

تغییرات گستره‌های رو به دریا و خشکی رویشگاه‌های مانگرو در سواحل استان هرمزگان

داود مافی‌غلامی^{۱*} و ابوالفضل جعفری^۲

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

پست الکترونیک: d.mafigholami@nres.sku.ac.ir

۲- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۱۶

چکیده

کاهش بارندگی و وقوع خشک‌سالی با محدود کردن مهاجرت مانگروها به سمت خشکی، سبب افزایش آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها نسبت به بالا آمدن سطح آب دریاها می‌شود. بنابراین پایش تغییرات گستره‌های رو به خشکی و دریای مانگروها می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد میزان آسیب‌پذیری آنها به بالا آمدن سطح آب دریا ارائه دهد. هدف از پژوهش پیش‌رو بررسی روند تغییرات گستره‌های رو به خشکی و دریای مانگروها در طول سواحل استان هرمزگان است. بدین منظور، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پوشش مانگروها در سه رویشگاه خمیر، تیاب و جاسک در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ نقشه‌سازی شد و تغییرات گستره رو به خشکی و رو به دریای رویشگاه‌ها در مقاطع زمانی ذکر شده بررسی شد. نتایج نشان داد که در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ که منطبق با دوره‌های بلندمدت خشک‌سالی در سواحل جنوبی ایران است، از وسعت گستره‌های رو به خشکی مانگروها کاسته شده است (۲۷۲/۷ هکتار کاهش در رویشگاه خمیر)، یا آنکه روند توسعه گستره‌های رو به خشکی رویشگاه‌ها کاهش چشمگیری داشته است؛ به طوری که در رویشگاه‌های تیاب و جاسک میزان افزایش وسعت گستره رو به خشکی به ترتیب از حدود ۴۶۳ و ۱۶۵ هکتار در دوره پیش از سال ۱۹۹۸ به حدود ۳۵ و ۱۳ هکتار در دوره پس از سال ۱۹۹۸ کاهش یافته است. در کنار تأثیر قابل توجه کاهش بارندگی، عوامل انسانی همانند چرای دام و تهیه چوب برای سوخت (به‌ویژه در مانگروهای واقع در رویشگاه خمیر)، توسعه آبی‌پروری و آلاینده‌ها نیز نقش مؤثری در پس‌روی این رویشگاه‌ها داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری، تغییر اقلیم، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور.

مقدمه

فیزیکی، شیمیایی و زیستی) قرار می‌گیرند که در طول زمان و مکان، متنوع هستند (Halpern et al., 2007). این آشفتگی‌ها تحت تأثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی مانند خشک‌سالی، طوفان، بیماری، تغییر کاربری/پوشش اراضی و توسعه زمین‌های زراعی و مناطق مسکونی، بهره‌برداری از مانگروها و اثرهای مخرب ناشی از آلودگی نفتی و نیز فاضلاب حاوی مواد شیمیایی گوناگون که از محیط‌های شهری، صنعتی و کشاورزی مجاور به درون جنگل‌های

امروزه جنگل‌های مانگروی دنیا با وسعتی در حدود ۱۳۸ تا ۱۵۲ کیلومتر مربع (Ellison, 2018)، منبع بیش از ۲۱ خدمت اکولوژیک و ۴۵ محصول طبیعی هستند (Mukherjee et al., 2014; Alongi, 2018a). با وجود اهمیت بالای این خدمات اکوسیستمی در تأمین نیازهای انسانی، مانگروها اغلب به صورت دائمی و همزمان، هدف تنش‌ها و آشفتگی‌های چندگانه محیطی (زمین‌شناختی،

نرخ رسوب‌گذاری در بستر مانگروها باشد، موقعیت استقرار مانگروها اغلب ثابت می‌ماند (Blasco *et al.*, 1996)؛ هنگامی که نرخ بالا آمدن سطح آب دریا کمتر از نرخ رسوب‌گذاری در بستر مانگروها باشد، مانگروها با انجام رسوب‌گذاری به سمت دریا پیش می‌روند (Snedaker, 1995)؛ هنگامی که نرخ بالا آمدن سطح آب دریا بیشتر از نرخ رسوب‌گذاری در بستر مانگروها باشد، مانگروها به سمت زمین‌های خشکی مهاجرت می‌کنند (Ellison, 2018). بنابراین پیشروی مانگروها به سمت خشکی یا دریا نشان‌دهنده وضعیت رسوب‌گذاری در بستر مانگروها در مقابل بالا آمدن سطح آب دریاست.

براین اساس، تغییرات گستره رو به دریا و خشکی مانگروها حاصل برآیند تغییرات مقادیر بارندگی و وضعیت بالا آمدن سطح آب دریا در طی زمان است. به طوری که بیشتر بودن روند توسعه گستره رو به خشکی مانگروها نشان‌دهنده غالب بودن نرخ بالا آمدن سطح آب دریا بر نرخ رسوب‌گذاری در بستر این اکوسیستم‌ها است. در چنین رویشگاه‌هایی، کاهش مقادیر بارندگی و وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت می‌تواند با کاهش یا جلوگیری از روند توسعه گستره‌های رو به خشکی مانگروها سبب افزایش آسیب‌پذیری این رویشگاه‌ها نسبت به بالا آمدن سطح آب دریا و درنهایت موجب از بین رفتن آنها شود (Gilman *et al.*, 2008).

مانگروهای ایران در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، به‌عنوان بخشی از شبکه جهانی انسان و کره مسکون و نیز یکی از مهمترین زیستگاه‌های مانگرو در خاورمیانه (با وسعتی در حدود ۱۹۲ کیلومتر مربع)، اهمیت بسیاری در سطح بین‌المللی دارند (Danehkar, 2001; FAO, 2007; Mafi-Gholami *et al.*, 2019). با وجود این اهمیت، مانگروهای ایران در معرض طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی و انسانی گوناگون مانند برداشت سرشاخه‌ها، گردشگری بدون برنامه، توسعه صنایع، ورود گونه‌های غیربومی (موش سیاه)، توسعه آبی‌پروری، ورود فاضلاب شهری و صنعتی و آلودگی‌های نفتی،

مانگرو وارد شده‌اند، انجام می‌شود (Alongi, 2018a). در میان عامل‌های مخرب مؤثر بر مانگروها، پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم مانند تغییر در الگوهای بارندگی و وقوع خشک‌سالی، تغییرات دمای هوا، افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، بالا آمدن سطح آب دریا، طوفان‌ها و تغییر در الگوهای چرخشی آب اقیانوس‌ها تأثیر فراوانی بر رشد و گستره مانگروها در سراسر جهان داشته‌اند (Gilman *et al.*, 2008; Alongi, 2018a) و موجب نابودی ۱۰ تا ۱۵ درصد مانگروهای جهان شده‌اند (Alongi, 2008, 2018b). در میان پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم، وقوع خشک‌سالی و بالا آمدن سطح آب دریا مهمترین عوامل مؤثر در تغییرات گستره و ساختار مانگروها هستند (Gilman *et al.*, 2007). به دلیل ارتباط نزدیکی که میان شرایط رویشگاهی مانگروها و وقوع بارندگی وجود دارد، هر گونه تغییر در الگوهای بارندگی و جریان‌ات آبی سطحی حوضه‌های آبریز تأثیر بسیاری بر رشد و پراکنش مکانی مانگروها خواهد داشت (Snedaker, 1995; Krauss *et al.*, 2014).

پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند کاهش بارندگی و وقوع خشک‌سالی همراه با افزایش دمای هوا، افزایش تبخیر و تعرق و ایجاد تنش شوری سبب کاهش تولید خالص اولیه، کاهش میزان رشد و زنده‌مانی نهال‌ها، تغییر رقابت میان گونه‌های مانگرو و کاهش تنوع زیستی آنها خواهد شد که درنهایت می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوب مانند کاهش وسعت، تاج پوشش و توان تولیدی مانگروها شود (Gilman *et al.*, 2008; Eslami-Andargoli *et al.*, 2009). از سوی دیگر افزایش مقادیر بارندگی با کاهش شوری اراضی بالادستی و فراهم آوردن چرخه آبی مطلوب در سمت خشکی سبب رشد و توسعه مانگروها به سمت خشکی می‌شود (Gilman *et al.*, 2008; Ellison, 2016). علاوه بر وقوع خشک‌سالی، بالا آمدن سطح آب دریا نیز می‌تواند سبب تغییرات گستره‌های رو به خشکی و رو به دریای مانگروها شود (Lucas *et al.*, 2002). به طوری که مانگروها نسبت به روند تغییرات سطح آب دریا سه واکنش کلی نشان می‌دهند: هنگامی که نرخ بالا آمدن سطح آب دریا برابر با

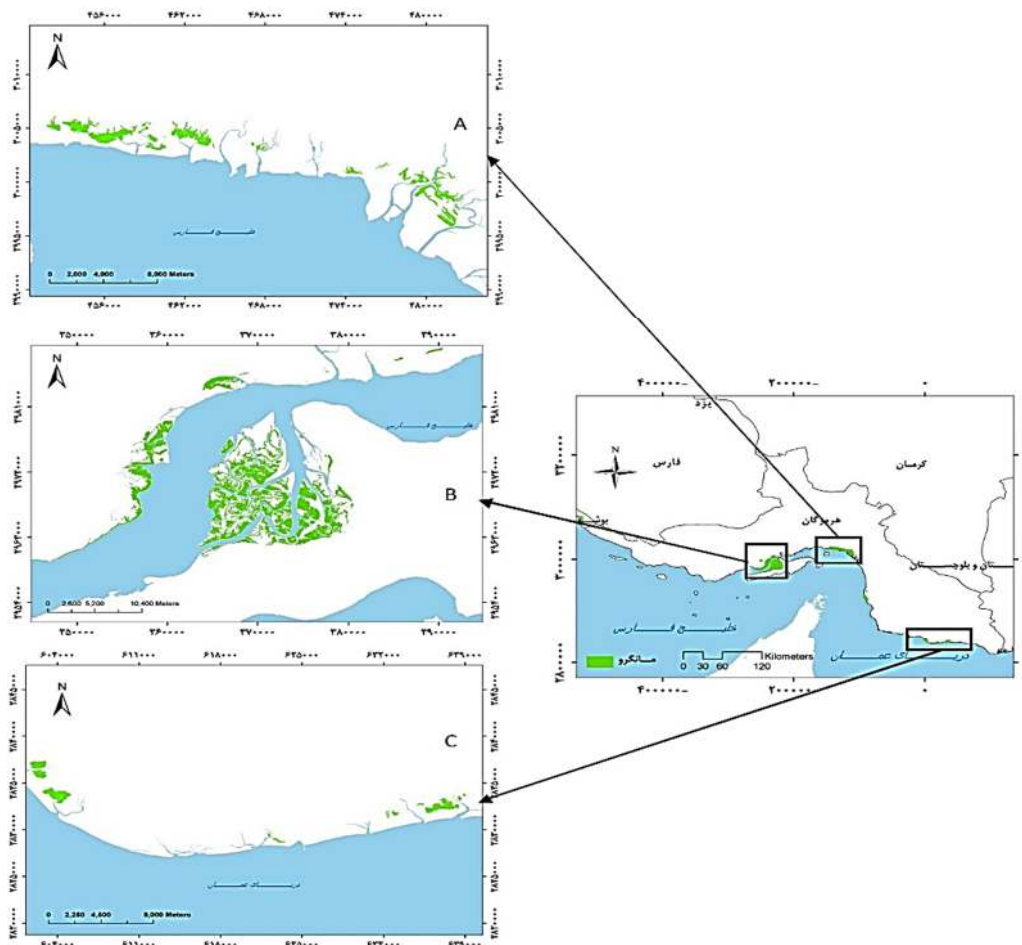
تغییرات وسعت گستره‌های رو به خشکی و دریای مانگروهای استان هرمزگان در دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶) و در دو دوره زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان با وسعتی برابر با ۱۰۰۲۵/۵۵ هکتار (بیش از ۹۰ درصد جنگل‌های مانگرو ایران)، در محدوده جغرافیایی ۲۵ درجه، ۳۴ دقیقه و ۱۳ ثانیه عرض شمالی در گابریک (شهرستان جاسک) تا ۲۷ درجه، ۱۰ دقیقه و ۵۴ ثانیه در کولغان شهرستان بندرعباس و طول شرقی ۵۸ درجه، ۳۴ دقیقه و ۷ ثانیه در هیمن شهرستان جاسک تا ۵۵ درجه، ۲۲ دقیقه و ۶ ثانیه در شهرستان بندر لنگه و در هفت شهرستان جاسک، سیریک، میناب، بندرعباس، خمیر، قشم و بندر لنگه در رویشگاه‌های مختلف توسعه یافته‌اند (شکل ۱). جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان بیشترین وسعت این اجتماعات را در کشور و نیز در کل حوضه خلیج فارس و آب‌های منطقه ROPME (Regional Organization for the Protection of the Marine Environment) دارد که متشکل از دو گونه حرا و چندل هستند. در میان رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان، در رویشگاه سیریک جنگل‌کاری‌های وسیعی با دو گونه حرا و چندل در سال ۱۳۸۹ انجام شده است (در حدود ۵۰۰ هکتار) که بررسی دقیق پیشروی مانگروهای این رویشگاه را به سمت خشکی یا دریا با مشکل مواجه می‌کند. بنابراین در این پژوهش برای بررسی تغییرات پیشروی مانگروها در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸، تنها سه رویشگاه طبیعی خمیر، تیاب و جاسک که معرف شرایط رویشگاه‌های گوناگون مانگروهای ایران در طول سواحل استان هرمزگان هستند، بررسی شدند و رویشگاه سیریک از فرایند مطالعه کنار گذاشته شد.

خشک‌سالی‌های پی‌درپی و کمبود شدید بارندگی سالانه هستند (Mafi-Gholami *et al.*, 2019). از میان این عوامل مخرب طبیعی و انسانی، وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت و کاهش شدید مقادیر بارندگی در سواحل جنوب ایران به‌عنوان یکی از مهمترین تنش‌ها و آشفتگی‌های مؤثر بر ایجاد آسیب‌پذیری مانگروهای ایران معرفی شده است (Mafi-Gholami *et al.*, 2015). از سوی دیگر بنا بر پیش‌بینی‌های موجود در مورد افزایش حداکثری ارتفاع سطح آب‌های آزاد جهان در دهه‌های آینده (Cazenave and Remy, 2011)، بالا آمدن سطح آب‌های خلیج فارس و دریای عمان می‌تواند در تقابل با روند رسوب‌گذاری مانگروهای این نواحی، سبب مهاجرت این رویشگاه‌ها به سمت خشکی شود و در رویشگاه‌هایی که تحت تأثیر وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت با کاهش وسعت یا فقدان توان مهاجرت به سمت خشکی مواجه هستند، بالا آمدن آینده سطح آب دریا می‌تواند به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل کاهش‌دهنده وسعت و از بین رفتن این اکوسیستم‌ها محسوب شود. بنابراین، سؤال‌های اصلی پژوهش پیش‌رو به این صورت مطرح می‌شود که روند تغییرات وسعت رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک در طول دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) چگونه بوده است؟ و در دوره وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت پس از سال ۱۹۹۸ (Mafi-Gholami *et al.*, 2019) چه رویشگاهی بیشترین کاهش وسعت را متحمل شده است؟ تغییرات گستره‌های رو به خشکی و دریا در رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ چگونه بوده است؟ کدامیک از رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان بیشترین کاهش را در گستره رو به خشکی تحت تأثیر خشک‌سالی بلندمدت پس از سال ۱۹۹۸ داشته است؟ برای پاسخ به این سؤال‌ها و با توجه به اهمیت بررسی تغییرات گستره‌های رو به دریا و خشکی مانگروها برای بررسی میزان آسیب‌پذیری آنها نسبت به بالا آمدن سطح آب دریاها، ضمن استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی، میزان



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی مانگروهای استان هرمزگان (A: تیاب، B: خمیر و C: جاسک)

فصول جلوگیری شود (Giri, 2016).

نخستین مرحله از پردازش تصاویر، انجام تصحیح هندسی روی آنها بود. هر چند تصاویر لندست ۸ دارای دقت هندسی مناسبی بودند، اما برای دستیابی به بیشترین دقت هندسی تصاویر و نیز صحت بیشتر تجزیه و تحلیل تغییرات وسعت مانگروها، با کمک نرم‌افزار ایدریسی و ثبت در مجموع ۲۴۰ نقطه کنترل زمینی با استفاده از GPS (که دارای پراکنش مناسب در سطح مناطق و در تصاویر نیز قابل تشخیص بودند) تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۶ با مقدار خطای کمتر از یک پیکسل زمین مرجع شدند. در نهایت تصاویر تصحیح شده لندست ۸ برای تصحیح هندسی تصاویر سال ۲۰۰۰ برای مجموعه تصاویر سال

نقشه‌سازی تغییرات گستره مانگروها در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک در پژوهش پیش‌رو، برای بررسی پیشروی مانگروهای استان هرمزگان به سمت خشکی یا دریا در سه حوضه رویشگاهی خمیر، تیاب و جاسک و در طول یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶ تا ۲۰۱۶)، از تعداد نه تصویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ استفاده شد. برای بررسی نقشه‌سازی دقیق‌تر تغییرات گستره رو به خشکی و دریایی مانگروها از تصاویر استفاده شد، ضمن اینکه فاقد پوشش ابری بودند، آب دریا در حالت جزر قرار داشت و تاریخ دریافت تصاویر نیز در پایان فصل تابستان بود تا بدین ترتیب از تفاوت‌های فنولوژیکی ناشی از تغییر

۱۹۸۶ استفاده شدند.

در این پژوهش، از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر و استخراج پوشش گیاهی مانگروها استفاده شد (Wang *et al.*, 2004; Nguyen *et al.*, 2019). به‌منظور بارزسازی تصاویر و کمک به انجام دقیق‌تر طبقه‌بندی و جداسازی پوشش گیاهی مانگروها از نواحی آبی و خشکی‌های پیرامون، شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) که یکی از بهترین و پرکاربردترین شاخص‌های مورد استفاده برای شناسایی سریع و ساده پوشش گیاهی سبز از سایر مناطق است، محاسبه شد. با در اختیار داشتن نقشه NDVI و نیز تهیه نقشه ترکیب رنگی کاذب باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک، طبقه‌بندی نظارت‌شده برای تمامی تصاویر انجام شد.

برای انجام صحت‌سنجی نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال ۲۰۱۶، تعداد ۲۱۰ نمونه زمینی با ابعاد ۳۰ × ۳۰ متر (۹۰۰ مترمربع) در سال ۲۰۱۶ از سطح و نیز مرزهای رو به دریا و رو به خشکی مانگروها برداشت شد. همچنین، برای صحت‌سنجی نقشه‌های حاصل از تصاویر مربوط به دیگر سال‌های دوره زمانی از عکس‌های هوایی سال ۱۳۷۲ و نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۳۹۰ استفاده شد. مطابق با پژوهش‌های Eslami-Andargoli و همکاران (۲۰۱۰) و Nguyen و همکاران (۲۰۱۳)، برای صحت‌سنجی نقشه‌های نهایی از روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی‌شده استفاده شد و براساس آن دقت کاربر، دقت تولیدکننده، دقت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های پوشش گیاهی مانگرو محاسبه شد. پس از تهیه نقشه‌های نهایی گستره مانگروها، با استفاده از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS و بر مبنای پژوهش‌های پیشین (Gilman *et al.*, 2008; Eslami-Andargoli *et al.*, 2009; Ellison and Zouh, 2012; Nguyen *et al.*, 2013)، تغییرات گستره رو به خشکی و دریای هریک از رویشگاه‌ها در فاصله زمانی میان سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ محاسبه شد. سپس تغییرات وسعت گستره‌ها در دو سمت خشکی و دریا در

طول دوره ۳۰ ساله و نیز دو دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ بررسی شد. روش کار در استخراج تغییرات گستره مانگروها در سمت رو به دریا و خشکی به این صورت بود که با تعیین یک خط فرضی به‌عنوان محور مرکزی رویشگاه در مقطع زمانی میانه دوره (۱۹۹۸)، موقعیت خورها و پهنه‌های گلی، گستره رویشگاه به دو بخش رو به دریا و خشکی تقسیم‌بندی شد و با استخراج پهنه‌های حاصل از تفاضل دو مقطع زمانی از یکدیگر، تغییرات رخ‌داده در گستره رو به دریا و خشکی با استفاده از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS استخراج شدند. بدین‌ترتیب بررسی میزان پیشروی مانگروها به سمت خشکی و دریا در طول یک دوره زمانی مشخص میسر شد (Ellison and Zouh, 2012; Nguyen *et al.*, 2013).

نتایج

نتایج ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد که دقت کلی تمامی طبقه‌بندی‌های انجام شده بیشتر از ۹۲ درصد است. نتایج همچنین نشان داد که مقدار دقت کاربر و دقت تولیدکننده برای تمامی طبقه‌بندی‌های انجام‌شده روی تصاویر بیشتر از ۸۰ است که دقت بسیار مناسبی برای نقشه‌سازی گستره مانگروها محسوب می‌شود.

نتایج نشان داد که وسعت مانگروها در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ (که به‌ترتیب نشان‌دهنده ابتدا، میانه و انتهای دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) هستند)، دچار کاهش یا افت روند افزایشی شده است (جدول ۱ و شکل‌های ۲ تا ۷). رویشگاه خمیر بیش از ۱۳۹ هکتار کاهش وسعت در طول دوره ۳۰ ساله داشته است (جدول ۱). این رویشگاه، در دو بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ به‌ترتیب ۱۶۷/۷۵ و ۳۰۶- هکتار تغییر وسعت داشته است که بیانگر کاهش چشمگیر وسعت این رویشگاه در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ (وقوع خشک‌سالی) نسبت به دوره پیش از آن است (جدول ۱).

رویشگاه تیاب در هر دو دوره زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ افزایش وسعت داشته است (جدول ۱). به‌طوری‌که

جاسک بر وسعت این گستره‌ها افزوده شده است (جدول ۲). هرچند که در رویشگاه‌های تیاب و جاسک بر وسعت گستره‌های رو به دریا و خشکی در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ افزوده شده است، اما میزان افزایش وسعت این گستره‌ها نسبت به دوره پیش از سال ۱۹۹۸ به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. به طوری که در رویشگاه تیاب میزان افزایش وسعت گستره رو به خشکی از حدود ۴۶۳ هکتار در دوره پیش از سال ۱۹۹۸ به حدود ۳۵ هکتار در دوره پس از سال ۱۹۹۸ رسیده است. در رویشگاه جاسک نیز میزان افزایش وسعت گستره رو به خشکی از ۱۶۵ هکتار در دوره پیش از سال ۱۹۹۸ به ۱۳ هکتار در دوره پس از سال ۱۹۹۸ کاهش یافته است. در واقع این نتایج نشان می‌دهد که بخش قابل توجهی از کاهش وسعت رویشگاه‌های مورد مطالعه در نتیجه کاهش گستره‌های رو به خشکی آنها بوده است.

بررسی تغییرات گستره رو به دریای رویشگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد که در رویشگاه خمیر وسعت گستره رو به دریا در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از سال ۱۹۹۸ به میزان قابل توجهی کاهش یافته است؛ به طوری که از وسعت گستره رو به دریای آن در سال ۲۰۱۶ نسبت به سال ۱۹۹۸ در حدود ۳۰ هکتار کاسته شده است (جدول ۲). همچنین، نتایج نشان می‌دهد که در رویشگاه‌های تیاب و جاسک نیز از روند افزایش وسعت گستره رو به دریا در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن کاسته شده است؛ به طوری که در رویشگاه تیاب از حدود ۱۳۲ هکتار به حدود ۷۵ هکتار و در رویشگاه جاسک از حدود ۵۷ هکتار به حدود ۲۷ هکتار در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن کاهش یافته است (جدول ۲).

وسعت مانگروهای این رویشگاه در دوره ۳۰ ساله به میزان ۷۰۵ هکتار افزایش یافته است. با وجود این افزایش وسعت در طول دوره ۳۰ ساله، میزان افزایش وسعت مانگروهای رویشگاه تیاب در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ در حدود یک‌پنجم میزان افزایش وسعت آن در دوره زمانی قبل از سال ۱۹۹۸ است.

میزان افزایش وسعت مانگروها در رویشگاه جاسک در دوره زمانی ۳۰ ساله در حدود ۲۶۰ هکتار به دست آمد (جدول ۱). در این رویشگاه نیز همانند رویشگاه تیاب، در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن از روند افزایش وسعت مانگروها کاسته شده است. بر این اساس، افزایش وسعت مانگروها در این رویشگاه از ۲۲۳ هکتار در دوره پیش از سال ۱۹۹۸ به ۳۵ هکتار در دوره پس از سال ۱۹۹۸ کاهش یافته است (جدول ۱). در مجموع، نتایج نشان می‌دهد در میان رویشگاه‌های مورد مطالعه، رویشگاه خمیر بیشترین میزان کاهش وسعت را در طول دوره ۳۰ ساله تجربه کرده است.

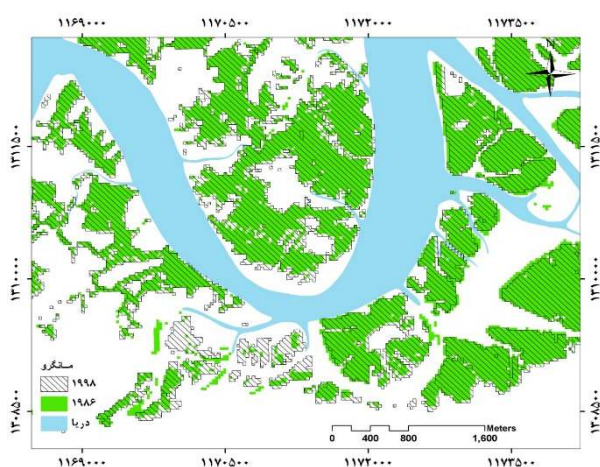
تجزیه و تحلیل تغییرات گستره‌های رو به خشکی و دریای مانگروها در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک نشان داد که در دوره زمانی قبل از سال ۱۹۹۸ بر گستره‌های رو به خشکی و دریای سه رویشگاه افزوده شده است (جدول ۲). در میان رویشگاه‌های مورد مطالعه، رویشگاه تیاب در گستره‌های رو به دریا و خشکی به ترتیب ۱۳۱/۵۴ و ۴۶۲/۸۲ هکتار افزایش وسعت داشته است. بررسی تغییرات گستره رو به دریا و خشکی رویشگاه‌های مورد مطالعه در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ نشان می‌دهد که به استثنای رویشگاه خمیر که از وسعت گستره‌های رو به دریا و خشکی آن در این دوره کاسته شده است (دارای تغییرات وسعت منفی)، در رویشگاه‌های تیاب و

جدول ۱- تغییرات وسعت (هکتار) رویشگاه‌های مورد مطالعه در مقاطع زمانی مختلف

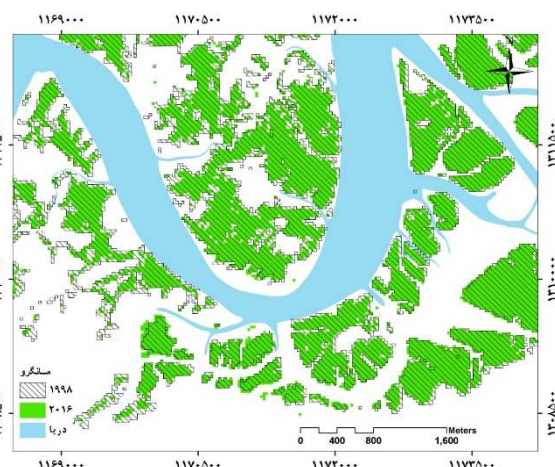
رویشگاه	سال ۱۹۸۶	سال ۱۹۹۸	سال ۲۰۱۶
خمیر	۱۶۶۰/۶	۱۸۲۸/۳۵	۱۵۲۱/۳۶
تیاب	۲۷۹/۷۲	۸۷۴/۰۸	۹۸۴/۶
جاسک	۳۰۳/۴۸	۵۲۵/۶۹	۵۶۱/۴۲

جدول ۲- تغییرات گستره رو به خشکی و دریای رویشگاه‌ها در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸

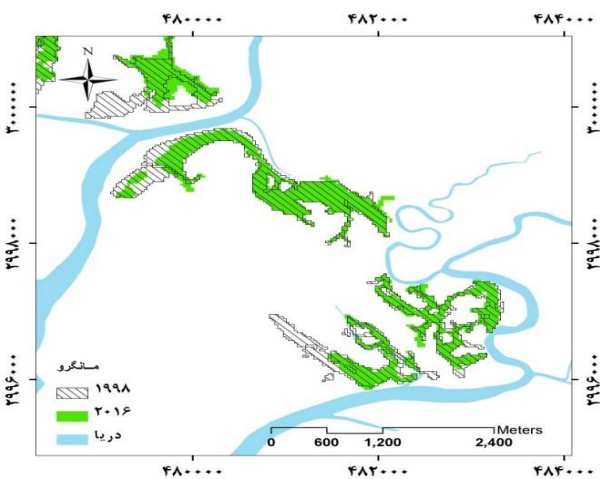
تغییرات گستره (هکتار)		تغییرات گستره (هکتار)		رویشگاه
۱۹۹۸-۲۰۱۶		۱۹۸۶-۱۹۹۸		
رو به خشکی	رو به دریا	رو به خشکی	رو به دریا	
-۲۷۴/۷	-۳۰/۲۲	۹۵/۳۲	۷۷/۷۵	خمیر
۳۵/۰۹	۷۵/۴۳	۴۶۲/۸۲	۱۳۱/۵۴	تیاب
۱۳/۱۷	۲۲/۵۶	۱۶۵/۳۴	۵۶/۸۷	جاسک



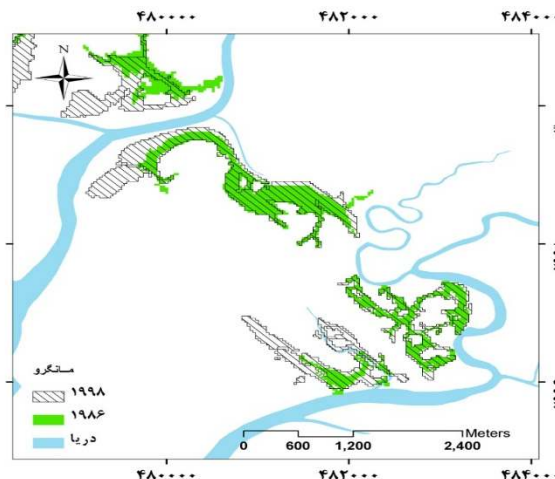
شکل ۳- تغییرات گستره مانگروهای رویشگاه خمیر در دوره زمانی پیش از سال ۱۹۹۸



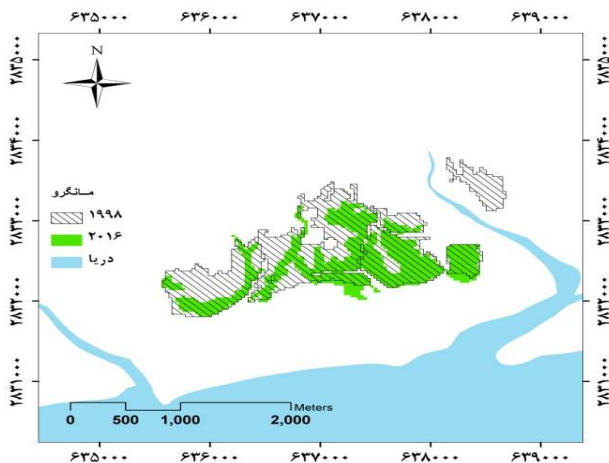
شکل ۲- تغییرات گستره مانگروهای رویشگاه خمیر در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸



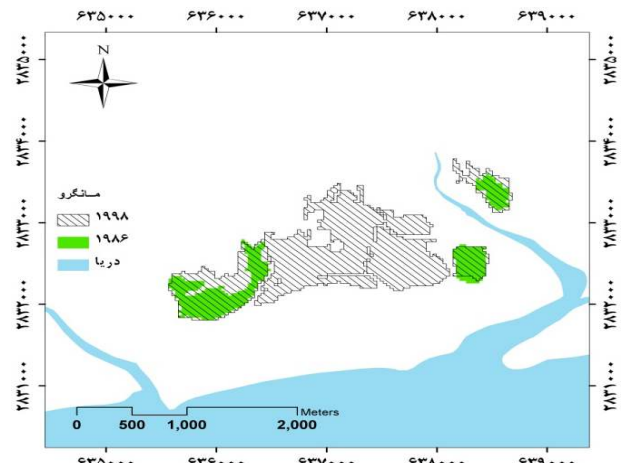
شکل ۵- تغییرات گستره مانگروهای رویشگاه تیاب در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸



شکل ۴- تغییرات گستره مانگروهای رویشگاه تیاب در دوره زمانی پیش از سال ۱۹۹۸



شکل ۷- تغییرات گستره مانگروهای رویشگاه جاسک در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸



شکل ۶- تغییرات گستره مانگروهای رویشگاه جاسک در دوره زمانی پیش از سال ۱۹۹۸

مانگروهای سواحل جنوبی ایران در دوره وقوع خشک‌سالی‌های ۱۹۹۸ تاکنون به‌طور عمده ناشی از کاهش وسعت یا افت روند افزایش گستره‌های رو به خشکی این رویشگاه‌ها بوده است که می‌تواند به‌دلیل کاهش شدید مقادیر بارندگی و افزایش شدت خشکی و کمبود آب شیرین در گستره‌های رو به خشکی مانگروها باشد. پژوهش Eslami-Andargoli و همکاران (۲۰۰۹)، وقوع خشک‌سالی در فاصله زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۳ و به‌دنبال آن کاهش گستره رو به خشکی مانگروها به‌دلیل فعالیت پدیده ال‌نینو معرفی شده است. در ایران نیز کاهش مقادیر بارندگی و وقوع خشک‌سالی‌ها در سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان، به‌دلیل همزمانی، تأثیرگذاری و استمرار قوی‌ترین لائینای نیم قرن اخیر بیان شده است (Barlow *et al.*, 2002). نتایج پژوهش Gilman و همکاران (۲۰۰۷) نیز نشان می‌دهد که طی یک دوره ۴۰ ساله حدود ۶۰ درصد از گستره رو به خشکی مانگروهای منطقه ساموآ در ایالات متحده کاهش یافته است و مانگروهای مورد مطالعه فاقد توان پیشروی به سمت خشکی‌ها در پاسخ به بالا آمدن سطح آب دریا بوده‌اند.

نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که مانگروهای رویشگاه خمیر دارای بیشترین کاهش وسعت در گستره رو به خشکی

بحث

نظر به اهمیت بررسی تغییرات گستره‌های رو به دریا و خشکی مانگروها با هدف بررسی میزان آسیب‌پذیری آنها نسبت به بالا آمدن سطح آب دریاها، در پژوهش پیش‌رو تغییرات گستره‌های رو به دریا و خشکی مانگروهای استان هرمزگان در رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک در طول یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) بررسی شد. نتایج نشان داد که در دوره ۱۸ ساله پس از سال ۱۹۹۸ تا سال ۲۰۱۶، از وسعت این گستره‌ها کاسته شده است، یا روند توسعه وسعت آنها در این دوره زمانی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. نتایج پژوهش‌های پیشین در رویشگاه‌های مختلف مانگرو نشان می‌دهد که کاهش بارندگی و وقوع خشک‌سالی از طریق افزایش شوری بسیار زیاد اراضی رو به خشکی مجاور مانگروها سبب کاهش وسعت یا کاهش روند توسعه مانگروها به سمت اراضی خشکی می‌شود (Ellison, 2001). پژوهش Mafi-Gholami و همکاران (۲۰۱۷a) نیز نشان داده که کاهش وسعت مانگروهای سواحل شمالی خلیج فارس و دریای عمان دارای ارتباط بسیار قوی با وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت رخ داده در این نواحی از سال ۱۹۹۸ تاکنون است. نتایج پژوهش پیش‌رو نشان داد که در واقع بخش عمده کاهش وسعت

وارد آب‌های این ناحیه کرده است که بدون شک در تغییرات وسعت و موقعیت کنونی مانگروهای این مناطق اثرگذار بوده است.

این پژوهش نشان داد که در رویشگاه‌های تیاب و جاسک نیز در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸، روند توسعه گستره‌های رو به خشکی با کاهش زیادی همراه بوده است. البته این پدیده می‌تواند تا حد زیادی مرتبط با شدت وقوع خشک‌سالی‌ها در سطح نواحی ساحلی و حوضه‌های آبریز بالادستی مانگروهای واقع در دریای عمان باشد. پژوهش‌های Mafi-Gholami و همکاران (۲۰۱۷ a,b) نیز نشان می‌دهد که علاوه بر تأثیر مستقیم ناشی از کاهش بارندگی در سطح رویشگاه‌های مانگرو جنوب ایران، وقوع خشک‌سالی هیدرولوژیک در سطح حوضه‌های آبریز بالادستی مانگروها در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ نیز نقش مهمی در کاهش گستره رویشگاه‌ها در این دوره زمانی نسبت به دوره زمانی پیش از سال ۱۹۹۸ داشته است.

پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند که یکی از دلایل اصلی پس‌روی مرزهای رو به دریا یا افت روند توسعه مانگروها به سمت دریا، 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 هستند (Gilman et al., 2007; Dahdouh-Guebas et al., 2005; Krauss et al., 2014). در حوضه‌های آبخیز مجاور دریای عمان، رودخانه جگین جاری است که با وجود تشکیلات زمین‌شناسی زودفرسای زون مکران، از نظر رسوب‌گذاری یکی از مهمترین رودخانه‌های استان محسوب می‌شود. سرشاخه‌های فرعی رودخانه جگین از دامنه‌های جنوبی کوه‌های مکران و بشارگرد سرچشمه می‌گیرند. 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، از سویی سبب کاهش حجم قابل توجهی از رسوبات این رودخانه به سواحل و از سوی دیگر موجب افزایش حجم رسوبات سد برابر تا حد ۵/۲ میلیون مترمکعب شده

در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ هستند. بنابراین به نظر می‌رسد در کنار تأثیر وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت بر کاهش وسعت گستره این رویشگاه، عوامل دیگری نیز مانند چرای دام، تهیه چوب برای سوخت و نیز مصالح ساختمانی، توسعه آبی‌پروری، ساخت اسکله، ترابری دریایی و تردد شناورها در محدوده مانگروها، توسعه برخی صنایع و معدن‌کاری در پیرامون مانگروها و ورود فاضلاب‌های صنعتی و خانگی از مناطق شهری مجاور و نیز آلودگی‌های نفتی، نقش مؤثری در تخریب و وقوع پس‌روی گستره‌های رو به خشکی این رویشگاه داشته باشند (Mehrabian et al., 2009). براساس برخی گزارش‌های منتشر نشده موجود در اداره کل منابع طبیعی استان هرمزگان و نیز اطلاعات موجود در سند مانگروهای ایران (CESNR, 2013)، بهره‌برداری بی‌رویه بومیان حاشیه جنگل‌های مانگرو رویشگاه خمیر نیز می‌تواند یکی از دلایل کاهش چشمگیر وسعت این رویشگاه، به‌ویژه در گستره‌های رو به خشکی باشد. بررسی اسناد موجود نشان می‌دهد که با اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها در ایران و افزایش قیمت نفت و مواد برای سوخت، بخش عمده‌ای از خانوارهای روستاهای مجاور مانگروها قادر به تأمین سوخت مورد نیاز خود نیستند و همین امر سبب شده است تا این خانوارها با قطع یا شاخه‌زنی مانگروها اقدام به تهیه سوخت مورد نیاز خود کنند (CESNR, 2013). بدون شک این بهره‌برداری بی‌رویه از مانگروها سبب کاهش توان توسعه آنها به سمت اراضی خشکی بالادستی و درنهایت افزایش آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها نسبت به بالا آمدن سطح آب دریا می‌شود. متأسفانه منطقه خلیج فارس و دریای عمان به‌دلیل حجم بالای ورود آلاینده‌های نفتی (سالانه بیش از ۱/۵ میلیون تن نفت) به یکی از آلوده‌ترین مناطق دریایی جهان تبدیل شده است (CESNR, 2013). به‌طوری‌که سازمان بین‌المللی دریانوردی (IMO) این منطقه را در سال ۲۰۰۷ به‌عنوان منطقه ویژه دریایی اعلام کرد (Danehkar et al., 2007). وقوع دو جنگ پی‌درپی در سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۸۸ در محدوده خلیج فارس، حجم عظیمی از آلاینده‌های نفتی را

تغییرات فعلی وسعت گستره‌های رو به خشکی و دریای رویشگاه‌های مورد مطالعه و در صورت تداوم روند کنونی خشک‌سالی‌ها، رویشگاه‌های خمیر و جاسک به ترتیب بیشترین و کمترین میزان آسیب‌پذیری را نسبت به بالا آمدن آینده سطح آب دریاها خواهند داشت.

یافته‌های این پژوهش می‌تواند با فراهم آوردن اطلاعات به روز و دقیق در زمینه تغییرات گستره مانگروها کمک شایانی به برنامه‌ریزی‌های اثربخش برای انجام اقدامات حفاظت و احیای این اکوسیستم‌ها و کاهش آسیب‌پذیری آنها نسبت به بالا آمدن احتمالی آینده سطح آب دریا کند. مدیریت مؤثر و کارآمد رویشگاه‌های مانگرو استان هرمزگان که دچار پس‌روی هستند و از درجه آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند، نیازمند برنامه‌ریزی دقیقی است که به لحاظ اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل پذیرش و پایدار باشد. براین اساس، بازسازی مناطقی که در اثر عوامل انسانی آسیب دیده‌اند و تخریب شده‌اند، باید در اولویت برنامه‌های مدیریتی این رویشگاه‌ها قرار گیرد. در این زمینه، بررسی مسائل اقتصادی-اجتماعی و بهبود وضعیت معیشتی جوامع بومی ساکن در کنار جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان می‌تواند نقش بسیار مؤثری در جلوگیری از بهره‌برداری بی‌رویه و تخریب این جنگل‌ها داشته باشد. برای دستیابی به این هدف میزان وابستگی جوامع بومی به جنگل‌ها به‌منظور توسعه آبی‌پروری، تهیه چوب برای سوخت و نیز استفاده از سرشاخه‌ها به‌عنوان علوفه دام باید به حداقل برسد. با توجه به اینکه وضعیت رسوب‌گذاری و پیشروی و پس‌روی مانگروهای رویشگاه‌های گوناگون می‌تواند تأثیر چشمگیری در موفقیت و کارایی برنامه‌های حفاظت و توسعه این جنگل‌ها داشته باشد، بنابراین پیشنهاد می‌شود که برنامه‌های توسعه و احیای جنگل‌های مانگرو استان هرمزگان با توجه به وضعیت فرسایش و پس‌روی مانگروهای واقع در رویشگاه‌های مختلف انجام شود. درنهایت، پیشنهاد می‌شود برای کسب نتایج دقیق‌تر و با جزییات بیشتر در مورد روند کاهش گستره مانگروها در طول دوره‌های زمانی بلندمدت از مجموعه داده‌های سنجش

است. پژوهش‌هایی که در رویشگاه‌های مختلف مانگرو در سرتاسر دنیا انجام شده است، نشان می‌دهد که احداث سد بر مسیر جریان رودخانه‌ها می‌تواند با تغییر در حجم آب و بار رسوبی رودخانه‌ها سبب افت کمی و کیفی مانگروها شود (Dahdouh-Guebas *et al.*, 2005; Ellison and Zouh, 2012). بنابراین کاهش گستره رو به دریا در مانگروهای رویشگاه جاسک می‌تواند تا حد بسیار زیادی مرتبط با اثر مخرب سد جگین باشد. این امر بیانگر اهمیت انجام پژوهش‌های بیشتر در مورد تأثیر احداث سد جگین بر روند پس‌روی و کاهش گستره رو به دریای مانگروهای واقع در سواحل دریای عمان است.

همچنین، کاهش گستره‌های رو به دریای رویشگاه‌های خمیر و تیاب می‌تواند به دلیل بیشتر بودن نرخ بالا آمدن سطح آب دریا نسبت به نرخ رسوب‌گذاری در بستر مانگروها باشد. تجزیه و تحلیل تغییرات مقادیر ارتفاع امواج ثبت شده در سواحل خلیج فارس و نرخ رسوب‌گذاری در بستر مانگروهای رویشگاه‌های خمیر و تیاب نیز نشان می‌دهد که میزان رسوب‌گذاری در مانگروها متناسب با نرخ بالا آمدن سطح آب دریا در این منطقه نیست و این امر یکی از دلایل اصلی عدم همگامی مانگروها با بالا آمدن سطح آب دریا و پس‌روی آنها از سمت دریا در این رویشگاه‌هاست (Etemadi *et al.*, 2016).

با توجه به تغییرات وسعت گستره‌های رو به خشکی و دریای رویشگاه‌های خمیر، تیاب و جاسک در طول دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) می‌توان بیان کرد که با توجه به وقوع خشک‌سالی‌های بلندمدت در سواحل جنوب ایران و کاهش قابل توجه گستره‌های رو به خشکی مانگروهای این سواحل در دوره‌های وقوع خشک‌سالی، در صورت افزایش سطح آب دریاها در آینده و نیاز مانگروها به مهاجرت به سمت خشکی، تداوم کنونی روند خشک‌سالی می‌تواند محدودیت قابل توجهی را برای استقرار مانگروها در اراضی بالادستی ایجاد کند که نتیجه آن افزایش قابل ملاحظه آسیب‌پذیری و عدم توان مقابله این اکوسیستم‌ها با پیامدهای ناشی از بالا آمدن سطح آب دریا خواهد بود. براساس

spatial patterns of mangrove forest during wetter and drier periods: Moreton Bay, Southeast Queensland, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 89(1): 53-61.

- Etemadi, H., Samadi, S.Z., Sharifikia, M. and Smoak, J.M. 2016. Assessment of climate change downscaling and non-stationarity on the spatial pattern of a mangrove ecosystem in an arid coastal region of southern Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, 126(1-2): 35-49.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2007. *The world's mangroves 1980-2005*. FAO Forestry Paper 153. FAO, Rome.
- Field, C. 1995. Impacts of expected climate change on mangroves. *Hydrobiologia*, 295: 75-81.
- Gilman, E.L., Ellison, J., Duke, N.C. and Field, C. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation options: a review. *Aquatic Botany*, 89(2): 237-250.
- Gilman, E., Ellison, J. and Coleman, R. 2007. Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. *Environmental Monitoring and Assessment*, 124(1): 105-130.
- Giri, C. 2016. Observation and monitoring of mangrove forests using remote sensing: Opportunities and challenges. *Remote Sensing*, 8(9): 783.
- Halpern, B.S., Selkoe, K.A., Micheli, F. and Kappel, C.V. 2007. Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. *Conservation Biology*, 21(5): 1301-1315.
- 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.
- Lucas, R.M., Ellison, J.C., Mitchell, A., Donnelly, B., Finlayson, M. and Milne, A.K. 2002. Use of stereo aerial photography for quantifying changes in the extent and height of mangroves in tropical Australia. *Wetlands ecology and Management*, 10(2): 159-173.
- Mafi-Gholami, D., Mahmoudi, B. and Zenner, E.K. 2017a. 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., Baharlouii, M. and Mahmoudi, B. 2017b. Investigation of climate change consequences on mangroves and saltmarshes areas (Case study: Hara biosphere reserves). *Journal of Environmental Researches*. Accepted for publication (In Persian).
- Mafi-Gholami, D., Feghhi, J., Danehkar, A. and Yarali, N. 2015. Prioritizing stresses and disturbances affecting mangrove forests using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP). Case study: mangrove

از دوری به تفکیک هریک از سالهای دوره زمانی موردنظر استفاده شود.

منابع مورد استفاده

- Alongi, D.M. 2018b. Impact of global change on nutrient dynamics in mangrove forests. *Forests*, 9(10): 596.
- 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.
- Alongi, D. M. 2018a. Mangrove Forests. In *Blue Carbon* (pp. 23-36). Springer, Cham.
- Barlow, M., Cullen, H. and Lyon, B. 2002. Drought in central and southwest Asia: La Niña, the warm pool, and Indian Ocean precipitation. *Journal of climate*, 15(7): 697-700.
- Blasco, F., Saenger, P. and Janodet, E. 1996. Mangroves as indicators of coastal change. *Catena*, 27(3-4): 167-178.
- Cazenave, A. and Remy, F. 2011. Sea level and climate: measurements and causes of changes. *Wiley Interdisciplinary Reviews, Climate Change*, 2(5): 647-662.
- CESNR (Consulting Engineers of Sustainability of Nature and Resources), 2013. National document of the country's mangrove forests, 530p (In Persian).
- Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L.P., Di Nitto, D., Bosire, J.O., LoSeen, D. and Koedam, N. 2005. How effective were mangroves as a defense against the recent tsunami?. *Current Biology*, 15: 443-447.
- Danehkar, A. 2001. Mangroves forests zonation in Gaz and Harra international wetlands. *The Environment Scientific Quarterly Journal*, 34: 43-49 (In Persian).
- Danehkar, A., Mahmoudi, B. and Hashemi, A. 2007. Management Plan and development of mangrove forests in the Hormozgan province, Department of Natural Resources Hormozgan province, 200p (In Persian).
- Ellison, J.C. 2018. Effects of climate change on mangroves relevant to the Pacific Islands. *Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science*, 99-111.
- 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.
- Eslami-Andargoli, L., Dale, P.E.R., Sipe, N. and Chaseling, J. 2010. Local and landscape effects on

- Nguyen, H.H., McAlpine, C., Pullar, D., Johansen, K. and Duke, N.C., 2013. The relationship of spatial-temporal changes in fringe mangrove extent and adjacent land-use: Case study of Kien Giang coast, Vietnam. *Ocean and Coastal Management*, 76: 12-22.
- Snedaker, S.C. 1995. Mangroves and climate change in the Florida and Caribbean region: scenarios and hypotheses. In *Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems*, Springer Netherlands, 43-49.
- Wang, Q., Tenhunen, J., Dinh, N.Q., Reichstein, M., Vesala, T. and Keronen, P. 2004. Similarities in ground-and satellite-based NDVI time series and their relationship to physiological activity of a Scots pine forest in Finland. *Remote Sensing of Environment*, 93(1): 225-237.
- forests of Hormozgan Province, Iran. *Advances in Environmental Sciences*, 7(3): 442-459.
- 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.
- Mehrabian, A., Naqinezhad, A., Mahiny, A.S., Mostafavi, H., Liaghati, H. and Kouchekzadeh, M. 2009. Vegetation Mapping of the Mond Protected Area of Bushehr Province (South-west Iran). *Journal of Integrative Plant Biology*, 51(3): 251-260.
- Mukherjee, N., Sutherland, W.J., Dicks, L., Hugé, J., Koedam, N. and Dahdouh-Guebas, F. 2014. Ecosystem service valuations of mangrove ecosystems to inform decision making and future valuation exercises. *PloS one*, 9(9): e107706.

Changes in landward and seaward extent of mangroves in the coastal areas of the Hormozgan province

D. Mafi Gholami ^{1*} and A. Jaafari ²

1* - Corresponding author, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
E-mail: d.mafigholami@nres.sku.ac.ir

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 06.05.2019

Accepted: 13.10.2019

Abstract

Reduced rainfall and drought occurrence by restricting the migration of mangroves to the uplands have increased the vulnerability of these ecosystems to sea level rise. Therefore, monitoring the changes in the landward and seaward extent of mangroves can provide valuable information on the response and degree of vulnerability of these ecosystems to sea level rise. The aim of this study was to investigate the trend of changes in the landward and seaward extent of mangroves along the coasts of the Hormozgan province. To this end, the mangroves in the Khamir, Tiab and Jask habitats were mapped using satellite imagery in 1986, 1998 and 2016 and changes in the landward and seaward extent of mangroves were investigated during the periods before and after 1998 (the period of occurrence of long-term droughts on the southern coasts of Iran). The results showed that in the post-1998 period, which corresponds to long periods of drought on the southern coast of Iran, the landward extent of the mangroves was reduced (272.7 ha reduction in Khamir) or the trend of development of landward extent has decreased dramatically, such that in Tiab and Jask the increase in the landward extent has decreased from 463 and 165 ha to 35 and 13 ha, respectively. In addition to the significant impact of reduced rainfall, human factors such as livestock grazing and fueling (especially for the mangroves located in Khamir), development of aquaculture and pollutants have also played an effective role in the regressing of these habitats.

Key words: Climate change, Geographic information system, Remote sensing, Vulnerability.