

# ارزیابی احتمال وقوع مخاطرات چندگانه محیطی در زیستگاه‌های مانگرو با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی

داود مافی‌غلامی<sup>۱\*</sup>، ریموند وارد<sup>۲</sup>

۱. استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد

۲. دانشیار مرکز مطالعات محیط‌های آبی، دانشکده فناوری و محیط‌زیست، دانشگاه برایتون، برایتون، انگلستان

R.D.Ward@brighton.ac.uk

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۰۸

## چکیده

یکی از پیش‌نیازهای ارزیابی آسیب‌پذیری مانگروها، ارزیابی احتمال وقوع انواع مخاطرات محیطی در این رویشگاه‌ها است. از این‌رو در مطالعه حاضر، احتمال وقوع شش نوع مخاطره محیطی شامل خشک‌سالی، کاهش رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز، باد، دمای هوا، فعالیت‌های صیادی و فرسایش و رسوب‌گذاری در رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان نقشه‌سازی شد. نتایج نشان داد که بر اساس طیف تغییرات مقادیر نمایه احتمال وقوع (۱/۷۳ تا ۵/۶۵)، رویشگاه‌های خمیر و جاسک به دلیل احتمال وقوع بالای مخاطرات محیطی مورد بررسی در طبقه با احتمال وقوع زیاد و دو رویشگاه تباب و سیریک به ترتیب در طبقات احتمال وقوع کم و متوسط قرار داشتند. بدون شک احتمال وقوع بالای چهار نوع مخاطره خشک‌سالی، کاهش رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز و فرسایش و رسوب‌گذاری در دو رویشگاه خمیر و جاسک، پیامدهای نامطلوبی برای ساختار و عملکرد مانگروهای آن‌ها به دنبال داشته است. مطالعات آینده تأثیر وقوع این مخاطرات را بر ساختار و عملکرد مانگروهای مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج حاصل از این تحقیق به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری نقش مهمی در اتخاذ راهکارهای مدیریتی و برنامه‌ریزی مؤثر برای حفاظت و احیای مانگروهای ایران دارد.

## کلیدواژه

ارزیابی احتمال وقوع، استان هرمزگان، مانگرو، مخاطرات محیطی.

## ۱. سرآغاز

در این اکوسیستم‌ها و به دنبال آن تشدید گرمایش جهانی و دیگر تغییرات اقلیمی، کاهش کیفیت آب‌های ساحلی، کاهش تنوع زیستی، تخریب زیستگاه‌های ساحلی و نیز نابودی بخش عمده‌ای از منابع مورد نیاز جوامع انسانی خواهد شد که متکی بر خدمات و محصولات متعدد عرضه‌شده توسط مانگروها هستند (Walters et al., 2008). با توجه به اینکه مانگروها همواره در معرض صدمات ناشی از وقوع مخاطرات طبیعی و انسانی مختلف قرار دارند، انجام برنامه‌ریزی و فراهم آوردن ابزارهای مناسب

امروزه با وجود اهمیت بسیار خدمات اکوسیستمی مانگروها در تأمین نیازهای انسانی (Huxham et al., 2017)، تخریب و از بین رفتن این رویشگاه‌های منحصربه‌فرد ساحلی در سراسر دنیا شدت یافته است، چنان‌که تاکنون بیش از ۵۰ درصد از جنگل‌های مانگرو جهان دچار تخریب و افت کیفیت شده‌اند و این روند همچنان ادامه دارد (Ellison, 2015). از بین رفتن مانگروها همچنین سبب آزادسازی مقادیر عظیمی از کربن ذخیره‌شده

برای جلوگیری یا کاهش آثار این مخاطرات ضروری است (Allen et al., 2001). دستیابی به این هدف وابسته به شناخت و کسب اطلاعات کافی و دقیق درباره آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها نسبت به مخاطرات گوناگون است (Ellison, 2015). در واقع انجام ارزیابی آسیب‌پذیری از طریق شناسایی تنش‌های بالقوه و نیز برآورد درجه کاهش یا تخریب وارد آمده بر سیستم‌های طبیعی در اثر وقوع رویدادهای مخرب (Mahendra et al., 2011) از مهم‌ترین ابزار موجود برای انجام تصمیم‌گیری و ارائه راهکارهای مدیریتی مؤثر برای کاهش آثار نامطلوب ناشی از تنش‌های گوناگون و نیز دستیابی به هدف حفاظت از اکوسیستم‌ها محسوب می‌شود (Ellison, 2015). پیش‌نیاز اجرای فرایند ارزیابی آسیب‌پذیری، ارزیابی احتمال وقوع مخاطرات محیطی است که اطلاعات ضروری درباره شدت و احتمال وقوع مخاطرات را فراهم می‌آورد. به‌طور کلی، بررسی‌های انجام شده درباره مخاطرات طبیعی (در حوزه جغرافیا) و تعیین خصوصیات مخاطره، حدود آستانه احتمال وقوع، رفتار انسانی و هماهنگی با احتمال وقوع محیطی، منشأ رویکرد احتمال وقوع- مخاطره در ارزیابی آسیب‌پذیری هستند (Burton et al., 1978). مبنای این رویکرد را موضوع در معرض قرار گرفتن، احتمال وقوع تنش و آثار مخاطرات طبیعی و غیرطبیعی می‌سازد (Brooks, 2003). در رویکرد احتمال وقوع- مخاطره، احتمال وقوع بیانگر رویدادی فیزیکی، پدیده یا فعالیت انسانی است که به‌صورت بالقوه آسیب‌رسان است و با گستره فضایی، شدت و فراوانی شناخته می‌شود (Wilhelmi & Morss, 2013). همچنین، در رویکرد احتمال وقوع- مخاطره، مخاطره پدیده‌ای شناخته شده و ایستا فرض شده است (Downing et al., 1999).

مانگروهای ایران در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، به‌عنوان بخشی از شبکه جهانی Man & Biosphere و نیز یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های مانگرو در خاورمیانه (با وسعتی در حدود ۱۹۲ کیلومتر مربع)، دارای اهمیت فراوانی در سطح بین‌الملل هستند (Danehkar,

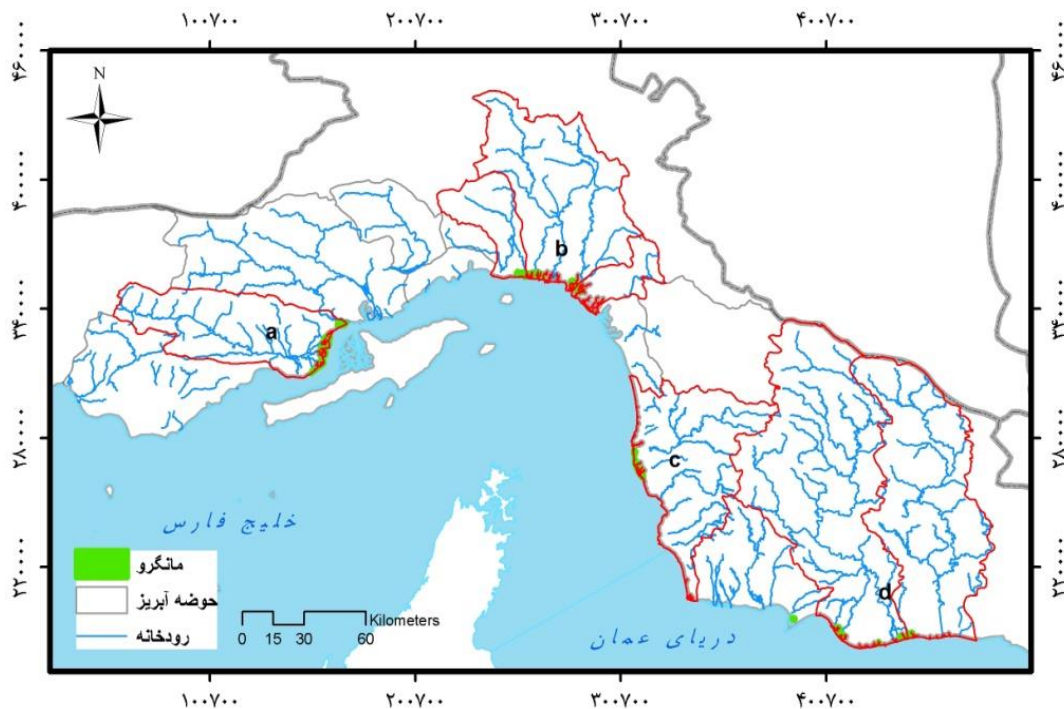
2001; FAO, 2007). به‌رغم این اهمیت، مانگروهای ایران در معرض طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی و انسانی مانند برداشت سرشاخه‌ها برای تأمین علوفه و سوخت، فعالیت‌های شدید صیادی، ورود گونه‌های غیربومی (موش سیاه)، ورود فاضلاب شهری و صنعتی و آلودگی‌های نفتی، بالا آمدن سطح آب دریا، افزایش دمای هوا و گرمای زیاد تابستان، خشک‌سالی‌های پی‌درپی و کمبود شدید بارندگی سالانه و کاهش جریان آب شیرین و رسوبات ورودی به محیط ساحل قرار دارند (Danehkar et al., 2001; Mafi-Gholami et al., 2017). وقوع هم‌زمان این تنش‌ها و آشفتگی‌ها سبب تخریب و افت کیفیت مانگروهای ایران شده و آن‌ها را به اکوسیستمی آسیب‌پذیر و به شدت نیازمند حفاظت تبدیل کرده است (Danehkar et al., 2001). به‌رغم آثار فوق، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه ارزیابی احتمال وقوع انواع مخاطرات محیطی در این رویشگاه انجام نشده است. بدین منظور، بر اساس مطالعات انجام شده در زمینه وقوع مخاطرات محیطی در مانگروهای جهان (Telewski, 2006; Gilman et al., 2007; Ellison & Zouh, 2012; Ball & Passioura, 2012; Mafi-Gholami et al., 2017) و به فراخور مراحل مختلف اجرای تحقیق، طیفی از انواع داده‌های اقلیمی، تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات موجود در اسناد و گزارش‌ها استفاده شد و احتمال وقوع شش نوع مخاطره محیطی شامل خشک‌سالی، کمبود آب شیرین ورودی به محیط ساحلی، باد، دمای هوا، فعالیت‌های صیادی و فرسایش و رسوب‌گذاری در سطح رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان در طول سواحل خلیج فارس و دریای عمان ارزیابی و طبقه‌بندی شد. در این مطالعه فرض بر این است که ارزیابی احتمال وقوع از طریق شناسایی و نقشه‌سازی شدت وقوع انواع مخاطرات محیطی که مانگروها با آن‌ها مواجه هستند، به‌عنوان ابزار پشتیبان تصمیم‌گیری و پیش‌نیازی برای ارزیابی آسیب‌پذیری نقش مهمی در اتخاذ راهکارهای مدیریتی و برنامه‌ریزی مؤثر برای به حداقل رساندن آثار مخرب ناشی از بروز مخاطرات گوناگون و افزایش پایداری مانگروها داشته باشد.

گرم و مرطوب بوده و بر اساس تقسیم‌بندی والتز (۱۹۷۷)، در عرض‌های جغرافیایی ۲۵ تا ۲۸ درجه شمالی طبقه‌بندی شده است (صفیاری، ۱۳۸۱). میانگین طولانی مدت بارش سالانه در ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه ۱۴۶ میلی‌متر بوده و دمای متوسط سالانه آن ۲۷/۲ درجه سانتی‌گراد است. بیشترین مقدار بارش در ماه‌های ژانویه و فوریه می‌بارد. گرم‌ترین ماه سال ژوئیه با دمای متوسط ۳۴/۵ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال، ژانویه با دمای متوسط ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد است. حداکثر و حداقل مطلق دما نیز به ترتیب برابر ۴۸ و ۷/۵ درجه سانتی‌گراد به ثبت رسیده است. رطوبت نسبی هوا در این مناطق زیاد بوده به طوری که متوسط سالانه آن بیش از ۶۵ درصد است. جریان بادهای منطقه به‌طور عمده دارای جهت شمال غربی - جنوب شرقی بوده و فصل وزش آن‌ها، زمستان است و بادهای محلی نیز با شدت کمتر وجود دارند.

## ۲. مواد و روش بررسی

### ۱.۲. منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان با وسعتی برابر با ۱۰۰۲۵/۵۵ هکتار (بیش از ۹۰ درصد جنگل‌های مانگرو ایران)، در محدوده جغرافیایی حداثی عرض شمالی ۱۳° ۳۴' ۲۵" در گابریک (شهرستان جاسک) تا ۲۷° ۳۴' ۵۸" در کولغان شهرستان بندرعباس و طول شرقی ۵۸° ۳۴' ۰۷" در همین شهرستان جاسک تا ۵۵° ۲۲' ۰۶" در شهرستان بندرلنگه توسعه یافته‌اند. جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان بیشترین وسعت این اجتماعات را در کشور و نیز در کل حوضه خلیج فارس دارا بوده و متشکل از دو گونه حرا و چندل هستند. در گستره یاد شده توده‌های طبیعی جز رویشگاه سیریک به تمامی از اجتماعات خالص، نامنظم و ناهمسال درختان حرا پوشیده شده است و تنها در رویشگاه سیریک درختان چندل به صورت آمیخته با درختان حرا مشاهده می‌شود (Danehkar, 2001). منطقه دربرگیرنده مانگروهای استان هرمزگان دارای آب‌وهوای



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی رویشگاه‌های مانگرو و حوضه‌های آبخیز آن‌ها در استان هرمزگان (a: حوضه رویشگاهی خمیر، b: حوضه رویشگاهی تیاب، c: حوضه رویشگاهی سیریک و d: حوضه رویشگاهی جاسک)

وجود دارد که هر یک دارای نقاط قوت و ضعف مختلفی هستند (Zhang et al., 2012). در میان روش‌های گوناگون، آزمون من-کندال که با سازمان جهانی هواشناسی برای بررسی داده‌های آب و هوایی توصیه شده است (Mitchell et al., 1966) یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای کشف روند موجود سری زمانی متغیرهای اقلیمی است (Wu et al., 2001; Modarres, 2007; Mafi-Gholami et al., 2017). از این رو در مطالعه حاضر نیز با استفاده از آزمون من-کندال و در محیط نرم‌افزار MAKESENSE 1.0، روند تغییر مقادیر SPI در سطح منطقه بررسی شد. در این مطالعه آزمون من کندال در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد برای بررسی روند تغییرات شدت وقوع خشک‌سالی در سطح منطقه استفاده شد. با محاسبه آماره Z در هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک، روند تغییرات شدت وقوع خشک‌سالی در سطح رویشگاه‌های مانگرو بررسی شد. در نهایت با اجرای دستور Natural break در ArcGIS، نقشه تغییرات وقوع خشک‌سالی بر اساس محدوده مقادیر  $|Z| \geq 1.96$  (روند افزایشی شدت خشک‌سالی) در چهار طبقه روند افزایشی کم (کد ۲)، متوسط (کد ۳)، زیاد (کد ۴) و خیلی زیاد (کد ۵) طبقه‌بندی شد و از آن در ارزیابی احتمال وقوع رویشگاه‌ها استفاده شد.

در این مطالعه، از تغییرات رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز بالادستی که می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات آب شیرین ورودی به مانگروها باشد. برای بررسی تغییرات میزان رواناب‌های سطحی حوضه‌های آبخیز استفاده شد (Abdollahi et al., 2017). بدین منظور اقدام به نقشه‌سازی ضریب رواناب حوضه‌های آبخیز شد که در این زمینه نیاز به نقشه‌سازی تغییرات کاربری/پوشش اراضی حوضه‌ها در طی زمان بود. برای نقشه‌سازی تغییرات ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) کاربری/پوشش اراضی در سطح ۵ حوضه آبخیز بالادست رویشگاه‌های مانگرو از تعداد ۲۱۰ تصویر لندست مربوط به ردیف/گذر ۱۵۷/۰۴۱، ۱۵۷/۰۴۲، ۱۵۸/۰۴۱، ۱۵۸/۰۴۲، ۱۵۹/۰۴۱، ۱۶۰/۰۴۱ و ۱۶۱/۰۴۱ استفاده شد. پس از انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک بر تصاویر،

از نظر رسوب‌شناختی وضعیت مشابهی بین رویشگاه‌های مختلف مانگرو در استان هرمزگان دیده می‌شود. مانگروهای استان در خاک سطحی به‌طور عمده دارای بافت لومی و در خاک تحتانی دارای بافت لومی-رسی تا لومی-رسی-سیلتی هستند. درصد مواد آلی در رویشگاه‌های مانگرو استان از حداقل ۰/۳۳ تا ۴/۴۳ درصد در نوسان است و به‌طور متوسط میزان مواد آلی خاک معادل ۱/۲ درصد است و به‌طور نسبی درصد مواد آلی در خاک تحتانی بیش از خاک سطحی است (دانه‌کار و همکاران، ۱۳۸۵). به‌طور کلی بر اساس توزیع جغرافیایی، جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان در چهار حوضه رویشگاهی خمیر و قشم، تیاب، سیریک و جاسک قابل تقسیم‌بندی هستند که در این مطالعه نیز ارزیابی احتمال وقوع مخاطرات محیطی چندگانه در سطح این حوضه‌های رویشگاهی انجام شده است (شکل ۱).

## ۲.۲. نقشه‌سازی مخاطرات محیطی

### تغییرات مقادیر بارندگی و رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز

مطابق با بررسی‌های انجام شده در زمینه تأثیر خشک‌سالی بر اکوسیستم‌های طبیعی (Wu et al., 2001) برای بررسی روند تغییرات وقوع خشک‌سالی در سطح آب‌های کرانه‌ای و دربرگیرنده مانگروها، مقادیر شاخص بارش استاندارد (SPI) <sup>۱</sup> یک‌ساله برای بررسی روند تغییرات وقوع خشک‌سالی استفاده شد. بدین منظور، سری زمانی ۳۰ ساله داده‌های بارندگی ماهانه مربوط به سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ که در میان ۸ ایستگاه سینوپتیک منتخب موجود در سطح منطقه مورد مطالعه (خمیر، سیریک، بندرعباس، قشم، ابوموسی، میناب، جاسک، چابهار)، مشترک بوده و فاقد داده‌های پرت و ناقص بود، از سازمان هواشناسی ایران اخذ شد و سری زمانی ۳۰ ساله مقادیر SPI سالانه تهیه شد. سپس روند تغییرات وقوع خشک‌سالی در طول دوره بررسی شد (Mafi-Gholami et al., 2017). روش‌های آماری مختلفی برای کشف روند موجود در سری داده‌ها

در پنج کلاسه کمتر از ۳۵، ۳۵ تا ۴۵، ۴۵ تا ۵۵، ۵۵ تا ۶۵، ۶۵ تا ۷۵ و بزرگتر از ۷۵ درصد تهیه شد. مقدار  $\left(\frac{\theta_w}{1-\theta_w}\right)$  با استفاده از نقشه بافت خاک حوضه‌های آبخیز محاسبه شد. به این ترتیب که برای هر یک از تیپ‌های خاک موجود در سطوح حوضه آبخیز و بر اساس نتایج حاصل از مطالعات قبلی (Abdollahi et al., 2017) در زمینه مقادیر متناظر  $\left(\frac{\theta_w}{1-\theta_w}\right)$  مشخص شد و ضمن نرم‌افزار از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه رستری تغییرات  $\left(\frac{\theta_w}{1-\theta_w}\right)$  در سطح هر حوضه آبخیز تهیه شد. همچنین برای اجتناب از خطا در برآورد ضریب رواناب در نواحی بدون شیب، آستانه ۳۵ درصد، حداقل مقدار در طبقه‌بندی شیب حوضه آبخیز در نظر گرفته شد (Jordán & Martínez-Zavala, 2008). مقادیر ضرایب W1، W2 و W3 نیز بر اساس مطالعات موجود به ترتیب برابر با ۰/۴، ۰/۳ و ۰/۳ در نظر گرفته شد (Abdollahi et al., 2017). برای تعیین مقادیر ضریب مانینگ مربوط به انواع طبقات کاربری/پوشش اراضی سطح حوضه آبخیز، از نتایج مطالعه انجام شده توسط Kalyanapu و همکاران (۲۰۱۰) استفاده شد. به این ترتیب که برای هر یک از نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی تهیه شده برای هر یک از سال‌های مربوط به دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶)، مقادیر ضریب مانینگ به هر یک از طبقات کاربری/پوشش اراضی اختصاص یافته و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، نقشه رستری تغییرات این ضریب برای هر یک از نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی تهیه شد. نقشه رستری ضریب رواناب هر سال در نقشه رستری مقدار بارندگی مربوط به همان سال ضریب گردید و نقشه رستری تغییرات رواناب سطحی در حوضه‌های آبخیز برای هر یک از سال‌های سری زمانی ۳۰ ساله تهیه شد. در نهایت با در اختیار داشتن نرخ تغییرات سالانه مقادیر رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز بالاستی مانگروها، نقشه کاهش مقادیر رواناب سطحی حوضه‌ها در چهار طبقه کم (کد ۱)، متوسط (کد ۲)، زیاد (کد ۳) و خیلی زیاد (کد ۴) طبقه‌بندی و از آن در ارزیابی احتمال وقوع رویشگاه‌ها استفاده شد.

با در اختیار داشتن نقشه تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)<sup>۲</sup> و نیز تهیه نقشه ترکیب رنگی کاذب باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک، طبقه بندی حداکثر احتمال برای تمامی تصاویر انجام شد و نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی در هشت کلاسه شامل مانگرو، علفزارهای شورپسند، پهنه‌های گلی، اراضی زراعی، مراتع، اراضی جنگلی، مناطق مسکونی و صنعتی، پهنه‌های آبی و اراضی لخت تهیه شد. برای صحت‌سنجی نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده در طول دوره ۳۰ ساله با استفاده از روش نمونه برداری تصادفی طبقه بندی شده از تعداد ۳۰۰ نمونه زمینی با ابعاد ۳۰×۳۰ متر (۹۰۰ مترمربع) در سال‌های ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶، عکس‌های هوایی و تصاویر کوئیک برد مربوط به سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۲، ۱۹۹۵، ۱۹۹۸، ۲۰۰۳، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ استفاده شد و میزان دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده بررسی شد. بدین ترتیب سری زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سطح حوضه‌های آبخیز بالادستی رویشگاه‌های مانگرو تهیه شد.

ضریب رواناب سطح حوضه آبخیز از ضریب رواناب برای مناطق نفوذپذیر محاسبه می‌شد (Abdollahi et al., 2017). ضریب رواناب از مجموع وزنی فاکتورهای کاربری اراضی، تیپ خاک و شیب سطح حوضه آبخیز محاسبه می‌شد که به صورت رابطه ۱ نشان داده می‌شود:

$$C_{per} = w1 \left(\frac{0.02}{n}\right) + w2 \left(\frac{\theta_w}{1-\theta_w}\right) + w3 \left(\frac{s}{10+s}\right) \quad (1)$$

در این رابطه،  $(C_{per})$ ، میزان نفوذپذیری؛  $n$ ، ضریب زبری مانینگ که وابسته به نوع کاربری/پوشش اراضی است؛  $\theta_w$ ، محتوای حجمی آب موجود در خاک در نقطه پژمردگی و  $s$ ، شیب حوضه آبخیز به درصد است (Kalyanapu et al., 2010). برای تهیه نقشه شیب حوضه آبخیز از نقشه رقومی ارتفاع تهیه شده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. بدین منظور با بهره‌گیری از توابع موجود نرم‌افزار ArcGIS، نقشه درصد شیب سطح حوضه‌های آبخیز با در نظر گرفتن آستانه شیب ۳۵ درصد،

## فعالیت صیادی

نخستین مرحله در پهنه‌بندی شدت فعالیت‌های صیادی، شناسایی و تعیین موقعیت مکانی بنادر ماهیگیری در طول سواحل استان هرمزگان است. با استفاده از اطلاعات اخذ شده از معاونت صید و بنادر ماهیگیری سازمان شیلات ایران، بررسی بصری تصاویر ماهواره‌ای Google Earth Pro (©DigitalGlobe Inc.; ©GeoEye Inc.) و نیز پیمایش زمینی خطوط ساحلی استان هرمزگان، تعداد ۲۸ بندر ماهیگیری محلی یا احداث شده توسط اداره کل توسعه و مدیریت بنادر ماهیگیری در سواحل استان هرمزگان شناسایی شد. با استفاده از اطلاعات موجود در معاونت صید و بنادر ماهیگیری سازمان شیلات ایران و بازدید میدانی از بنادر موجود، تعداد ناوگان صیادی فعال موجود در هر یک از بنادر مشخص شد. در این مطالعه، گستره‌ای از آب‌های ناحیه کرانه که دربرگیرنده حوضه‌های رویشگاهی مانگرو بوده و مرز دریایی آن حد پایین منطقه جزر و مدی و مرز خشکی آن حد بالای پهنه خطر است، به‌عنوان محدوده جغرافیایی بررسی شدت فعالیت‌های صیادی در نظر گرفته شد. بر اساس روش بکار رفته توسط Rowlands و همکاران (۲۰۱۲) و به منظور تهیه نقشه تغییرات مکانی شدت فعالیت‌های صیادی، گستره آب‌های ناحیه کرانه که دربرگیرنده حوضه‌های رویشگاهی مورد مطالعه است، به ۵۹۸ سلول شبکه فرضی با ابعاد ۴×۴ کیلومتر تقسیم‌بندی شد (شکل ۱). در هر یک از سلول‌های شبکه و با استفاده از رابطه ۲، نمایه شدت فعالیت صیادی با قایق (FB) محاسبه شد و در نهایت نقشه تغییرات شدت فعالیت صیادی با قایق در سطح آب‌های محدوده مورد مطالعه و در مناطق پیرامون جنگل‌های مانگرو تهیه شد.

$$F_B = \sum_{i=1}^N fd_{pi} \times n_{BP_i} \quad (2)$$

که در این رابطه،  $N$ ، تعداد بنادر ماهیگیری؛  $fd_{pi}$ ، فاکتور کاهش خطی فاصله (صفر تا یک) است که از رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$fd_{pi} = \frac{(D_{max} - D_C)}{D_{max}} \quad (3)$$

که در این رابطه،  $D_{max}$ ، حداکثر مسافتی که قایق‌ها از بندر صیادی دور می‌شوند و  $D_C$ ، فاصله میان مرکز سلول شبکه تا بندر صیادی است. بر اساس اطلاعات موجود در اسناد معاونت صید و بنادر ماهیگیری سازمان شیلات ایران، نظرهای کارشناسان و نیز گفتگو با صیادان، حداکثر فاصله‌ای که قایق‌های ماهیگیری از بندر دور می‌شوند، در حدود ۱۰۰ کیلومتر است. مقدار فاکتور  $fd_{pi}$  برابر با احتمال حضور قایق‌های صیادی در سلول‌های گوناگون است.  $n_{BP_i}$  برابر است با تعداد کل قایق‌های موجود در هر یک از بنادر. با استفاده از اطلاعات موجود و نظرهای کارشناسان معاونت صید و بنادر ماهیگیری سازمان شیلات ایران و نیز گفتگو با صیادان، حداکثر فاصله‌ای که لنج‌های ماهیگیری برای انجام صید از بندر دور می‌شوند، در حدود ۱۵۰ کیلومتر برآورد شد. بر این اساس نمایه شدت فعالیت صیادی برای لنج‌ها (FL) را می‌توان به صورت رابطه ۴ بیان کرد:

$$F_L = \sum_{i=1}^N fd_{pi} \times n_{LP_i} \quad (4)$$

که در این رابطه،  $N$ ، تعداد بنادر ماهیگیری؛  $fd_{pi}$ ، فاکتور کاهش خطی فاصله (صفر تا یک)؛  $n_{LP_i}$ ، تعداد کل لنج‌های موجود در هر یک از بنادر است. پس از تهیه نقشه‌های نمایه شدت فعالیت صیادی توسط قایق و لنج، نقشه پهنه‌بندی نمایه شدت فعالیت‌های صیادی (FI) در محدوده مورد مطالعه، از مجموع نمایه‌های (FB) و (FL) به‌دست آمد (رابطه ۵).

$$FI = F_B + F_L \quad (5)$$

در نهایت با در اختیار داشتن طیفی از تغییرات مقادیر نمایه شدت فعالیت صیادی و با اجرای دستور Natural break در ArcGIS، نقشه شدت فعالیت صیادی در چهار طبقه کم (کد ۱)، متوسط (کد ۲)، زیاد (کد ۳) و خیلی زیاد (کد ۴) در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌ها طبقه‌بندی شد و از آن در ارزیابی احتمال وقوع رویشگاه‌ها استفاده شد.

سرعت باد ثبت شده در دوره زمانی ۳۰ ساله هر یک از ایستگاه‌های منتخب، مقادیر سرعت‌های باد بیشتر از ۸ متر بر ثانیه استخراج شد و میانگین آن‌ها برای هر ایستگاه محاسبه و در مقدار احتمال وقوع محاسبه شده برای آن ایستگاه ضرب شد. سپس، نقشه پهنه‌بندی احتمال وقوع وزش بادهای با سرعت بیشتر از ۸ متر بر ثانیه در سطح آب‌های کرانه‌ای در برگیرنده مانگروها تهیه شد. در نهایت نقشه وزش بادهای مخرب در چهار طبقه کم (کد ۱)، متوسط (کد ۲)، زیاد (کد ۳) و خیلی زیاد (کد ۴) تهیه شد.

### دمای هوا

بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه آثار دمای بیشینه بر مانگروها نشان می‌دهد که دمای اپتیمم برای فتوستتزر گونه حرا در حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و هنگامی که دمای هوا به ۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، نرخ جذب دی‌اکسید کربن و انجام فتوستتزر به میزان چشمگیری کاهش یافته و فرایندهای فیزیولوژیک گیاه مختل می‌شود و با بالا رفتن بیشتر دما (بیشتر از ۳۸ درجه)، فتوستتزر گیاه به‌طور کامل متوقف می‌شوند (Ball & Passioura, 2012). همچنین، نتایج مطالعات نشان داده که ریشه زایی درختان حرا در دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد کاملاً متوقف شده و اندام‌های گیاهی دچار آسیب‌های گسترده‌ای می‌شوند (McMillan, 1971). از این رو، بر اساس نتایج مطالعات پیشین و به منظور تحلیل تغییرات مکانی و وقوع دماهای بیشینه، دمای ۳۸ درجه سانتی‌گراد، آستانه حرارتی مؤثر بر میزان آسیب‌پذیری مانگروهای سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان انتخاب شد و به‌عنوان یکی از مخاطرات مورد نظر در ارزیابی احتمال وقوع بررسی شد. بدین منظور، داده‌های بلند مدت دمای روزانه برای دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶) مربوط به ۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در مجاور مانگروها تجزیه و تحلیل شد. بر اساس پذیرش آستانه دمایی ۳۸ درجه سانتی‌گراد، تمامی دماهای روزانه برابر و بیشتر از این حد آستانه از میان سری زمانی ۳۰ ساله دماهای روزانه استخراج شدند. با تقسیم تعداد

### باد

آنچه در بررسی احتمال وقوع وزش بادهای پرسرعت و آثار مخرب ناشی از آن بر این رویشگاه‌های جنگلی اهمیت دارد، بررسی بادهایی است که در طولانی مدت در سطح یک منطقه می‌وزند؛ نه رویدادهای نادری مانند طوفان‌ها؛ چرا که رژیم‌های بادی پرسرعت (بیشتر از ۸ متر بر ثانیه) در طول دوره‌ای طولانی مدت و به‌صورت تثنی مزم، با ایجاد تغییرات مورفولوژیک نامطلوب و نیز ایجاد تفاوت‌های درون گونه‌ای در جوامع درختی، آثار بزرگتر و به مراتب مخرب‌تری را بر ساختار و فرایندهای اکولوژیک جنگل وارد می‌آورند (Telewski, 2006; Zhu et al., 2002). براساس مطالب ذکر شده و به منظور پهنه‌بندی و تعیین احتمال وقوع وزش بادهای دارای آثار مخرب بر مانگروها، سرعت‌های باد بزرگتر از ۸ متر بر ثانیه (حد پایین طبقه پنج مقیاس بوفورت) که می‌تواند دارای آثار نامطلوب بلند مدت بر ساختار و عملکرد مانگروها باشد، بررسی و نقشه‌سازی شدند. بدین منظور، داده‌های ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) مربوط به داده‌های سه ساعته سرعت باد مربوط به ۸ ایستگاه‌های سینوپتیک نواحی ساحلی دربرگیرنده مانگروها از سازمان هواشناسی ایران اخذ شد. در این مطالعه از تابع ویبول برای محاسبه احتمال وقوع سرعت‌های باد بزرگتر از ۸ متر بر ثانیه ( $f(v)$ ) استفاده شد. این تابع نسبت به تابع توزیع رایله از انعطاف‌پذیری بیشتری برخوردار بوده و ضمن محاسبه آسانتر، به‌صورت رابطه ۶ تعریف می‌شود (Dundar, 2001):

$$f(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (k) \quad (6)$$

$$> 0, v > 0, c > 1$$

که در این رابطه،  $v$ ، سرعت باد (متر بر ثانیه)؛  $f(v)$ ، احتمال وقوع برای یک سرعت مشخص از باد (متر بر ثانیه)؛  $k$ ، فاکتور شکل (بدون بعد) و  $c$ ، فاکتور مقیاس ویبول (متر بر ثانیه) است. بدین ترتیب احتمال وقوع وزش باد بزرگتر از ۸ متر بر ثانیه برای ایستگاه‌های سینوپتیک محاسبه شد. سپس، از میان تمامی داده‌های سه ساعته

است که از خط مبنا به صورت عمود بر خطوط مرزی مانگروها، ترسیم می‌شوند. در این مطالعه برای مجموعه رویشگاه‌ها، تعداد ۲۷۰۱ ترانسکت که دارای فاصله ۳۰ متری از یکدیگر بودند، با استفاده از نرم‌افزار سامانه تجزیه و تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS)<sup>۳</sup> ترسیم شدند. در این مطالعه ضمن در نظر گرفتن جهت کلی هر یک از رویشگاه‌ها و نیز با استفاده از بافر ترسیم شده برای مرز مانگروها در تصاویر سال ۲۰۰۰، خط مبنا مورد استفاده به صورت دستی ترسیم شد و ترانسکت‌ها به صورت عمود بر این خط مبنا ترسیم شدند (Ellison & Zhou, 2012; Sarwar & Woodroffe, 2013). به‌طور کلی، از میان روش‌های گوناگون، روش آماری نرخ رگرسیون خطی (LRR)<sup>۴</sup> به دلیل بررسی تغییرات خطوط ساحلی و مرز اکوسیستم‌ها در زمان‌های مختلف (بیش از ۲ دوره زمانی) بیشترین کاربرد را در محاسبه نرخ فرسایش و رسوب‌گذاری یا همان پیشروی و پسروی مانگروها دارد (Sarwar & Woodroffe, 2013; Thi et al., 2014). مقادیر مثبت محاسبه شده توسط DSAS نشان‌دهنده پیشروی مرزهای مانگروها (رسوب‌گذاری) و مقادیر منفی نشان‌دهنده پسروی مرز این جنگل‌ها (فرسایش) در دوره زمانی مورد نظر است. در این مطالعه نیز روش LRR برای بررسی نرخ پیشروی و پسروی مانگروها در دوره ۳۰ ساله استفاده شد. در نهایت بر اساس طیف تغییرات مقادیر LRR نقشه تغییرات فرسایش بستر مانگروها در چهار طبقه بدون پسروی (کد ۱)، پسروی کم (کد ۲)، متوسط (کد ۳) و زیاد (کد ۴) طبقه‌بندی شد و از آن در ارزیابی احتمال وقوع رویشگاه‌ها استفاده شد.

### ۳.۲. محاسبه نمایه احتمال وقوع (TI)<sup>۵</sup> و طبقه‌بندی آن در رویشگاه‌های مانگرو

در این مرحله، نقشه‌های طبقه‌بندی شده مربوط به مخاطرات خشک‌سالی، کمبود آب شیرین ورودی به محیط ساحلی، باد، دمای هوا، فعالیت‌های صیادی و فرسایش رسوب‌گذاری با استفاده از توابع موجود در نرم‌افزار

روزهایی با دمای بیشینه بزرگتر و مساوی ۳۸ درجه بر کل تعداد دماهای بیشینه روزانه ثبت شده در دوره ۳۰ ساله، احتمال وقوع دماهای بالاتر از این حد آستانه برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب محاسبه شد (Vazquez Aguirre, 2006; Chen & Mao, 2012; Osland et al., 2017). برای هر یک از ایستگاه‌ها مقدار میانگین تمامی دماهای حداکثری بزرگتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد محاسبه و در احتمال وقوع محاسبه شده بر آن ایستگاه، ضرب شد. بدین ترتیب با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، نقشه وقوع دماهای بزرگتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده مانگروها تهیه شد و در نهایت در چهار طبقه کم (کد ۱)، متوسط (کد ۲)، زیاد (کد ۳) و خیلی زیاد (کد ۴) طبقه‌بندی شد.

### فرسایش و رسوب‌گذاری

در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ برای تجزیه و تحلیل نرخ پیشروی و پسروی رویشگاه‌های مانگروهای در طول دوره‌ای ۳۰ ساله استفاده شد. پس از اخذ تصاویر ماهواره‌ای و انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریک روی آن‌ها، با توجه به توان تفکیک تصاویر مورد استفاده و بر اساس مطالعات پیشین، لبه تاج پوشش بسته مانگروها به عنوان مرز رو به دریای این رویشگاه‌ها در نظر گرفته شد (Giman et al., 2007; Ellison & Zouh, 2012; Thi et al., 2014). به منظور جداسازی پوشش گیاهی مانگروها از نواحی آبی و یا اراضی ساحلی پیرامون و ترسیم مرزهای نهایی این رویشگاه‌ها، از شاخص گیاهی NDVI استفاده شد (Seto & Fragkias, 2007; Vo et al., 2013). بدین ترتیب مرز رو به دریای رویشگاه‌های مانگروها در تصاویر مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ مشخص شد. به‌طور کلی، تعیین نرخ پیشروی و پسروی مانگروها بر مبنای اندازه‌گیری تغییرات موقعیت مرز مانگروها نسبت به یک خط مبنا در طول زمان است و آنچه که نمایان‌کننده این تغییرات در طی زمان است، مجموعه ترانسکت‌هایی



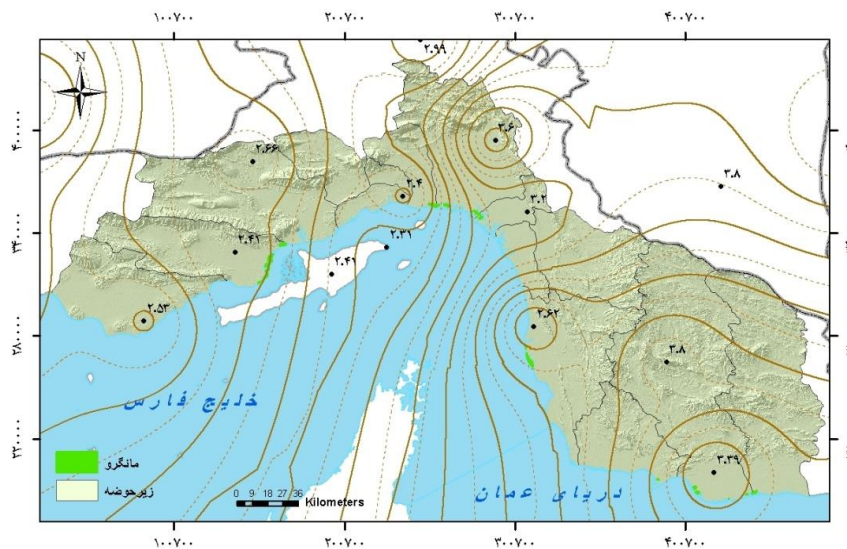
### ۳. یافته‌ها

همان‌طور که بیان شد برای نقشه‌سازی تغییرات مقادیر بارندگی و احتمال وقوع خشک‌سالی، تغییرات مقادیر آماره Z در محدوده مقادیر  $|Z| \geq 1.96$  طبقه‌بندی شد. نتایج بررسی روند سری مقادیر SPI یکساله دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده از آزمون من کندال نیز نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های منتخب، مقادیر SPI در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد دارای روند کاهشی بوده و بر شدت خشک‌سالی‌ها در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶ افزوده شده است (شکل ۲).

ArcGIS و رابطه ۷ با یکدیگر ترکیب شدند (Kunte et al., 2014).

$$TI = \sqrt{\frac{a \times b \times c \times d \times e \times f}{6}} \quad (7)$$

که در این رابطه، TI، نمایه احتمال وقوع؛ a، خشک‌سالی؛ b، رواناب سطحی؛ c، باد؛ d، دمای هوا؛ e، فعالیت‌های صیادی و f، فرسایش و رسوب‌گذاری است. در نهایت نقشه تغییرات احتمال وقوع رویشگاه‌ها در سه طبقه کم، متوسط و زیاد تهیه شد.



شکل ۲. الگوی پراکنش مکانی روند تغییرات مقادیر SPI در سطح زیرحوضه‌های آبخیز و نواحی ساحلی دربرگیرنده مانگروها

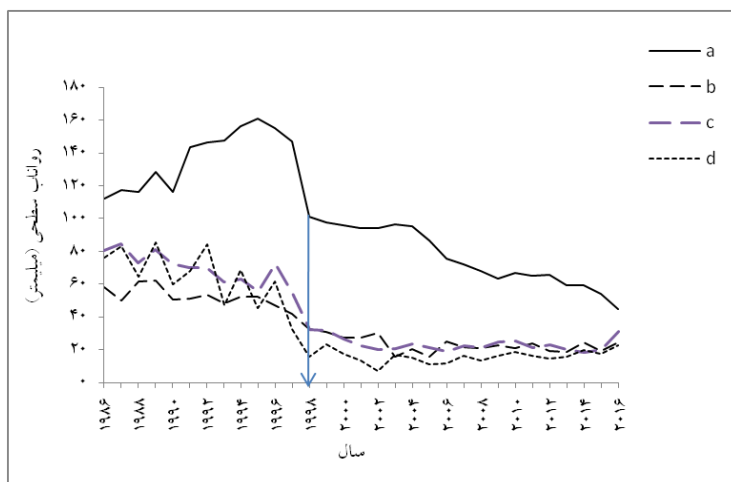


شکل ۳. طبقات احتمال وقوع افزایش شدت خشک‌سالی در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌های مانگرو

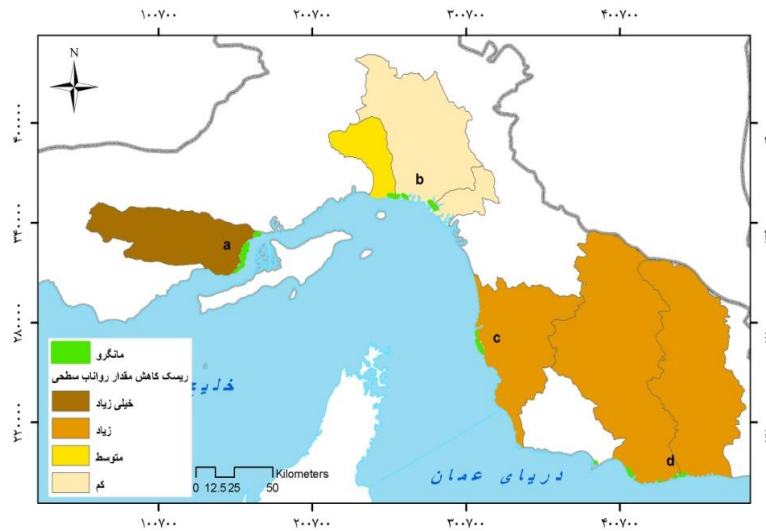
دوره پس از سال ۱۹۹۸، با کاهش مقادیر بارندگی و نیز ادامه روند کاهش ضریب رواناب ناشی از تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی حوضه آبخیز (افزایش گستره اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و اراضی لخت)، از میزان رواناب سطحی به طور چشمگیری کاسته شده است. بر این اساس که مقدار میانگین ضریب رواناب حوضه‌های آبخیز در سه مقطع زمانی ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ (نخست، میانه و انتهای دوره ۳۰ ساله) به ترتیب برابر با ۰/۵۸، ۰/۵۵ و ۰/۵۱ به دست آمد. نتایج همچنین نشان داد که در دوره پس از سال ۱۹۹۸، در سطح حوضه‌های آبخیز رویشگاه‌های خمیر، تیاب، سیریک و جاسک به ترتیب ۲۲، ۴۰ و ۴۷ درصد از میزان رواناب سطحی در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن کاسته شده است و این کاهش مقادیر رواناب سطحی به دلیل آثار هم‌زمان مربوط به تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی سطح حوضه‌های آبخیز و کاهش مقادیر بارندگی در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن است (شکل ۴). همانطور که شکل شماره ۵ نشان می‌دهد، رویشگاه خمیر دارای بالاترین احتمال وقوع کاهش مقدار رواناب سطحی در طول دوره ۳۰ ساله است و رویشگاه تیاب دارای کمترین میزان احتمال وقوع از این لحاظ است.

همچنین نتایج نشان داد که تمامی گستره زیر حوضه‌های آبخیز بالادستی و نیز مناطق ساحلی دربرگیرنده مانگروها دارای روند کاهش در مقادیر SPI یا افزایش شدت خشک سالی بودند و نواحی ساحلی مرکزی و شرقی (رویشگاه‌های مانگرو تیاب و جاسک) نسبت به بخش‌های غربی (رویشگاه مانگرو خمیر) دارای گرایش بیشتری به خشک سالی هستند. بر اساس نتایج به دست آمده، نواحی ساحلی شرقی (رویشگاه مانگرو جاسک) بیشترین مقادیر Z یا گرایش به سمت خشک سالی را در بین تمامی نواحی مورد مطالعه دارند ( $|Z| \geq 3.8$ ) (شکل ۲). بر این اساس، طبقه‌بندی تغییرات مقادیر آماره Z در سطح آب‌های کرانه‌ای نیز نشان دهنده افزایش احتمال وقوع شدت خشک سالی در سطح آب‌های کرانه‌ای دریای عمان نسبت به خلیج فارس است (شکل ۳).

نتایج نشان داد که مطابق با تغییرات مقادیر بارندگی و ضریب رواناب سطح حوضه‌های آبخیز، رواناب‌های سطحی در طول دوره ۳۰ ساله با نوساناتی همراه بوده است. بر این اساس که در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸، با افزایش مقادیر بارندگی و کاهش ضریب رواناب ناشی از تغییر کاربری/پوشش اراضی در سطح حوضه‌های آبخیز، بر مقدار رواناب‌های سطحی آن افزوده شده است و در



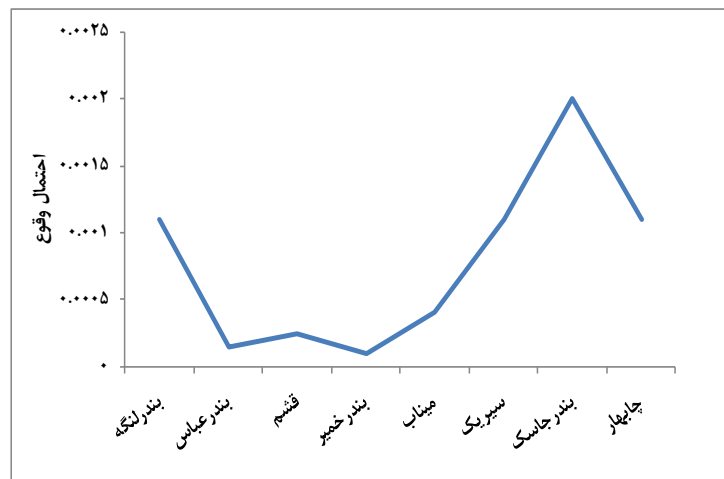
شکل ۴. تغییرات مقادیر رواناب سطحی در حوضه‌های آبخیز بالادستی رویشگاه‌های مانگرو (a: حوضه آبخیز رویشگاه خمیر، b: حوضه‌های آبخیز رویشگاه تیاب، c: حوضه آبخیز رویشگاه سیریک و d: حوضه‌های آبخیز رویشگاه جاسک)



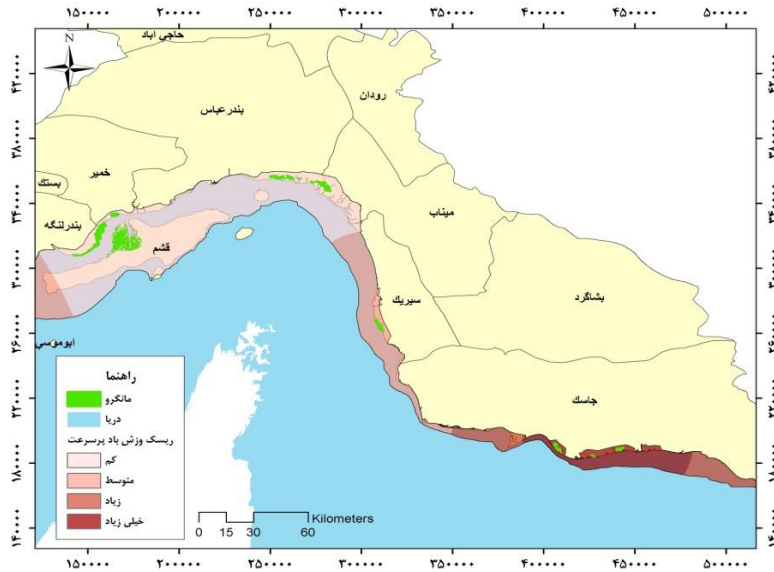
شکل ۵. طبقات احتمال وقوع کاهش مقدار رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز بالادستی رویشگاه‌های مانگرو (a: حوضه آبخیز رویشگاه خمیر، b: حوضه‌های آبخیز رویشگاه تیاب، c: حوضه آبخیز رویشگاه سیریک و d: حوضه‌های آبخیز رویشگاه جاسک)

سرعت‌های باد بیشتر از ۸ متر بر ثانیه به دست آمده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، با حرکت به سمت آب‌های کرانه‌ای شرق استان، بر احتمال وقوع وزش بادهای دارای آثار مخرب بر رویشگاه‌های مانگرو افزوده می‌شود؛ به گونه‌ای که رویشگاه‌های خمیر، قشم و تیاب در طبقه با احتمال وقوع کم وزش بادهای مخرب قرار دارند و با حرکت به سمت سواحل شهرستان‌های سیریک و جاسک بر احتمال وزش و بزرگی میانگین وزش بادهای مخرب افزوده می‌شود به نحوی که رویشگاه‌های سیریک و جاسک به ترتیب در طبقات با احتمال وقوع متوسط و خیلی زیاد وزش بادهای مخرب قرار دارند.

بر اساس نتایج به دست آمده، مقادیر احتمال وقوع سرعت‌های باد بیشتر از ۸ متر بر ثانیه در دوره زمانی ۳۰ ساله، برای ایستگاه‌های سینوپتیک بندرعباس، قشم، بندر لنگه، چابهار، بندر جاسک، میناب، بندر خمیر و سیریک به ترتیب برابر با  $0/002$ ،  $0/00011$ ،  $0/0011$ ،  $0/00025$ ،  $0/00014$ ،  $0/0004$ ،  $0/0001$  و  $0/0011$  بود. شکل ۶ تغییرات مقادیر احتمال وقوع وزش بادهای بزرگتر و مساوی ۸ متر بر ثانیه را در ایستگاه‌های سینوپتیک نشان می‌دهد. شکل ۷ نشان دهنده احتمال وقوع وزش بادهای با سرعت بیشتر از ۸ متر بر ثانیه در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان که از ضرب مقادیر احتمال وقوع در میانگین



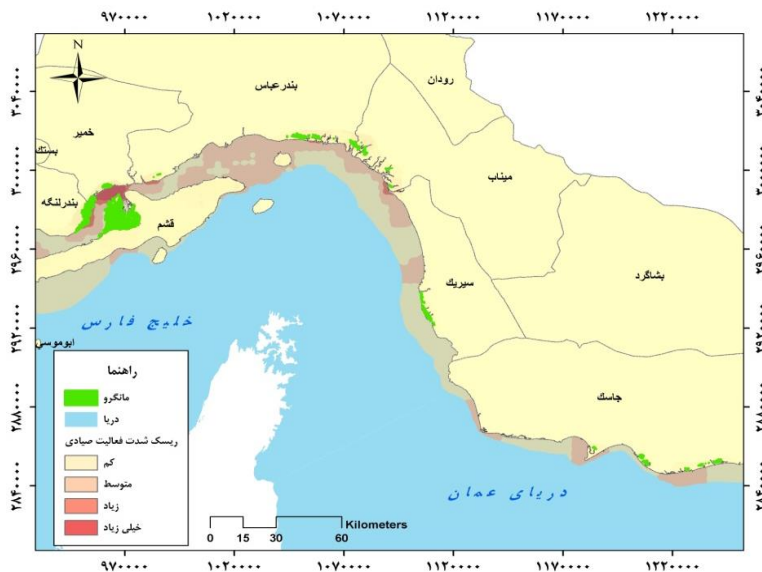
شکل ۶. تغییرات مقادیر احتمال وقوع وزش بادهای بیشینه در محل ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب



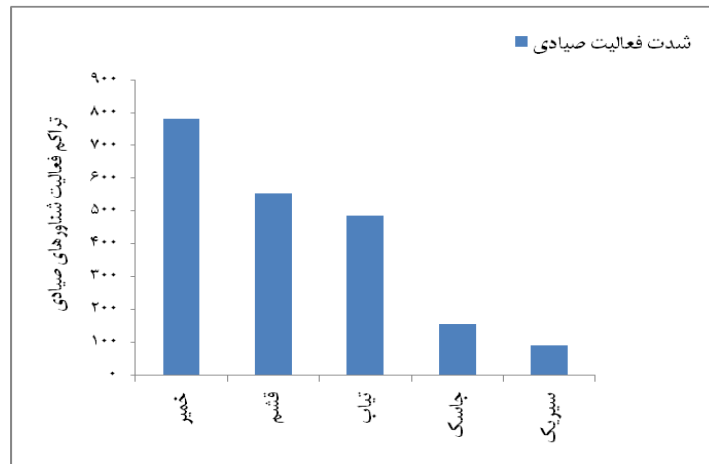
شکل ۷. طبقات احتمال وقوع وزش بادهای مخرب در سطح آبهای کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌های مانگرو

دارای کمترین شدت فعالیت صیادی در بین مانگروهای مورد مطالعه بود (شکل ۸). همچنین، رویشگاه‌های قشم و تياب نیز در رده‌های دوم و سوم به لحاظ شدت فعالیت صیادی قرار داشتند. در واقع این نتایج نشان می‌دهد که با حرکت از غرب به شرق در طول سواحل استان هرمزگان، از شدت فعالیت صیادی در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده مانگروها کاسته می‌شود (شکل ۹).

شکل ۸ نشان دهنده شدت فعالیت صیادی در محدوده رویشگاه‌های مانگرو است. بررسی تغییرات مقادیر شدت فعالیت صیادی در سطح رویشگاه‌های مورد مطالعه نیز نشان داد که مطابق با تعداد شناورهای صیادی موجود در بنادر و محدوده پراکنش فعالیت آن‌ها در سطح آب‌های کرانه‌ای و گستره رویشگاه‌ها، رویشگاه خمیر در معرض بیشترین شدت فعالیت صیادی در سطح آب‌های کرانه‌ای استان هرمزگان قرار دارد و در مقابل، رویشگاه سیریک



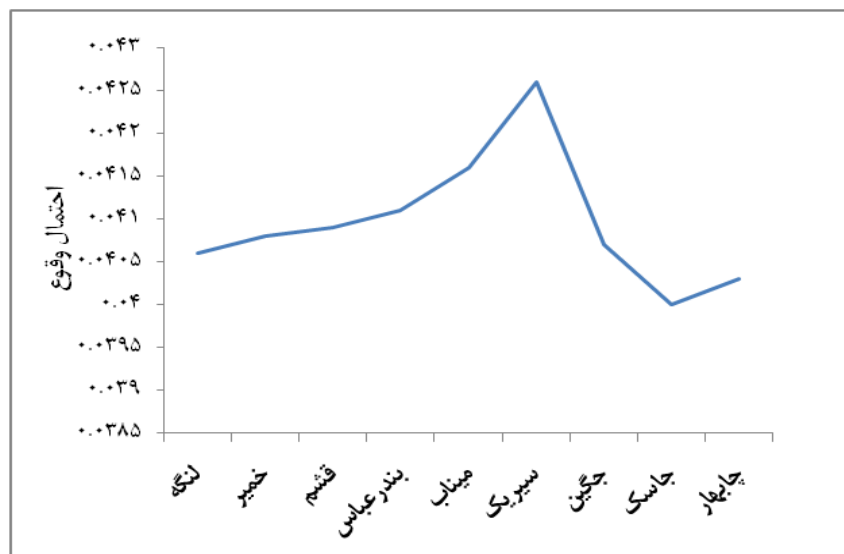
شکل ۸. طبقات احتمال وقوع شدت فعالیت‌های صیادی در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌های مانگرو



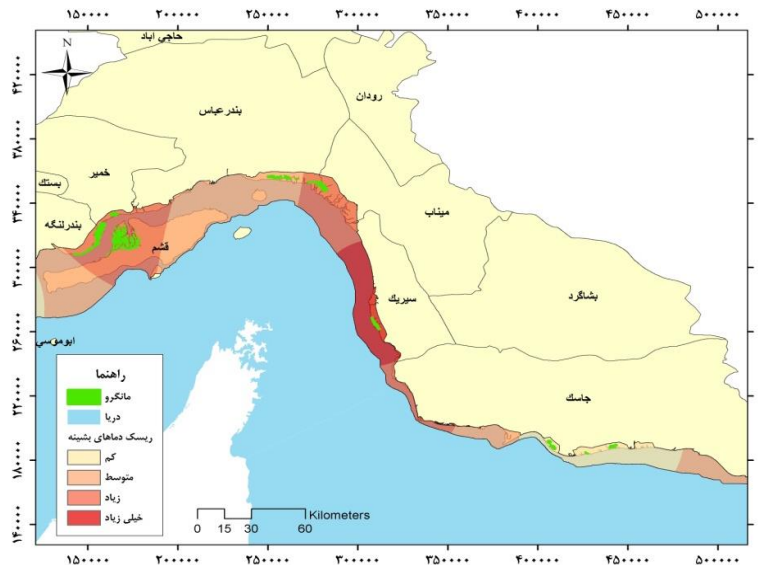
شکل ۹. شدت فعالیت صیادی در سطح رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان

(شکل ۱۰). نقشه‌سازی احتمال وقوع دماهای بزرگتر و مساوی ۳۸ درجه در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌های مانگرو نشان داد که مطابق با مقادیر احتمال وقوع و مقدار میانگین دماهای بیشینه بزرگتر و مساوی ۳۸ درجه در سطح هر یک از ایستگاه‌ها، رویشگاه‌های جاسک و سیریک به ترتیب در طبقات احتمال وقوع کم و بسیار زیاد وقوع این محدوده‌های دمایی حداکثری قرار دارند (شکل ۱۱).

بررسی تغییرات احتمال وقوع دماهای بیشینه بزرگتر و مساوی ۳۸ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب نشان داد که با حرکت از سواحل خلیج فارس به سمت سواحل دریای عمان بر تعداد وقوع دماهای ذکر شده افزوده می‌شود به نحوی که در مقدار احتمال وقوع در ایستگاه سیریک (رویشگاه سیریک) به حداکثر مقدار خود می‌رسد و سپس تا ایستگاه سینوپتیک جاسک (رویشگاه جاسک) دارای روند کاهشی بوده و به حداقل مقدار در میان ایستگاه‌های سینوپتیک مورد بررسی کاهش می‌یابد



شکل ۱۰. احتمال وقوع دماهای بیشینه بالاتر از ۳۸ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب



شکل ۱۱. طبقات احتمال وقوع دماهای بیشینه در سطح آب‌های کرانه‌ای دربرگیرنده رویشگاه‌های مانگرو

تا میانگین تغییر مرز مانگروها از زیرزون‌های ۹ تا ۱۵ به‌طور پیوسته دارای روند افزایشی باشد؛ چنانکه زیرزون ۱۳ با طول حاشیه ۴/۲۶ کیلومتر و با دارا بودن مقادیر LRR مثبت در تمامی ترانسکت‌های خود، دارای بیشترین نرخ رسوب‌گذاری ( $1/9 \pm 0/57$  متر در سال) در بین تمامی زیرزون‌های تشکیل‌دهنده حوضه رویشگاهی خمیر است. نتایج نشان داد که زیرزون‌ها شماره ۱۲، ۱۴ و ۱۵ که دارای وضعیتی جزیره‌ای هستند، هر سه دارای مقدار میانگین تغییر مثبت (پیشروی) در مرزهای مانگروها هستند.

در حرکت به سمت شرق و با نزدیک شدن به مصب رودخانه کل، زون ۲ که در جزیره مردو قرار دارد (حوضه رویشگاهی خمیر)، دارای نرخ میانگین تغییر مرزی  $\pm 0/71$  متر در سال یا پیشروی به سمت دریا بوده و از ۲۳۵ ترانسکت ترسیم شده برای آن، تعداد ۱۳۴ ترانسکت دارای مقدار LRR مثبت بوده و حداکثر تغییر مرز مانگروها در این زون برابر با ۷/۲۹ متر در سال داشت. زون‌های ۳ تا ۶ نیز با قرارگیری در خورهای کهنه شهر، میناب و نخل زیارت و نیز با پیروی از وضعیت دینامیک سواحل پیرامون (رسوب‌گذاری) دارای مقادیر مثبت میانگین تغییر مرز بودند (حوضه رویشگاهی تیاب). نتایج نشان داد که در زون‌های ۳ تا ۶، تعداد چشمگیری از ترانسکت‌های ترسیم

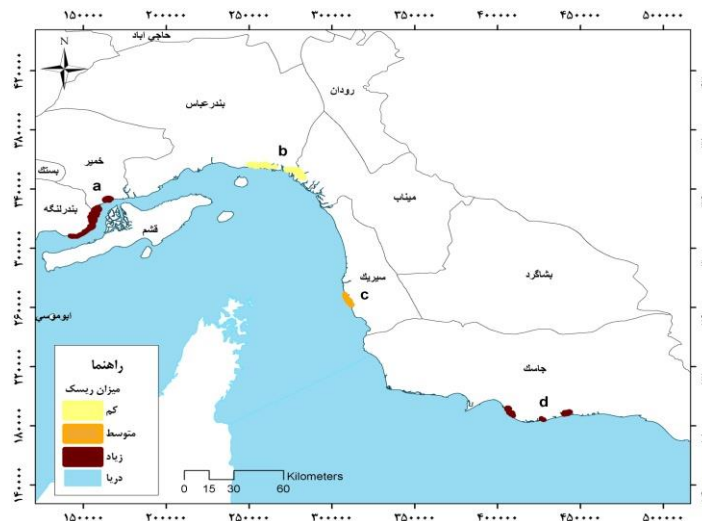
در این مطالعه، تغییرات پیشروی و پسروی مانگروهای استان هرمزگان در تعداد ۱۰ زون و ۲۱ زیرزون انجام شد. تجزیه و تحلیل تغییرات نرخ پیشروی و پسروی در زون شماره ۱ که با طول حاشیه تقریبی ۷۱ کیلومتر از سواحل پهل تا مصب رودخانه مهران گسترده شده است (حوضه رویشگاهی خمیر)، نشان داد که از مجموع ۱۴۵۰ ترانسکت ترسیم شده برای تجزیه و تحلیل نرخ تغییر مرز مانگروها در این زون، تعداد ۷۰۷ ترانسکت دارای مقادیر LRR منفی و ۶۷۵ ترانسکت دارای مقادیر LRR مثبت بودند. بیشترین تعداد ترانسکت‌های با مقدار LRR منفی در زیرزون‌های ۱ تا ۶ قرار گرفتند (۵۳ درصد از ترانسکت‌های منفی) به‌طوری‌که میانگین تغییر مرز مانگروها در این زون‌ها دارای مقادیر منفی بود. در زون ۱ بیشترین مقدار LRR برابر با ۶/۴۶ متر در سال و کمترین مقدار آن برابر با ۶/۳۵- متر در سال بود. تعداد ترانسکت‌های دارای مقادیر LRR منفی به تدریج از زیرزون ۱ تا زیرزون ۱۵ کاهش یافته و در مقابل تعداد ترانسکت‌های دارای مقادیر LRR مثبت افزایش یافته است؛ چنانچه روند تغییر مقادیر میانگین تغییر مرز مانگروها در سایت‌های گوناگون نیز نشان‌دهنده این افزایش نرخ رسوب‌گذاری از زیرزون‌های ۱ تا ۱۵ بود. در واقع، افزایش مقادیر LRR مثبت سبب شده

رویشگاه‌های مانگروهای ایران، زون‌های ۹ و ۱۰ به‌رغم دریافت رسوبات قابل توجهی از زیر حوضه‌های آبخیز جگین و گابریگ (حوضه جاسک)، دارای روند پسروی یا وقوع فرسایش در طی زمان بوده‌اند؛ چنانکه میانگین تغییر مرز در این دو زون دارای مقادیر منفی است. در این دو زون حداقل مقدار LRR به ترتیب ۹/۲۷- و ۵/۷۶- متر در سال محاسبه شده است. در نهایت، بر اساس نتایج به دست آمده از محاسبه نرخ پیشروی و پسروی مرزهای مانگروها در زون‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار DSAS، متوسط نرخ پیشروی و پسروی یا همان وضعیت فرسایش و رسوب در حوضه‌های رویشگاهی خمیر، تیاب، سیریک و جاسک به ترتیب برابر با ۰/۱۳-، ۰/۶۲، ۰/۲۲ و ۰/۲۶- متر در سال به دست آمد. بر اساس این نتایج، بر این اساس، رویشگاه‌های جاسک دارای بیشترین نرخ پسروی در میان رویشگاه‌های مورد مطالعه بود. همچنین رویشگاه تیاب دارای بیشترین میزان رسوب‌گذاری بوده و به‌طورکلی فاقد پسروی در حاشیه رو به دریا است.

### نقشه‌سازی احتمال وقوع رویشگاه‌های مانگرو

همان‌طور که بیان شد با تلفیق نقشه‌های کدگذاری شده مخاطرات محیطی، نقشه احتمال وقوع رویشگاه‌های مانگرو در سه طبقه کم، متوسط و زیاد تهیه شد.

شده دارای مقادیر LRR مثبت هستند و رسوب‌گذاری به‌صورت غالب در این نواحی وجود دارد. نتایج نشان داد که زیر زون ۳ از زون ۵ با دارا بودن طول حاشیه ۱/۲۵ کیلومتر، دارای کمترین (۲۲/۴۵- متر در سال) و نیز بیشترین مقدار LRR (۱۷/۴۳ متر در سال) در بین تمامی زون‌های مورد بررسی بود. نتایج همچنین نشان داد که تمامی زیر زون‌های مربوط به زون ۵ دارای نرخ پیشروی مرز یا رسوب‌گذاری در بستر خود هستند... نتایج نشان داد که زون ۷ با دارا بودن مجموع طول حاشیه ۲۵/۴ در زیر زون‌های چهارگانه خود و قرار گرفتن در زیر حوضه آبخیز جگین (حوضه رویشگاهی سیریک)، به‌طور عمده دارای پیشروی به سمت دریا یا انجام رسوب‌گذاری است (به استثنای زیر زون ۱ که دارای میانگین تغییر مرز منفی بود). در این زون حداکثر و حداقل تغییر مقادیر LRR در زیر زون ۲ از زون ۷، به ترتیب برابر با ۱۰/۴۶ و ۳/۹۱- متر در سال به دست آمده است. نتایج نشان داد که زون ۸ با دارا بودن طول حاشیه ۲/۸۲ کیلومتر و واقع شدن در خور روباهی و مجاورت با بندر جاسک (حوضه رویشگاهی جاسک)، دارای محدوده تغییر مقادیر LRR در ترانسکت‌های خود از ۲/۸۵ تا ۲/۴۶ متر در سال بوده و میانگین تغییر مرز آن  $0.95 \pm 0.05$ - متر در سال است. بررسی نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که در شرقی‌ترین



شکل ۱۲. طبقات احتمال وقوع مخاطرات محیطی در رویشگاه‌های مانگرو  
a. رویشگاه خمیر، b. رویشگاه تیاب، c. رویشگاه سیریک و d. رویشگاه جاسک

بلند مدت رخ داده در این نواحی از سال ۱۹۹۸ تاکنون است. بر اساس نتایج، حوضه‌های رویشگاهی خمیر و تیاب، به دلیل وجود تعداد بیشتری از بنادر صیادی فعال، دارای مقادیر نمایه شدت فعالیت صیادی بیشتری هستند که این امر نشان دهنده تمرکز بیشتر فعالیت‌های صیادی در این دو حوضه رویشگاهی نسبت به دو حوضه رویشگاهی دیگر (سیریک و جاسک) است. بدون شک وجود فعالیت‌های صیادی بیشتر در حوضه‌های رویشگاهی خمیر و تیاب سبب ایجاد آسیب‌پذیری بیشتر در این دو حوضه رویشگاهی نسبت به دو حوضه رویشگاهی سیریک و جاسک خواهد شد (Mafi-Gholami et al., 2017, 2019).

در تحقیق انجام شده در سواحل شرقی استرالیا، وقوع خشک‌سالی در فاصله زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ و به دنبال آن کاهش گستره رو به خشکی مانگروها به دلیل فعالیت پدیده‌ال‌نینو معرفی شده است (Eslami-Andargoli et al., 2009)؛ در ایران نیز کاهش مقادیر بارندگی و وقوع خشک‌سالی‌ها در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، به دلیل همزمانی، تأثیرگذاری و استمرار قوی‌ترین لاینای نیم قرن اخیر بیان شده است (Barlow et al., 2002). مطالعات موجود نشان داده که یکی از دلایل اصلی پسروری مرزهای رو به دریا یا افت روند توسعه مانگروها به سمت دریا به دلیل تغییرات دینامیک رسوبی سواحل است که به‌طور عمده ناشی از تغییرات روند افزایش ارتفاع سطح آب دریا و نیز بار رسوبی آورده شده به محیط ساحلی از سمت اراضی خشکی بالادستی است (Krauss et al., 2014).

در حوضه‌های آبخیز مجاور دریای عمان رودخانه جگین جاری است که با وجود تشکیلات زمین‌شناسی زودرسای زون مکران، از نظر رسوب‌گذاری یکی از مهم‌ترین رودخانه‌های استان محسوب می‌شود. این رودخانه با دارا بودن رژیم سیلابی، حجم بالایی از رسوبات را به هنگام ریزش‌های جوی با خود حمل می‌کند. اما احداث سد جگین در سال ۲۰۰۸ در مسیر

بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقدار ضریب احتمال وقوع به‌دست آمده بین ۱/۷۳ تا ۵/۶۵ متغیر بود و طبقات سه گانه احتمال وقوع کم، متوسط و زیاد به ترتیب در محدوده ۰ تا ۱/۷۳، ۱/۷۴ تا ۴/۸۸ و ۴/۸۹ تا ۵/۶۶ قرار داشتند. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که رویشگاه‌های خمیر و جاسک به دلیل احتمال و شدت وقوع بالای مخاطرات محیطی مورد بررسی در طبقه با احتمال وقوع زیاد وقوع مخاطرات محیطی قرار گرفته است. در مقابل، رویشگاه تیاب به دلیل احتمال و شدت وقوع کم مخاطرات محیطی در طبقه با احتمال وقوع کم قرار دارد. همچنین، رویشگاه سیریک در طبقه با احتمال وقوع متوسط وقوع مخاطرات محیطی قرار گرفته است.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه احتمال وقوع مخاطرات محیطی شامل خشک‌سالی، کاهش رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز، تندباد، دماهای بیشینه، فعالیت‌های صیادی و فرسایش و رسوب‌گذاری در بستر مانگروها ارزیابی و نقشه‌سازی شد. بدون شک افزایش شدت و احتمال وقوع چهار نوع مخاطره خشک‌سالی، کاهش رواناب سطحی حوضه‌های آبخیز و فرسایش و رسوب‌گذاری در سطح دو رویشگاه خمیر و جاسک پیامدهای نامطلوبی برای ساختار و عملکرد مانگروهای آن‌ها به دنبال داشته است. در این زمینه، نتایج مطالعات صورت گرفته در مانگروهای دیگر مناطق جهان نشان داده که کاهش بارندگی و افزایش احتمال وقوع خشک‌سالی از طریق افزایش شوری بسیار زیاد اراضی رو به خشکی مجاور مانگروها سبب کاهش وسعت یا تقلیل روند توسعه مانگروها به سمت اراضی خشکی شده و افزایش آسیب‌پذیری آن‌ها را نسبت به وقوع دیگر مخاطرات محیطی به دنبال دارد (Ellison, 2001). مطالعات موجود نیز نشان داده شده کاهش وسعت و سلامت مانگروهای سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان دارای ارتباط بسیار قوی با وقوع خشک‌سالی‌های



جمله مخاطرات اصلی افزایشدهنده آسیب پذیری رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان محسوب می‌شود و نیاز است تا در مطالعات آینده با استفاده از روش‌های اندازه‌گیری و نقشه‌سازی مناسب، تأثیر این دو مخاطره نیز در میزان آسیب‌پذیر رویشگاه‌ها بررسی شود. در نهایت می‌توان گفت نتایج حاصل از این مطالعه با فراهم آوردن اطلاعات به روز و دقیق در زمینه میزان احتمال وقوع رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان کمک چشمگیری به انجام برنامه ریزی‌های اثربخش برای انجام اقدامات حفاظت از این اکوسیستم‌ها و کاهش آسیب‌پذیری آن‌ها نسبت به مخاطرات محیطی موجود کند.

#### ۵. پیشنهادات

- مدیریت مؤثر و کارآمد رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان که از درجه احتمال وقوع بالایی برخوردارند (رویشگاه‌های خمیر و جاسک)، نیازمند برنامه‌ریزی دقیقی است که به لحاظ اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، قابل پذیرش و پایدار باشد. در این زمینه، بررسی مسائل اقتصادی-اجتماعی و بهبود وضعیت معیشتی جوامع بومی ساکن در مجاور جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان می‌تواند نقش بسیار موثری در جلوگیری از بهره‌برداری بی‌رویه و تخریب این جنگل‌ها داشته باشد.
- نتایج این مطالعه نشان داد که رویشگاه‌های خمیر و جاسک بالاترین درجه احتمال وقوع را در میان تمامی مانگروهای سواحل استان هرمزگان دارند. این امر، اولویت و اهمیت انجام اقدامات حفاظتی و مدیریتی مضاعف را برای این رویشگاه‌ها نشان می‌دهد.

#### ۶. تشکر و قدردانی

بدین وسیله از سازمان بنادر و دریانوردی و مؤسسه اقیانوس‌شناسی که اطلاعات مورد نیاز برای انجام این پژوهش را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

رودخانه جگین، سبب کاهش حجم قابل توجهی از رسوب وارد شده به ساحلی توسط این رودخانه شده است؛ چنانکه مقدار حجم رسوب سالانه ورودی به این سد برابر با ۵/۲ میلیون مترمکعب است. بدون شک احداث این سد سبب تغییر دینامیک رسوبی نواحی ساحلی پایین دست این سد شده است و می‌تواند یکی از عوامل افزایش قابل توجه میزان پسروری یا فرسایش در رویشگاه جاسک باشد؛ چنانچه مطالعات گوناگون نیز نشان داده که احداث سد بر مسیر جریان رودخانه‌ها می‌تواند با افزایش یا کاهش حجم آب و بار رسوبی رودخانه‌ها سبب تغییر کمیت و کیفیت مانگروها شود (Dahdouh-Guebas and Koedam, 2008; Ellison and Zouh, 2012). این امر اهمیت انجام مطالعات بیشتر درباره تأثیر احداث سد جگین را بر وقوع پسروری در مانگروهای واقع در سواحل دریای عمان نشان می‌دهد.

بر اساس نظر افراد محلی و نیز کارشناسان اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان، بهره‌برداری بی‌رویه بومیان حاشیه جنگل‌های مانگرو رویشگاه خمیر نیز می‌تواند یکی از عوامل اصلی تخریب این رویشگاه و یکی از مخاطرات محیطی مهم آن باشد. بدون شک نتیجه این بهره‌برداری بی‌رویه از مانگروها سبب عدم توان توسعه آن‌ها به سمت اراضی خشکی بالادستی و در نهایت افزایش آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها نسبت به بالا آمدن سطح آب دریا می‌شود. متأسفانه منطقه خلیج فارس و دریای عمان به دلیل حجم بالای ورود آلاینده‌های نفتی (سالانه بیش از ۱/۵ میلیون تن نفت) به یکی از آلوده‌ترین مناطق دریایی جهان تبدیل شده است؛ چنانچه سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO) این منطقه را در سال ۲۰۰۷ به‌عنوان منطقه ویژه دریایی اعلام کرد. وقوع دو جنگ بی‌درپی در سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۸۸ در محدوده خلیج فارس، حجم عظیمی از آلاینده‌های نفتی را وارد آب‌های این ناحیه کرد که در تغییرات وسعت و موقعیت کنونی مانگروهای این مناطق اثرگذار بوده است (PGSC, 2014). بر اساس این مطالب، دو عامل بهره‌برداری از مانگروها و ورود آلاینده‌های نفتی نیز از

## یادداشت‌ها

1. Standardized Precipitation Index (SPI)
2. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
3. Digital Shoreline Analysis System (DSAS)
4. Linear Regression Rate (LRR)
5. Threat Assessment (TI)
6. International Maritime Organization (IMO)

## منابع

دانه‌کار، ا.، محمودی، ب.، و هاشمی، ا. ۱۳۸۵. طرح مدیریت و توسعه جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان، اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان.

صفیاری، ش. ۱۳۸۱. جنگل‌های مانگرو (قسمت دوم) - جنگل‌های مانگرو ایران. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها.

Abdollahi, K., Bashir, I., Verbeiren, B., Harouna, M.R., Van Griensven, A., Huysmans, M. and Batelaan, O. 2017. A distributed monthly water balance model: formulation and application on Black Volta Basin. *Environmental Earth Sciences*, 76 (5): 198-212.

Allen, J. A., Ewel, K. C. and Jack, J. 2001. Patterns of natural and anthropogenic disturbance of the mangroves on the Pacific Island of Kosrae. *Wetlands Ecology and Management*, 9(3): 291-301.

Ball, M.C. and Passioura, J.B. 2012. Photosynthesis in mangroves. *Ecophysiology of Photosynthesis*, 247 p.

Barlow, M., Cullen, H. and Lyon, B. 2002. Drought in central and southwest Asia: La Nina, the warm pool, and Indian Ocean precipitation. *Journal of climate*. 15(7): 697-700.

Brooks, N., 2003. Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. Working Paper 38, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK, 124p.

Burton, I., White, G. and Kates, R. 1978. *Environment as hazard*. New York: Oxford Univ. Press, 231p.

Chen, P.X. and Mao, W.Y. 2012. GIS-based spatial interpolation of air temperature in Xinjiang". *Arid Land Geography*, 3, 2-17.

Dahdouh-Guebas, F. and Koedam, N. 2008. Long-term retrospection on mangrove development using transdisciplinary approaches: a review. *Aquatic botany*, 89(2): 80-92.

Danehkar, A. 2001. Mangroves forests zonation in Gaz and Harra international wetlands, *The Environment Scientific Quarterly Journal*, 34: 43-49.

Downing, T.E., Gawith, M.J., Olsthoorn, A.A., Tol, R.S.J. and Vellinga, P. 1999. Introduction. In: Downing, T.E., Olsthoorn, A.A., Tol, R.S.J. (Eds.), *Climate, Change and Risk*. Routledge, London (Chapter 1).

Dundar, C. and Inan, D. 2001. Wind energy potential of Cesme, Turkey. Solar world congress, August, Taejon, Korea.

Ellison, J. C. 2015. Vulnerability assessment of mangroves to climate change and sea-level rise impacts. *Wetlands Ecology and Management*, 23(2): 115-137.

Ellison, J. C. and Zouh, I. 2012. Vulnerability to climate change of mangroves: assessment from Cameroon, Central Africa. *Biology*, 1(3): 617-638.

Eslami-Andargoli, L., Dale, P.E.R., Sipe, N. and Chaseling, J. 2009. Mangrove expansion and rainfall patterns in Moreton Bay, southeast Queensland, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(2): 292-298.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2007. *The world's mangroves 1980-2005*. FAO Forestry Paper 153. FAO, Rome.

Finnell, H. H. 2015. Some effects of wind injury to growing plants. In *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 9: 24-27.

Gilman, E., Ellison, J., Sauni, I. and Tuamu, S. 2007. Trends in surface elevations of American Samoa mangroves. *Wetlands Ecology and Management*, 15(5): 391-404.

Huxham, M., Dencer-Brown, A., Diele, K., Kathiresan, K., Nagelkerken, I. and Wanjiru, C. 2017. Mangroves and People: Local Ecosystem Services in a Changing Climate. In *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective*, 245-274.

Jordán, A. and Martínez-Zavala, L. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. *Forest Ecology and Management*, 255 (3): 913-919.

- Kalyanapu, A.J., Burian, S.J. and McPherson, T.N. 2010. Effect of land use-based surface roughness on hydrologic model output. *Journal of Spatial Hydrology*, 9 (2):134-147.
- Krauss, K.W., McKee, K.L., Lovelock, C.E., Cahoon, D.R., Saintilan, N., Reef, R. and Chen, L. 2014. How mangrove forests adjust to rising sea level. *New Phytologist*, 202(1): 19-34.
- Kunte, P.D., Jauhari, N., Mehrotra, U., Kotha, M., Hursthouse, A.S. and Gagnon, A.S. 2014. Multi-hazards coastal vulnerability assessment of Goa, India, using geospatial techniques. *Ocean and coastal management*, 95:264-281.
- Mafi-Gholami, D., Mahmoudi, B., and Zenner, E. K. 2017. An analysis of the relationship between drought events and mangrove changes along the northern coasts of the Persian Gulf and Oman Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 199: 141-151.
- Mafi-Gholami, D., Zenner, E. K., Jaafari, A. and Ward, R.D. 2019. Modeling multi-decadal mangrove leaf area index in response to drought along the semi-arid southern coasts of Iran. *Science of the Total Environment*, 656:1326-1336.
- Mahendra, R.S., Mohanty, P.C., Bisoyi, H., Kumar, T.S. and Nayak, S. 2011. Assessment and management of coastal multi-hazard vulnerability along the Cuddalore–Villupuram, east coast of India using geospatial techniques. *Ocean and Coastal Management*, 54(4): 302-311.
- McMillan C. 1971. Environmental factors affecting seedling establishment of the black mangrove on the central Texas coast. *Ecology*, 52: pp. 927–930.
- Mitchell, J.M., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hofmeyr, W.L., Lamb, H.H., Rao, K.N. and Wallen, C.C. 1966. Climate change. WMO Publ. No. 195, Geneva.
- Modarres, R. 2007. Streamflow drought time series forecasting. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21(3): 223-233.
- Osland, M.J., Feher, L.C., Griffith, K.T., Cavanaugh, K.C., Enwright, N.M., Day, R.H., Stagg, C.L., Krauss, K.W., Howard, R.J., Grace, J.B. and Rogers, K. 2017. Climatic controls on the global distribution, abundance, and species richness of mangrove forests. *Ecology of Monogroves*, 87(2): 341-359.
- Persian Gulf Studies Center (PGSC). 2016. Available online: <http://www.persiangulfstudies.com/fa/index.asp?p=pagesid=205>.
- Rowlands, G., Purkis, S., Riegl, B., Metsamaa, L., Bruckner, A. and Renaud, P. 2012. Satellite imaging coral reef resilience at regional scale. A case-study from Saudi Arabia. *Marine Pollution Bulletin*, 64(6):1222-1237.
- Sarwar, M.G.M. and Woodroffe, C.D. 2013. Rates of shoreline change along the coast of Bangladesh. *Journal of Coastal Conservation*, 17(3): 515-526.
- Seto, K.C. and Fragkias, M. 2007. Mangrove conversion and aquaculture development in Vietnam: A remote sensing-based approach for evaluating the Ramsar Convention on Wetlands. *Global Environmental Change*, 17(3-4): 486-500.
- Telewski, F. W. 2006. A unified hypothesis of mechanoperception in plants. *American Journal of Botany*, 93: 1466-1476.
- Thi, V.T., Xuan, A.T.T., Nguyen, H.P., Dahdouh-Guebas, F. and Koedam, N. 2014. Application of remote sensing and GIS for detection of long-term mangrove shoreline changes in Mui Ca Mau. *Biogeosciences*, 11(14): 3781.
- Vasquez-Leon M., Thor West, C. and Finan, T.J. 2003. A comparative assessment of climate vulnerability: agriculture and ranching on both sides of the US–Mexico border. *Global Environmental Change*, 13: 159-173.
- Vo, Q.T., Oppelt, N., Leinenkugel, P. and Kuenzer, C. 2013. Remote sensing in mapping mangrove ecosystems-An object-based approach. *Remote Sensing*, 5(1): 183-201.
- Walters, B.B., Rönnbäck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E. and Dahdouh-Guebas, F. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany*, 89(2): 220-236.
- Wilhelmi O.V. and Morss R.E. 2013. Integrated analysis of societal vulnerability in an extreme precipitation event: A Fort Collins case study. *Environmental science and policy*, 26 (2013): 49-62.
- Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A., and Hu, Q. 2001. An evaluation of the Standardized Precipitation Index, the China-Z Index and the statistical Z-Score. *International journal of climatology*, 21(6): 745-758.
- Zhang, Q., Li, J., Singh, V.P., and Bai, Y. 2012. SPI-based evaluation of drought events in Xinjiang, China. *Natural Hazards*, 64(1): 481-492.
- Zhu, J.J., Matsuzaki, T., Li, F.Q. and Gonda, Y. 2002. Theoretical derivation of risk - ratios for assessing wind damage in a coastal forest. *Journal of Forestry Research*, 13: 310-315.