

(OPEN ACCESS)

Comparative study of mangrove afforestation strategies: Challenges and opportunities in the Persian Gulf and Red Sea regions

Mahsa Gheisari*

* Corresponding Author, Ph.D. Student in Forest Biological Sciences, University of Ilam, Ilam, Iran. E-mail: m.gheisari@ilam.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Full Length Research Paper	Background and Objectives: Mangrove forests are among the most vital coastal ecosystems, playing a significant role in maintaining environmental balance, stabilizing sediments, storing carbon, and supporting biodiversity. In recent decades, however, these valuable ecosystems have been degraded by various factors, including climate change, coastal development, and environmental pollution. This study aimed to analyze the status of mangrove forests on the coasts of Iran and Saudi Arabia by examining changes in vegetation cover, ecological conditions, and existing threats.
Article history: Received: 06.17.2025 Revised: 10.25.2025 Accepted: 11.02.2025	
Keywords: Carbon storage, Habitat sustainability, Mangroves, Persian Gulf, Red Sea	Materials and Methods: This study employed a comparative analysis of field data and satellite imagery. Scientific information and official reports were sourced from reputable databases, including Web of Science, Scopus, and Google Scholar. Field data, encompassing vegetation sampling and the analysis of human threats such as urban development and pollution, were also examined. Data were analyzed statistically using SPSS and Excel software.
	Results: The results indicate that mangrove forests in Iran and Saudi Arabia face similar threats, though their severity varies by geographical location. In some areas, the rate of degradation is increasing alarmingly. Habitat sustainability indices revealed that some regions, such as Rashidi, are highly stable, while others, like Pezm and Tang, suffer from severe instability. An analysis of changes in mangrove forest area between 2013 and 2020 shows a gradual decline due to human activities and climate change. Furthermore, a comparison of management policies in the two countries revealed that Saudi Arabia's conservation programs are more coherent than those of Iran. An analysis of mangrove forest areas in different Red Sea countries showed that Saudi Arabia, Yemen, and Eritrea possess the largest areas, yet these countries also hold significant potential for further mangrove development.
	Conclusion: A key challenge in mangrove forest restoration is the lack of sustainability in afforestation programs. In Saudi Arabia, monitoring and protection strategies are pursued more rigorously, whereas in Iran, legal gaps and insufficient monitoring have accelerated the degradation process. This study concludes that protecting mangrove forests requires effective management policies, continuous monitoring of ecosystem changes, and

increased public awareness. By utilizing remote sensing technologies and ecological modeling, it is possible to predict trends in vegetation change and design preventive conservation measures. These findings can assist policymakers and environmental experts in developing sustainable management plans to protect mangrove forests in coastal areas.

Cite this article: Gheisari, Mahsa. 2025. Comparative study of mangrove afforestation strategies: Challenges and opportunities in the Persian Gulf and Red Sea regions. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 32 (3), 21-41.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwfst.2025.23487.2099

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

مطالعه تطبیقی استراتژی‌های جنگل‌کاری مانگرو: چالش‌ها و فرصت‌ها در حوزه‌های خلیج فارس و دریای سرخ

مهسا قیصری*

* نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری تخصصی علوم زیستی جنگل، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. رایانامه: m.gheisari@ilam.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی تاریخ دریافت: 1404/03/27 تاریخ ویرایش: 1404/08/03 تاریخ پذیرش: 1404/08/11	سابقه و هدف: جنگل‌های مانگرو از مهم‌ترین بوم‌سازگان ساحلی محسوب می‌شوند که نقش به‌سزایی در حفظ تعادل زیست‌محیطی، تثبیت رسوبات، ذخیره‌سازی کربن و حمایت از تنوع زیستی دارند. با این حال، این بوم‌سازگان ارزشمند در دهه‌های اخیر تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله تغییرات اقلیمی، توسعه ساحلی و آلودگی‌های زیست‌محیطی قرار گرفته‌اند. پژوهش حاضر با هدف تحلیل وضعیت جنگل‌های مانگرو در سواحل ایران و عربستان سعودی، به بررسی تغییرات پوشش گیاهی، شرایط اکولوژیکی و تهدیدات موجود پرداخته است. مواد و روش‌ها: روش پژوهش به‌کاررفته در این مطالعه مبتنی بر تحلیل تطبیقی داده‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای بوده است. از پایگاه‌های داده معتبر مانند Scopus، Web of Science و Google Scholar برای استخراج اطلاعات علمی و گزارش‌های رسمی استفاده شده است. همچنین، داده‌های میدانی شامل نمونه‌برداری از پوشش گیاهی و تحلیل عوامل تهدیدکننده انسانی هم‌چون توسعه شهری و آلودگی مورد بررسی قرار گرفتند. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Excel انجام شد. یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان می‌دهد که جنگل‌های مانگرو در ایران و عربستان سعودی با تهدیدات مشابهی مواجه‌اند، اما شدت این تهدیدات بسته به موقعیت جغرافیایی متفاوت است. در برخی مناطق، روند تخریب با نرخ نگران‌کننده‌ای در حال افزایش است. شاخص‌های پایداری زیستگاه‌ها نشان دادند که برخی مناطق مانند راشدی از پایداری بالایی برخوردارند، درحالی‌که مناطقی مانند پزم و تنگ در معرض ناپایداری شدید قرار دارند. تحلیل تغییرات مساحت جنگل‌های مانگرو در بازه زمانی 2013 تا 2020 بیانگر کاهش تدریجی این جنگل‌ها به دلیل فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی است. علاوه بر این، مقایسه سیاست‌های مدیریتی در دو کشور نشان داد که برنامه‌های حفاظتی عربستان سعودی نسبت به ایران از انسجام بیشتری برخوردارند. علاوه بر این، نتایج تحلیل مساحت جنگل‌های مانگرو در کشورهای مختلف حاشیه

دریای سرخ نشان داد که عربستان سعودی، یمن و اریتره بیشترین مساحت جنگل‌های مانگرو را دارا هستند، اما قابلیت بالقوه برای توسعه این جنگل‌ها در این کشورها نیز قابل توجه است.

نتیجه‌گیری: یکی از مهم‌ترین چالش‌های احیای جنگل‌های مانگرو، عدم پایداری در برنامه‌های جنگل‌کاری است. در عربستان سعودی، اقدامات نظارتی و استراتژی‌های حفاظت از مانگروها با جدیت بیشتری دنبال می‌شود و این کشور توانسته است با بهره‌گیری از ابزارهای پایش پیشرفته و قوانین سخت‌گیرانه، نرخ تخریب را کاهش دهد. در مقابل، در ایران، به دلیل خلأهای قانونی، ضعف نظام پایش و فشارهای انسانی ناشی از بهره‌برداری بیش‌ازحد، روند تخریب با سرعت بیشتری در حال پیشروی است. این یافته اهمیت تقویت سیاست‌های ملی و منطقه‌ای در ایران را برجسته می‌سازد، در نهایت، این مطالعه تأکید می‌کند که برای حفاظت از جنگل‌های مانگرو، اجرای سیاست‌های مدیریتی مؤثر، پایش مستمر تغییرات اکوسیستمی و افزایش آگاهی عمومی ضروری است. این پژوهش نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از فناوری‌های سنجش از دور و مدل‌سازی اکولوژیکی، می‌توان روندهای تغییرات پوشش گیاهی را پیش‌بینی کرده و اقدامات پیشگیرانه‌ای برای حفاظت از این بوم‌سازگان ارزشمند طراحی نمود. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران و متخصصان محیط‌زیست در تدوین برنامه‌های مدیریتی پایدار برای حفاظت از جنگل‌های مانگرو در مناطق ساحلی کمک کند.

استناد: قیصری، مهسا (۱۴۰۴). مطالعه تطبیقی استراتژی‌های جنگل‌کاری مانگرو: چالش‌ها و فرصت‌ها در حوزه‌های خلیج فارس و دریای سرخ. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۳۲ (۳)، ۴۱-۲۱.

DOI: 10.22069/jwfst.2025.23487.2099



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

جنگل‌های مانگرو در ایران و عربستان سعودی طی دهه‌های اخیر با تهدیدات فزاینده‌ای مواجه شده‌اند. در ایران، کاهش زادآوری طبیعی، آلودگی‌های نفتی و مدیریت ناکارآمد، از عوامل اصلی تخریب زیستگاه‌ها هستند (1). در مقابل، در عربستان سعودی، اگرچه سرمایه‌گذاری قابل توجهی در طرح‌های احیای جنگل‌های مانگرو در سواحل جده و ینبع صورت گرفته است، اما فشار ناشی از توسعه بندری و گردشگری ساحلی همچنان تهدیدی پایدار محسوب می‌شود (2). پژوهش‌های جدید نشان داده‌اند که مانگروها تا 5 برابر بیش از جنگل‌های خشکی توانایی ذخیره کربن دارند (3)، بنابراین از منظر مقابله با تغییرات اقلیمی نیز اهمیت مضاعفی دارند. مطالعه تطبیقی اکولوژی، تهدیدات و راهبردهای حفاظت از جنگل‌های مانگرو در عربستان سعودی و ایران، بیابان‌زایی و تخریب اراضی از جمله چالش‌های محیط‌زیستی قرن حاضر به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به شمار می‌آیند. این پدیده که ناشی از عوامل انسانی و طبیعی است، موجب کاهش کیفیت خاک، تخریب اکوسیستم‌ها و کاهش منابع آبی شده و پایداری زندگی انسان و تنوع زیستی را به خطر انداخته است. در این میان جنگل‌کاری به‌عنوان یکی از مؤثرترین روش‌ها برای کاهش اثرات بیابان‌زایی و احیای اراضی تخریب‌شده، توجه ویژه‌ای را در سطح ملی و بین‌المللی به خود جلب کرده است. ایران، با بیش از 80 درصد از مساحت خود در مناطق خشک و نیمه‌خشک، با مشکلات متعددی همچون کاهش بارش، تغییرات اقلیمی و بیابان‌زایی روبه‌رو است. ازاین‌رو، اجرای پروژه‌های جنگل‌کاری در این مناطق اهمیت ویژه‌ای دارد. متأسفانه بیش‌تر جنگل‌ها و مواقع به‌غلط مختلف مانند بهره‌برداری‌های بی‌رویه، شخم و تبدیل آن‌ها به اراضی زراعی، قطع درختان و بوته‌ها،

پوشش گیاهی خود را از دست داده است. از موارد پیامدهای سوء این مسئله می‌توان به فرسایش خاک و ایجاد سیل‌های عظیم، به وجود آمدن و گسترش شن زارهای متحرک، کمبود علوفه مورد نیاز دام‌های کشور و آلودگی محیط‌زیست اشاره کرد که هر ساله خسارات جانی و مالی فراوانی را متوجه مردمان این سرزمین می‌کند (4)، حفظ، اصلاح و احیای جنگل‌ها و مراتع با اعمال مدیریت بر روی پوشش گیاهی و خاک آن میسر است و شناخت رابطه خاک و گیاه کمک زیادی به تحقق یافتن این هدف می‌کند (5). هر اکوسیستمی شامل اجزای زنده و غیرزنده است که بر یکدیگر اثر می‌گذارند. با ورود گیاهان و جانوران جدید و یا هر تغییری در اجزای غیرزنده محیط، ساختار و وظیفه اکوسیستم نیز تغییر یافته و اختلال در موازنه اجزای غیر حیاتی یک زیستگاه ممکن است به مصائبی منجر شود (6). در مدیریت بوم‌سازگان جنگلی نیز آنچه به‌عنوان یک اصل مهم و اصولی مطرح بوده انتخاب گونه می‌باشد؛ زیرا هر گونه درختی به‌عنوان یک موجود زنده بر محیط تأثیر گذاشته و از آن تأثیر می‌پذیرد (7). ازاین‌رو، در طرح‌های جنگل‌کاری مناطق خشک و نیمه‌خشک لازم است تأثیر متقابل گونه‌های کاشت‌شده بر خاک مناطق مورد کاشت بررسی شود. ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک شامل بارش کم و نامنظم، مقدار کم مواد مغذی و مواد آلی خاک، ساختار ضعیف خاک، شوری زیاد، کمبود آب، درجه حرارت به‌شدت بالا، میزان تبخیر زیاد، خشکسالی و بی‌ثباتی فیزیکی ناشی از وزش شدید باد و تابش اشعه ماورای بنفش است. در مدیریت بوم‌سازگان جنگلی نیز آنچه به‌عنوان یک اصل مهم و اصولی مطرح است انتخاب گونه است. چرا که هر گونه درختی به‌عنوان یک موجود زنده بر محیط تأثیر گذاشته و از آن تأثیر می‌پذیرد (8)، کشت دیم درختان و درختچه‌ها در بسیاری از کشورها، از جمله ایران

اصلی این پژوهش، مقایسه وضعیت جنگل‌های مانگرو در دو کشور ایران و کشورهای حوزه دریای سرخ از منظر شرایط اکولوژیکی، تهدیدات زیست‌محیطی و روش‌های مدیریتی است.

پرسش‌های پژوهش

شرایط اکولوژیکی جنگل‌های مانگرو در دو حوزه خلیج فارس و دریای سرخ چگونه است؟
چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی در تهدیدات زیست‌محیطی این جنگل‌ها وجود دارد؟
چه راهکارهایی برای مدیریت پایدار جنگل‌های مانگرو در این مناطق می‌توان پیشنهاد داد؟

بیان مسئله و ضرورت پژوهش

جنگل‌های مانگرو به‌عنوان یکی از بوم‌سازگان ساحلی کره زمین، نقشی کلیدی در حفظ تعادل محیط‌زیستی، اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کنند. این جنگل‌ها با تنوع زیستی بالا، مقاومت در برابر شرایط محیطی دشوار و ارائه خدمات اکوسیستمی متعدد، جایگاه ویژه‌ای در مدیریت پایدار منابع طبیعی دارند؛ اما در دهه‌های اخیر، توسعه فعالیت‌های انسانی، تغییرات اقلیمی و فشارهای زیست‌محیطی منجر به تخریب این بوم‌سازگان ارزشمند شده است. پژوهش حاضر با استفاده از روش مطالعه تطبیقی و تحلیل داده‌های کیفی، به بررسی وضعیت جنگل‌های مانگرو در ایران و عربستان سعودی پرداخته و تلاش دارد تا ضمن شناسایی عوامل تهدیدکننده، راهکارهای مؤثری برای حفاظت از این بوم‌سازگان ارائه دهد. جنگل‌های مانگرو بوم‌سازگان جنگلی ساحلی هستند که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در طول خطوط ساحلی و در نواحی جزر و مدی تشکیل می‌شوند. این جنگل‌ها شامل گونه‌های گیاهی هستند که توانایی تطبیق با شرایط دشوار محیطی مانند شوری بالا، خاک

رواج دارد. سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور با ایجاد سیستم هوتک یعنی با ایجاد مانع در مسیر رودخانه‌های سیلابی و سراریز کردن آب آن بر عرصه‌ای که در پیرامون آن دیواره‌های خاکی کوتاهی تعبیه شده و با به نفوذ دادن آن در خاک، مبادرت به جنگل‌کاری با گونه کرت (*Acacia nilotica*) و سمر (*Prosopis juliflora*) در نواحی نیمه‌گرمسیری جنوب ایران از جمله در حوضه پرک واقع در کنارک بلوچستان نموده که نتایج مثبتی داشته است (9). مانگروها درختان همیشه سبز و مقاوم به شوری نواحی گرمسیر و نیمه‌گرمسیر بوده که کالاهای و خدمات زیادی را تأمین می‌کنند (10). این جنگل‌ها به دلیل طیف گسترده‌ای از خدمات بوم‌سازگان مانند حفاظت ساحل از امواج، جلوگیری از فرسایش ساحل، تعلیف دام، نقش پرورشگاهی برای ماهیان تجاری و تأمین سوخت، بوم‌سازگان‌های مهمی برای جوامع ساحلی محسوب می‌شوند (11). در ایران جنگل‌های مانگرو در ناحیه رویشی خلیج عمانی، در سواحل و جزایر خلیج فارس و دریای عمان در سه استان بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان واقع شده است (12). تمامی جنگل‌های مانگرو به‌واسطه دارا بودن منابع حساس بیوفیزیکی، اهمیت زیستگاهی، رویشگاهی، تنوع زیستی، غنای جانداران، وجود گونه‌های در معرض خطر و کمیاب، واقع‌شدن در آستانه بوم‌شناختی شرایط محیط زیستی، حساسیت به آلاینده‌ها، کندی ترمیم محیط‌زیستی و مشکلات ناشی از پاکسازی آلاینده‌ها در ردیف یکی از مهم‌ترین مناطق حساس دریایی قرار دارند (13)؛ بنابراین حساسیت بالای این زیستگاه‌ها، خدمات بسیار ارزشمند و مفید آن‌ها و در معرض تهدید قرار داشتن آن‌ها از دو جنبه انسانی و طبیعی، سبب می‌شود که احیاء و توسعه آن‌ها به‌منظور بهره‌مندی از خدمات آن، در کانون توجه برنامه‌ریزان و متولیان حفاظت قرار گیرد. هدف

کم‌اکسیژن و نوسانات مکرر جزر و مد را دارند. جنگل‌های مانگرو به دلیل ساختار خاص ریشه‌ها و ویژگی‌های اکولوژیکی خود، به عنوان یکی از پیچیده‌ترین و منحصربه‌فردترین بوم‌سازگان کره زمین شناخته می‌شوند (14). در ایران، جنگل‌های مانگرو عمدتاً در سواحل جنوبی کشور و در مناطقی مانند جزیره قشم، بندر لافت و خورهای هرمزگان پراکنده هستند. این مناطق، بخشی از حوزه خلیج فارس محسوب می‌شوند و به دلیل شرایط اقلیمی و موقعیت جغرافیایی خاص خود، میزبان تنوع زیستی گسترده‌ای هستند. در عربستان سعودی نیز جنگل‌های مانگرو در طول سواحل دریای سرخ، به‌ویژه در نزدیکی شهرهایی مانند جده و ینبع، گسترش یافته‌اند. این جنگل‌ها به عنوان زیستگاه گونه‌های مختلف جانوری و گیاهی، اهمیت بالایی در حفاظت از تنوع زیستی این کشور دارند. جنگل‌های مانگرو از نظر اکولوژیکی و اقتصادی ارزش بالایی دارند. از منظر اکولوژیکی، این جنگل‌ها به عنوان زیستگاه گونه‌های مختلف دریایی و زمینی عمل کرده و نقش کلیدی در چرخه حیات بوم‌سازگان ساحلی ایفا می‌کنند. ریشه‌های هوایی این درختان باعث تثبیت خاک، کاهش فرسایش ساحلی و جذب رسوبات می‌شوند. هم‌چنین این بوم‌سازگان در ذخیره‌سازی کربن و کاهش تغییرات اقلیمی نقشی حیاتی دارند. مطالعات نشان داده است که جنگل‌های مانگرو تا 50 برابر بیش‌تر از سایر جنگل‌ها توانایی ذخیره کربن دارند (15). از منظر اقتصادی، جنگل‌های مانگرو منابع معیشتی مهمی برای جوامع محلی محسوب می‌شوند. این جنگل‌ها زیستگاه گونه‌های اقتصادی مانند میگو، خرچنگ و ماهی بوده و از این طریق به رونق فعالیت‌های شیلاتی و تأمین غذای محلی کمک می‌کنند. هم‌چنین، جنگل‌های مانگرو جاذبه‌های گردشگری منحصربه‌فردی دارند که می‌توانند منبع درآمدی پایدار برای جوامع

محلی باشند (16). جنگل‌های مانگرو در دهه‌های اخیر با تهدیدات متعددی مواجه شده‌اند. این تهدیدات شامل عوامل طبیعی و انسانی است که موجب کاهش پوشش گیاهی، افت کیفیت زیستگاه‌ها و تخریب بوم‌سازگان ساحلی می‌شوند. ساخت‌وسازهای بی‌رویه در مناطق ساحلی، ایجاد بنادر، جاده‌ها و تأسیسات صنعتی از جمله عواملی هستند که منجر به تخریب مستقیم جنگل‌های مانگرو شده‌اند. گسترش این فعالیت‌ها در ایران و عربستان سعودی باعث کاهش چشمگیر مساحت جنگل‌های مانگرو در برخی مناطق شده است (17). ورود فاضلاب‌های شهری، پساب‌های صنعتی و آلودگی نفتی به مناطق ساحلی، کیفیت آب‌و‌خاک جنگل‌های مانگرو را کاهش داده و بر تنوع زیستی آن‌ها تأثیر منفی می‌گذارد. این مسأله به‌ویژه در مناطق صنعتی مانند سواحل جده در عربستان و بنادر جنوبی ایران مشهود است (18). افزایش سطح آب دریاها، بالا رفتن دمای هوا و تغییر الگوهای بارندگی، پایداری جنگل‌های مانگرو را تهدید می‌کند. پژوهش‌ها نشان داده است که این عوامل موجب کاهش تراکم جنگل‌های مانگرو و تغییر در ساختار اکولوژیکی آن‌ها شده‌اند (19). پیشرفت فناوری‌های سنجنش از دور (Remote Sensing) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در سال‌های اخیر امکان بررسی دقیق‌تر جنگل‌های مانگرو را فراهم کرده است. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مانند Landsat و Sentinel، می‌توان تغییرات پوشش گیاهی جنگل‌ها را در طول زمان تحلیل کرده و نقاط بحرانی را شناسایی کرد. این ابزارها هم‌چنین امکان پیش‌بینی روندهای آینده و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر را فراهم می‌کنند (20). در این پژوهش، از فناوری‌های سنجنش از دور برای تحلیل تغییرات مکانی جنگل‌های مانگرو در ایران و عربستان سعودی استفاده شده است. نتایج این تحلیل‌ها می‌توانند به عنوان پایه‌ای

برای سیاست‌گذاری‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی حفاظتی به کار می‌روند که برای حفاظت از جنگل‌های مانگرو و استفاده پایدار از منابع آن‌ها، راهبردهای مدیریتی متعددی در سطح جهانی پیشنهاد شده است که تعیین مناطقی با محدودیت‌های قانونی برای جلوگیری از تخریب جنگل‌ها نمونه‌ای از آن است. در ایران، نمونه‌هایی از این اقدامات در مناطق حفاظت‌شده خورهای هرمزگان اجرا شده است (21). مانگروها در ایران و کشورهای حوزه دریای سرخ، یکی از حساس‌ترین زیست‌بوم‌ها به شمار می‌روند. در ایران، جنگل‌های مانگرو در استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان طی دو دهه اخیر به دلیل توسعه بندری، آلودگی‌های نفتی و چرای دام به شدت تخریب شده‌اند. در عربستان سعودی، اگرچه مساحت مانگروها در حال افزایش است، اما فشار ناشی از توسعه صنعتی در سواحل جده و یمن تهدیدی جدی است. ضرورت این پژوهش در این است که با تحلیل تطبیقی شرایط دو کشور، راهکارهایی برای مدیریت پایدار و احیای این زیستگاه‌ها ارائه شود. یافته‌ها می‌توانند به سیاست‌گذاران کمک کنند تا با تمرکز بر ملاحظات اکولوژیکی و اجتماعی، برنامه‌های مؤثرتر و کارآمدتری را تدوین نمایند.

روش‌شناسی پژوهش

روش‌شناسی این پژوهش بر پایه یک رویکرد تطبیقی-اکولوژیک و با بهره‌گیری از روش‌های ترکیبی کمی و کیفی طراحی شد تا بتوان تصویری جامع از وضعیت جنگل‌های مانگرو در ایران و عربستان سعودی به دست آورد. در گام نخست، داده‌های ثانویه از طریق مرور نظام‌مند مقالات علمی منتشرشده در بازه زمانی 2015 تا 2023 در پایگاه‌های Web of Science و Scopus و همچنین گزارش‌های رسمی سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران و وزارت

محیط‌زیست عربستان گردآوری شد. در گام دوم، داده‌های میدانی طی سال‌های 2021 تا 2023 از هفت رویشگاه مانگروی ایران شامل خور راشدی، پزم، تنگ، تیس، گالک، ناصرآباد و بیردف و شش رویشگاه منتخب در حوزه دریای سرخ شامل جیوتی، مصر، عربستان سعودی، اریتره، یمن و سودان جمع‌آوری شد. برای هر زیستگاه شاخص‌های کمی متعددی شامل تراکم درختان بالغ، زادآوری طبیعی، میانگین ارتفاع و قطر برابر سینه درختان و میزان شوری خاک اندازه‌گیری شد. تراکم درختان بر اساس شمارش سیستماتیک در پلات‌های تصادفی تعیین شد و زادآوری طبیعی با شمارش نهال‌ها و نونهال‌ها در پلات‌های 10×10 مترمربع شمارش شده و به هکتار محاسبه شد. ارتفاع درختان با ابزار لیزری و قطر برابر سینه با ریزسنج ثبت شد و شوری خاک نیز با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. به‌منظور سنجش پایداری زیستگاه‌های سیستان و بلوچستان، مجموعه‌ای از شاخص‌های اکولوژیکی و مدیریتی شامل تراکم و زادآوری، تنوع گونه‌ای، میزان آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی، سطح پوشش قانونی و مشارکت جوامع محلی در حفاظت انتخاب گردید. برای هر شاخص امتیازی در بازه -50 تا +50 در نظر گرفته شد و مجموع امتیازات به‌عنوان شاخص پایداری نهایی زیستگاه‌ها محاسبه گردید. در گام سوم، برای پایش تغییرات پوشش گیاهی، تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 با قدرت تفکیک 30 متر و Sentinel-2 با قدرت تفکیک 10 متر طی دوره زمانی 2013 تا 2022 تحلیل شد. شاخص‌های پوشش گیاهی از جمله NDVI و EVI استخراج شدند تا تغییرات سلامت و پویایی مانگروها در بازه زمانی مورد نظر ارزیابی شود. پردازش تصاویر با نرم‌افزارهای ENVI و ArcGIS Pro انجام شد و داده‌های کمی به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه 26 تجزیه و تحلیل شد. در این مرحله، از آزمون

سرخ و ظرفیت‌های بالقوه آن برای گسترش و احیاء پرداخته است (21). در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده تا اطلاعات دقیق‌تری از توزیع جنگل‌های مانگرو ارائه و مدل‌سازی شود که این تحلیل شامل موارد زیر بوده است:

(1) مساحت فعلی جنگل‌های مانگرو: اندازه‌گیری دقیق مساحت جنگل‌های موجود در کشورهای مختلف منطقه دریای سرخ.

(2) پتانسیل‌های جنگل‌کاری: شناسایی مناطق مناسب برای گسترش جنگل‌های مانگرو با توجه به شرایط زیست‌محیطی و فیزیکی.

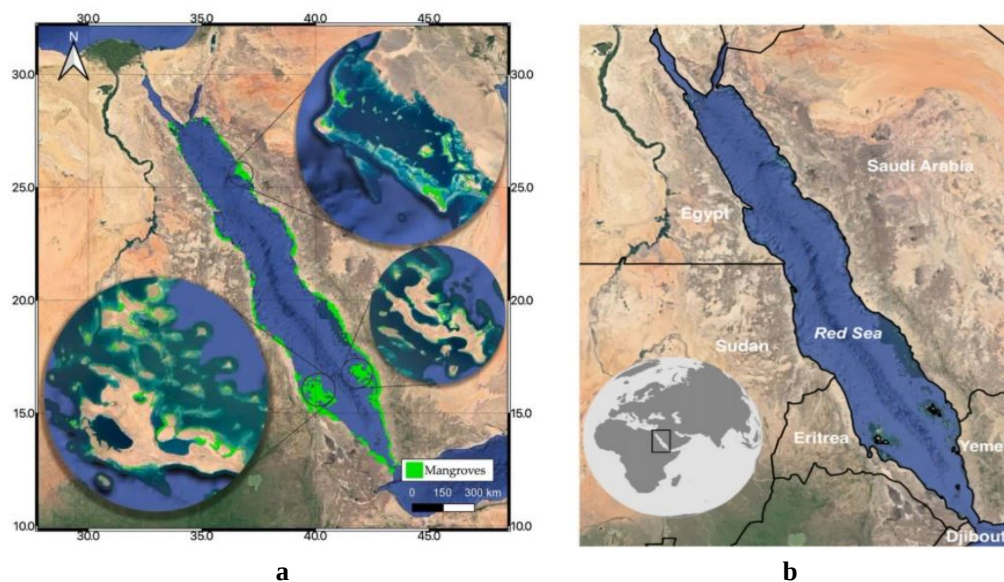
(3) نرخ ذخیره‌سازی کربن: محاسبه نرخ فعلی و بالقوه ذخیره‌سازی کربن در جنگل‌های مانگرو برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی.

(4) روند تغییرات مساحت: بررسی روند تغییرات مساحت جنگل‌های مانگرو در طول سال‌های گذشته.

آنالیز واریانس برای مقایسه تراکم و زادآوری میان زیستگاه‌ها و از رگرسیون چندگانه برای سنجش اثر متغیرهای محیطی بر شاخص‌های پایداری استفاده شد. داده‌های کیفی نیز شامل مشاهدات میدانی مورد بررسی قرار گرفت. این طراحی چندسطحی و نظام‌مند موجب شد که پژوهش حاضر بتواند به‌طور دقیق به پرسش‌های تحقیق پاسخ دهد، تمایز میان وضعیت اکولوژیکی ایران و عربستان را آشکار سازد و راهبردهای مدیریتی مبتنی بر شواهد علمی و داده‌های تجربی ارائه کند.

یافته‌های پژوهش

بررسی جنگل‌های مانگرو دریای سرخ و پتانسیل‌های احیاء: پژوهشی که توسط بلانکو ساکرستین و همکاران (2022) انجام شده است، به بررسی وضعیت فعلی جنگل‌های مانگرو در دریای



شکل 1- (a) توزیع درختان مانگرو در دریای سرخ، شامل شناسایی جزایر در نواحی جنوبی که دارای ایستگاه‌های ارزشمند مانگرو هستند. در تصویر اصلی، محل ایستگاه‌های مانگرو به‌صورت طبقه‌بندی نشان داده شده است، در ناحیه زوم شده، طبقه‌بندی حاصل از مانگرو با وضوح فضایی 10 متر نشان داده شده است (b) منطقه مطالعه دریای سرخ و کشورهای هم‌مرز آن.

Figure 1. (a) Distribution of mangroves in the Red Sea, including identification of islands in the southern regions that have valuable mangrove stations. In the main image, the location of the mangrove stations is shown in a classification, in the zoomed-in area, the resulting classification of mangroves at a spatial resolution of 10 m is shown. (b) The Red Sea study area and its bordering countries.

جدول 1- مساحت جنگل‌های مانگرو و نواحی مناسب برای جنگل‌کاری.

Table 1. Area of mangrove forests and areas suitable for afforestation.

کشور Country	مساحت جنگل‌های مانگرو فعلی (km^2) Current mangrove forest area (km^2)	مساحت مناسب برای جنگل‌کاری (km^2) Suitable area for forestry (km^2)	کل مساحت بالقوه جنگل‌های مانگرو (km^2) Total potential area of mangrove forests (km^2)
جیبوتی Djibouti	0.85±0.01	4.24	5.09
مصر Egypt	2.49±0.03	44.86	47.35
اریتره Eritrea	79.46±0.25	106.9	186.36
عربستان سعودی Saudi Arabia	74.87±0.59	179.9	254.77
سودان Sudan	5.93±0.02	39.31	45.24
یمن Yemen	11.67±0.06	35.72	47.39
کل Total	175.3±0.93	410.9	586.2

(Blanco-Sacristán et al., 2022)

درحالی‌که جیبوتی با 4/24 کیلومترمربع کم‌ترین ظرفیت را دارا است. مجموع پتانسیل جنگل‌های مانگرو (فعلی و بالقوه) در کل منطقه 586/2 کیلومترمربع است که نشان‌دهنده اهمیت بالای پروژه‌های احیای جنگل در این منطقه است.

کشورهای اریتره و عربستان سعودی بیش‌ترین مساحت فعلی جنگل‌های مانگرو را دارند (به ترتیب 79/46 و 74/87 کیلومترمربع)، درحالی‌که جیبوتی کم‌ترین مساحت را دارا است (0/85 کیلومترمربع). عربستان سعودی بیش‌ترین پتانسیل برای گسترش جنگل‌های مانگرو را با 179/9 کیلومترمربع دارد،

جدول 2- نرخ ذخیره‌سازی کربن در جنگل‌های مانگرو.

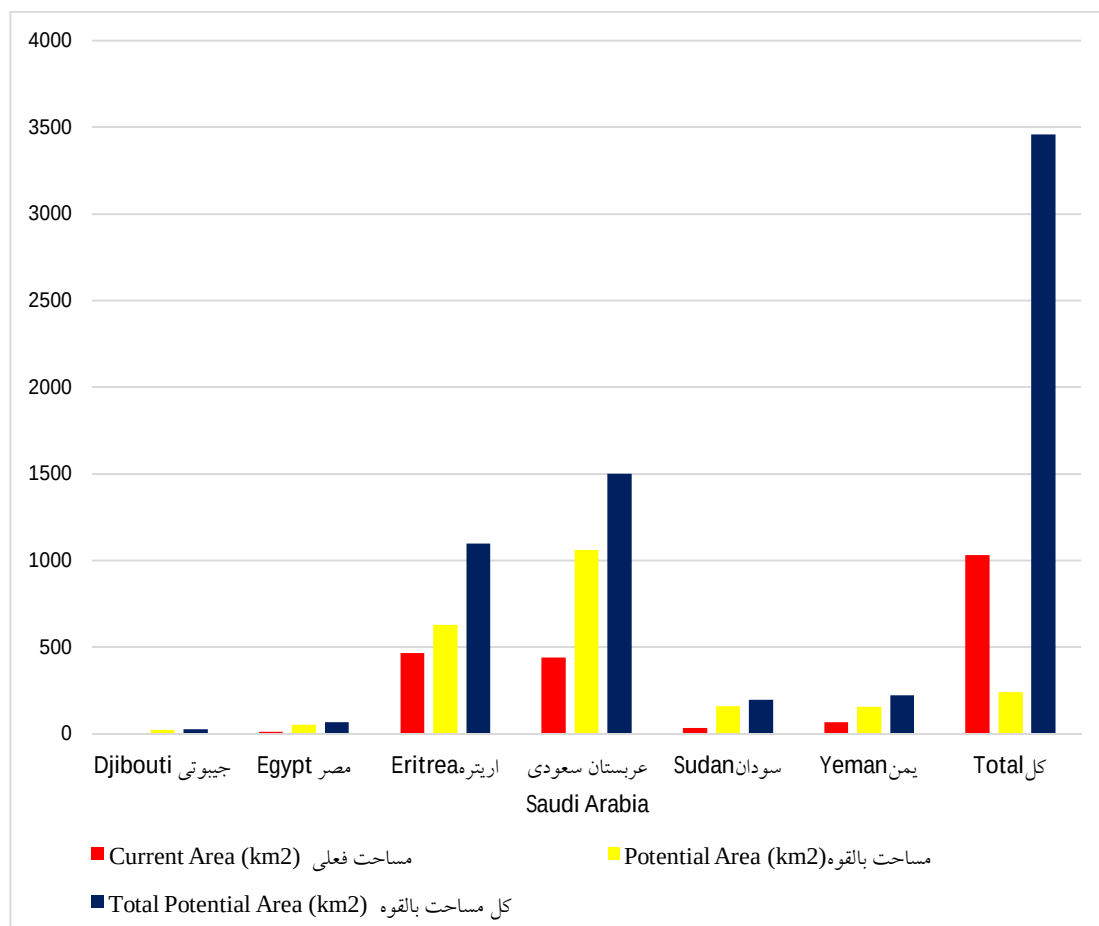
Table 2. Carbon storage rates in mangrove forests.

کشور Country	ذخیره کربن فعلی (year /mg C) Available carbon storage (mg C / year)	ذخیره بالقوه کربن (year /mg C) Potential carbon storage (mg C / year)	کل ذخیره کربن (year /mg C) Total carbon stock (mg C / year)
جیبوتی Djibouti	0.88±5.02	4.36±25.01	5.24±30.03
مصر Egypt	2.56±14.69	9.26±53.23	11.82±67.92
اریتره Eritrea	81.84±468.81	110.11±630.71	191.95±1099.52
عربستان سعودی Saudi Arabia	77.12±441.73	185.3±1061.41	264.41±1503.14
سودان Sudan	6.19±35.44	28.34±162.3	34.53±197.74
یمن Yemen	12.05±69.09	27.39±156.82	39.44±225.91
کل Total	180.53±1034.78	423.26±2424.49	603.78±3458.58

(Blanco-Sacristán et al., 2022)

سعودی پتانسیل بالایی برای افزایش ذخیره‌سازی کربن (Mg C/year 1061/41) دارد که نشان‌دهنده اهمیت استراتژیک آن برای کاهش اثرات تغییرات آب و هوایی است.

اریتره و عربستان سعودی بیش‌ترین نرخ ذخیره‌سازی کربن فعلی را دارند (به‌ترتیب 468/81 و 44/73 Mg C/year)، درحالی‌که جیبوتی کم‌ترین نرخ را نشان می‌دهد (5/02 Mg C/year). عربستان

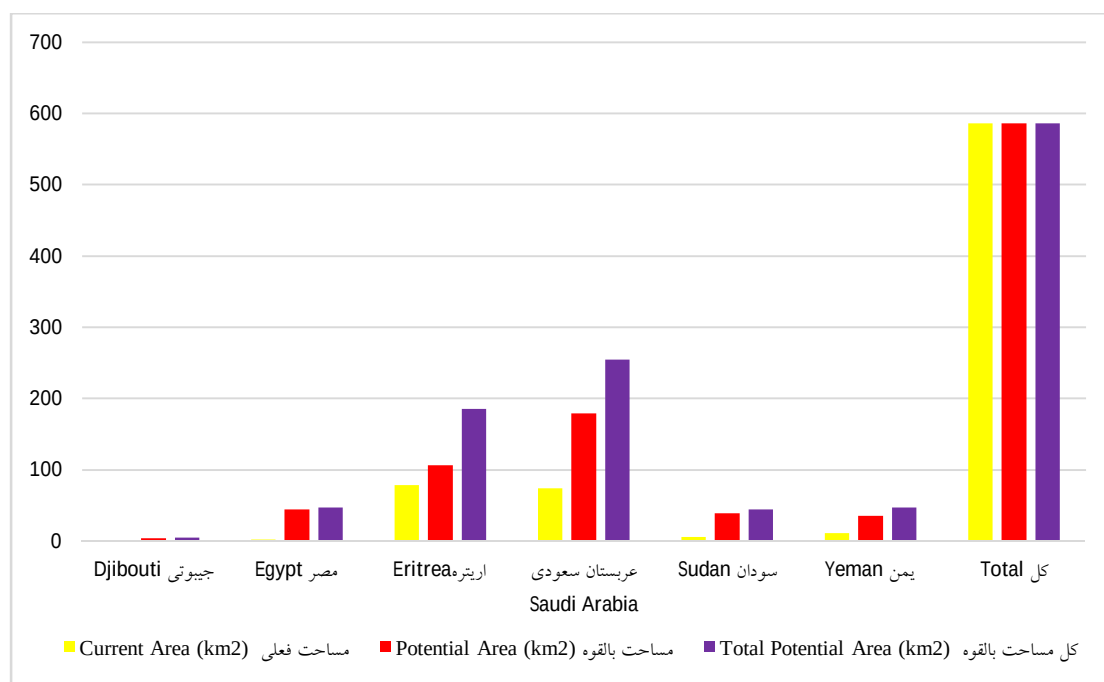


شکل 2- مساحت جنگل‌های مانگرو (فعلی و بالقوه) برای کشورهای دریای سرخ.

Figure 2. Area of mangrove forests (current and potential) for Red Sea countries (Blanco-Sacristán et al., 2022).

که به‌دلیل محدودیت‌های جغرافیایی و زیست‌محیطی است. مساحت فعلی جنگل‌های مانگرو نیز در عربستان سعودی و اریتره بیش‌تر از سایر کشورهاست (به ترتیب 74/87 و 79/46 کیلومتر مربع). این مقایسه نشان می‌دهد که این دو کشور نه‌تنها جنگل‌های مانگرو وسیعی دارند، بلکه ظرفیت بالایی برای احیای این جنگل‌ها نیز دارا هستند.

شکل 2 نشان می‌دهد که ظرفیت بالقوه جنگل‌های مانگرو در کشورهای مختلف حوزه دریای سرخ بسیار متنوع است. عربستان سعودی با مساحتی معادل 179/9 کیلومتر مربع و اریتره با 106/9 کیلومتر مربع به‌عنوان کشورهای با بیش‌ترین پتانسیل برای گسترش جنگل‌ها شناسایی شده‌اند. از سوی دیگر، جیبوتی کم‌ترین مساحت بالقوه را دارد (4/24 کیلومتر مربع).

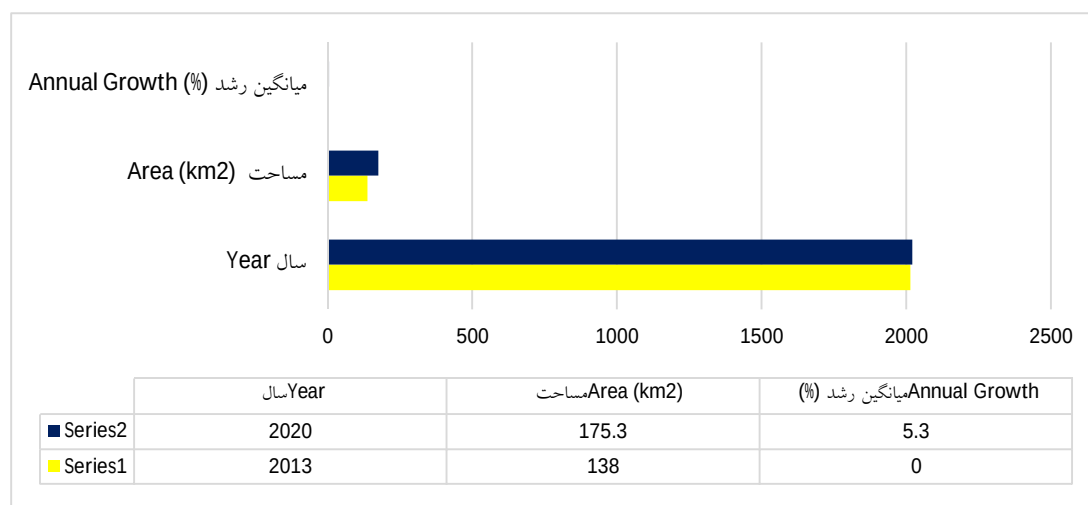


شکل 3- نرخ ذخیره‌سازی کربن (فعلی و بالقوه).

Figure 3. Carbon storage rates (current and potential) (Blanco-Sacristán et al., 2022).

را در این بخش دارا است. نرخ ذخیره‌سازی فعلی نیز نشان‌دهنده اهمیت این بوم‌سازگان در کشورهای مختلف است. اریتره و عربستان سعودی با بیش‌ترین نرخ‌ها (به‌ترتیب 468/81 و 441/73 Mg C/year) پیش‌تاز هستند، درحالی‌که جیبوتی کم‌ترین میزان ذخیره فعلی را دارد (Mg C/year 5/02).

در شکل 3 نرخ ذخیره‌سازی کربن فعلی و بالقوه جنگل‌های مانگرو به‌وضوح بیانگر اهمیت این بوم‌سازگان در مقابله با تغییرات آب‌وهوایی است. عربستان سعودی با نرخ ذخیره‌سازی بالقوه 1061/41 Mg C/year و اریتره با 630/71 Mg C/year بالاترین پتانسیل را در این زمینه دارند. جیبوتی با نرخ ذخیره‌سازی بالقوه 25/01 Mg C/year کم‌ترین سهم



شکل 4- روند تغییرات مساحت جنگل‌های مانگرو در کشورهای مختلف حوزه دریای سرخ.

Figure 4. Trends in mangrove forest area in different countries of the Red Sea basin (Blanco-Sacristán et al., 2022).

شکل 4 روند صعودی مساحت جنگل‌های مانگرو را در یک دهه گذشته نشان می‌دهد. از سال 2013 تا 2020، مساحت جنگل‌ها از 138 کیلومترمربع به 175/3 کیلومترمربع افزایش یافته است. این رشد قابل‌توجه احتمالاً نتیجه تلاش‌های احیاء جنگل و برنامه‌های حفاظتی در کشورهای مختلف منطقه است. رشد میانگین سالانه در حدود 5/3 درصد بوده که نشان‌دهنده تأثیر مثبت اقدامات مدیریتی است. این تحلیل‌ها تأیید می‌کنند که جنگل‌های مانگرو در حوزه دریای سرخ نه تنها از لحاظ زیست‌محیطی ارزشمند هستند، بلکه نقشی کلیدی در کاهش کربن اتمسفری و حفاظت از بوم‌سازگان ساحلی ایفا می‌کنند. پژوهشی که توسط محمودی و همکاران (2022)

انجام شد به بررسی پایداری جنگل‌کاری مانگرو در سواحل استان سیستان و بلوچستان پرداخته و از معیارهایی چون تغییرات سطح، تراکم، زادآوری و رشد ارتفاعی استفاده کرده است (22). هدف اصلی پژوهش، شناسایی مشکلات جنگل‌کاری‌های دست‌کاشت و ارائه راهکارهایی برای بهبود وضعیت این زیستگاه‌ها بوده است. مطالعه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، نمونه‌برداری تصادفی و تحلیل معیارهای مختلف انجام شده است. 7 زیستگاه دست‌کشت در منطقه ارزیابی شده‌اند و به‌منظور تحلیل پایداری، برای هر زیستگاه امتیاز پایداری محاسبه و وضعیت پایداری یا ناپایداری آن‌ها تعیین شده است.

جدول 3- نمره پایداری زیستگاه‌های مختلف مانگرو در سواحل سیستان و بلوچستان.

Table 3. Sustainability score of different mangrove habitats on the coasts of Sistan and Baluchestan.

توصیف وضعیت پایداری Describe the state of stability	نمره پایداری Stability score	زیستگاه Habitat
ناپایداری زیاد High instability	13	تیس Tis
گرایش به ناپایداری Tendency to instability	3	ناصرآباد Naser Abad
ناپایداری بسیار زیاد Very high instability	- 40	پزم Pezam
پایداری بسیار زیاد Very high stability	+ 32.3	راشدی Rashedi
ناپایداری بسیار زیاد Very high instability	40	تنگ Teng
گرایش به ناپایداری Tendency to instability	3	بیردف Bairdof
ناپایداری زیاد High instability	- 11.3	گالک Gallek

(Mahmoudi et al., 2023)

جدول 3 نشان‌دهنده نمره پایداری زیستگاه‌های مختلف مانگرو در سواحل سیستان و بلوچستان است. زیستگاه‌های «راشدی» در وضعیت پایداری بسیار بالا (32/3+) قرار دارند، درحالی‌که زیستگاه‌های «پزم» و «تنگ» در وضعیت ناپایداری بسیار زیاد (40-) هستند. زیستگاه راشدی به دلیل انتخاب مناسب محل، تراکم بالا و مراقبت کافی در وضعیت مطلوب قرار دارد. زیستگاه‌های پزم و تنگ، به دلیل انتخاب نامناسب مکان و شرایط محیطی سخت، بیش‌ترین ناپایداری را نشان می‌دهند. زیستگاه‌های «تیس» و «گالک» در وضعیت ناپایداری زیاد قرار دارند که نشانه مشکلاتی در الگوهای کاشت و نگهداری است.

جدول 4- شاخص‌های پایداری زیستگاه‌های مختلف سواحل سیستان و بلوچستان.

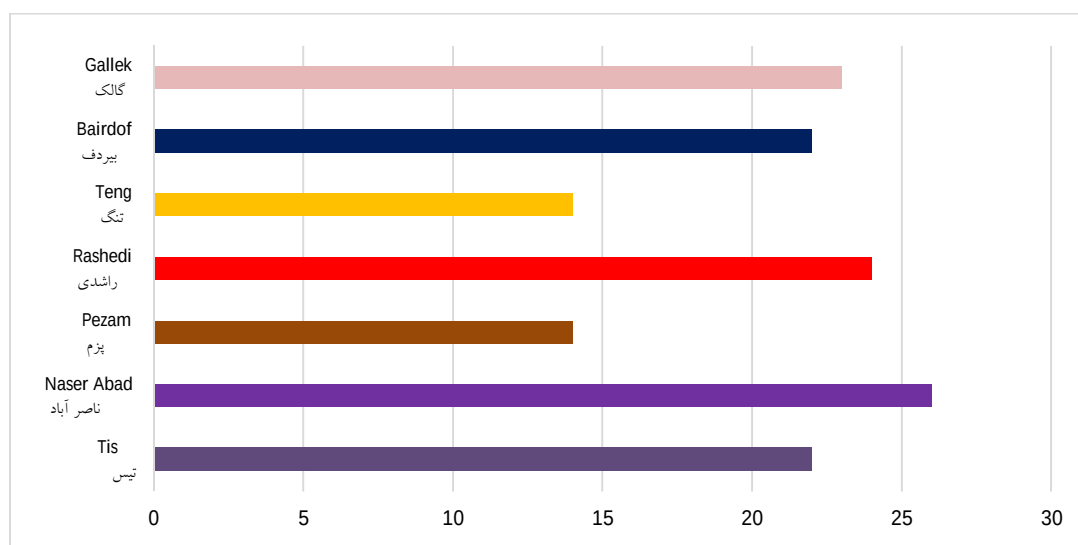
Table 4. Sustainability indicators of different habitats on the coast of Sistan and Baluchestan.

زیستگاه Habitat	تراکم متوسط (اصله/هکتار) Average density (trees/hectare)	درصد افت تراکم Density loss percentage	متوسط زادآوری (اصله/هکتار) Average reproduction (trees/hectare)	ارتفاع متوسط (متر) Average height (m)	درصد افت سطح Percentage of level drop
تیس Tis	22	3.2%	223	3.4	34%
ناصرآباد Naser Abad	26	1.2%	214	3.1	6%
پزم Pezam	14	---	4	---	---
راشدی Rashedi	24	3.2%	224	4.0	16%
تنگ Teng	14	----	4	---	---
بیردف Bairdof	22	1.0%	133	1.0	10.6%
گالک Gallek	23	3.0%	304	3.0	6%

(Mahmoudi et al., 2023)

زیستگاه راشدی و گالک تراکم نسبی بالاتری دارند، درحالی‌که پزم و تنگ کم‌ترین تراکم را نشان دادند. بیردف کم‌ترین افت تراکم (1/0٪) را دارد، نشان‌دهنده پایداری نسبی در این شاخص است. زیستگاه گالک با متوسط زادآوری 304 اصله در

هکتار بالاترین نرخ را دارد. زیستگاه راشدی با متوسط ارتفاع 4/0 متر شرایط بهتری از نظر رشد دارد. زیستگاه تیس بیش‌ترین درصد افت سطح (34٪) را تجربه کرده است که نشان‌دهنده مشکلات مدیریتی است.

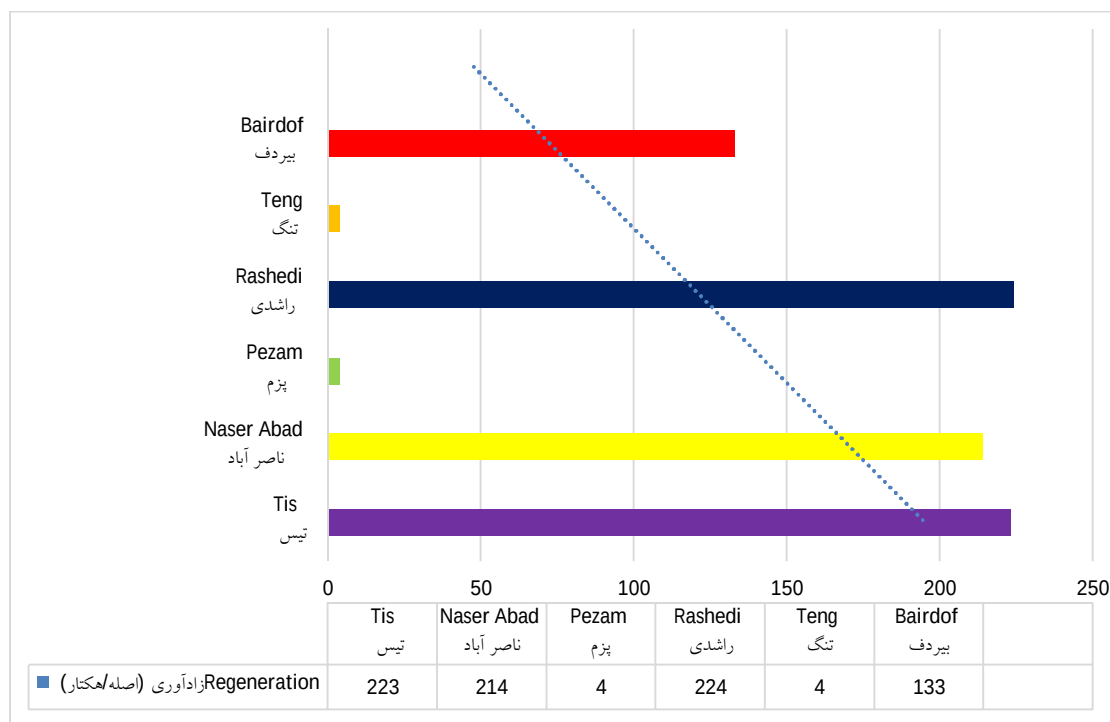


شکل 5- تراکم متوسط در زیستگاه‌های مختلف سواحل سیستان و بلوچستان (تعداد درخت/هکتار).

Figure 5. Average density in different habitats on the coast of Sistan and Baluchestan (number of trees/hectare) (Mahmoudi et al., 2023).

نشان‌دهنده کاشت مناسب و شرایط مطلوب زیستگاهی است. زیستگاه‌هایی با تراکم پایین ممکن است نیاز به بازنگری در انتخاب محل کاشت داشته باشند.

شکل 5 نشان می‌دهد که زیستگاه «ناصرآباد» با تراکم 26 اصله درخت در هر هکتار، بالاترین تراکم را دارد، درحالی‌که زیستگاه‌های «پزم» و «تنگ» کم‌ترین تراکم (14 اصله/هکتار) را دارند. تراکم بالاتر معمولاً

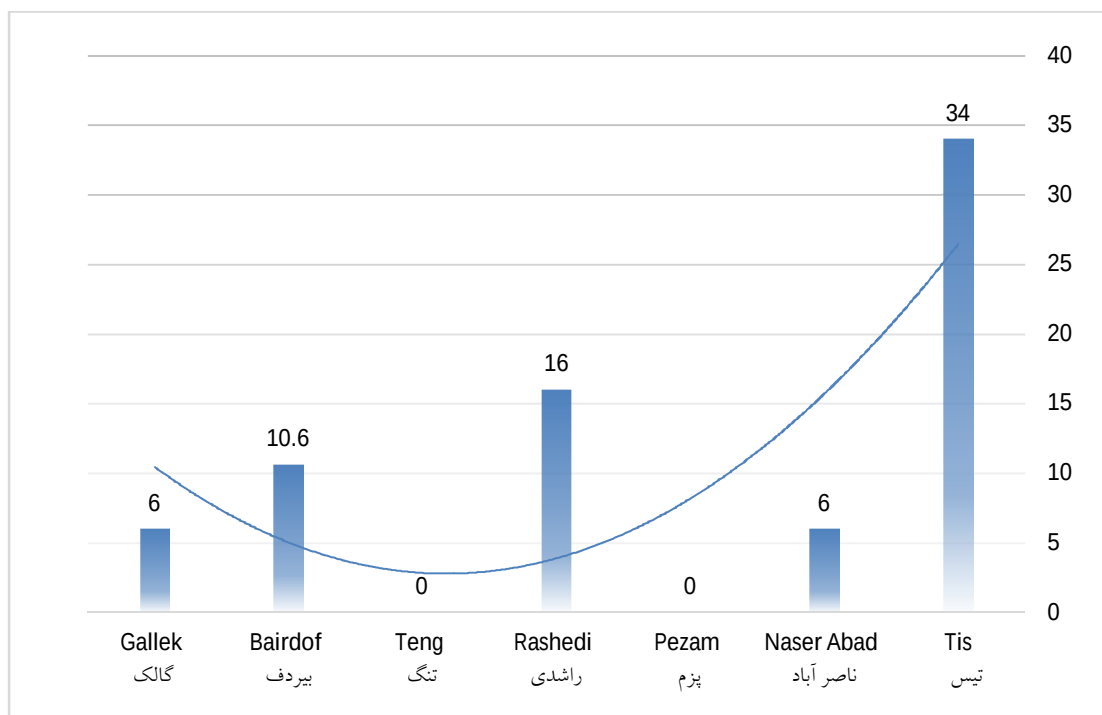


شکل 6- زادآوری متوسط در زیستگاه‌های مختلف سواحل سیستان و بلوچستان (تعداد درخت/هکتار).

Figure 6. Average regeneration in different habitats of the coast of Sistan and Baluchestan (number of trees/hectare) (Mahmoudi et al., 2023).

جنگل‌کاری اشاره داشته باشد، اما زادآوری پایین در برخی زیستگاه‌ها ممکن است به دلایلی مانند مدیریت نادرست یا شرایط محیطی ضعیف مربوط باشد.

زادآوری در زیستگاه «گالک» (304 اصله در هکتار) بیش‌ترین مقدار را نشان می‌دهد، درحالی‌که پزم و تنگ با تنها 4 اصله در هکتار، کم‌ترین مقدار را دارند. زادآوری بالا می‌تواند به موفقیت اکولوژیکی



شکل 7- کاهش سطح در زیستگاه‌های مختلف سواحل سیستان و بلوچستان (%).

Figure 7. Level reduction in different habitats of the coast of Sistan and Baluchestan (%) (Mahmoudi et al., 2023).

(179/99 کیلومترمربع) و بالقوه (254/777 کیلومترمربع) جنگل‌های مانگرو، در صدر منطقه قرار دارد. این کشور به دلیل شرایط اکولوژیکی مناسب و اقدامات مدیریتی توانسته پتانسیل بالایی برای گسترش این جنگل‌ها ایجاد کند. در مقابل، جیبوتی کم‌ترین سهم را در منطقه دارد و مساحت فعلی جنگل‌های آن تنها 44/224 کیلومترمربع است. ایران نیز با مساحت تخمینی 80 کیلومترمربع، در میان کشورهای با مساحت متوسط قرار می‌گیرد اما پتانسیل بیش‌تری برای گسترش و مدیریت پایدار دارد. ذخیره کربن یکی از شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی اهمیت جنگل‌های مانگرو است. عربستان سعودی با نرخ

زیستگاه «تیس» با 34٪ افت سطح، بالاترین میزان کاهش را تجربه کرده است. زیستگاه‌های ناصرآباد و گالک کم‌ترین افت سطح (6 درصد) را دارند. افت سطح نشان‌دهنده کاهش پوشش جنگلی است که می‌تواند به علت عوامل انسانی یا طبیعی مانند طوفان‌ها، چرای بی‌رویه، یا انتخاب نادرست مکان باشد.

مقایسه جنگل‌کاری مانگرو در حوزه‌های خلیج فارس و دریای سرخ: جنگل‌های مانگرو در کشورهای حوزه دریای سرخ و ایران از اهمیت زیست‌محیطی و اقتصادی بالایی برخوردارند. مقایسه این کشورها نشان می‌دهد که عربستان سعودی با بیش‌ترین مساحت فعلی

مشکلات مشابهی روبه‌رو است که بر پایداری جنگل‌های مانگرو تأثیر منفی داشته است. در مجموع، عربستان سعودی به دلیل مساحت زیاد و ذخیره کربن بالا، پیش‌تاز حفاظت و مدیریت جنگل‌های مانگرو در منطقه است. ایران با وجود زیستگاه‌های ارزشمند مانند راشدی، نیازمند برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری بیش‌تر است تا بتواند از پتانسیل‌های خود بهره‌برداری کند. کشورهای کوچک‌تر مانند جیبوتی و یمن نیز با وجود سهم محدود خود، نشان داده‌اند که ظرفیت‌هایی برای بهبود مدیریت جنگل‌های مانگرو دارند. توصیه می‌شود ایران و سایر کشورهای منطقه از طریق افزایش همکاری‌های منطقه‌ای، توسعه فناوری‌های نظارتی مانند GIS و سنجش از دور، گسترش برنامه‌های آموزشی و اجرای قوانین سخت‌گیرانه‌تر، گام‌های مؤثری در حفاظت و گسترش جنگل‌های مانگرو بردارند. همچنین، مشارکت جوامع محلی و تقویت آگاهی عمومی نقش مهمی در مدیریت پایدار این بوم‌سازگان ارزشمند خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

جنگل‌کاری مانگرو در سواحل سیستان و بلوچستان با چالش‌های عمده‌ای در زمینه پایداری مواجه است. از 7 رویشگاه بررسی‌شده، تنها خور راشدی در وضعیت پایداری بسیار زیاد قرار دارد، درحالی‌که سایر رویشگاه‌ها از پایداری تا ناپایداری شدید متغیر هستند. دلیل اصلی این وضعیت، مکان‌یابی نامناسب، طراحی غیرعلمی الگوهای کاشت و عدم مدیریت مؤثر پس از کاشت است. همچنین، عوامل طبیعی مانند طوفان گونو در سال 2007 و چرای مفرط شترها، تأثیرات مخربی بر سطح و تراکم جنگل‌ها داشته‌اند. از کل ۱۰۱۷۰ هکتار جنگل‌کاری‌شده، تنها 303/9 هکتار باقی‌مانده است که نرخ موفقیت عملیات را به 25/9 درصد محدود می‌کند. در مقابل، رویشگاه

ذخیره کربن فعلی $441/73 \text{ Mg C/year}$ و بالقوه $1061/41 \text{ Mg C/year}$ ، پیش‌تاز منطقه است و تأثیر قابل‌توجهی در کاهش تغییرات اقلیمی دارد. کشورهای یمن و اریتره نیز سهم‌های متوسطی در این زمینه دارند، اما جیبوتی با نرخ ذخیره کربن فعلی $0/88 \text{ Mg C/year}$ و بالقوه $5/02 \text{ Mg C/year}$ ، کم‌ترین نقش را در منطقه ایفا می‌کند. در ایران نیز نرخ ذخیره کربن حدود 90 Mg C/year برآورد شده است که نشان‌دهنده نیاز به تلاش بیش‌تر برای بهبود مدیریت جنگل‌های مانگرو و افزایش ذخیره کربن است. بررسی روند تغییرات مساحت جنگل‌های مانگرو در کشورهای حوزه دریای سرخ از سال 2013 تا 2020 نشان می‌دهد که مساحت این جنگل‌ها از 138 کیلومترمربع به $175/3$ کیلومترمربع افزایش یافته است. این رشد سالانه $5/3$ درصد بوده و نشان‌دهنده تأثیر مثبت اقدامات حفاظتی و جنگل‌کاری است. در ایران نیز تلاش‌هایی برای حفظ و احیای جنگل‌های مانگرو انجام شده است، اما داده‌های موجود نشان می‌دهند که برخی زیستگاه‌ها تحت تأثیر عوامل انسانی و محیطی کاهش یافته‌اند. وضعیت زیستگاه‌ها نیز تفاوت‌هایی را نشان می‌دهد. در کشورهای حوزه دریای سرخ، برخی زیستگاه‌ها مانند مناطق نزدیک به جده در عربستان سعودی شرایط مطلوبی دارند و مدیریت بهتری بر آن‌ها اعمال شده است. در ایران، زیستگاه راشدی در استان هرمزگان با نمره پایداری $32/3+$ یکی از موفق‌ترین زیستگاه‌ها است و شرایط بسیار مناسبی برای گسترش و حفاظت دارد. در مقابل، زیستگاه‌هایی مانند پزم و تنگ با نمره پایداری $40-$ در وضعیت بحرانی قرار دارند و نیازمند اقدامات فوری برای بهبود هستند. چالش‌های مشترک در این کشورها شامل توسعه ساحلی، ورود فاضلاب و پساب‌های صنعتی، تغییرات اقلیمی و چرای بی‌رویه است که باعث تخریب زیستگاه‌های مانگرو شده‌اند. ایران نیز با

راشده‌ی به دلیل تراکم بالای درختان، رشد مناسب و زادآوری طبیعی به‌عنوان یک الگوی موفق شناخته شده و می‌تواند به‌عنوان نمونه‌ای برای توسعه جنگل‌های دیگر استفاده شود. نتایج این پژوهش نشان داد که تنها بخشی از رویشگاه‌های مانگرو در سواحل ایران، به‌ویژه خور راشدی، از وضعیت پایداری مطلوب برخوردار هستند، درحالی‌که بسیاری از زیستگاه‌ها مانند پزم و تنگ در شرایط بحرانی قرار دارند. داده‌های مربوط به عربستان سعودی بیانگر آن است که با وجود اجرای طرح‌های احیایی، فشار ناشی از توسعه صنعتی و گردشگری همچنان پابرجاست. به‌طورکلی، این هم‌گرایی میان یافته‌های حاضر و پژوهش‌های بین‌المللی، بر این نکته تأکید می‌کند که الگوهای تهدید و فرصت در زیستگاه‌های مانگرو بیش از آن‌که محلی و منفرد باشند، بازتابی از روندهای منطقه‌ای و جهانی هستند؛ بنابراین، نتیجه‌گیری این پژوهش نه‌تنها بر ضعف نهادی و مدیریتی ایران و فشار توسعه‌ای عربستان دلالت دارد، بلکه نشان می‌دهد که رویکردهای پایدار در حفاظت از مانگروها نیازمند همگرایی علمی، تبادل تجربیات و همکاری منطقه‌ای میان کشورهای حوزه خلیج‌فارس و دریای سرخ است. این یافته‌ها نشان‌دهنده نیاز فوری به بازنگری در روش‌های جنگل‌کاری، استفاده از داده‌های اکولوژیک برای مکان‌یابی مناسب و ایجاد برنامه‌های مدیریت پایدار پس از کاشت است. همچنین، جلب مشارکت جوامع محلی و افزایش سرمایه‌گذاری در آموزش و نظارت می‌تواند نقش مؤثری در بهبود وضعیت جنگل‌های مانگرو داشته باشد. این پژوهش بر اهمیت اصلاح استراتژی‌ها و تمرکز بر روش‌های علمی‌تر برای احیای بوم‌سازگان حساس تأکید دارد و به‌عنوان مرجعی ارزشمند برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. جنگل‌های مانگرو، به‌عنوان یکی از مؤثرترین زیست‌بوم‌های

طبیعی در ذخیره‌سازی کربن، نقش کلیدی در کاهش تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند. بر اساس این پژوهش، مساحت فعلی مانگروهای دریای سرخ حدود 175 کیلومتر مربع برآورد شده و پتانسیل گسترش آن‌ها به 410 کیلومتر مربع می‌رسد. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که جنگل‌های مانگرو در این منطقه، علاوه بر داشتن پتانسیل بالا برای ذخیره‌سازی کربن، می‌توانند در کاهش اثرات تغییرات آب و هوایی و حفاظت از سواحل نقش مهمی ایفا کنند. همچنین کشورهای عربستان سعودی و اریتره به‌عنوان مهم‌ترین مناطق دارای ظرفیت گسترش جنگل‌ها شناسایی شده‌اند. این امر امکان افزایش نرخ ذخیره‌سازی کربن از 1034/09 مگا گرم کربن در سال به 2424/49 مگا گرم کربن در سال را فراهم می‌کند. عواملی مانند ویژگی‌های فیزیکی خاک (شامل تراکم و بافت خاک) و شرایط آب و هوایی (مانند دما و شوری) از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر بر توزیع مانگروها شناخته شدند. بااین‌حال، محدودیت‌هایی مانند کمبود مواد مغذی و تأثیر فعالیت‌های انسانی همچنان چالش‌های مهمی برای گسترش این جنگل‌ها محسوب می‌شوند. درمجموع، این مطالعه راهبردهای مهمی برای برنامه‌ریزی و اجرای سیاست‌های محافظتی و توسعه‌ای جنگل‌های مانگرو ارائه داده و نشان داده است که با حفاظت از این زیست‌بوم‌های ارزشمند و گسترش مناطق جنگل‌کاری، می‌توان نه‌تنها ظرفیت ذخیره‌سازی کربن را افزایش داد، بلکه مزایای زیست‌محیطی و اقتصادی مهمی نیز برای جوامع محلی فراهم کرد. در این پژوهش، پرسش اصلی این بود که شرایط اکولوژیکی جنگل‌های مانگرو در ایران و عربستان سعودی چه تفاوت‌ها و شباهت‌هایی دارد. یافته‌ها نشان داد که در ایران، زیستگاه‌های مانگرو بیش از هر چیز از چرای بی‌رویه دام، کاهش توان زادآوری طبیعی و ضعف نظام‌های حقوقی و نهادی آسیب می‌بینند، درحالی‌که در

برنامه‌ریزی راهبردی، تدوین قوانین و مقررات جامع ضروری است. ایجاد چارچوب‌های قانونی و نظارت دقیق بر اجرای آن‌ها می‌تواند از تخریب این جنگل‌ها جلوگیری کند. در کنار قوانین، مشارکت جوامع محلی نقش کلیدی دارد. توانمندسازی این جوامع از طریق آموزش و تأمین منابع مالی، ارائه مشوق‌های اقتصادی مانند پرداخت برای خدمات اکوسیستمی (PES) و مشارکت در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در موفقیت برنامه‌های جنگل‌کاری داشته باشد. برنامه‌های بازسازی و احیای مناطق تخریب‌شده از دیگر اقدامات مهم است که در این برنامه‌ها باید از گونه‌های بومی مانند *Rhizophora* و *Avicennia* استفاده شود. همچنین استفاده از روش‌های مهندسی زیستی برای کنترل فرسایش خاک و احداث موج‌شکن‌های طبیعی می‌تواند به احیای مناطق تخریب‌شده کمک کند. به‌کارگیری فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور برای پایش تغییرات سطح پوشش گیاهی و استفاده از ژنتیک گیاهی برای توسعه گونه‌های مقاوم‌تر به تغییرات اقلیمی نیز ضروری است. آموزش و آگاهی بخشی یکی از محورهای کلیدی در مدیریت جنگل‌های مانگرو است. برگزاری کمپین‌های آگاهی بخشی، کارگاه‌های آموزشی تخصصی و استفاده از رسانه‌های اجتماعی برای افزایش شناخت عمومی از اهمیت مانگرو نقش مهمی در جلب حمایت عمومی دارد. همکاری‌های بین‌المللی نیز می‌تواند به اجرای موفق برنامه‌های جنگل‌کاری کمک کند. پروژه‌های مشترک با نهادهای جهانی مانند اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) یا بانک جهانی، تأمین منابع مالی و تبادل دانش بین کشورها از جمله راهکارهای مؤثر در این زمینه است. کشورهای مانند اندونزی، فیلیپین و هند تجربیات موفقی در این زمینه داشته‌اند که می‌توان از آن‌ها بهره برد. در نهایت، جنگل‌کاری مانگرو می‌تواند به مقابله با تغییرات اقلیمی کمک کند.

عربستان سعودی، با وجود سرمایه‌گذاری‌های کلان در طرح‌های احیایی، فشار ناشی از توسعه صنعتی، فعالیت‌های نفتی و گسترش گردشگری ساحلی همچنان تهدیدی پایدار برای این زیست‌بوم‌ها محسوب می‌شود. پرسش دیگر آن بود که تهدیدات و فشارهای انسانی و محیطی در دو کشور چه وجوه مشترکی دارند و در چه مواردی متفاوت‌اند. پاسخ این پرسش نشان داد که هر دو کشور در برابر پیامدهای تغییرات اقلیمی، به‌ویژه افزایش سطح آب دریا و تغییر در الگوهای رسوب‌گذاری، آسیب‌پذیرند؛ با این تفاوت که ایران بیش‌تر از ضعف نهادی و کمبود منابع مدیریتی رنج می‌برد، درحالی‌که عربستان تحت فشار توسعه پرشتاب و صنعتی قرار دارد. در نهایت، پرسش سوم این بود که چه راهبردهایی می‌تواند به مدیریت پایدار و احیای این جنگل‌ها کمک کند. پاسخ به این پرسش نشان داد که تقویت چارچوب‌های قانونی در ایران، استفاده از فناوری‌های نوین پایش مانند GIS و سنجش از دور در هر دو کشور، توسعه همکاری‌های منطقه‌ای میان کشورهای حاشیه خلیج فارس و دریای سرخ و مشارکت فعال جوامع محلی در فرآیند حفاظت و بازسازی، از مهم‌ترین راهکارها برای دستیابی به پایداری اکولوژیکی محسوب می‌شوند.

در این راستا، شناسایی و حفاظت از مناطق مناسب اهمیت دارد. با استفاده از داده‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان مناطق مستعد برای کشت مانگرو را شناسایی کرد. در این فرآیند باید عواملی مانند سطح شوری، جزر و مد و نوع خاک بررسی شوند. همچنین ایجاد مناطق حفاظت‌شده برای جلوگیری از تخریب این بوم‌سازگان ضروری است. در کنار حفاظت، بهره‌برداری پایدار نیز باید مورد توجه قرار گیرد. این امر شامل تنظیم برداشت منابع، تقویت فعالیت‌های جایگزین مانند اکوتوریسم یا آبی‌پروری و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی است. در حوزه سیاست‌گذاری و

منابع

1. Blanco-Sacristán, J., Johansen, K., Duarte, C. M., Daffonchio, D., Hoteit, I., & McCabe, M. F. (2022). Mangrove distribution and afforestation potential in the Red Sea. *Science of The Total Environment*. 843, 157019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157019>.
2. Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2020). The state of the world's mangrove forests: An ecological and economic perspective. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 89-115. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302>.
3. Mahmoudi, B., Yaghoubzadeh, M., & Danekar, A. (2023). Evaluation of sustainability of mangrove afforestation operations on the coasts of Sistan and Baluchestan province. *Geographical Studies of Coastal Areas*. 4 (2), 1-13. [In Persian]
4. Mesdaghi, M. (2003). Range management in Iran. Fourth edition. Imam Reza University Publications, 333p. [In Persian]
5. Amanolahi, J., Dianati Tilaki, GH. A., Salehi, A., & Sohrabi, H. (2008). The succession process in three rangeland sites and its relationship with soil properties (case study: Lar National Park). *Journal of Rangeland*. 1, 11-21. [In Persian]
6. Misra, K. C. (1991). Plant ecology. Translated by Mohsen Modir Shanechi. Imam Reza University Press, 509p. [In Persian]
7. Soleimani Rahim Abadi, M., Akbarinia, M., & Kouch, Y. (2015). Comparison of soil macroelements in the plantation of forest stand in Khazar forest seed center, Amol. *Iranian Forest Ecology Journal*. 3 (6), 46-54. [In Persian]
8. Worthington, T. A., Andradi-Brown, D. A., Bhargava, R., Buelow, C., Bunting, P., Duncan, C., & Lagomasino, D. (2020). Harnessing big data to support the conservation and rehabilitation of mangrove forests globally. *One Earth*. 2 (5), 429-443.
9. Gandhi, S., & Jones, T. G. (2019). Identifying mangrove deforestation hotspots in South Asia, Southeast Asia and Asia-Pacific. *Remote Sensing*. 11, 1-27.
10. Alongi, D. M. (2008). "Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change." *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 76 (1), 1-13.
11. Alongi, D. M. (2012). "Carbon sequestration in mangrove forests." *Carbon Management*. 3 (3), 313-322.
12. Safiari, Sh. (2002). Mangrove forests of Iran. Forest Research Institute Press: Tehran. Pp: 49-57. [In Persian]
13. Danekar, A. (2006). Mangrove forest management and development plan in Hormozgan province. Volume 1. Hormozgan Province Natural Resources Directorate, Nature and Natural Resources Consulting Engineers, Pp: 218.
14. Ellison, A. M. (2008). "Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: Moving beyond roving banditry." *Journal of Sea Research*. 59 (1-2), 2-15.
15. Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., ... & Shi, S. (2019). "The state of the world's mangrove forests: An ecological and economic perspective." *Annual Review of Environment and Resources*. 44, 89-115.
16. Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., ... & Duke, N. (2011). "Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data." *Global Ecology and Biogeography*. 20 (1), 154-159.
17. Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). "Biology of mangroves and mangrove ecosystems." *Advances in Marine Biology*. 40, 81-251.
18. Spalding, M., McIvor, A., Tonneijck, F. H., Tol, S., & van Eijk, P. (2014).

- "Mangroves for coastal defence: Guidelines for enhancing the protective function of mangrove ecosystems." Wetlands International and the Nature Conservancy. Pp: 1-42.
19. Walters, B. B., Rönnbäck, P., Kovacs, J. M., Crona, B., Hussain, S. A., Badola, R., ... & Dahdouh-Guebas, F. (2008). "Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review." *Aquatic Botany*. 89 (2), 220-236.
20. Jaziraei, M. H. (2000). Afforestation in dryland. Tehran University Press, No. 2476, 450p. [In Persian]
21. Blanco-Sacristán, J., Johansen, K., Duarte, C. M., Daffonchio, D., Hoteit, I., & Mc Cabe, M. F. (2022). Mangrove distribution and afforestation potential in the Red Sea. *Science of the Total Environment*. 843, 157019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157019>.
22. Mahmoudi, B., Yaghoubzadeh, M., & Danekar, A. (2023). Evaluation of sustainability of mangrove afforestation operations on the coasts of Sistan and Baluchestan province. *Geographical Studies of Coastal Areas*. 4 (2) 1-13. [In Persian]

