标物会由较小的图像块组成，经过分类函数判定后的图像会有错误分类的现象，需要进行一定的后处理。例如，通过寻找确定为目标图像块的质心，可以计算出目标物的质心。假设目标物的质心为 C，各个图像块的质心为 C_α ，则 $C = \frac{1}{\beta} \sum_{\alpha=1}^{\beta} C_\alpha$ ，其中， β 为确定目标后图像块的个数，求出质心后，便可以确定目标物所在的位置，从而可以采用预先设定好大小形状的图形方框进行定位。

图 4 示出本发明实施例提供的基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法采用的整体框架的示意图。如图 4 所示，作为本发明实施例的一个示例，可以首先在高光谱图像对应的立方体里提取候选空谱域兴趣点，根据候选空谱域兴趣点对应的光谱曲线快速排除非潜在目标区域，对疑似目标区域进行特征描述，接着采用 BoW 进行图像编码，并用 SVM 分类器对其进行分类，如果被判为目标则该块目标探测结束，否则继续用四叉树分割方法对图像进行划分，并重复上述步骤，如此迭代至条件成立为止。

应理解，在本发明实施例中，上述各过程的序号的大小并不意味着执行顺

序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

本发明实施例通过运用空谱域结合提取兴趣点，对高光谱图像进行分割，使空谱域兴趣点相分离，并通过描述、编码、分类实现目标物的快速识别定位，从而能够提高高分辨率的高光谱图像的目标探测中的探测效果。

为了更直观地示出本发明实施例在基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测中的效果，以下示出了实验结果。本实验使用的高光谱图像来自型号为 Image- λ -V10E-HR 的高光谱相机，ZOLIX INSTRUMENTS CO.,LTD.，有 728 个波段，波长范围从 362.05~1002.47nm，空间分辨为 2.9cm/像素，光谱分辨率达到了 0.88nm。本实验以探测汽车为目标为例，设定 F_n 中的 n 值为 100，分类阈值 T_d 为 1.1，光谱角相似度阈值 h 为 0.19，采样间隔 k 为 3。在不同场景下的情况进行实验，并对比本实施例提供的基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法与传统的 RXD，CEM，ACE 等算法。图 5~图 8 设置了不同的场景，其中图(a)为原始高光谱图像，图(b)为本实施例的实验结果，图(c)~图(f)中图像上的黑色点为目标物，图(c)为使用阈值 300 使探测结果二值化 RXD 算法的结果，图(d)为使用阈值 0.2 使探测结果二值化 CEM 算法的结果，图(e)为使用阈值 0.08 使探测结果二值化 ACE 算法的结果，图(f)为使用阈值 0.2 使探测结果二值化 MF 算法的结果；RXD 探测不需要先验知识，图 5~图 7 中 CEM、ACE 和 MF 探测均取汽车车前盖某点的光谱曲线作为先验知识进行探测，而图 8 则取位置在上边的车的车顶某点的光谱曲线作为先验知识进行探测。

如图 5 所示，场景一中有白色汽车，树，道路和路灯，采用本实施例能准确探测出汽车的位置，RXD 算法、CEM 和 MF 除了探测到汽车外，还有路灯也被认定为目标物，而 ACE 没能准确探测到。

如图 6 所示，场景二中有黑色汽车，道路，人行道和土壤，采用本实施例能较好地标识出汽车的位置。对于黑色汽车，RXD、CEM、MF 探测不出汽车，而 ACE 探测的目标比较集中在黑色汽车位置，但效果较差。

如图 7 所示, 场景三中有白色汽车, 道路, 人行道和土壤, 相比于场景一最大的不同是更换了背景, 但采用本实施例仍能较好地探测出汽车。探测结果与场景一相似, RXD 算法探测把其他非目标物质标注出来, CEM 算法和 MF 算法能大致探测出目标物, 而 ACE 算法效果较差。

如图 8 所示, 场景四中有三辆不同颜色的汽车, 道路和植被, RXD 算法探测的结果除了汽车外还有其他非汽车目标, CEM 算法和 MF 算法探测出上边车辆的结果比较明显, 其他两辆车也能探测出, 但效果比较不明显。而 ACE 算法只能探测出上边的车辆, 其他两辆车均不能明显探测出来。

根据 RXD 的原理知, 存在异常目标时, 相应的能量会比较小, 计算的结果会是比较大的值, 当目标与背景差异较大时探测结果较为理想, 其算法最大的优点是不需要目标先验知识。ACE 需知道样本协方差阵, 需估计所有目标样本像元的协方差阵, 当目标像元在高光谱图像较少时, 对该估计值影响较小, 但本实验的目标较大, 影响了检测效果, ACE 对少量目标探测效果会好点。CEM、MF 都是需要先验目标知识, 通过抑制背景探测目标, 两种方法也是对小目标探测最为有效。

本发明实施例很好地适用在大尺度高分辨率高光谱图像的场景下, 这是由于检测特征点的方法结合了空间和谱间的信息, 使高光谱图像提供的信息量最大化, 探测前期事先训练目标物的 SVM 模型, 用四叉树方法把特征描述划分, 根据描述区分图像块的性质, 这样能够精确地探测目标物。

图 9 示出本发明实施例提供的就高光谱图像的目标探测装置的结构框图。为了便于说明, 在图 9 中仅示出了与本发明实施例相关的部分。

如图 9 所示, 该装置包括: 读取模块 90, 用于读取目标对应的高光谱图像; 预处理模块 91, 用于对所述高光谱图像进行预处理; 检测模块 92, 用于检测经过预处理的所述高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点, 得到第一集合; 筛选模块 93, 用于根据响应强度对所述第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选, 得到第二集合; 光谱角匹配模块 94, 用于根据所述第二集合对应的光谱曲线进

行光谱角匹配，得到潜在目标区域的图像块；特征描述模块 95，用于对所述图像块进行特征描述，并编码得到所述图像块对应的矢量；计算模块 96，用于根据所述图像块对应的矢量计算所述图像块对应的分类函数的值；目标判定模块 97，用于若所述图像块对应的分类函数的值大于分类阈值，则判定所述图像块包含所述目标；分割模块 98，用于若所述图像块对应的分类函数的值小于或等于所述分类阈值，则对所述图像块进行分割，直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于所述分类阈值，或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸。

在一种可能的实现方式中，所述筛选模块 93 具体用于：从所述第一集合中筛选出响应强度最大的前 n 个候选空谱域兴趣点，得到第二集合，其中， n 为正整数。

在一种可能的实现方式中，所述装置还包括：光谱角匹配模块 94 还用于：采用所述目标对应的光谱曲线集合与候选空谱域兴趣点对应的光谱曲线进行光谱角匹配，以排除非潜在目标区域的图像块。

在一种可能的实现方式中，所述分割模块 98 具体用于：对所述图像块进行四叉树分割。

本发明实施例通过运用空谱域结合提取兴趣点，对高光谱图像进行分割，使空谱域兴趣点相分离，并通过描述、编码、分类实现目标物的快速识别定位，从而能够提高高分辨率的高光谱图像的目标探测中的探测效果。

本领域普通技术人员可以意识到，结合本文中所公开的实施例描述的各示例的模块及算法步骤，能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行，取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能，但是这种实现不应认为超出本发明的范围。

所属领域的技术人员可以清楚地了解到，为描述的方便和简洁，上述描述的装置和模块的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此

不再赘述。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块的划分，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，例如多个模块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，模块的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的模块可以是或者也可以不是物理上分开的，作为模块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。

另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

所述功能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，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（可以是个人计算机，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、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。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到

变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应所述以权利要求的保护范围为准。

权利要求书

1、一种基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测方法，其特征在于，包括：

读取目标对应的高光谱图像；

对所述高光谱图像进行预处理；

检测经过预处理的所述高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点，得到第一集合；

根据响应强度对所述第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选，得到第二集合；

根据所述第二集合对应的光谱曲线进行光谱角匹配，得到潜在目标区域的图像块；

对所述图像块进行特征描述，并编码得到所述图像块对应的矢量；

根据所述图像块对应的矢量计算所述图像块对应的分类函数的值；

若所述图像块对应的分类函数的值大于分类阈值，则判定所述图像块包含所述目标；

若所述图像块对应的分类函数的值小于或等于所述分类阈值，则对所述图像块进行分割，直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于所述分类阈值，或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据响应强度对所述第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选，得到第二集合，包括：

从所述第一集合中筛选出响应强度最大的前 n 个候选空谱域兴趣点，得到第二集合，其中， n 为正整数。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

采用所述目标对应的光谱曲线集合与候选空谱域兴趣点对应的光谱曲线进行光谱角匹配，以排除非潜在目标区域的图像块。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对所述图像块进行分割，包括：对所述图像块进行四叉树分割。

5、一种基于大尺度高分辨率高光谱图像的目标探测装置，其特征在于，包括：

读取模块，用于读取目标对应的高光谱图像；

预处理模块，用于对所述高光谱图像进行预处理；

检测模块，用于检测经过预处理的所述高光谱图像的所有候选空谱域兴趣点，得到第一集合；

筛选模块，用于根据响应强度对所述第一集合中的候选空谱域兴趣点进行筛选，得到第二集合；

光谱角匹配模块，用于根据所述第二集合对应的光谱曲线进行光谱角匹配，得到潜在目标区域的图像块；特征描述模块，用于对所述图像块进行特征描述，并编码得到所述图像块对应的矢量；

计算模块，用于根据所述图像块对应的矢量计算所述图像块对应的分类函数的值；

目标判定模块，用于若所述图像块对应的分类函数的值大于分类阈值，则判定所述图像块包含所述目标；

分割模块，用于若所述图像块对应的分类函数的值小于或等于所述分类阈值，则对所述图像块进行分割，直至分割得到的某一子图像块对应的分类函数的值大于所述分类阈值，或者分割得到的子图像块达到指定最小尺寸。

6、根据权利要求 5 所述的装置，其特征在于，所述筛选模块具体用于：

从所述第一集合中筛选出响应强度最大的前 n 个候选空谱域兴趣点，得到第二集合，其中， n 为正整数。

7、根据权利要求 5 所述的装置，其特征在于，所述光谱角匹配模块还用于：

采用所述目标对应的光谱曲线集合与候选空谱域兴趣点对应的光谱曲线

进行光谱角匹配，以排除非潜在目标区域的图像块。

- 8、根据权利要求 5 所述的装置，其特征在于，所述分割模块用于：
对所述图像块进行四叉树分割。

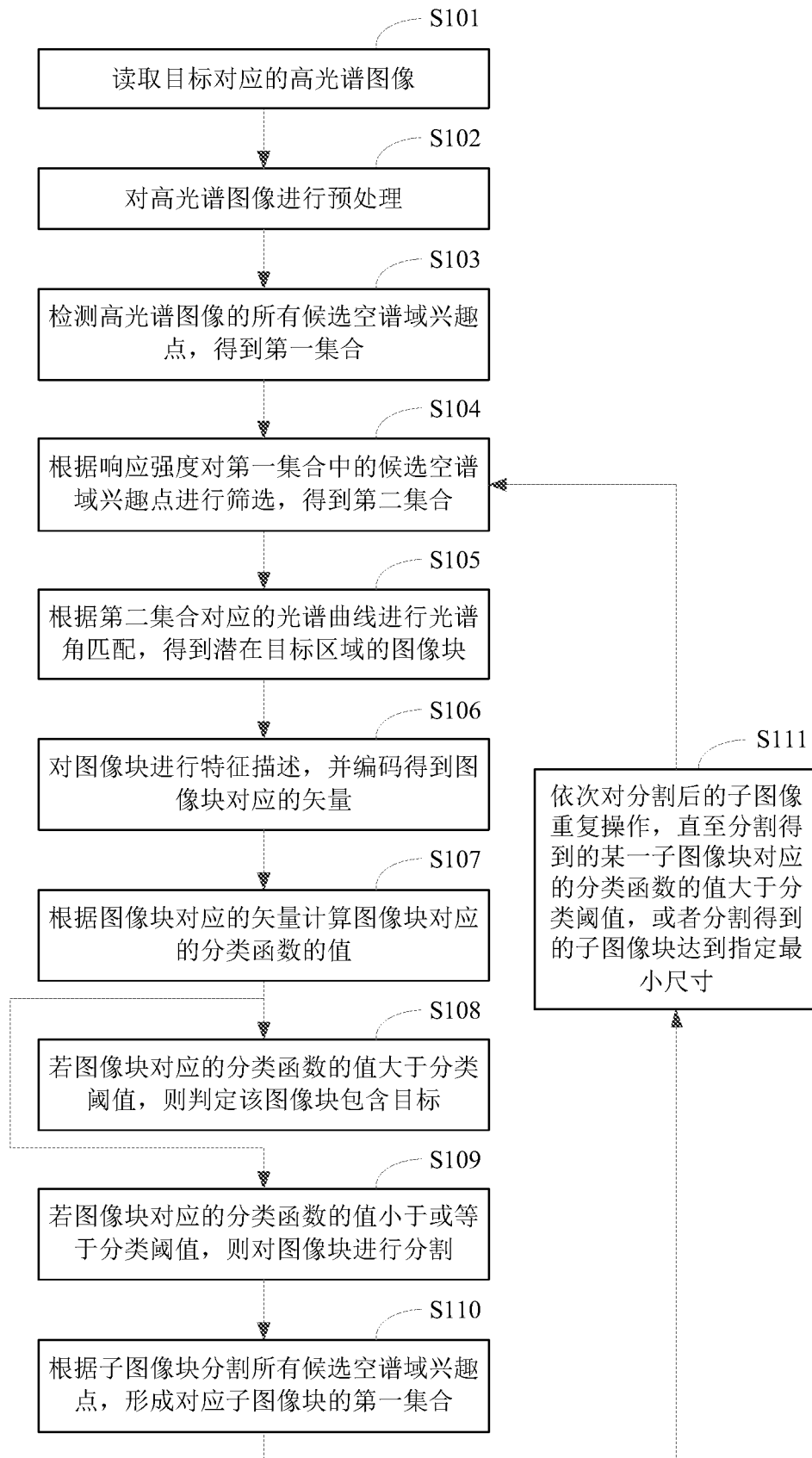


图 1

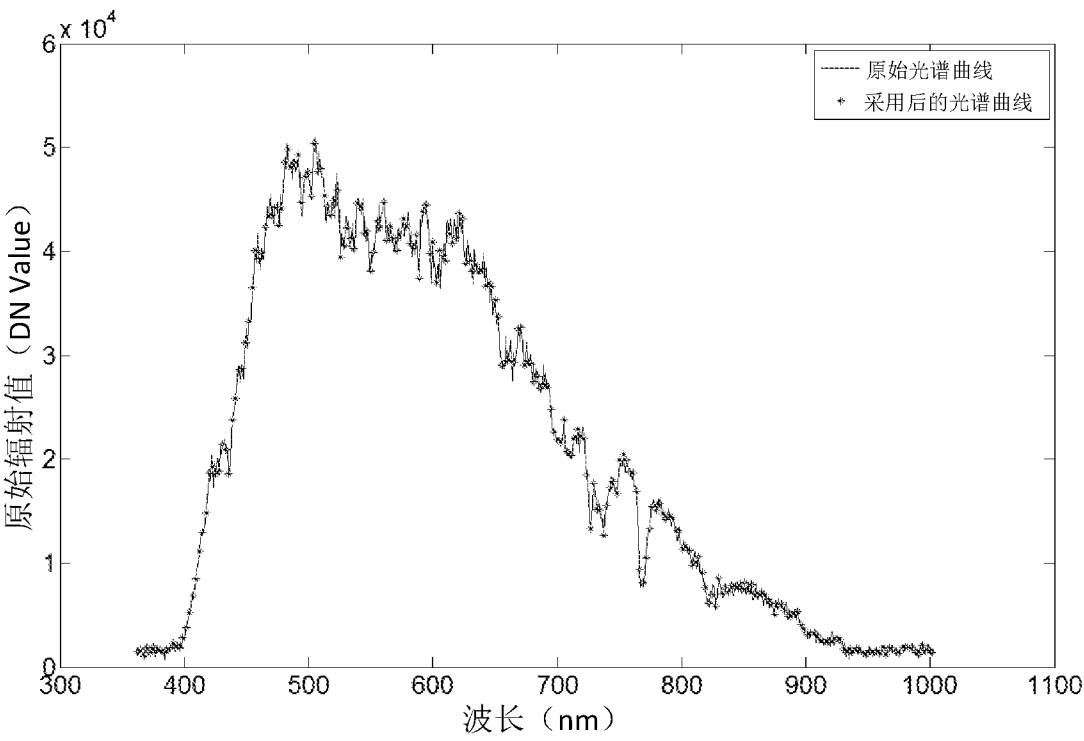


图 2

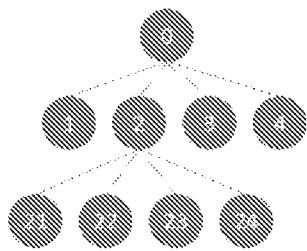


图 3

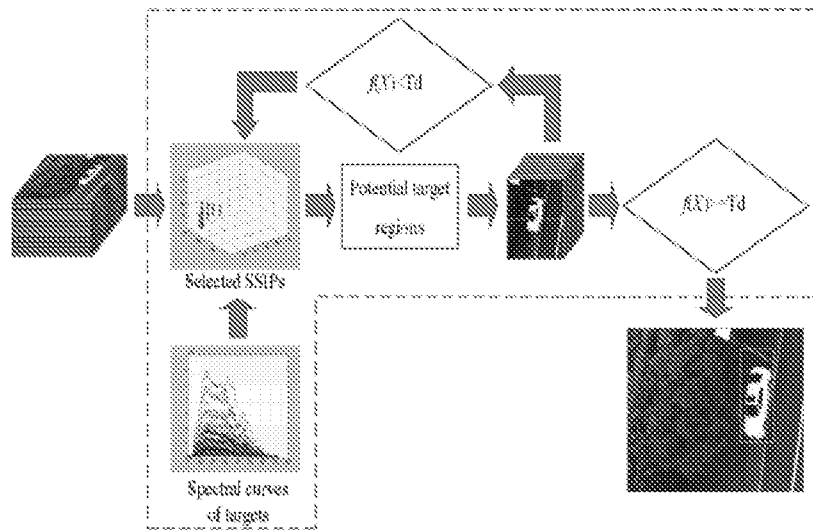


图 4

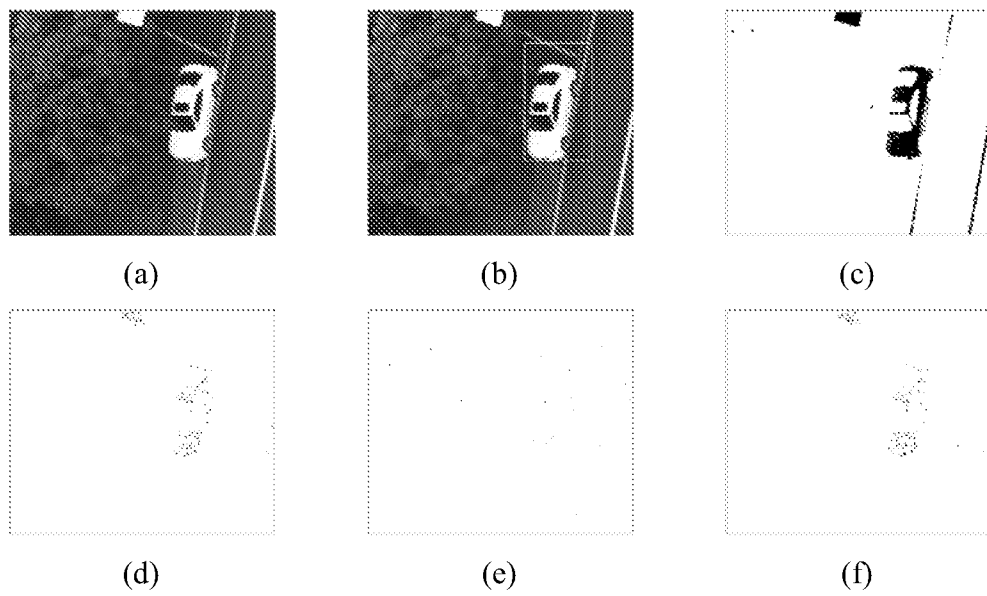


图 5

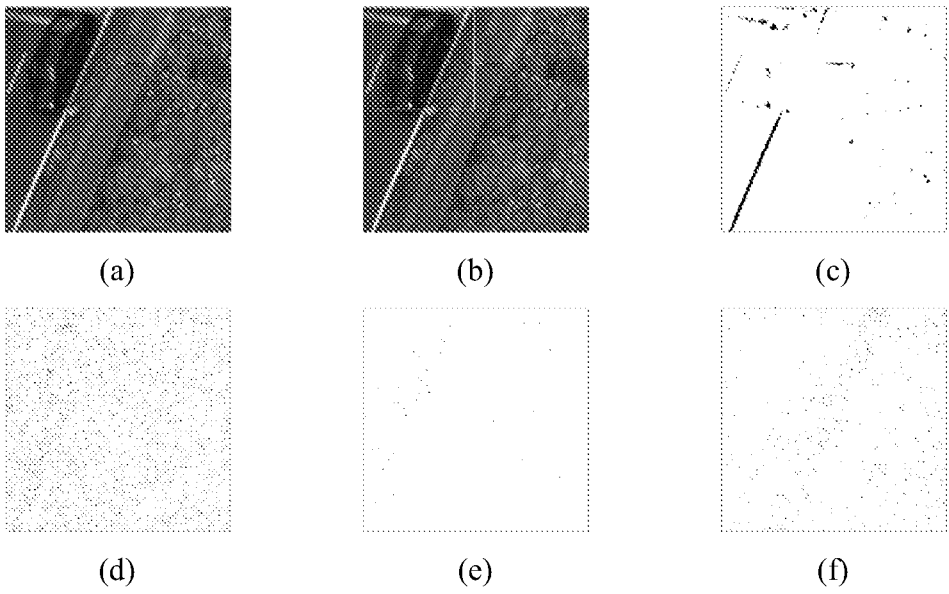


图 6

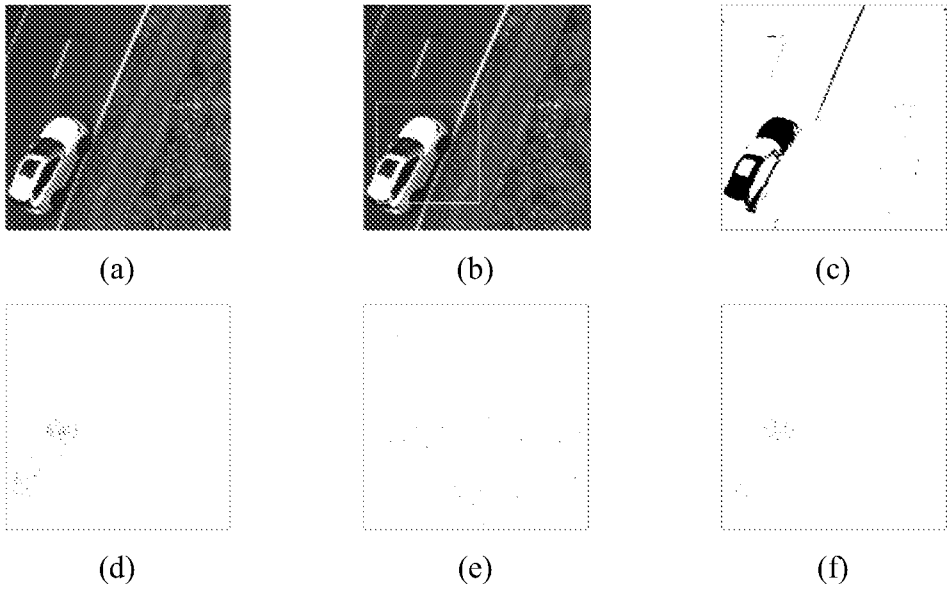


图 7

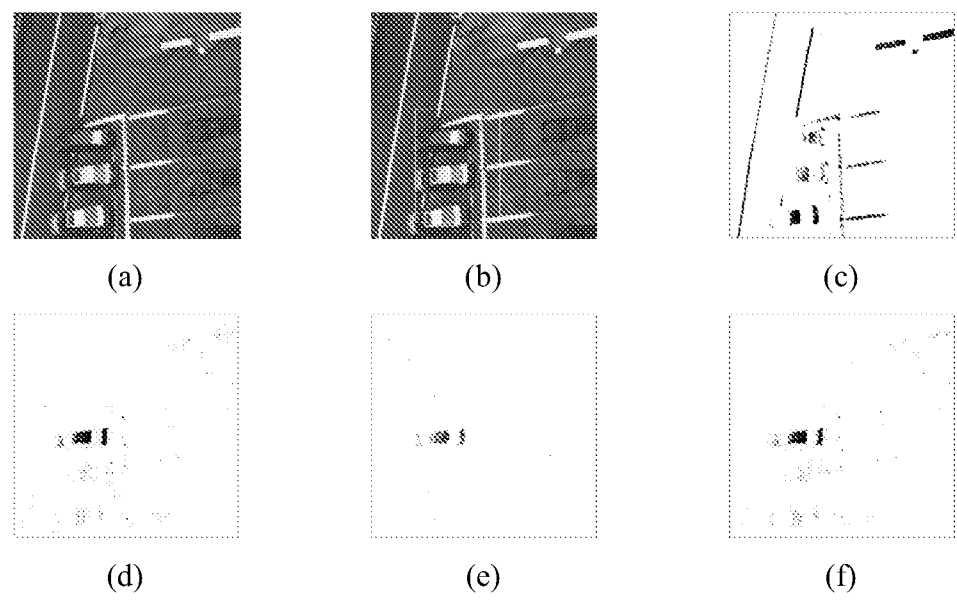


图 8

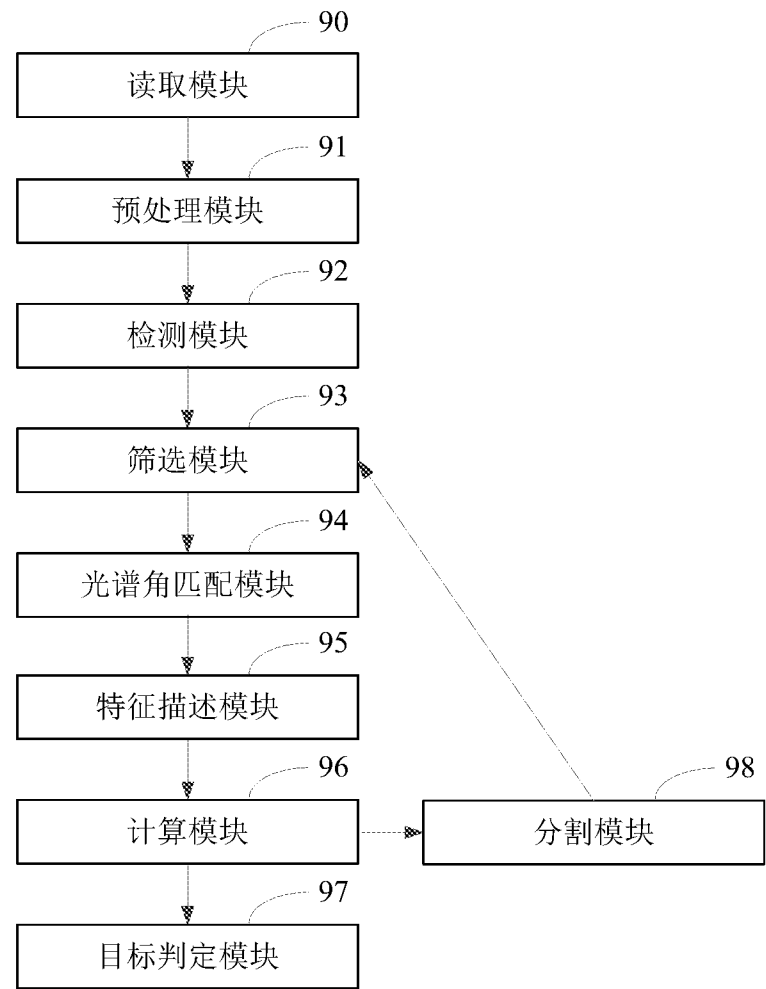


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/103070

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)

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, GOOGLE, IEEE: 高光谱, 图像, 分类, 兴趣点, 角, 分割, 阈值, 函数, 值, 矢量, 目标,
hyperspectral, image, classification, interest, point, angle, partition, threshold, function, value, vector, target

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 105809205 A (SHENZHEN UNIVERSITY) 27 July 2016 (27.07.2016), claims 1-8	1-8
A	CN 104933410 A (SHANDONG UNIVERSITY) 23 September 2015 (23.09.2015), entire document	1-8
A	CN 104820840 A (XIDIAN UNIVERSITY) 05 August 2015 (05.08.2015), entire document	1-8
A	CN 101299237 A (BEIHANG UNIVERSITY) 05 November 2008 (05.11.2008), entire document	1-8
A	WO 2016112430 A1 (THE UNIVERSITY OF SYDNEY) 21 July 2016 (21.07.2016), entire 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 21 June 2017	Date of mailing of the international search report 14 July 2017
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 ZHANG, Tao Telephone No. (86-10) 62414427

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/103070

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105809205 A	27 July 2016	None	
CN 104933410 A	23 September 2015	None	
CN 104820840 A	05 August 2015	None	
CN 101299237 A	05 November 2008	None	
WO 2016112430 A1	21 July 2016	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/103070

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))

WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI, GOOGLE, IEEE: 高光谱, 图像, 分类, 兴趣点, 角, 分割, 阈值, 函数, 值, 矢量, 目标, hyperspectral, image, classification, interest, point, angle, partition, threshold, function, value, vector, target

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
A	CN 105809205 A (深圳大学) 2016年 7月 27日 (2016 - 07 - 27) 权利要求1-8	1-8
A	CN 104933410 A (山东大学) 2015年 9月 23日 (2015 - 09 - 23) 全文	1-8
A	CN 104820840 A (西安电子科技大学) 2015年 8月 5日 (2015 - 08 - 05) 全文	1-8
A	CN 101299237 A (北京航空航天大学) 2008年 11月 5日 (2008 - 11 - 05) 全文	1-8
A	WO 2016112430 A1 (THE UNIVERSITY OF SYDNEY) 2016年 7月 21日 (2016 - 07 - 21) 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

2017年 6月 21日

国际检索报告邮寄日期

2017年 7月 14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

受权官员

张涛

传真号 (86-10) 62019451

电话号码 (86-10) 62414427

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/103070

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	105809205	A	2016年 7月 27日	无	
CN	104933410	A	2015年 9月 23日	无	
CN	104820840	A	2015年 8月 5日	无	
CN	101299237	A	2008年 11月 5日	无	
WO	2016112430	A1	2016年 7月 21日	无	