

基于 SIFT 特征的 SAR 图像飞机目标匹配分类方法研究

张维坤¹ 叶 伟² 劳国超¹

(1. 装备学院研究生院 北京 101416; 2. 装备学院信息装备系 北京 101416)

摘 要:随着合成孔径雷达成像技术的发展, SAR 图像的数据处理和图像分类识别工作成为近年来研究的热点。由于 SAR 图像固有的特征,使得 SAR 图像的匹配分类不能直接使用光学遥感图像自动匹配。针对 SAR 图像自身的特性,提出了基于图像特征中保持不变的特性,作为两幅图像的参考信息进行配准。该方法在图像中选取了表示某些特征的参考点,提取图像的特征,利用特征计算空间变换参数。采用基于 SIFT 特征匹配的分类方法对飞机目标进行分类,仿真结果表明,在对 3 种类型的飞机进行分类的情况下,本文方法取得了较好的匹配结果,证明了算法的有效性。

关键词:SIFT 特征; SAR 图像; 飞机目标; 匹配

中图分类号: TN95 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.40

Research on aircraft target matching classification method based on SIFT feature for SAR Image

Zhang Weikun¹ Ye Wei² Lao Guochao¹

(1. Postgraduate School, Academy of Equipment, Beijing 101416, China; 2. Department of Information Equipment, Academy of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: With the development of synthetic aperture radar (SAR) technology, SAR image data processing and image classification and recognition has become a hot research topic in recent years. Due to the inherent characteristics of SAR image, the SAR image matching classification can not directly use optical remote sensing image matching. According to the characteristics of SAR image itself, and puts forward on the basis of the characteristics of image characteristics remain the same in, as the two images of reference information for registration. The method selects a reference point that represents some features in the image, feature extraction, using the feature to calculate the spatial transformation parameters. In this paper, a classification method based on SIFT feature matching is used to classify the aircraft targets, the simulation results show that the classification of three types of aircraft, this paper adopts the methods have achieved good matching results, proved the effectiveness of the algorithm.

Keywords: SIFT feature; synthetic aperture radar (SAR) image; aircraft target; matching

1 引 言

合成孔径雷达 (synthetic aperture radar, SAR) 具有远距离、能够穿透云雾植被、全天时全天候对地观测成像的特点,受到世界各国的广泛重视^[1],同时, SAR 成像也可以用于地质检测、海情、道路识别等其他领域^[2]。随着 SAR 成像技术的发展,目前已经获取了大量的 SAR 图像数据, SAR 图像数据信息的处理和解释工作成为科学研究的热点^[3],快速准确地解译 SAR 图像是急需解决的问题^[4]。 SAR 图像反映的是观测面的电磁散射特性,对姿态角具有高度敏感性,所以在不考虑其他条件

的情况下,需要存储大量的目标模板才能达到准确分类的效果^[5]。

由加拿大英属哥伦比亚大学的戴维 (David) 教授提出的尺度不变特征 SIFT 算法因其良好的特性,已经成为国内外图像处理和计算机视觉研究领域的热点之一。 SIFT 算法是一种局部特征提取和描述的算法,它在尺度空间中进行特征的提取^[6]。提取的 SIFT 特征不仅对旋转、尺度缩放、亮度变化保持不变性,对视角变化、噪声也具有一定的稳定性^[7]。

基于上述原因,利用 SIFT 特征研究不同类型飞机目标的分类问题。与传统方法相比,本文算法计算量相对较

小、速度较快、具有较好的鲁棒性。仿真结果证明了算法的可行性和有效性。

2 基于 SIFT 特征的图像配准算法介绍

SIFT 算法是一种提取局部特征的算法,在尺度空间寻找极值点,提取位置、尺度、旋转不变量^[8]。SIFT 的关键点检测主要是通过构建的尺度空间中寻找极值点来获得的,这种尺度空间的搜索策略可以在获取点位置的同时对点的尺度进行标定,从而为解决特征的尺度不变性提供基础^[9]。尺度空间的构成主要是通过局域差分高斯滤波(difference of Gaussian, DoG)来实现。一个图像的尺度空间 $L(x, y, \sigma)$ 定义为一个变化尺度的高斯函数 $G(x, y, \sigma)$ 与原图像 $I(x, y)$ 的卷积^[10]。

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (1)$$

式中: $*$ 为卷积运算符。高斯差分图像可由式(2)求得。

$$D(x, y, s) = L(x, y, ks) - L(x, y, s) \quad (2)$$

式中: $k = 2^{1/s}$, s 为每一阶金字塔的层数,即尺度空间一个倍频程内的 DoG 图的间隔数^[11]。高斯金字塔及差分高斯金字塔如图 1 所示^[12]。

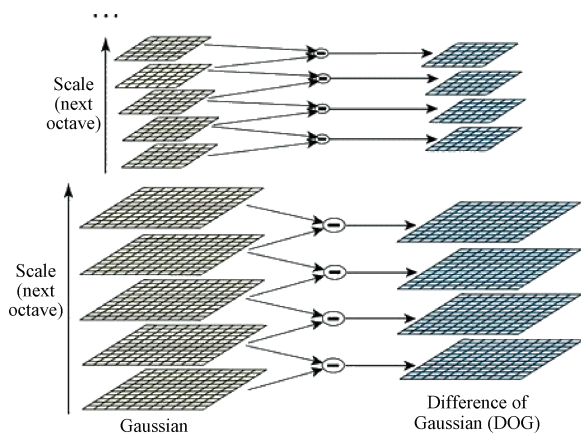


图 1 高斯金字塔与差分高斯金字塔

3 SAR 图像 SIFT 特征向量的生成算法步骤

1) 尺度空间极值检测,初步确定关键点位置和所在尺度;如图 2 所示,在检测尺度空间极值时,图中标记为叉号的像素需要跟包含在同一尺度的周围邻域 8 个像素和相邻尺度对应位置的周围邻域 9×2 个像素一共 26 个像素比较,确保在尺度空间和二维图像空间都能够检测到局部极值。

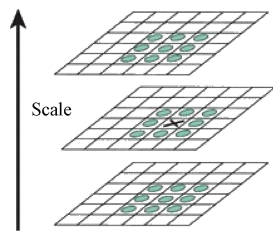


图 2 极值点检测的尺度空间

2) 通过拟合三维二次函数以精确确定关键点的位置和尺度,同时去除不稳定的边缘响应点和低对比度的关键点。

3) 利用关键点邻域像素的梯度方向分布特性为每个关键点指定方向参数,使算子具备旋转不变性。

4) 生成 SIFT 特征向量^[13]。

4 仿真实验及分析

为了验证本文算法的可行性,在实验仿真中,SAR 成像雷达采用了线性调频信号形式,仿真参数为:雷达载频 10 GHz,带宽 1.5 GHz,脉冲重复频率 400 Hz,成像波段为 X 波段。按照上述参数,可获得飞机目标的距离向分辨率为 0.1 m,方位向分辨率为 0.1 m。目标的分辨率与在成像时卫星的径向长度相比远小于目标尺寸,因此可以对空间目标成像^[14]。本文仿真目标一共有 180 幅 SAR 图像,其中 F16、B52、WZ10 飞机图像各 60 幅,图像大小为 512×512 。从不同角度选取 3 类飞机各 15 幅作为训练样本,其他为测试样本。

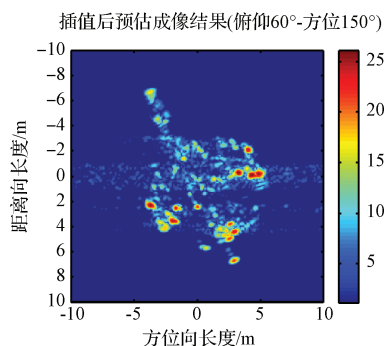


图 3 仿真生成的飞机目标 SAR 图像

从图 3 中可以看出仿真数据得到的 SAR 图像基本能够描述飞机图像的散射特性,能够得到飞机的结构信息和清晰的轮廓信息,计算 SAR 图像中飞机的尺寸和实际尺寸相比,基本匹配,说明仿真结果准确性较高,具有一定的参考价值,可以在理论分析时使用。

实验 1: 不同尺度与旋转角度下的匹配

选取俯仰角 60° 方位角 150° 的 F16 飞机作为参考图像,并且分别对参考图像进行 2 倍的抽取和 90° 顺时针旋转,与原图像进行 SIFT 匹配结果如图 4 所示。

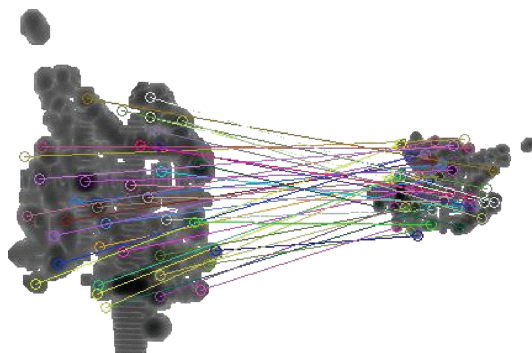


图 4 旋转和尺度变化条件下的 SIFT 匹配条件

从图4中可以看出,对于SAR图像飞机目标,在图像尺度缩放和角度旋转的情况下,仍能保证100%的匹配正确率,说明SIFT算法具有良好的尺度和旋转不变性。

实验2:同一型号飞机不同方位角下的匹配

为了对下一步分类识别的SIFT算法可行性进行验证,选取俯仰角 60° 方位角 150° 的F16飞机作为参考图像,分别用方位角 140° 和 150° 的F16飞机和参考图像进行匹配,比较其匹配度,如图5所示。

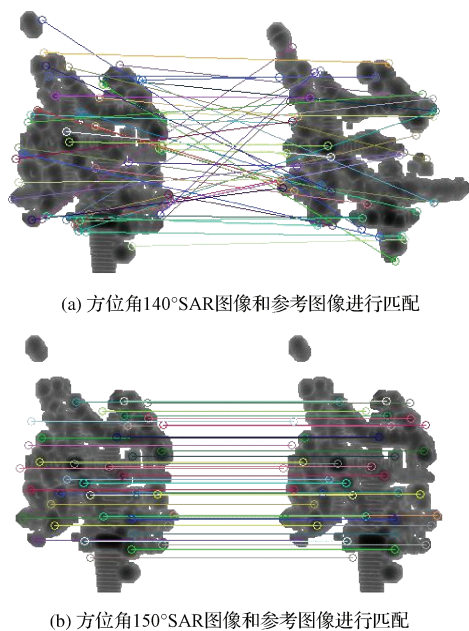


图5 不同方位角下的匹配比较

从图5中看出,俯仰角和方位角相同的两幅图像可以达到高度地匹配,然而对于方位角不同的两幅图像匹配度大大下降,本文还分别选取俯仰角为 20° 、 40° 和 60° 的仿真图像,将不同的方位角与 150° 方位角进行遍历匹配,匹配度变化结果如图6所示。

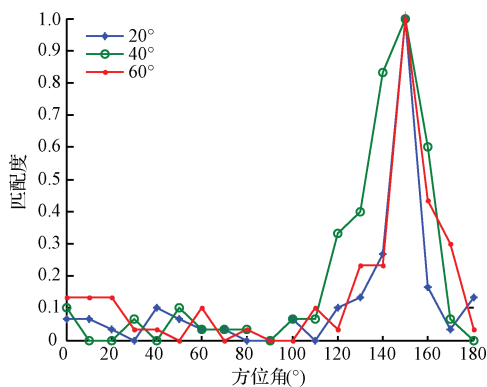


图6 不同方位角下的SIFT匹配度

从上述结果可以看出,在俯仰角一定的条件下,不同方位角图像与参考图像的匹配程度呈现相同的变化趋势。匹配度在方位角为 150° (即参考图像本身)时达到峰值,并

且在其附近的匹配度并未出现急剧降低,说明了在SIFT算法下的匹配结果具有一定的容错性。

实验3:基于SIFT匹配度的SAR图像飞机目标分类

实验中利用测试样本和训练样本做SIFT匹配,将测试样本的类型确定为与SIFT匹配度最高的训练样本的类型。将所有测试样本逐一分类,得到的分类结果如表1所示。

表1 基于SIFT特征匹配度的飞机目标分类结果

类别	F16	B52	WZ10	总数	分类精度(%)
F16	41	2	2	45	91.11
B52	0	42	3	45	93.33
WZ10	0	0	45	45	100
总分类精度(%)	94.81				

实验结果表明用SIFT特征进行匹配分类,对每一架飞机都获得了较高的分类正确率。基于特征的匹配方法主要优点是它可以提取图像的显著特征,大大缩减图像的信息量,使计算量减小、速度较快,而且它对于图像的灰度变化具有较好的鲁棒性。

最后,增加横向对比试验,在同样的条件下,本文算法和目前常用的神经网络、最近邻分类、支持向量机等方法相比较,比较分析其在分类正确率和分类时间方面的不同,如表2所示。

表2 本文的算法与其他常用算法的比较

分类方法	F16		B52		WZ10	
	正确率(%)	时间(s/幅)	正确率(%)	时间(s/幅)	正确率(%)	时间(s/幅)
本文方法	91.11	0.356	93.33	0.673	100	0.552
神经网络	84.42	2.548	81.65	3.492	87.78	2.874
最近邻分类	88.65	1.098	89.15	1.574	92.26	1.257
支持向量机	90.04	0.432	90.85	0.531	95.64	0.477

从表2可以看出,本文所用的方法由于计算量相对较小,能够有效解决大规模训练样本的问题,且在识别时间和存储空间方面较大的优势,具有较好的鲁棒性。

5 结论

本文采用基于SIFT特征匹配的算法对含有不同型号的飞机目标SAR图像进行了目标分类实验,经过实验验证,该方法计算量较小,具有较高的分类正确率,优于目前常用的神经网络、最近邻分类、支持向量机等方法,是一种比较有效的SAR图像目标分类方法。

参考文献

- [1] 吴良斌. SAR图像处理与目标识别[M]. 北京:航空工业出版社,2013.

(下转第25页)