

基于弱监督和半监督学习的红外舰船分割方法

摘要

红外舰船分割技术对实现海上智能监控起着重要的推进作用，虽然基于全监督学习的深度卷积神经网络语义分割方法取得了较好的结果，但这种方法需要成本高昂的像素级标注作为监督信息。为解决该问题，本文提出一种基于弱监督和半监督学习的红外舰船分割方法，主要工作包括三个方面：首先，在ResNet的基础上，设计一个自适应定位模块，并使用相似损失、前景损失和背景损失训练自适应定位模块，生成舰船定位图；然后，利用少量像素级标注数据和大量定位图数据交替训练显著性网络生成显著图，获得舰船显著图；最后，用条件随机场优化显著图，并结合图像级标注生成伪标注图像，进而使用伪标注图像训练分割网络，得到红外舰船的分割结果。实验结果表明，本文提出的自适应定位模块能够有效定位红外舰船位置；同时，交替训练方法可以使红外舰船目标的边缘更准确；最后，与其他模型的对比结果验证了本文方法的优越性。

方法

为了减少获取红外舰船图像像素级标注的成本，本文提出一种基于弱监督和半监督学习的红外舰船分割方法，该方法共有生成定位图、生成显著图和生成伪标签并训练分割网络3个步骤，整体流程如图1所示。具体来说，首先使用相似损失、前景损失和背景损失训练两个特征融合模块分离目标舰船和背景，以此获取舰船的定位图；然后为了获得舰船更加精确的边缘位置信息，用少量像素级标注数据和大量定位图数据交替训练显著性网络得到舰船的显著图。之后使用CRF细化边缘，并用图像级标注生成伪标签；最后使用伪标签训练分割网络，得到分割结果。

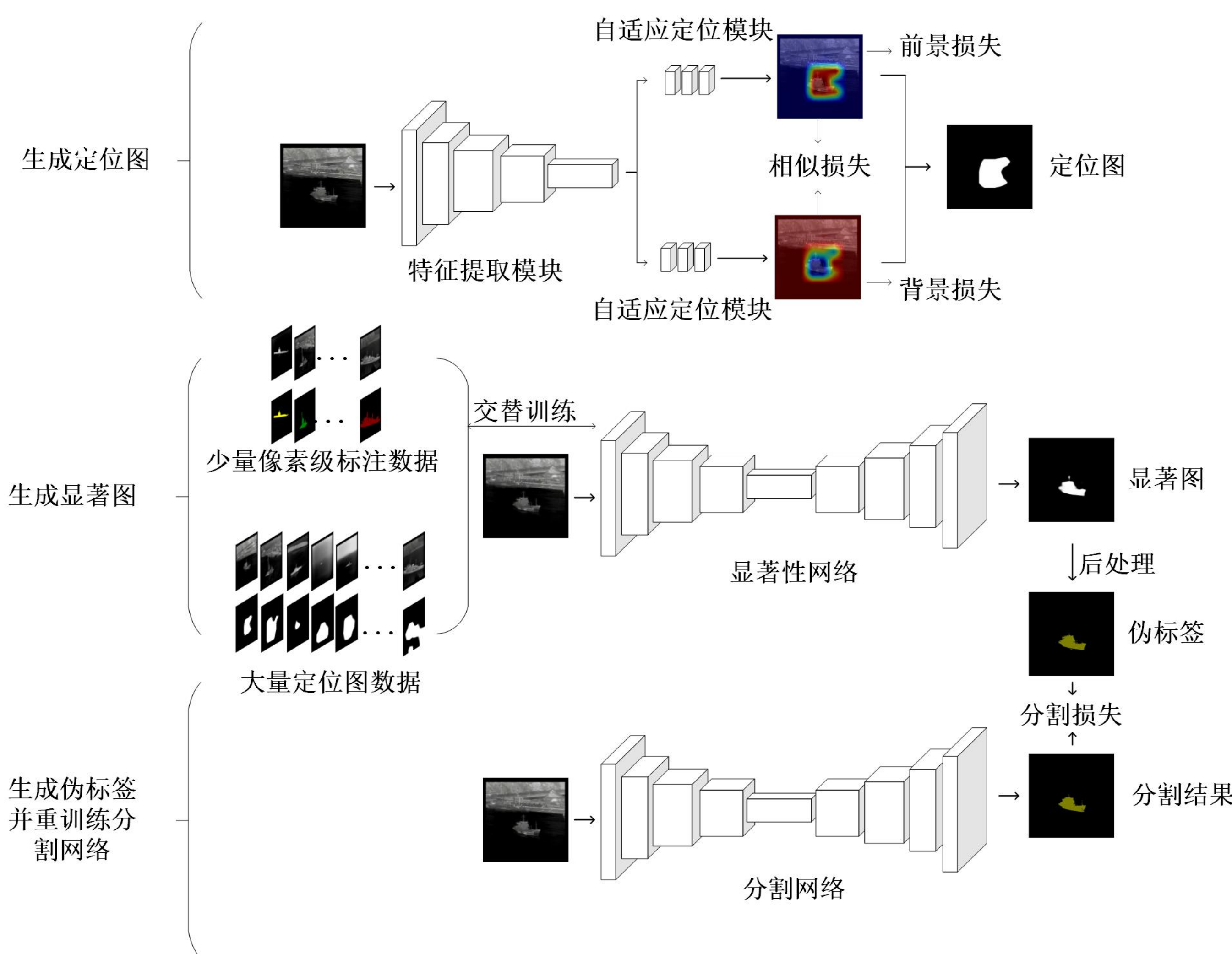


图1 基于弱监督和半监督学习的红外舰船分割流程

本文使用特征提取模块提取红外舰船图像的高级语义特征,并用自适应定位模块来获取初始的红外舰船区域，目标函数如下：

$$Weight = \arg \min(L_{simi} + L_{fg} + L_{bg})$$

其中， L_{simi} , L_{fg} , L_{bg} 分别是相似损失，前景损失和背景损失。

训练初期用大量定位图数据来引导显著性网络注意目标舰船所在的大致区域，随着训练次数的增加，再使用像素级标注样本来指导显著性网络逐渐学习识别目标舰船的边缘，抑制以定位图作为监督信息的错误指导，目标函数如下：

$$L_{sal} = a \times L_{CE}(f_{sal}(x_P), y_P) + b \times L_{CE}(f_{sal}(x_T), y_T)$$

其中， L_{CE} 是交叉熵损失， a , b 分别是定位损失和真实标注损失的权重系数。

最后使用CRF优化舰船的显著性结果，并使用图像级标注给像素添加类别标签，生成伪标签训练端到端的分割网络，主要目标函数如下：

$$L_{seg} = L_{CE}(f_{seg}(x), y_{PL})$$

实验结果

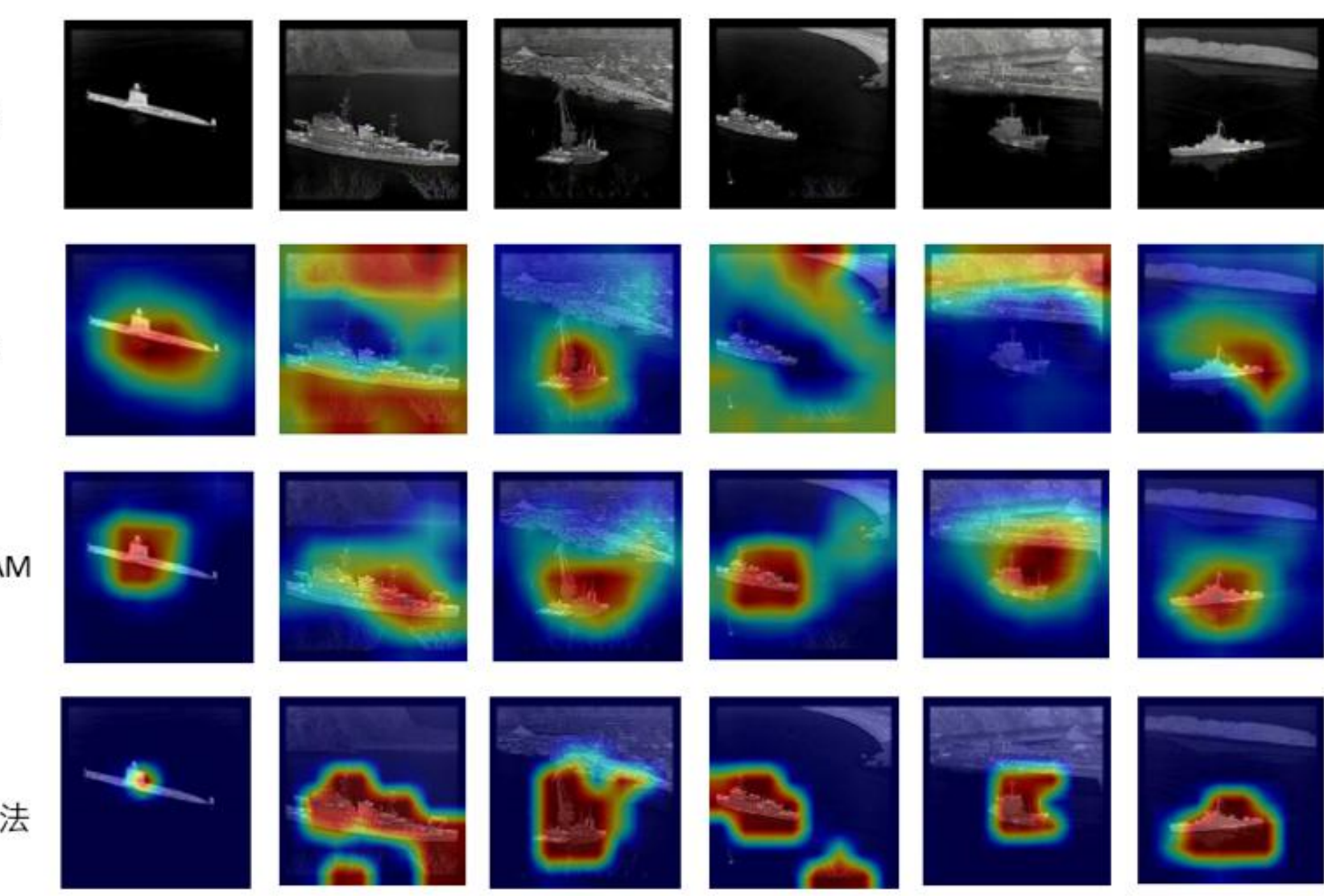


图2 不同方法生成的定位图的可视化结果

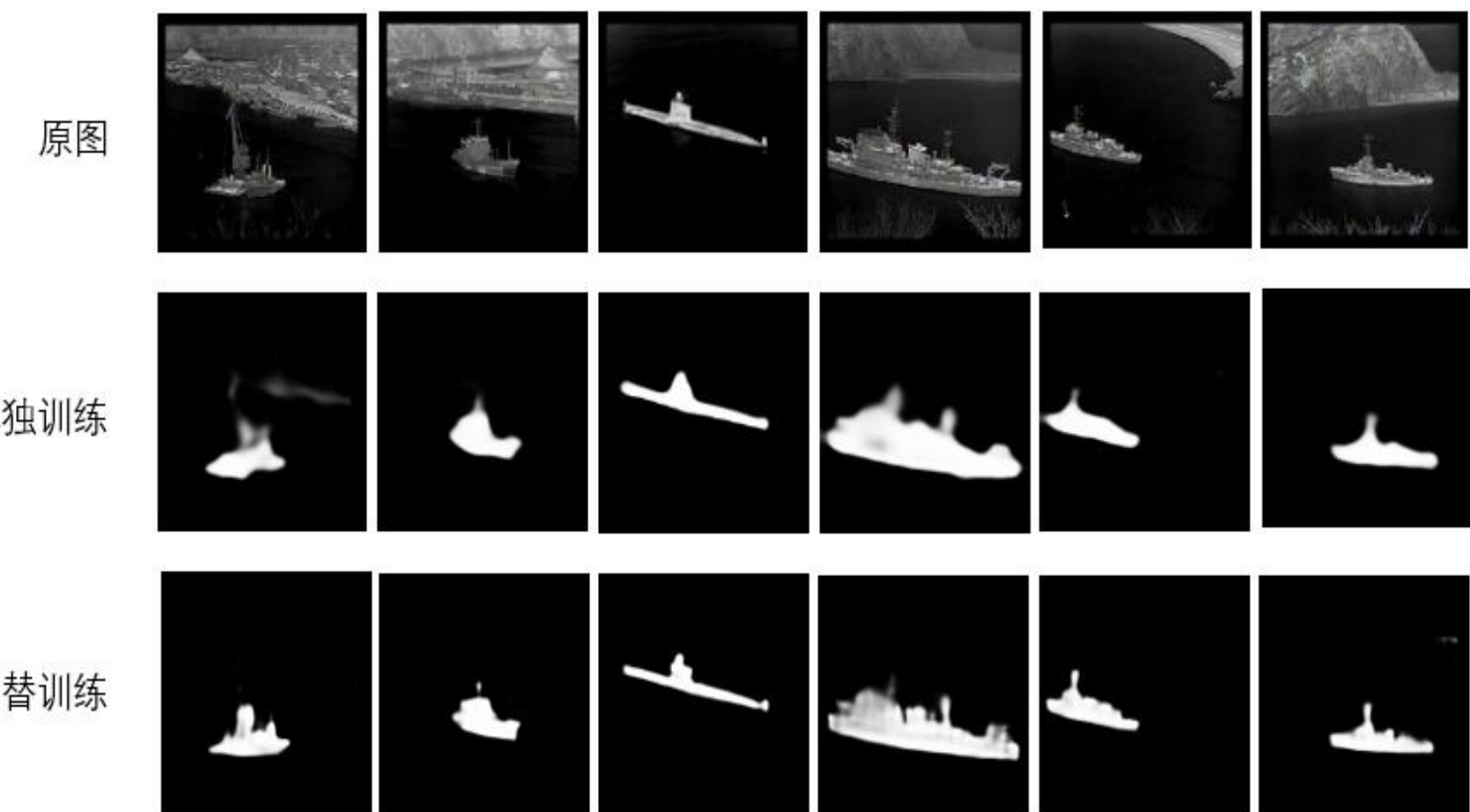


图3 显著图可视化结果

从图2可以看出：当舰船目标较小时，CAM激活的位置会出现偏差；当舰船目标较大时，Grad-CAM方法难以准确完整覆盖舰船目标，这是因为CAM及其变体方法是由训练分类网络得到的，只能激活不同类之间差异性最大的区域，本文方法既可以准确定位舰船目标，又可以较完整的覆盖舰船的区域。

从图3可以看出：使用交替训练显著性网络，得到的舰船显著图边缘更加清晰，分割结果更为准确。

表1 不同方法的分割结果

方法	mIoU	使用图像级标注	像素级标注量
AffinityNet	4.56	是	0
AdvSemiSeg	55.06	否	1/32
SemiCycleGAN	61.71	否	1/32
本文方法	71.18	是	1/32

从表1可以看出：

- AffinityNet方法只使用了图像级的标注训练样本，取得了4.56的mIoU，这是因为图像级的弱监督方法大多依赖于CAM精准的定位，然而CAM只能激活不同类别中最具辨识度的区域。
- AdvSemiSeg和SemiCycleGAN是属于半监督的语义分割方法，在加入一部分像素级标注训练后mIoU分别达到了55.06和61.71。
- 本文方法的mIoU达到了71.18，主要原因是本文方法额外使用了图像级标注，并采用先生成伪标签再训练的模式，显著减小了错分的概率。

结论

本文提出一种基于弱监督和半监督学习的红外舰船分割方法。该方法包括生成定位图、生成显著图和生成伪标签并训练分割网络3部分。为减少复杂背景对舰船分割结果的影响，本文使用相似损失、前景损失和背景损失训练自适应定位模块，分离舰船与背景，生成定位图；并用少量像素级标注数据和大量定位图数据交替训练显著性网络和生成显著图；之后用条件随机场优化显著图并结合图像级标注生成高质量的伪标签；最后用伪标签训练分割网络。实验结果表明，本文提出的定位方法解决了CAM在复杂背景下目标定位不准确以及大目标覆盖率低的问题，结合交替训练方法只需要少量像素级标注便可以获得高质量的分割结果，极大减少了获取像素级标注的成本，但生成伪标签的过程较为繁琐，未来工作将会考虑简化这一过程并融合注意力机制实现红外舰船图像的目标分割。