

# 基于 CFOSAT SWIM 的多小入射角北极海冰识别

燕冉<sup>1</sup>, 张晰<sup>2</sup>, 徐莹<sup>3</sup>, 陈萍<sup>4</sup>, 赵永森<sup>1</sup>, 郭跃祥<sup>1</sup>, 陈延庚<sup>1</sup>, 张霄汉<sup>1</sup>, 李升绪<sup>1</sup>, 刘眉洁<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> 青岛大学, 物理科学学院, 中国, 青岛, 266071

<sup>2</sup> 自然资源部, 第一海洋研究所, 中国, 青岛, 266061

<sup>3</sup> 国家卫星海洋应用中心, 中国, 北京, 100000

<sup>4</sup> 华中科技大学, 电子信息工程学院, 中国, 武汉, 430074

## 摘要

海冰对全球气候、海表物理特性和大洋环流等地球物理过程, 以及海上航运和交通等经济活动都具有显著影响; 同时, 海冰还会对其他海洋现象探测产生影响, 如海浪谱反演需要去除海冰的“污染”, 因而, 海冰监测具有重要意义。中法海洋卫星 (CFOSAT) 上的波谱仪 (SWIM) 是一种新型传感器, 具有不同于传统遥感器的小入射角探测模式。现阶段, 基于小入射角模式的海冰探测方法鲜有研究。因而, 本文基于 2019 年 10 月至 2021 年 4 月两个冰年的北极 SWIM 数据开展海冰探测研究。海冰类型是北极海冰监测的关键参数: 首先, 基于小入射角下 SWIM 回波数据, 提取六个波形特征; 然后, 利用所选的最佳分类器 KNN 和特征组合开展海冰类型识别, 并对识别结果进行精度评价, 选出最优方法-特征组合; 研究表明, 在 2° 入射角下, 总分类精度可达 81%。冰水识别是海冰密集度、海冰范围、海冰边缘线等参数提取的前提条件, 也会影响其他海洋现象的探测。因而, 在上述工作的基础上, 进一步开展了海冰和海水的区分。首先, 提取了 11 个波形特征, 并利用累计概率分布 (CPD) 和互信息方法 (MIM) 分析 11 个波形特征对冰水的识别能力; 其次, 利用所选的最佳分类器 KNN (欧氏距离、 $k=11$ ) 和特征组合来区分海冰和海水, 分类结果精度最高者对应最优分类器-特征组合, 总分类精度最高可达 97.1%; 再次, 利用提出的最优分类器-特征组合对三个海冰生长阶段进行冰水识别, 所得分类结果精度高于 90%, 最高可达 99.9%; 最后, 利用提出的最优分类器-特征组合提取了海冰范围和海冰边缘线, 海冰范围与 NSIDC 一致性高于 94% (最高可达 98.2%), 日海冰边缘线精度高于 NSIDC 产品。综上所述, 我们的工作不仅证实了新型传感器 SWIM 海冰识别和分类的能力, 得到了较高的探测精度, 还研究了 SWIM 数据在海冰服务中的应用; 研究表明, SWIM 可以作为海冰监测的新数据源。