

基于复杂背景的光学遥感图像舰船目标检测技术

周 雪

三亚学院 海南 三亚 572000

【摘 要】：本文聚焦复杂背景下光学遥感图像舰船目标检测的核心技术体系，梳理该类技术适配海面杂波、近岸干扰、云雾遮蔽等场景的独有技术特点，围绕预处理背景抑制、舰船专属候选区域提取、鲁棒精细化特征判别、全流程闭环迭代适配四大核心实现路径展开系统性阐述，完整呈现从底层图像优化到长期性能迭代的全链条技术逻辑，为相关领域的工程落地与技术优化提供体系化的参考框架。

【关键词】：复杂背景；光学；遥感；舰船

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.080

引言

随着光学遥感卫星成像幅宽、分辨率不断得到提高，数量众多的遥感数据能够为海上目标监测给予丰富的信息支持。然而，海面动态杂波、近岸建筑岸线造成的干扰、云雾阴影带来的遮蔽等这些复杂的背景要素，使得传统舰船检测技术出现的漏检、虚检问题变得更加突出。复杂背景下的舰船目标检测技术属于当前遥感图像处理领域重点研究的方向，是支撑领海管控、海上航运监测和海洋资源保护等各类应用的核心基础，建立适合复杂场景的完整技术模式对于提高遥感数据的海洋信息挖掘效率具有非常重要的现实意义。

1 基于复杂背景的光学遥感图像舰船目标检测技术特点

基于复杂背景的光学遥感图像舰船目标检测技术，是当前遥感图像处理与模式识别领域的核心研究方向之一，在领海监测、海运管控、海上搜救等军民场景中都具备极高的应用价值。这类技术的核心特点在于对复杂海背景的强适应性，能够有效应对海浪杂波、舰船尾迹、云雾阴影、近岸港口建筑干扰等多种现实场景挑战，解决传统算法在海面灰度不均、目标密集分布、小目标特征缺失场景下的漏检、虚检问题^[1]。在技术实现的方面上，传统的方法大多是以显著性检测作为基础，借助最大对称环绕算法迅速地提取出初始候选区域，再结合元胞自动机同步更新机制，将图像局部相似性与舰船几何特征进行融合，之后通过边缘-方向梯度直方图这类低维度特征来完成目标表征，最后依靠 SVM 分类器实现判别，对于单幅 1024×1024 的遥感图像，其检测速度能够控制在 3 秒以内，在召回率与检测精度方面都有所兼顾。深度学习技术被引入后，这类技术呈现出多维优化特性。借助累加特征金字塔结构强化高低层特征融合，以此提高小目标舰船的特征提取能力。运用旋转

锚框或无锚框检测策略适配舰船任意朝向的形态特点，大幅降低密集停靠场景下的漏检率。部分方案配备多级海陆分离策略，该策略结合数字高程数据与模糊聚类算法，先快速剔除大面积陆地区域，之后聚焦海面区域做精细检测，提高大幅宽遥感图像的处理效率。现如今这类技术正朝着多源数据融合的方向不断发展，借助 SAR 图像拥有的全天候特性、光学图像具备的高分辨率细节优势，并将二者进行互补利用，再搭配上中低分辨率图像普查、高分辨率图像详查这样的分层处理模式，从而逐步满足从海量卫星遥感数据里快速筛查稀疏舰船目标的工程需求。

2 基于复杂背景的光学遥感图像舰船目标检测技术实现路径

2.1 复杂背景约束下的图像预处理与背景抑制路径

复杂背景下的光学遥感图像舰船目标检测应构建针对性的图像预处理与背景抑制体系，这一路径的核心目标并非简单提升图像视觉清晰度，而是从底层数据层面剥离各类干扰要素对舰船目标特征的遮蔽，为后续的特征提取与目标判别扫清基础层面的障碍。这一环节的实施完全围绕复杂场景的固有特性展开，所有操作都以不破坏舰船目标本身的有效特征为前提，避免常规图像处理中常见的目标边缘模糊、细节信息丢失等问题^[2]。

对于海面动态杂波类干扰，不会运用全局统一滤波策略，而是依据图像局部区域灰度分布、纹理走向、空间连续性特征，动态确定自适应处理窗口，在保留舰船目标边缘突变特性的情况下，逐渐消解海面因光照角度变化和波浪起伏所产生的非均匀灰度扰动，防止将大面积高亮海浪区域误判为潜在目标。对于近岸区域的建筑、岸线、植被等陆基干扰，不会直接采用硬

阈值的海陆分割方式,而是依据图像的光谱维度差异与空间连通性特征,逐步实现海陆区域的软划分,在保留港口内停靠舰船完整特征之时,逐步去除大面积陆地区域的冗余信息,避免近岸密集建筑特征与舰船目标特征相互混淆。对于云雾、阴影这类跨区域的半透明干扰,不会直接对图像进行全局增强,而是依据图像不同波段的信息互补特性,通过多维特征映射还原被遮蔽区域的有效信息,在不放大噪声的条件下,逐步恢复被云雾覆盖的海面与舰船的潜在轮廓,避免这类干扰造成目标特征缺失。

完成分层背景干扰消解工作后,还要进行面向舰船目标的特征增强,此操作专为后续检测流程提供支持,不会产生多余人工伪特征。增强操作严格限定在舰船目标可能有的特征维度范围里,依据舰船目标独特的长条形几何形态、边缘突变特性及内部灰度分布规律,定向加强这类专属特征的响应强度,同时压制背景区域特征响应幅度,从底层加大舰船目标与背景区域的特征差异,为后续候选区域提取建立天然特征区分度^[3]。

2.2 面向舰船专属特性的候选区域精准提取路径

在完成图像预处理与背景抑制的基础上,候选区域精准提取路径的核心价值,是在大幅宽的光学遥感图像中快速锁定所有可能存在舰船目标的子区域,彻底摒弃传统遍历式检测带来的海量冗余计算,同时从源头降低后续检测环节的虚检概率。这一路径完全跳出通用目标检测的候选框生成逻辑,深度贴合光学遥感图像中舰船目标的专属特性展开设计,全程兼顾召回率与计算效率,不会出现潜在舰船目标的漏筛,也不会生成大量无效的候选区域占用后续计算资源^[4]。

以空间维度为出发点,借助舰船目标与周边海面背景存在的灰度突变特性,来建立边缘一致性响应规则,有针对性地强化那些符合舰船边缘连续走向的特征响应,抑制背景区域中零散的边缘噪声响应。从几何维度入手,依据舰船目标所具有的长宽比、轮廓闭合性等固有属性,建立形态约束响应规则,对于符合舰船基础几何特征的区域提高响应权重,而对于明显不符合舰船形态的区域则直接降低响应优先级^[5]。

生成多维融合的显著性映射结果后进行候选区域的自适应聚合与筛选操作,不采用固定尺寸滑动窗口生成候选框,而是依据显著性响应的连通域分布特性,自动聚合响应强度连续的区域,生成与潜在目标轮廓高度契合的初始候选区域。接着通过多层级软筛选机制逐步过滤无效候选,不采用生硬阈值直接剔除候选,而是依次经几何属性校验、上下文合理性校验、局部特征一致性校验多个环节,逐步排除明显属于背景干扰的候选区域,同时保留所有有舰船目标可能性的区域,虽然是特征相对微弱的小尺寸舰船目标也不会被误筛。整个候选区域提

取路径全程保持轻量化计算逻辑,不依赖复杂深度网络模型,在大幅宽遥感图像中能快速完成候选区域锁定,输出的候选区域数量严格控制在合理范围,既不因候选数量过多拖慢整体检测效率,也不因候选数量过少导致潜在目标漏检,为后续精细化特征判别环节提供精准高效的输入基础。

2.3 复杂场景鲁棒的精细化特征判别路径

精细化特征判别路径是整个舰船目标检测技术的核心决策环节,其核心作用是对前序步骤输出的候选区域完成最终的属性判定,精准区分真实舰船目标与残留的背景干扰,彻底解决复杂背景下虚检率偏高、小目标判别失效、密集目标区分度不足等核心痛点^[6]。

此路径需建立一种多源特征互补融合的表征模式,并非单纯依靠某一类特征来进行判别,而是要同步整合底层视觉特征、中层几何特征、高层语义特征,以此形成维度完整的舰船目标特征描述子。底层视觉特征关注候选区域内部的灰度分布情况、纹理走向、边缘细节信息,精确捕捉舰船表面不同结构所产生的细微特征差异,进而区分舰船目标与海浪、阴影等背景干扰之间的视觉特性差异。中层几何特征着重关注候选区域的整体轮廓、边缘连续性、长宽比例等形态属性,凭借舰船目标特有的刚性几何特性,区分舰船目标与近岸建筑、零散礁石等非目标物体的形态差异。高层语义特征关注候选区域的场景关联属性,结合舰船目标的典型分布规律,进一步增强特征的语义区分度,防止出现特征相似的非目标物体被误判为舰船的问题^[7]。

当完成具备高区分度的特征表征工作后,会进一步建立具有鲁棒性的判别决策机制。此机制不会依靠简单的二分类阈值来达成最终判定,而是依据特征空间的分布特性建立柔性决策边界,针对处在边界区域的模糊候选区域启动二次校验流程。二次校验会再度提取候选区域的细粒度特征,结合其周边的上下文信息来完成补充判别,防止因特征模糊而造成误判或者漏判。对于密集停靠的舰船目标,还会额外增添特征分离逻辑,依据舰船目标之间的边缘间隙、灰度差异,将相互靠近的多个目标的特征予以解耦,防止多个密集舰船被误判别成单个目标,也避免出现密集区域内的小目标因被相邻大目标的特征覆盖而导致的漏判情况。

2.4 全流程闭环的结果优化与迭代适配路径

全流程闭环的结果优化与迭代适配路径,是保障舰船目标检测技术在长期实际应用中持续保持性能稳定的关键支撑,其核心作用是打破传统检测算法一旦部署完成就无法自主适配新场景的局限,让整个技术体系能够在持续的运行过程中不断积累场景经验,自主适配不断变化的复杂背景场景,长期保持

优异的检测性能。这一路径并非独立于前序三个环节之外的附加模块,而是深度嵌入整个检测流程的每一个环节,形成从结果反馈到流程优化的完整闭环,持续推动整个技术体系的性能迭代升级。

这一路径先建立检测结果的自校验和反馈机制,不会把单次判别输出的结果当作最终固定结论,而是依靠舰船目标的固有属性、场景逻辑,对所有输出的检测结果做自动的合理性校验。对于每一个输出的舰船目标,会反向核查其几何属性是不是在舰船的合理范围之内、其所处的场景位置是否符合舰船的分布规律、其局部特征与舰船目标的基准特征是否一致,对校验过程中发现有疑问的结果自动标记,同时把该样本的所有特征信息同步存进场景经验库,为后续的流程优化提供基础素材。另外,针对不同场景下出现的漏检和虚检案例,也会自动进行特征回溯,精准确定问题出在预处理背景抑制、候选区域提取还是精细化特征判别环节,生成对应的问题特征标签,不会把所有检测误差都归为同一类问题。

完成结果的自校验与问题标记后,建立全流程的自适应迭代适配机制,不采用人工批量重新训练的传统优化模式,而是依据积累的場景经验库,针对不同类型复杂场景自动调整对应

环节处理逻辑。对于新出现的特殊背景干扰类型,自动优化预处理背景抑制环节处理规则,补充此类新干扰的特征消解逻辑,防止后续同类干扰反复致使虚检问题。针对新出现的极端小目标、极端密集目标场景,自动优化候选区域提取环节响应规则,补充这类特殊目标的特征响应权重,避免后续同类目标出现漏检。针对新积累的特殊舰船目标形态,自动优化精细化特征判别环节的特征融合权重与决策边界,提高特征判别模式泛化能力。整个迭代适配过程是渐进式的,不会因新增少量场景样本使原有成熟场景检测性能波动,始终保持新旧场景下检测性能的均衡稳定。

3 结语

面向复杂背景的光学遥感图像舰船目标检测技术,始终围绕“适配场景、精准判别、持续迭代”的核心逻辑不断演进,四大核心实现路径环环相扣形成完整的技术闭环,既解决了当前复杂场景下的检测精度痛点,也为后续技术的长期落地与性能升级预留了充足的拓展空间。随着遥感成像技术与图像处理方法的持续进步,该类技术还将进一步拓展适配边界,在更多元的海洋应用场景中发挥核心支撑作用。

参考文献:

- [1] 杨健,陈杰,徐华平,等.微波与光学遥感图像联合目标检测与识别技术研究进展[J].中国图象图形学报,2026,31(6):1671-1688.
- [2] 李刚,王选宏,张豆,等.一种轻量化的光学遥感图像舰船目标检测算法[J].空间电子技术,2024,21(6):50-56.
- [3] 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.
- [4] 张冬冬,王春平,付强.基于特征增强的光学遥感图像舰船目标检测算法[J].激光杂志,2023,44(8):36-42.
- [5] 成倩,李佳,杜娟.基于YOLOv5的光学遥感图像舰船目标检测算法[J].系统工程与电子技术,2023,45(5):1270-1276.
- [6] 曾禹龙.光学遥感图像舰船目标视觉显著性检测方法[J].电子设计工程,2022,30(8):52-56.
- [7] 李晨瑄,胥辉旗,钱坤,等.基于深度学习的舰船目标检测技术综述[J].兵器装备工程学报,2021,42(12):57-63.