

شناسایی سواحل در معرض بالا آمدن آب دریا تحت سناریوهای تغییر اقلیم

مطالعه نمونه: سواحل جنوب ایران در کرانه دریای عمان

لیدا داور؛ افشین دانه کار^{۲*}؛ عبدالرسول سلمان ماهینی^۳؛ حسین آذرنیوند^۴؛ بابک نعیمی^۵ و گری گریگز^۶

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- استاد گروه مهندسی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استاد گروه محیط زیست و شیلات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- استاد گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۵- محقق گروه علوم زمین و جغرافیا دانشگاه هلسینکی فنلاند

۶- استاد برجسته گروه علوم زمین و سیارات دانشگاه کالیفرنیا- سنکروز آمریکا

(تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۱۵- تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۸)

چکیده:

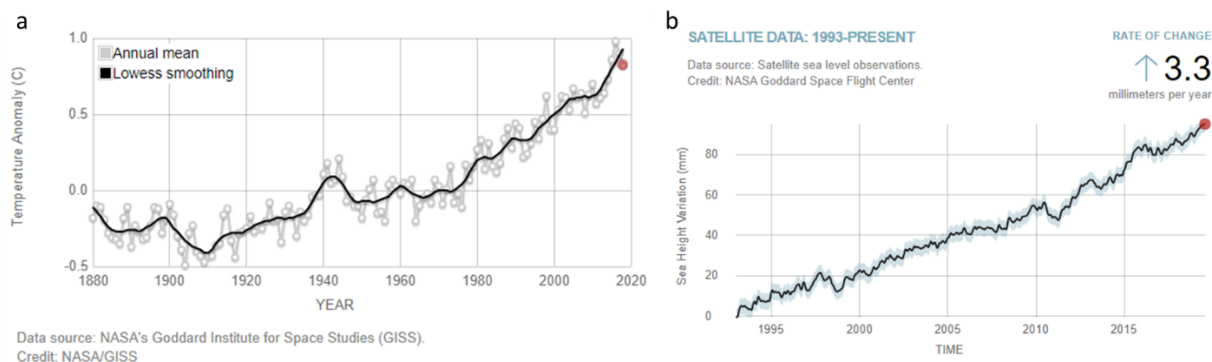
بالا آمدن سطح آب دریا یکی از اثرات مستقیم و مورد پذیرش تغییر اقلیم عصر نوین است و اغلب به آن به عنوان یکی از دلایل عمده نگرانی در مورد تغییر اقلیم استناد می‌گردد. در طول ۲۶ سال گذشته و مطابق با داده‌های ارتفاع سنجی ماهواره‌ای، سطح جهانی آب دریا با نرخ میانگین ۳/۳ میلی‌متر در سال بالا آمده است. این نرخ همچنان در حال افزایش است و تا انتهای قرن ۲۱ ام نیز بالا آمدن میانگین جهانی سطح آب دریا ادامه خواهد داشت. بالا آمدن سطح آب دریا تغییرات مهم و اغلب ناسازگاری بر شکل زمین، اکوسیستم‌ها، مصب‌ها، آبراهه‌ها، جمعیت انسانی و فعالیت‌های ناحیه ساحلی برجای خواهد گذارد. شناسایی مناطق ساحلی در معرض آبگرفتگی و تدوین مدیریت سازگاری متناسب می‌تواند موجب کاهش پی آمدهای تغییر اقلیم در این مناطق گردد. در پژوهش حاضر، پهنه‌های در معرض بالا آمدن سطح آب دریا در سواحل مکران- شهرستان جاسک به طول ۲۹۲ کیلومتر تحت سناریوهای ارائه شده توسط هیات بین‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC) و با استفاده از آخرین نسخه مدل Bath tub، ارائه شده توسط NOAA، مورد شناسایی قرار گرفت. نتایج نشان داد در اثر حداکثر میزان بالا آمدن سطح آب دریا تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP6 (با نرخ افزایش برابر) و RCP8.5، به ترتیب ۲۹۹، ۳۳۴ و ۴۴۹ کیلومترمربع از سواحل مورد مطالعه تا سال ۲۱۰۰ به طور دائم به زیر آب خواهند رفت. روی هم گذاری لایه‌های کاربری و پوشش سرزمین منطقه ساحلی و پهنه‌های در معرض بالا آمدن سطح آب دریا نیز نشان داد بخش‌هایی از بندر استراتژیک جاسک، بندر کوه مبارک، اکوسیستم‌های با اهمیت ساحلی مانند مانگروها و نیز مناطق هدف برای برنامه‌های کنونی و آتی توسعه سواحل مکران، در معرض آبگرفتگی دائمی قرار خواهند گرفت. از این رو ارزیابی آسیب پذیری کمی و کیفی این مناطق در برابر بالا آمدن سطح آب دریا و تدوین برنامه مدیریت سازگاری با هدف کاهش پی آمدهای تغییر اقلیم بر جوامع انسانی و طبیعی منطقه از یک سو و اجرای برنامه‌های توسعه در مناطق ساحلی به شکل پایدار از سوی دیگر، ضرورتی اجتناب ناپذیر است.

کلید واژگان: تغییر اقلیم، بالا آمدن سطح آب دریا، آسیب پذیری سواحل، مدیریت سازگاری، جاسک

۱. مقدمه

تغییر اقلیم عصر نوین است (Doyle *et al.*, 2015,) و تقریباً تمام سواحل جهان تا انتهای قرن ۲۱، از SLR متاثر خواهند شد (Cazenave *et al.*, 2013). از اوایل دهه ۱۹۷۰، آب شدن توده های یخ و بسط دمایی اقیانوس^۵ در اثر گرم شدن، با هم حدود ۷۵ درصد از مشاهده های بالا آمدن متوسط سطح آب دریاها را توصیف می کند (Church *et al.*, 2013). در فاصله سال های ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۰ میلادی، میانگین سطح آب دریا تا ۰/۱۹ متر بالا آمده است و اکنون مطابق با شکل ۱(b) بالا آمدن آب دریا با نرخ ۳/۳ میلی متر در سال شتاب بیشتری گرفته است (NASA, 2019b). این میزان با نرخ ۰/۰۸ میلی متر در سال افزایش می یابد و در نتیجه در مقایسه با سال ۲۰۰۵، منجر به بالا آمدن متوسط سطح آب دریاها به میزان 12 ± 65 میلی متر تا سال ۲۱۰۰ میلادی خواهد گردید (Nerem *et al.*, 2018). این میزان افزایش به اندازه ای هست که تمام شهرهای ساحلی در سراسر دنیا را با مشکلات قابل ملاحظه مواجه نماید (NASA, 2018).

تغییر اقلیم در دهه های اخیر، موجب وارد آمدن پیآمدهای گوناگونی بر سیستم های طبیعی و انسانی در تمام قاره ها و اقیانوس ها گشته است (IPCC, 2014a). مطابق با نتایج مطالعات^۱ IPCC، میانگین جهانی دمای سطحی خشکی و اقیانوس، گرمایش حدود ۰/۸۵ درجه سانتیگراد در طی دوره ۱۸۸۰ تا ۲۰۱۲ را نشان می دهد (IPCC, 2014b). روند کنونی گرمایش، همچنانکه در شکل ۱(a) مشخص است، از آن جهت دارای اهمیت ویژه است که منشا بیشتر آن، انتشار گازهای گلخانه ای^۲ در اثر فعالیت های انسانی است و نرخ افزایش آن در سال گذشته بی سابقه بوده است (IPCC, 2007b). اکنون میزان دی اکسید کربن، مهم ترین گاز گلخانه ای، به بیشترین مقدار آن در ۶۵۰ هزار سال اخیر رسیده است (NASA, 2016) و بالاترین میزان آن در اتمسفر برابر ۴۱۴/۷ ppm^۳ در ماه می سال ۲۰۱۹ میلادی ثبت شده است (SIO, 2019). بالا آمدن سطح آب دریاها (SLR)^۴ یکی از اثرات مستقیم و مورد پذیرش



شکل ۱- (a) روند نوسان های دمایی از سال ۱۸۸۰ (NASA, 2019a) - (b) روند بالا آمدن جهانی آب دریا از سال ۱۹۹۳ (NASA, 2019b)

- 3 -parts per million (ppm)
- 4 -Sea-Level Rise
- 5 -Ocean Thermal Expansion

- 1 -Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
- 2 -Greenhouse Gas (GHG)

بودن به زیان) و ظرفیت سازگاری^{۱۰} یک سیستم در برابر متغیرهای اقلیمی و رخداد‌های مرتبط با تغییر اقلیم (مانند بالا آمدن سطح آب دریا) را دربر می‌گیرد (Adger, 2006; Fussler, 2006; IPCC, 2014b). در معرض بودن، اشاره به اثرات فیزیکی پی‌آمد تغییر اقلیم دارد که موضوع پژوهش حاضر است. در زمینه ارزیابی پی‌آمدهای SLR ناشی از تغییر اقلیم بر سواحل، مطالعات وسیعی در دنیا به انجام رسیده است. Yunus و همکاران در سال ۲۰۱۶، حدود زیر آب رفتن مناطقی از لندن تحت سناریوهای SLR را با استفاده از مدل Bathhtub مطالعه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که ۳ تا ۸ درصد از مناطق مورد بررسی تا سال ۲۱۰۰ احتمالاً زیر آب می‌روند (Yunus et al., 2016). در مطالعه Maio و همکاران، اثرات SLR بر جزیره Rainsford، که سایت‌های حائز اهمیت باستانی و منابع فرهنگی را در بردارد، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد ۲۶ درصد از کل وسعت جزیره شامل مناطق باستانی با بالا آمدن ۱ متری سطح آب دریا، به زیر آب خواهند رفت (Maio et al., 2012). Arkema و همکاران در پژوهش خود با بیان اینکه اکوسیستم‌های ساحلی تخریب یافته در اثر SLR، مردم و دارایی آن‌ها را با ریسک صدمات بزرگتر ناشی از مخاطرات ساحلی مواجه می‌کند، یک شاخص مخاطره را برای هر ۱ کیلومتر مربع از سواحل ایالات متحده تعریف کردند. از این شاخص برای شناسایی آسیب پذیرترین مردم و دارایی‌ها استفاده گردید (Arkema et al., 2013). در یک مطالعه کمی آسیب

اثرات ناسازگار بالا آمدن سطح آب دریا بر منطقه ساحلی، که سطوح بالای تنوع زیستی را حمایت می‌کند، دامنه وسیعی از عملکردهای اکوسیستم، کالا و خدمات را فراهم می‌آورد و ۱۰ درصد از جمعیت جهان را در پهنه‌های با ارتفاع کمتر از ۱۰ متر بالاتر سطح آب دریاها در بر می‌گیرد، به عنوان یک تهدید اصلی تغییر اقلیم محسوب می‌شوند (McGranahan et al., 2007; Moser, 2015; Merkens et al., 2016). از اثرات بالا آمدن سطح آب دریاها، که اکنون نیز در بسیاری از مناطق ساحلی قابل مشاهده هستند، می‌توان به زیر آب رفتن دائمی^۶ و افزایش آب گرفتگی^۷ زمین‌های ساحلی، افزایش فرسایش، نفوذ آب شور به آب‌های سطحی و زیرزمینی و کاهش وسعت تالاب‌های ساحلی مانند مانگروها را نام برد (Nicholls et al., 2007; Nicholls et al., 2010; Griggs, 2017). پیش‌بینی شده است آبگرفتگی پهنه‌های ساحلی در اثر بالا آمدن سطح آب دریا میلیون‌ها نفر در سراسر جهان را مجبور به جابجایی کند (Bernard et al., 2019).

اکنون ارزیابی آسیب‌پذیری سواحل در برابر تغییر اقلیم به عنوان راهکاری مناسب برای تدوین مدیریت سازگاری تغییر اقلیم با هدف افزایش توانایی سازگاری با تغییرات، شفاف‌سازی چگونگی پاسخ‌های ممکن برای کاهش آسیب‌پذیری و ارزشیابی ظرفیت یک کشور در اجرای پاسخ مناسب به کار برده می‌شود (Nicholls et al., 2000). آسیب‌پذیری در موضوع تغییر اقلیم، به طور عمده سه بعد در معرض بودن^۸، حساسیت^۹ (یا مستعد

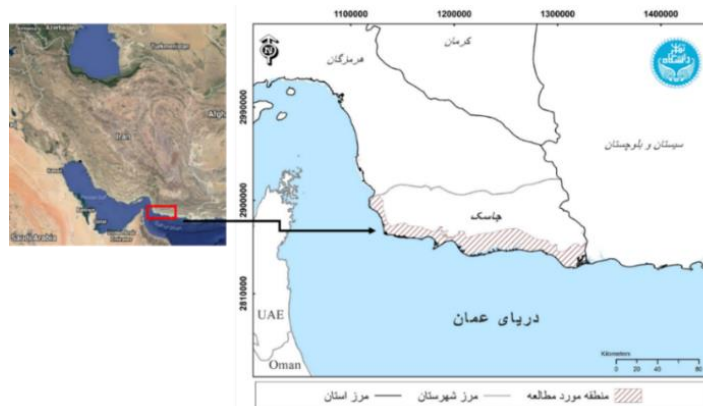
نقشه سازی غرقاب شدگی دائمی سواحل در اثر SLR از آن جهت حائز اهمیت است که داده های پایه و بنیادی برای ارزیابی و پهنه بندی آسیب پذیری فیزیکی، اکولوژیک و اجتماعی-اقتصادی سواحل در برابر بالا آمدن سطح آب دریا و تدوین برنامه های سازگاری برای کاهش پی آمدهای تغییر اقلیم بر جوامع ساحلی را در اختیار قرار می دهد (NOAA, 2012).

۲. مواد و روش ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، منطقه ساحلی شهرستان جاسک در استان هرمزگان، به عنوان بخش مهمی از سواحل مکران، مورد مطالعه قرار گرفت. سواحل جاسک به طول حدود ۲۹۲ کیلومتر (PMO, 2018) در کرانه های شمالی دریای عمان واقع گردیده است و مطابق با داده های ارتفاعی منطقه، غالبا به عنوان سواحل پست^{۱۲} شناخته می شود (شکل ۲).

پذیری، Bernard و همکاران با در نظر گرفتن رخدادهای حدی ناشی از SLR نشان دادند در اثر آبرگرفتگی سواحل، دارایی های سواحل کالیفرنیا به ارزش ۱۵۰ میلیون دلار و جمعیتی به بزرگی ۶۰۰ هزار نفر متحمل خسارت خواهند شد (Bernard et al., 2019). پژوهش های انجام شده برای پیش یابی^{۱۱} سطح آب دریای عمان و خلیج فارس تحت سناریوهای تغییر اقلیم نشان می دهد این مناطق نیز در اثر بالا آمدن سطح آب دریا در معرض آسیب خواهند بود (Nicholls et al., 2010; Goharnejad, et al., 2013; Irani, et al., 2017). همچنین مطالعاتی در زمینه ارزیابی پی آمدهای تغییر اقلیم بر سواحل و بویژه جنگل های مانگرو ایران به انجام رسیده است (Mafi et al., 2015; Etemadi et al., 2016). پژوهش حاضر نیز با هدف شناسایی پهنه های ساحلی شهرستان جاسک، واقع در کرانه شمالی دریای عمان (موسوم به سواحل مکران)، که احتمالا تا سال ۲۱۰۰ و تحت سناریوهای تغییر اقلیم در معرض بالا آمدن سطح آب دریا قرار خواهند گرفت به انجام رسید.



شکل ۲- منطقه مورد مطالعه (سواحل شهرستان جاسک واقع در کرانه شمالی دریای عمان)

(ICZM)^{۱۳}، دو طرحی هستند که مسیر توسعه و مدیریت منطقه ساحلی شهرستان جاسک در آن‌ها تبیین گردیده است. خلاصه‌ای از مشخصه‌های عمومی منطقه ساحلی شهرستان جاسک در جدول ۱ آورده شده است (PMO, 2018).

در حال حاضر به دلیل اهمیت ژئوپلیتیک منطقه، توسعه سواحل شهرستان جاسک، که از جمله مناطق کم تراکم و کمتر توسعه یافته کشور محسوب می‌گردد، در دستور کار تصمیم‌گیران قرار گرفته است. طرح توسعه سواحل مکران و نیز طرح تدقیق مدیریت یکپارچه نواحی ساحلی

جدول ۱- مشخصات عمومی منطقه ساحلی شهرستان جاسک

۷۳/۱	تعداد شهر/ تعداد روستا
۲۶۱۲۶ / ۱۳۸۱۰	جمعیت شهر/ جمعیت روستا
<i>Chelonia mydas</i> (En.) <i>Eretmochelys imbricate</i> (CR) <i>Testudo graeca zarudnyi</i> (VU)	گونه‌های در معرض تهدید (وابسته به زیستگاه‌های ساحلی)
(<i>Avicennia marina</i>) ۱۰۰۶ هکتار	مساحت تالاب ساحلی (جنگل‌های مانگرو) و گونه غالب

۲-۲. داده‌های مورد استفاده

داده‌های پایه که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند عبارت بودند از داده‌های ارتفاعی و داده‌های جزر و مدی (تهیه شده در سازمان‌های نقشه برداری و سازمان بنادر و دریانوردی)، مقادیر پیش‌یابی شده برای بالا آمدن جهانی سطح آب دریا تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوهای تغییر اقلیم (IPCC, 2014b) و لایه کاربری اراضی و پوشش زمین (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۹۷). پس از تهیه داده‌ها، آماده‌سازی آن‌ها مطابق با راهنمای مدل آبرفتگی NOAA صورت گرفت و در نهایت تحلیل داده‌ها و نقشه‌سازی ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی سواحل جاسک در برابر SLR در محیط نرم‌افزار 10.2.2 ArcMap به انجام رسید.

۲-۳. روش مطالعه

ارزیابی آسیب‌پذیری فیزیکی منطقه ساحلی در برابر SLR ناشی از تغییر اقلیم در دو گام اصلی صورت گرفت: - گام اول: تعیین حدود غرقاب شدگی دائمی منطقه ساحلی جاسک در اثر SLR تحت هر کدام از سناریوهای RCP: وسعت پهنه‌های ساحلی که در نتیجه بالا آمدن سطح آب دریا به زیر آب می‌روند از شاخص‌های ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق ساحلی در برابر SLR می‌باشد (Nichols, 1995). برای نقشه‌سازی سطحی از منطقه ساحلی که با بالا آمدن سطح آب دریا به زیر آب خواهند رفت، مدل‌های متعددی توسعه داده شده‌اند (Doyle et al., 2015). در این مطالعه با توجه به هدف پژوهش و داده‌های در دسترس، از مدل "Modified bathtub approach" ارائه شده توسط سازمان ملی اقیانوسی و

در سناریوی RCP4.5 و RCP6، نقشه سازی و تحلیل ها تحت شرایط بالا آمدن آب دریا به میزان ۰/۵۵، ۰/۶۳ و ۰/۸۲ متر به انجام رسید. IPCC، معتبرترین مرجع برای داده های اقلیمی است و محققان کشورهای مختلف برای مطالعه های منطقه ای و محلی مرتبط با تغییر اقلیم، از اطلاعات پایگاه داده IPCC چه به طور مستقیم و چه از طریق ریزمقیاس نمایی^{۱۷} داده های اقلیمی استفاده می نمایند (Glick *et al.*, 2010; Murdukhayeva *et al.*, 2013; Yunus *et al.*, 2016).

- گام دوم: شناسایی کاربری ها و پوشش زمین آسیب پذیر در برابر بالا آمدن سطح آب دریا تحت سناریوهای تغییر اقلیم. در این گام، با روی هم گذاری نقشه آبرفتگی دائمی تهیه شده تحت سناریوی RCP 8.5 با نقشه تلفیقی کاربری اراضی^{۱۸} و پوشش زمین^{۱۹}، آسیب پذیری فیزیکی منطقه ساحلی جاسک در برابر SLR تا سال ۲۱۰۰ ارزیابی گردید.

جوی آمریکا (NOAA, 2017) برای شناسایی پهنه هایی که در اثر SLR به زیر آب خواهند رفت استفاده گردید. از مدل Bathtub به طور گسترده ای در مطالعات پی آمدهای تغییر اقلیم استفاده می گردد (Poulter *et al.*, 2007; Dean, 2009; Murdukhayeva *et al.*, 2016; Yunus *et al.*, 2013). اتصال منطقه مورد مطالعه به دریا و عدم تاثیر امواج در سطح آب دریا از پیش شرط های اصلی اجرای این مدل است (Spaulding, 2014). ورودی های اصلی این مدل عبارتند از داده های ارتفاعی ساحل (DEM)^{۱۴}، متوسط بالاترین ارتفاع مد^{۱۵} و مقادیر پیش یابی شده برای بالا آمدن سطح آب دریا (NOAA, 2017; Murdukhayeva *et al.*, 2013). در این پژوهش از بالاترین میزان SLR پیش یابی شده برای سناریوهای تغییر اقلیم تا سال ۲۱۰۰ جدول ۲، منتشر شده در گزارش پنجم IPCC (AR5)^{۱۶} استفاده گردید (IPCC, 2014a). با توجه به یکسان بودن حداکثر میزان SLR

جدول ۲- مقادیر پیش یابی شده برای SLR تحت سناریوهای مختلف RCP

2081–2100				
	Scenario	Mean (m)	Likely range (m)	Sea-level rise (m)
				(مقادیر استفاده شده در این پژوهش)
Global Mean Sea-Level Rise	RCP 2.6	0.40	0.26 to 0.55	0.55
	RCP 4.5	0.47	0.32 to 0.63	0.63
	RCP 6.0	0.48	0.33 to 0.63	0.63
	RCP 8.5	0.63	0.45 to 0.82	0.82

17- Down scaling
18 -Land Use
19 -Land Cover

14- Digital Elevation Models (DEM)
15 -Mean Higher High Water (MHHW)
16 -The IPCC Fifth Assessment Report

۳. نتایج

۴-۳. آسیب پذیری فیزیکی در برابر حداکثر بالا

آمدن آب دریا تحت سناریوی RCP 8.5

با توجه به وسعت پهنه های در معرض آبگرفتگی تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم و اختلاف نسبتا اندک آن ها در قیاس با وسعت مجموع شکل ۶، برای نقشه سازی آسیب پذیری فیزیکی منطقه در برابر بالا آمدن سطح آب دریا از حداکثر میزان پیش یابی شده برای SLR تحت سناریوی چهارم تغییر اقلیم تا سال ۲۱۰۰ (۰/۸۲ متر) استفاده گردید. نتایج به دست آمده نشان داد از مجموع ۴۴۹ کیلومترمربع از منطقه ساحلی شهرستان جاسک که در معرض آبگرفتگی دائمی قرار خواهند داشت، در حدود ۵ کیلومترمربع آن اراضی ساخته شده/شهری است. وسعتی برابر ۲ کیلومترمربع از اراضی در معرض آبگرفتگی دائمی، دارای کاربری آبی پروری هستند و ۵۲ کیلومترمربع از پهنه های دارای کاربری نامشخص (احتمالا نظامی) تا سال ۲۱۰۰ به طور دائم به زیر آب خواهند رفت. ۳۹۰ کیلومتر دیگر از سرزمین ساحلی جاسک که تا سال ۲۱۰۰ میلادی در معرض آبگرفتگی دائمی قرار خواهد گرفت شامل پهنه های جزرو مدی/تالاب ساحلی (۱۶۱ کیلومتر مربع)، جنگل/درخت زار (۱۱ کیلومتر مربع)، مراتع ضعیف (۶۲ کیلومتر مربع) و اراضی بدون پوشش (۱۵۵ کیلومتر مربع) خواهد بود (شکل ۷ و جدول ۳). در نمودار ۲ جمع بندی وسعت پهنه های در معرض آبگرفتگی در اثر ۰/۸۲ متر بالا آمدن سطح آب دریا تحت سناریوی چهارم تغییر اقلیم (RCP8.5) ارائه شده است.

۳-۱. آبگرفتگی دائمی سواحل جاسک تحت

سناریوی RCP 2.6

نتایج نقشه سازی پهنه های در معرض آبگرفتگی منطقه مورد مطالعه در اثر ۰/۵۵ متر بالا آمدن سطح آب دریا تحت سناریوی تغییر اقلیم RCP 2.6 نشان داد مساحتی برابر ۲۹۹ کیلومترمربع از سواحل شهرستان جاسک تا سال ۲۱۰۰ به طور دائم به زیر آب خواهند رفت (شکل ۳).

۳-۲. آبگرفتگی دائمی سواحل جاسک تحت

سناریوی RCP 4.5 و RCP 6

حداکثر نرخ بالا آمدن سطح آب دریا تحت سناریوهای RCP 4.5 و RCP 6 تا سال ۲۱۰۰ برابر ۰/۶۳ متر برآورد شده است که منجر به آبگرفتگی حدود ۳۳۴ کیلومتر مربع از سواحل جاسک خواهد گردید (شکل ۴).

۳-۳. آبگرفتگی دائمی سواحل جاسک تحت

سناریوی RCP 8.5

نقشه سازی مناطق در معرض آبگرفتگی تحت سناریوی RCP8.5 نیز نشان داد در حدود ۴۴۹ کیلومترمربع از منطقه ساحلی شهرستان جاسک در اثر ۰/۸۲ متر SLR تا سال ۲۱۰۰ به زیر آب خواهند رفت (شکل ۵). جمع بندی وسعت آبگرفتگی منطقه ساحلی جاسک در اثر بالا آمدن سطح آب دریا تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوهای تغییر اقلیم در نمودار ۱ نشان داده شده است.



شکل ۳- آبرفتگی سرزمین ساحلی در اثر ۰/۵۵ متر SLR تحت سناریوی RCP 2.6



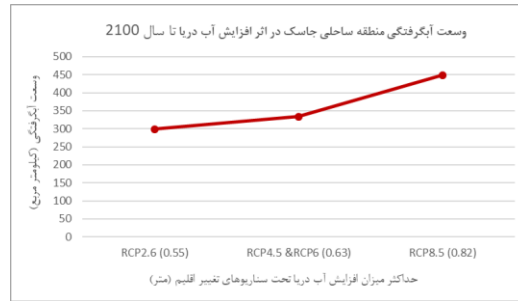
شکل ۴- آبرفتگی سرزمین ساحلی در اثر ۰/۶۳ متر SLR تحت سناریوهای RCP 4.5 و RCP 2.6



شکل ۵- آبرفتگی سرزمین ساحلی در اثر ۰/۸۲ متر SLR تحت سناریوی RCP 8.5



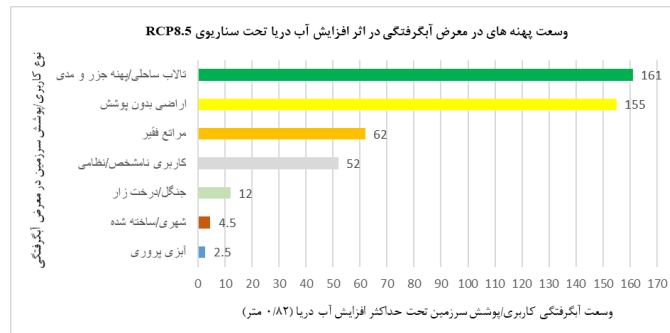
شکل ۶- حد اختلاف در وسعت آبرفتگی سرزمین ساحلی در اثر حداکثر میزان SLR تحت سناریوهای مختلف RCP



نمودار ۱- وسعت آبگرفتگی دائمی منطقه ساحلی جاسک در اثر SLR تا سال 2100 تحت سناریوهای RCP



شکل ۷- آسیب پذیری فیزیکی منطقه ساحلی در برابر ۰.۸۲ متر SLR تحت سناریوی RCP8.5



نمودار ۲- وسعت آسیب پذیری فیزیکی در اثر ۰.۸۲ متر SLR تحت سناریوی RCP8.5

جدول ۳- وسعت کاربری اراضی و پوشش سرزمین در معرض ۰.۸۲ متر SLR در منطقه ساحلی جاسک

نوع کاربری/پوشش سرزمین	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد از مساحت مجموع (۴۴۹ کیلومتر مربع)
شهری	~ ۴/۵	۱٪
آبزی پروری	~ ۲/۵	۱٪
کاربری نامشخص (نظامی)	~ ۵۲	۱۱٪
تالاب ساحلی/پهنه آبی داخلی	~ ۱۶۱	۳۶٪
اراضی بدون پوشش	~ ۱۵۵	۳۴٪
جنگل/درخت زار	~ ۱۲	۲٪
مراتع فقیر	~ ۶۲	۱۴٪

۴. بحث و نتیجه گیری

در حالی که دنیا اکنون تغییر اقلیم و پی آمدهای آن بر زمین و از جمله مناطق ساحلی را به وضوح تجربه می کند، شناسایی مناطق در معرض آبگرفتگی دائمی و نیز موقت تحت نرخ های مختلف بالا آمدن سطح آب دریا برای طرح ریزی، مدیریت و توسعه پایدار مناطق ساحلی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است و در عین حال لزوم توجه سیاست گذاران، تصمیم گیران و برنامه ریزان به بعد جدیدی از آسیب پذیری مناطق ساحلی را آشکار می نماید. نقشه های آسیب پذیری SLR با تصویرسازی مناطقی که بالقوه در معرض بالا آمدن آب دریا هستند به عنوان یکی ابزارهای سیستم پشتیبان تصمیم گیری در طرح ریزی مدیریت سازگاری مناطق ساحلی در برابر تغییر اقلیم به شمار می رود. پژوهش حاضر با هدف اصلی تعیین مناطق در معرض آبگرفتگی دائمی در اثر بالا آمدن سطح آب دریا در سواحل جاسک تحت سناریوهای جهانی تغییر اقلیم به انجام رسید. نتایج به دست آمده از گام نخست مطالعه نمودار ۱ پیش فرض تحقیق را تایید کرد، به این معنی که سواحل جاسک تا سال ۲۱۰۰ در معرض آبگرفتگی دائمی قرار خواهند گرفت و با افزایش میزان SLR تحت سناریوهای مختلف RCP، وسعت مناطق آسیب پذیر در برابر SLR نیز افزایش می یابد. سایر تحقیق های انجام شده در این زمینه نیز نشان می دهد سواحل دریای عمان و خلیج فارس از بالا آمدن سطح آب دریا در اثر تغییر اقلیم متاثر خواهند شد. در مطالعه Nicholls و همکاران با عنوان بالا آمدن سطح آب دریا و پی آمدهای آن بر نواحی ساحلی نیز بخش

هایی از سواحل شمال دریای عمان به عنوان مناطق ساحلی آسیب پذیر در برابر SLR معرفی شده است (Nicholls, 2010). ناظم السادات و همکاران با بررسی دمای سطحی آب دریا^{۲۰} در پهنه شمال غربی اقیانوس هند در یک دوره ۶۰ ساله (۱۹۵۰-۲۰۰۹) نشان دادند دما سطحی آب دریا، که از شاخص های مهم تغییر اقلیم و بالا آمدن سطح آب دریا است، در همه فصل های سال دارای روند افزایشی معنی دار به میزان ۰/۶۱ درجه سلسیوس است (Nazem, et al., 2014). یافته های تحقیق مریم ایرانی و همکاران نیز نشان داد تراز آب دریای عمان و خلیج فارس تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 و RCP8.5 به ترتیب ۸۴/۱۸، ۸۶/۶۲، ۸۹/۰۶ و ۱۸۳/۳ سانتی متر افزایش خواهد داشت (Irani, et al., 2017). مقادیر پیش یابی شده در این مطالعه بیشتر از میزان جهانی SLR در گزارش IPCC است که ضرورت انجام مطالعات آسیب پذیری در برابر تغییر اقلیم با داده های محلی و منطقه ای را نشان می دهد. نتایج مدلسازی گوهرنژاد و همکاران نیز افزایش معنی داری در سطح متوسط آب دریا در گستره آبی دریای عمان و خلیج فارس تا سال ۲۱۰۰ را نشان می دهد. حداکثر مقدار پیش یابی شده SLR در این مطالعه ۶۰ سانتی متر است (Goharnejad, et al., 2013). در گام دوم این پژوهش، آسیب پذیری فیزیکی منطقه ساحلی شهرستان جاسک با استفاده از لایه تلفیقی کاربری و پوشش زمین که در معرض آبگرفتگی ناشی از بالا آمدن سطح آب دریا خواهند بود مورد ارزیابی قرار گرفت (نمودار ۲). نتایج نشاد داد این منطقه اگرچه

20 -Sea Surface Temperature (SST)

آبگرفتگی های ساحلی^{۲۲} نیز به تنش های ناشی از عوامل غیراقلیمی اضافه شده است. بنابراین شناسایی مناطق آسیب پذیر در برابر بالا آمدن سطح آب دریا و تدوین برنامه های مدیریتی برای کاهش پی آمدهای منتج از آن می تواند موجب توسعه و بهره برداری متناسب و پایدار از مناطق ساحلی گردد. نتایج پژوهش حاضر - که همسو با تلاش جامعه جهانی در کاهش اثرات تغییر اقلیم بر جوامع انسانی و طبیعی ساحلی به انجام رسید- نشان داد مناطق ساحلی شهرستان جاسک نیز از پی آمد بالا آمدن سطح آب دریا متاثر خواهد گردید. این امر بویژه از آن جهت دارای اهمیت مضاعف است که این مناطق تحت برنامه توسعه سواحل مکران قرار دارد و برخی از طرح های توسعه در منطقه در فاز اجرایی آن می باشد. بنابراین ضروری است مناطق آسیب پذیر در برابر بالا آمدن سطح آب دریا در برنامه های توسعه و نیز برنامه مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی از طریق تدوین مدیریت سازگاری مورد ملاحظه قرار گیرد. برنامه مدیریت سازگاری علاوه بر کمک به حفاظت از منافع جوامع کنونی بهره بردار از منطقه ساحلی، پایداری توسعه آتی را نیز تضمین خواهد کرد. تجربه به دست آمده در پژوهش حاضر که ارزیابی آسیب پذیری در برابر SLR را در سواحل جاسک به آزمایش گذارد منتج به پیشنهاد های زیر گردید که می تواند در مطالعه های آتی مورد ملاحظه قرار گیرد و نتایج حاصل و برنامه های مدیریت سازگاری مبتنی بر آن ها را ارتقا بخشد.

(۱) پیش یابی میزان بالا آمدن سطح آب دریا در نتیجه تغییر اقلیم در مقیاس منطقه ای و محلی (خلیج فارس

در حال حاضر از تراکم جمعیت و توسعه کمتر برخوردار می باشد، با این وجود بخش های مهمی از دو مرکز جمعیتی اصلی آن، که در عین حال تحت برنامه توسعه سواحل مکران نیز قرار دارند تا سال ۲۱۰۰ تحت سناریوی RCP8.5 با SLR ۰/۸۲، آبگرفتگی دائمی را تجربه خواهند کرد. از سوی دیگر اراضی لخت و مراتع فقیر که در معرض آبگرفتگی قرار خواهند گرفت علی رغم اینکه در حال حاضر فاقد کاربری می باشند و آسیب پذیر تلقی نمی شوند ولی به دلیل اینکه از اراضی هدف برای طرح های توسعه ای هستند لازم است در مدیریت سازگاری سرزمین مورد ملاحظه قرار گیرند. اکوسیستم های با ارزش تالابی منطقه شامل جنگل های مانگرو و پهنه های جزر و مدی نیز به طور وسیعی تحت تاثیر بالا آمدن سطح آب دریا قرار خواهند گرفت. بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده لزوم تدوین استراتژی سازگاری مناسب برای کاهش آسیب پذیری و افزایش تاب آوری این اکوسیستم ها جهت تداوم خدمات آن ها ضروری است. امروزه اهمیت و نقش خدمات مناطق ساحلی در تامین معاش جوامع محلی از یک سو و نیز توسعه کشور در بخش های گوناگون از قبیل خدمات، صنعت، کشاورزی و نیز امنیت از سویی دیگر واقعیتی بدیهی و ملموس است. با این وجود و بویژه در قرن حاضر افزایش جمعیت و توسعه ناپایدار این مناطق، منجر به بهره کشی از منابع ساحلی و تخریب و آلودگی گسترده آن گردیده است. اکنون پی آمدهای تغییر اقلیم مانند بالا آمدن سطح آب دریا و افزایش رخدادهای حدی^{۲۱} مانند طوفان های دریایی، امواج مرتفع و افزایش تناوب

21- Extreme events

22 -Coastal flooding

کاربردی با هدف کاهش پی آمدهای آبرگرفتنی های موقت (۸) مطالعات ارزش اقتصادی اکوسیستم های ساحلی از جمله پهنه های بین جزر و مدی برای کمی کردن خسارت ناشی از دست رفتن این پهنه ها در اثر بالا آمدن آب دریا و تدوین استراتژی سازگاری متناسب. به اجرا درآمدن پیشنهادهای ارائه شده، می تواند منجر به کاهش عدم قطعیت نتایج مطالعات مرتبط با پی آمدهای بالا آمدن آب دریا بر مناطق ساحلی گردد. افزایش قطعیت مطالعات آسیب پذیری در برابر پی آمدهای تغییر اقلیم از مولفه های مهم در تدوین مدیریت سازگاری کاربردی و متناسب با منطقه هدف است به نحوی که قابلیت اجرا بر روی زمین را داشته باشد. بعلاوه، کاهش عدم قطعیت در مطالعات تغییر اقلیم می تواند روند پذیرش استراتژیهای برنامه های مدیریت سازگاری توسط جوامع بالقوه آسیب پذیر، سایر ذی نفعان و نیز تصمیم گیران و سیاست گذاران را تسهیل و تسریع نماید.

و دریای عمان) با هدف افزایش دقت شناسایی مناطق در معرض آبرگرفتنی و کاهش عدم قطعیت^{۲۳} این مطالعات. (۲) تهیه لایه های رقومی ارتفاع سواحل کشور در مقیاس بزرگ با هدف بهبود نقشه سازی مناطق در معرض آبرگرفتنی. (۳) بروزرسانی لایه های کاربری و پوشش سرزمین با هدف افزایش دقت شناسایی جوامع آسیب پذیر در برابر SLR. (۴) بلوک بندی مناطق ساحلی کشور و تعیین مشخصه های آماری هر بلوک مانند جمعیت، اقتصاد، عوارض ساخته شده و مانند آن با هدف کمی کردن آسیب پذیری جوامع انسانی. (۵) مطالعات رسوب گذاری در بستر جنگل ها مانگرو برای کمی کردن آسیب پذیری تالاب های ساحلی در برابر SLR. (۶) مطالعه تغییرات خط ساحلی و نیز فرسایش سواحل صخره ای در اثر SLR با هدف تدوین استراتژی های سازگاری (۷) مدل سازی آبرگرفتنی فعال^{۲۴} (با در نظر گرفتن طوفان های دریایی، افزایش ارتفاع امواج، وقوع مدهای بالا و سایر وقایع دریایی) برای تدوین استراتژیهای مدیریت سازگاری

References

Adger, W.N., 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 268–281.

Arkema Katie K., Greg Guannel, Gregory Verutes, Spencer A. Wood, Anne Guerry, Mary Ruckelshaus, Peter Kareiva, Martin Lacayo & Jessica M. Silver. 2013. Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms. *Nature Climate Change* 3, 913–918.

Barnard, Patrick & H. Erikson, Li & Foxgrover, Amy & A. Finzi Hart, Juliette & Limber, Patrick & C. O'Neill, Andrea & van Ormondt, Maarten & Vitousek, Sean & Wood, Nathan & K. Hayden, Maya & M. Jones, Jeanne. (2019). Dynamic flood modeling essential to assess the coastal impacts of climate change. *Scientific Reports*. 9. 10.1038/s41598-019-40742-z.

Cazenave, A., and G. Le Cozannet. 2013. Sea level rise and its coastal impacts, *Earth's Future*, 2, 15–34.

Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan. 2013. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Dean B. Gesch. 2009. Analysis of Lidar Elevation Data for Improved Identification and Delineation of Lands Vulnerable to Sea-Level Rise. *Journal of Coastal Research: Special Issue* 53: 49-58.

- Doyle, T.W., Chivoiu, Bogdan, and Enwright, N.M., 2015. Sea-level rise modeling handbook—Resource guide for coastal land managers, engineers, and scientists: U.S. Geological Survey Professional Paper 1815, 76 pp.
- Etemadi, H., Samadi, S. Z., Sharifikia, M., & Smoak, J. M. (2016). Assessment of climate change downscaling and non-stationarity on the spatial pattern of a mangrove ecosystem in an arid coastal region of southern Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 126(1), 35-49.
- Füssel, H.-M. And R. J. T. Klein., 2006. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. *Climatic Change*, 75:301–329.
- Glick Patty, Jonathan Clough, Brad Nunley. 2010. Assessing the Vulnerability of Alaska's Coastal Habitats to Accelerating Sea-level Rise Using the SLAMM Model: A Case Study for Cook Inlet. The National Wildlife Federation, US.
- Goharnejad, H. Abolfazl Shamsai. Seyed Abbas Hosseini. 2013. Vulnerability assessment of southern coastal areas of Iran to sea level rise: evaluation of climate change impact. *Oceanologia*, 55 (3). 611–637.
- Griggs, Gary, 2017. *Coast in Crisis, A Global Challenge*. University of California Press. 243 P.
- IPCC. 2007b: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IPCC. 2014a. *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.
- IPCC. 2014b. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Irani, M., Massah Bavani, A., Bohluly, A., Alizadeh Katak Lahijani, H. 2017. 'Sea Level Rise in Persian Gulf and Oman Sea Due to Climate Change in the Future Periods', *Physical Geography Research Quarterly*, 49(4), pp. 603-614. doi: 10.22059/jphgr.2018.221101.1006966. (In Persian)
- Mafi G. D., *et al.*, 2015. *Vulnerability assessment of Mangrove forests for sustainable management*. Ph.D. dissertation. University of Tehran. (In Persian)
- Maio, C.V.; Gontz, A.M.; Tenenbaum, D.E., and Berkland, E.P., 2012. Coastal Hazard Vulnerability Assessment of Sensitive Historical Sites on Rainsford Island, Boston Harbor, Massachusetts. *Journal of Coastal Research*, 28(1A), 20–33.
- McGranahan, G., Balk D., and Anderson, B. (2007). The rising tide: Assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environ. Urban*. 19:17–37.
- Merkens, J.-L., Reimann, L., Hinkel, J. & Vafeidis, A. T. Gridded. 2016. Population projections for the coastal zone under the Shared Socioeconomic Pathways. *Global Planet. Change* 145, 57–66.
- Murdukhayeva, Angelica, Peter August, Michael Bradley, Charles LaBash, and Nigel Shaw .2013. Assessment of Inundation Risk from Sea Level Rise and Storm Surge in Northeastern Coastal National Parks. *Journal of Coastal Research: Volume 29, Issue 6a:1-16*.
- Moser, Susanne C., 2015. Raising the seas, rising to greatness? Meeting the challenge of coastal climate change. In: Palutikof, J.P., Boulter, S.L., Barnett, J. & Rissik, D. (Eds.). 2014. *Applied Studies in Climate Adaptation*. Wiley, Oxford, 177-180.
- Nazem Alsadat, S., Ghaedamini, H., Tavakoli, M. 2014. 'Investigating the climate change diagnostics over the north western parts of the Indian Ocean: The SST analysis for the period 1950-2009', *Iranian Journal of Geophysics*, 8(2), pp. 26-40. (In Persian)
- NASA. 2016. vital-signs <http://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/> Accessed September, 2016.
- NASA. 2018. New study finds sea level rise accelerating. By Katie Weeman, and Patrick Lynch. <https://climate.nasa.gov/news/2680/new-study-finds-sea-level-rise-accelerating/>

- NASA, 2019a, <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> Accessed 15th December 2019.
- NASA, 2019b, <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/> Accessed 15th h December 2019.
- Nerem, R. S., Beckley, B. D., Fasullo, J. T., Hamlington, B. D., Masters, D., and Mitchum, G. T. 2018. Climatechange– driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era, P. Natl. Acad. Sci. USA, 115, 2022–2025.
- Nicholls, R.J., 1995. Synthesis of vulnerability analysis studies. Proceedings of World Coast 1993, Ministry of Transport, Public Works and Water Management, the Netherlands. 181-216.
- Nicholls Robert J. and Frank M.J. Hoozemans. 2000. Global Vulnerability Assessment. Encyclopedia of coastal science, final version.
- Nicholls, R. J., P. P. Wong, V. Burkett, J. Codignotto, J. Hay, *et al.*, 2007. Coastal systems and low-lying areas. In: Climate Change 2007: Vulnerability, Impacts and Adaptation, Contribution of Working Group II to the IPCC Fourth Assessment Report, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. v. d. Linden and C. E. Hanson (eds.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 315–356.
- Nicholls, Robert J. *et al.*, 2010. Sea-Level Rise and Its Impact on Coastal Zones. Science 328 17; 328.
- NOAA. 2012. Mapping Coastal Inundation Primer. National Oceanic and Atmospheric Administration, Coastal Services Center.
- NOAA. 2017. Method Description (Detailed method for Mapping Sea Level Rise Inundation). NOAA Office for Coastal Management. (843) 740-1200.
- PMO (Ports and Maritime Organization of Iran). 2018. Integrated Coastal Zone Management of Hormozgan province. Jask Action Plan. 547 p.
- Poulter, B., Halpin, P.N., 2008. Raster modelling of coastal flooding from sea-level rise. Int J Geograph Info Sci 22, 167–182.
- SIO (Scripps Institution of Oceanography). 2019. Carbon Dioxide Levels Hit Record Peak in May. In Climate in the News, Keeling Curve History, Measurement Notes by Rob Monroe June 4, 2019. UC San Diego
- Spaulding, Malcolm L., 2014. Flood and Sea Level Rise Mapping Methodologies: The Way Forward. Interagency Coordination Meeting on Sea Level Rise and Inundation Modeling and Mapping Narragansett Bay Commission.
- Vitousek, S., Barnard, P. L., and Limber, P. 2017. Can beaches survive climate change?, J. Geophys. Res. Earth Surf. 122, 1060–1067, doi:10.1002/2017JF004308.
- Yunus, Ali P.; Avtar, Ram; Kraines, Steven; Yamamuro, Masumi; Lindberg, Fredrik; Grimmond, C. S.B. 2016. "Uncertainties in Tidally Adjusted Estimates of Sea Level Rise Flooding (Bathtub Model) for the Greater London." Remote Sens. 8, no. 5: 366.