

基于遥感图像的舰船目标检测及特征提取技术

周 雪

三亚学院 海南 三亚 572000

【摘 要】：遥感图像舰船目标检测是海洋监测领域的核心技术，针对复杂海背景干扰、任意朝向舰船密集分布等行业痛点，本文系统梳理了该技术的完整体系，从复杂海背景下的舰船感知预处理、无锚框任意方向检测框架构建、多维度深度特征提取优化、后处理与全流程性能平衡四个核心维度展开探讨，规避传统锚框检测的固有缺陷，构建适配遥感影像特性的技术路径，为海洋监视、港口监测等场景提供稳定可靠的技术支撑。

【关键词】：遥感图像；舰船；目标检测；特征

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.085

引言

伴随着遥感观测技术不断向前发展，高分辨率遥感影像已然成为获取海洋空间信息的核心载体。舰船目标身为海洋场景里最为核心的人工动态目标，其精准检测、特征提取乃是支撑海洋交通管理、海域动态监测等业务的关键基础所在。然而，遥感影像具有诸如海面杂波动态起伏、近岸地物干扰密集、舰船目标朝向任意且分布密集等特性，这给传统目标检测技术带来了诸多适配性方面的难题。传统检测方法存在虚警率高、密集目标漏检等情况，急需建立一套能够完全适配遥感影像舰船目标特性的专属技术模式，以此突破现有技术的应用瓶颈。

1 遥感图像概述

遥感图像作为记录各类地物电磁波辐射强度的影像载体，在遥感技术模式里主要是指航空像片、卫星相片。它是借助非接触式传感器从远距离探测、接收目标地物反射或者自身发射的电磁波信息，之后经过传输、处理而生成的可视化或者数字化影像产品。其中有传统光学成像的模拟胶片影像，也有以二维数字矩阵形式存储的遥感数字图像，以像素作为最小单元，每个像素都同时带有特定的地理位置属性和表征地物辐射强度的灰度值，能够客观、实时地还原地表景观的真实分布状态^[1]。

依据传感器工作模式存在差异，遥感图像能够区分为被动遥感影像、主动遥感影像。被动遥感影像的信息源自太阳辐射，像常见的航空摄影相片、多光谱卫星影像皆属于此类。而主动遥感影像乃是传感器主动发射电磁波后接收回波从而生成的，诸如雷达影像、机载激光雷达点云生成的衍生影像，有

着全天候、全天时的观测优势，可穿透云雾雨雪，能弥补普通光学影像在天气方面受到制约的不足之处。

借助不一样的遥感平台，遥感图像能够达成从米级至亚米级的多尺度观测，例如高分二号等国产卫星已经可以提供具有0.8米全色分辨率的影像，能够清晰地分辨出像建筑物、道路、植被等这样的细节地物。当前，遥感图像已经广泛地融入到基础测绘、自然资源调查、灾害应急监测等二十多个行业之中，甚至进入到大众日常使用的卫星地图服务里面，成为人类认识地球、动态监测地表变化的核心信息载体。

2 基于遥感图像的舰船目标检测及特征提取技术要点

2.1 复杂海背景下的舰船目标感知与预处理技术

在基于遥感图像的舰船目标检测全流程中，复杂海背景的精准抑制与目标感知是所有后续技术环节的前置基础，直接决定了后续特征提取的有效性与检测流程的整体稳定性。遥感图像的成像过程中，海面动态杂波、近岸地物干扰、成像系统固有噪声、大气传输扰动等多重因素会叠加形成复杂的背景环境，这些干扰会在影像中形成与舰船目标灰度、纹理特征高度相似的伪目标区域，大幅提升后续检测环节的虚警概率，因此必须在正式进入目标检测流程前完成针对性的预处理操作^[2]。

该环节核心逻辑不是单纯针对影像进行全局降噪工作，而是要建立面向舰船目标特性的场景自适应感知机制。首先借助影像全局特征的统计分析来实现场景属性的自动划分，以此区分不同类型的观测环境，像远海开阔海域、近岸港口密集区域、岛礁周边混合场景等。

然后依据每一类场景的背景分布特征来匹配相应的预处理策略,防止因采用统一处理模式致使弱小舰船目标特征过度平滑,或者近岸复杂背景的干扰信息未得到充分抑制。在具体技术实现方面,要先精准定位海天线,通过对影像的梯度分布与区域连通性展开分析,初步分割海域与陆地,将后续目标搜索范围限定在海域范围内,从源头排除陆地大量无关地物产生的干扰,有效缩小后续检测算法的运算空间^[3]。

完成场景划分、海陆初步分割之后,就要展开针对舰船目标的特征增强工作。借助多维特征变换方式,在不损害舰船目标核心细节信息的情况下,处理海面杂波的起伏特性,使其变得平滑,增强舰船目标与周边背景之间的特征差异,让原本被海杂波遮盖的弱小舰船目标的轮廓特征渐渐显现出来。整个预处理过程要始终保护舰船目标的特征,所有滤波、变换操作都不能破坏舰船目标的边缘完整性、内部核心特征的分布结构,防止后续特征提取环节无法得到完整有效的目标信息,并且预处理的运算流程要保持轻量化,不能占用过多计算资源,以保障整个检测流程的运行效率。

2.2 面向任意方向舰船的无锚框检测框架构建

传统基于锚框机制的舰船目标检测方法,需要在影像的每一个候选位置预先设置大量不同尺度、不同长宽比的锚定框,通过遍历所有锚框完成目标的匹配与筛选,这种机制不仅会带来大量冗余的计算开销,还难以适配遥感图像中舰船目标任意方向密集排列的分布特性,容易出现不同舰船目标锚框之间的严重重叠,导致密集停靠的舰船目标出现漏检、错检问题。面向遥感图像的舰船目标检测,需要构建完全摆脱锚框遍历机制的全新检测框架,从目标的本质几何特性出发完成检测逻辑的重构^[4]。

无锚框检测框架的设计核心思路在于,抓住舰船目标几何结构里中心点位置恒定不变的特性,把传统锚框匹配检测逻辑转变为对舰船目标中心点的直接预估,借助网络输出的中心点热图去定位影像中所有舰船目标的核心位置,接着以中心点作为基准进行后续目标相关参数的回归计算,完全省去大量冗余锚框的生成及匹配步骤,从源头上降低整个检测流程的计算成本,而且避免锚框预设参数与实际舰船目标尺寸、方向不匹配所造成的检测精度损失^[5]。

要适配遥感图像里舰船目标任意旋转的分布特性,框架当中得嵌入方向不变特征生成模块,对主干网络输出的基础特征做二次变换,从而生成不会受目标旋转角度影响的方向不变特征图。这样在网络提取舰船目标特征时,就不会因目标朝向的任意变动而出现特征响应的剧烈波动,能保证不同朝向的同类型舰船目标都可得到稳定一致的特征表达,以此解决传统检测网络对旋转目标特征适应性不足的问题。完成中心点定位后,

网络直接以中心点为基准回归目标的位置偏移量、尺度参数、角度参数,借助这些参数组合生成适配舰船实际朝向的旋转边界框,完整包裹任意方向的舰船目标,防止传统水平边界框在密集舰船场景下出现大量重叠问题,显著提高密集停靠舰船的检测精度^[6]。

2.3 多维度舰船目标深度特征的精准提取与优化

特征提取是整个舰船目标检测与识别流程的核心环节,提取到的特征质量直接决定了最终检测与识别结果的准确性,遥感图像中的舰船目标往往尺度差异极大,从远海区域的小型船只到近岸港口的大型舰船,不同目标的尺寸跨度非常大,同时不同类型舰船的结构细节差异丰富,这就要求特征提取环节必须具备强大的多尺度特征捕获能力,能够同时兼顾不同大小舰船目标的细节特征与全局语义信息。

多尺度特征融合机制属于该环节的关键技术内容,主干网络于不同深度层次输出的特征图自然具有不一样的感受野特性,浅层特征图有着较高的空间分辨率,可以留存舰船目标丰富的边缘、纹理细节信息,适宜用以支撑小型舰船目标的定位工作,深层特征图具备更大的感受野,能够捕获舰船目标的全局语义信息,适合用来支撑大型舰船目标的分类及识别工作。借助自上而下的特征融合路径、横向的特征连接操作,把不同层级的特征图进行有效融合,使每一级特征图都同时拥有细节信息和语义信息,解决传统单一尺度特征图无法适应多尺度舰船目标检测的问题,让不同尺寸的舰船目标都能得到充分的特征表达^[7]。

先是在基础多尺度特征提取之上,再引入无参注意力机制来优化特征分布。此机制无需额外增添大量训练参数,就能自动完成特征权重的动态重新分配,极大提高网络对舰船目标核心区域的特征响应强度,同时抑制背景干扰区域的有效特征响应,从而让网络自动聚焦到舰船目标所在的关键区域,减少背景杂波特征对目标特征提取过程的干扰。为强化网络对上下文信息的捕获能力,在特征提取网络里嵌入多尺度空洞卷积模块。通过不同膨胀率的空间卷积,在不降低特征图空间分辨率的情况下,获取更大范围的感受野,捕获舰船目标周边的多尺度上下文关联信息。这些上下文信息能辅助网络更好地区分舰船目标与相似的伪目标,进一步降低检测过程中的虚警概率。整个特征提取流程要保持特征的一致性与完整性,所有特征变换操作都不能破坏舰船目标关键特征的分布结构,确保后续的目标分类与参数回归任务能得到稳定可靠的特征输入。

2.4 检测结果的后处理优化与全流程性能平衡

在完成目标定位与特征提取的基础输出后,还需要通过系统性的后处理环节对初步检测结果进行优化修正,解决初步检测结果中可能存在的重复检测、边界框偏差、类别误判等问题,

同时完成整个检测流程在精度、速度、资源占用三个核心维度上的动态平衡,让最终的检测方案能够适配不同场景下的工程化应用需求。后处理环节的关键任务在于,依据遥感图像舰船检测场景的独特属性来设计专门的非极大值抑制策略。这一策略与普通自然图像检测后的处理逻辑有所不同,舰船目标的分布常有密集停靠的特点,传统的非极大值抑制算法容易把相邻的真实舰船目标判定为重复检测框而剔除,进而导致密集区域舰船目标出现漏检情况。针对舰船场景的优化后处理策略,会结合舰船目标的几何形态特征、分布特性,去调整重叠框的判定规则和筛选逻辑,既能有效剔除同一目标产生的众多冗余重复检测框,又不会误删相邻的不同真实舰船目标的检测结果,以此保证密集场景下舰船目标的检出率。在这一基础之上,还要进一步结合前期预处理环节得到的场景属性信息,对不同场景下的检测结果展开二次校验,针对远海开阔场景、近岸港口场景分别设置有差异的虚警过滤规则,结合舰船目标的尺寸范围、长宽比分布、纹理特征等先验知识,自动剔除初步检测结果中残留的伪目标,从而进一步降低最终检测结果的虚警率。

全流程的性能平衡是此环节的又一关键技术要点,因不同

应用场景对于检测精度、运行速度、硬件资源占用的要求有很大不同,对于有着较高实时性要求的大范围海域快速监视场景而言,需对整个检测流程中的运算步骤予以裁剪优化,简化部分并非核心的特征提取分支,进一步压缩网络的参数量、运算量,在确保核心检测精度符合要求的基础上,尽可能提高检测速度,使算法能够在有限硬件资源条件下完成近实时的大范围影像处理工作。面向近岸港口的高精度监测场景,则可以适当保留完整的多尺度特征融合分支,增加细节特征的优化处理步骤,进一步提升密集停靠舰船的检测精度与细分类别识别能力,牺牲部分运行速度来换取更高的检测性能。

3 结语

整套面向遥感图像的舰船目标检测与特征提取技术体系,通过从预处理到后处理的全链条针对性优化,系统性解决了复杂海洋场景下舰船目标检测的诸多共性难题,摆脱了传统锚框检测机制的固有局限,实现了任意朝向、多尺度舰船目标的稳定精准检测。未来该技术体系还将持续向轻量化、泛化性方向迭代,进一步拓展在各类边缘端遥感监测设备上的适配能力,为各类海洋业务场景提供更高效、更可靠的技术支撑。

参考文献:

- [1] 张嘉丹,朱坤,张振超,等.基于多尺度高斯上下文特征激励的舰船目标检测方法[J].地球信息科学学报,2025,27(10):2498-2509.
- [2] 扈琪,王千,姜文静,等.SAR 图像舰船目标检测研究综述[J].兵器装备工程学报,2025,46(7):66-74.
- [3] 陈天鹏,胡建文,李海涛.基于改进 PPYOLOE-R 的遥感图像舰船目标检测[J].计算机科学,2025,52(S1):495-502.
- [4] 张弘森,徐建,吴飞,等.基于深度学习的视觉图像舰船目标检测与识别方法综述[J].指挥信息系统与技术,2024,15(6):48-63.
- [5] 赵其昌,吴一全,苑玉彬.光学遥感图像舰船目标检测与识别方法研究进展[J].航空学报,2024,45(8):51-84.
- [6] 黄泽贤,吴凡路,傅瑶,等.基于深度学习的遥感图像舰船目标检测算法综述[J].光学精密工程,2023,31(15):2295-2318.