

# 2013~2021廉江营仔镇红树林的分布变化

池上彬, 刘大召\*

广东海洋大学电子与信息工程学院, 广东 湛江

收稿日期: 2023年6月12日; 录用日期: 2023年8月14日; 发布日期: 2023年8月24日

## 摘要

本研究基于Landsat-8卫星影像数据,对湛江廉江营仔镇的红树林分布变化进行了研究。选取了2013年、2017年和2021年的三期影像进行地物分类,提取红树林面积。采用面向对象分类方法进行地物类别分类。通过Google Earth高分辨率卫星影像数据及混淆矩阵进行精度评价,结果显示总体精度和Kappa系数分别为94.84%和0.91。研究结果表明,2013年红树林面积为715.50 ha,2017年为729.72 ha,2021年为742.50 ha。2013年至2021年红树林增长总面积为27.00 ha,年增长率为0.47%。红树林保持稳定的比例为90.05%,转变为水体的比例为4.15%,转变为陆地的比例为5.70%,转变为人工养殖区的比例为0.10%。水体转化为红树林占3.80%,陆地转化为红树林占0.49%,人工养殖区转化为红树林占0.10%。总体而言,营仔镇红树林的面积呈增长趋势,但增长率较低。明显增长区域共有5处。红树林分布较为稳定,且向水体扩张。本研究采用的面向对象分类方法和精度评价技术对遥感影像的分类和准确性评估具有参考价值,对相关领域的研究和应用具有推动作用。

## 关键词

Landsat-8卫星, 营仔镇, 面向对象分类, 红树林

# The Distribution Change of Mangrove in Yingzai Town, Lianjiang from 2013 to 2021

Shangbin Chi, Dazhao Liu\*

School of Electronics and Information Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang Guangdong

Received: Jun. 12<sup>th</sup>, 2023; accepted: Aug. 14<sup>th</sup>, 2023; published: Aug. 24<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

This study investigated the distribution changes of mangroves in Yingzi Town, Lianjiang, Zhanjiang, based on Landsat-8 satellite imagery data. Three sets of images from 2013, 2017, and 2021

\*通讯作者。

were selected for land cover classification and extraction of mangrove areas. The object-oriented classification method was employed for land cover classification. Accuracy assessment was performed using high-resolution satellite imagery data from Google Earth and a confusion matrix, with an overall accuracy of 94.84% and a Kappa coefficient of 0.91. The results of the study revealed that the mangrove area was 715.50 ha in 2013, 729.72 ha in 2017, and 742.50 ha in 2021. The total increase in mangrove area from 2013 to 2021 was 27.00 ha, with an annual growth rate of 0.47%. Among the mangrove areas, 90.05% remained stable, 4.15% converted to water bodies, 5.70% converted to land, and 0.10% converted to aquaculture areas. Additionally, 3.80% of water bodies transformed into mangroves, 0.49% of land transformed into mangroves, and 0.10% of aquaculture areas transformed into mangroves. Overall, the mangrove area in Yingzi Town showed an increasing trend, but with a low growth rate. Five distinct areas exhibited significant growth, and the distribution of mangroves remained relatively stable while expanding towards water bodies. The adopted object-oriented classification method and accuracy assessment techniques in this study hold reference value for the classification and accuracy evaluation of remote sensing imagery. They can contribute to research and applications in related fields by driving advancements and improvements.

## Keywords

Landsat-8 Satellite, Yingzai Town, Object-Oriented Classification, Mangrove

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

红树林是热带与亚热带海岸带海陆交错区生产能力最高的海洋生态系统之一, 主要分布于潮间带, 在净化海水、维持生物多样性、防风消浪、固碳储碳等方面发挥着重要的作用。营仔红树林位于九洲江出海口, 拥有湛江市最大的湿地面积, 达 2000 ha 多[1]。营仔镇红树林自然景观和生物多样性丰富, 对营仔镇红树林时空分布变化的研究具有重要意义。

国内学者张信等使用多源、多时相遥感数据, 形成了 1969~2020 年粤港澳大湾区岸线、围填海、养殖区、红树林分布数据图集, 得出近 50 年间, 岸线整体向海移动, 岸线变迁、围填海和养殖区变化显著影响红树林面积、空间分布[2]。黄文丹等使用多种规则相结合的专家系统方法与 SPOT 影像以及辅助资料通过分辨率粗化后对影像进行目视判读两种方法, 对 1989~2003 年福建省红树林的整体面积信息进行提取[3]。常云蕾等基于 Google Earth Engine (GEE)云计算平台, 利用 Landsat 系列卫星数据及红树林分布数据集, 得出 1990~2020 年东南亚红树林面积分布变化情况[4]。路春燕基于 Landsat TM/OLI RS 影像, 利用面向对象分类方法得到五期泉州湾河口湿地自然保护区土地覆盖空间分布数据, 得出 1990~2017 年, 红树林面积变化情况并进行原因分析[5]。刘凯等利用 4 期多源遥感数据, 结合红树林湿地资源的空间分布特征及先验知识, 基于面向对象的多尺度分割提取红树林植被斑块, 采用目视解译获取多时相红树林空间分布精确信息, 得出 1970 年到 2015 年的红树林面积变化以及地物面积变化结果[6]。王俊杰等结合遥感与地理信息系统技术, 采用多时相遥感卫星影像提取广西廉州湾 1990、1998、2004、2008 和 2015 年红树林空间分布信息, 分析红树林的时空变异特征[7]。汪振松等利用长序列卫星遥感数据研究了过去 30 年间深圳湾红树林群落的演变过程, 并结合实测地形资料, 分析了人类活动对红树林群落的影响[8]。贾凯等以粤港澳大湾区为研

究区, 在 GEE 的支持下, 构建 1987~2020 年年度湿地分类数据集, 分析大湾区红树林的时间阶段性特征和空间扩张过程[9]。国外学者 Idris Nor Shafikah 等使用多光谱 SPOT 5 图像对马来西亚森美兰州伦堡河的红树林进行分类。利用质构分析对红树林植被物种进行识别, 并利用归一化差异植被指数识别红树林区植被密度[10]。Irawan Sudra 等利用数据获得的廖内群岛红树林总面积在 2011 年和 2017 年分别为 71504.83 ha 和 64218.9 ha, 减少了 7285 ha。红树林图像上分类的像素是真正的红树林在现场事实中的机会[11]。以上研究工作均以多时相遥感数据为数据源, 以提取红树林为基础进行红树林的分布变化研究。

近年来红树林生态系统的保护与可持续性发展受到广泛关注, 红树林生态价值评估、红树林面积变化、红树林碳储量和碳密度估算等研究对红树林生态系统的保护以及可持续性发展具有重要意义, 且这些研究需要以红树林分布变化作为研究基础, 红树林分布变化的研究同样具有重要意义。目前对红树林的监测方法主要通过现场勘测和遥感影像, 与现场勘测相比遥感影像监测具有范围广, 成本低, 持续时间长的优点, 基于遥感影像对红树林分布变化的研究可以很好地实现对一定时间范围内红树林生长状况的有效监测, 同时对红树林的保护进行辅助和监督。但要更准确地监测红树林, 完全依赖于遥感是不可行的, 需要以现场勘测数据为辅助, 定期结合勘测数据进行准确性的验证。

## 2. 研究区域

营仔镇地处粤西、粤桂琼三省区交汇处的湛江市廉江市西南部, 地理位置介于东经  $109^{\circ}45' \sim 110^{\circ}31'$ 、北纬  $21^{\circ}25' \sim 21^{\circ}55'$ 。湛江拥有 132.63 万 ha 面积的土地, 其中, 国有土地 39.26 万 ha, 集体土地 93.37 万 ha。该市土地利用的大概情况: 农用地 46.6 万 ha, 林地 29.74 万 ha, 水域及水利设施用地 20.82 万 ha, 城镇村及工矿用地 15.31 万 ha, 园地 14.76 万 ha, 交通运输用地 3.14 万 ha, 草地 1.14 万 ha, 其它用地 1.12 万 ha。研究区示意图见图 1。

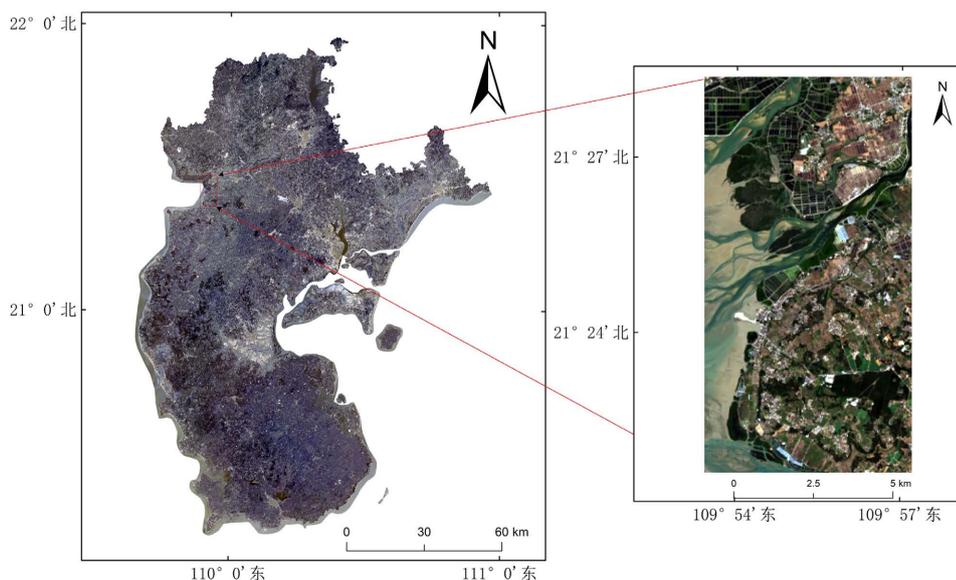


Figure 1. Diagram of study area  
图 1. 研究区示意图

## 3. 数据与方法

### 3.1. 数据来源

本文使用研究区域上空无云的 2013 年, 2017 年和 2021 年的 Landsat-8 卫星影像数据, 该影像数据

是通过地理空间数据云官网免费获取的 Level 1T 地形矫正影像产品, 该产品包括辐射矫正和几何矫正, 空间分辨率为 30 m。

### 3.2. 影像预处理

使用 ENVI5.6 软件对三期影像进行预处理, 其中包括辐射定标、大气校正和图像裁剪。

辐射定标是用户需要计算地物的光谱反射率或光谱辐射亮度时, 或者需要对不同时间、不同传感器获取的图像进行比较时, 将图像的亮度灰度值转换为绝对的辐射亮度的过程[12]。利用 ENVI 自带的辐射定标组件对三期 Landsat-8 卫星影像进行处理。

$$L = \text{Gain} * \text{DN} + \text{Offset} \quad (1)$$

式中  $L$  代表的是辐射亮度值, 单位是瓦特每平方米( $\text{W}/\text{cm}^2$ ), 而  $\text{Gain}$  和  $\text{Offset}$  分别表示增益和偏移量。

大气校正是消除由大气散射引起的辐射误差的处理过程, 大气校正后可以得到更为精确的地物辐射值[12]。本文使用 FLAASH 大气校正模块对经辐射定标的三期卫星影像多光谱数据进行大气校正, 根据研究区影像的纬度和月份选用热带型(Tropical)作为大气气候模型, 营仔镇位于廉江郊区, 气溶胶模型则选用郊区型(Rural)。

为了将营仔镇红树林完整提取作后续研究处理, 图像裁剪能够实现将研究区完全提取出来。本次研究选择使用 ROI (Region Of Interest)对大气校正后的三期影像进行规则裁剪。

### 3.3. 面向对象法提取红树林面积

面向对象分类法又称为基于分割的图像分类方法。与传统分类方法不同, 它首先对遥感影像进行分割, 继而提取分割单元(图像分割后所得到的内部属性相对一致或均质程度较高的图像区域, 在地表覆盖中, 这种大不远就是斑块)的各种特征, 并在特征空间中和进行对象标识, 从而完成分类[13]。

使用软件 eCognition Developer 9.0 (易康)对经预处理的三期影像进行多尺度分割。部分分割区域存在两种及以上地物混合, 从而导致分类出现错分。通过反复调试, 分割参数设为 40, 地物混合区域较少, 分割效果较好, 有效减少区域的错分。分类类别设置为四类: 陆地、水体、人工养殖区和红树林。配置最邻近特征值, 输入 NDVI (植被指数)和 NDWI (水体指数)公式, 手动选择训练样本, 基于样本的 NDVI 和 NDWI 进行分类。

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + \text{RED})} \quad (2)$$

$$\text{NDWI} = \frac{(\text{GREEN} - \text{NIR})}{(\text{GREEN} + \text{NIR})} \quad (3)$$

式中 NIR 为近红外波段, RED 为红光波段, GREEN 为绿光波段。

使用 Arcgis10.8 软件, 利用其中地理处理的融合功能对分类结果的矢量数据进行红树林面积的提取, 此过程也包含了对其他三类地物(陆地、水体和人工养殖区)的提取。

### 3.4. 精度验证

通过俄罗斯软件 SAS PLANET 获取 Google Earth 分辨率为 0.6 m 的研究区影像数据, 依据该高分辨率影像在 Arcgis 中生成 252 个随机点通过目视解译为随机点赋值(红树林、水体、人工养殖和陆地)。于易康中将随机点转化为验证点通过混淆矩阵进行精度验证。

经计算机验证得出总体精度为 94.84%, Kappa 系数为 0.91, 分类结果与验证样本几乎完全一致。对混淆矩阵作统计分析, 得出满足不同需要的分类精度, 表 1 和表 2 分别是本次研究结果的混淆矩阵和各类精度汇总表。

**Table 1.** Classification confusion matrix  
**表 1.** 分类混淆矩阵

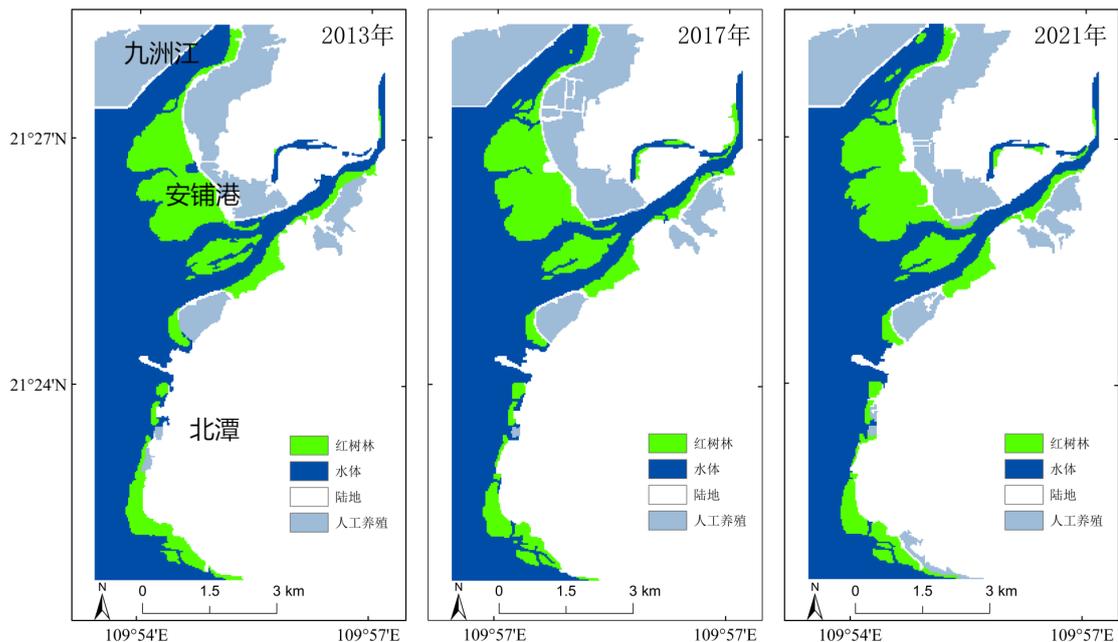
| 分类类型 | 面向对象分类验证结果/% |      |     |    |     |
|------|--------------|------|-----|----|-----|
|      | 红树林          | 人工养殖 | 陆地  | 水体 | 总计  |
| 红树林  | 22           | 0    | 2   | 1  | 25  |
| 人工养殖 | 0            | 22   | 4   | 1  | 27  |
| 陆地   | 0            | 2    | 139 | 1  | 142 |
| 水体   | 2            | 0    | 0   | 56 | 58  |
| 总计   | 24           | 24   | 145 | 59 | 252 |

**Table 2.** Classification accuracy summary  
**表 2.** 分类精度汇总

| 类别   | 生产者精度/% | 用户精度/% |
|------|---------|--------|
| 陆地   | 95.8    | 97.8   |
| 水体   | 94.9    | 96.5   |
| 红树林  | 91.6    | 88.0   |
| 人工养殖 | 91.6    | 81.4   |

#### 4. 结果分析

经面向对象法对卫星影像解译分类, 获得研究区域 2013~2021 年营仔镇红树林分布图与红树林面积增加区域图, 见图 2 和图 3。2013~2021 年营仔镇红树林分布区地物变化矩阵见表 3。



**Figure 2.** Mangrove distribution map of Yingzai Town in 2013, 2017 and 2021  
**图 2.** 2013、2017 和 2021 年营仔镇红树林分布图

由图 2 可以看出营仔镇红树林主要集中在安铺港沿岸, 且已形成较大的连片分布; 九洲江出海口沿岸分布的红树林呈条状与零星点状分布且面积较小, 其余红树林位于北潭村沿岸, 主要呈零星的片状分布。

由 2013, 2017, 2021 年 3 个时相影像解译的红树林分布以及红树林面积信息提取, 分析从 2013 年到 2021 年营仔镇红树林面积的变化情况。营仔镇红树林 2013 年的面积为 715.5 ha, 2017 年的面积为 729.72 ha, 自 2013 年至 2017 年红树林呈增加的趋势, 共增加 14.22 ha 年, 增长率为 0.50%。2021 年的面积为 742.5 ha, 自 2017 年至 2021 年红树林也呈增加的趋势, 共增加 12.78 ha, 年增长率 0.44%。总体上, 自 2013 年至 2021 年红树林呈增加的趋势, 8 年间营仔镇研究区的红树林共增加 27.00 ha, 年增长率为 0.47%。

表 3 是营仔镇红树林分布区地物变化矩阵。结合地物变化矩阵, 自 2013 年至 2021 年红树林基本处于稳定状态, 有 90.05% 的红树林保持稳定, 仅有 4.15% 的红树林变成了水体, 5.70% 的红树林变成了陆地, 0.10% 的红树林变成了人工养殖区, 且转化为红树林的陆地只有 0.49%, 转化为红树林的人工养殖区只有 0.10%, 而转化为红树林的水体有 3.80%。红树林分布向水体方向缓慢扩张, 符合红树林生长特性。

**Table 3.** The change matrix of surface features in mangrove distribution area of Yingzai Town from 2013 to 2021  
**表 3.** 2013~2021 年营仔镇红树林分布区地物变化矩阵

| 时间        | 分类类型 | 地物变化矩阵% |       |       |         |
|-----------|------|---------|-------|-------|---------|
|           |      | 转化为红树林  | 转化为陆地 | 转化为水体 | 转化为人工养殖 |
| 2013~2017 | 人工养殖 | 0.01    | 5.70  | 0.13  | 94.15   |
|           | 红树林  | 89.87   | 4.96  | 5.17  | 0.00    |
|           | 陆地   | 0.65    | 97.20 | 0.41  | 1.75    |
|           | 水体   | 2.87    | 1.36  | 95.76 | 0.00    |
| 2017~2021 | 人工养殖 | 0.00    | 4.97  | 0.07  | 94.95   |
|           | 红树林  | 92.23   | 4.05  | 3.71  | 0.01    |
|           | 陆地   | 0.41    | 97.59 | 0.13  | 1.87    |
|           | 水体   | 2.60    | 1.39  | 95.50 | 0.51    |
| 2013~2021 | 人工养殖 | 0.10    | 4.65  | 0.00  | 95.26   |
|           | 红树林  | 90.05   | 5.70  | 4.15  | 0.10    |
|           | 陆地   | 0.49    | 96.80 | 0.22  | 2.49    |
|           | 水体   | 3.80    | 1.83  | 93.88 | 0.48    |

由图 3 可以得出面积明显增加的红树林共五处, 其中新生红树林 2 处, 原红树林生长蔓延红树林 3 处。两处新生红树林均位于九洲江出海口西岸呈不规则点状分布, 结合图 2 可以得到这两处红树林是在 2017 年到 2021 年之间生成。由原红树林生长蔓延的红树林分别位于安铺镇西南岸, 安铺镇南岸以及北潭村松树埠沿岸与原红树林相连, 且安铺镇南岸是在 2013 年到 2017 年之间生成, 其余区域则是 2013 至 2021 年之间不断生长而成。

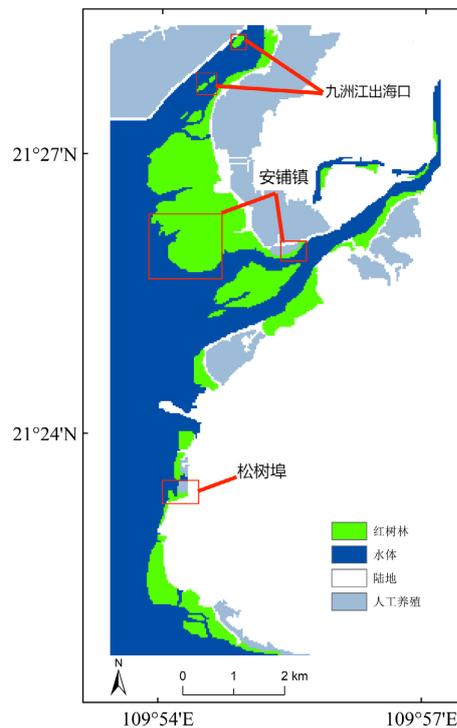


Figure 3. Mangrove area increase area map  
图 3. 红树林面积增加区域图

## 5. 结果与讨论

### 5.1. 结论

本研究基于多时相 Landsat-8 卫星遥感数据, 使用面向对象分类和精度评价对营仔镇红树林 2013 年、2017 年和 2021 年三期影像的分布及变化情况进行分析和准确性评估, 得出以下结论:

1) 红树林分布特点: 主要集中在安铺港沿岸、九洲江出海口沿岸和北潭村沿岸; 安铺港沿岸呈较大连片分布, 九洲江出海口沿岸呈条状和零星点状分布, 北潭村沿岸呈零星片状分布。

2) 2013 年, 营仔镇红树林的面积为 715.5 ha; 2017 年, 面积增至 729.72 ha; 2021 年, 面积进一步扩大至 742.5 ha。从 2013 年至 2021 年, 红树林面积呈增长趋势, 共增加 27 ha, 但营仔镇红树林的扩张速度较为缓慢, 年增长率却仅有 0.47%。

3) 在 2013 年至 2021 年期间, 红树林分布变化相对稳定, 90.05% 的红树林保持稳定状态, 仅有 4.15% 的红树林转化为水体, 5.7% 的红树林转化为陆地, 0.10% 的红树林转化为人工养殖区。同时, 水体转化为红树林在非红树林地物转化为红树林中占比最高, 为 3.80%, 所以红树林分布向水体方向缓慢扩张, 符合红树林的生长特性。

4) 在 2013 年至 2021 年期间, 红树林明显增加的区域共有五处。其中两处为新生区域, 均位于九洲江出海口西岸, 形成时间在 2017 年至 2021 年之间。三处为原红树林蔓延扩张区域, 分布在安铺镇西南岸、安铺镇南岸以及北潭村松树埠沿岸。安铺镇南岸的蔓延扩张主要发生在 2013 年至 2017 年之间, 而其他区域则是在 2013 年至 2021 年期间不断生长而成。

### 5.2. 讨论

2013 年至 2021 年营仔镇红树林呈缓慢增长趋势, 局部区域存在红树林的减少, 但红树林总体增长

量大于减少量。

1) 红树林减少的原因包括以下几点: ① 滩涂被开挖用于人工养殖和农田等用途; ② 部分红树林被破坏或非法采伐; ③ 研究区受强台风影响, 台风过境对红树林造成损失; ④ 近年来蓝碳经济的发展, 企业合法购置红树林。

2) 红树林增加的原因有如下几点: ① 近年来国家对红树林的重视, 出台了一系列红树林保护修复计划, 鼓励合法科学的种植红树林; ② 人们的环境保护意识增强; ③ 研究区拥有丰富的湿地资源, 为红树林的生长提供了良好的环境; ④ 存在非法种植红树林的情况。

3) 面向对象分类时, 红树林区域与其他地物区域混合导致的错分也是红树林面积变化的因素。

本研究采用的面向对象分类方法和对遥感影像的分类和准确性评估具有参考价值, 对相关领域的研究和应用具有推动作用。

## 参考文献

- [1] 吴培强, 马毅, 李晓敏, 等. 广东省红树林资源变化遥感监测[J]. 海洋学研究, 2011, 29(4): 16-25.
- [2] 张信, 陈建裕, 杨清杰. 粤港澳大湾区红树林时空分布演变及现存林龄遥感分析[J]. 海洋学报, 2023, 45(3): 113-124.
- [3] 黄文丹, 陈文惠, 郑祥民, 等. 福建省红树林分布时空变化与驱动因素分析[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(12): 164-170.
- [4] 常云蕾, 廖静娟, 张丽. 东南亚红树林时空变化趋势及驱动因素分析[J]. 热带地理, 2023, 43(1): 31-42.
- [5] 路春燕, 高弋斌, 陈远丽, 等. 基于 RS/GIS 的泉州湾红树林湿地时空动态变化分析[J]. 森林与环境学报, 2019, 39(2): 143-152.
- [6] 刘凯, 朱远辉, 李骞, 等. 基于多源遥感的广东镇海湾红树林演变分析[J]. 热带地理, 2016, 36(5): 850-859.
- [7] 王俊杰, 刘珏, 石铁柱, 等. 1990-2015 年广西廉州湾红树林遥感动态监测[J]. 森林与环境学报, 2016, 36(4): 455-460.
- [8] 汪振松, 冯志勇, 陈鹏, 等. 近 30 年深圳湾红树林群落演变过程及其对人类活动的响应[J]. 中国农村水利水电, 2022(12): 24-30.
- [9] 贾凯, 陈水森, 蒋卫国. 粤港澳大湾区红树林长时间序列遥感监测[J]. 遥感学报, 2022, 26(6): 1096-1111.
- [10] Shafikah, I.N., Ahmad, M.M. and Norela, S. (2022) Analysis of Mangrove Distribution Using Satellite Images in Rembau River, Negeri Sembilan, Malaysia. *Regional Studies in Marine Science*, 54, Article ID: 102494. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102494>
- [11] Sudra, I., Ely, K.D., Wenang, A. and Zainuddin, L.M. (2017) Mangrove Distribution in Riau Islands Using Remote Sensing Technology. *Journal of Applied Geospatial Information*, 1, 58-62. <https://doi.org/10.30871/jagi.v1i2.456>
- [12] 张安定, 编. 遥感原理与应用题解[M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- [13] 汤国安, 等, 编. 遥感数字图像处理教程[M]. 北京: 科学出版社, 2016.