



هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران
۱۸-۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷

بررسی عوامل مؤثر در بالا آمدن آب سواحل جنوب شرق ایران به دلیل تغییر اقلیم و تعیین میزان آن در دو سناریوی حداقل و حداکثر

حامد سنگونی^۱؛ جلیل فرزادمهر^{۲*}

۱- استاد مدعو دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی دانشگاه تربت حیدریه، نویسنده مسئول

چکیده

گرمایش جهانی و بحث تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های بشر یکی از مشکلات و معضلات عمده محیط زیستی است که در دو دهه اخیر توجه بسیاری از محافل علمی و سیاسی جهان را به خود جلب کرده است. یکی از اثراتی که تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بر کره زمین داشته است؛ تغییر در سطح آب‌های آزاد بوده است. در طول صد سال گذشته سطح آب دریاها حدود ۳ میلی‌متر در سال افزایش یافته است. افزایش ارتفاع سطح آب دریاها می‌تواند بخش‌های زیادی از خطوط ساحلی فعلی را زیر آب فرو برده و منابع پرجمعیت و انبوه دلتاها را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. در این پژوهش با مطالعه عوامل مؤثر بر افزایش سطح آب‌های آزاد، میزان تغییر این مؤلفه مهم تا سال ۲۱۰۰، در منطقه جنوب شرق ایران مورد بررسی قرار گرفته است. طول خط ساحلی ایران در مجاورت دریای عمان حدود ۶۳۷ کیلومتر است و این منطقه در سال‌های اخیر کانون توجه توسعه بوده است. نتایج نشان داد که میزان افزایش سطح آب بین حدود ۱ متر در سناریوی خوش‌بینانه و ۳ متر در سناریوی بدبینانه متغیر است. در نتیجه بین ۱۶۲۱۳ هکتار تا ۸۶۵۵۵ هکتار از اراضی ساحلی فعلی زیر آب خواهند رفت. موقعیت مهم اقتصادی، زیست‌محیطی و توسعه‌ای این مناطق، اهمیت این میزان آب گرفتگی را مضاعف می‌کند. نتایج نشان می‌دهند که بخش‌های میانی منطقه مورد مطالعه که رویشگاه‌های عمده مانگروها هستند؛ بیشترین آسیب را از افزایش ارتفاع آب‌های آزاد می‌بینند. سیستم‌های مانگرو و اراضی حاشیه‌ای آن از نظر گیاهی بسیار غنی بوده و حداقل دارای ۲۰۰ گونه گیاهی هستند. این موضوع و سایر موارد مهمی که در زمینه توسعه باید مورد توجه قرار بگیرند؛ نشان‌دهنده اهمیت نتایج مطالعه حاضر برای تصمیم‌گیران و مدیران است.

کلمات کلیدی: گرمایش جهانی، مدل‌های گردش عمومی، سناریوی تغییر اقلیم، افزایش سطح آب دریا.

مقدمه و کلیات

تغییرات اقلیمی در چند دهه گذشته، کانون توجهات علوم مختلف بوده‌اند و نظریات بسیاری در مورد اصالت، عوامل، روند، پیش‌بینی و اثرات آن‌ها ارائه شده است (Pittock, 2009). گرمایش جهانی و بحث تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های بشر یکی از مشکلات و معضلات عمده محیط زیستی است که در دو دهه اخیر توجه بسیاری از محافل علمی و سیاسی جهان را به خود جلب کرده است و در حال حاضر این حقیقت که بشر، وضعیت جو کره زمین را تغییر می‌دهد؛ به وضوح روشن شده است. «تمدن صنعتی» اگرچه از بسیاری جهات برای انسان، پیشرفت، رفاه، آسایش و راحتی را به همراه آورده است؛ اما برای محیط‌زیست جهانی، نه تنها دستاوردی نداشته است؛ بلکه به عاملی برای تخریب و برهم زدن نظم زمین تبدیل شده است. یکی از عوامل مؤثر در تغییر اقلیم، افزایش گازهای گلخانه‌ای (بخارآب، دی‌اکسید کربن، متان، ازن و...) ناشی از فعالیت‌های بشر بعد از صنعتی شدن کشورهاست (Midgley et al, 2003). به طوری که هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم که مرجعی معتبر در زمینه تغییرات آب و هوایی و تأثیرات گرمایش جهانی است؛ در گزارشی اعلام کرد: «بیشتر افزایش دمایی که از اواسط قرن بیستم در کره زمین مشاهده شده، مربوط به گازهای گلخانه‌ای است که انسان‌ها تولید کرده‌اند» (IPCC, 2001). نتایج حاصل از پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا پایان قرن ۲۱ غلظت دی‌اکسید کربن به بیش از ۷۰۰ میکرو مول در مول و متوسط دما ۱/۸ تا ۴ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت (Cheng et al, 2009) و (IPCC, 2007). بر حسب سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، افزایش درجه حرارت ناشی از تغییرات اقلیمی در اغلب نقاط جهان پیش‌بینی شده و نتایج مختلفی ارائه گردیده است. بر اساس این پیش‌بینی‌ها میانگین درجه حرارت در مقیاس جهانی برای سال ۲۰۰۵ میلادی بین ۳/۵ تا ۵ درجه‌ی سلسیوس متغیر است (IPCC, 2007). این مدل‌های تغییرات آب و هوایی که IPCC طراحی کرده است؛ نشان می‌دهد در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ میلادی میانگین دمای هوای سطح زمین، ۱/۱ تا ۶/۴ درجه‌ی سلسیوس افزایش می‌یابد و دامنه‌ی این افزایش درجه حرارت در مقیاس منطقه‌ای بسیار زیاد خواهد بود (Stocker et al, 2013). هرچند اغلب بررسی‌ها، تنها به نشان دادن نتایج گرمایش جهانی تا سال ۲۱۰۰ میلادی اکتفا می‌کنند؛ اما دانشمندان معتقدند؛ حتی اگر میزان گازهای گلخانه‌ای جو زمین ثابت بماند؛ اثرات آن تا پایان هزاره سوم پابرجا خواهد بود.

برای انجام پیش‌بینی‌های مربوط به وضعیت اقلیم در آینده، به دو سری ابزار و اطلاعات نیاز است. مدل‌های گردش عمومی، ابزاری هستند که محاسبات ریاضی و فیزیک جو را با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر سیستم‌های اقلیمی جهان به انجام می‌رسانند. مدل‌های گردش عمومی، در واقع حل معادلات حاکم بر جو، بر اساس قوانین نیوتن و ترمودینامیک هستند؛ به عبارت

^۱ - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

دیگر، قوانین نیوتن در سه محور X ، Y و Z نوشته می‌شوند که نهایتاً به عنوان معادلات تکانه از آن‌ها یاد می‌شود. این معادلات در کنار قوانین عمومی گازها و ترمودینامیک، اساس مدل‌های گردش عمومی جو را تشکیل می‌دهند. هدف مدل‌های گردش عمومی، پیش‌بینی تحول زمانی جو است. مدل‌های گردش عمومی و اقلیم جهانی به طور گسترده برای پیش‌بینی آب‌وهوا، فهم اقلیم و پیش‌بینی تغییر اقلیم استفاده می‌شوند. هدف از ساخت این مدل‌ها شبیه‌سازی تمامی ویژگی‌های سه‌بعدی اقلیم بوده و بدین دلیل این مدل‌ها جامع‌ترین مدل‌های اتمسفری و بهترین شیوه برای پیشگویی اقلیم آینده و گذشته می‌باشند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۲).

تغییر سطح آب دریا

اقیانوس‌ها به این خاطر بر شرایط اقلیمی تأثیر بسیار دارند که مقدار زیادی از گرما و دی‌اکسید کربن را ذخیره می‌کنند؛ لذا چندین متر از آب‌های سطح اقیانوس می‌تواند بیشتر از کل اتمسفر، به جذب گرما پردازد؛ لذا وقتی در مورد گرمایش جهانی در ۵۰ سال گذشته حرف می‌زنیم، در واقع می‌توان گفت که در مورد گرم شدن اقیانوس‌ها سخن می‌گوییم؛ زیرا حدود ۸۰ یا ۹۰ درصد از گرمای زمین که در طول ۵۰ سال گذشته توسط سیستم زمین ذخیره شده، به اقیانوس‌ها رفته است و لذا اقیانوس‌ها بر شرایط اقلیمی تأثیر دارند و این یعنی بررسی اقیانوس روشی مهم برای بررسی تغییرات اقلیمی است. دانشمندان برآورد می‌کنند که در حال حاضر، اقیانوس‌ها یک سوم تا ۴۰ درصد از دی‌اکسید کربن ناشی از فعالیت‌های انسان را جذب می‌کنند. تحقیقات اخیر مؤسسه تحقیقات بیوسفری در دانشگاه ییل آمریکا، چنین نتیجه می‌گیرد که در دهه‌های اخیر، در ظرفیت جذب اقیانوس‌ها تغییراتی روی داده که این امر به علت گرم شدن آن‌ها بوده است. به دلیل وابسته بودن ظرفیت انحلال‌پذیری گازها در آب اقیانوس به دمای آب، این ظرفیت با گرم شدن دمای زمین (و در نتیجه اقیانوس‌ها) کاهش می‌یابد. در بدترین حالت، اگر اقیانوس‌ها به عنوان جایگاهی برای ذخیره کربن مطرح نباشند؛ سطح دی‌اکسیدکربن در اتمسفر بسیار بالاتر از میزان کنونی آن (۳۹۲ واحد در هر میلیون) خواهد بود.

یکی از اثراتی که تغییر اقلیم و گرمایش جهانی بر کره زمین داشته است؛ تغییر در سطح آب‌های آزاد بوده است. در طول صد سال گذشته سطح آب دریاها حدود ۳ میلی‌متر در سال افزایش یافته است (Authors, 2013). برخی از پژوهشگران معتقدند که افزایش دمای زمین باعث تشدید افزایش سطح آب دریاها شده و در اثر ذوب شدن یخچال‌های آلی و یخ‌های قطبی، آب دریاها توسعه پیدا خواهد کرد. به طوری که مطالعات مختلف میزان افزایش آب دریاها را تا سال ۲۰۸۷ در حدود نیم تا دو و نیم متر برآورد نموده‌اند (Milne et al, 2009) و (Gehrels, 2010). افزایش ارتفاع سطح آب دریاها، در طول سال‌های آینده، می‌تواند بخش‌های زیادی از خطوط ساحلی فعلی را زیر آب فرو برده و منابع پرجمعیت و انبوه دلتاها را به شدت تحت تأثیر قرار دهد (Cazenave & Llovel, 2010). اگر سرعت افزایش سطح آب دریا سریع‌تر از آن باشد که مرداب‌ها فرصت استقرار

مجدد در اراضی داخلی را داشته باشند؛ صدمات سنگینی متوجه تالاب‌ها خواهد شد. این وضعیت به ویژه در مناطق توسعه یافته که تمهیدات حفاظتی مانع پیشروی تالاب‌ها در اراضی داخلی هستند؛ شدیدتر خواهد بود. از سوی دیگر به موازات پیشرفت آب دریا در خشکی، ذخایر آب‌های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان به علت نفوذ آب دریا غیرقابل استفاده شده و زمین‌های حاصلخیز نیز کیلومترها در عمق خشکی شور شده و باروری خود را از دست خواهند داد. تالاب‌های ساحلی از جمله مناطقی هستند که در اثر افزایش سطح آب دریا و صدمات گسترده آن حساس هستند. در حدود ۱۳ سانتی‌متر افزایش در سطح آب، موجب ۱۳ کیلومتر پیشرفت رودخانه‌های کشنده (جزر و مدی) به درون خشکی‌ها خواهد شد. در صورتی که افزایش ارتفاع آب دریا ۳۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شود بازتاب آن سبب خواهد شد که آب دریا به طور متوسط ۳۳ متر در طول ساحل به درون خشکی نفوذ کند (Nicholls et al, 2011).

تغییر در شرایط اقلیمی باعث می‌شود که الگوی بارندگی تغییر کند. بارندگی بیش از حد متعارف، جذب خاک نشده و با جاری شدن سیلاب‌ها، سبب طغیان رودخانه‌ها و به زیر آب رفتن جلگه‌ها و افزایش فرسایش خاک خواهند شد. گرم شدن زمین و تغییرات جوی به طور جدی موجب گسیختگی اکوسیستم‌های دریا خواهد شد. جاری و سیلابی شدن بسیاری از آبگیر-های جهان در اثر بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها به معنای خسارت دیدن زیستگاه ماهیان، میگو و گونه‌هایی از پرندگان بوده و این نیز به نوبه خود به معنی کاهش کمی غذای دریایی قابل دسترس و مورد مصرف انسان است. از طرف دیگر اغلب پژوهشگران معتقدند که افزایش دمای سطح آب دریا عمیقاً روی طوفان‌ها تأثیر خواهد داشت. درجه حرارت اتمسفر با دمای ۱۰۰ متر ستون آب از دریا تا حدودی به هم نزدیک هستند. به همین دلیل افزایش درجه حرارت اتمسفر به معنی افزایش دمای سطح آب دریا نیز هست (Siddall & Milne, 2012).

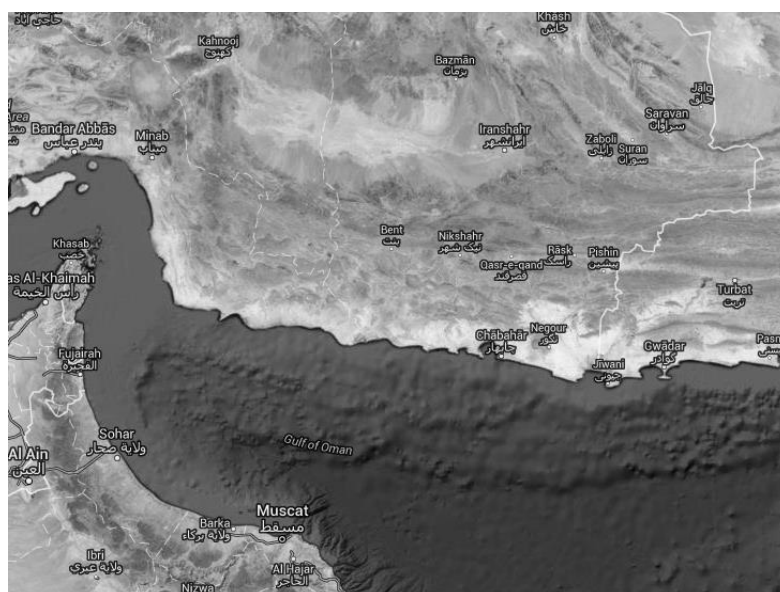
در برخی منابع اعداد و ارقام بسیار عجیب و دور از ذهن به عنوان میزان افزایش سطح آب دریا ذکر شده است که چندان صحیح به نظر نمی‌رسد؛ به عنوان مثال، نامی و همکاران در مقاله‌ای که به بررسی اثر گرمایش جهانی و افزایش سطح آب دریا بر سواحل جنوب ایران اختصاص داشت؛ مقدار افزایش سطح آب‌های آزاد تا ۵۰ سال آینده را بیش از ۳۰ متر در نظر گرفته‌اند و نتیجه گرفته‌اند که بیش از ۴۳ درصد از استان خوزستان و ۲۷ درصد از استان بوشهر زیر آب خواهد رفت. همچنین با توجه به نتایج این مطالعه، از مساحت ۱۸۸۳۰۰ هکتاری، هجده جزیره ایرانی خلیج فارس و دریای عمان، حدود دو سوم یعنی ۱۲۴۹۰۰ هکتار زیر آب می‌رود که البته به هیچ عنوان نمی‌توان چنین اعدادی را پذیرفت (نامی و همکاران، ۱۳۹۱).

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

دریای عمان با شکل مثلثی بین کشورهای عمان، ایران و پاکستان قرار دارد. حداکثر طول آن از شمال غرب تا جنوب شرق ۹۵۰ کیلومتر و حداکثر پهنای آن از شمال شرق به جنوب غرب حدود ۳۴۰ کیلومتر است. این حوضه کوچک اقیانوسی باقیمانده یک اقیانوس وسیع قدیمی به نام نئوتتیس است که به علت برخورد ورقه عربی به اوراسیا کوچک شده است. این برخورد، یک کوه برافزایشی در شمال خلیج عمان را آفریده است و مهاجرت، چرخش و برخورد ریزقاره‌های بین ورقه‌های عربی و اوراسیا را باعث شده است (Uchupi et al, 2002). این کوه برافزایشی از نزدیکی کراچی در پاکستان شروع و تا تنگه هرمز امتداد می‌یابد (شکل ۱). دریای عمان در ارتباط مستقیم و گسترده با دریای عربی و اقیانوس هند است و جزء دریاهای عمیق محسوب می‌شود. آب دریای عمان به طور میانگین شوری ۳۷ PSU دارد. حداکثر دمای سطح آب در مرداد ماه به ۳۲ و حداقل دمای سطح آب در دی ماه به حدود ۱۹/۸ درجه سانتی‌گراد می‌رسد (Emery, 1959).

طول خط ساحلی ایران در مجاورت دریای عمان حدود ۶۳۷ کیلومتر است و حداکثر عمق دریا در محدوده آب‌های ساحلی ایران در این ناحیه به بیش از ۲۰۰۰ متر می‌رسد. جلگه ساحلی ایران در مجاورت دریای عمان از حدود بندر عباس در تنگه هرمز تا گواتر در مرز با پاکستان امتداد می‌یابد. حداکثر عرض این جلگه به ۳۰ کیلومتر می‌رسد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق ایران

بر اساس برخی مطالعات صورت گرفته دمای منطقه با نرخ حدود ۱/۷ درجه سانتی‌گراد در هر صد سال در حال افزایش است؛ این در حالی است که نرخ بارندگی در حدود ۱/۶ میلیمتر در سال، در حال کاهش است (Alavi, 2004). تنها رود دائمی ساحل ایرانی خلیج عمان، رودخانه سرباز (باهو کلات) است که به خلیج گواتر در منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران می‌ریزد.

لایه مدل رقومی ارتفاع مورد استفاده

برای تعیین میزان پیشروی دریا در اراضی ساحلی و بررسی اثرات این پیشروی، از نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه استفاده شد. این نقشه با اندازه سلول ۳۰ متر از طریق پایگاه اینترنتی WWW.USGS.ORG دانلود شده است. وزارت اقتصاد، صنعت و تجارت ژاپن با همکاری ناسا، و با استفاده از تصاویر ماهواره TERRA (سنجنده^۱ Aster) اقدام به تولید مدل رقومی ارتفاع برای کل کره زمین نموده‌اند. مبنای جغرافیایی این اطلاعات بر اساس ژئوئید WGS84/EGM96 محاسبه شده و پیکسل سائز آن ۱ ثانیه‌ای (۳۰ متر) است. این پروژه که GDEM^۲ نام دارد، از ۲۹ ژوئن ۲۰۰۹ در دسترس عموم قرار گرفت و اطلاعات مورد نیاز برای مطالعه حاضر، در تاریخ ۱۳ نوامبر ۲۰۱۵ از سایت دریافت شد (NASA).

روش تحقیق

برای برآورد میزان افزایش سطح آب دریای عمان به عنوان یکی از دریاهاى آزاد، باید عوامل موثر بر افزایش سطح آب‌های آزاد، مورد بررسی قرار گیرد. این عوامل عبارتند از:

ذوب شدن یخ‌های قطبی

گرم شدن کره زمین، قطعاً بر روی میزان ذوب شدن یخ‌های قطبی تأثیرگذار است. در این میان دو پهنه قطبی بسیار بزرگ از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. مساحت پهنه گرینلند^۳ و پهنه آنتارکتیکا^۴ به ترتیب ۲/۱۶۶ و ۱۴ میلیون کیلومتر مربع است. تمام این سطح ۱۶/۱۶۶ کیلومتر مربع به عمق چند کیلومتر از یخ تشکیل شده است که همین موضوع میزان ذخایر آب موجود در آن‌ها را نشان می‌دهد. Wingham & Shepherd (۲۰۰۷)، میزان افزایش سطح آب دریا در اثر ذوب شدن این پهنه‌های یخی را در حال حاضر حدود یک میلی‌متر در سال (۱۲۵ گیگا تن آب در سال) بیان کردند و البته تأکید کردند که این میزان در آینده بسیار بیشتر خواهد بود. Rignot و همکاران (۲۰۱۱)، عنوان کردند که با توجه به همه مسائلی که می‌تواند در ذوب شدن این یخ‌ها دخیل و سهمیم باشد؛ میزان مشارکت پهنه‌های یخی اصلی در افزایش سطح آب دریاها حداقل ۳۵ سانتی‌متر و حداکثر ۱۴۵ سانتی‌متر در پایان قرن بیست و یکم میلادی است؛ این در حالی است که اگر تمام حجم یخ موجود در گرینلند آب شود؛ به

^۱ - Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

^۲ - Global Digital Elevation Model

^۳ - Greenland

^۴ - Antarctica

تنهایی سطح آب دریاها را به میزان ۶ متر افزایش خواهد داد. همچنین آب شدن یخ‌های موجود در آنتارکتیک غربی ۸ متر به ارتفاع آب‌های آزاد می‌افزاید و اگر تمام یخ‌های یخی گسترده (شامل کل آنتارکتیک شرقی و غربی، گرینلند و یخچال‌ها) آب شوند، میزان افزایش ارتفاع آب‌های آزاد می‌تواند تا عدد تعجب‌آور ۸۰ متر برسد.

ذوب شدن یخچال‌ها

با گرم شدن دمای سطح زمین در اثر تغییرات اقلیمی، میزان سطح یخچال‌ها به شدت کاهش یافته و آب حاصل از آن به سمت دریاها و اقیانوس‌ها سرازیر می‌شود. با بررسی منابع و به خصوص نتایج مدل‌سازی‌های انجام شده توسط IPCC، می‌توان جمع‌بندی کرد که تا پایان قرن حاضر، میزان افزایش سطح آب دریاها در نتیجه ذوب شدن یخچال‌ها بین ۱۲ تا ۲۸ سانتی‌متر خواهد بود (Pfeffer et al, 2008).

افزایش میزان ورودی آب از خشکی‌ها

با تغییر اقلیم، در بسیاری از نقاط دنیا کاهش میزان پوشش گیاهی و همچنین تغییرات جدی در رژیم و نحوه بارش اتفاق افتاده و خواهد افتاد. از طرف دیگر فعالیت‌های انسانی مانند جنگل‌تراشی، تغییر کاربری اراضی و ... همچنان ادامه دارند که این موضوعات در کنار هم باعث کاهش نرخ نفوذ آب در زمین و افزایش رواناب‌ها و سیلاب‌ها می‌شود. این وقایع اقلیمی علاوه بر اثر مستقیمی که با انتقال آب به دریاها دارند؛ به دو شکل دیگر هم باعث افزایش سطح آب دریاها می‌شوند؛ اول اینکه با فرسایش خاک سطحی و حاصلخیز، امکان استقرار پوشش گیاهی و حفاظت خاک را در آینده کم می‌کنند. همچنین همین خاک فرسایش یافته با منتقل شدن به درون اقیانوس‌ها باعث افزایش سطح آب آن‌ها می‌شود. این بخش نیز تا سال ۲۱۰۰، حداقل ۵ و حداکثر ۱۲ سانتی‌متر به سطح آب‌های آزاد خواهد افزود (Pokhrel et al, 2012).

افزایش حجم آب دریاها

بیش از ۹۰ درصد انرژی خالص افزایش یافته در مقیاس چند ساله، در اقیانوس‌ها ذخیره می‌شود (Church & Clark, ۲۰۱۳). با افزایش محتوای حرارتی آب، این مایع همانند سایر مواد شروع به منبسط شدن می‌کند و این موضوع هم نقش مهمی در افزایش سطح آب‌های آزاد دارد. از طرف دیگر این افزایش دما باعث ایجاد جریان‌های کونوکسیون^۱ می‌شود که حالت بالارونده دارند و این خود به افزایش سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها کمک می‌کند. این مسئله همچنین باعث تغییر عمده در جریان‌های عظیم اقیانوسی همانند گلف استریم می‌شود و سیستم اصلی تنظیم دمایی کره زمین را تغییر می‌دهد که در نهایت باعث تغییرات بیشتر اقلیمی و افزایش شدیدتر در سطح آب‌های آزاد می‌شود. البته این تغییرات در مقاطع زمانی طولانی‌تر از

^۱ - Convection

قرن حاضر رخ می‌دهند. در نهایت می‌توان گفت که میزان مشارکت این بخش در تغییر سطح آب دریاها و اقیانوس‌ها در پایان قرن بیست و یکم، حدود ۲۰ تا ۶۳ سانتی‌متر خواهد بود (McKay et al., 2011).

عوامل دیگر

برداشت بیش از حد از سفره‌های آب شیرین زیرزمینی در خشکی‌ها (که در نهایت آن آب را به اقیانوس‌ها منتقل می‌کند) باعث وقوع دو اتفاق خاص می‌شود؛ اول اینکه این آب مستقیماً باعث افزایش سطح آب دریاها می‌شود و دومین اثر که از اهمیت بیشتری هم برخوردار است، مربوط به برهم خوردن تعادل وزنی بین خشکی‌ها و دریاها است. Margate و همکاران (۲۰۰۶)، میزان تخلیه آب‌های زیرزمینی را ۲۷ کیلومتر مکعب در سال برآورد کردند. Konikow (۲۰۱۱)، با استناد به مقاله Margat و همکاران، میزان افزایش سطح آب دریا در اثر تخلیه آب‌های زیرزمینی را ۰/۴ میلیمتر در سال برای دوره ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ برآورد کرد (Konikow, 2011). بنابراین اطلاعات، تا پایان سال ۲۱۰۰، میزان افزایش سطح آب دریاها در اثر این عامل حداقل ۴ سانتی‌متر و حداکثر ۱۲ سانتی‌متر خواهد بود.

سایر عوامل نظیر تغییرات آب و هوایی، تغییر ارتفاع امواج و فرونشست لایه‌های زمین شناسی هم می‌تواند باعث افزایش نسبی سطح آب دریاها شود که میزان مشارکت آن‌ها در افزایش سطح آب‌های آزاد از ۵ تا ۱۵ سانتی‌متر برآورد شده است. جدول ۱ عوامل موثر در این خصوص و میزان تأثیر آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- عوامل مؤثر در افزایش سطح دریاها و اقیانوس‌ها

ردیف	عامل افزایش دهنده سطح آب‌های آزاد	حداقل افزایش در پایان قرن	حداکثر افزایش در پایان قرن
۱	ذوب شدن یخ‌های قطبی	۴۵	۱۴۵
۲	ذوب شدن یخچال‌ها و برف و یخ محصور در خشکی‌ها	۱۲	۲۸
۳	افزایش میزان آب ورودی از خشکی‌ها	۵	۱۲
۴	افزایش حجم آب دریاها در اثر انبساط	۲۰	۶۳
۵	برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی	۴	۱۲
۶	سایر موارد مؤثر	۵	۱۵
	مجموع	۹۱	۲۷۵

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود؛ میزان افزایش سطح آب‌های آزاد در سال ۲۱۰۰ در مقیاس جهانی از ۹۱ سانتی‌متر تا ۲۷۵ سانتی‌متر متغیر خواهد بود. البته خصوصیات منطقه‌ای و محلی هم می‌تواند بر این اعداد تأثیرگذار باشد؛ اما به دلیل نبود منابع موثق مطالعاتی و فرعی بودن اثر آن‌ها، این خصوصیات در نظر گرفته نشده‌اند. در نهایت و برای تسهیل در انجام و

افزایش سطح اطمینان مطالعات، مقادیر یک و سه متر به ترتیب به عنوان اعداد حداقل و حداکثر افزایش سطح آب دریای عمان در نظر گرفته شدند.

برای اعمال میزان افزایش سطح آب‌های آزاد در منطقه مورد مطالعه، از روش طبقه‌بندی مجدد^۱ لایه رقومی ارتفاع منطقه استفاده شد. به این منظور، لایه طبقات ارتفاعی مناطق ساحلی از سایت دریافت شده و سپس به طبقات نشان داده شده در جدول ۲ طبقه‌بندی شدند.

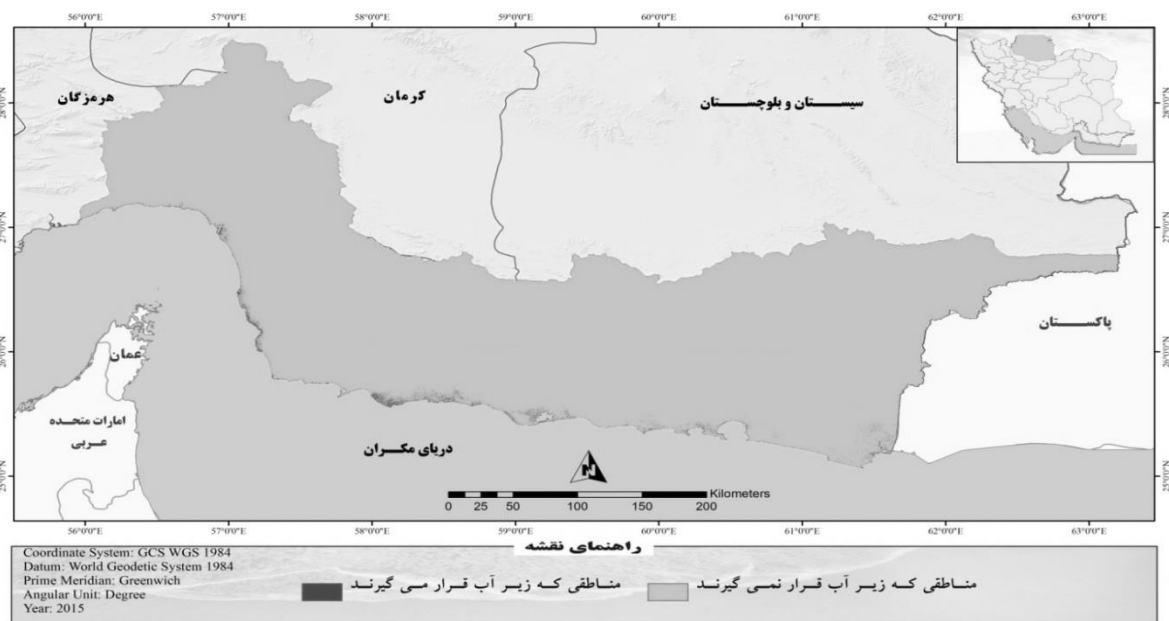
جدول ۲- نحوه طبقه‌بندی لایه رقومی ارتفاع برای تعیین میزان آب گرفتگی

ردیف	نام لایه	حدود ارتفاع از سطح دریا
۱	مناطق آب گرفته فعلی (دریای آزاد)	کمتر از صفر
۲	در معرض خطر آب گرفتگی بر اساس حداقل افزایش سطح آب دریا در آینده (آب گرفتگی با احتمال خیلی زیاد)	صفر تا یک متر
۳	در معرض خطر آب گرفتگی بر اساس حداکثر افزایش سطح آب دریا در آینده (آب گرفتگی محتمل)	صفر تا سه متر
۴	عدم وجود خطر آب گرفتگی (آب گرفتگی با احتمال خیلی کم)	بیش از سه متر

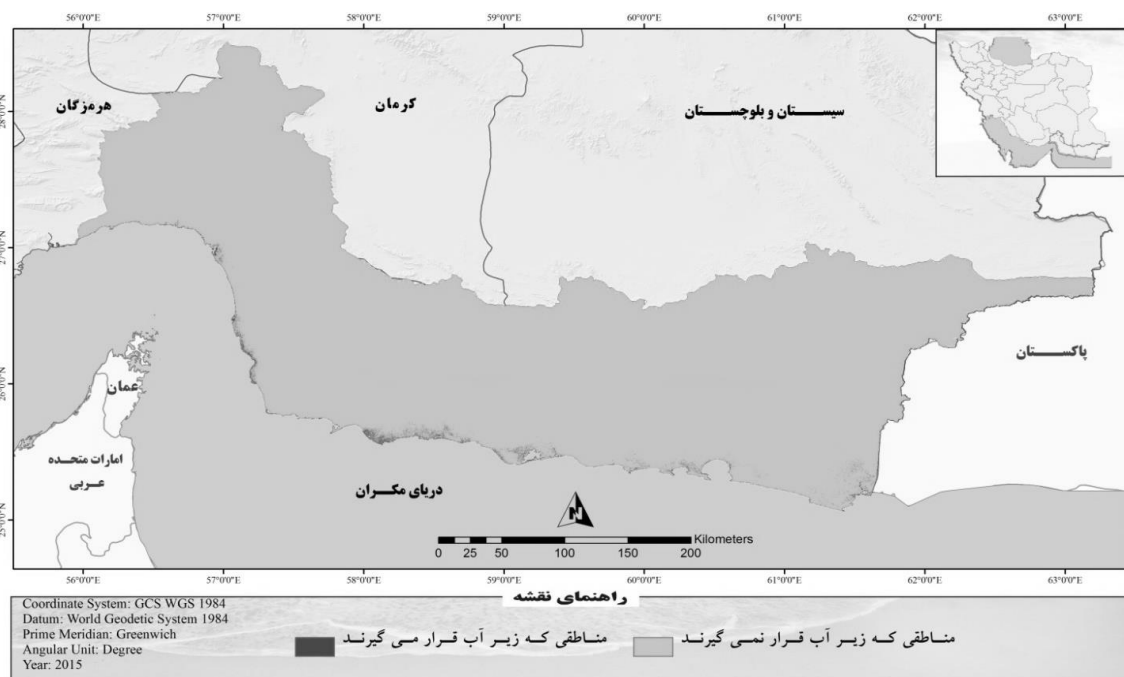
نتایج

با انجام طبقه‌بندی مجدد نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه بر اساس میزان افزایش سطح آب دریا، دو نقشه به عنوان حداقل و حداکثر میزان پیشروی آب دریا در خشکی ارائه شد (شکل ۲ و ۳).

^۱ - Reclassify



شکل ۲- نقشه نشان دهنده مناطق با خطر بالای آب گرفتگی که با افزایش یک متر آب دریا زیر آب می روند.



شکل ۳- نقشه نشان دهنده مناطق با خطر بالای آب گرفتگی که با افزایش سه متر آب دریا زیر آب می روند

جدول ۳، مساحت اراضی که در هر یک از این حالت‌ها از دسترس خارج خواهند شد را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مساحت اراضی که با افزایش سطح آب دریا زیر آب می‌روند

ردیف	نام	مساحت (هکتار)
۱	در معرض خطر آب گرفتگی بر اساس حداقل افزایش سطح آب دریا در آینده	۱۶۲۱۳
۲	در معرض خطر آب گرفتگی بر اساس حداکثر افزایش سطح آب دریا در آینده	۸۶۵۵۵

بر اساس اطلاعات این جدول، حداقل بیش از ۱۶۰۰۰ هکتار از اراضی ساحلی منطقه تا پایان قرن حاضر زیر آب خواهند رفت که این عدد می‌تواند تا بیش از ۸۶۵۰۰ هکتار افزایش یابد. اگرچه این میزان آب‌گرفتگی در این منطقه نسبت به مناطق آسیب پذیر دنیا همانند: بنگلادش، مالدیو و ... کم به نظر می‌رسد؛ باید توجه داشت که این اعداد به طور مطلق بسیار قابل توجه هستند. به خصوص با توجه به موقعیت مهمی که از نظر اقتصادی، زیست محیطی و توسعه‌ای می‌توان برای آن‌ها قائل بود.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس این نقشه‌ها و جدول، بخش‌های میانی منطقه مورد مطالعه بیشترین آسیب را از افزایش ارتفاع آب‌های آزاد می‌بینند. در واقع مناطقی که رویشگاه‌های عمده مانگروها هستند هم آسیب جدی خواهند دید. سیستم‌های مانگرو و اراضی حاشیه‌ای آن از نظر گیاهی بسیار غنی بوده و حداقل دارای ۲۰۰ گونه گیاهی هستند که علاوه بر نیاز به آب لب شور به مقدار کمی هم مواد ته‌نشین و رسوبی نیاز دارند. عمق آب مانگروها در حدود معینی بوده و عمیق‌تر از آستانه ارتفاع آبی است؛ که مانگروها را از استقرار کلنی آن‌ها باز می‌دارد. جنگل‌های مانگرو پرورشگاه بسیاری از گونه‌های آبی و ماهیان ارزشمند تجاری به شمار می‌روند. برای جوامع محلی یکی از مهم‌ترین منابع درآمد و عمده‌ترین منابع غذایی و فرآورده‌هایی نظیر چوب محسوب می‌شوند. یکی از مهم‌ترین پناهگاه‌های حیات وحش و از غنی‌ترین اکوسیستم‌ها به شمار می‌روند و مهم‌تر از همه جنگل‌های مانگرو همانند اراضی حائل و ضربه‌گیری محسوب می‌شوند که سواحل را در برابر فرسایش حفظ می‌کنند. متأسفانه جنگل‌های مانگرو با وجود غنای زیستی خود از آسیب‌پذیرترین اکوسیستم‌ها نیز به شمار آمده و (نه تنها به دلیل شکنندگی ماهوی، بلکه به دلیل قرار گرفتن در معرض آلودگی‌های خشکی و دریا) به شدت در معرض خطر قرار دارند. به طوری که در آینده، قبل از وقوع و تشدید پدیده گلخانه‌ای ممکن است به کلی نابود شوند. زیرا نه تنها به خاطر چوب، مورد بهره‌برداری بی‌رویه قرار دارند بلکه به دلیل اصلاح و تبدیل اراضی روز به روز از وسعت آن‌ها بیشتر کاسته می‌شود. با این حال اثر تغییر اقلیم

از طریق افزایش سطح آب دریا هم می‌تواند برای این اکوسیستم‌های شکننده زیان‌بار باشد. در واقع از کل ۳۷۲۴۶ هکتار جنگل‌های مانگرو که در منطقه ثبت شده‌اند، حداقل ۲۹۳۶ هکتار در اثر افزایش سطح آب دریاها زیر آب می‌روند و این منابع، تنوع زیستی ارزشمند خود را از دست می‌دهند. این مقدار کاهش البته در صورتی اتفاق می‌افتد که تنها یک متر به ارتفاع آب-های آزاد افزوده شود و در صورتی که مقدار افزایش سطح به سه متر برسد؛ حدود ۱۰۳۸۵ هکتار، معادل ۲۸ درصد از کل جنگل‌های حرا و صندل موجود در منطقه از بین می‌روند. همین موضوع به تنهایی کافی است که تهدیدات لازم برای پیشگیری از گسترش زیرساخت‌ها در نزدیکی مانگروها انجام شود. چرا که در صورت کاهش ۲۸ درصدی سطح جنگل‌های حرا و صندل، تنوع زیستی منطقه به شدت آسیب می‌بیند. بنابراین این ذخیره‌گاه‌ها باید بتوانند در صورت بالا آمدن سطح آب دریا، به سمت خشکی‌ها عقب نشینی کنند و این موضوع مستلزم عدم وجود موانع انسان‌ساخت است.

از نظر تجارت دریایی، در حاشیه دریای عمان، تنها بندر چابهار به عنوان بندر تجاری قابل ذکر وجود دارد و باقی بنادر موجود در این ناحیه نظیر بندر کنارک، پزم، پسابندر و از این قبیل، عمدتاً صیادی به شمار می‌روند. بندر چابهار هم با توجه به نقشه‌های به دست آمده، با افزایش سطح آب دریا مورد تهدید جدی قرار نمی‌گیرد و می‌توان برای توسعه روابط تجاری بین‌المللی روی این بندر سرمایه‌گذاری‌های توسعه‌ای را بدون دغدغه افزایش سطح آب دریا (حداقل تا سال ۲۱۰۰) انجام داد. لازم به ذکر و البته مبرهن است که توان این منطقه برای توسعه از نظر سایر ویژگی‌ها حتماً باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

با توجه به این که اراضی ساحلی نقش زیادی در تولید کشاورزی منطقه مورد مطالعه ندارند؛ افزایش سطح آب‌های آزاد و زیر آب رفتن اراضی نزدیک دریا تأثیر مستقیمی بر کاهش سطح اراضی کشاورزی در منطقه ندارد؛ با این وجود با نزدیک‌تر شدن دریا به اراضی داخلی، نفوذ آب شور به داخل خشکی افزایش می‌یابد و در اثر نیروی کاپیلاری، نمک موجود در آب دریا می‌تواند مشکلات زیادی را برای اراضی مختلف کشاورزی، مرتعی و جنگلی به وجود بیاورد که این مسئله نباید از دید پنهان بماند.

در هر حال نتایج این مطالعه می‌تواند برای مدیریت و برنامه‌ریزی توسعه منطقه مورد مطالعه بسیار حائز اهمیت باشد و پاسخ سؤالات مهمی در مورد بازده اقتصادی، توجیه‌پذیری، اثرات زیست محیطی و سایر مسائل مربوط به جنبه‌های مختلف توسعه دراز مدت در منطقه را ارائه نماید.

تقدیر و تشکر

این مقاله از نتایج «طرح جامع ارزیابی پتانسیل توسعه پایدار اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی و برنامه‌ریزی راهبردی در منطقه ساحلی دریای مکران» با کارفرمایی سازمان حفاظت محیط زیست حاصل شده است. نویسندگان مقاله از کلیه افرادی که در این طرح به نحوی مشارکت داشته‌اند و به خصوص از جناب آقای دکتر حسین مرادی به عنوان مجری طرح تقدیر و تشکر

می نمایند.

فهرست منابع

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، سلطانی، الف.، شریفی، ح.، کمالی، غ.، رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸۲. شبیه سازی تغییرات آب و هوایی در شرایط دو برابر شدن غلظت CO₂ به وسیله مدل های عمومی گردش. مجله بیابان. ۸، (۲) ۱۹۱-۱۷۸.

نامی، م.، عباسی سمنانی، ع.، صمدی، م.، ۱۳۹۱. بررسی اثرات و نتایج گرم شدن کره زمین و بالا آمدن آب دریای مکران و خلیج فارس بر سواحل و جزایر جنوب کشور در ۵۰ سال آینده. اولین همایش ملی توسعه سواحل مکران و اقتدار دریایی جمهوری اسلامی ایران. کنارک.

Alavi, M., 2004. Regional Stratigraphy Of The Zagros Fold-Thrust Belt Of Iran And Its Proforeland Evolution. American Journal of Science. 304: 1

Authors, G., Sea Level Rise. In: Gregory, J., editor. 2013. Climate Change, Fifth assessment report. New York.

Cazenave, A., Llovel, W., 2010. Contemporary Sea Level Rise. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics Marine Sciences. 2: 45-73.

Cheng, W., Sakai, H., Yagi, K., Hasegawa, T., 2009. Interactions Of Elevated [CO₂] And Night Temperature On Rice Growth And Yield. Agricultural and Forest Meteorology. 149: 8-51.

Church, J.A., Clark., P.U., 2013. Sea Level Change. Intergovernmental panel on climate change.

Emery, E.O., 1959. Sediments And Water Of The Persian Gulf. Bulletin of American Association of Petroleum Geologists.

Gehrels, R., 2010. Sea-level Changes Since The Last Glacial Maximum: An Appraisal Of The IPCC Fourth Assessment Report. Journal of Quaternary Science. 25: 26-38.

IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution Of Working Group I To The Third Assessment Report Of the Intergovernmental Panel On Climate Change. Cambridge University Press, New York.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Agenda. 6: 333.

Konikow, .L.J., 2011. Contribution Of Global Groundwater Depletion Since 1900 To Sea-level Rise.

Geophysical Research Letters. 38.

McKay, N.P., Overpeck, J.T., Otto-Bliesner, A.B.L., 2011. The Role Of Ocean Thermal Expansion In Last Interglacial Sea level Rise. *Geophysical Research Letters*. 38: 28-42.

Midgley, G., Hannah, L., Millar, D., Thuiller, W., Booth, A., 2003. Developing Regional And Species-level Assessments Of Climate Change Impacts On Biodiversity In The Cape Floristic Region. *Biological Conservation* 112: 87-97

Milne, G.A., Gehrels, W.R., Hughes, C.W., Tamisiea, M.E., 2009. Identifying The Causes Of Sea-level Change. *Nature Geoscience*. 2: 8-471 .

NASA, E.O.S. D. I. S. Land Processes DAAC. USGS Earth Resources Observation And Science Center . Sioux Falls: South Dakota.

Nicholls, R.J., Marinova, N., Lowe, J.A., Brown, S., Vellinga, P., de Gusmão, D., Hinkel, J., Tol, R. S. J., 2011. Sea-level Rise And Its Possible Impacts Given A ‘Beyond 4C World’ In The Twenty-first Century. *Philosophical Transactions Of The Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 369: 161-81.

Pfeffer, W.T., Harper, J.T., O’Neel, S., 2008. Kinematic Constraints On Glacier Contributions To 21st-Century Sea-level rise. *Science*. 321: 3-1340.

Pittock, A.B., 2009. CLIMATE CHANGE, The Science, Impacts And Solutions. CSIRO PUBLISHING, Australia.

Pokhrel, Y.N., Hanasaki, N., Yeh, P.J.F., Yamada, T.J., Kanae, S., Oki, T., 2012. Model estimates of sea-level change due to anthropogenic impacts on terrestrial water storage. *Nature Geoscience*. 5: 92-389.

Rignot, E., Velicogna, I., van den Broeke, M.R., Monaghan, A., Lenaerts, J., 2011. Acceleration Of The Contribution Of The Greenland And Antarctic Ice Sheets To Sea Level Rise. *Geophysical Research Letters*. 38: L00003.

Shepherd, A., Wingham, D., 2007. Recent Sea-level Contributions Of The Antarctic And Greenland Ice Sheets. *Science*. 16: 32-1529.

Siddall, M., Milne, G. A., 2012. Understanding Sea-level Change Is Impossible Without Both Insights From Paleo Studies And Working Across Disciplines. *Earth and Planetary Science Letters*. 315: 2-3.

Stocker, T., Qin, D., Plattner, G., Tignor, M., Allen, S., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, B., Midgley, B. 2013. IPCC, 2013: climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.

Uchupi, E., Swift, S.A., Ross, D.A., 2002. Morphology And Late Quaternary sedimentation In The Gulf Of Oman Basin. *Marine Geophysical Researches*. 23: 185-208.

Investigating the factors affecting the rise of Southeast Iran coastal waters due to climate change and its determination in minimum and maximum scenarios

Hamed Sangoony¹, Jalil Farzadmehr^{2*}

١- Adjunct Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Torbat-e Heydarieh

٢- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Torbat-e Heydarieh

* Email: farzadm102000@yahoo.com

Abstract

Global warming and climate change are a major environmental problem that has attracted the attention of many scientific and political circles in the world over the past two decades. One of the impacts of climate change and global warming on the planet has been the change in the water level. Over the past hundred years, sea levels have risen by about 3 mm per year. Increasing the sea level elevation can drain many parts of the current coastline and severely affect the massive and densely populated Delta resources. In this study, by studying the factors affecting the increase of free water level, the rate of change of this important component has been investigated by the year 2100 in the southeast Iran. The length of the coastline of Iran in the vicinity of the Oman Sea is about 637 km and this area has been the focus of development in recent years. The results showed that the increase in water level between 1 m in the optimistic scenario and 3 m in the pessimistic scenario varies. As a result, between 16,213 hectares to 86,555 hectares of existing coastal land will be submerged. The important economic, environmental and developmental implications of these areas are doubling the importance of flooding. The results show that middle parts of studied area, which are the major habitats of mangroves, see the greatest damage from the rise of free water elevation. Mangrove systems and marginal lands are very rich in vegetation and contain at least 200 plant species. This and other

important development issues need to be considered, showing the importance of the results of this study for decision makers and managers.

Key words: Global warming, general circulation models, climate change scenario, sea level rise.