مجله علوم وفنون دریایی، فصل نامه ی علمی پژوهشی

دوره ۲۲، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، صفحات ۶۸ تا ۷۲

مقاله پژوهشی

Available Online: http://jmst.kmsu.ac.ir

پیش‌بینی پهنه آبگرفتگیِ ناشی از تغییر اقلیم در محدودهٔ جنگل‌های حرا

مریم یعقوب زاده [۱]، عبدالرسول سلمان ماهینی [۱*]، علیرضا میکاییلی تبریزی [۱]، افشین دانه‌کار [۲]

۱. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۲. گروه محیط زیست، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

نویسنده مسئول، پست الکترونیک: rassoulmahiny@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۳۰ **تاریخ بازنگری:** ۱۳۹۹/۰۳/۱۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۳۹۹/۰۳/۱۳

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22113/JMST.2020.202372.2312

چکیده

اکوسیستم‌های مانگرو طی سال‌های اخیر، علاوه بر تخریب انسانی به وسیله اثرات تغییر اقلیم جهانی نیز تهدید شده‌اند. یکی از مهم‌ترین اثرات ناشی از تغییر اقلیم بر جنگل‌های مانگرو، افزایش جهانی تراز سطح آب دریا و بالتبع آن آبگرفتگی بخشی از ناحیه ساحلی است. بالا آمدن سطح آب دریا موجب عقب‌نشینی جنگل‌های مانگرو در بسیاری از مناطق می‌شود. با این وجود در برخی مناطق، سکونتگاه‌های انسانی، وجود سازه‌ها و تاسیسات ساحلی عاملی محدودکننده محسوب می‌شوند. در این مطالعه با استفاده از دو سناریوی کمترین و بیشترین میانگین بالا آمدن سطح آب دریا در دوره زمانی ۲۰۴۶-۲۰۶۵ مطابق گزارش IPCC و نتایج مطالعات داخلی، پهنه آبگرفتگی ناشی از بالا آمدن سطح دریا در محدوده دو منطقه حفاظت شده حرا در شهرستان بندرخمیر و حرای تیاب در شهرستان میناب تعیین شد. نتایج نشان داد در صورت بالا آمدن سطح آب دریا، پهنه آبگرفتگی در محدوده منطقه حفاظت شده حرا در کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هکتار و در منطقه حفاظت شده تیاب و میناب حدود ۳۵۰۰ و ۷۰۰۰ هکتار خواهد بود. نتایج بررسی پوشش و کاربری اراضی نیز نشان داد بیشتر اراضی پسکرانه مربوط به پوشش مرتعی فقیر و زمین‌های خالی است و با توجه به پیش‌بینی‌های منطقه‌ای و جهانی در بالا آمدن سطح دریا، در حال حاضر مانعی برای مهاجرت مانگروها به سمت خشکی وجود ندارد. با این وجود تغییرات کاربری اراضی در سال‌های آینده و طرح‌های آتی در منطقه باید مورد بررسی قرار گیرد تا تصمیمات مدیریتی مناسب‌تری در جهت حفظ این اکوسیستم‌های ارزشمند گرفته شود.

واژگان کلیدی: جنگل‌های مانگرو، بالا آمدن سطح آب دریا، منطقه حفاظت شده، هرمزگان

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

۱. مقدمه

مانگروها زیست بوم‌های مناطق گرمسیری هستند که به دلیل اهمیت بالا، شکنندگی و آسیب پذیری‌شان نیاز به حفاظت و مدیریت دارند. این جنگل‌ها اثرات تنظیمی و خدماتی مهمی در مناطق استقراشان دارند و اکوسیستم‌های ویژه‌ای هستند که در صورت تخریب، احیاء آنها بسیار دشوار و گاهی غیرممکن است (Mirabzadeh, 1997; Chong, 2005; Bunting et al., 2018; Osland et al., 2018). کاهش سطح مانگروها و تخریب این اکوسیستم‌ها باعث کاهش کیفیت آب، کاهش تنوع گونه‌ای و از بین رفتن مناطق نوزادگاهی آبزیان خواهد شد که اثرات نامطلوبی بر زیستگاه‌های ساحلی مجاور خواهد داشت (Gilman et al., 2008; Walters et al., 2008; Etemadi et al., 2014). انهدام مانگروها همچنین مقادیر قابل توجهی از ذخیره کربنی را آزاد ساخته که باعث بدتر شدن وضعیت گرمایش جهانی و دیگر آثار تغییر اقلیم خواهد شد (Duarte et al., 2013; Webb et al., 2013). متاسفانه این اکوسیستم‌ها طی سال‌های اخیر تحت تاثیر منابع و آلاینده‌های مختلف مورد تهدید واقع شده‌اند. در طول ۵۰ سال گذشته حدود یک سوم از مانگروهای جهان از بین رفته‌اند (Corcoran et al., 2006; Mafi-Gholami and Jaafari, 2019). علاوه بر تخریب انسانی، مانگروها به وسیله اثرات تغییر اقلیم جهانی نیز تهدید می‌شوند (Jennerjahn et al., 2017).

اگرچه در حال حاضر، تغییر اقلیم در مقابل عوامل انسانیِ تخریب مانگروها تهدید جدی محسوب نمی‌شود اما افزایش سریع سطح آب ناشی از تغییر اقلیم دلیل اصلی کاهش پیش‌بینی شده سطح رویش مانگروها و دیگر تالاب‌های جزرومدی در آینده خواهد بود (Nicholls et al., 1999; Etemadi et al., 2014). هر چند مانگروها سازگاری بالایی دارند و در شرایط سخت محیطی در طول میلیون‌ها سال بقا پیدا کرده‌اند، اما در حال حاضر با نرخی از تغییرات محیط‌زیستی روبرو شده‌اند که در تاریخ خود بی‌سابقه است (Jennerjahn et al., 2017). Jennerjahn et al. (2017) چهار عامل مهم آسیب‌پذیری جنگل‌های مانگرو به تغییر اقلیم را که به شناسایی مناطق آسیب‌پذیرتر در سطح جهان کمک میکند؛ بالا آمدن سطح دریا، افزایش شدت (یا افزایش فرکانس) طوفان‌ها، دما و خشکی معرفی کردند. در مطالعه انجام شده توسط Ward et al. (2016) اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم بر جنگل‌های مانگرو دنیا بررسی شده است. بالا آمدن سطح دریا، افزایش طوفان، تغییر رژیم بارش و افزایش دما از عوامل اثرگذار بر مانگروها است. در این مطالعه همچنین اشاره شده است، طوفان جنگل‌های مانگروی آمریکای شمالی و مرکزی، آسیا، استرالیا و شرق آفریقا را بیشتر از غرب آفریقا و آمریکای جنوبی تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مورد مانگروهای خاورمیانه نیز می توان به بالا آمدن سطح دریا، افزایش دما و کاهش بارش (در مناطقی از خلیج فارس احتمال افزایش بارش وجود دارد) اشاره کرد (Ward et al., 2016). Gliman et al., (2006, 2007) براساس سناریوی حداکثری افزایش سطح آب دریا پیش‌بینی کردند تا سال ۲۱۰۰، بیش از سیزده درصد جنگل‌های مانگرو در جزایر اقیانوس آرام کاهش می‌یابد.

Erfani et al. (2010) با بررسی عوامل موثر بر تغییرات جهانی وسعت جنگل‌های مانگرو، تغییرات جهانی آب و هوا را از بزرگترین مشکلات فراروی جنگل‌های مانگرو ذکر کردند. آنها عنوان نمودند به دلیل ارتباط مستقیمی که بین تغییرات اقلیمی و اکوسیستم‌های مانگرو از طریق تغییر در سطح دریا وجود دارد این اکوسیستم‌ها یکی از اولین اکوسیستم‌هایی هستند که تحت تاثیر تغییرات جهانی سطح آب دریا قرار می‌گیرد. Etemadi et al. (2014) در بررسی منطقه حفاظت‌شدهٔ مانگروهای جاسک، پارامتر افزایش تراز نسبی سطح دریا و نرخ رسوب‌گذاری را به عنوان یکی از عوامل موثر بر جنگل‌های مانگرو مورد توجه قرار داد. نتایج مطالعه مذکور نشان داد با توجه به بالاتر بودن میزان افزایش تراز نسبی دریا نسبت به نرخ رسوب‌گذاری منطقهٔ مطالعه پاسخ پیش‌بینی شده جنگل‌های مانگرو، مهاجرت به سمت خشکی می‌باشد. Moslehi (2018) در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جنگل‌های مانگرو سه عامل افزایش درجه حرارت، تغییر در میزان بارش و طوفان را از مهم‌ترین عوامل اثرات تغییر اقلیم بر جنگل‌های مانگرو عنوان کرد.

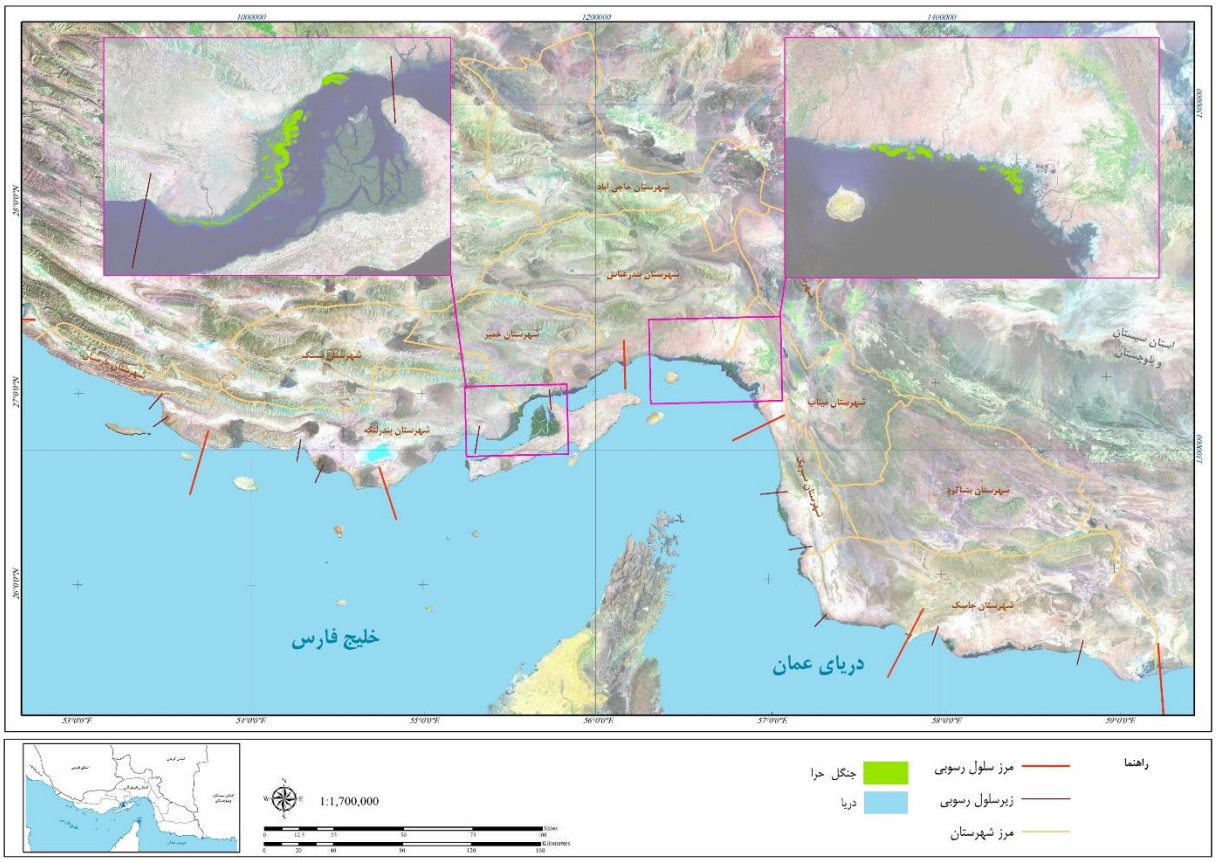
با توجه به مطالعات و بررسی‌های صورت گرفته، یکی از مهم‌ترین اثرات ناشی از تغییر اقلیم بر جنگل‌های مانگرو، افزایش احتمالی جهانی سطح آب دریاها است که یکی از بارزترین پیامدهای ناشی از گرمایش جهانی محسوب می‌شود و مدل‌های اقلیمی متعددی نرخ سریع این افزایش را در دهه‌های آتی پیش‌بینی کرده‌اند (Church et al., 2004; Ward et al., 2016; Ellison, 2018; IPCC, 2007). یکی از اثرات بالا آمدن سطح آب دریا

آبگرفتگی است که سبب فرسایش و شدت جریان‌های ساحلی خواهد شد. بالا آمدن سطح آب دریا همچنین باعث عقب‌نشینی جنگل‌های مانگرو به سمت خشکی در بسیاری از مناطق می‌شود. مهاجرت مانگروهای حاشیه خشکی به سمت اراضی مجاور بستگی به توانایی خاص گونه مانگرو برای ایجاد جامعه جدید در زیستگاه جدید متناسب با نرخ افزایش تراز آبی دریا، شیب زمین‌های مجاور و حضور موانع طبیعی یا مصنوعی بر سر مهاجرت آنها مانند: سکونتگاه‌های انسانی، سازه‌ها و تاسیسات ساحلی–دریایی، دیوارهای ساحلی و دیگر سازه‌های محافظ خط ساحلی دارد (Woodroffe, 1995; Duke et al., 2007). با توجه به فواید مختلف این گیاهان چه به عنوان اکوسیستم‌های طبیعی در زنجیره-ی ارتباطات موجودات زنده‌ی جهان و چه از نظر اقتصادی، توجه به رفع عوامل محدودکننده و تهدیدکننده‌ی جنگل‌های مانگرو ضروری است (Kairo et al., 2001). حفاظت و مدیریت موثر این جنگل-ها در مقابل تغییر اقلیم، مستلزم بررسی آثار تغییرات اقلیمی در مقیاس محلی تا منطقه‌ای و درک پاسخ‌های مانگرو به این تغییرات است. هر چند عوامل زیادی در نتیجه تغییر اقلیم بر جنگل‌های مانگرو اثر می‌گذارد اما در این مطالعه تنها میزان تغییرات پهنه آبگرفتگی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای مورد توجه قرار گرفت. این مطالعه به این منظور انجام شد که آیا در صورت بالا آمدن سطح آب دریا جنگل‌های مانگرو برای عقب‌نشینی و مهاجرت به سمت خشکی با موانع فیزیکی روبرو هستند یا خیر. هدف از مطالعه، بررسی یکی از اثرات تغییر اقلیم بر این جنگل‌ها و ارائه نتایج آن به مسئولان به منظور آگاهی هر چه بیشتر آنها در تصمیم‌گیری خردمندانه‌تر از حریم توسعه جنگل‌ها است. به گونه‌ای که تصمیمات اخذ شده، مدیریت و حفاظت بهتر از این اکوسیستم و بهبود اقدامات حفاظتی آن را به همراه داشته باشد.

۲. مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: محدوده مطالعه شامل بخشی از پهنه‌های مانگرو سواحل استان هرمزگان است که قسمتی از آن در محدوده شهرستان بندرلنگه و بندر خمیر و در منطقه حفاظت شده حرا و بخش دیگر در محدوده شهرستان میناب و بندرعباس در منطقه حفاظت شده حرای تیاب و میناب واقع شده است (شکل ۱). واحد مطالعه در این محدوده، مرز سلول و زیرسلول‌های رسوبی شناسایی شده در استان هرمزگان انتخاب شد. سلول‌های رسوبی به محفظه-هایی در ساحل گفته می‌شود که هر کدام دارای یک چرخه کامل رسوبی؛ اعم از منابع تولید ماسه، مسیرهای انتقال و مخازن رسوب-گذاری هستند (Shayan et al., 2020). براساس مطالعات صورت گرفته توسط سازمان بنادر و دریانوردی (PMO, 2018)، تعداد سلول‌ها و زیرسلول‌های رسوبی تعیین شده در سواحل استان هرمزگان به ترتیب ۶ و ۱۷ بود (شماره‌گذاری سلول‌های رسوبی از غرب به شرق صورت گرفته است). موقعیت جنگل‌های مانگرو محدوده مطالعه در بررسی حاضر در زیرسلول ۲ از سلول شماره ۳ و سلول شماره ۴ قرار دارد. سلول رسوبی شماره ۳ در محدوده بین دماغه شناس و بندر باهنر و سلول رسوبی شماره ۴ در محدوده بندر باهنر تا انتهای خورها و زبانه ماسه‌ای بندر کلاهی در جنوب دلتای زرانی تعیین شده است. قابل ذکر است سلول شماره ۳ دارای ۳ زیرسلول و سلول شماره چهار تنها یک سلول بوده و به صورت یکپارچه است. محدوده جنگل‌های مانگرو شهرستان بندرلنگه و خمیر در سلول شماره ۳ (و زیرسلول شماره ۲) و محدوده جنگل‌های شهرستان بندرعباس و میناب در سلول شماره ۴ واقع شده‌اند (شکل ۱).

روش بررسی بدین شکل است که سه گام اصلی برای انجام این مطالعه طی شد؛ در گام نخست، ابتدا نواحی رویش جنگل‌ها در محدوده مورد مطالعه استخراج شد. به این منظور تصاویر ماهواره لندست از سایت سازمان زمین شناسی آمریکا (The United States Geological Survey: USGS) دریافت شد. تصویر مورد استفاده مربوط به سال ۲۰۱۸ و فاقد پوشش ابر بود و در آن آب دریا در حالت جزر قرار داشت. همچنین، سعی شد تاریخ عکس دریافت شده تا حد امکان به اواخر تابستان نزدیک باشد تا از تفاوت‌های فنولوژیک ناشی از تغییر فصل جلوگیری شود. برای استخراج پوشش گیاهی مانگرو، پس از تصحیح هندسی و اتمسفری تصاویر مذکور از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده شد (Giri et al., 2007; Nguyen et al., 2013). برای بارزسازی تصویر و طبقه-بندی دقیق‌تر از شاخص گیاهی NDVI برای جداکردن جنگل‌ها از سایر مناطق اطراف استفاده شد. علاوه بر این، برای تفکیک بهتر مانگروها، تفسیر چشمی مرزهای مانگرو بوسیله رقومی‌سازی دستی در محیط نرم افزار ArcGIS 10.2 انجام شد. در گام دوم برای تامین داده‌های پیش‌یابی شده برای افزایش



شکل ۱- موقعیت جنگل‌های مانگرو و سلول‌های رسوبی در محدوده مورد مطالعه

Fig. 1- Location of mangrove forests and sedimentary cells in the study area

احتمالی سطح آب دریا در سطح جهانی، از سناریوهای IPCC استفاده شد (IPCC, 2014). داده‌های پیش‌یابی مورد استفاده، برگرفته از گزارش پنجم IPCC تحت چهار سناریو RCP (Representative Concentration Pathways (R)) است. در مطالعه حاضر از دو سناریوی کمترین و بیشترین میانگین بالا آمدن سطح آب دریا در یک دوره زمانی ۲۰۴۶–۲۰۶۵ استفاده شد (جدول ۱).

همچنین، برای داده‌های پیش‌یابی در سطح منطقه‌ای از نتایج مطالعه Soltanpour et al. (2017) استفاده شد. آنها داده‌های بلندمدت شبکه پایش سطح آب خلیج‌فارس را برای بررسی روند تغییرات آب دریا مورد پردازش قرار دادند و با استفاده از داده‌های ایستگاه جزرومدی اسکله شهید رجایی نشان دادند سطح آب دریا در منطقه مورد بررسی (اسکله شهید رجایی) با نرخ۲/۳ میلی‌متر در سال بالا می‌آید.

خروجی مرحله دوم، نقشه مناطقی است که در نتیجه بالا آمدن سطح دریا تحت سناریوهای یاد شده احتمالاً به زیر آب خواهند رفت. برای تعیین پهنه‌های آبگرفتگی تحت دو سناریوی RCP 2.6 و RCP8.5 در مقیاس جهانی و همچنین تعیین پهنه آبگرفتگی در مقیاس منطقه‌ای، از داده‌های ارتفاعی منطقه ساحلی و میانگین بالاترین ارتفاع مد (Mean Higher High Water: MHHW) استفاده شد. به این ترتیب، برای رسم خطوط مربوط به میزان آبگرفتگی از اطلاعات ایستگاه‌های جزرومدی محدوده مطالعه استفاده شد که از سازمان نقشه‌برداری کشور دریافت شده بود. در محدوده مورد مطالعه ۶ ایستگاه جزرومدی شناسایی شد. جدول ۲ موقعیت ایستگاه‌های جزرومدی یاد شده را نشان می دهد.

جدول۱-مقادیر پیش‌یابی شده برای بالا آمدن سطح دریا تحت سناریوهای مختلف (۲۰۶۵-۲۰۴۶) (IPCC, 2014)

Table 1-Predicted values for sea level rise under different scenarios (2046-2065) (IPCC, 2014)

سناریو	دامنه محتمل افزایش سطح آب دریا (متر)	میانگین محتمل افزایش سطح آب دریا (متر)
RCP2.6	0.17 **تا** 0.32	0.24
RCP8.5	0.22 **تا** 0.38	0.30

جدول۲- ایستگاه‌های جزرومدی مورد استفاده در محدوده مطالعه (براساس Chart Datum: C.D) (مرجع: سازمان نقشه-برداری کشور)

Table 2- Gezoromadi stations used in the study area (based on C.D: Chart Datum) (Reference: Country Mapping Organization)

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	MSL	MHHW
TC1-1	55.37	26.73	2	3.15
TC4-2	55.6	26.93	2.52	4.20
TC5-1	55.73	26.96	2.57	4.16
TC8-2	56.26	27.16	2.20	3.64
TE2-2	56.86	27.06	2.05	3.19
TE2-4	56.90	26.90	2.03	3.15

با توجه به اینکه در تحقیقات بی‌شماری، نقشه‌های غرقاب شدگی بر پایه داده‌های ارتفاعی ساحل تهیه شده است (Titus and Richman, 2001; Dasgupta et al., 2007; Mazria and Kershner, 2007; Rowley et al., 2007).

این خطوط به صورت یک کد ارتفاعی از مجموع میانگین بالاترین مَد و عدد پیش‌بینی شده بالارفتن جهانی سطح آب دریاها تعریف شد و بر مدل رقومی ارتفاع (تهیه شده توسط سازمان نقشه-برداری کشور در مطالعات طرح تدقیق مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی استان هرمزگان) منطقه ساحلی (با دقت نیم‌متر) ترسیم شد. به این ترتیب، نقشه مربوط به میزان آبگرفتگی در محدوده جنگل-های مانگرو تهیه شد. در گام سوم: پس از تعیین پهنه آبگرفتگی در اثر بالا آمدن احتمالی سطح دریا، شرایط پسکرانه از نظر وجود موانع برای مهاجرت مانگروها به سمت خشکی بررسی شد. به این منظور از نقشه کاربری اراضیِ حال حاضر منطقه برای تحلیل نتایج استفاده شد.

۳. نتایج

در این مطالعه از میانگین بالاترین مد و میانگین سطح آب دریا در جدول ترازهای جزرومدی ارائه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. جدول ۳ کد تراز خطوط استخراج شده در نوار ساحلی مورد مطالعه در محدوده ایستگاه‌های موجود را نشان می دهد. قابل ذکر است میانگین بالاترین مَد (MHHW) براساس میانگین سطح دریا (MSL) محاسبه و سپس کد ارتفاعی هر یک از سناریوهای مورد بررسی براساس آن تعریف و استخراج شد.

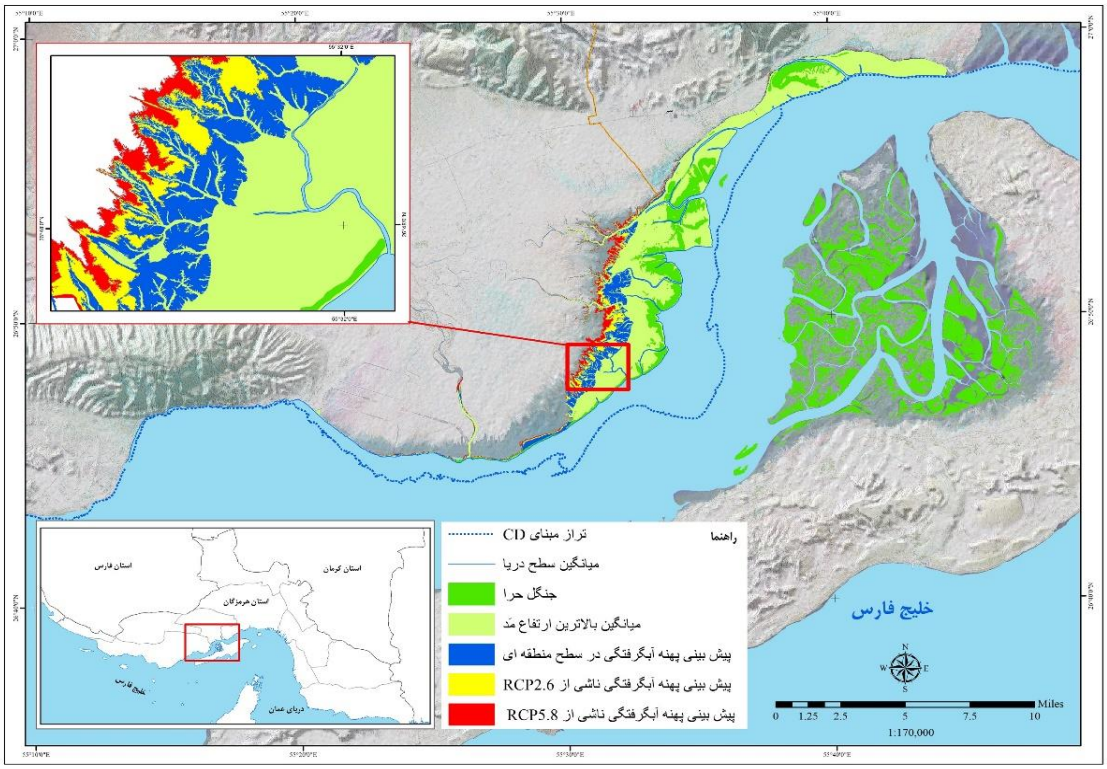
شکل ۲ نتایج حاصل از میزان آبگرفتگی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای، در محدوده منطقه حفاظت شده حرا و شکل ۳ پهنه

آبگرفتگی در منطقه حفاظت شده تیاب و میناب را نشان می‌دهد. این دو منطقه در بخشی از سلول‌های رسوبی واحد مطالعه قرار گرفته‌اند. همچنین، جدول ۴ مساحت پهنه‌های آبگرفتگی براساس سه سناریوی مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۳- کد تراز خطوط استخراج شده در نوار ساحلی محدوده مطالعه در محدوده ایستگاه‌های موجود (براساس MSL)

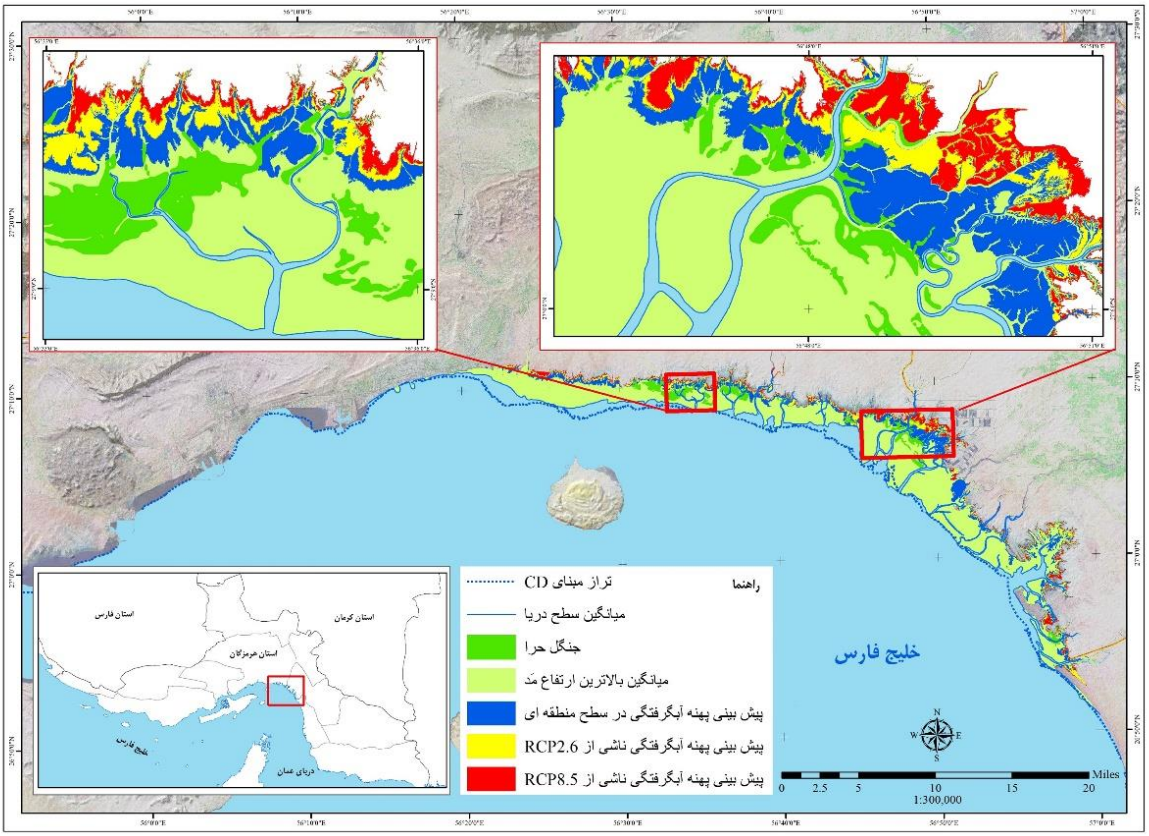
Table 3- Line alignment code extracted in the coastal strip of the study area within the range of existing stations (based on MSL)

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	کد ارتفاعی براساس سناریوهای IPCC (در سطح جهانی و بر حسب متر)		کد ارتفاعی در سطح منطقه ای (متر)
			RCP 2.6	RCP 8.5	(Soltanpour et al., 2017)
C1-1	55.37	26.73	1.39	1.45	1.32
C4-2	55.6	26.93	1.92	1.98	1.85
C5-1	55.73	26.96	1.83	1.89	1.76
C8-2	56.26	27.16	1.68	1.74	1.61
E2-2	56.86	27.06	1.39	1.45	1.31
E2-4	56.90	26.90	1.36	1.42	1.28



شکل ۲- پهنه آبگرفتگی در محدوده منطقه حفاظت شده حرا در مقیاس جهانی و منطقه‌ای

Fig. 2- The area of inundation within the protected area of mangroves on a global and regional scale



شکل ۳- پهنه آبگرفتگی در محدوده منطقه حفاظت شده حرای تیاب و میناب در مقیاس جهانی و منطقه‌ای

Fig. 3- The area of inundation within the protected area of Tiab and Minab mangroves on a global and regional scale

جدول ٤- مساحت پهنه آبگرفتگی تحت سناریوهای مختلف در محدوده‌های مطالعه (برحسب هکتار)

Table 4- The area of the flooded zone under different scenarios in the study areas (in hectares)

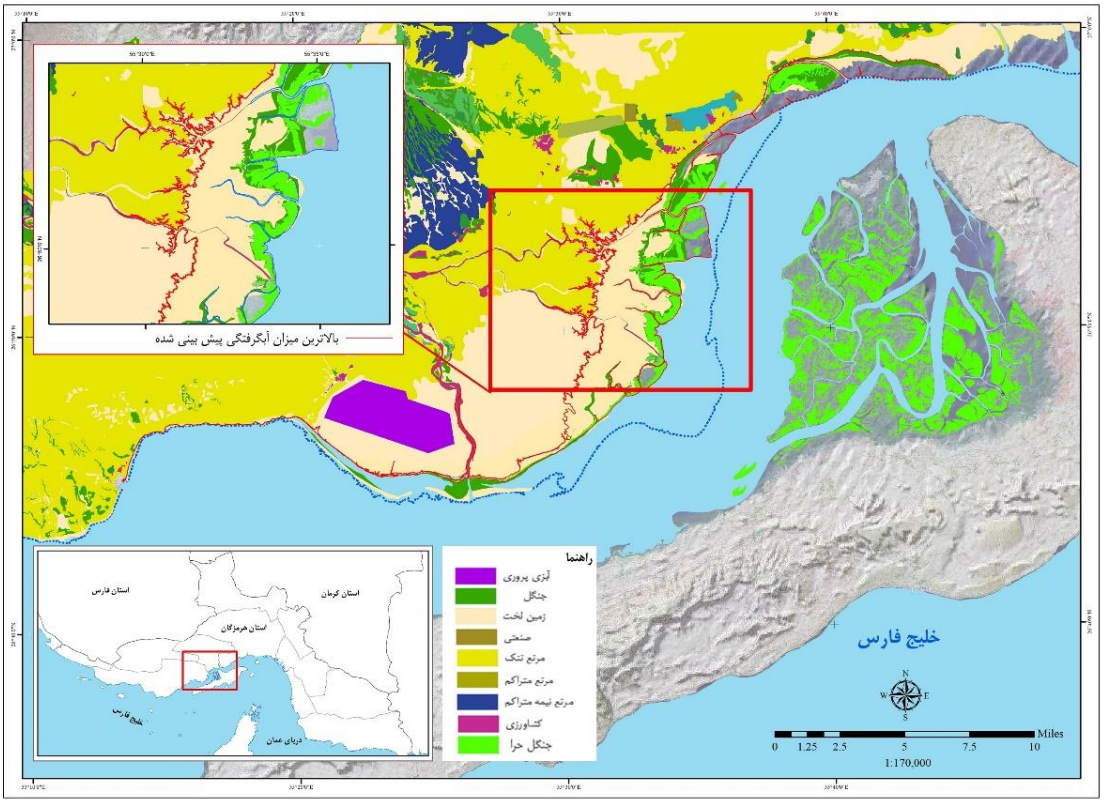
پهنه آبگرفتگی	محدوده منطقه حفاظت شده حرا	محدوده منطقه حفاظت شده حرای تیاب و میناب
پهنه میانگین بالاترین مد	7810.59	19049.47
پهنه آبگرفتگی ناشی از بالا آمدن آب در سطح منطقه‌ای	8845.73	22667.10
پهنه آبگرفتگی ناشی از RCP2.6	9297.66	24734.00
پهنه آبگرفتگی ناشی از RCP8.5	9751.94	25870.79

بررسی کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه در واحد مورد بررسی (مرز سلول رسوبی در مقطع طولی ساحل) و بیشترین سطح آبگرفتگی در نتیجه بالا آمدن سطح دریا با توجه به سناریوی بیشترین میزان بالا آمدن سطح دریا (RCP8.5) (در مقطع عرضی نوار ساحلی) حاکی از آن است که در اراضی پسکرانهٔ محدوده مطالعه مانع فیزیکی و طبیعی برای مهاجرت مانگروها به سمت خشکی وجود ندارد. قابل ذکر است بیشتر اراضی پسکرانه مربوط به پوشش مرتعی فقیر و زمین‌های خالی است. شکل ۴ و ۵ کاربری اراضی نوار ساحلی در محدوده‌های مطالعه را نشان می‌دهد.

٤. بحث و نتیجه‌گیری

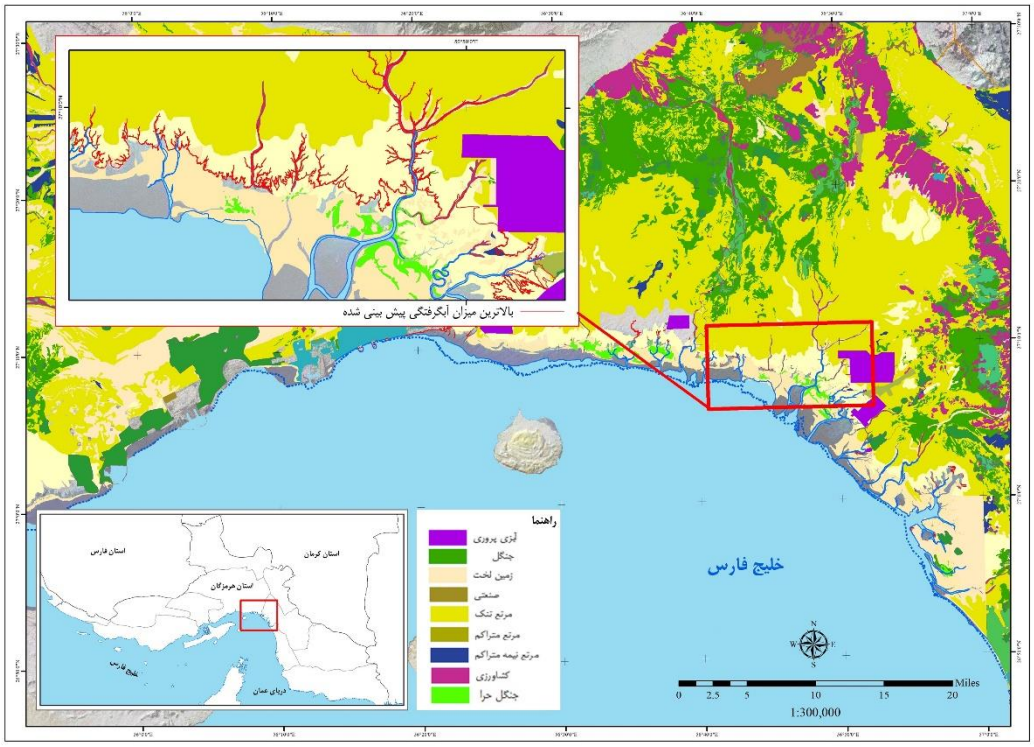
مانگروهای ایران در سواحل شمالی خلیج‌فارس و دریای عمان، به‌عنوان بخشی از شبکهٔ جهانی انسان و کرهٔ مسکون و نیز یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های مانگرو در خاورمیانه، دارای اهمیت فراوانی در سطح بین‌المللی هستند (Danehkar, 2001; FAO, 2007). امروزه با وجود اهمیت بسیار زیاد خدمات اکوسیستمی مانگروها در تأمین نیازهای انسانی، تخریب و از بین رفتن این رویشگاه‌های منحصر به فرد ساحلی در سراسر دنیا شدت یافته است (Ellison, 2015; FAO, 2016; Mafi-Gholami et al., 2017a).

به‌رغم این اهمیت، مانگروهای ایران نیز مانند مانگروهای دنیا در معرض طیف وسیعی از مخاطرات طبیعی و انسانی قرار دارند. تغییرات آب و هوایی و اقلیمی و آثار آن که امروزه در سطح گسترده، در سرتاسر جهان مشاهده شده، می‌توانند تغییرات معناداری را در ترکیب جامعه و موجودات زندهٔ گیاهی و جانوری ایجاد نمایند (Danehkar, 2001; Mafi-Gholami et al., 2017b).



شکل ٤- کاربری اراضی در پسکرانه منطقه حفاظت شده حرا

Fig. 4- Land use in Backshore of Harra protected area



شکل ۵- کاربری اراضی در پسکرانه منطقه حفاظت شده حرای تیاب و میناب

Fig. 5- Land use in the rear of Tiab and Minab mangrove protected areas

در این مطالعه، بالا آمدن سطح آب دریا که یکی از بارزترین اثرات تغییر اقلیم است مورد توجه قرار گرفته و به پیش‌بینی پهنه آبگرفتگی ناشی از بالا آمدن سطح دریا و پتانسیل وجود مناطقی برای مهاجرت مانگروها به سمت خشکی پرداخته است. هر چند فاکتورهای بسیار مهم دیگری مانند تغییر و تأمین رسوب (Gilman et al., 2007)، بالاآمدگی/فرونشست زمین و تغییر در شوری ناشی از تنظیمات هیدرولوژیک سطح آب‌های جدید (Howard et al., 2015) می‌تواند مورد توجه قرار گیرد، اما این مطالعه فقط به سنجش احتمال بالا آمدن سطح دریا و وجود موانع طبیعی و مصنوعی در پسکرانه برای مهاجرت مانگرو معطوف است. تعیین دقیق پهنه آبگرفتگی ناشی از بالا آمدن سطح آب دریا علاوه بر نرخ بالا آمدن سطح آب دریا مستلزم در نظرگرفتن نرخ فرسایش/رسوب و نرخ بالاآمدگی/فرونشست زمین در محدوده مطالعه است (Cohen et al., 2005; Lewis, 2005; IPCC, 2007) در نظر گرفتن این عوامل از محدودیت‌های این مطالعه محسوب شده و از دقت آن کاسته است. Tomaz et al. (2019) در مطالعه‌ای مشابه، اثرات بالا آمدن سطح دریا و وجود مکان هایی برای مهاجرت بخشی از مانگروهای سواحل برزیل را مورد بررسی قرار دادند. آنها پیشنهاد کردند با تمرکز بر مسیرهای مهاجرتی مانگروها و تدوین استراتژی‌های سازگاری در مواجهه با افزایش قریب‌الوقوع سطح دریا، سیاست‌هایی برای حفظ مناطقی در مجاورت مانگروها مد نظر قرار گیرد و مطالعات جدیدی برای شناسایی مناطقی که مانگروها می‌توانند براساس سناریوهای مختلف بالا آمدن سطح دریا مسقر شوند، انجام شود. Ishak et al. (2018) نیز مهاجرت مانگروها را یک پاسخ سازشی در رابطه با تغییر سطح آب دریا معرفی می‌کنند. همچنین اشاره می‌کنند که درک مهاجرت مانگروها به اندازه آگاهی نسبت به تغییر و ویژگی-های سطح دریا برای پایداری اکوسیستم مانگرو مهم است. علاوه بر این مطالعات، اهمیت بررسی اثر بالا آمدن سطح دریا و پاسخ مانگروها به این تغییرات در پژوهش‌های Gliman et al. (2006, 2007)، Jennerjahn et al. (2017)، Ward et

(2014) Etemadi et al ،(2010) Erfani et al ،(2016)al.,
و Moslehi (2018) مورد تاکید و توجه قرار گرفته است.

هر چند بالا آمدن تراز سطح آب دریا نسبت به عوامل انسانی دارای اهمیت کمتری در تخریب مانگروها محسوب می‌شود ولی می‌تواند یکی از مخاطرات پیش روی مانگروها در آینده باشد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد در صورت بالا آمدن سطح آب دریا به دلیل شیب کم در نوار ساحلی دارای مانگرودر دو محدوده مورد بررسی، پهنه گسترده‌ای از زمین‌های پسکرانه زیر آب خواهد رفت. در این حالت، آبگرفتگی در محدوده منطقه حفاظت شده حرا، در کمترین مقدار حدود ۱۰۰۰ هکتار و در بیشترین مقدار حدود ۲۰۰۰ هکتار خواهد بود. این آبگرفتگی در مناطقی که دارای شیب کمتری هستند از نوار ساحلی بیشتر فاصله می‌گیرند. در محدوده منطقه حفاظت شده حرای تیاب و میناب نیز در کمترین مقدار حدود ۳۵۰۰ هکتار و در بیشترین مقدار حدود ۷۰۰۰ هکتار به زیر آب خواهد رفت. هر چند در حال حاضر در پسکرانه مانعی برای مهاجرت مانگروها به سمت خشکی وجود ندارد، ولی ممکن است در سال‌های آینده به دلیل ساخت و سازهایی که در منطقه اتفاق می‌افتد وسعت این مناطق کاهش یابد. قابل ذکر است در سال‌های اخیر، تغییراتی در زمینه تبدیل زمین به آبزی پروی و یا کاربری کشاورزی در این مناطق وجود داشته است.

هر چند واکنش اکوسیستم‌های مانگرو به تغییر پارامترهایی مانند: تغییر در تراز آب دریا به خوبی درک نشده و درک اثرات چندگانهٔ تغییر اقلیم و دیگر تنش‌های طبیعی و انسانی هنوز نیاز به مطالعات بیشتر دارد اما به منظور مدیریت هر چه بهتر این اکوسیستم‌های ارزشمند پیشنهاد می‌شود که علاوه بر بررسی مخاطرات طبیعی، مخاطرات انسانی نیز در محدوده این اکوسیستم-ها بررسی و در صورت امکان، اثرات چندگانه آنها نیز مورد مطالعه قرار گیرد. علاوه بر این، نیاز است تغییرات کاربری اراضی در سال های آتی (۲۰۶۵ و ۲۱۰۰) نیز بررسی و مدلسازی شود تا بتوان مقایسه‌ای بین بالا آمدن سطح دریا و تغییرات کاربری اراضی انجام داد. این مقایسه و در دست داشتن طرح‌های آتی موجود در منطقه به مدیران کمک خواهد کرد تا تصمیمات بهتری با محوریت حفاظتِ بیشتر این مناطق داشته باشند. همچنین به منظور تعیین پهنه‌هایی که میزان آبگرفتگی را با دقت بیشتری نشان دهد، پیشنهاد می‌شود که نرخ فرسایش/رسوب و نرخ بالاآمدگی/فرونشست زمین در محدوده مطالعه مورد توجه قرار گیرد.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله از سازمان بنادر و دریا نوردی، سازمان مراتع و آبخیزداری کشور و مهندسین مشاور سازه پردازی ایران به خاطر در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد استفاده در این مطالعه و همچنین نتایج حاصل از مطالعات طرح تدقیق مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی استان هرمزگان، صمیمانه تشکر می‌نماییم.

Refrences:

Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R.M., Rebelo, L.M., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A. and Itoh, T., Shimada, M. and Finlayson, C.M., 2018. The global mangrove watch—a new 2010 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, *10*(10), p.1669. https://doi.org/10.3390/rs10101669.

Chong, J., 2005. Protective values of mangrove and coral ecosystems: a review of methods and evidence. *IUCN, Gland, Switzerland*.

Church, J.A., Hunter, J., McInnes, K.L. and White, N.J., 2004. Sea-level rise and the frequency of extreme events around the Australian coastline. In: Institute for Marine and Antarctic Studies, Australia's National Coastal Conference. Hobart, Tasmania, 19-23 April 2004. Hobart: University of Tasmania.

Cohen, M.C.L., Behling, H. and Lara, R.J., 2005. Amazonian mangrove dynamics during the last millennium: the relative sea-level and the Little Ice Age. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *136*(1-2), pp.93-108. DOI: 10.1016/j.revpalbo.2005.05.002.

Corcoran, E., Ravilious, C. and Wells, S.M., 2006. In the front line. Shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. UNEP-WCMC Biodiversity Series 24.

Danehkar, A., 2001. Mangroves forests zonation in Gaz and Harra international wetlands. *The*

Environmental monitoring and assessment, *124*, pp.105-130. DOI: 10.1007/s10661-006-9212-y.

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), pp.237-250. DOI: 10.1016/j.aquabot.2007.12.009.

Giri, C., Pengra, B., Zhu, Z., Singh, A. and Tieszen, L.L., 2007. Monitoring mangrove forest dynamics of the Sundarbans in Bangladesh and India using multi-temporal satellite data from 1973 to 2000. *Estuarine, coastal and shelf science*, *73*(1-2), pp.91-100. DOI: 10.1016/j.ecss.2006.12.019.

Howard, R.J., Krauss, K.W., Cormier, N., Day, R.H., Biagas, J. and Allain, L., 2015. Plant–plant interactions in a subtropical mangrove-to-marsh transition zone: Effects of environmental drivers. *Journal of Vegetation Science*, *26*(6), pp.1198-1211. DOI: 10.1111/jvs.12309.

IPCC, C.C., 2007. The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996(2007), pp.113-119.

IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. *Cambridge University Press*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

Ishak, D.S.M., Krishnan, S. and Adib Kadri, N., 2018. Mangrove zone migration as seawater level change. *Journal of Desalination and Water Purification*, *13*, pp. 1-2. http://ababilpub.com/download/jdwp13-1/.

Environment Scientific Quarterly Journal, *34*, pp.43-49. DOI: /10.1007/s10584-008-9499-5.

Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D. and Yan, J., 2009. The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. *Climatic change*, *93*(3-4), pp.379-388. DOI: 10.1007/s10584-008-9499-5.

Duarte, C.M., Losada, I.J., Hendriks, I.E., Mazarrasa, I. and Marbà, N., 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature climate change*, *3*(11), pp.961-968. DOI: 10.1038/nclimate1970.

Duke, N.C., Meynecke, J.O., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C., Field, C.D. and Koedam, N., 2007. A world without mangroves? *Science*, *317*(5834), pp.41-42. DOI: 10.1126/science.317.5834.41b.

Ellison, J.C., 2015. Vulnerability assessment of mangroves to climate change and sea-level rise impacts. *Wetlands Ecology and Management*, *23*, pp.115-137. DOI: 10.1007/s11273-014-9397-8.

Ellison, J., 2018. Effects of climate change on mangroves relevant to the Pacific Islands. University of Tasmania. Journal contribution. https://hdl.handle.net/102.10 0.100 /562023.

Erfani, M., Nouri, G. R., Danehkar, A., Marvi, M. M., and Mahmoudi, B. A., 2010. Vegetative parameters of mangrove forest on the Govater bay in southeast of Iran. *Journal of Taxonomy and Biosistematics, 1*(1), pp. 33-46. (In Persian).

Etemadi, H., Sharifikia, M. and Samadi, Z., 2014. Assessment and predicting climate change influence on Iran mangrove forests: a case study within the Jask mangrove protected area, Phd Thesis, Tarbiat Modarres University, Iran. (In Persian).

FAO, U., 2007. The world's mangroves 1980–2005. *FAO forestry paper*, *153*, p.77.

FAO, 2016. Agriculture: land use challenges and opportunities. *State of the world's forests*, 1545-2050.

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.

Jennerjahn, T.C., Gilman, E., Krauss, K.W., Lacerda, L.D., Nordhaus, I. and Wolanski, E., 2017. Mangrove ecosystems under climate change. In: *Mangrove Ecosystems: A Global Biogeographic Perspective: Structure, Function, and Services*, pp.211-244. DOI: 10.1007/978-3-319-62206-4_7.

Kairo, J.G., Dahdouh-Guebas, F., Bosire, J. and Koedam, N., 2001. Restoration and management of mangrove systems—a lesson for and from the East African region. *South African Journal of Botany*, *67*(3), pp.383-389 DOI:10.1016/S0254-6299(15)31153-4.

Lewis III, R.R., 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. *Ecological engineering*, *24*(4), pp.403-418. DOI: 10.1016/j.ecoleng. 2004.10.003.

Mafi Gholami, D., Baharlouii, M. and Mahmoudii, B., 2017a. Mapping area changes of mangroves using RS and GIS (Case study: mangroves of Hormozgan province). *Environmental Sciences*, *15*(2), pp.75-92.

Mafi-Gholami, D. and Jaafari, A. 2019. Mapping intensity of fishing activities in mangrove habitats: prerequisite for vulnerability assessment process. *Journal of Marine Science and Technology*, *18*(2), pp. 26-39. DOI: 10.22113/jmst.2019.133473.2165. (In Persian).

Mafi-Gholami, D., Mahmoudi, B. and Zenner, E.K., 2017b. An analysis of the relationship between drought events and mangrove changes along the northern coasts of the Pe rsian Gulf and Oman Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *199*, pp.141-151. DOI: 10.1016/j.ecss.2017.10.008.

Mazria, E. and Kershner, K., 2007. *Nation under siege: sea level rise at our doorstep*. 2030 Research Center.

Mirabzadeh, P., 1997. *Book of Nature, Mangrove forests as sensitive habitats with exceptional characteristics.* Tehran: Museum of Natural Works and Wildlife of Iran.

Moslehi, M., 2018. Ecological Value of Endangered Mangrove Ecosystems. *Human and Environment*, *16*(46), pp. 148-168. (In Persian).

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 & coastal management. 76*, pp. 12-22. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2013.01.003.

Nicholls, R.J., Hoozemans, F.M. and Marchand, M., 1999. Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses. *Global Environmental Change*, *9*, pp.S69-S87. DOI: 10.1016/S0959-3780(99)00 019-9.

Osland, M.J., Feher, L.C., López-Portillo, J., Day, R.H., Suman, D.O., Menéndez, J.M.G. and Rivera-Monroy, V.H., 2018. Mangrove forests in a rapidly changing world: Global change impacts and conservation opportunities along the Gulf of Mexico coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *214*, pp. 120-140. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.09.006.

Ports & Maritime Organization (PMO), 2018. Integrated Coastal Zone Management for Hormozgan Province, Determination of Sedimentary Cells Report. 238p. DOI: 10. 22113/jmst.2018.126521.2144. (In Persian).

Rowley, R.J., Kostelnick, J.C., Braaten, D., Li, X. and Meisel, J., 2007. Risk of rising sea level to population and land area. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, *88*(9), pp.105-107. DOI:10.1029/2007EO090001.

Shayan, S., Dadashzade, Z. and Yamani, M., 2020. Explanation of study scale in littoral cell determin (case study: Coasts of Hormozgan province). *Journal of Marine Science and Technology*, *19*(2), pp.62-72. DOI: 10.22113 /jmst.2018.126521.2144. (In Persian).

Soltanpour A, pirooznia M, Jafari S.A 2017. Long-term data processing of the Monitoring Network of Sea level Persian Gulf for investigating the trend of sea level changes and determination of its average level in the region. *24th Geomatics National Conference, Tehran, Iran.*

Titus, J.G. and Richman, C., 2001. Maps of lands vulnerable to sea level rise: modeled elevations along the US Atlantic and Gulf

coasts. *Climate Research*, *18*(3), pp.205-228. DOI: 10.3354/cr018205.

Tomaz, R., Santos, A., Borges, H., Júnior, C.H.L.S. and da Silva Bezerra, D., 2019. Predicting the impacts of sea-level rise on the Amazon macrotidal mangrove coast. *Revista Brasileira de Climatologia*, *25*. DOI: 10.5380/abclima.v25i0.60891.

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), pp.220-236. DOI: 10.1016/j.aquabot.2008.02.009.

Ward, R.D., Friess, D.A., Day, R.H. and Mackenzie, R.A., 2016. Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview. *Ecosystem Health and sustainability*, *2*(4), p.e01211. DOI: 10.1002/ehs2.1211.

Webb, E.L., Friess, D.A., Krauss, K.W., Cahoon, D.R., Guntenspergen, G.R. and Phelps, J., 2013. A global standard for monitoring coastal wetland vulnerability to accelerated sea-level rise. *Nature Climate Change*, *3*(5), pp.458-465. https://www.nature.com/articles/nclimate1756.

Woodroffe, C.D., 1995. Response of tide-dominated mangrove shorelines in northern Australia to anticipated sea-level rise. *Earth Surface Processes and Landforms, 20*(1), 65–85. DOI: 10.1002/esp.3290200107.

Journal of Marine Science and Technology

Summer 2023, Vol. 22, No.2, pp.68-72.

Available Online: *http://jmst.kmsu.ac.ir*

Original Article

Forecasting Inundation Zone Caused by Climate Change in Mangrove Forests

Maryam Yaghoubzadeh [1], Abdolrassoul Salmanmahiny [1] *, Ali Reza Mikaeili Tabrizi [1], Afshin Danehkar [2]

1. Department of Environmental Science, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

2. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

***Corresponding Author E-mail:** rassoulmahiny@gmail.com

Received: 21 September 2019 **Revise Date:** 30 May 2020 **Accepted:** 19 June 2020

DOI: 10.22113/JMST.2020.202372.2312

Abstract

In recent years, mangrove ecosystems have been threatened by effects of global climate change, in addition to human destructions. One of the most important impacts caused by climate change on mangroves, is the global sea- level rise and consequently, inundation of parts of coastal zone. Rising sea- level causes mangrove retreat in many areas. However, in some regions, human settlements and coastal structures and facilities, act as limiting factors. In this study, using the two scenarios of the lowest and highest mean sea level rise over the period of 2046-2065, according to IPCC report and the results of internal studies, inundation zones caused by sea level rise in the two protected areas of Harra in Bandar Khamir and Harra Tiab and Minab was determined. Results demonstrated that if the sea level rises, the lowest and highest levels of inundation, will be 1000 and 2000 hectares respectively in Harra protected area, and about 3500 and 7000 hectares, respectively in the protected area of Tiab and Minab. Results of land cover and land use showed that, most of the hinterland, is related to poor rangeland cover and empty lands and according to regional and global predictions in sea- level rise, there is currently no barrier for mangrove migration into hinterland, but in next few years and in the future plans, land use changes need to be addressed to make more appropriate management decisions to protect these valuable ecosystems.

Key Words: Mangrove forests, Sea level rise, Protected area, Hormozgan

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted Journal of Marine Science and Technology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons. org/licenses/ by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.