مقاله مروری

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۹، زمستان ۱۴۰۰، صص ۱۷۳-۱۸۷

پاسخ مانگروها به افزایش پیش بینی شده سطح آب دریا ناشی از اثرات تغییر اقلیم

هانا اعتمادی*[۱]

h.etemadi@pgu,ac,ir

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۷ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۲۷**

چکیده

زمینه و هدف: در این مطالعه میزان آسیب پذیری و پاسخ اکوسیستم های مانگرو به اثرات پیش بینی شده تغییر اقلیم مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار خواهد گرفت. تعیین پاسخ اکوسیستم های جنگلی مانگروها به افزایش جهانی سطح آب دریا، درجه حرارت و تغییرات الگوی بارش ناشی از تغییر اقلیم بسیار پیچیده خواهد بود. انتظار میرود که این اکوسیستم ها پاسخی سینرژیک به ترکیبی از اثرات ناشی از تغییر اقلیم ، فاکتورهای آنتروپوژنیک و حوادث طبیعی نشان دهند.

روش بررسی: در این پژوهش مشخص شد افزایش تراز آبی دریا محتمل ترین و بزرگترین تهدید ناشی از تغییر اقلیم بر جنگل های مانگرو خواهد بود. دامنه جرومدی و میزان تأمین رسوب در جنگل های مانگرو دو فاکتور عمده و موثر پاسخ مانگروها به افزایش تراز آبی دریا به شمار میروند.

یافته‌ها: در صورتیکه پروسه های افزایش ارتفاع رسوب به عنوان پروسه های جبران وجود نداشته باشند، مانگروهای سمت دریا از بین خواهند رفت و هرچه دامنه جزرومدی منطقه ای بیشتر باشد مانگروها خسارات کمتری را متحمل می شوند. این پاسخ ها به توپوگرفی منطقه نیز بستگی دارد که امکان مهاجرت مانگروها را به سمت خشکی تعیین میکند. بسیاری از پاسخ های مانگروها به این اثرات ناشی از تغییر اقلیم را نمی توان از یک مکان به مکان دیگر برون یابی کرد و ویژه یک منطقه خاص می باشند.

بحث و نتیجه گیری: برخی از اقدامات سازگاری در مناطق ساحلی در مقابل اثرات تغییر اقلیم شامل طراحی سیستم های دفاع از مناطق ساحلی مثل خاکریز ها، کاشت و احداث جنگل های مانگرو، ساخت تاسیسات در مقابل سیل، عقب نشینی از خط ساحلی و مدیریت آرایش جدید ساحل، تهیه نقشه های ریسک و هشدار و آگاهی به ساکنین می باشد.

کلمات کلیدی: جنگل های مانگرو، تغییر اقلیم، افزایش سطح آب دریا

۱- استادیار گروه محیط زیست پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر(مسئول مکاتبات)

Human and Environment, No. 59, Winter 2021, pp. 173-187

Mangroves Responses to Projected Sea-Level Rise Due to Impact of Climate Change

Hana Etemadi[1]

h.etemadi@pgu.ac.ir

Received: April 27, 2017 Accepted: January 17, 2018

Abstract

Background and Objectives: In this study, we reviewed the state of knowledge of mangrove vulnerability and responses to predicted climate change impacts. It would be complex and difficult to identify response to sea level rise, increasing temperature and precipitation pattern changes. Mangrove ecosystems are expected to exhibit a synergistic response to a combination of the climatic, anthropogenic and natural impacts

Methods: Among all climate change impacts, relative sea-level rise may be the greatest threat to mangroves. Tidal gauge renege and the rate of sediment supply are the most important factors in mangroves forest response to the sea level rise.

Results: If the compensation factors like surface sediment elevation augment did not work, mangroves seaward might depredate. On the other hand, the larger tide range in an area would result the lower mangrove damage. These responses would relate to the site-specific topographic properties which could determine possibility of mangrove landward migration. Most of the mangroves responses to the impact of climate change will be site-specific, also it would be impossible to extrapolate these responses from one place to other places.

Discussion and Conclusion: Some of the adaptation measures in coastal areas against the climate change impacts include designing coastal defense systems such as embankments, planting and constructing mangrove forests, building flood facilities, retreating from the shoreline and managing the new shoreline, mapping risk and warnings and awareness to residents.

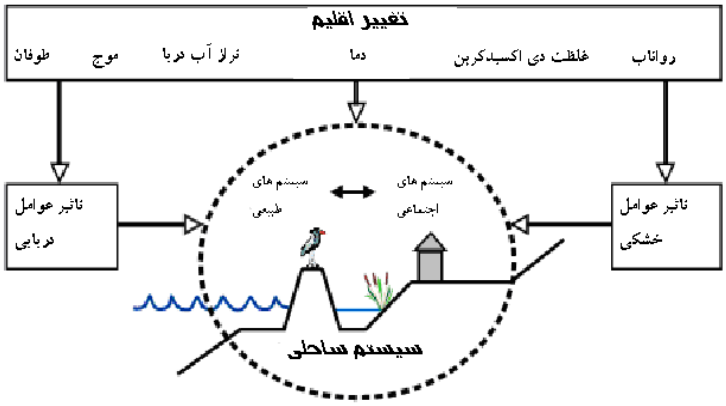
Key word: Mangrove Forest, Climate Change, Sea Level Rise

1- Assistant Professor at Department of Environmental Science, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr

مقدمه:

جنگل‌های مانگرو اکوسیستم‌های ویژه‌ای هستند که در حاشیه‌ی دو محیط‌زیست متفاوت دریا و خشکی رشد می‌کنند. این جنگل-ها نه به خشکی تعلق دارند و نه به دریا، بلکه اکوسیستم‌هایی هستند با شرایط اکوتون که در گذرگاه آب و خشکی سازگاری پیدا کرده‌اند. جنگل‌های مانگرو ایران در زمره‌ی نادرترین اراضی جنگلی مانگرو در دنیا محسوب می‌شوند زیرا برخلاف استقرار معمول مانگروها که عمدتاً در مناطق گرمسیری و پرباران جهان گسترش دارند، در اراضی خشک و گرم واقع گردیده‌اند. رویشگاه مانگروها بسیار ویژه است و در صورت نابودی، برگشت‌پذیری آنها بسیار دشوار و گاهی غیرممکن است (۱). بنابراین بررسی و تبیین عوامل تخریب جنگل های مانگرو با منشا طبیعی و انسانی، گام اولیه و اساسی حفاظت این اکوسیستم ها در دراز مدت خواهد بود. تغییر اقلیم به عنوان یکی از نگرانی های قرن حاضر اکوسیستم های مانگرو را تحت تاثیر قرار خواهد داد که تعیین میزان این تغییر و اثرات آن بر عرصه رویشگاهی مانگروها در مناطق حفاظت شده ساحلی جنوب حائز اهمیت می باشد.

به هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار میانگین آب هوایی یک منطقه در طولانی مدت تغییر اقلیم گفته می شود که در نتیجه فرایندهای دینامیکی زمین، نوسانات شدت تابش خورشیدی، انحراف مسیر حرکت زمین و افزایش گازهای گلخانه ای ایجاد می شود. اثر گلخانه‌ای گازهای H_2O, CO_2, CH_4, O_3 با به دام انداختن حرارت ساطع شده از زمین گرما تولید کرده و نقشی کلیدی در تنظیم دمای زمین دارد. گاز CO_2 بدلیل حجم بالای موجود در اتمسفر مهمترین گاز گلخانه ای بشمار میرود و احتراق سوخت‌های فسیلی (زغال سنگ، نفت و گاز) دلیل عمده ازدیاد بیش از حد این گاز در جو است که امروزه به عنوان عامل اصلی گرمایش جهانی عنوان می شود. تاثیرات منفی این پدیده در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را بدنبال داشته باشد و دخالت های بشر با بر هم زدن تعادل اکوسیستم ها تفسیر اثرات تغییر اقلیم را با مشکل مواجه کرده است. تغییر اقلیم اثرات و پیامدهای وسیعی بر محیط زیست، کشاورزی، منابع آب، اقتصاد و غیره دارد. تاثیرات منفی این پدیده در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را بدنبال داشته باشد. اکوسیستم های ساحلی مهمترین و حساس ترین مناطق به اثرات ناشی از تغییر اقلیم می باشند که پیامد های وخیم، خطرات و آسیب های ناشی از تغییر اقلیم را با درجه اطمینان بالاتری تجربه می کنند(۲).



شکل ۱- اثرات تغییراقلیم برسیستم های ساحلی : اثرات ناشی از منابع دریایی و ناشی از منابع خشکی

در وخیم ترین حالت افزایش CO_2 از ppm ۳۵۳ به ۸۳۴ در طی ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ ، افزایش دما تا $3/6^{\circ}C$ و میانگین افزایش سطح آب دریا cm ۸۴ تا سال ۲۱۰۰ و میانگین افزایش دمای سطح آب دریا تا $2/6^{\circ}C$ در قرن ۲۱ پیش بینی کرده است (۳). بر اساس مطالعات مختلف صورت پذیرفته تغییر اقلیم اثرات باقوه ای بر نواحی خشک و نیمه خشک بر جای می‌گذارد زیرا از یک طرف کاهش بارندگی و افزایش دما باعث تقویت خشکسالی و تبخیر در مناطق خشک و نیمه خشک شده و از سوی دیگر این مناطق بدون در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم بدلیل خشکسالی های طولانی مدت نواحی آسیب پذیر به لحاظ استاندارد ها و الگو های زیست محیطی هستند.

معرفی مانگروها و منافع آنها

این جنگل‌ها در حد فاصل مدارهای ۳۰-۲۵ درجه‌ی عرض شمالی و ۴۰-۳۵ درجه‌ی عرض جنوبی در مناطقی که دارای شرایط مناسبی برای رویش آنها باشد، پراکنش دارند. جنگل‌های مانگرو ایران در سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان در جوار شمالی‌ترین مدار پراکنش مانگروها در دنیا، مساحتی حدود ۲۰۰۰۰ هکتار و به طول ۱۸۳۰ کیلومتر از سواحل سه استان جنوبی ایران، بوشهر، هرمزگان و سیستان‌وبلوچستان را شامل می‌گردند (۴، ۵، ۶). جنگل‌های مانگرو ایران در سال ۱۹۷۲ به عنوان تنها اجتماع معرف اقلیم حیاتی پالئوتروپیک با برخورداری از معیارهای برنامه‌ی انسان و زیستکره‌ی یونسکو به عنوان ذخیره-گاه زیستکره برگزیده و در شبکه‌ی جهانی ذخیره‌گاه‌ها ثبت گردید. جنگل‌های مانگرو ایران آخرین حد پراکنش جنگل‌ها در آسیای جنوب‌غربی به‌شمار می‌روند (۷). مانگروها اثرات مهمی در مناطق استقرارشان دارند مانند تنظیم آب‌وهوا شامل تنظیم اکسیژن و دی‌اکسیدکربن و کنترل درجه‌حرارت، جلوگیری از فرسایش خاک، حمایت در برابر بلایای طبیعی مانند طوفان‌ها و تندبادها و حفظ حاصلخیزی خاک، محل زندگی برای بسیاری از گونه‌های بومی و مهاجر، تأمین چوب سوخت و مواد ساختمانی برای ساخت خانه، مبلمان، ابزار و وسایل کشاورزی، قایق‌های ماهیگیری، ابزار ماهیگیری، حصار و پرچین، دکل‌های کوچک، چوب برای ساخت پل، عسل و گیاهان دارویی، توریسم و گردشگری محلی (۸) جنگل‌های مانگرو از نظر حفظ اراضی ساحلی در برابر فرسایش به عنوان کمربند حفاظتی در تأمین اشکال معیشتی ساحلی نظیر صید و صیادی و پایداری اراضی کشاورزی نقش حساسی دارند (۹). صمغ این گونه در درمان بیماری‌های پوستی، زخم‌های قانقاریایی و جزام در مراحل اولیه مؤثر است. بیشترین میزان کاربری مانگروها، بهره‌برداری از آبزیان و پس از آن تهیه‌ی زغال می‌باشد (۵). تاکنون بیش از ۷۰ نوع استفاده از گیاهان مانگرو گزارش شده است. کاهش سطح مانگروها و تخریب این اکوسیستم ها باعث کاهش کیفیت آب، کاهش تنوع گونه ای و ازبین رفتن مناطق نوزادگاهی آبزیان خواهد شد که اثرات نامطلوبی بر زیستگاه های ساحلی مجاور خواهد داشت. انهدام مانگروها نیز مقادیر قابل توجهی از ذخیره کربنی را آزاد ساخته که باعث بدتر کردن وضعیت گرمایش جهانی و دیگر آثار تغییر اقلیم خواهد شد.

عوامل تهدید کننده مانگروها

متأسفانه این اکوسیستم‌ها طی سال‌های اخیر تحت تأثیر منابع و آلاینده‌های مختلف و مورد تهدید واقع شده‌اند (۱۰). بنابراین با توجه به فواید مختلف این گیاهان چه به عنوان اکوسیستم‌های طبیعی در زنجیره‌ی ارتباطات موجودات زنده‌ی جهان و چه از نظر اقتصادی، توجه به رفع عوامل محدودکننده و تهدیدکننده جنگل‌های مانگرو بسیار ضروری می‌نماید (۴). در طول ۵۰ سال گذشته حدود یک سوم از مانگروهای جهان از بین رفته اند. مهمترین عامل تخریب مانگروها اقدامات انسانی از جمله آبزی پروری در اراضی مجاور، بهره برداری بی رویه از منابع مانگرو توسط جامعه محلی، تبدیل اراضی مانگرو به ارضی کشاورزی، توسعه فضای شهری، انحراف آب شیرین به منظور آبیاری بوده است (۱۱). همچنین احداث سد با کاهش شدید رسوبات انتقالی به مانگرو و متعاقبا افزایش شوری و افزایش تراز آبی تالاب های ساحلی باعث فرسایش خط ساحلی و تبدیل این تالابها به آبهای

آزاد شده است. احداث استخر های پرورش میگو دلیل اصلی از بین رفتن ۲۰ تا ۵۰ درصد از مانگروهای تخریب شده در سطح جهانی می باشد. این عامل تخریب به دو صورت تبدیل جنگل های مانگرو به زمین های احداث استخرهای پرورش میگوها و همچنین محل ورود فاضلاب های این مزارع عمل می کند (۱۲). پیش بینی ها نشان می دهد، مانگروها در کشورهای توسعه یافته به میزان ۲۵٪ تا سال ۲۰۲۵ کاهش خواهند داشت (۱۳). در برخی کشورهای کلیدی مثل اندونزی که بزرگترین مانگروهای جهان را دارا می باشند پیش بینی می شود نرخ تخریب مانگروها در برخی ایالت ها مثل جاوا و سومارتا حتی بیشتر از ۹۰ درصد است. علاوه بر این عوامل تخریب آنتروپوژنیک، مانگروها بوسیله اثرات تغییر اقلیم جهانی نیز تهدید می شوند. اگر چه تغییر اقلیم و پیامد های ناشی از آن مثل تغییرات در دما، ، میزان گاز CO_2، الگوی بارش، تراز آبی دریا، طوفان ها که در دهه اخیر مشاهده شده است، ابتداعا به دلایل آنتروپوژنیک می باشد. عامل اصلی افزایش گرمای مشاهده شده در طول ۵۰ سال گذشته ناشی از افزایش غلظت گازهای گل خانه ای در اتمسفر می باشد (۱۴). اگر چه در حال حاضر، تغییر اقلیم در مقابل عوامل آنتروپوژنیک تخریب مانگروها تهدید جدی محسوب نمی شود، اما افزایش سریع سطح آب ناشی از تغییر اقلیم دلیل اصلی کاهش پیش بینی شده سطح رویشی مانگروها و دیگر تالاب های جزرومدی درآینده خواهد بود (۱۵). عوامل مهم در جلوگیری از توسعه درختان حرا میزان ریزش باران و تبخیر ناشی از حرارت زیاد بوده که ریزش باران بویژه در بخش خشکی اکوسیستم (جایی که خشکی و میزان زیاد نمک خاک در طول پایین‌ترین میزان جزر و مد نقش بالقوه‌ای در جلوگیری از توسعه این گونه ایفا می‌کند) شرایط مطلوبی را جهت رشد و نمو جامعه حرا فراهم می‌نماید. حرارت زیاد محیط نیز از طریق افزایش تبخیر و به نوبه خود افزایش شوری خاک همچنین تسریع میزان مصرف اکسیژن توسط میکروارگانیسم‌ها و نتیجتاً فراهم نمودن شرایط غیر هوازی، شرایط خاصی را جهت تغییر الگوی پهنه‌بندی جامعه گیاهی حرا ایجاد می‌نماید. فرآیندهای ژئوفیزیکی شامل پدیده‌هایی همچون زمین‌لرزه‌ها، لغزش‌ها، فوران‌های آتشفشانی و دیگر فعالیتهای تکتونیکی، اصابت صاعقه، عبور سیکلون‌ها، تیفون‌ها، امواج سونامی، جزر و مد، خشکسالی، افزایش سطح آب، هرزآب، سیلاب و ریزش باران است (۱۶). بسیاری از محققان عقیده دارند که تمامی این فرآیندها بر روی توسعه، ساختار و عملکرد اکوسیستم حرا مؤثر است اما تفکیک تعدادی از آنها به واسطه وابستگی به فرآیندهای ژئومورفیک دشوار می‌باشد (۱۷). لازم به ذکر است شوری خاک، رشد گیاه را به واسطه اثر بر میزان فتوسنتز و تنفس ، تحت تأثیر خود قرار می دهد، شرایط شوری بیش از حد ، منجر به کوتاه نگهداشتن قامت گیاه می شود. همچنین شوری زیاد خاک ، می تواند منجر به از هم گسیختگی توده گیاهان حرا شده و این وضعیت در مواقعی دیده می شود که تبخیر زیاد خاک آنها را به مرحله فوق العاده شور برساند. این مرحله منجر به مرگ حرا شده و نواحی و لکه های لخت خالی از پوشش ایجاد می کند.

افزایش سطح آب دریا

افزایش سطح آب دریا به مقادیر مد در اندازه گیری های محلی مربوط می شود که ترکیبی از تغییرات جهانی سطح دریا و فاکتورهای محلی و منطقه ای می باشد. افزایش جهانی سطح آب دریاها یکی از محرزترین پیامد های ناشی از گرمایش جهانی محسوب می شود که هم اکنون در حال رخداد است (به میزان ۲۲-۱۲ سانتی متر در طول قرن بیستم) و مدل های اقلیمی متعددی نرخ سریع این افزایش را در دهه های آتی پیش بینی کرده اند (۱۸). تغییرات سطح آب دریا ابتداعا در نتیجه انبساط حرارتی سطح آب دریا و تبدیل یخ موجود در یخچالها و قله های یخی به آب در اقیانوس ثانیا به دلیل حرکات عمودی زمین ناشی از حرکات تکتونیک، فرونشست های ساحلی بدلیل استخراج آب زیرزمینی و نفت زیرسطحی می باشد. سواحل به دلیل اثرات مضر

اقدامات و فشار های انسانی مثل توسعه توریسم، توسعه بنادر، قطع درختان، ورود فاضلاب های صنعتی، استخراج بیش از حد آب زیر زمینی، استفاده بی رویه از منابع طبیعی تحت استرس می باشند و این در حالی است که افزایش سطح آب دریا به دلیل مغرق ساختن سواحل کم ارتفاع و از بین بردن زمین، فرسایش سواحل ،تخریب تالاب های ساحلی، نفوذ شوری و تغییر در طوفان ها و سیل های دریایی ریسک آسیب پذیری این نواحی را تشدید کرده است (۱۹، ۲۰). حتی اگر مقدار انتشار گازهای گل خانه ای ثابت بماند بالا آمدن سطح آب دریاها بدلیل مدت زمان لازم برای تعادل بین اقیانوس و تکه های یخی با اتمسفر تا سال ۲۱۰۰ ادامه خواهد داشت (۲۱).

سناریو های افزایش جهانی سطح آب

طبق گزارش IPCC (۲۰۱۳) میانگین افزایش جهانی سطح آب دریا طبق پایین ترین حد سناریوهای انتشار ۲۶ سانتی‌متر و بالاترین حد سناریوهای انتشار ۸۸ سانتی‌متر تا انتهای قرن ۲۱ می باشد. همچنین در قرن بیستم نرخ این افزایش ، ۱/۷ میلی متر بر سال گزارش شده است (۲۲). با سنجش داده های ماهواره ای و بررسی دقیق تر افزایش سطح آب دریا از سال ۱۹۹۳ نرخ این افزایش به میزان ۳ میلی متر در سال بوده است که به طور معنی داری از میانگین گزارش شده در قرن ۲۰ بیشتر بود. اگر افزایش مشاهده شده در سرعت ذوب یخ های گرینلند و ورقه های یخی تکتنیک به طور خطی با افزایش درجه حرارت افزایش یابد مقدار ۱۱-۵ سانتی‌متر به مقادیر پیش بینی شده افزوده می شود (۲۳). هولمه و همکاران (۲۰۰۲) پیشنهاد کردند که برای بررسی و آنالیز اثرات باید سناریوهای افزایش سطح آب با ۵۰٪ افزایش در مقادیر میانگین جهانی بعلاوه فرونشست های منطقه ای در نظر گرفته شود تا کل دامنه تغییرات ممکن ارزیابی شود (۲۴). .واریک و همکاران (۱۹۹۶) میزان افزایش جهانی سطح آب دریا را ۸۶-۲۰ سانتی‌متر و متوسط مقدار این افزایش را ۴۵ سانتی‌متر تا انتهای قرن ۲۱ پیش بینی کردند (۲۵).

آسیب پذیری مانگروها به افزایش سطح آب دریا

جزایر کوچک در کشورهای در حال توسعه و نواحی ساحلی پست و کم ارتفاع به تغییرات جزئی افزایش سطح دریا بسیار حساس می باشند. وقتی افزایش نسبی سطح آب عامل غالب شکل دهنده خط ساحلی مانگروها باشد پاسخ سطوح منظر مانگروها در طول چند دهه و یا دوره‌های طولانی‌تر را می‌توان براساس بازسازی رفتارهای مانگروها به نوسانات سطح آب دریا در گذشته پیش بینی کرد (۲۶). برخی از این پیش بینی ها می توانند بر اساس ۱- میانگین تغییرات سطح آب نسبت به سطح مانگروها باشد ۲- موقعیت فیزیوگرفیک مانگروها (شیب زمین های مجاور مانگروها، شیب مانگروها و حضور موانع بر سر مهاجرت مانگروها) ۳- نرخ فرسایش حاشیه دریایی مانگروها (۲۷) آسیب پذیری مانگروها اساسا به ارتفاع رسوبات مانگروها بستگی دارد در صورتی که ارتفاع رسوبات (نرخ تجمع عمودی رسوبات) از میزان افزایش سطح آب دریا بیشتر باشد قادرند خود را در مقابل اثرات ناشی از افزایش سطح آب حفظ کنند. پرسه های سطحی و زیر سطحی زیادی بر ارتفاع رسوبات مانگروها اثر دارند.

پاسخ مانگروها به افزایش تراز آبی دریا

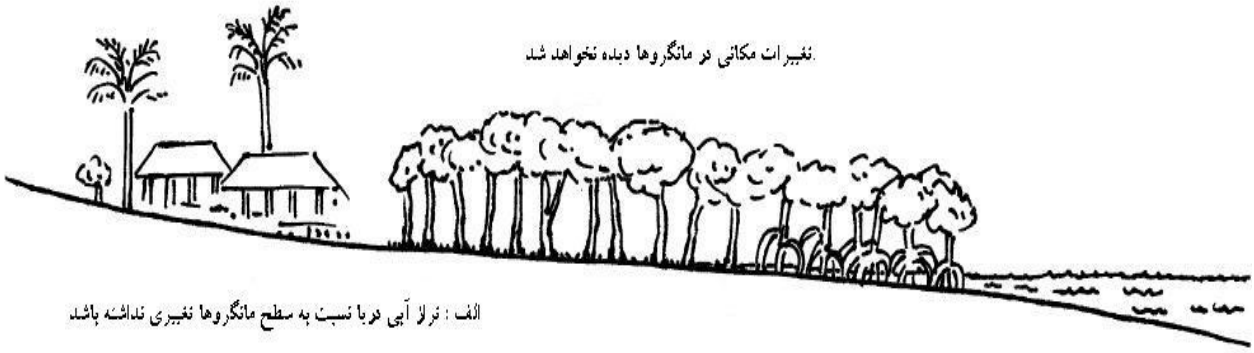
برای پاسخ مانگروها به افزایش تراز آبی دریا در طول دهه های آتی قرن حاضر به طور جهانی سه سناریو تعریف شده است(شکل ۲).

سناریو۱- بدون تغییر: زمانی که در تراز آبی دریا نسبت به سطح مانگروها ،ارتفاع مانگروها شوری آب، فرکانس ، عمق و دوره آبگرفتگی تغییرایجاد نشود عرصه رویشی بدون تغییر خواهد ماند (۲۸).

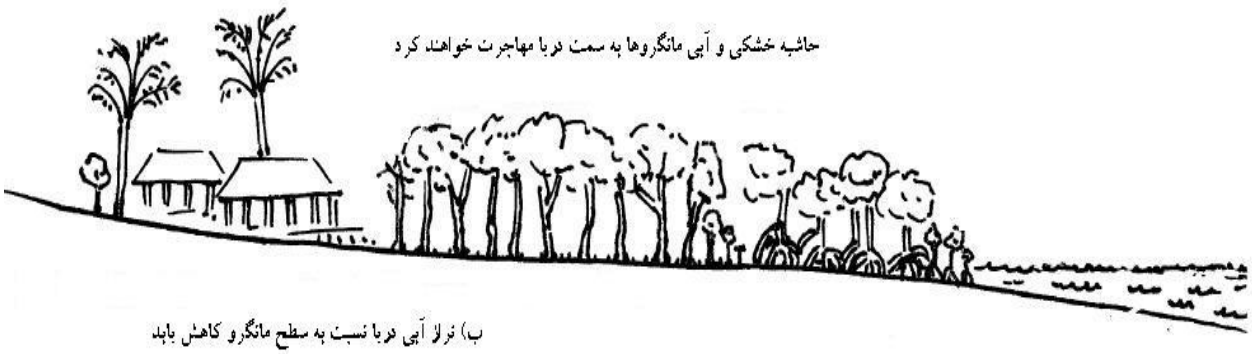
سناریو۲- زمانی که تراز آبی دریا نسبت به سطح مانگروها کاهش یابد این عامل باعث مهاجرت حاشیه مانگروها به سمت دریا خواهد شد. این نمونه مهاجرت مانگروها در فیجی دیده شده است (۲۹). حتی ممکن است در صورتی که اراضی مجاور مانگروها نسبت به سطح عرصه رویشی مانگرو ارتفاع کمتری داشته باشند و شرایط هیدرولوژیک آنها (دوره ،عمق و فرکانس مغروق شدگی) برای استقرار مانگروها مناسب باشد این جامعه گیاهی به طور

جانبی توسعه خواهد یافت و دیگر زیستگاه های ساحلی را اشغال میکند.

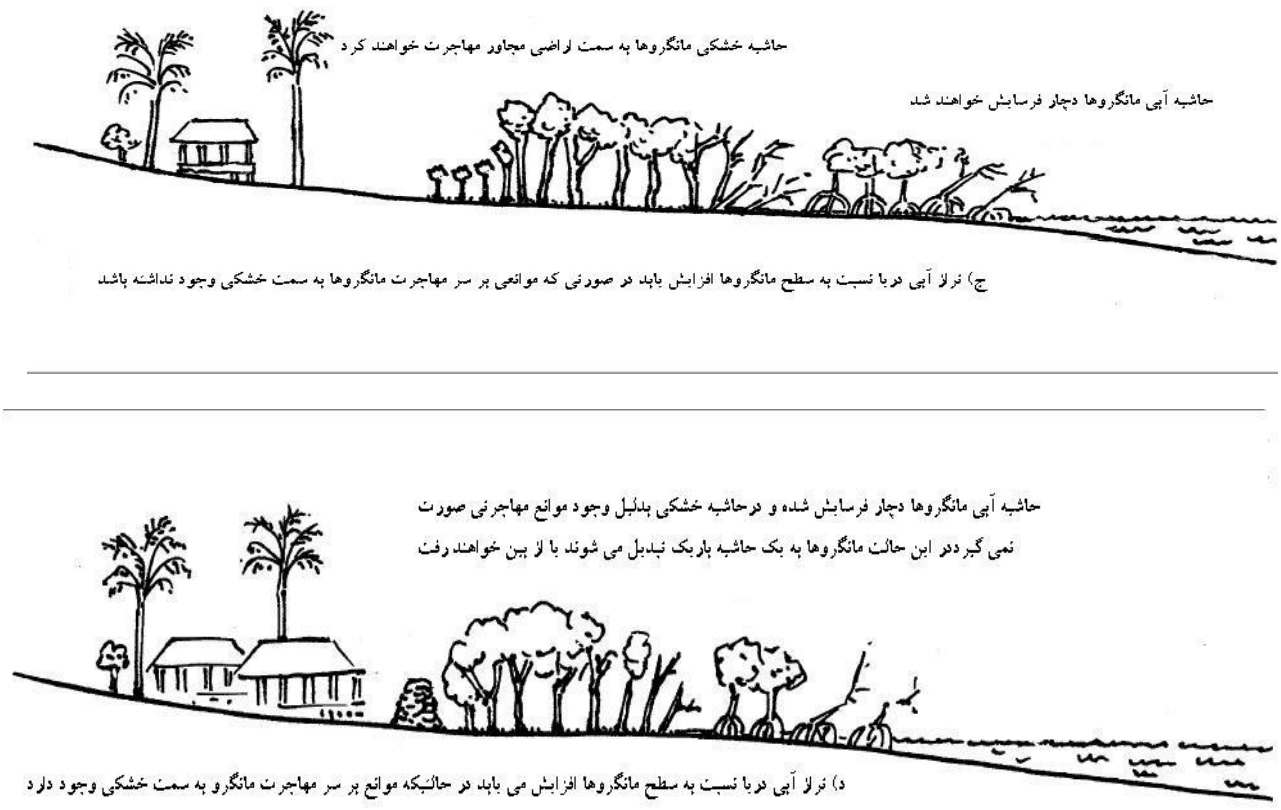
سناریو۳- زمانی که تراز آبی دریا نسبت به سطح مانگروها افزایش یابد حاشیه خشکی و آبی مانگروها به سمت خشکی مهاجرت خواهند کرد (۳۰). مانگروهای حاشیه آبی به دلیل استرس های ایجاد شده ناشی از افزایش تراز آبی مثل فرسایش که باعث ضعیف شدن ساختار ریشه ها می شود، افزایش شوری و بر هم خوردن دوره ، عمق و فرکانس مغروق شدگی و خفگی ریشه در نتیجه تداوم آبگرفتگی از بین خواهند رفت (۳۱، ۳۲). مهاجرت مانگروهای حاشیه خشکی به سمت اراضی مجاور به توانایی خاص گونه مانگرو برای ایجاد جامعه جدید در زیستگاه جدید متناسب با نرخ افزایش تراز آبی دریا، شیب زمین های مجاور و حضور موانع طبیعی یا مصنوعی بر سر مهاجرت آنها مثل دیوار های ساحلی، دیگر سازه های محافظ خط ساحلی بستگی دارد. طبق تحقیقات رز و همکاران در سال ۲۰۰۰ مهاجرت به سمت خشکی مانگروها به درون تالاب های مجاور در طول ۵۰ سال گذشته به ثبت رسیده است (۳۳).



الف : تراز آبی دریا نسبت به سطح مانگروها تغییری نداشته باشد



ب) تراز آبی دریا نسبت به سطح مانگرو کاهش یابد



شکل ۲- پاسخ مانگروها به افزایش تراز آبی دریا در سناریوهای مختلف

منابع رسوبی و نرخ رسوبات ورودی از فاکتورهای بسیار مهم در ظرفیت جنگل های مانگرو برای بقا و پایداری در مقابل افزایش سریع تراز آبی دریا بشمار میروند.این پروسه جبران فقط به رسوبات ورودی بستگی نداره بلکه به نرخ ته نشست نیز بستگی دارد که به وسیله نیروهای دریایی مثل دامنه جزرومد و جریانات ساحلی که اینها نیز بوسیله رژیم های انرژی و هیدرولوژیکی کنترل می شوند تحت تاثیر قرار می گیرند(۳۴).

در ارزیابی جهانی تجمع رسوبات در مانگروها که توسط سینگر در سال ۲۰۰۲ انجام گرفت مشخص شد نرخ تجمع رسوبات مانگروها به طور معمول ۵ میلی‌متر بر سال است با توجه به اینکه بسیاری از مانگروهای خط ساحلی در حال فرونشست هستند افزایش سطح آب نسبتا وسیعی را تجربه خواهند کرد (۳۵). طبق تحقیقات مکلوئد و همکاران در سال ۲۰۱۰ مهاجرت به سمت خشکی مانگروها به درون تالاب های مجاور در طول ۵۰ سال گذشته به عنوان پاسخی به اثرات افزایش سطح آب دریا به ثبت رسیده است (۳۶). دامنه جرومدی و میزان تامین رسوب در جنگل های مانگرو دو فاکتور عمده و موثر پاسخ مانگروها به افزایش تراز ابی دریا به شمار میرود. در صورتیکه پروسه های افزایش ارتفاع رسوب به عنوان پروسه های جبران وجود نداشته باشند این پاسخ به توپوگرفی منطقه نیز بستگی دارد که امکان مهاجرت مانگروها را به سمت خشکی تعیین میکند. مهاجرت زمانی ممکن می شود که توپوگرافی برای مهاجرت مانگروها مناسب باشد همچنین نرخ افزایش سطح آب با سیکل زندگی مانگرو منطبق باشد (۳۷).

تحکیم و پایداری رویشگاه مانگرو در یک ناحیه جدید به هیدرولوژی، ترکیب رسوبات و رقابت با سایر گونه های غیرمانگرو بستگی دارد.بنابراین تغییرات محلی و منطقه ای را در پاسخ مانگروها به این تغییرات انتظار داریم در واقع به این معنی است که توسعه مانگروها به دامنه ای از فاکتورها و وضعیت های محیط زیستی بستگی داردکه الگوی پاسخ مانگروها را نمی توان از یک مکان به مکان دیگر برون یابی کرد (۳۸).

در مجموع پایداری و انعطاف پذیری مانگروها به افزایش سطح آب دریا به چهار عامل بستگی دارد:

۱- نرخ تغییرات افزایش سطح آب دریا نسبت به سطح رسوبات تعیین کننده آسیب پذیری مانگروها می باشد(۳۹، ۴۰).

۲- ترکیب گونه‌ای مانگروها، چون زون های رویشی متفاوت مانگروها نرخ تغییرات ارتفاع رسوبشان متفاوت است. برخی زون ها مقاومت و انعطاف پذیری بیشتری نسبت به افزایش سطح آب دراند. زمان مورد نیاز برای کلونی شدن گونه‌های مختلف مانگرو در زیستگاه های جدید متفاوت است همچنین گونه های مختلف مانگرو در برابر مدت، فرکانس و عمق آبگرفتگی تحمل متفاوتی دارند و تغییر در این فاکتورها می تواند منجر به تغییر درترکیب گونه ای مانگروها شود.گونه های متفاوت با سرعت متفاوتی قادرند در زیستگاه های جدید حرکت کنند در نهایت اینکه برخی از گونه ها نسبت به سایرین قادر به تحمل افزایش سریع سطح آب می باشند(۴۱).

۳- فاکتورهای فیزیوگرافیک مثل شیب، موانع طبیعی و مصنوعی(۴۲)

۴- اثرات تجمعی همه استرس های تاثیرگذار بر بقاء و انعطاف پذیری مانگروها (۴۳)

متغییرهای اقلیمی مثل تغییر در الگوی بارش سالیانه و فرکانس و شدت طوفانهای سیکلونی از فاکتورهای اثر گذار بر پاسخ مانگروها به تغییرات تراز آبی می باشند. چون این عوامل به شدت بر جریان ورودی آب شیرین ورودی نوترینت ها و رسوبات به مانگروها متعاقبا رژیم های شوری تاثیر گذارند. در یک تحقیق انجام گرفته توسط کنیش در سال ۲۰۰۲ اثرات تراز آبی دریا بر مصب مورد بررسی قرار گرفت در این تحقیق اثر وضعیت ها و ویژگی های محلی مثل اندازه و شکل مصب، جهت و موقعیت مصب نسبت به جریانات محلی، توزیع فضائی تالابها و کاربری اراضی در زمین های بالادست مورد تاکید قرار گرفت (۴۴). مناطق ساحلی با رنج جزرومدی بالا و متوسط به دلیل تجمع عمودی رسوبات و ثابت باقی ماندن ارتفاعشان نسبت به افزایش سطح آب دریا همچنین تالاب هایی با ورودی بالای رسوبات فقط در بدترین سناریوها به افزایش سطح آب دریا حساس هستند (۳۹).

توزیع فضایی مانگروها به عنوان مهاجران فرصت طلب در اراضی مجاور توسط پاسخ مانگروها به فاکتورهای محیطی (۴۵) کنترل می شود با تاکید بر ساختارهای ژئومورفیک در تعیین اینکه مانگروها در چه اکوسیستم هایی استقرار می یابند و ساختار و پروسه های عملکردی آنها چگونه است. شناسایی ساختارهای ژئومورفیک مانگروها مثل پروسه های رسوب گذاری (منابع تامین رسوب و نوع آنها) هیدرولوژی و رژیم های انرژی در فهم بقا و پاسخ مانگروها به تغییرات تراز آبی دریا اهمیت دارند. اگر چه هیچ همبستگی معنی داری بین روند ارتفاع رسوبات مانگرو و تراز آبی (داده های جزومدی) و همچنین بین کلاس های ژئومورفیک و روند تغییرات ارتفاعی رسوبات مانگرها دیده نشده است (۳۹). تا زمانی که مدل های پیش بینی ارتفاع رسوب اکوسیستم های مانگرو توسعه یابد پایش مناطق ویژه به منظور ارزیابی آسیب پذیری و پاسخ به تغییرات پیش بینی شده در تراز آبی دریا لازم می باشند.

برخی از مهمترین مطالعات انجام شده در این زمینه در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱- مطالعات انجام شده در زمینه پاسخ اکوسیستم مانگرو به افزایش سطح آب دریا در نقاط مختلف دنیا

مهمترین مطالعات صورت گرفته در زمینه اثر افزایش سطح آب دریا بر مانگروها	نتایج بدست آمده	کشور	منبع
بررسی اثرات افزایش نسبی سطح آب دریا و اثر آن بر موقعیت سطح مانگروهای ساحلی	بین ۲۵ تا۷۲ میلی متر بر سال مانگروها به سمت خشکی مهاجرت کردند که ۱۲ مرتبه بیشتر از نرخ افزایش سطح آب دریا مشاهداتی بود.	استرالیا	**(۴۶)**
افزایش عرصه پوششی مانگروها و مقاومت آنها به افزایش سطح آب دریا	نتایج حاکی از افزایش عرصه پوششی مانگروها و مهاجرت به عرض های جغرافیایی بالاتر بود.	امریکا	**(۴۷)**
مقاومت مانگروها به افزایش سطح آب دریا	مانگروها با تجمع رسوبگذاری پیت ها در برابر افزایش سطح آب دریا مقاومت می کنند.	استرالیا	**(۴۸)**
سازگاری مانگروها به افزایش سطح آب دریا منطقه ای	مانگروها از طریق تجمع رسوبات زیرسطحی و احیای ساختمان ریشه ها قابلیت سازگاری با افزایش سطح آب دریا منطقه‌ای را داشته اند.	امریکا	**(۴۹)**
پیش بینی اثرات افزایش سطح آب دریا بر مانگروهای استرالیا	مانگروها در آینده قابلیت سازگاری با افزایش سطح آب دریا را بدلیل پروسه های رسوبی ، دینامیک آب زیرزمینی و خصوصیات ژئومورفولیژیکی خاص نخواهند داشت.	استرالیا	**(۵۰)**
بررسی میزان مقاومت و سازگاری مانگروهای پرتراکم در برابر افزایش سطح آب دریا	مانگروهای با تراکم بالاتر بدلیل داشتن سیستم ریشه‌ای تکامل یافته در بدام انداختن رسوبات باعث افزایش تجمع رسوبات شده وافزایش قابلیت سازگاری آنها در برابر افزایش سطح آب دریا خواهد داشت.	سریلانکا	**(۵۱)**
بررسی پاسخ گونه های متفاوت مانگروهای به افزایش سطح آب دریا	ترکیب گونه ای مانگروها بدلیل تفاوت منطقه رویشگاهی گونه ها و تفاوت در مدت زمان لازم برای کلونی شدن هر گونه در رویشگاه جدید، بر پاسخ آنها به افزایش سطح آب دریا اثر خواهد داشت.	کانادا، آمریکا	**(۵۲)،(۵۳)**
تهدید افزایش سطح آب دریا بر اکوسیستم های ساحلی مانگرو	با افزایش روند ۳ میلی متر برسال میزان بین ۸ تا ۱۸ درصد از مانگروهای خلیج تیشانگتنگ چین از بین رفته اند.	چین	**(۵۴)**
پیش بینی اثرات افزایش سطح آب دریا بر مانگروهای منطقه جاسک	بسته به خصوصیات خاص هر منطقه پاسخ مانگروها به افزایش سطح آب دریا متفاوت خواهد بود. در مانگروهای جاسک شرقی به وضوح به سمت خشکی مهاجرت کردند.	ایران	**(۵۵)**

نتیجه گیری

مهمترین درآمد ناشی از مطالعات اثرات تغییر اقلیم روشن سازی حوادث اقلیمی و وقایع حدی آینده برای برنامه ریزان ،تصمیم گیران و سیاستمدران می باشد تا با اتخاذ تصمیمات و سیاست های درست در زمینه کاهش و سازگاری با این اثرات میزان خسارات و تلفات آینده را کاهش دهند. برخی از اقدامات سازگاری

در مناطق ساحلی در مقابل اثرات تغییر اقلیم شامل طراحی سیستم های دفاع از مناطق ساحلی مثل خاکریز ها با توجه به میزان افزایش سطح آب و طوفان‌های آینده، کاشت و احداث جنگل های مانگرو، بهبود استاندارد های تاسیسات و ساختمان های ساحلی در مقابل خطرات، استفاده از مکمل های ماسه ای اضافه شده به نواحی ساحلی، بهبود مدیریت سطح آب از طریق لایروبی یا عریض کردن پهنای رودخانه، گسترش مناطقی برای ذخیره و نگه داشت آب، ساخت تاسیسات در مقابل سیل، عقب نشینی از خط ساحلی و مدیریت آرایش جدید ساحل، تهیه نقشه های ریسک و هشدار و آگاهی به ساکنین می باشد.

منابع

۱- میراب‌زاده، پ. جنگل های مانگرو: زیستگاه‌های حساس با ویژگی‌های استثنایی. کتاب طبیعت ایران، موزه آثار طبیعی و حیات وحش ایران، ۱۳۷۶، شماره ۱، صفحات ۸۱-۷۸.

2- IPCC, 2007a. Summary for Policymakers. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. Solomon, D. Qin, M.Manning, Z. Chen, M.Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1-18.

3- IPCC, 2007b. Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J.Dokken and K.S.White, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, p. 1032.

۴- پورزواره، م. جنگل‌های مانگرو. مجله سیمای محیط. ۱۳۸۴، شماره ۱۴ و ۱۵، صفحات ۳۹-۳۸.

۵- دانه‌کار، ا. جنگل‌های مانگرو جهان. فصلنامه‌ی محیط زیست. ۱۳۷۴، جلد هفتم، شماره ۲، صفحات ۲۶-۱۶.

۶- دانه کار، ا. جنگل‌های مانگرو ایران. فصلنامه‌ی محیط زیست. ۱۳۷۵، جلد هشتم، شماره ۲، صفحات ۸- ۲۳.

۷- صفیاری، ش.. جنگل‌های مانگرو، جلد اول: جنگل‌های مانگرو در دنیا. انتشارات مؤسسه‌ی تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، ۱۳۸۱، صفحه ۲۶۳ .

8- Iftekhar. M.S., and Takama. T., 2008. Perceptions of biodiversity, environmental services, and conservation of planted mangroves: a case study on Nijhum Dwip Island, Bangladesh. Journal of Wetlands and Ecological Management. 16, pp. 119-137.

9- زعیم‌دار، م.. بررسی بوم‌سازگان حرا و جایگاه آن در ایران. مجله‌ی جنگل و مرتع، ۱۳۷۹. شماره ۵۰، صفحات ۷۰-۶۶.

10- Kairo. J.G., Dahdouh-Guebas. F., Bosire. J., and Koedam. N., 2001. Restoration and management of mangrove system- a lesson for and from the East African region. Journal of South African, Journal of Botany. 67, pp. 383-389.

11- Wells, S., Ravilous, C., Corcoran, E. 2006. In the front line: Shoreline protection and other ecosystem services from mangroves and coral reefs. United Nations Environment Program World

Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK, pp. 33.

12- Primavera, J.H. 1997. Socioeconomic impacts of shrimp culture. Aquaculture Research. 28, 815-827.

13- Ong, J.E. and G.W. Khoon. 2003. Carbon fixation in mangrove ecosystem and carbon credits. Theme B from the East Asian Sea Congress: Essential Cross-Sectoral Processes and Approaches to Achieving Sustainable Development. Conference Bulletin, pp. 20–28

14- Houghton, L.G., Meira Filho, L.G., Callander B.A. (Eds.), 1996. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.pp. 99-105.

15- Nicholls, R.J., Hoozemans, F.M.J., Marchand, M. 1999. Increasing food risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses, 9, 69-87.

16- Jones, M. 2002. Climate change - follow the mangroves and sea the rise. National Parks Journal 46, 6.

17- McLeod, E., Salm, R., 2006. Managing Mangroves for Resilience to Climate Change. IUCN, Gland, Switzerland. pp. 90-108.

18- Field, C., 1995. Impacts of expected climate change on mangroves. Hydrobiologia. 295, 75–81.

19- Thomas, R., Rignot, E., Casassa, G., Kanagaratnam, P., Acuna, C., Akins, T., Brecher, H., Frederick, E., Gogineni, P., Krabill, W., Manizade, S., Ramamoorthy, H., Rivera, A., Russell, R., Sonntag, J., Swift, R., Yungel, J., Zwally, J., 2004. Accelerated sea-level rise from West Antarctica. Science. 306, 255–258.

20- Church, J., Hunter, J., McInnes, K., White, N., 2004. Sea-level rise and the frequency of extreme events around the Australian coastline. In: Coast to Coast ’04th Conference Proceedings Australia’s National Coastal Conference, Hobart, 19–23 April 2004, pp. 1–8.

21- Gilman, E., Van Lavieren, H., Ellison, J., Jungblut, V., Adler, E., Wilson, L., Areki, F., Brighouse, G., Bungitak, J., Dus, E., Henry, M., Kilman, M., Matthews, E., Sauni I., Teariki-Ruatu, N., Tukia, S., & Yuknavage, K.2006. Living with Pacific Island mangrove responses to a changing climate and rising sea level. United Nations Environment Programme. UNEP Regional Seas Reports and Studies.pp.192-205.

22- IPCC, 2013. Climate Change 2013. The physical Science Basis. Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, p. 18.

23- Warrick R.A., 2007 .Proceedings of the ANZSEE conference on re-inventing sustainability: a climate for change, held 3e6 July 2007, Noosaville, Queensland, Australia. SimCLIM: recent developments of an integrated model for multi-scale, risk-based assessments of climate change impacts and adaptation. pp. 60-69.

24- Hulme, M., Jenkins, G.J., Lu, X., Turnpenny, J.R., Mitchell, T.D., Jones,

R.G., Lowe, J., Murphy, J.M. & Co-authors, 2002. Climate Change Scenarios for the United Kingdom: The UKCIP02 Scientific Report. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, Norfolk, pp, 120.

25- Warrick, R.A., Oerlemans, J., Woodworth, P.L., Meier, M.F., le Provost, C. 1996. Changes in sea level. In: Houghton, J.T., MeiraFilho, L.G., Callander, B.A. (Eds), Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 359-405.

26- Berdin, R., Siringan, F., Maeda, Y., 2003. Holocene relative sea-level changes and mangrove response in Southwest Bohol, Philippines. Journal of Coastal Research. 19, 304–313.

27- Lucas, R.M., Ellison, J.C., Mitchell, A., Donnelly, B., Finlayson, M.,& 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, 161–175.

28- Ellison, J., 2000. How South Pacific mangrovesmay respond to predicted climate change and sea level rise. In: Gillespie, A.,Burns,W. (Eds.),Climate Change in the South Pacific: Impacts and Responses in Australia, New Zealand, and Small Islands States. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, (Chapter 15), pp. 289–301.

29- Nunn, P.D. 2000. Significance of emerged Holocene corals around Ovalau and Moturiki islands, Fiji, southwest Pacific. Marine Geology, 163, 345–351..

30- Woodroffe, C.D., 1995. Response of tide-dominated mangrove shorelines in northern Australia to anticipated sea-level rise. Earth Surface and Processing Land. 20, 65–85.

31- Ellison, J. 2004. Vulnerability of Fiji's mangroves and associated coral reefs to climate change. Prepared for the World Wildlife Fund. Launceston, Australia: University of Tasmania. pp.35-78.

32- Lewis III, R.R., 2005. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. Ecological Engineering. 24, 403–418.

33- Ross, M.S., Meeder, J.F., Sah, J.P., Ruiz P.L., & Telesnicki, G.J., 2000: The southeast saline Everglades revisited: 50 years of coastal vegetation change. J. Vegetation Science, 11, 101-112.

34- Wilton, K. 2002. Coastal Wetland habitat dynamics in selected New South Wales Estuaries. Volume 1. Ph.D. Thesis, Australian Catholic University, Fitzroy, Australia. pp. 125-137.

35- Saenger, P., 2002. Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation. Kluwer, pp. 360.

36- Mcleod, E., Poulter, B., Hinkel, J., Reyes, E., Salm, R. 2010. Sea-level rise impact models and environmental conservation: A review of models and their applications. Ocean and Coastal Management, 53 ,507-517.

37- Ellison, J., & Stoddart, D. 1991. Mangrove ecosystem collapse during predicted sea-level rise: Holocene

analogues and implications. Journal of Coastal Research, 7(1), 151–165.

38- Semeniuk, V. 1994. Predicting the effect of sea-level rise on mangroves in Northwestern Australia. Journal of Coastal Research, 10(4), 1050–1076.

39- Cahoon, D.R., Hensel, P.F., Spencer, T., Reed, D.J., McKee K.L. and Saintilan, N. 2006. Coastal wetland vulnerability to relative sea-level rise: wetland elevation trends and process controls. Wetlands as a Natural Resource, Vol. 1: Wetlands and Natural Resource Management, J.Verhoeven, D.Whigham, R. Bobbink and B. Beltman, Eds., Springer Ecological Studies series, Chapter 12, 271-292.

40- Gilman, E., Ellison, J., Sauni Jr., I., Tuaumu, S., 2007a. Trends in surface elevations of American Samoa mangroves. Wetland and Ecological Management. 15, 391–404.

41- Krauss, K.W., Cahoon, D.R., Allen, J.A., Ewel, K.C., Lynch, J.C., Cormier, N. 2010. Surface Elevation Change and Susceptibility of Different Mangrove Zones to Sea-Level Rise on Pacific High Islands of Micronesia. Ecosystems, 13, 129–143.

42- Gilman, E., Ellison, J., Coleman, R., 2007b. Assessment of mangrove responseto projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. Environmental Monitoring Assessment. 124, 112–134.

43- Pilkey, O.H., Cooper, J.A., 2004. Society and sea level rise. Science. 303, 1781–1782.

44- Kennish, M.J. 2002. Environmental threats and environmental future of estuaries. Environmental Conservation 29 (1), 78–107.

45- Duke, N.C., Ball, M.C., Ellison, J.C., 1998. Factors influencing biodiversity and distributional gradients in mangroves. Global Ecological Biogeography, 7, 27–47.

46- Gilman, E., Ellison, J., & 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(1-3), 105–30.

47- Comeaux, R. S., Allison, M. a., & Bianchi, T. S. 2012. Mangrove expansion in the Gulf of Mexico with climate change: Implications for wetland health and resistance to rising sea levels. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 96, 81–95.

48- Ellison, J. 2004. Vulnerability of Fiji's mangroves and associated coral reefs to climate change. Prepared for theWorld Wildlife Fund. Launceston, Australia: University of Tasmania.

49- McKee, K.L., Cahoon, D.R., Feller, I.C., 2007. Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation. Global Ecology and Biogeography, 16, 545-556.

50- Semeniuk, V. 1994. Predicting the effect of sea-level rise on mangroves in Northwestern Australia. Journal of Coastal Research, 10(4), 1050–1076.

51- Kumara, M. P., Jayatissa, L. P., Krauss, K. W., Phillips, D. H., & Huxham, M. 2010. High mangrove density enhances surface accretion, surface elevation

change, and tree survival in coastal areas susceptible to sea-level rise. Oecologia, 164(2), 545–53.

52- Krauss, K.W., Allen, J.A., Cahoon, D.R., 2003. Differential rates of vertical accretion and elevation change among aerial root types in Micronesian mangrove forests. Estuary and Coastal Shelf Science, 56, 251–259

53- Rogers, K., Saintilan, N., Heijnis, H., 2005. Mangrove encroachment of salt marsh in Western Port Bay, Victoria: the role of sedimentation, subsidence, and sea level rise. Estuaries, 28, 551–559.

54- Li, S., Meng, X., Ge, Zh., Zhang L. 2015. Evaluation of the threat from sea-level rise to the mangrove ecosystems in Tieshangang Bay, southern China. Ocean and Coastal Management, 109, 1-8.

55- Etemadi, H., Samadi, S., Sharifikia, M., Smoak, J.M. 2015. 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. doi:10.1007/s00704-015-1552-5.