

中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXXX—XXXX

海上船只目标卫星遥感监测技术规范

Technical specification for maritime ship targets monitoring by satellite remote
sensing

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 基本要求	2
5.1 船只目标监测	2
5.2 空间参考	2
5.3 控制点	2
6 监测流程	2
7 卫星遥感图像获取	3
7.1 获取要求	3
8 数据预处理	3
8.1 技术要求	3
8.2 处理方法	4
9 船只目标检测	4
9.1 检测要求	4
9.2 检测方法	4
10 评价方法	5
10.1 检测结果评价	5
10.2 指标计算	5
11 专题图制作	6
11.1 制作要求	6
11.2 构成要素	6
11.3 制作程序	6
12 质量控制	7
13 数据整理与资料归档	7
13.1 数据整理	7
13.2 资料归档	8
附录 A（规范性） 中值滤波和 Lee 滤波	9
附录 B（规范性） 海杂波高斯分布和海杂波 K 分布模型	11

附录 C（资料性） 卫星遥感图像真实船只目标样例 12

附录 D（规范性） 船只目标位置要素属性字段 14

附录 E（资料性） 卫星遥感监测船只分布专题图样例 15

参考文献 17

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会(SAC/TC230/SC3)归口。

本文件起草单位：自然资源部第一海洋研究所、中国人民解放军国防科技大学、西南交通大学、中国人民解放军海军航空大学。

本文件主要起草人：孟俊敏、张晰、刘根旺、计科峰、陈思伟、高贵、冷祥光、熊博莅、熊伟、姚力波、张驰。

海上船只目标卫星遥感监测技术规范

1 范围

本文件确立了海上船只目标卫星遥感监测的基本要求和监测流程，并规定了卫星遥感图像获取、数据预处理、船只目标检测、评价方法、专题图制作、质量控制、数据整理与资料归档等内容。

本文件适用于基于恒虚警率（CFAR）方法的可见光遥感图像和合成孔径雷达（SAR）遥感图像海上船只目标监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 15920 海洋学术语 物理海洋学

GB/T 17833—1999 渔业用图编绘规范

CH/T 3019—2018 1:25 000 1:50 000光学遥感测绘卫星影像产品生产技术规范

CH/T 3034—2023 海洋内波遥感调查技术规范

DZ/T 0265—2014 遥感影像地图制作规范（1:50 000、1:250 000）

3 术语和定义

GB/T 15920 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

陆地掩膜 land masking

遮蔽或移除卫星遥感图像中陆地区域的方法。

3.2

AIS 数据匹配 AIS data matching

采用插值方法将船只AIS信息与卫星遥感图像的时间和空间位置进行匹配。

3.3

虚警 false alarm

监测范围内，检测出来的非真实目标。

注：本文件中目标指船只目标。

3.4

虚警率 false alarm rate

监测范围内，虚警的个数占真实目标个数与虚警个数之和的比率。

3.5

品质因数 figure of merit

正确检测的目标个数占真实目标个数与虚警个数之和的比率。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AIS: 自动识别系统 (Automatic Identification System)

CFAR: 恒虚警率 (Constant False-Alarm Rate)

CGCS2000: 2000国家大地坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000)

RFM: 有理函数模型 (Rational Function Model)

RPC: 有理多项式系数 (Rational Polynomial Coefficients)

SAR: 合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar)

TIFF: 标签式图像文件格式(Tagged Image File Format)

XML: 可扩展标记语言 (eXtensible Mark-up Language)

5 基本要求

5.1 船只目标监测

利用卫星遥感图像进行海上船只目标监测, 监测流程应满足操作要求。对于目标的最终确认, 应通过AIS数据匹配或者结合专家经验进行判定。

5.2 空间参考

5.2.1 坐标系统

采用 CGCS2000 坐标系。必要时, 可采用经批准的其他坐标系。

5.2.2 地图投影

按照 GB/T 17833—1999 中 5.1.3.1 的规定执行。在极地区域, 可采用其他地图投影。

5.2.3 时间基准

采用北京时间。

5.3 控制点

选取卫星遥感图像四个角点或可获取已知经纬度信息的目标点作为控制点, 利用多个控制点的位置信息构建校正模型, 进行几何校正。控制点来源于:

- a) 卫星遥感图像提供的坐标信息;
- b) 卫星遥感图像中典型地物目标, 通过与地面控制点匹配得到其坐标信息。

6 监测流程

海上船只目标卫星遥感监测工作流程见图1。

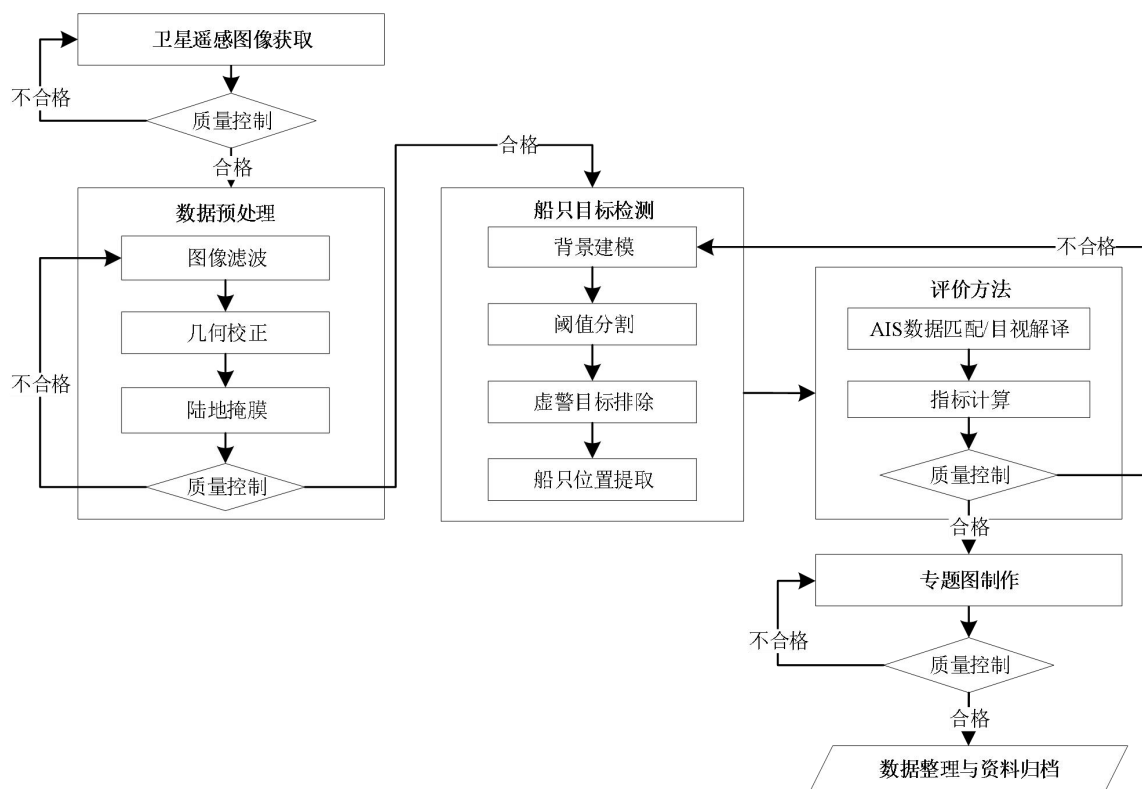


图 1 海上船只目标卫星遥感监测工作流程

7 卫星遥感图像获取

7.1 获取要求

获取的卫星遥感图像资料应满足以下要求：

- a) 可见光遥感图像分辨率应优于 16 m，SAR 遥感图像分辨率应优于 20 m；
- b) 可见光遥感图像的集中云量应小于 5%，海上总云量不应超过 10%，且图像接边处、船只目标特征区域不应有云；
- c) SAR 遥感图像应无明显坏线、陆地虚影等干扰；

注：虚影俗称“鬼影”。

- d) 卫星遥感图像格式为标准产品格式或其他能被通用遥感图像处理软件读取的数据格式；
- e) 卫星遥感图像资料应包括但不限于以下文件：
 - 图像文件，一般为 TIFF 或其他标准图像格式的图像文件；
 - 利用严密几何模型构建的有理多项式函数模型参数文件，一般为 RPC 文件；
 - 元数据文件，包含分辨率、入射角、波段、经纬度等具体参数信息，一般为 XML 文件。

8 数据预处理

8.1 技术要求

数据预处理技术要求如下：

- a) 数据预处理应包含图像滤波、几何校正、陆地掩膜等步骤；
- b) 卫星遥感图像滤波处理后，图像的均值方差比应提升（1~2）倍；
- c) 卫星遥感图像几何校正后，位置误差应小于 5 个像元。

8.2 处理方法

8.2.1 图像滤波

利用图像滤波方法降低可见光遥感图像和 SAR 遥感图像中噪声的干扰，应根据图像类型选取合适的图像滤波方法：可见光遥感图像宜采用中值滤波；SAR 遥感图像宜采用 Lee 滤波。中值滤波和 Lee 滤波应符合附录 A 的规定。

8.2.2 几何校正

8.2.2.1 在有地面控制点情况下，采用 RFM 模型。可见光遥感图像按照 CH/T 3019—2018 中 7.4 的方法进行几何校正；SAR 遥感图像按照 DZ/T 0265—2014 中 6.3 的方法进行几何校正。

8.2.2.2 在无地面控制点情况下，采用卫星遥感图像自带的坐标信息进行几何校正。

8.2.3 陆地掩膜

采用目视解译方法，沿海陆边界线划分出陆地区域和海洋区域，将卫星遥感图像中的陆地区域遮蔽或移除，仅在海洋区域进行船只检测。

9 船只目标检测

9.1 检测要求

海上船只目标检测要求如下：

- a) 目标检测位置与图像位置误差应小于 2 个像元；
- b) 对于可见光遥感图像，船只目标检测的品质因数应不低于 0.70；
- c) 对于 SAR 遥感图像，船只目标检测的品质因数应不低于 0.80；
- d) 对于可见光遥感图像和 SAR 遥感图像，虚警率均应不高于 0.25。

9.2 检测方法

9.2.1 背景建模

分别对可见光遥感图像和 SAR 遥感图像按照如下方法进行背景建模：

- a) 对于可见光遥感图像，宜在选取全部波段的均值图像后，计算可见光遥感图像中海洋区域灰度的直方图分布。对于 SAR 遥感图像，计算 SAR 遥感图像中海洋区域幅度或强度的直方图分布；
- b) 计算直方图分布的形状和尺度等参数；
- c) 将参数代入海杂波统计分布模型进行背景建模。可见光遥感图像宜采用高斯分布模型；SAR 遥感图像宜采用 K 分布模型。海杂波高斯分布和海杂波 K 分布模型应符合附录 B 的规定。

9.2.2 阈值分割

采用 CFAR 方法。基于背景建模结果，利用设置的虚警概率计算分割阈值。将可见光遥感均值图像和 SAR 遥感图像中的每个像素与分割阈值进行对比，如果像素值大于分割阈值则将该像素判为疑似

船只目标。阈值分割计算见公式（1）。

$$1 - P_{fa} = \int_0^{I_c} p(x) dx \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_{fa} ——虚警概率，初始值可选为 10^{-3} ，通常调节范围为 $10^{-5} \sim 10^{-1}$ ；

I_c ——分割阈值；

$p(x)$ ——海杂波幅度或强度值的概率密度分布函数。

9.2.3 虚警目标排除

对阈值分割得到的全部疑似船只目标区域进行目视解译，排除岛礁、海上构筑物、海杂波等虚警目标，确定真实船只目标。卫星遥感图像真实船只目标样例见附录C。

9.2.4 船只位置提取

对检测出来的船只目标几何中心位置进行坐标转换，得到船只目标检测结果的经纬度位置信息，并记录船只目标信息。船只目标位置要素属性字段应符合附录D的规定。

10 评价方法

10.1 检测结果评价

应对检测结果的真实性进行检验，从卫星遥感图像中检测到的目标位置信息进行AIS数据匹配，具体方法如下：

- a) 选取遥感卫星成像时刻前后15min内，共30min的船只AIS数据；
- b) 以卫星遥感图像成像时刻为中心时刻，结合船只目标的速度和方向，对船只AIS数据进行线性插值，提取与卫星遥感图像成像时间相同的船只AIS数据，实现船只AIS与卫星遥感图像的时空匹配；
- c) 将提取的船只AIS数据与卫星遥感图像的目标检测结果在地图上进行标示和匹配；
- d) 对于无匹配数据的情况，通过目视解译的方法判别真实目标个数。

10.2 指标计算

统计正确检测的目标个数、虚警个数、真实的目标个数。按照公式（2）和公式（3）分别计算虚警率和品质因数。

$$R_{fa} = \frac{N_{fa}}{N_{gt} + N_{fa}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R_{fa} ——虚警率；

N_{fa} ——虚警个数；

N_{gt} ——真实目标个数。

$$R_{fom} = \frac{N_{tt}}{N_{gt} + N_{fa}} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

R_{fom} ——品质因数；

N_{tt} ——正确检测的目标个数。

11 专题图制作

11.1 制作要求

卫星遥感监测船只分布专题图制作要求如下：

- a) 专题图中应包含地理底图、卫星遥感图像和目标位置；
- b) 卫星遥感图像应清晰、色调均匀和反差适中；
- c) 不同卫星遥感图像和数据得到的目标位置信息应使用不同的颜色区分；
- d) 输出分辨率应不低于 300dpi。

11.2 构成要素

卫星遥感监测船只分布专题图构成要素如下：

- a) 图名；
- b) 经纬度及其注记；
- c) 卫星遥感图像；
- d) 指北针；
- e) 比例尺；
- f) 卫星名称；
- g) 成像时间；
- h) 监测海域；
- i) 极化方式；
- j) 分辨率；
- k) 入射角；
- l) 船只检测结果；
- m) 船只 AIS 数据；
- n) 虚警率；
- o) 品质因数；
- p) 制作时间；
- q) 制图人员；
- r) 制作单位；
- s) 审核；
- t) 图例。

卫星遥感监测船只分布专题图样例见附录 E。

11.3 制作程序

11.3.1 地理底图制作

地理底图制作步骤如下：

- a) 加载海洋和陆地的地图图层；
- b) 设定专题图的边框格式、经纬度等分线；
- c) 添加卫星图像的参数信息、指北针、比例尺等图例信息。

11.3.2 卫星遥感图像加载

卫星遥感图像加载步骤如下：

- a) 加载几何校正后的卫星遥感图像，卫星遥感图像的图层应叠加在陆地图层之下，海洋图层之上；
- b) 当需要添加多幅卫星遥感图像时，应对图像进行色调调整，使接缝处图像的灰度、色调与整幅图像协调。

11.3.3 目标位置信息加载

目标位置信息加载步骤如下：

- a) 将船只目标检测结果和船只 AIS 数据转化为遥感制图软件可以读取的格式；
- b) 将船只目标检测结果和船只 AIS 数据图层叠加在最上方；
- c) 显示船只目标检测结果和船只 AIS 数据的经纬度位置；
- d) 将船只目标检测结果和船只 AIS 数据的图层分别用不同颜色区分表示。

12 质量控制

应严格执行“两级检查、一级验收”制度。上一级检查未进行前不应进行下一级检查，各级检查应单独进行。过程质量控制包括下列内容：

- a) 卫星遥感图像获取：卫星遥感图像应符合 7.1 要求，文件资料应齐全；
- b) 数据预处理：检查卫星遥感图像在图像滤波后的均值方差比、几何校正后的定位误差以及陆地掩膜后海洋和陆地区域图像是否完整。若满足 8.1 要求，执行船只目标检测；若不满足，应按照 8.1 要求重新进行数据预处理；
- c) 船只目标检测：背景建模中应检查是否选取了合适的模型以及模型计算的正确性；阈值分割中应检查虚警概率设定和阈值计算的正确性；应安排经验丰富的人员参照附录 C 对检测结果进行目视解译，排除岛礁、杂波等虚警目标；最后，检验目标检测位置与图像位置的误差，若满足 9.1 a) 的要求，执行评价方法；若不满足，应按照 9.1 a) 的要求重新进行船只目标检测；
- d) 评价方法：AIS 数据匹配要经过插值处理后计算品质因数和虚警率，当无法获取 AIS 数据时，通过目视解译判断真实目标再计算品质因数和虚警率。品质因数和虚警率的精度若满足 9.1b)、9.1c) 和 9.1d) 的要求，执行专题图制作；若不满足，应调节虚警概率，按照 9.1b)、9.1c) 和 9.1d) 的要求重新进行船只目标检测和指标计算；
- e) 专题图制作：专题图的格式应规范，构成要素应完整。若满足 11.1 要求，执行数据整理与资料归档；若不满足，应按照 11.1 要求重新进行专题图制作。

13 数据整理与资料归档

13.1 数据整理

监测工作结束后，对获取的数据和提取的信息进行整编，包括原始卫星遥感图像数据、预处理后卫星遥感图像数据、船只目标检测结果、AIS数据匹配信息以及专题图。数据整编按照CH/T 3034—2023中10.1的规定执行。

13.2 资料归档

应对整理的数据进行归档，归档内容包括：

- a) 原始的卫星遥感图像和船只 AIS 数据；
- b) 处理后的卫星遥感图像和插值后的船只 AIS 数据；
- c) 船只目标检测结果和 AIS 数据匹配信息；
- d) 专题图数据集。

附录 A
(规范性)
中值滤波和 Lee 滤波

A.1 中值滤波

中值滤波是指利用非线性平滑技术，将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内所有像素点灰度值的中值。中值滤波的方法如下：

- a) 设定中值滤波的滤波窗口大小，例如长宽为 3×3 的矩形窗口， $A=9$ ；
- b) 对于图像中的像素，以位于 (i, j) 坐标处的待求像素 $f(i, j)$ 为中心，选取滤波窗口大小的像素，利用公式 A.1 计算全部像素的中值 $g(i, j)$ ：

$$g(i, j) = Med_A \{f(i, j)\} = Med \{f_{i+r, j+s}, (r, s) \in A(i, j)\} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- i ——当前像素点所在位置的横坐标；
- j ——当前像素点所在位置的纵坐标；
- $g(i, j)$ ——滤波后图像的灰度值；
- $f(i, j)$ ——含噪图像的灰度值；
- $Med\{\}$ ——取中值；
- A ——滤波窗口大小；
- r ——沿行方向移动的像素距离；
- s ——沿列方向移动的像素距离；
- $f_{i+r, j+s}, (r, s)$ —— $f(i, j)$ 沿行列分别移动了 r 和 s 个像素位置后的灰度值；
- $A(i, j)$ ——滤波窗口中的像素。
- c) 计算得到中值 $g(i, j)$ ，替代待求像素的值 $f(i, j)$ ；
 - d) 遍历图像中的全部像素，得到最终的中值滤波图像。

A.2 Lee 滤波

Lee 滤波是指基于乘性斑点噪声模型，通过滑动窗口获得图像局部统计特征进行滤波处理，实现噪声处理。Lee 滤波的方法如下：

- a) 设定 Lee 滤波的滤波窗口大小；
- b) 计算滤波窗口内全部像素的均值 $\bar{u}$ 和标准差 σ_u ；
- c) 对于图像中的像素，以待求像素为中心，选取滤波窗口大小的像素，利用公式 A.2 计算全部像素的图像去噪后的灰度值 $\hat{R}(t)$ ：

$$\hat{R}(t) = \bar{I}(t) + [1 - (\frac{\sigma_u / \bar{u}}{\sigma_I(t) / \bar{I}(t)})^2] (I(t) - \bar{I}(t)) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- t ——当前像素位置；

$\hat{R}(t)$ —— 图像去噪后的灰度值；

$\bar{I}(t)$ —— 噪声去除后 $I(t)$ 的数学期望；

σ_u —— 噪声斑 u 的标准差；

$\bar{u}$ —— 噪声斑 u 的均值；

$\sigma_I(t)$ —— 图像 $I(t)$ 的标准差；

$I(t)$ —— 图像去噪前的灰度值。

d) 计算得到 $\hat{R}(t)$ ，替代待求像素的值 $I(t)$ ；

e) 遍历图像中的全部像素，得到最终的 Lee 滤波图像。

附录 B

(规范性)

海杂波高斯分布和海杂波 K 分布模型

B.1 海杂波高斯分布模型

高斯分布模型的计算方法如下：

- a) 选取待计算的海杂波区域，进行直方图统计；
- b) 计算所选海杂波区域的像素值均值 μ 和标准差 σ ；
- c) 将计算得到的均值 μ 和标准差 σ ；带入 B.1 得到高斯分布模型的概率密度函数 $f(x)$ 。

高斯分布模型见公式 (B.1)。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- x ——海杂波直方图分布的海面背景幅度值；
- $f(x)$ ——海杂波概率密度函数；
- σ ——海杂波区域的像素值标准差；
- μ ——海杂波区域的像素值均值。

B.2 海杂波 K 分布模型

K 分布模型的计算方法如下：

- a) 选取待计算的海杂波区域；
- b) 利用对数累量法计算所选海杂波区域的 L 、 α 、 λ 参数；
- c) 将计算得到的 L 、 α 、 λ 带入 B.2 得到 K 分布模型的概率密度函数 $f(x)$ 。

K 分布模型见公式 (B.2)。

$$f(x) = \frac{4}{\Gamma(L)\Gamma(\alpha)} (L\lambda)^{\frac{L+\alpha}{2}} x^{L+\alpha-1} K_{\alpha-L}(2x\sqrt{L\lambda}), L, \alpha, \lambda > 0 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $\Gamma(\)$ ——伽马函数；
- L ——海杂波直方图分布的等效视数；
- α ——海杂波直方图分布的形状参数；
- λ ——海杂波直方图分布的尺度参数；
- $K_{\alpha-L}(\)$ —— $(\alpha-L)$ 阶第二类修正 Bessel 函数。

附录 C
(资料性)
卫星遥感图像真实船只目标样例

各类不同分辨率的可见光遥感图像船只目标样例见图 C.1，SAR 遥感图像船只目标样例见图 C.2。



图 C.1 可见光遥感图像船只目标样例

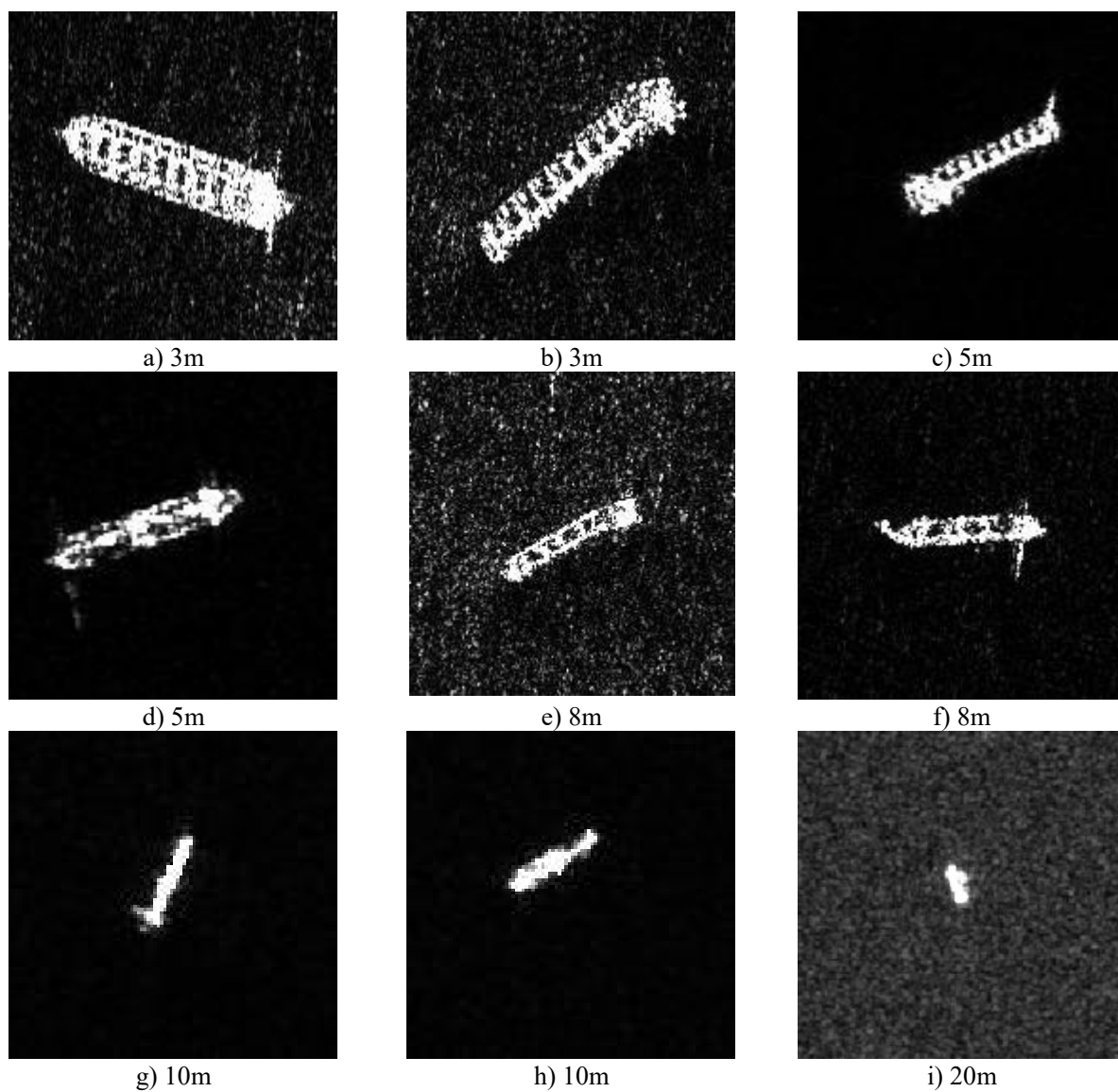


图 C.2 SAR 遥感图像船只目标样例

附录 D
(规范性)
船只目标位置要素属性字段

船只目标位置要素属性字段内容按照表 D.1 的规定执行。

表 D.1 船只目标位置要素属性字段内容

序号	字段名称	数据类型	说明	示例
1	船只目标经纬度	浮点型	按照十进制度保留小数点后 5 位	122.37834E,23.66487N
2	船只 MMSI 号	整型	AIS 自有字段，9 位数字	367837000
3	船只 AIS 位置	浮点型	按照十进制度保留小数点后 5 位	122.37834E,23.66487N
4	船只 AIS 速度	浮点型	单位:节(kn)，保留小数点后 1 位	9.5 kn
5	经纬度精度	浮点型	按照十进制度保留小数点后 5 位	0.00001
6	所用图像来源	字符型	卫星平台名称	GAOFEN-3
7	坐标系	字符型	采用 CGCS2000 坐标系	CGCS2000
8	成像时间	日期型	采用“YYYY-MM-DD HH:MM”格式	2022-12-28 12:12
9	空间分辨率	浮点型	卫星遥感图像的分辨率	0.5m
10	船只目标验证数据	字符型	验证数据来源	AIS 或目视解译
11	目标批号	字符型	监测任务中自定义的任务批次号	1
12	图像切片	字符型	所用图像是否切片，第几个切片	“chip1”表示第一个切片，“”表示整幅图像
13	图像长度	整型	图像横向所占像元个数	300
14	图像宽度	整型	图像纵向所占像元个数	300

附录 E
(资料性)
卫星遥感监测船只分布专题图样例

可见光卫星遥感监测船只分布专题图样例见图 E.1，SAR 卫星遥感监测船只分布专题图样例见图 E.2。

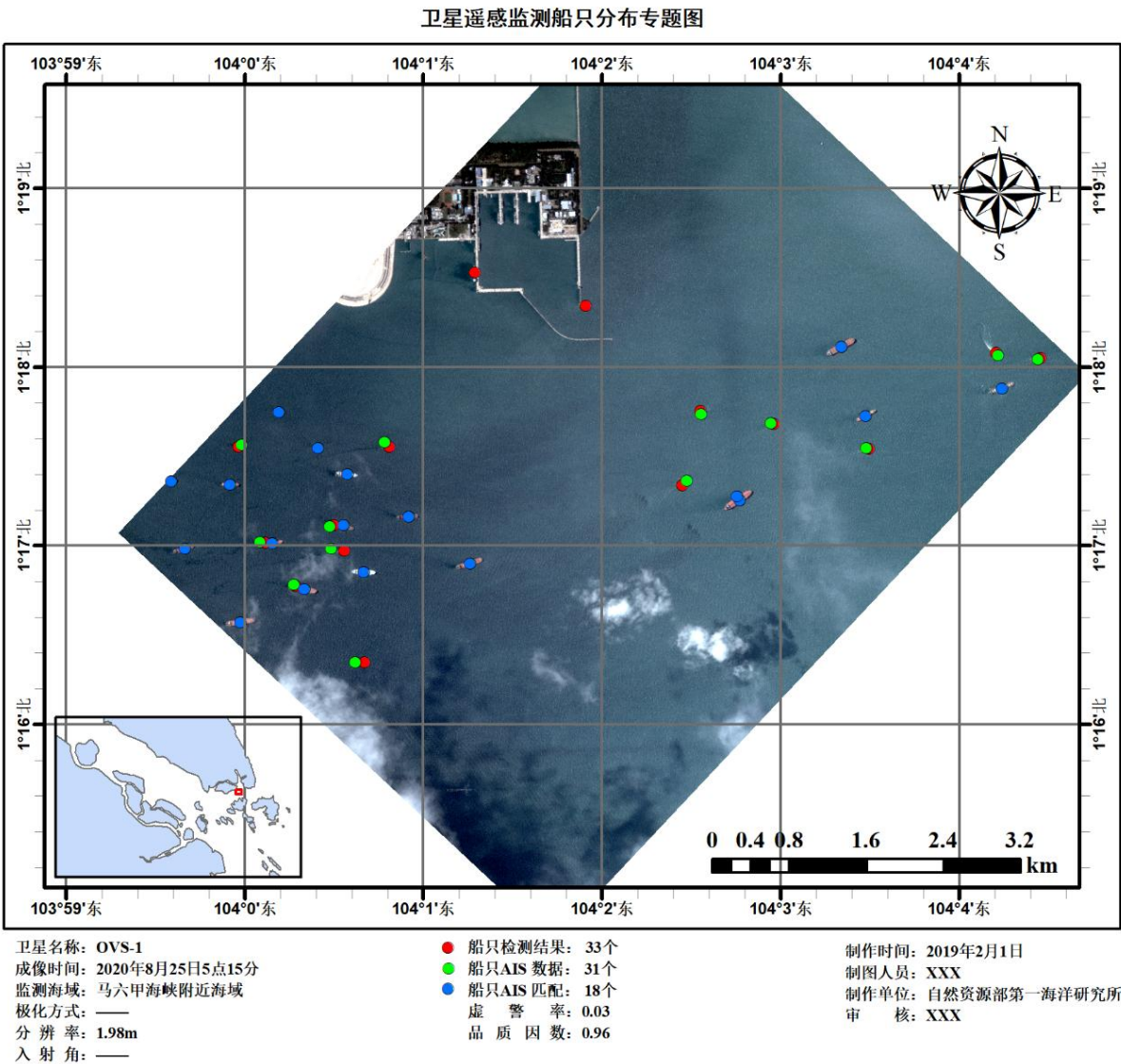


图 E.1 可见光卫星遥感监测船只分布专题图样例

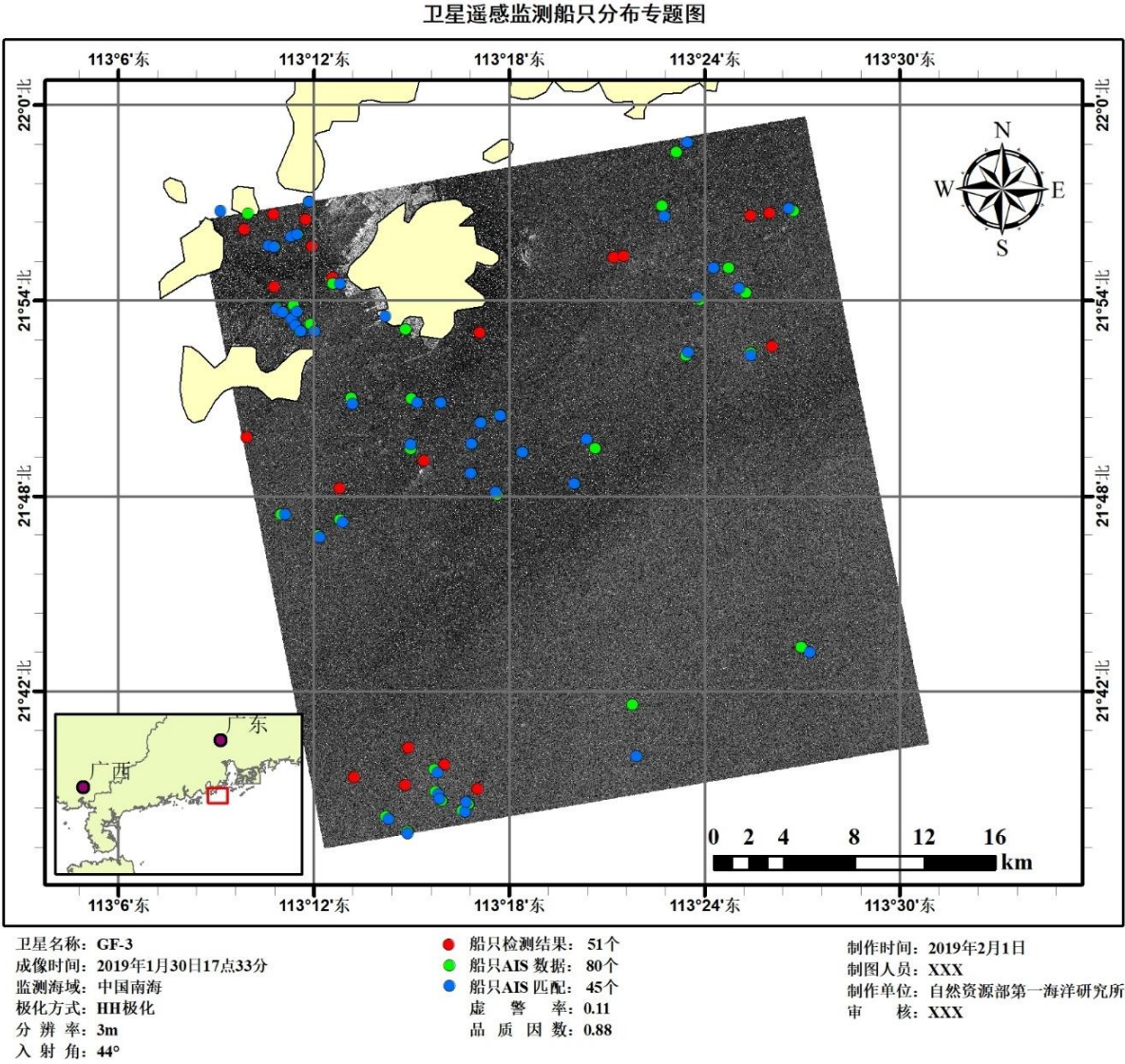


图 E.2 SAR 卫星遥感监测船只分布专题图样例

参 考 文 献

- [1] GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语
 - [2] GB/T 40523—2021 1:25 000 1:50 000光学测绘卫星几何检校技术规范
 - [3] CH/T 1043—2018 地理国情普查成果质量检查与验收
 - [4] QX/T 460—2018 卫星遥感产品图布局规范
-

《海上船只目标卫星遥感监测技术规范》

编制说明

行业标准项目名称： 海上船只目标卫星遥感监测技术规范

行业标准项目编号： 202033004

送审行业标准名称： 海上船只目标卫星遥感监测技术标准

报批行业标准名称： 海上船只目标卫星遥感监测技术规范

承担单位： 自然资源部第一海洋研究所

当前阶段： ☐征求意见 ☐送审稿审查 ☒报批稿报批

编制时间： 二〇二三年七月

海上船只目标卫星遥感监测技术规范

编制说明

一、概况

1.1 任务来源

2020年9月11日，自然资源部下达《自然资源部办公厅关于印发2020年度自然资源标准制修订工作计划的通知》（自然资办发[2020]43号），本文件是自然资源部立项的2020年自然资源卫星应用行业标准计划项目之一，项目编号：202033004，标准计划名称《海上船只目标卫星遥感监测技术标准》。本文件由全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会归口，由自然资源部第一海洋研究所牵头起草。

1.2 目的意义

国家海洋权益的维护与国家主权和国家安全息息相关，是国民经济可持续发展的重要保障。近年来海上航运和渔业活动增多、海上侵权事件频发，为了维护海洋安全，迫切需要对海上船只目标进行监视监测。海上船只目标数量多且类型复杂，分布范围较广，利用传统方法对海面进行大范围监测存在一定困难。遥感技术能够在较短时间内重复获取某一地区的全局信息，是进行大范围目标监测的有效手段。SAR具有全天时、全天候监测能力，但重访周期长，限制了SAR在船只业务化监测中的应用。可见光遥感图像空间覆盖范围大、时间分辨率高，数据来源丰富，特别是自主高分辨率可见光遥感为船只业务化监测提供了很好的数据源保障，具有明显的优势。因此，开展基于遥感的海上船只目标遥感监测技术对国防安全保障、海洋工程、海洋生态的科学研究都具有重要意义。

遥感作为海洋船只目标监测的重要手段，其数据量庞大，且种类繁多。遥感船只监测技术已应用于国家重点研发计划专项、海洋公益性项目等，

此外，很多单位和公司等都在进行船只监测的业务和服务，但当前国内还没有国家或行业标准可以遵循，存在作业流程不规范、精度要求不明确等问题，影响船只遥感信息提取的质量。因此急需制定海上船只目标卫星遥感监测规范，来指导遥感数据应用的规范性，提高遥感影像在船只目标监测方面的可靠性及应用水平。本项目拟制定可行实用并兼顾发展的海上船只目标卫星遥感监测技术规范，统一遥感数据的规范使用，以及提高船只遥感监测的可靠性。

1.3 主要起草人及其分工

编制任务下达后，自然资源部第一海洋研究所为牵头单位成立了编制组。编制组成员包括总体技术负责人和长期从事卫星应用船只监测专业领域的专业技术人员和专家分工合作开展标准各章节的编写，编制组主要人员组成及分工见表 1。

表 1 编制组人员分工

序号	姓名	单位	任务分工	备注
1	孟俊敏	自然资源部第一海洋研究所	规范编制负责人，总体统筹标准编制等工作	
2	张 晰	自然资源部第一海洋研究所	负责标准编制与形成标准（征求意见稿）主体框架等工作	
3	刘根旺	自然资源部第一海洋研究所	负责标准编写、组织协调、审查报批等工作	
4	计科峰	中国人民解放军国防科技大学	参与标准编制工作	
5	陈思伟	中国人民解放军国防科技大学	参与标准编制工作	
6	高 贵	西南交通大学	参与标准编制工作	
7	冷祥光	中国人民解放军国防科技大学	参与标准编制工作	
8	熊博莅	中国人民解放军国防科技大学	参与标准编制工作	
9	熊 伟	中国人民解放军海军航空大学	参与标准编制工作	
10	姚力波	中国人民解放军海军航空大学	参与标准编制工作	
11	张 驰	自然资源部第一海洋研究所	参与标准编制工作	

1.4 主要工作过程

1.4.1 征求意见稿阶段

2019 年 11 月-2020 年 2 月，编制组成立标准起草组，制定详细的工作计划，集体学习了 GB/T 1.1-2009 《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》。进一步了解了国内外海上船只目标遥感监测的发展现状，在前期编制的海上船只目标遥感监测技术标准的基础上，经过修改完善，形成标准草案。

2020 年 3 月-2021 年 9 月，以标准草案为基础，编制组又以电话、社交软件、电子邮件和视频会议的形式与海洋测绘领域生产作业单位、大学、科研院所的多位技术专家和生产专家进行多次交流探讨，对标准的主要内容进行了逐条重新梳理和完善，确定了标准大纲、标准主要内容等。最后综合多位专家意见对标准草案各部分进行修改完善，形成标准初稿。

2021 年 9 月-2022 年 6 月，编制组针对标准初稿中各条重要技术要求和关键指标逐条开展理论推导分析和进一步试验验证，经过多次内部讨论及修改，形成标准征求意见稿和编制说明。

2022 年 7 月，按照全国地理信息标准化技术委员会标准化工作管理规定要求，编制组将征求意见稿发至标委会全体委员和部分单位，开始征求有关单位及专家意见。

2022 年 9 月，标委会建议继续完善后，重新征求意见，编制组针对标委会委员和相关专家所提的建议，逐条开展了修改和完善，形成了征求意见稿第二版后发给相关单位和专家征求意见。共收到回函单位数 22 个，其中，3 份无意见，共整理意见和建议 132 条，其中采纳 113 条，部分采纳 9 条，未采纳 10 条。

2022 年 10 月-2023 年 5 月，在卫星应用分技术委员会秘书处指导和建

议下，进一步对标准征求意见稿的修改内容向相关专家进行咨询和确认，根据反馈意见进行了修改完善，形成送审讨论稿。

1.4.2 送审稿阶段

2023年5月30日，由自然资源部第一海洋研究所在北京组织召开了标准预审会，来自国家卫星海洋应用中心、全国地理信息标准化技术委员会、全国海洋标准化技术委员会、自然资源部第一海洋研究所、自然资源部第三海洋研究所、国家海洋技术中心、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、北京化工大学、北京遥测技术研究所、山东省国土空间数据和遥感技术研究院、自然资源部第六地形测量队的11名专家参加预审会，专家对标准送审讨论稿和编制说明提出了针对性修改意见。会后，编制组根据预审会专家提出的29条审查意见，对标准及其编制说明进行了认真修改，并于2023年6月形成送审稿。

1.4.3 报批稿阶段

2023年7月7日，全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会在北京组织召开了送审稿审查会，参加审查会的有国家卫星海洋应用中心、全国地理信息标准化技术委员会、全国海洋标准化技术委员会、自然资源部第一海洋研究所、国家海洋技术中心、自然资源部第三海洋研究所、中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、北京化工大学、北京遥测技术研究所、山东省国土空间数据和遥感技术研究院、北京遥感信息研究所、西安电子科技大学等相关单位的12名专家。会议对标准送审材料进行了认真审查，给出了审查结论，一致同意通过该标准送审稿的审查，建议标准名称修改为《海上船只目标卫星遥感监测技术规范》，并按照专家审查修改意见修改后以推荐性行业标准报批。

2023年7月，编制组根据审查会意见，对标准送审稿进一步修改完善，

形成标准报批稿。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

2.1 标准编制原则

（1）一致性与规范性

本文件与 GB/T 15920-2010《海洋学术语 物理海洋学》、GB/T 14950-2009《摄影测量与遥感术语》等相关标准相互协调，保持标准内容间的一致性，避免新制定标准同已经颁布实施或正在报批的相关标准之间的冲突和矛盾。标准编制的所有阶段均遵守国家标准 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定，保证标准编制的规范性。

（2）科学性与系统性

本文件针对海上船只目标遥感监测任务，依据内容完整、技术规范和科学合理的原则，以作业范围、基本要求、数据获取、数据处理、船只目标信息提取、评价方法和专题图制作等方面分别开展相关内容的编制，保证了文件的系统性。

（3）有效性与可靠性

船只遥感监测技术规范基于专项调查的经验积累和总结编制，并随着相关工作的不断发展和深入补充加入新的内容和方法。目前，自然资源部第一海洋研究所已经在多个海洋公益性专项、重点研发计划项目任务中使用了本文件规范，本文件的使用有效保证了船只遥感监测的工作效率，便于规范工作流程、统一数据格式、保证成果有效性和可靠性。

（4）实用性和可扩展性

本文件编制过程中充分考虑了数据质量、遥感图像预处理方法、船只目标检测方法等影响因素，依据船只遥感监测多年的工作经验，能够满足未来一定时期内的船只遥感监测需求，具有可扩展性。

2.2 国内外情况调研

船只是海上运输和军事作战的主要载体，对其进行快速和精确的监测对于打击非法入侵船只、参与海上救援、进行渔业管理等具有重要意义，也是进行海洋开发和监测的基础。海上船只目标遥感监测标准体系的构建有助于船只目标遥感监测工作的科学、规范、有序开展。船只在海洋中的数量庞大，分布范围较广，因此，要大范围监测船只，遥感是最佳手段。目前卫星遥感数据量庞大，种类繁多，为船只监测提供了数据基础。同时，遥感船只监测技术已应用于多个海洋公益性专项、重点研发计划项目等，经国家标准、行业标准共享服务平台检索，尚未有相关国家标准、行业标准、国际标准、他国国家标准记录情况。由于当前国内外还没有国家或行业标准可以遵循，存在作业流程不统一、精度要求不明确等问题，影响船只遥感监测的成果应用。因此急需制定海上船只遥感监测规范，来指导遥感数据应用的规范性，提高遥感影像在船只监测方面的可靠性及应用水平。

2.3 主要技术内容的说明

2.3.1 标准的范围

本文件针对全球海上船只目标遥感监测需求，总结近年来船只遥感监测的实践经验，充分考虑技术的实用性，规范相关的作业过程，为海事、港口、渔业等管理部门提供管理支撑和决策依据。由于海上船只目标数量庞大且分布范围较广，现场大范围监测存在一定困难。卫星遥感具有大范围、高时空分辨率、全天候等特点，已成为船只监测的重要手段。自从上世纪 70 年代以来，一系列卫星的可见光和 SAR 传感器都获得了大量的船只目标遥感图像，为船只目标检测的研究提供了丰富的遥感资料。基于遥感图像，可以直观看到船只的空间分布情况，连续多景图像还可以得到船只的运动特征，这是常规手段难以做到的，而对于船只的坐标位置、运动轨迹的研究更需要大范围重复的观测。

本文件确立了海上船只目标卫星遥感监测的基本要求和监测流程，并规定了卫星遥感图像获取、数据预处理、船只目标检测、评价方法、专题图制作、质量控制、数据整理与资料归档等内容。适用于基于恒虚警率（CFAR）方法的可见光遥感图像和合成孔径雷达（SAR）遥感图像海上船只目标监测。

2.3.2 关于卫星遥感图像获取

本文件给出了船只遥感监测所需收集的遥感数据类型和要求。数据类型主要包括可见光遥感图像和 SAR 遥感图像。可见光遥感图像具有高时间分辨率、刈幅宽度大等优势，SAR 遥感图像不受云雾等外界环境的干扰，与可见光遥感图像结合可实现船只的高时空分辨率的监测。船只作为一种小尺寸的海上目标，利用中高分辨率的遥感图像开展船只遥感监测，能够得到细节更丰富、结果更准确的船只监测成果，因此，为了覆盖从小型船只到大型船只的大跨度船只尺寸的监测需求，本文件对遥感数据的基本要求如下：

a) 为保证船只的可见性和可检测性，可见光遥感图像分辨率应优于 16m，SAR 遥感图像分辨率应优于 20 m；

b) 可见光遥感图像的集中云量应小于 5%，总云量不应超过 10%，且图像接边处、船只目标特征区域不应有云；

c) SAR 遥感图像无明显噪声、斑点和坏线、陆地方位向鬼影等干扰；

d) 卫星遥感图像格式为标准产品格式或其他能为通用遥感图像处理软件读取的数据格式；

e) 卫星遥感图像资料应包括但不限于以下文件：

—— 图像文件，一般为 TIFF 或其他标准图像格式的图像文件；

- 利用严密几何模型构建的有理多项式函数模型参数文件，一般为 RPC 文件；
- 元数据文件，包含分辨率、入射角、波段、经纬度等具体参数信息，一般为 XML 文件。

常用的可见光卫星遥感图像和 SAR 卫星遥感图像数据源如表 2 和表 3 所示。

关于可见光卫星遥感图像分辨率的问题，船只目标检测对可见光遥感图像的分辨率有一定要求，这是因为较低的分辨率可能会导致船只目标在图像中不够清晰或无法明确辨别。较高的分辨率可以提供更好的目标分辨能力，使得船只目标在图像中更加清晰和可识别。船只通常具有不同的尺寸和形状，而较高的分辨率可以更好地捕捉和表示这些细节，有助于准确地检测船只目标。一般来说，对于船只目标检测，较高的可见光图像分辨率是有益的，通常在数米至十几米的范围内。结合表 2 目前国内和国际的可见光学卫星遥感数据的空间分辨率，GF-2 的分辨率已经能达到亚米级别，Landsat8 可达到 15m，Sentinel-2 可达到 10m，国产的 GF-1、GF-6 的分辨率均在 16m 以上，有经验的专家可以通过人工目视解译初步判定是否为船只，因此，建议光学分辨率优于 16m，即可开展可见光卫星遥感船只监测工作。

表 2 常用的可见光卫星遥感数据源

序号	卫星	国家或机构	重放周期(天)	波段数	空间分辨率 (m)
1	SkySat-2	美国	—	5	0.9/2
2	WorldView-4	美国	<3	5	3/5/25/50
3	Sentinel-2	欧空局	10	13	60/20/10
4	Landsat8	美国	16	11	100/30/15

5	GF-1	中国	4	8	16/8/2
6	GF-6	中国	4	8	16/8/2
7	环境二号	中国	2	8	16
8	资源三号	中国	5	5	2.1/3.6/5.8
9	SPOT-7	法国	—	5	1.5/6
10	ALOS	日本	2	5	2.5/10
11	THEOS	泰国	3	5	2/15

关于 SAR 卫星遥感图像分辨率的问题，第一、从技术要求角度分析，利用 SAR 遥感图像进行船只检测，对于 SAR 的分辨率要求不高，由于船只在 SAR 图像中表现为高亮的点，相对于海洋背景具有较高的信噪比，因此，Envisat-ASAR 仅有 75m 分辨率也可以进行大范围内的船只检测，第二、从数据获取角度，随着目前星载 SAR 技术的提高，如表 3 所示大部分卫星主要工作模式的分辨率都在 20m 以上，其中，目前能够免费获取的是 sentinel-A 卫星，该卫星 SAR 的主要工作模式的分辨率为 20m。第三、从后续任务的延续性角度，一般开展了目标检测后，用户单位还会有类型识别进一步的要求，希望初步判断出具体船只类型，对于分辨率 20m 以上的遥感数据，有经验的专家可以通过人工目视解译初步判定是否为船只。综上，从技术要求、数据获取以及后续任务角度综合考虑，建议 SAR 船只检测分辨率优于 20m。

表 3 常用的 SAR 卫星数据源

序号	卫星	国家或机构	工作波段	分辨率（m）	入射角（°）
1	GF-3	中国	C	1~500	10~60
2	TerraSAR-X	德国	X	1~16	20~55
3	COSMO-SkyMed	意大利	X	1~100	25~50
4	Radarsat-2	加拿大	C	1~100	20~49
5	Sentinel-1A/B	欧空局	C	5~20	20~46
6	ALOS-2	日本	L	1~100	8~70

2.3.3 关于数据预处理

卫星传感器在成像过程中，因物镜畸变、大气折光、地形起伏等因素导致的原始图像上各地物的几何位置、形状、尺寸、方位等特征与在参照系统中的表达要求不一致时产生的变形。因此，在进行海上船只目标信息提取前，需要对原始的卫星遥感图像进行几何校正等预处理，经过几何校正的遥感图像可以更好地给出船只的准确位置。本文件给出了可见光遥感图像和 SAR 遥感图像所需的预处理要求，在有地面控制点情况下，采用 RFM 模型，进行几何校正；在无地面控制点情况下，采用卫星遥感图像自带的坐标信息进行几何校正。为消除陆地对船只检测结果影响，还需进行陆地掩膜处理，遮蔽或移除遥感图像中的陆地区域，使后续工作仅在海洋区域进行。此外，遥感图像从采集到传输的过程中都不可避免受到了不同程度的噪声污染，这些噪声导致图像质量下降，严重影响了船只目标检测的精度，因此需要采用合适的图像滤波方法降低遥感图像中噪声的干扰，同时保持图像的边缘细节信息。

2.3.4 关于船只目标检测

本文件给出了海上船只目标检测与信息提取的技术要求和提取流程。船只目标检测与信息提取常采用 CFAR 算法，该算法是自动目标检测的一个重要组成部分，该方法的核心步骤是选取合适的背景概率密度函数分布模型进行海杂波的建模拟合，通过计算出背景的均值和方差等参数，带入到分布模型中，反解出用于船只检测的分割阈值。对于图像中大于分割阈值的像素，判定为船只目标像素，反之，则判定为海洋背景像素。对于可见光遥感图像，背景概率密度函数分布模型采用高斯分布模型，对于 SAR 遥感图像，背景概率密度分布模型采用 K 分布模型。在完成了 CFAR 检测后，从海洋背景中提取疑似船只目标区域，再对疑似船只目标区域进行专

家目视解译，确定准确的船只目标区域。CFAR 方法能够通过调节分布模型参数，实现对不同的雷达观测参数、不同海况条件的海洋背景的精确拟合，具有计算速度快，工程化简便，理论模型清晰，适用范围广等优势。

通常，可见光和 SAR 遥感图像具有多个波段或者极化通道。通过实验分析，建议可见光对全部波段求平均得到均值图像后再做海杂波背景建模，对于 SAR 图像，建议选用按照交叉极化/水平极化/垂直极化（HV/HH/VV）的优先顺序选择极化通道后再做海杂波背景建模。

关于可见光遥感图像波段的选择问题。采用 GF-1、Sentinel-2A/B 等卫星分析波段选择的合理性，所用遥感图像数据信息如表 4。

表 4 可见光卫星遥感图像数据信息表

序号	卫星	时间	分辨率
1	GF-1	2019-07-16 11:26:50	16m
2	Sentinel-2A	2023-01-10 11:21:21	10m
3	Sentinel-2B	2023-01-05 11:21:29	10m

图 1-图 3 分别给出了三个数据的各通道灰度图像及均值图像。图 4-图 6 分别给出了各通道对应的海杂波背景直方图，各通道的海杂波背景直方图统计都符合高斯分布。作为灰度图像，船只在图像中表现为亮区域、海洋则为灰暗区域，因此，图像中船海对比度（TCR）能够在一定程度上反映出船只的可检测潜力，TCR 的公式如(1)所示，通常认为 TCR 越大，船只被检测的可能性就越高

$$T_{CR} = 20 * \lg \frac{T_m}{B_m} \quad (1)$$

式中：

T_{CR} ——船海对比度；

T_m ——目标像素的均值；

B_m ——背景像素的均值。

表 5 给出了三景图像中的 TCR 统计值，GF-1 和 Sentinel-2A 图像中 B 通道的 TCR 最大，Sentinel-2B 图像中的 R 通道的 TCR 最大，可见，对于不同的数据而言，TCR 最大的通道并不具有相同的规律，所以，本文件建议对 RGB 三个通道进行求平均处理，得到的均值图也具有较高的 TCR，适合进行可见光遥感图像的船只目标检测。

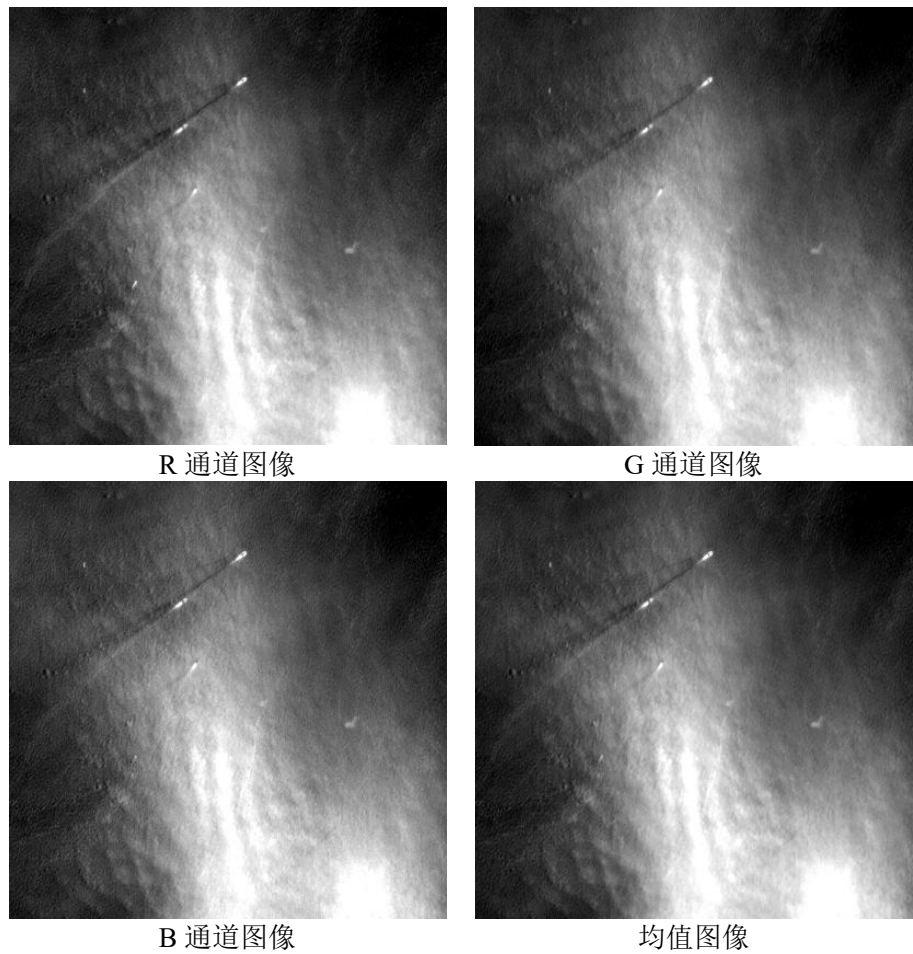
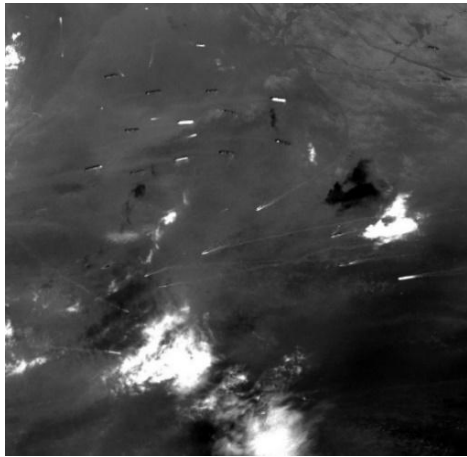
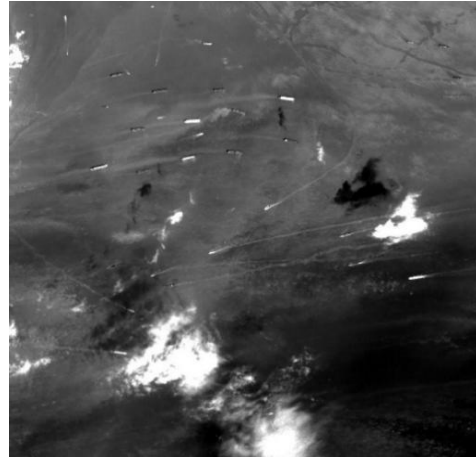


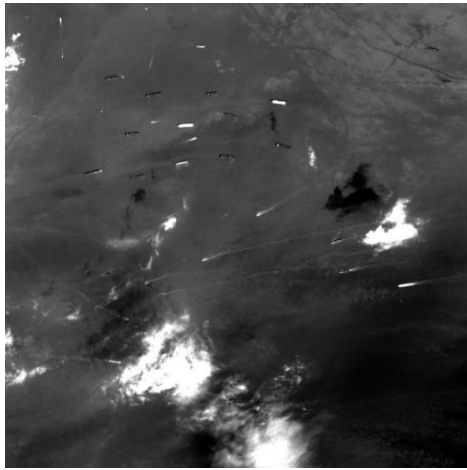
图 1 GF-1 各通道灰度图像



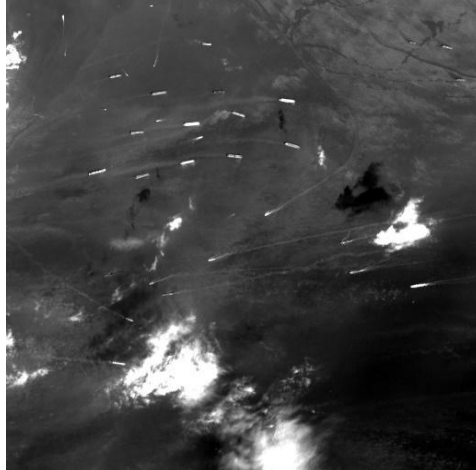
R 通道图像



G 通道图像



B 通道图像

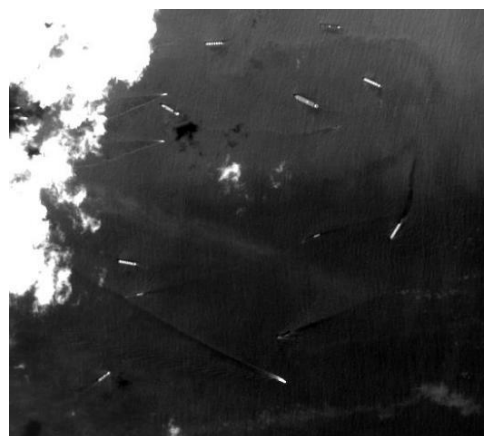


均值图像

图 2 Sentinel-2A 各通道灰度图像



R 通道图像



G 通道图像



B 通道图像



均值图像

图 3 Sentinel-2B 各通道灰度图像

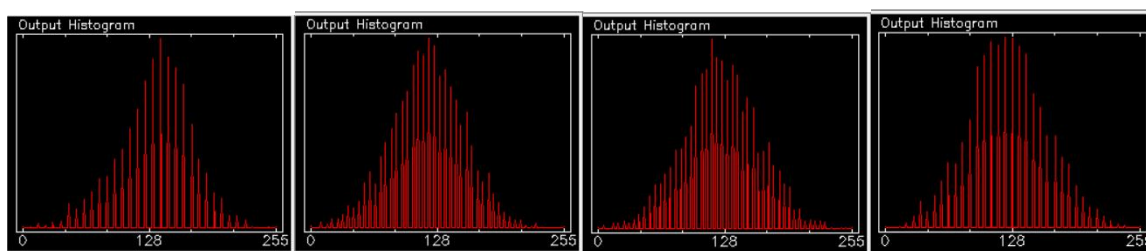


图4 GF-1各通道的海杂波背景直方图统计

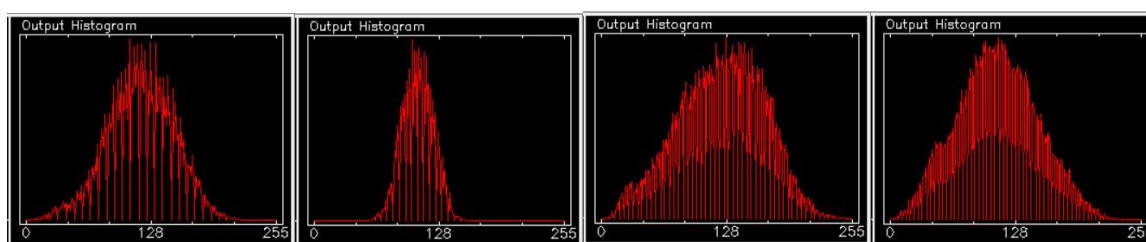


图 5 Sentinel-2A 各通道的海杂波背景直方图统计

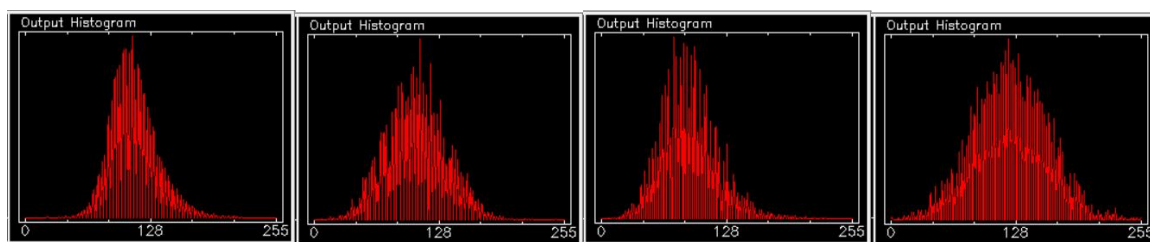


图 6 Sentinel-2B 各通道的海杂波背景直方图统计

表 5 船海对比度统计（分贝：dB）

卫星 \ 船海对比度	R 通道图像	G 通道图像	B 通道图像	均值
GF-1	1.78	2.28	2.89	2.56
Sentinel-2A	1.07	1.48	3.27	2.87
Sentinel-2B	3.23	2.44	1.55	2.71

关于 PFA 虚警概率的设置选择：当选定了合适的海杂波背景后，CFAR 方法的检测效果关键在于虚警概率的设置。虚警率的设置根据经验设定；当虚警概率设置较大，会产生较多的虚警目标，而当虚警率设置较小时，又可能导致目标的漏检，降低检测概率。通常初始的虚警概率 PFA 设定为 10^{-3} ，根据检测结果，当漏检目标较多，虚警目标较少时，可增大虚警概率 PFA 直到 10^{-1} ，当虚警目标较多，漏检较少时，可减小虚警概率 PFA 至 10^{-5} 。因此，将选择范围设定为 $10^{-5} \sim 10^{-1}$ 较合适，通过调节虚警概率，实现对目标漏检和虚警的控制。

为了进一步显示虚警概率设定对船只检测性能的影响分析，我们选取了若干 SAR 数据，测试不同分辨率条件下的船只检测性能时，先对 SAR 图像进行解译，确定样本中的目标像元个数及海洋像元个数，然后采用像素级的检测方法对选取的样本进行全局 CFAR 检测，虚警率设置为 $10^{-5} \sim 10^{-1}$ ，并使用受试者工作特征曲线（Receiver Operating Characteristic Curve, ROC 曲线）给出不同虚警概率下对应的检测品质因数(FOM)。选用 8 景 Radarsat-2 卫星 SAR 数据，如表 6 所示。测试分析几种分辨率下的 SAR 卫星遥感图像

船只检测性能，其中，1、3、4、5、6、7、8 号数据用于测试 HH 极化，2、6、7 号数据用于测试 VV 极化。

表 6 实验数据详细信息

序号	卫星	时间	极化	像元间隔 m*m	分辨率/m	入射角/°
1	RadarSat-2	2009-12-16	HH	1.33*2.05	3	34.05-35.34
2	Radarsat-2	2010-07-20	VV	1.33*2.08	3	29.83-31.22
3	RadarSat-2	2011-05-17	HH	6.25*6.25	8	30-39
4	Radarsat-2	2013-12-11	HH	1.33*2.0	3	31.36-34.55
5	Radarsat-2	2013-12-13	HH	1.33*2.0	3	38.75-41.25
6	Radarsat-2	2013-12-25	VV/VH	4.73*5.22	8	19.21-31.07
7	Radarsat-2	2015-03-29	HH/VV /HV/VH	4.78*4.73	8	26.88-28.69
8	Radarsat-2	2015-11-11	HH/HV	5.23*4.73	8	19.28-31.17

图 7-图 8 给出了不同分辨率条件下的 CFAR 检测的 ROC 曲线图，横坐标为不同的虚警概率，纵坐标为其对应的 FOM，从图 7 和图 8 中可见，ROC 曲线基本都为抛物线，这表明 FOM 随着虚警概率的减小而增大，达到某一虚警率后，FOM 开始减小。可以说明，将初始的虚警概率设定为 10^{-3} ，后续再根据检测要求进行调整是合理的。

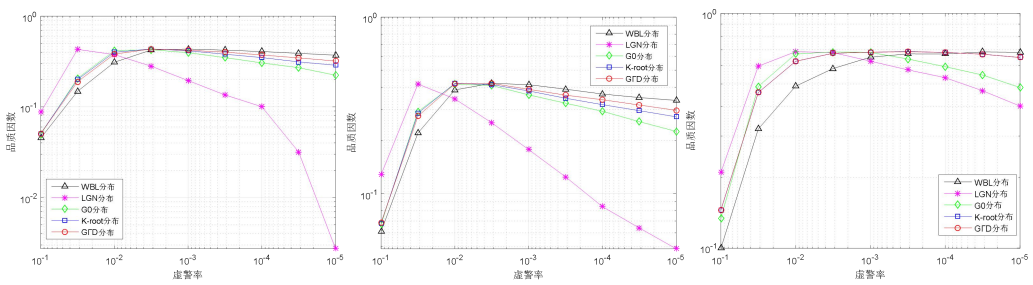


图 7 VV 极化下 a) 3m, b) 8m, c) 8m, 分辨率检测 ROC 曲线

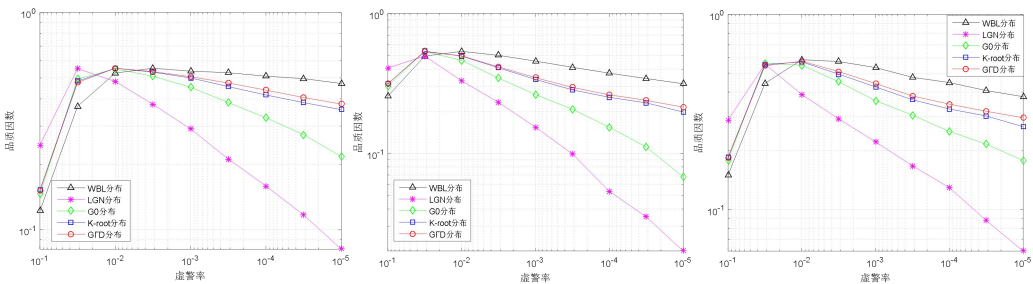


图 8 HH 极化下 a) 3m, b) 8m, c) 8m, 分辨率条件下的 ROC 曲线

2.3.5 关于专题图制作

本文件对海上船只目标遥感监视监测专题图进行规范，包括制作过程的技术要求和构成要素。考虑到图件的美观、直观、全面和规范等要求，海上船只目标遥感监视监测专题图要素众多，构成要素中设计图例一项，便于理解。卫星遥感监测船只分布专题图样例见图 9 和图 10

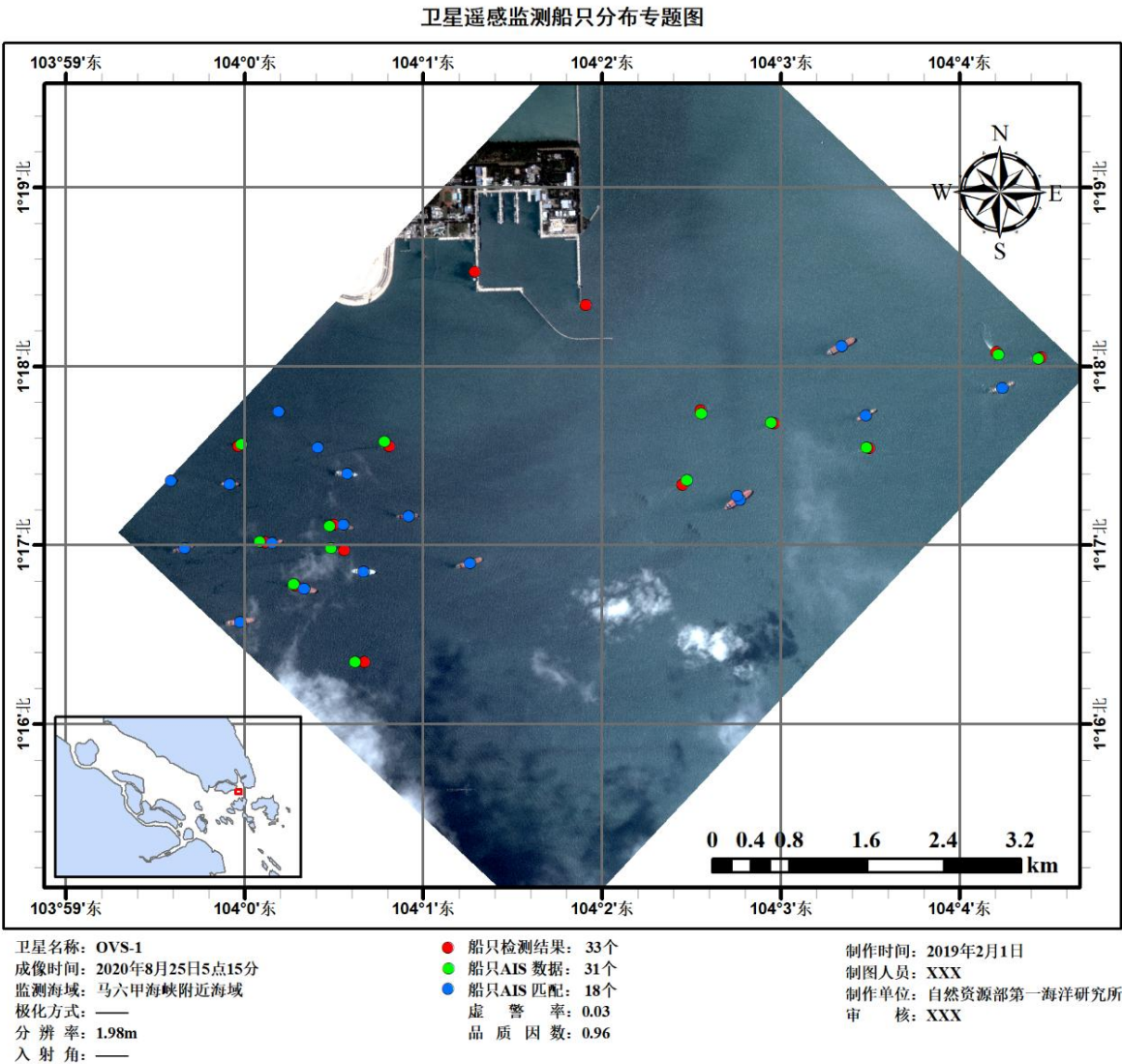


图 9 可见光卫星遥感监测船只分布专题图样例

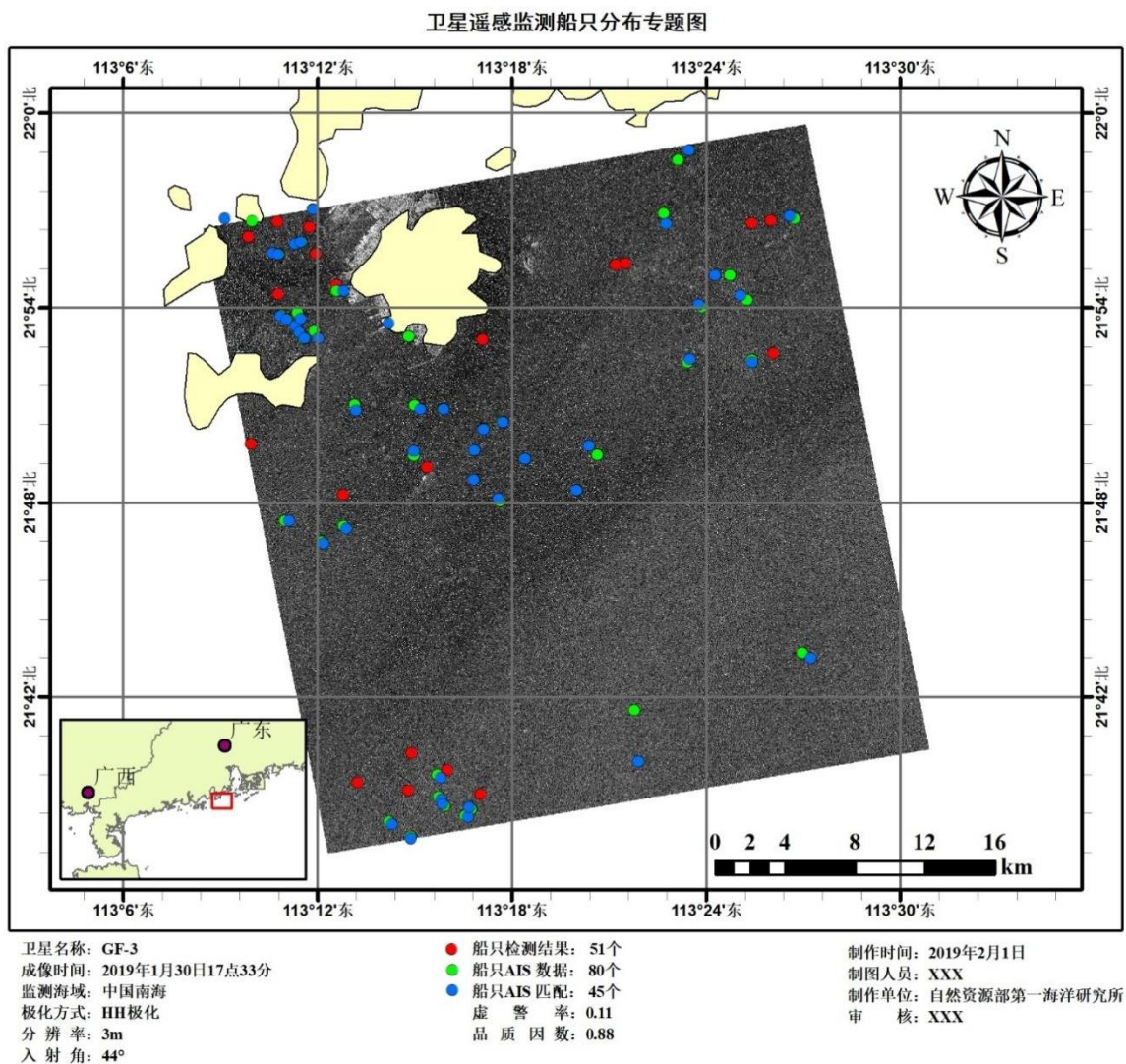


图 10 SAR 卫星遥感监测船只分布专题图样例

三、验证试验的情况和结果

3.1 验证内容

本文件制定的是海上船只目标卫星遥感监测的主要工作流程，主要内容是进行船只目标的检测，因此，要对检测结果，即目标的真伪以及检测精度进行评价验证。

3.2 验证方法

3.2.1 船只真实性检验

船只目标监测的结果验证可通过 AIS 数据匹配并结合目视解译方法来确定目标的真实性。以下列举了一些典型的海上船只目标光学和 SAR 遥感图像样例。

各类不同分辨率的可见光遥感图像船只目标样例如下：



图 11 可见光遥感图像船只目标样例

SAR 遥感图像船只目标样例如下：

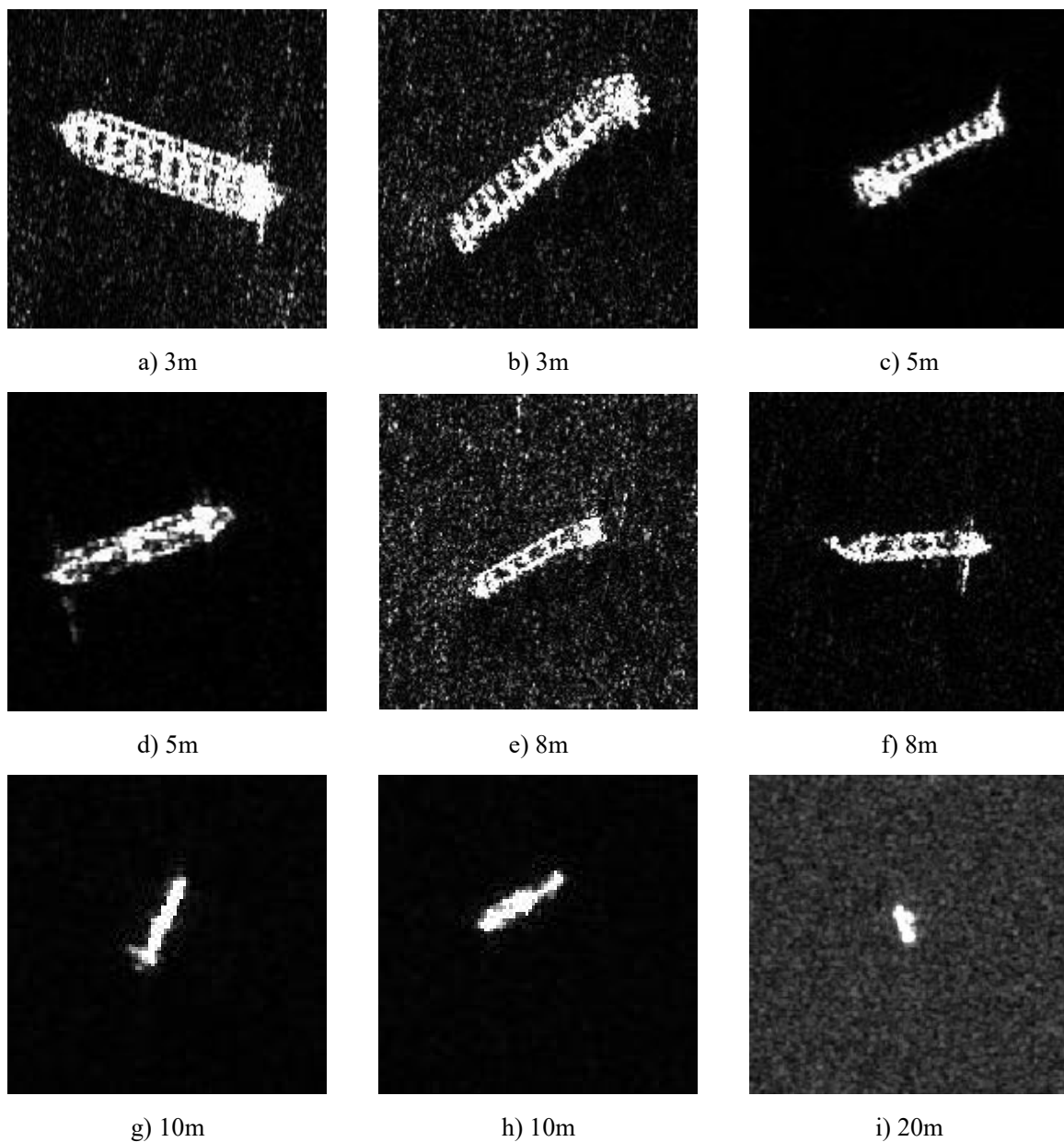


图 12 SAR 遥感图像船只目标样例

3.2.2 船只检测精度评价

考虑到 AIS 数据与遥感图像获取时间不完全一致，且船只的定位可能会发生偏差，采用线性插值和外推处理将船只 AIS 数据的时间和空间位置与可见光遥感图像或 SAR 遥感图像进行统一。船只检测结果与 AIS 数据匹配的具体流程如下：

- a) 选取遥感卫星过境时刻前后 15min 内，共 30min 的船只 AIS 数据；
- b) 以遥感图像成像时间为中心时刻，对船只 AIS 数据进行线性插值，提取与遥感图像成像时间相同的船只 AIS 数据，实现船只 AIS 与遥感图像的时空对齐；
- c) 将提取的船只 AIS 数据与遥感图像的目标检测结果在地图上进行标示和匹配，选取无歧义的匹配数据作为真实目标并统计其个数。

为了综合评价海上船只目标检测的性能，利用虚警率(FAR)和船只检测品质因数(FOM)评价船只目标检测准确度：

虚警率表示误检的目标个数占所有目标的比例，见公式(2)。

$$R_{fa} = \frac{N_{fa}}{N_{gt} + N_{fa}} \quad (2)$$

式中：

R_{fa} ——虚警率；

N_{fa} ——虚警目标个数；

N_{gt} ——真实目标个数。

船只检测品质因数表示正确检测的目标个数占所有目标的比例，见公式(3)。

$$R_{fom} = \frac{N_{tt}}{N_{gt} + N_{fa}} \quad (3)$$

式中：

R_{fom} ——检测品质因数；

N_{tt} ——正确检测的目标个数；

N_{gt} ——真实的目标个数；

N_{fa} ——虚警目标个数。

根据作业要求，若精度不合格，则须继续优化模型参数。

(1) 可见光遥感图像船只检测精度验证

利用GF-1、Sentinel-2A、Sentinel-2B光学遥感图像验证测试检测精度，其中，红色圆圈标出了舰船目标，各算法检测结果中红色圆圈表示正确检测的舰船目标，蓝色三角表示虚警，橙色菱形表示漏检。具体的数据在各对应的表格中给出。

(a) GF-1遥感图像船只检测精度验证

图像采集于2019-07-19，分辨率为16m，图像切片大小为1000×1000。原图像和检测结果如图13所示，检测精度如表7所示。

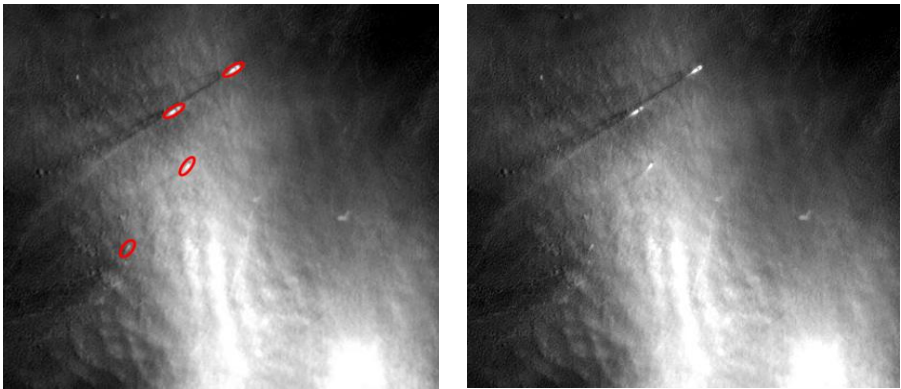


图 13 GF-1 遥感图像与船只检测结果

表 7 GF-1 遥感图像船只检测精度

图像	实际船数	正确检测	漏检	虚警	品质因数	虚警率
切片1	4	4	0	0	1.0000	0

(b) Sentinel-2A遥感图像船只检测精度验证

图像采集于2023年1月10日，分辨率为10m，图像切片大小为1000×1000。原图像和检测结果如图14所示，检测精度如表8所示。

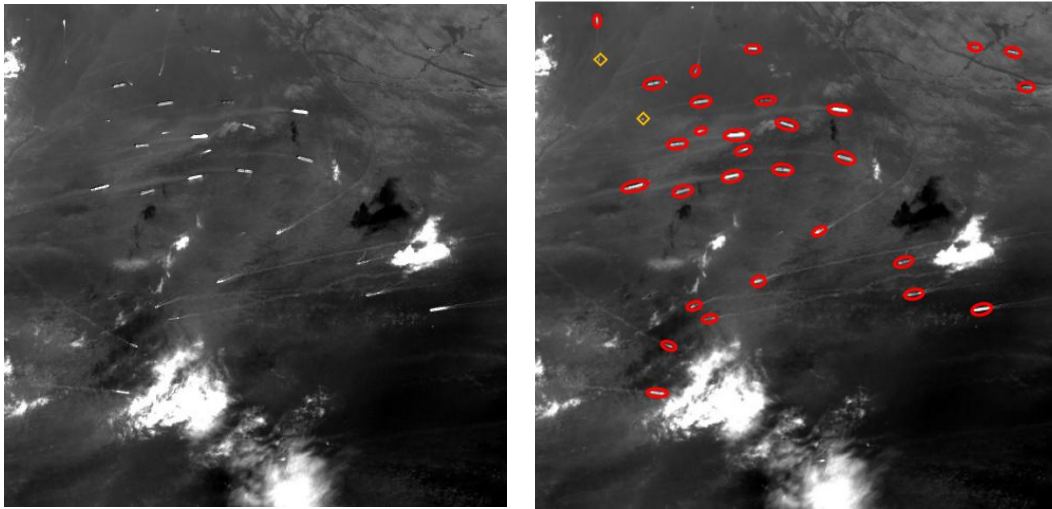


图14 S2A遥感图像与船只检测结果

表8 S2A遥感图像船只检测精度

图像	实际船数	正确检测	漏检	虚警	品质因数	虚警率
切片1	31	29	2	0	0.93548	0

(c) Sentinel-2B遥感图像船只检测精度验证

图像采集于2023年1月5日，分辨率为10m，图像切片大小为1000×1000。

原图像和检测结果如图15所示，检测精度如表9所示。

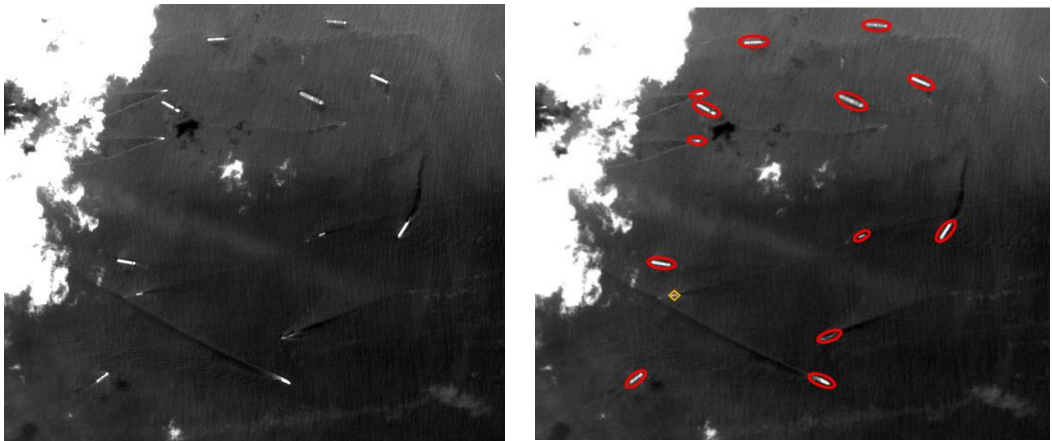


图15 S2B遥感图像与船只检测结果

表9 S2B遥感图像船只检测精度

图像	实际船数	正确检测	漏检	虚警	品质因数	虚警率
切片1	14	13	1	0	0.92857	0

(2)SAR遥感图像船只检测精度验证

利用TerraSAR、Radarsat-2、ENVISAT-ASAR遥感图像验证测试检测精度，其中，红色圆圈标出了船只目标，各算法检测结果中红色圆圈表示正确检测的船只目标，蓝色三角表示虚警，橙色菱形表示漏检。具体的数据在各对应的表格中给出。

(a) TerraSAR遥感图像船只检测精度验证

图像采集于2011-09-22，分辨率为0.9x2.05m，极化方式为HH极化，两个图像切片大小分别为720x573和1353x506。原图像和检测结果如图16所示，检测精度如表10所示。

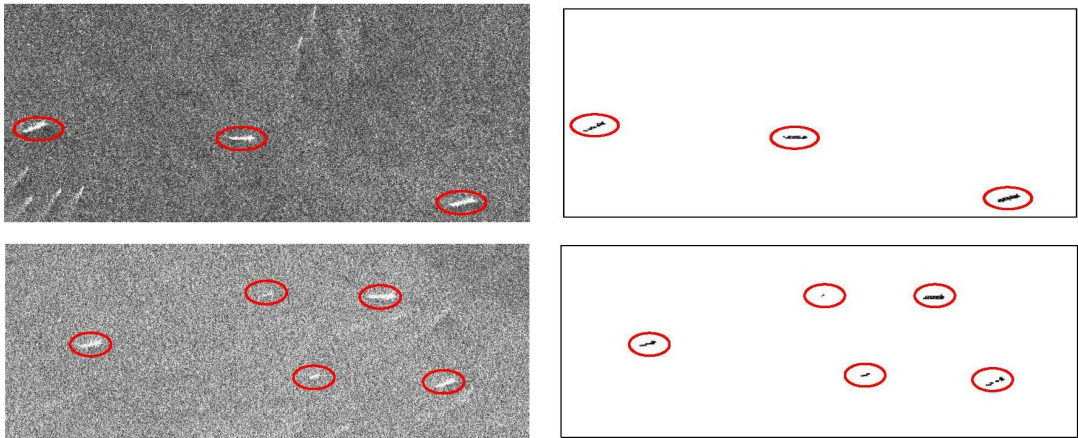


图16 TerraSAR遥感图像与船只检测结果

表10 TerraSAR遥感图像船只检测精度

图像	实际船数	正确检测	漏检	虚警	品质因数	虚警率
切片1	3	3	0	0	1.0000	0
切片2	5	5	0	0	1.0000	0

(b) Radarsat-2 遥感图像船只检测精度验证

图像采集于2010-08-16，分辨率为11.8x5.22m，极化方式为VV极化，两个图像切片大小均为1242x588。原图像和检测结果如图17所示，检测精度如表11所示。

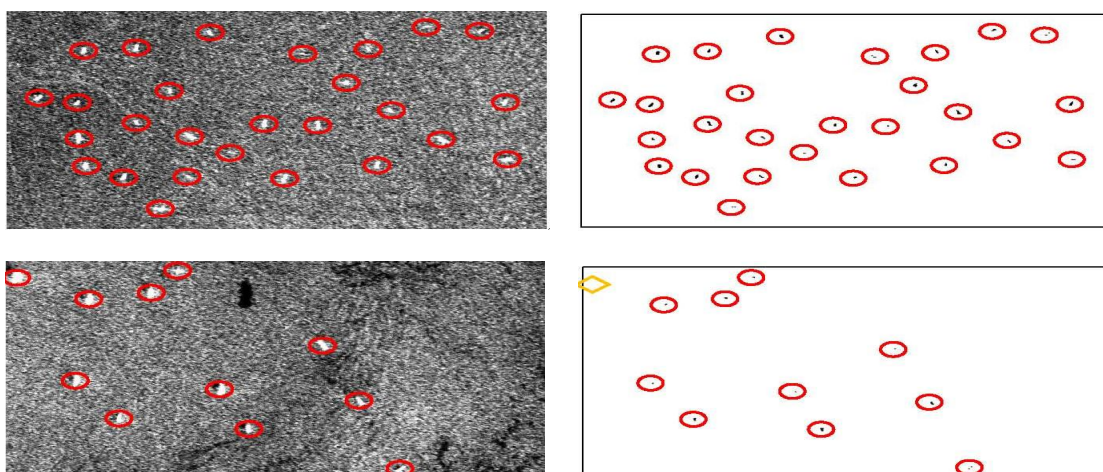


图17 Radarsat-2遥感图像与船只检测结果

表11 Radarsat-2遥感图像船只检测精度

图像	实际船数	正确检测	漏检	虚警	品质因数	虚警率
切片1	27	27	0	0	1.0000	0
切片2	11	10	1	0	0.9091	0

(c) ENVISAT-ASAR 遥感图像船只检测精度验证

图像采集于2011-4-23，分辨率为75x75m，极化方式为VV极化，两个图像切片大小分别为1141x573、1353x506。原图像和检测结果如图18所示，检测精度如表12所示。

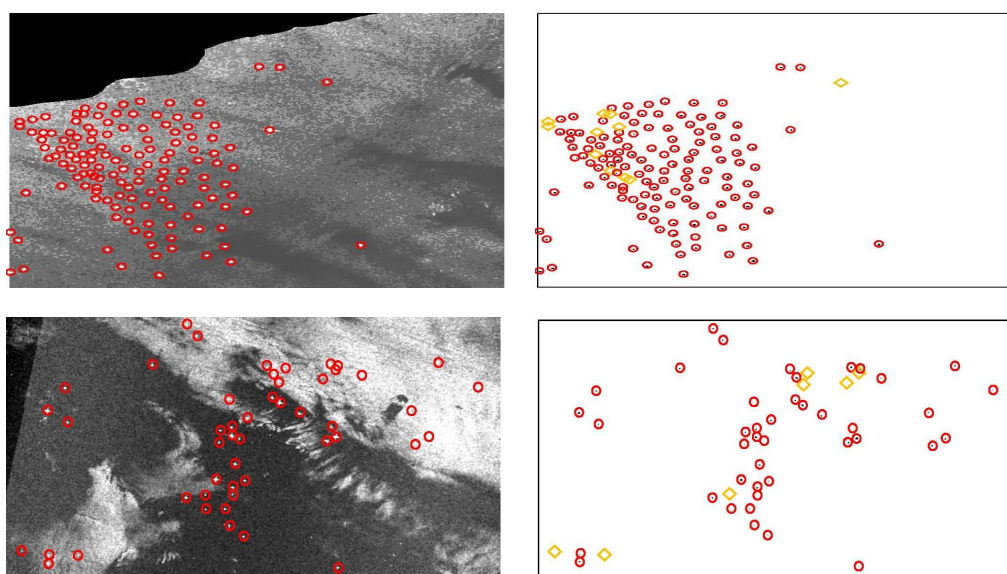


图18 ENVISAT-ASAR遥感图像与船只检测结果

表12 ENVISAT-ASAR遥感图像船只检测精度

图像	实际船数	正确检测	漏检	虚警	品质因数	虚警率
切片1	130	119	11	0	0.9154	0
切片2	49	42	7	0	0.8571	0

项目编制组长期从事海上船只目标卫星遥感监测工作，承担了海洋公益性科研项目“海上非法舰船 SAR 和地波雷达立体监视监测应用技术系统”“海上船只目标星-机-岛立体监视监测技术系统”；国家重点研发计划项目“XX 船 XXXX 技术系统研发与应用”等项目，利用 GF-3、RADARSAT-2、TerrSAR-X、ENVISAT ASAR、Cosmo-SkyMed、Sentinel-1 等多种国内外卫星 SAR 数据、光学数据开展了全球范围内的近岸和远海等不同条件下的船只目标检测识别任务；整个工作流程基本按照本文件执行，在总结了船只监测工作的经验基础上，对该标准进行了进一步的完善。试验结果证明，该标准可行。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

经国家标准、行业标准共享服务平台检索，尚未有相关国家标准、行业标准、国际标准、他国国家标准记录情况，因此本文件填补了相关标准的空白。

五、与现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本文件依据《中华人民共和国测绘法》、《中华人民共和国标准化法》修订，符合我国现行法律、法规有关规定。

本文件发布后将成为推荐性测绘行业标准，可以为用户提供船只遥感监测的技术指导和成果集成规范，为海洋主管部门提供数据和成果管理办法；同时，在遥感产业化应用发展中，本文件给出了从数据收集、数据处

理到船只信息提取、图件制作等一系列操作流程和要求，保障了过程中重要信息的完整记录，提出了成果精度指标并为不符合指标要求的情况给出解决方案，为开展船只遥感监测工作提供了有益指导。

本文件预期达到国内先进水平。本文件的编制，着力于解决船只遥感监测步骤的统一与规范化问题，同时实现了重点海域乃至全球海洋船只信息的获取和更新，具有经济、高效的优势，为船只航行、海洋工程作业建设提供保障。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、废止现行有关标准的建议

无。

八、实施标准的要求和措施建议

本文件颁布实施后，编制组将根据全国地理信息标准化技术委员会及其卫星应用分技术委员会的安排，积极做好标准的宣贯培训等工作。为发挥本文件作为海上船只目标卫星遥感监测领域标准作用，建议今后有关国家标准、行业标准制修订时，认真做好与本文件之间的协调。

九、其他应予说明的事项

无。

十、参考文献

[1] GB/T 15920 海洋学术语 物理海洋学

[2] GB/T 17833—1999 渔业用图编绘规范

- [3] CH/T 3019—2018 1:25 000 1:50 000 光学遥感测绘卫星影像产品生产技术规范
- [4] CH/T 3034—2023 海洋内波遥感调查技术规范
- [5] DZ/T 0265—2014 遥感影像地图制作规范(1:50 000、1:250 000)
- [6] GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语
- [7] GB/T 40523—2021 1:25 000 1:50 000 光学测绘卫星几何检校技术规范
- [8] CH/T 1043—2018 地理国情普查成果质量检查与验收
- [9] QX/T 460—2018 卫星遥感产品图布局规范
- [10] 王超, 刘智. 全极化合成孔径雷达图像处理. 北京: 科学出版社, 2008
- [11] 张晰. 星载 SAR 舰船目标探测实验研究: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2008
- [12] 云菲. 高分三号卫星[J]. 卫星应用, 2016(8)
- [13] 刘根旺, 张杰, 张晰, 王国宇. 不同分辨率合成孔径雷达舰船检测中杂波模型适用性分析[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2017, 47(02): 70-78
- [14] 王彦情, 马雷, 田原. 光学遥感图像舰船目标检测与识别综述[J]. 自动化学报, 2011(37): 1029 - 1039
- [15] 刘根旺. 高频地波雷达与 AIS 船只目标航迹关联方法研究: [硕士学位论文]. 内蒙古大学, 2014
- [16] 刘根旺. 极化 SAR 低可观测船只目标检测算法研究: [博士学位论文]. 中国海洋大学, 2017
- [17] Crisp D J. The state-of-the-art in ship detection in synthetic aperture radar imagery[R]. Technical report: DSTO Information Sciences Laboratory, 2004
- [18] Liu, Genwang, Zhang Xi., Meng Junmin. A Small Ship Target Detection Method Based on Polarimetric SAR. Remote Sensing. 2019, 11, 2938
- [19] LEMOINE G, CHESWORTH J, SCHWARTZ - JUSTE G. Near real time vessel detection using spaceborne SAR imagery in support of fisheries monitoring and control operations[C]//IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Alaska, America: IEEE, 2004: 4825-4828
- [20] Wang Y , Wang C , Zhang H , et al. Automatic Ship Detection Based on RetinaNet Using Multi-Resolution Gaofen-3 Imagery[J]. Remote Sensing, 2019, 11(5)
- [21] Lin Z , Ji K , Leng X , et al. Squeeze and Excitation Rank Faster R-CNN for Ship Detection in SAR Images[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2019, 16(5): 751-755
- [22] Perez A, Gonzalez R C. An Iterative Thresholding Algorithm for Image Segmentation[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence , 1987, 9(6): 742-751
- [23] Lie W N . Automatic target segmentation by locally adaptive image thresholding[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1995, 4(7): 1036-1041

- [24] Otsu N . A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 1979, 9(1):62-66