J. Oceanography (JOC). Volume15 (57): 115-126, Spring 2024

Journal of Oceanography
Homepage: joc.inio.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Sea level changes and its impacts on Hormozgan Province mangrove forests (Case of study: Hara protected area)

Parvaneh Sobhani [1], ***Afshin Danehkar*** [2]

[1]. *Postdoctoral University of Tehran, Karaj, Iran .*
[2]. *Professor University of Tehran, Karaj, Iran .*

ARTICLE INFO

Article History:
Received: 2024/05/17
Revised: 2024/07/20
Accepted: 2024/07/20

Keywords:
Sea level fluctuations
Persian Gulf
Mangrove forests
Hara protected area
Hormozgan

*Corresponding author
:✉ *danehkar@ut.ac.ir*

orcid:0000-0003-0641-9286
doi: **10.52547/joc.15.57.10**

ABSTRACT

Background and Theoretical Foundations: Due to global warming and climate changes, the water level of the Persian Gulf has increased, and these changes have led to an increase in sedimentation level and retreat of mangroves in the Hara protected area towards land. In the present study, the trend of changes in the water level of the Persian Gulf from 2000-2023 and also the extent of mangrove forests in the Hara protected area in Hormozgan province were investigated.

Methodology: In this study, the fluctuation trend of Persian Gulf water using L5-TM images for the year 2000 and L8 and OLI-TIRS images for the year 2023 in the Google Earth Engine (GEE) web system. It was monitored and analyzed. In this way, the water level monitoring maps of the Persian Gulf were extracted based on the normalized difference of water zones index (NDWI) and classified into two classes, blue and non-blue. In the following, using the Kolmogorov Smirnov statistical tests and Spearman's non-parametric correlation coefficient, the relationship between the water level changes in the Persian Gulf and the extent of mangroves in the Mangrove Protected Area was investigated.

Findings: According to the results, the fluctuations of the water in the Persian Gulf from 2000 to 2023 had an increasing trend, so that the sea level in 2000 was equal to 5 mm and in 2023 these changes reached 90 mm. Also, the results of the extent changes of mangrove forests in the Hara protected area indicate that this habitat has decreased in 2023 compared to 2000. The analysis of the relationship between changes in the water level of the Persian Gulf and the extent of mangroves in this area reveals that a high correlation can be seen between these two variables during the studied years. This means that there is a direct relationship between the increase in water level changes in the Persian Gulf and the decrease in the mangrove forests of the Hara Protected Area.

Conclusion: The continuous increase in sea level and its consequences can be one of the most important reasons for the reduction of mangrove habitats in the future. Considering the importance of mangrove habitats in the Hara protected area as a provider of a wide range of ecosystem services, as well as high biodiversity, management solutions should be considered to control and reduce the consequences and risks caused by the fluctuations of the sea water in the Persian Gulf.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
3	7	38

مقاله پژوهشی

تغییرات سطح آب دریا و اثرات آن بر جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان (مورد مطالعه: منطقه حفاظت شده حرا)

پروانه سبحانی [۱]، افشین دانه کار [۲]*

[۱] دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران

[۲] استاد دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۲
تاریخ بازبینی: ۱۴۰۳/۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۳۰

واژگان کلیدی:
نوسانات سطح آب‌دریاخلیج‌فارس
جنگل‌های مانگرو
منطقه حفاظت شده حرا
هرمزگان

*نویسنده مسئول

✉: danehkar@ut.ac.ir

orcid:0000-0003-0641-9286
doi: 10.52547/joc.15.57.10

چکیده

پیشینه و مبانی نظری پژوهش: طی دهه‌های اخیر با توجه به توسعه فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیم، سطح آب دریای خلیج‌فارس افزایش یافته است که این تغییرات منجر به افزایش میزان رسوب‌گذاری و عقب‌نشینی مانگروهای منطقه حفاظت شده حرا به سمت خشکی شده است. بر این اساس در مطالعه حاضر به بررسی روند تغییرات سطح آب دریای خلیج‌فارس طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۳ و همچنین بررسی وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا در استان هرمزگان در طی این سال‌ها پرداخته شد.

روش‌شناسی: در این مطالعه، روند نوسانات آب خلیج‌فارس با استفاده از تصاویر L5-TM برای سال ۲۰۰۰ و L8 و OLI-TIRS برای سال ۲۰۲۳ در سامانه تحت وب گوگل ارث انجین (GEE) مورد پایش و تحلیل قرار گرفت. بدین ترتیب نقشه‌های پایش تغییرات سطح آب دریای خلیج‌فارس بر اساس شاخص نرمال شده تفاوت پهنه‌های آبی (NDWI) استخراج و به دو کلاس آبی و غیرآبی طبقه‌بندی شد. در ادامه با استفاده از آزمون‌های آماری کولموگروف اسمیرنوف و ضریب همبستگی ناپارامتری اسپیرمن به بررسی ارتباط تغییرات سطح آب خلیج‌فارس با وسعت مانگروهای منطقه حفاظت شده حرا پرداخته شد.

یافته‌ها: همان‌طور که نتایج نشان داد، نوسانات آب خلیج‌فارس طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳، روند افزایشی داشته است، به‌طوری‌که سطح آب دریا در سال ۲۰۰۰ برابر با ۵ میلی‌متر بوده است و در سال ۲۰۲۳ این تغییرات به ۹۰ میلی‌متر رسیده است. همچنین نتایج تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا حاکی از آن است که این رویشگاه طبیعی در سال ۲۰۲۳ در مقایسه با سال ۲۰۰۰ روند کاهشی داشته است. در این راستا، تحلیل ارتباط تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و وسعت مانگروهای این منطقه، حاکی از آن است که طی سال‌های مورد مطالعه همبستگی بالایی در بین این دو متغیر قابل مشاهده است. بدین معنا که رابطه مستقیمی بین افزایش تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا وجود دارد.

نتیجه‌گیری: افزایش مداوم سطح آب دریا و پیامدهای ناشی از آن می‌تواند یکی از مهمترین دلایل کاهش سطح رویشگاه‌های مانگرو در آینده باشد. از این‌رو، با توجه به اهمیت رویشگاه‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا به‌عنوان تأمین‌کننده طیف وسیعی از خدمات بوم‌سازگان و همچنین تنوع زیستی بالا باید راه‌کارهای مدیریتی در راستای کنترل و کاهش پیامدها و خطرات ناشی از نوسانات آب دریای خلیج‌فارس در نظر گرفته شود.

مقدمه

در دهه‌های اخیر نوسانات سطح آب دریا و افزایش سطح آب، یکی از عمده‌ترین عوامل تهدیدکننده جنگل‌های مانگرو در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری عنوان شده است [۱۸,۸]. جنگل‌های مانگرو یکی از بوم‌سازگان مقاوم به شوری هستند که در ناحیه انتقالی میان اکوسیستم‌های خشکی و دریا توسعه یافته‌اند [۱۲].. این رویشگاه‌های طبیعی در برابر افزایش مداوم سطح آب دریا آسیب‌پذیر هستند، و این عامل وسعت و تراکم پوشش‌های مورد انتظار اکوسیستم‌های مانگرو را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار داده است [۳۷,۳۵]. بر اساس مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر افزایش سطح آب دریا، تغییرات اقلیمی و پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی است [۳۰,۱۶]. در این راستا، افزایش مداوم آب دریا و پیامدهای ناشی از آن یکی از مهمترین دلایل پیش‌بینی شده در کاهش سطح رویشگاه‌های مانگرو در آینده خواهد بود. بالا آمدن سطح آب دریا منجر به افزایش فرسایش و شدت جریانات کرانه‌ای می‌شود که نتیجه آن افزایش نرخ رسوب‌گذاری و عقب‌نشینی جنگل‌های مانگرو است [۴]. با توجه به اهمیت رویشگاه‌های مانگرو به‌عنوان تأمین کننده طیف وسیعی از خدمات بوم‌سازگان از جمله خدمات فراهمی (چوب، الوار، زغال، آبزیان)، تنظیمی (تعدیل اقلیم، جلوگیری از نفوذ آب دریا، تنظیم سیلاب‌ها)، حمایتی (نوزادگاه، پشتیبانی از چرخه مواد مغذی، تأمین تنوع زیستی موردنیاز انسان) و فرهنگی (تحقیقات، آموزش، زیباشناختی، پیوندهای فرهنگی و اعتقادی و طبیعت‌گردی)، حفاظت و مدیریت این جنگل‌ها در برابر مخاطرات محیطی و به‌ویژه افزایش تغییرات سطح آب دریا امری ضروری و بسیار مهم است [۲۵,۱۹].

افزایش سطح آب دریا به مقادیر مد در اندازه‌گیری‌های محلی مربوط می‌شود که ترکیبی از تغییرات جهانی سطح دریا و عوامل محلی و منطقه‌ای می‌باشد. افزایش جهانی سطح آب دریاها یکی از پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی محسوب می‌شود که هم‌اکنون در حال رخداد است [۳۳,۳۲]. جنگل‌های مانگرو به دلیل قرار گرفتن در ناحیه گذرگاهی بین خشکی و دریا، بیشتر در معرض نوسانات تغییرات سطح آب دریا هستند، از این رو از بین رخدادهای طبیعی، نوسانات سطح آب دریا بیشترین اثر را بر جنگل‌های مانگرو دارند [۱۰,۷]. در این راستا، نرخ تغییرات سطح آب دریا میزان آسیب‌پذیری مانگروها را در برابر افزایش رسوبات تعیین می‌کند. از بین رفتن جنگل‌های مانگرو پیامدهای نامطلوبی بر خدمات اکولوژیک هم‌چون افزایش فرسایش خط ساحلی، تشدید اثرات طوفان، خطرات سیل، و امواج جزر و مدی دارد و به‌طور مستقیم جوامع ساحلی و معیشت آن‌ها را تهدید می‌کند [۱۷,۱۵].. از طرفی نابودی مانگروها می‌تواند منجر به کاهش کیفیت آب ساحلی و همچنین کاهش تنوع زیستی شود. بنابراین، بررسی تغییرات سطح آب دریا و پیش‌بینی استراتژی‌هایی برای کاهش و احیای این زیست‌بوم‌های طبیعی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳۸].

بررسی و تحلیل آسیب‌پذیری سواحل از اوایل دهه ۱۹۹۰ به‌طور مشترک با هیأت بین‌دولی تغییر اقلیم (IPCC) آغاز شد [۱۵]، و از آن زمان تاکنون مطالعات بسیاری در راستای روند تغییرات سطح آب دریا و اثرات آن بر بوم‌سازگان‌های ساحلی انجام شده است.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

با توجه به روند تغییرات سطح آب دریا در مناطق ساحلی، می‌توان به بررسی اثرات افزایش سطح آب دریا و کاهش توزیع مانگروها پرداخت. در این راستا زنگ و همکاران [۳۷]، به شبیه‌سازی و پیش‌بینی تأثیر افزایش سطح آب دریا بر پراکندگی مانگروهای ساحل چین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که همبستگی مثبتی بین کاهش مانگروها با افزایش سطح آب دریا وجود دارد که منجر به گسترش نرخ رسوب‌گذاری و تهدید این گونه‌های گیاهی شده است. لیانگ و همکاران [۱۶]، در مطالعه‌ای نشان دادند که چگونه تغییرات سطح دریا و توسعه کاربری اراضی می‌تواند بر جوامع مختلف مانگروها اثر گذارد. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح آب دریا و توسعه کاربری‌هایی مانند کشاورزی، آبزی‌پروری و شهرنشینی به‌طور مشترک بر جوامع مختلف مانگروهای ناحیه بین جزرومدی تأثیرگذار است و منجر به کاهش توده‌های مانگرو در این ناحیه شده است. لو و چیو [۱۸]، به بررسی کاهش توزیع مانگروها در مناطق ساحلی بر اثر افزایش سطح آب دریا پرداختند. آن‌ها بیان کردند که اثرات نامطلوب افزایش سطح آب دریا مانگروهای بومی سواحل را تحت تأثیر قرار داده است و پیش‌بینی می‌شود که با افزایش سطح دریا تا ۱ متر، تراکم این جنگل‌ها به‌شدت کاهش یابد. همچنین نتایج مطالعه کوهی و بابائیان [۱۳]، در راستای پیش‌نگری سطح آب دریا و دمای آن در محدوده دریای عمان و خلیج‌فارس نشان داد که این ناحیه در طی دهه‌های اخیر به‌شدت تحت تأثیر نوسان سطح آب دریا و تغییرات دمایی آن قرار گرفته است و همچنین پیش‌بینی می‌شود که در سال‌های آتی این روند، افزایش قابل توجهی خواهد داشت. دلفان و قدرتی شجاعی [۵]، نیز، تأثیرات تغییرات اقلیم بر بوم‌سازگان‌های مانگرو را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها حاکی از آن است که افزایش سطح آب دریا یکی از مهمترین پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم است که می‌تواند بر سلامت مانگروها و پراکنش آن‌ها اثر گذارد.

مطابق مطالعات صورت گرفته، تغییرات سطح آب دریا یکی از شایع‌ترین پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم می‌باشد که عملکرد بوم‌سازگان مناطق ساحلی را تحت تأثیر قرار داده است. در این راستا، الگوهای توزیع جنگل‌های مانگرو به‌ویژه در مناطق جزر و مدی به‌شدت تحت تأثیر این تغییرات کاهش یافته است. بر این اساس در مطالعه حاضر به بررسی تغییرات سطح آب دریا و اثرات آن بر وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا با توجه به حساسیت‌های زیستی و محدودیت‌های بوم‌شناختی بالای این منطقه پرداخته شد. این مطالعه تکمیل کننده سایر مطالعات، در راستای بررسی تغییرات سطح آب دریا در بازه زمانی بلندمدت (۲۰۲۳-۲۰۰۰) و همچنین ارزیابی روند تغییرات پوشش جنگل‌های مانگرو در طی این سال‌ها می‌باشد. علی‌رغم اهمیت این موضوع، تا کنون مطالعه‌ای به‌طور همزمان به بررسی ارتباط تغییرات سطح آب دریا و همبستگی آن با جنگل‌های مانگرو، به‌ویژه

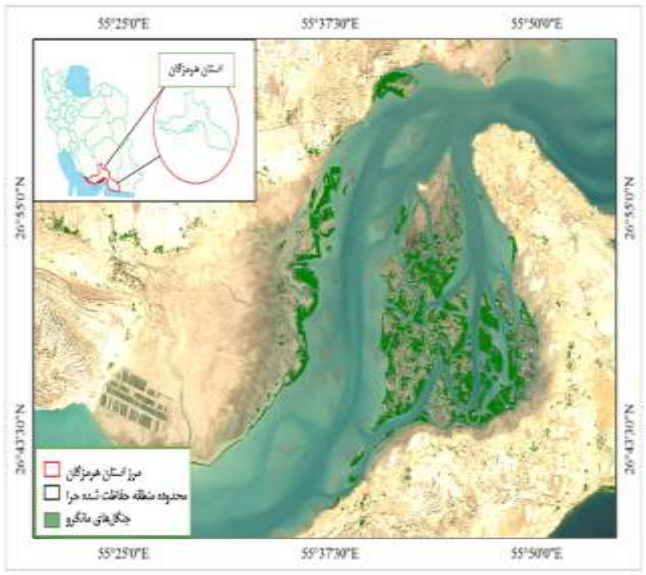
در یک منطقه حفاظت شده در کشور پرداخته نشده است. بدین ترتیب مطالعه حاضر تلاش دارد تا ارزیابی و تحلیلی بر روند تغییرات سطح آب دریا و میزان کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا در استان هرمزگان را در طی دهه‌های اخیر آشکار سازد.

مانگروهای منطقه حفاظت شده حرا از اکوسیستم‌های منحصربه‌فرد سواحل جنوبی ایران می‌باشند که در کرانه‌های شمالی خلیج‌فارس، در طول کرانه ساحلی شهرستان بندر خمیر و شمال غربی شهرستان قشم توسعه یافته‌اند و برخوردار از بیشترین وسعت و بالاترین انبوهی در کشور و حوزه خلیج‌فارس هستند [۲۶]. مانگروها جنگل‌های ماندابی هستند که بر روی بسترهای گلی اشباع از آب، ناشی از رسوب و فرسایش سواحل توسعه می‌یابند و پیوسته در معرض جریان جزرومد دریا قرار دارند؛ به‌طوری که در زمان جزر، درختان و بستر گلی آن‌ها از آب بیرون آمده و به‌صورت جزایری پراکنده نمایان می‌شوند و در زمان مد نیز تمامی مانگروها تا زیر تاج به زیر آب رفته و به‌صورت لکه‌های سبز شناور بر آب دیده می‌شوند [۲۷]. متأسفانه طی دهه‌های اخیر با توجه به گرمایش جهانی و تغییرات اقلیم، سطح آب دریای خلیج‌فارس افزایش یافته است که این تغییرات منجر به افزایش میزان رسوب‌گذاری و پیشروی سطح مانگروهای منطقه حفاظت شده حرا به سمت خشکی شده است. بنابراین در مطالعه حاضر به بررسی روند تغییرات آب دریای خلیج‌فارس در طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۳ و همچنین بررسی وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا در طی این سال‌ها پرداخته شد. در این راستا، عمده‌ترین سؤالات تحقیق عبارتند از: ۱) میزان روند تغییرات سطح آب خلیج‌فارس طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۳ چقدر است؟ ۲) مساحت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا در طی سال‌های مورد مطالعه از چه وضعیتی برخوردار بوده است؟ ۳) چه ارتباطی بین سطح آب دریای خلیج‌فارس و تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا وجود دارد؟

روش‌شناسی

محدوده مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده حرا در سواحل شمالی خلیج‌فارس و در موقعیت جغرافیایی ۲۶ درجه و ۴۳ دقیقه و ۴۷ ثانیه تا ۲۷ درجه و ۰۱ دقیقه و ۰۲ ثانیه عرض شمالی و ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۵۴ دقیقه و ۰۱ ثانیه طول شرقی قرار دارد و جنگل‌های مانگرو این منطقه در رویشگاه مختلف شامل مردو، خمیر- لشتغان، سایه‌خوش، ساحل قشم و خورخوران توزیع شده‌اند. توده‌های جنگلی مانگرو در این منطقه، به‌عنوان بزرگ‌ترین رویشگاه‌های طبیعی درخت حرا (*Avicennia marina*) در حوزه خلیج‌فارس شناخته شده است که در کرانه ساحلی سه شهرستان خمیر، قشم و بندرلنگه گسترش یافته‌اند [۲۷]. رویشگاه‌های مانگرو در این منطقه شامل سه تیپ "دلتایی" در دلتای رودخانه کل و مهران، "ساحلی" در جزیره قشم و "جزیره‌ای" در جزایر گلی شمال غربی جزیره قشم می‌باشند. این محدوده، منطقه‌ای کم عمق است که در اثر تغییر اقلیم، اختلاط کامل و زمان کوتاه ماند آب (سه تا پنج سال) به‌شدت تحت تأثیر تغییرات دمایی و افزایش سطح آب قرار می‌گیرد [۱۱]. منطقه حفاظت شده حرا از نظر اقلیمی نیز، دارای متوسط دمای ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه ۱۳۹/۴ میلی‌متر است. گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال در این منطقه، به ترتیب مرداد ماه با متوسط دمای ۳۴/۲۱ و دی ماه با متوسط دمای ۱۸/۴۴ درجه سانتی‌گراد است و به‌طور کلی برخوردار از اقلیم گرم و بارش‌های کوتاه مدت زمستانه می‌باشد [۲۶]. در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه نمایش داده شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه (منبع: نگارندگان)

روش بررسی

در این مطالعه، روند نوسانات آب خلیج‌فارس طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۳ با استفاده از تصاویر لندست در سامانه تحت وب گوگل ارث انجین (GEE)[1] مورد پایش و تحلیل قرار گرفت. تصاویر مورد مطالعه شامل L5-TM برای سال ۲۰۰۰ و L8 و OLI-TIRS برای سال ۲۰۲۳ بود. لازم به ذکر است که بازه زمانی تصاویر مورد مطالعه، با توجه به گسترده شدن فعالیت‌های انسانی در این دوره و شروع مطالعات تغییرات اقلیم و پیامدهای محیطزیستی در کشور می‌باشد و ماه تهیه تصاویر نیز، مربوط به اردیبهشت ماه به دلیل پوشش سبز غالب و زمان گلدهی رویشگاه‌های مانگرو در این بازه زمانی است. همچنین تصاویر انتخاب شده مربوط به زمان جزر آب است. بدین ترتیب نقشه‌های پایش تغییرات سطح آب دریای خلیج‌فارس بر اساس شاخص نرمال شده تفاوت پهنه‌های آبی (NDWI)[2] استخراج و به دو کلاس آبی و غیرآبی طبقه‌بندی شد. در این شاخص از باندهای سبز مرئی و مادون قرمز نزدیک برای بارزسازی پهنه‌های آبی و حذف پوشش‌های گیاهی و خاک استفاده شد (رابطه ۱). دامنه تغییرات این شاخص بین ۱+ و ۱- قرار دارد که هر چه ارزش پیکسل به ۱+ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده وجود

[1] - Google Earth Engine

[2] - Normalized Difference Water Index (NDWI)

پهنه‌های آبی و هر چه به ۱- نزدیک‌تر باشد حاکی از وجود پهنه‌های غیرآبی است [۲۲].

$$NDWI = (G - NIR) / (G + NIR) \quad (۱)$$

در ادامه به‌منظور بررسی روند تغییرات جنگل‌های مانگرو در طی سال‌های مورد مطالعه (۲۰۲۳-۲۰۰۰)، به تفکیک و استخراج نقشه‌های پوشش‌های مانگرو از سایر طبقات پوشش/کاربری اراضی با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)[1] پرداخته شد. این شاخص مقادیر نرمال شده بین ۱- و ۱+ را شامل می‌شود، به‌طوری‌که مناطقی با پوشش گیاهی متراکم به‌دلیل انعکاس نسبتاً بالا در محدوده مادون قرمز نزدیک و انعکاس کم در محدوده قرمز مرئی، دارای سطح بالایی از NDVI می‌باشند.

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (۲)$$

انتخاب نقاط آموزشی و طبقه‌بندی تصاویر

نمونه‌برداری یکی از مهمترین مراحل طبقه‌بندی تصاویر است که در کیفیت و دقت طبقه‌بندی تأثیر بسزایی دارد. در این مطالعه نقاط نمونه‌برداری در سامانه تحت وب GEE به‌صورت بصری، به تعداد مورد نظر و تصادفی انتخاب شدند. در واقع برای هر کلاس ۱۵۰۰ نمونه انتخاب شد که از این مجموع نمونه، ۸۰۰ نمونه برای آموزش الگوریتم و ۷۰۰ نمونه برای آزمایش طبقه‌بندی مورد بررسی قرار گرفت. برای طبقه‌بندی تصاویر نیز از روش الگوریتم جنگل تصادفی استفاده شد. این الگوریتم اغلب به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در توان تفکیک‌های مکانی متفاوت کاربرد دارد، در مقایسه با الگوریتم‌های متداول طبقه‌بندی به روش ماشین بردار پشتیبانی و شبکه‌های عصبی، نتایج چشم‌گیری داشته و معرف روش‌های جدید طبقه‌بندی ترکیبی است [۳۵,۲]. روش جنگل تصادفی شیوه‌ی طبقه‌بندی نظارت‌شده‌ای است که در آن مجموعه‌ای از درخت‌ها در تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این روش ابتدا تعدادی درخت تصمیم‌گیری که از هم بیشترین تمایز را دارند تشکیل و در مورد هر یک از این درخت‌ها، روند مربوط به تصمیم‌گیری به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفته می‌شود. همچنین در این مطالعه صحت‌سنجی با استفاده از صحت کلی و ضریب کاپا صورت گرفت.

بررسی رابطه بین تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و وسعت جنگل‌های مانگرو

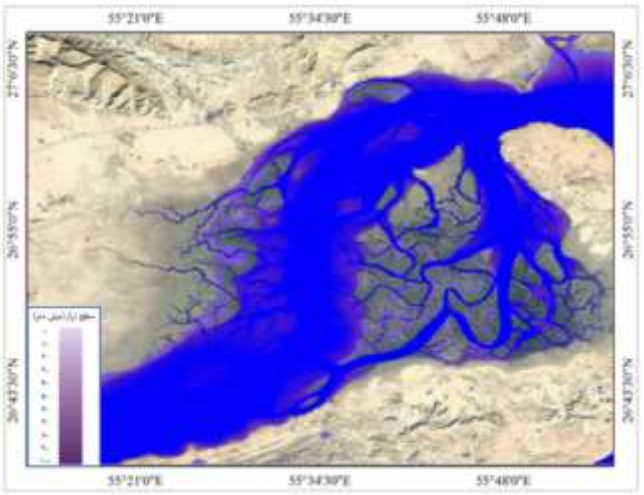
اسمیرنوف استفاده شد. با توجه به این‌که داده‌ها دارای توزیعی غیرنرمال می‌باشند (سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵)، از این رو از ضریب همبستگی ناپارامتری اسپیرمن برای تحلیل همبستگی بین این دو متغیر استفاده گردید.

به‌منظور بررسی ارتباط تغییرات سطح آب خلیج‌فارس با وسعت مانگروهای منطقه حفاظت شده حرا نیز ابتدا از آزمون کولموگروف

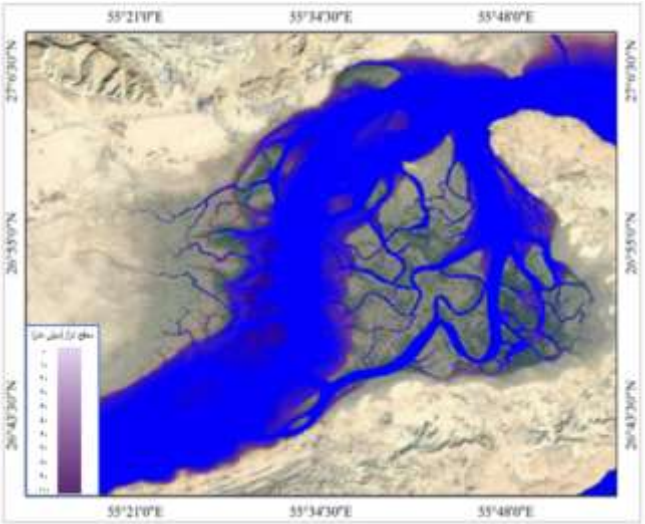
یافته‌ها و نتایج

تغییرات سطح آب خلیج‌فارس

نتایج نوسانات سطح آب خلیج‌فارس در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳، حاکی از افزایش ۸۵ میلی‌متری سطح آب دریا در طی این سال‌ها می‌باشد (شکل ۲ و ۳). مطابق نتایج به‌دست آمده سطح آب دریا از ۵ میلی‌متر در سال ۲۰۰۰ به ۹۰ میلی‌متر در سال ۲۰۲۳ رسیده است (شکل ۴). از طرفی سطح آب خلیج‌فارس، طی سال‌های مورد مطالعه همواره در حال نوسان بوده است، به‌طوری که از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ روند افزایشی داشته است و در سال ۲۰۱۱ سطح آب کاهش و مجدداً تا سال ۲۰۱۶ افزایش یافته است. همچنین در سال ۲۰۱۷ سطح آب خلیج‌فارس کاهش یافته است و از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ نیز روند افزایشی قابل مشاهده است (شکل ۵ و ۶).

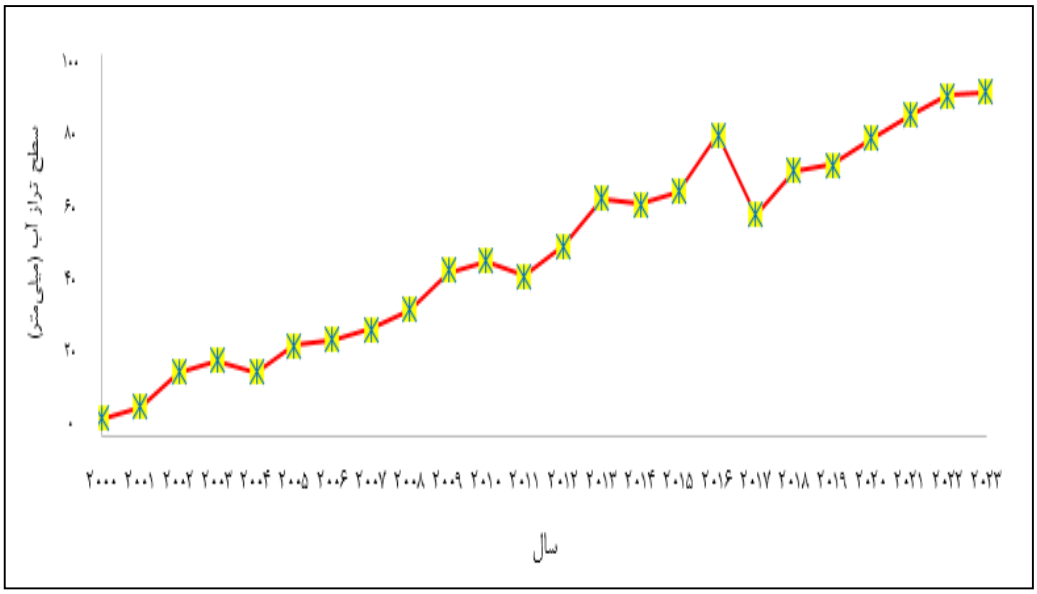


شکل ۲: نقشه تغییرات سطح آب خلیج‌فارس در سال ۲۰۰۰

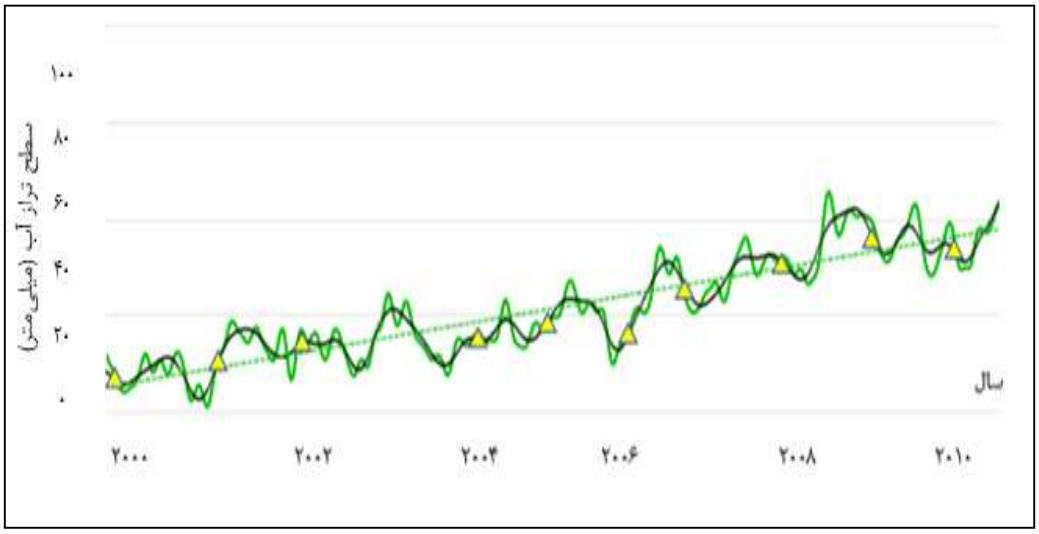


شکل ۳: نقشه تغییرات سطح آب خلیج‌فارس در سال ۲۰۲۳

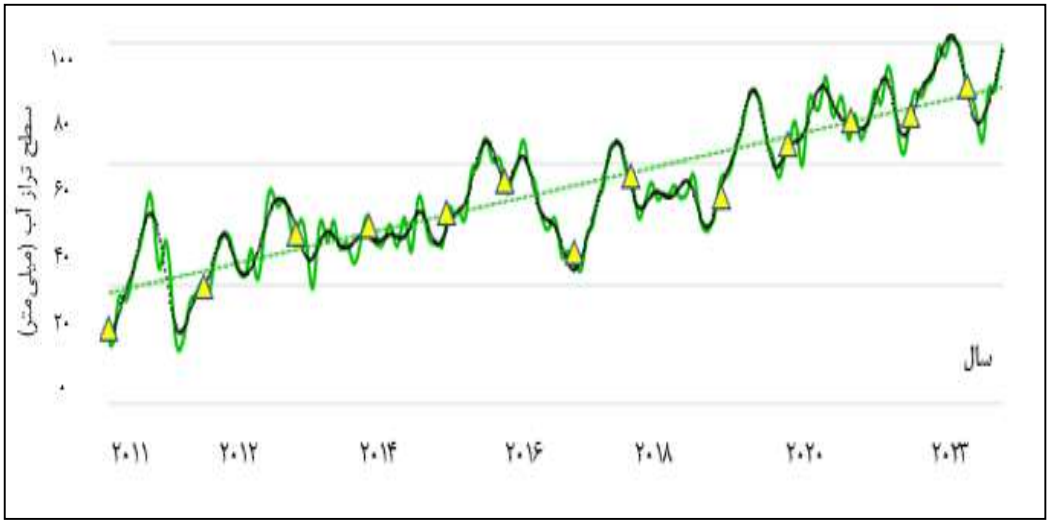
[1] - Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)



شکل ۴: روند تغییرات سطح آب خلیج‌فارس طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳



شکل ۵: نوسانات سطح آب خلیج‌فارس در سال‌های ۲۰۰۰ – ۲۰۱۰ (طی ماه‌های مختلف سال)



شکل ۶: نوسانات سطح آب خلیج‌فارس در سال‌های ۲۰۱۱ – ۲۰۲۳

تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا

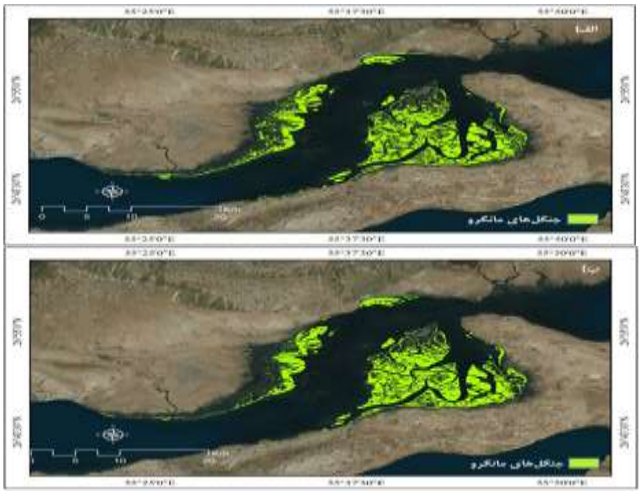
نتایج ارزیابی دقت تصاویر، حاکی از آن است که مقادیر به‌دست آمده از مطلوبیت بالایی برخوردار بوده و در سطح قابل قبولی است (جدول ۱). همان‌طور که نتایج نشان داد، جنگل‌های منطقه حفاظت شده حرا در سال ۲۰۲۳ با مساحت ۶۹۹۸ هکتار (۸/۱۱ درصد) روند کاهشی را در مقایسه با سال ۲۰۰۰ با مساحت ۷۷۰۹ هکتار (۸/۶۹ درصد) داشته است (جدول ۲). بدین ترتیب، این رویشگاه‌ها با مساحت ۴۹۸- هکتار (۰/۵۷- درصد) طی سال‌های ۲۰۲۳-۲۰۰۰، دارای شیب تغییرات منفی بوده است (شکل ۷).

جدول ۱: ارزیابی دقت تصاویر بر اساس صحت کلی و ضریب کاپا طی سال‌های ۲۰۰۰ - ۲۰۲۳

تصاویر ماهواره‌ای	سال	صحت کلی (٪)	ضریب کاپا (٪)
L5-TM	۲۰۰۰	۰/۹۳	۰/۸۵
L8, OLI-TIRS	۲۰۲۳	۰/۹۵	۰/۹۰

جدول ۲: تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا طی سال‌های ۲۰۰۰ – ۲۰۲۳

		سال		روند تغییرات
جنگل‌های مانگرو	مساحت	۲۰۰۰	۲۰۲۳	۲۰۰۰-۲۰۲۳
	هکتار	۷۴۹۶	۶۹۹۸	-۴۹۸
	درصد	۸/۶۹	۸/۱۱	-۰/۵۷
منطقه	۸۶۲۵۸ هکتار			



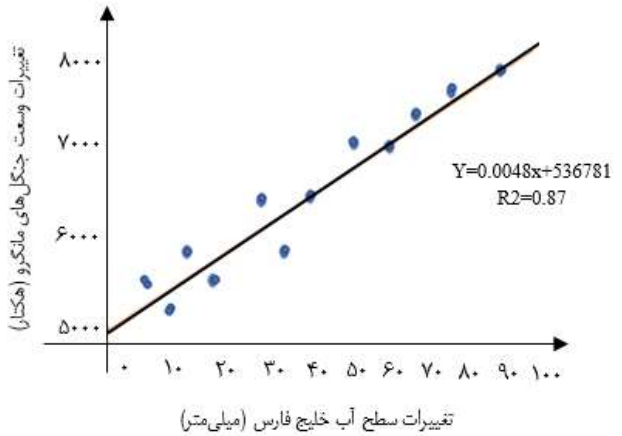
شکل ۷: نقشه تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا طی سال‌های: الف) ۲۰۰۰ و ب) ۲۰۲۳

تحلیل ارتباط تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و وسعت مانگروهای حرا

بررسی رابطه میان دو متغیر تغییرات سطح آب دریا و وسعت مانگروهای منطقه حفاظت شده حرا طی سال‌های مورد مطالعه نشان داد که همبستگی بالایی در بین این دو متغیر وجود دارد. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، مقدار ضریب همبستگی در بین این دو متغیر برابر با ۰/۹۳ و سطح معنی‌داری آن صفر است، بدین معنا که رابطه مستقیمی بین تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا قابل مشاهده است. بر این اساس، نتایج حاکی از آن است که با افزایش سطح تغییرات آب دریا از سال ۲۰۰۰، وسعت جنگل‌های مانگرو نیز در حاشیه خط ساحلی منطقه حفاظت شده حرا روند کاهشی داشته است (شکل ۸).

جدول ۳: تحلیل ارتباط تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا

تحلیل ارتباط	آماره‌های آزمون	تغییرات سطح آب دریا	وسعت جنگل‌های مانگرو حرا
تغییرات سطح آب دریا	اسپیرمن	۱	۰/۹۲۳
	سطح معناداری		۰/۰۰
	تعداد	۲۳	۲۳
وسعت جنگل‌های مانگرو حرا	اسپیرمن	۰/۹۲۳	۱
	سطح معناداری	۰/۰۰	
	تعداد	۲۳	۲۳



شکل ۸: تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا

نتیجه‌گیری

تغییرات سطح آب در هر حوضه می‌تواند نقش کلیدی در کلیه فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی، زیستی و بوم‌شناختی داشته باشد. به‌طوری‌که حجم و

سطح آب، شکل سواحل، زندگی گونه‌های گیاهی و جانوری آبزی، برنامه‌های عمرانی و مدیریت سواحل و همچنین عملکرد محیط زیست ساحلی به نوعی وابسته به سطح آب هستند [۳۱,۲۰]. همچنین با افزایش سطح آب دریاها، مانگروها از خط ساحل به سمت خشکی پیشروی می‌کنند، و به‌دلیل برهم زدن تعادل آب و فرسایش ایجاد شده باعث افزایش شوری و کاهش رشد گونه می‌شود [۲۱,۳]. ازاین‌رو در مطالعه حاضر، با توجه به اهمیت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا به‌عنوان یکی از زیستگاه های حساس ساحلی و خدمات بوم‌شناختی متنوع، به بررسی و تحلیل تغییرات سطح آب دریا و اثرات آن بر جنگل‌های مانگرو در این منطقه پرداخته شد.

همان‌طور که نتایج نشان داد، نوسانات سطح آب خلیج‌فارس در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳، روند افزایشی داشته است. به‌طوری‌که سطح آب دریا از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۲۳ معادل ۸۰ میلی‌متر بوده است. علاوه بر این، نتایج حاکی از آن است که سطح آب خلیج‌فارس، طی سال‌های مورد مطالعه همواره در حال نوسان بوده و بدین ترتیب در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ روند افزایشی داشته است، در حالی‌که در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۷ روند کاهشی را نشان می‌دهد. در این راستا، نتایج به‌دست آمده با مطالعات سیوف جهرمی و شاه‌منصور [۲۹] و گهرنژاد و همکاران [۹] نیز مطابقت دارد و مورد تائید است. نتایج این مطالعات نشان داد که در طی دهه‌های اخیر، سطح آب خلیج‌فارس با روند مثبتی در حال افزایش است و چنانچه این تداوم ادامه یابد پیش‌بینی می‌شود که سطح آب دریا در ۲۰۰ سال آینده به ۰/۵ متر افزایش خواهد یافت که این تغییرات بر حوضه بلافصل ساحل و مساحت آن اثرات قابل توجهی خواهد داشت. در مطالعه‌ای دیگر شریف و عطارچی [۲۳]، روند بلندمدت تغییرات سطح آب خلیج‌فارس را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که تغییرات سطح آب دریا در خلیج‌فارس الگوهای یکسانی ندارند، بلکه این تغییرات در شرایط زمانی مختلف از پارامترهای مختلفی تأثیر می‌پذیرند. همچنین نتایج مطالعه الصبحی و عبدالله [۱]، نشان داد که تغییرات عمده سطح آب دریا در خلیج‌فارس تحت تأثیر فرآیندهای اقلیمی و گرمایش جهانی می‌باشد و تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 پیش‌بینی می‌شود که این روند افزایشی همچنان ادامه دارد. علاوه بر این، ایرانی و همکاران [۱۱]، نیز در بررسی بالا آمدن سطح آب خلیج‌فارس بیان کردند که سطح تغییرات تراز عمومی آب به دلیل تغییرات پارامترهای اقلیمی از جمله افزایش متوسط دما و کاهش بارندگی می‌باشد.

همچنین نتایج تغییرات وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا حاکی از آن است که این رویشگاه طبیعی در سال ۲۰۲۳ با مساحت ۶۹۹۸ هکتار روند کاهشی را در مقایسه با سال ۲۰۰۰ با مساحت ۷۷۰۹ هکتار داشته است. بدین ترتیب، تغییرات جنگل‌های مانگرو حرا طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۳، با شیب منفی کاهش یافته است. از دلایل این فرآیند کاهشی می‌توان به توسعه فعالیت‌های انسانی و انواع مخاطرات محیطی از جمله تغییر اقلیم و نوسانات سطح آب دریا اشاره کرد. این تغییرات سطح آب دریا منجر به افزایش رسوب‌گذاری در خط ساحلی و رویشگاه‌های مانگرو می‌شود که پیامدهای ناشی از آن ضعیف شدن ساختار ریشه و نابودی جنگل‌های مانگرو می‌باشد. در این راستا نتایج تحلیل ارتباط تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و وسعت مانگروهای حرا نیز حاکی از آن است که طی سال‌های مورد مطالعه همبستگی بالایی در بین این دو متغیر قابل مشاهده است. بدین معنا که رابطه مستقیمی بین تغییرات سطح آب خلیج‌فارس و کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو حرا وجود دارد. بر این اساس، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش سطح تغییرات سطح آب دریا از سال ۲۰۰۰، وسعت جنگل‌های مانگرو نیز در حاشیه خط ساحلی روند کاهشی داشته است. همچنین لیانگ و همکاران [۱۶]، بیان کردند که از عمده‌ترین دلایل کاهش سطح جنگل‌های مانگروها بالا آمدن سطح آب دریا و پیشروی و مهاجرت این گونه‌ها به سمت خشکی می‌باشد. مطالعه وودروف [۳۴]، نیز نشان داد که جنگل‌های مانگرو که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری قرار دارند بیشتر تحت تأثیر نوسانات سطح آب دریا و پیامدهای ناشی از آن (از جمله افزایش استرس، تغییرات جزر و مدی و رسوب‌گذاری در سطح بستر) می‌باشند و انتظار می‌رود در برابر این تغییرات آسیب‌پذیری بیشتری از خود نشان دهند. کراوس [۲۴]، در مطالعه خود بیان کرد که بزرگترین تهدید برای تداوم رویشگاه‌های حرا، جنگل زدایی و سایر اختلالات انسانی است که می‌تواند ثبات زیستگاه و انعطاف پذیری در برابر افزایش سطح دریا را به خطر بیندازد.

مطابق نتایج به‌دست آمده، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش وسعت جنگل‌های مانگرو منطقه حفاظت شده حرا افزایش سطح آب دریا است. در این راستا، افزایش مداوم سطح آب دریا و پیامدهای ناشی از آن می‌تواند یکی از مهمترین دلایل کاهش سطح رویشگاه‌های مانگرو در آینده باشد. با توجه به اهمیت رویشگاه‌های مانگرو حرا به‌عنوان تأمین کننده طیف وسیعی از خدمات بوم‌سازگان و همچنین تنوع زیستی بالا باید راه‌کارهای مدیریتی در نظر گرفته شود. همچنین با به‌کارگیری برنامه‌ریزی دقیق و برخی از اقدامات سازگاری (کاشت و احیای جنگل‌های مانگرو در حاشیه خط ساحلی، لایروبی سطح بستر، بهبود استانداردهای بستر سواحل، افزایش خاکریزها) به کنترل و کاهش پیامدها و خطرات ناشی از نوسانات سطح آب خلیج‌فارس پرداخت. ضرورت برنامه‌ریزی و مدیریت در مناطق ساحلی، به مراتب بیش از مناطق خشکی است، زیرا زیستگاه‌های ساحلی و به‌ویژه جنگل‌های مانگرو به سبب موقعیت ویژه اکولوژیک و غنای زیستی بالا آسیب‌پذیری و حساسیت بیشتری دارند. آگاهی از چنین اهمیتی سبب شده است تلاش روزافزونی در راستای حفاظت و احیای جنگل‌های مانگرو به کار بسته شود.

مشارکت نویسندگان

سهم نویسندگان در نگارش و تدوین مقاله، به‌صورت مشارکتی و همکاری متقابل بوده است [۱۹].

تشکر و قدردانی (اختیاری)

این مقاله با همکاری و مساعدت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF)، برگرفته شده از طرح شماره ۴۰۰۵۹۷۲ به انجام رسیده است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

[1] Al-Subhi, A., M., & Abdulla, C. P. (2021). Sea-Level Variability in the Arabian Gulf in Comparison with Global Oceans. Remote Sensing, 13(22), 4524. https://doi.org/10.3390/rs13224524.

[2] Ao, Y., Li, H., Zhu, L., Ali, S., & Yang, Z. (2019). The linear random forest algorithm and its advantages in machine learning assisted logging regression modeling. Journal of Petroleum Science and Engineering, 174, PP. 776-789. https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.11.067.

[3] Bozi, B. S., Figueiredo, B. L., Rodrigues, E., Cohen, M. C., Pessenda, L. C., Alves, E. E., & Culligan, N. (2021). Impacts of sea-level changes on mangroves from southeastern Brazil during the Holocene and Anthropocene using a multi-proxy approach. Geomorphology, 390, 107860. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2021.107860.

[4] Dang, A. T., Reid, M., & Kumar, L. (2022). Assessing potential impacts of sea level rise on mangrove ecosystems in the Mekong Delta, Vietnam. Regional Environmental Change, 22(2), 70. https://doi.org/10.1007/s10113-022-01925-z.

[5] Delfan, N., & GHODRATI, S. M. (2022). A Review of the Impacts of Climate Change on Mangrove Ecosystems. (Persian) https://www.researchgate.net/publication/354131666.

[6] Delfan, N., & Ghodrati, S. M. (2022). A review of the impacts of climate change on mangrove ecosystems. Biology of Iran, 5 (10), 111-116. https://doi.org/ 20.1001.1.20089406.1400.5.10.12.0 [In Persian].

[7] Fu, H. (2019). The Surface Elevation Changes of Mangrove Forests in China and Impacts of Sea-Level Rise on Mangrove Forests (Doctoral dissertation, Xiamen University).

[8] Gabler, C. A., Osland, M. J., Grace, J. B., Stagg, C. L., Day, R. H., Hartley, S. B., & McLeod, J. L. (2017). Macroclimatic change expected to transform coastal wetland ecosystems this century. Nature Climate Change, 7(2), 142-147. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3203.

[9] Goharnejad, H., Shamsai, A., & Zakeri Niri, M. (2019). Pridiction of sea level rise in the south of iran coastline: evaluation of climate change impacts. Water Resources Engineering, 12(42), 1-17. (Persian) https://wej.marvdasht.iau.ir/article_3882.html?lang=en

[10] Hu, W., Wang, Y., Dong, P., Zhang, D., Yu, W., Ma, Z., & Lei, G. (2020). Predicting potential mangrove distributions at the global northern distribution margin using an ecological niche model: Determining conservation and reforestation involvement. Forest Ecology and Management, 478, 118517. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118517.

[11] Irani, M., Massah Bavani, A., Bohluly, A., & Alizadeh Katak Lahijani, H. (2017). sea level rise in Persian Gulf and Oman sea due to climate change in the future periods. Physical Geography Research, 49(4), 603-614. (Persian) https://jphgr.ut.ac.ir/article_67211.html?lang=en

[12] Kauffman, J. B., Adame, M. F., Arifanti, V. B., Schile-Beers, L. M., Bernardino, A. F., Bhomia, R. K., & Hernández Trejo, H. (2020). Total ecosystem carbon stocks of mangroves across broad global environmental and physical gradients. Ecological Monographs, 90(2), e01405. https://doi.org/10.1002/ecm.1405.

[13] Kohi, M., & Babaeian, I. (2022). Projections of the sea level rise and sea surface temperature of Pars Sea region under SSPs scenarios. Nivar, 46(116), 165-173. (Persian) https://nivar.irimo.ir/article_157770.html?lang=en

[14] Li, S. S., Meng, X. W., Ge, Z. M., & Zhang, L. (2014).Vulnerability assessment on the mangrove ecosystems in qinzhou bay under sea level rise. Acta Ecologica Sinica, 34(10), 2702-2711. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.02.006.

[15] Li, S., Meng, X., Ge, Z., & Zhang, L. (2015). Evaluation of the threat from sea-level rise to the mangrove ecosystems in Tieshangang Bay, southern China. Ocean & Coastal Management, 109, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.02.006.

[16] Liang, S., Hu, W., Wu, P., Wang, J., Su, S., Chen, G., & Chen, B. (2023). Prediction of the joint impacts of sea level rise and land development on distribution patterns of mangrove

area using DPSIR model. Environmental Management Hazards, 10(3), 215-232. (Persian) https://www.researchgate.net/publication/377060248

[26] Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023). Investigating tourism climate conditions in Iran's mangrove forests using Tourism Comfort Climate Index (TCI) and Holiday Climate Index (HCI). Journal of Natural Environment, 75(Special Issue Coastal and Marine Environment), 29-45. (Persian) https://jne.ut.ac.ir/article_90365.html?lang=en

[27] Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023). Natural features and management areas of Khamir and Gheshm mangrove forests. Iran Nature, 8(4), 97-112. (Persian) https://www.magiran.com/paper/showpdf/9fbba590-fa9b-4c60-9fc3-d2873db5228c?p=2634778&m=2834

[28] Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023). Spatial-temporal changes in mangrove Forests for Analyzing habitat Integrity: A case of hara biosphere Reserve, Iran. Environmental and Sustainability Indicators, 100293. https://doi.org/10.1016/j.indic.2023.100293.

[29] Soyuf Jahromi, M., & Shahmansoori, Z. (2022). The seasonal changes of sea-level anomalies on the Persian Gulf (1993-2017). Journal of Marine Science and Technology, 21(1), 1-15. (Persian) https://jmst.kmsu.ac.ir/article_126836.html?lang=en

[30] Tebaldi, C., Ranasinghe, R., Vousdoukas, M., Rasmussen, D. J., Vega-Westhoff, B., Kirezci, E., & Mentaschi, L. (2021). Extreme sea levels at different global warming levels. Nature Climate Change, 11(9), 746-751. https://doi.org/10.1038/s41558-021-01127-1.

[31] Von Holle, B., Irish, J. L., Spivy, A., Weishampel, J. F., Meylan, A., Godfrey, M. H., & Taylor, N. R. (2019). Effects of future sea level rise on coastal habitat. The Journal of Wildlife Management, 83(3), 694-704. https://doi.org/10.1002/jwmg.21633

[32] Vousdoukas, M. I., Ranasinghe, R., Mentaschi, L., Plomaritis, T. A., Athanasiou, P., Luijendijk, A., & Feyen, L. (2020). Sandy coastlines under threat of erosion. Nature climate change, 10(3), 260-263. . https://doi.org/10.1038/s41558-020-0697-0.

[33] Wahl, T., Haigh, I. D., Nicholls, R. J., Arns, A., Dangendorf, S., Hinkel, J., & Slangen, A. B. (2017). Understanding extreme sea levels for broad-scale coastal impact and adaptation analysis. communities. Forest Ecosystems, 10, 100100. https://doi.org/10.1016/j.fecs.2023.100100.

[17] Lovelock, C. E., Feller, I. C., Reef, R., Hickey, S., & Ball, M. C. (2017). Mangrove dieback during fluctuating sea levels. Scientific Reports, 7(1), 1680. https://doi.org/10.1038/s41598-017-01927-6

[18] Luo, S., & Chui, T. F. M. (2022). Sea-level rise predicted to reduce exotic mangrove distribution and biomass in coastal wetlands in southern China. Journal of Hydrology, 612, 128234. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128234.

[19] Mäntymaa, E., Jokinen, M., Juutinen, A., Lankia, T., & Louhi, P. (2021). Providing ecological, cultural and commercial services in an urban park: A travel cost–contingent behavior application in Finland. Landscape and Urban Planning, 209,104042. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104042.

[20] Rilov, G., David, N., Guy-Haim, T., Golomb, D., Arav, R., & Filin, S. (2021). Sea level rise can severely reduce biodiversity and community net production on rocky shores. Science of the Total Environment, 791, 148377. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148377.

[21] Rostami, F., Attarod, P., Keshtkar, H., & Nazeri Tahroudi, M. (2022). Impact of climatic parameters on the extent of mangrove forests of southern Iran. Caspian Journal of Environmental Sciences, 20(4), 671-682. https://doi.org/10.22124/CJES.2022.5719.

[22] Sagar, S., Roberts, D., Bala, B., & Lymburner, L. (2017). Extracting the intertidal extent and topography of the Australian coastline from a 28 year time series of Landsat observations. Remote sensing of environment, 195, 153-169. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.04.009.

[23] Sharif, M., & Attarchi, S. (2022). Investigating Long-Term Trends of Sea Level Anomalies in the Persian Gulf and the Parameters Affecting it Using Multi-Source Data. Iran-Water Resources Research, 18(3), 157-179. (Persian) https://www.iwrr.ir/article_160672.html?lang=en

[24] Krauss, K. W., McKee, K. L., Lovelock, C. E., Cahoon, D. R., Saintilan, N., Reef, R., & Chen, L. (2014). How mangrove forests adjust to rising sea level. New phytologist, 202(1), 19-34. https://doi.org/10.1111/nph.12605.

[25] Sobhani, P., & Danehkar, A. (2023). Assessment of environmental hazards and vulnerability of Hara protected

forests as a standard method for presence-only data SDMs: a future conservation example using China tree species. Ecological Informatics, 52, 46-56. https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.09.035.

[37] Zhang, Y., Cui, L., Xie, D., & Jiang, J. (2023). Simulation and Prediction of Sea Level Rise Impact on the Distribution of Mangrove and Spartina alterniflora in Coastal China. Forests, 14(4), 831. https://doi.org/10.3390/f14040831.

[38] Zhu, F., Wang, H., Li, M., Diao, J., Shen, W., Zhang, Y., & Wu, H. (2020). Characterizing the effects of climate change on short-term post-disturbance forest recovery in southern China from Landsat time-series observations (1988–2016). Frontiers of Earth Science, 14, 816-827. https://doi.org/ 10.1007/s11707-020-0820-6.

Nature communications, 8(1), 16075. https://doi.org/10.1038/ncomms16075.

[34] Woodroffe, C. D. (2018). Mangrove response to sea level rise: Palaeoecological insights from macrotidal systems in northern Australia. Marine and Freshwater Research, 69(6), 917-932. https://doi.org/10.1071/MF17252

[35] Xie, D., Schwarz, C., Brückner, M. Z., Kleinhans, M. G., Urrego, D. H., Zhou, Z., & Van Maanen, B. (2020). Mangrove diversity loss under sea-level rise triggered by bio-morphodynamic feedbacks and anthropogenic pressures. Environmental Research Letters, 15(11), 114033. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc122.

[36] [35] Zhang, L., Huettmann, F., Liu, S., Sun, P., Yu, Z., Zhang, X., & Mi, C. (2019). Classification and regression with random

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Danehkar, A., *Professor University of Tehran, Karaj, Iran*
✉ *danehkar@ut.ac.ir* 0000-0003-0641-9286

Sobhani, P., *. Postdoctoral University of Tehran, Karaj, Iran .*
✉ *sobhani.parvaneh@guest.ut.ac.ir*

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:

HOW TO CITE THIS ARTICLE
http://doi.org/10.52547/joc.15.57.10
http://joc.inio.ac.ir/article-1-1805-fa.html
https://orcid.org/

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

orcid:0000-0003-0641-9286

doi: **10.52547/joc.15.57.10**