

## تحلیلی بر روش‌های سنجش آسیب‌پذیری در محیط‌زیست ساحلی

طه‌ورا دهشور<sup>۱</sup>

[tahoora.d@gmail.com](mailto:tahoora.d@gmail.com)

افشین دانه‌کار<sup>۲</sup>

مسعود منوری<sup>۳</sup>

برهان ریاضی<sup>۴</sup>

مسعود خیرخواه زرکش<sup>۵</sup>

### چکیده

این تحقیق تلاش دارد ضمن انعکاس سوابق و رویه‌های نوین تعیین آسیب‌پذیری و تنش‌هایی که منجر به ایجاد آسیب‌پذیری در محیط‌های طبیعی و بویژه مناطق ساحلی می‌شوند، مناسب‌ترین رویکرد را برای تصمیم‌گیری مدیریتی مناطق ساحلی پیشنهاد نماید. این مطالعه با تحلیل ۴۹ تحقیق در خصوص تعیین میزان آسیب‌پذیری (۷۰٪ مربوط به مناطق ساحلی)، ۶۹ تحقیق در ارتباط با بررسی تنش‌ها حدود (۷۰٪ ساحلی) و ۱۰ تحقیق در ارتباط با بررسی منابع و مناطق حساس ساحلی به انجام رسید. این بررسی نشان داد در میان روش‌های مختلف تعیین آسیب‌پذیری پرکاربردترین روش، روش CVI<sup>۶</sup> است، در محاسبه این روش هم متغیرها و هم تنش‌ها دخیل هستند. از میان تنش‌ها بالا آمدن سطح آب دریا و تغییرات تراز آب بیش از سایر تنش‌ها در پژوهش‌های صورت گرفته مورد استفاده قرار گرفته است، اما برخی تنش‌های دیگر مانند باران‌های نامنظم و کمیاب، سدسازی و برخی تنش‌های دیگر فقط در یک پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تنش‌هایی که بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته‌اند اهمیت بیش‌تری برای محاسبه آسیب‌پذیری دارند. همچنین در بین منابع حساسیت در قسمت اکولوژیک معیار بکر بودن (طبیعی بودن) و در قسمت غیراکولوژیک معیار اقتصادی (زیر معیار وابستگی اقتصادی و منافع) بیش‌ترین درصد فراوانی را داراست، بنابراین این منابع حساسیت که در پژوهش مختلف بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته‌اند برای محاسبه حساسیت، اهمیت فراوان‌تری دارند.

**کلمات کلیدی:** مناطق ساحلی، تنش، آسیب‌پذیری، محیط‌زیست ساحلی، مناطق حساس ساحلی.

۱- دانشجوی دکتری محیط‌زیست، گروه ارزیابی و آمایش محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه تهران، واحد کرج.

۳- استادیار گروه ارزیابی و برنامه‌ریزی کاربری اراضی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴- استادیار گروه تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۵- استادیار گروه GIS و سنجش از راه دور، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

## مقدمه

گفت منطقه حساس ساحلی، منطقه‌ای است که در مقایسه با سایر مناطق ساحلی از آسیب‌پذیری بالاتری نسبت به قرارگیری در معرض اثرات منفی عملکردهای انسانی دارد (۶).

## روش بررسی

روش‌های مختلفی برای ارزیابی آسیب‌پذیری سواحل نسبت به خطرات و تنش‌های مختلف مانند افزایش سطح آب دریا، فرسایش و طوفان وجود دارد که در مناطق مختلف و در مقیاس‌های متفاوت از آن‌ها بهره گرفته شده است. همچنین تعیین و محاسبه آسیب‌پذیری روش‌های گوناگونی دارد، متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه آسیب‌پذیری در اکوسیستم‌ها نیز متنوع است. در برخی از روش‌ها، اندازه‌گیری آسیب‌پذیری صرفاً از متغیرهای اکولوژیک و در برخی دیگر از متغیرهای اکولوژیک و متغیرهای توسعه‌ای به طور توأمان استفاده شده است. همچنین برخی روش‌ها، محاسبه آسیب‌پذیری را تنها با مداخله یک تنش به انجام رسانده و تعدادی از شیوه‌ها چند تنش را گاه با مداخله تعدادی از متغیرهای محیطی مورد توجه قرار داده است. این مطالعه با تفسیر و تحلیل ۴۹ تحقیق در خصوص تعیین میزان آسیب‌پذیری که حدود ۷۰٪ آن‌ها مربوط به ارزیابی آسیب‌پذیری در مناطق ساحلی بود، ۶۹ تحقیق در ارتباط با بررسی تنش‌ها حدود (۷۰٪ ساحلی) و ۱۰ تحقیق در ارتباط با بررسی منابع و مناطق حساس ساحلی به انجام رسید. آن دسته از مراجعی که خروجی نهایی را به صورت نقشه مناطق آسیب‌پذیر عرضه کرده اند به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفت:

- Lures و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی آسیب‌پذیری یک سیستم کشت در برابر تغییرات آب و هوا و نوسان بازار (۷)،
- Sterr و Szlafsztain (۲۰۰۷) در بررسی تعیین آسیب‌پذیری ساحلی در یک ایالت در برزیل (۸)،

این تحقیق تلاش دارد ضمن انعکاس سوابق و رویه‌های نوین برای تعیین آسیب‌پذیری و تنش‌هایی که منجر به ایجاد آسیب‌پذیری در محیط‌های طبیعی و بویژه مناطق ساحلی می‌شود، مناسب‌ترین رویکرد را برای اتخاذ تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مناطق ساحلی کشور پیشنهاد نماید. سنجش آسیب‌پذیری در اکوسیستم‌های گوناگون و با اهداف متفاوتی انجام شده است که برخی از آن‌ها شامل فلات قاره، آبخوان‌ها، حوزه‌های آبخیز، سیستم‌های رودخانه‌ای و تالابی می‌باشد. آسیب‌پذیری منطقه ساحلی از طریق سنجش واکنش حساسیت منابع محیطی این فضای جغرافیایی در تماس با تنش‌های جاری در این منطقه مانند طوفان و سیل و پدیده‌های دریایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (۱). تجارب موجود نشان داده است که احتمال در معرض تنش قرار گرفتن منابع ساحلی، سطح آسیب‌پذیری آن‌ها را افزایش می‌دهد. برای نمونه سواحلی که در معرض مقدار بیشتری از آلودگی سطح دریا هستند به عنوان یک منطقه آسیب‌پذیر و بالعکس منطقه‌ای که کم‌تر در معرض تنش آلودگی آب دریا می‌باشد، منطقه غیرآسیب‌پذیر در نظر گرفته می‌شود (۲).

حساسیت عبارت از درجه یا مقداری است که یک سیستم به وسیله آشفتگی‌ها در معرض تغییر یا تحت تاثیر آن قرار می‌گیرد (۳). سنجش حساسیت به این معنا است که یک سیستم طبیعی تا چه حد می‌تواند اثرات را بدون آسیب بلند مدت یا تغییر وضعیت مشهود تحمل کند. به عبارت دیگر، حساسیت درجه‌ای است که سیستم به اختلالات خارجی پاسخ می‌دهد و برابر با میزان مقاومت و بازگشت به شرایط قبل از تنش است (۴). منطقه حساس ساحلی- دریایی طبق تعریف سازمان جهانی دریانوردی (IMO<sup>۱</sup>) محدوده‌ای است که به دلایل اکولوژیک، اجتماعی- اقتصادی یا علمی و آسیب‌پذیری نسبت به فعالیت‌های دریانوردی نیازمند حمایت ویژه از سوی سازمان‌های بین‌المللی دریانوردی است (۵). همچنین می‌توان

- Gravelle و Mimura (۲۰۰۸) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری افزایش سطم تراز آب دریا در جزایر فیجی (۹)،
- Nageswara Rao و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی آسیب پذیری ساحلی و افزایش سطح آب دریا (۱۰)،
- Wang و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری محیط زیستی در مقیاس منطقه ای در فلانت تبت (۱۱)،
- Almasri (۲۰۰۸) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری ساحل فلسطین نسبت به آلودگی ها (۱۲)،
- Hinkel و Klein (۲۰۰۹) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری ساحلی نسبت به افزایش سطح آب دریا (۱۳)،
- Dwarakish و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی آسیب پذیری در برابر افزایش سطح تراز آب دریا در هند (۱۴)،
- Li و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی آسیب پذیری اقتصادی محیط زیستی در یک منطقه ذخیره آب در چین (۱۵)،
- Katta و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری آب های زیر زمینی در سوریه (۱۶)،
- Copeland و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تعیین آسیب پذیری در یک منطقه تالابی در ایالات متحده آمریکا (۱۷)،
- Tran و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری حوزه های آبخیز ساحلی در ایالات متحده آمریکا (۱۸)،
- Sirvania Kumar و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری منطقه ساحلی در هند (۲)،
- Mustelin و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری کنونی و آینده جوامع ساحلی در تانزانیا (۱۹)،
- Andrade و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی شاخص آسیب پذیری نشت نفت در یک بندر در آمازون (۲۰)،
- Yoo و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی آسیب ذیری نسبت به تغییرات اقلیمی در یک شهر ساحلی در کره جنوبی (۱)،
- Sheik Mujabar و Chandrasekar (۲۰۱۱) در بررسی آسیب پذیری ساحلی به فرسایش در هند (۲۱)،
- Mahendra و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری ساحل شرقی هند (۲۲)،
- Sinaga و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری سونامی در اندونزی (۲۳)،
- Furlan و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی نقشه آسیب پذیری طبیعی در منطقه ساحلی در برزیل (۲۴)،
- Khoshnavan و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی آسیب پذیری لرزه ای در سواحل جنوبی دریای خزر (۲۵)،
- Sousa و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تعیین آسیب پذیری منطقه ساحلی در برزیل (۲۶)،
- Eckert و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی آسیب-پذیری خطر سونامی روی ساختمان در منطقه ساحلی در مصر (۲۷)،
- Yin و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری نسبت به افزایش سطح آب دریا در ساحل چین (۲۸)،

- El-Sayed و Frihy (۲۰۱۲) در بررسی خطر آسیب‌پذیری نسبت به افزایش سطح آب دریا در ساحل مصر (۲۹)،
- Hassaan و Abdrabo (۲۰۱۲) در بررسی آسیب‌پذیری نسبت به افزایش سطح دریا در منطقه ساحلی نیل (۳۰)،
- Usha و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری نسبت به سونامی در مناطق شهری (۳۱)،
- Arun Kumar و Kunte (۲۰۱۲) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری ساحلی در هند (۳۲)،
- Farhan و Lim (۲۰۱۲) در بررسی آسیب‌پذیری اکولوژیک با تمرکز بر آبنگ‌های مرجانی در اندونزی (۳۳)،
- Santos و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری ساحلی در پرتغال (۳۴)،
- Cooper و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری نسبت به افزایش سطح آب دریا در هاوایی (۳۵)،
- سعید صباپی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تغییرات تراز آب دریای خزر در منطقه ساحلی استان گیلان (۳۶)،
- همچنین برخی از تحقیقات برای محاسبه آسیب‌پذیری فرمول و رابطه محاسباتی ارائه کرده‌اند. که از آن جمله می‌توان به نمونه‌های زیر اشاره نمود:
- Lures و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی آسیب‌پذیری یک سیستم کشت در برابر تغییرات آب و هوا و نوسان بازار (۷)،
- Antonakos و Lambrakis (۲۰۰۷) در بررسی آسیب‌پذیری به آلودگی نیترات در یک آبخوان در یونان (۳۷)،
- Sterr و Szlafsztein (۲۰۰۷) در بررسی تعیین آسیب‌پذیری ساحلی در یک ایالت در برزیل (۸)،
- kaynia و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری احتمالی زلزله در یک روستا در آلمان (۳۸)،
- Wang و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی در مقیاس منطقه‌ای در فلات تبت (۱۱)،
- Almasri (۲۰۰۸) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری ساحل فلسطین نسبت به آلودگی‌ها (۱۲)،
- Nageswara Rao و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی آسیب‌پذیری ساحلی و افزایش سطح آب دریا (۱۰)،
- Dwarakish و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی آسیب‌پذیری ساحلی در برابر افزایش سطح تراز آب دریا در هند (۱۴)،
- Castanedo و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری یک خلیج در اسپانیا نسبت به نشت نفت (۳۹)،
- Sirvania Kumar و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری در منطقه ساحلی در هند (۲)،
- Abuodha و Woodroffe (۲۰۱۰) در بررسی آسیب‌پذیری نسبت به افزایش سطح آب دریادر استرالیا (۴۰)،
- Andrade و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی شاخص آسیب‌پذیری نسبت به نشت نفت در یک بندر در آمازون (۲۰)،
- Yoo و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی آسیب‌پذیری نسبت به تغییرات اقلیمی در یک شهر ساحلی در کره جنوبی (۱)،
- Skondras و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی ارزیابی آسیب‌پذیری محیط‌زیستی منطقه ساحلی در یونان (۴۱)،

این بررسی تطبیقی به تعداد تنش ها و متغیرهای مورد بررسی در هر تحقیق نیز توجه داشته و فراوانی هریک از تنش ها را نیز به صورت جداگانه مورد ارزیابی قرار داده است. بررسی منابع حساس در مطالعات یادشده از دیگر محورهای مورد توجه در این بررسی است. تحقیقات مختلف، به منابع حساسیت ساحلی متفاوتی اشاره داشته اند. در این تحقیق، معیارهای تعیین حساسیت ساحلی در دو زمینه اکولوژیک و غیر اکولوژیک و در چهار گروه فیزیکی، زیستی، انسانی و مدیریتی جمع بندی و به ۲۷ معیار اصلی و ۸۲ زیرمعیار خلاصه شد. در این بررسی، پژوهش های مربوط به آسیب پذیری و تنش با یکدیگر و تحقیقات مربوط به منابع حساس نیز با یکدیگر مقایسه شدند. تنش ها در حقیقت عوامل اثر گذار بر ساحل و منابع حساسیت نیز عوامل تاثیرپذیر هستند. جوامع و اکوسیستم های مختلف در معرض آشفتگی های متفاوتی قرار می گیرند و این امر موجب آسیب پذیری های متفاوتی می گردد. در تماس بودن منابع احتمال رخ دادن یک تنش و آشفتگی را بیان می کند (۷). به طور کلی سیستمی که بیش تر در معرض تنش است و سیستمی که حساسیت بالایی دارد، آسیب پذیری بالاتری نشان می دهد، این در حالی است که بالا رفتن ظرفیت پایداری باعث پایین آمدن آسیب پذیری می شود (۴۸).

#### یافته ها

##### متغیرهای موثر در اندازه گیری آسیب پذیری

تجربیات مورد بررسی نشان داد، پژوهشگران متفاوت، با رویه های مختلفی نسبت به محاسبه و اندازه گیری آسیب پذیری محیط زیست طبیعی اقدام کرده اند. Lures و همکاران (۲۰۰۳) میزان آسیب پذیری را با تقسیم حساسیت بر فاصله تا آستانه محاسبه کردند (۷). Antonakos و Lambrakis (۲۰۰۷) این محاسبه را با تجمیع متغیرهای ضریب دار به انجام رساندند (۳۷). Szlafsztein و همکاران (۲۰۰۷) برای محاسبه آسیب پذیری کل از میانگین مجموع آسیب پذیری طبیعی و اقتصادی اجتماعی استفاده کردند. آسیب پذیری طبیعی و اقتصادی اجتماعی نیز از میانگین مجموع متغیرهای

- Furlan و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی نقشه های آسیب پذیری طبیعی در منطقه ساحلی در برزیل (۲۴)،
- Bjarnadottir و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی شاخص آسیب پذیری اجتماعی در ساحل نسبت به طوفان (۴۲)،
- Sheik Mujabar و Chandrasekar (۲۰۱۱) در بررسی آسیب پذیری ساحلی نسبت به فرسایش در هند (۲۱)،
- Balica و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تعیین شاخص آسیب پذیری سیل در شهرهای ساحلی (۴۳)،
- Tran و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی تعیین آسیب پذیری حوزه آبخیز در ایالات متحده آمریکا (۴۴)،
- Sousa و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری ساحل در برزیل (۲۶)،
- Cinner و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی آسیب-پذیری به تغییرات اقلیمی بر ماهیگیری آبنگ های مرجانی (۴۵)،
- Das و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی نقش اکوسیستم ها در آسیب پذیری برخی روستاهای ساحلی هند (۴۶)،
- Arun Kumar و Kunte (۲۰۱۲) در بررسی ارزیابی آسیب پذیری ساحلی در هند (۳۲)،
- Yin و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی ارزیابی آسیب-پذیری نسبت به افزایش سطح آب دریا در ساحل چین (۲۸)،
- شمسی پور و شیخی (۱۳۸۹) در بررسی پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی با روش طبقه بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در ناحیه غرب فارس (۴۷)،

حاصلضرب عوامل اجتماعی قالب و وزن عوامل اجتماعی ضرب کردند (۴۲). Balica و همکاران (۲۰۱۲) برای محاسبه شاخص آسیب سیلاب از ضرب در معرض بودن در حساسیت تقسیم بر تاب‌آوری استفاده کردند (۴۳). Tran و همکاران (۲۰۱۲) آسیب‌پذیری را با استفاده از کم کردن مجموع حاصلضرب مقدار منابع در وزن منابع از مجموع حاصلضرب مقدار تنش‌ها در وزن تنش‌ها به دست آوردند (۴۴). Sousa و همکاران (۲۰۱۲) آسیب‌پذیری را از ضرب سه عامل در یکدیگر به دست آوردند که این عوامل شامل یک تقسیم بر تعداد معیارها، مجموع یک تقسیم بر تعداد شاخص‌های تعریف شده برای معیارها و مجموع شاخص‌ها بود (۲۶). Cinner و همکاران (۲۰۱۲) از دو روش میزان آسیب‌پذیری را محاسبه کردند. در روش نخست توان سازشی از مجموع در مواجهه بودن و حساسیت کم شد. در روش دوم حاصلضرب در مواجهه بودن و حساسیت تقسیم بر توان سازشی شد (۴۵). Das و همکاران (۲۰۱۲) عنوان کردند که آسیب‌پذیری با مفهوم خطر و جمعیت ساکن در یک منطقه مرتبط است. برای محاسبه قدرت خطر از مجموع شاخص ترکیبی پسماند خطرناک ضرب در حجم پسماند استفاده شد (۴۶). Arun Kumar و Kunte (۲۰۱۲) برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری از روشی مشابه Dwarakish و همکاران (۲۰۰۹) و Sirvania و همکاران (۲۰۱۰) و با جذر حاصلضرب معیارها تقسیم بر تعدادشان استفاده کردند (۲) و (۱۴) و (۳۲). Yin و همکاران (۲۰۱۲) برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری از مجموع حاصلضرب وزن هر فاکتور در عامل طبقه‌بندی آسیب‌پذیری استفاده کردند (۲۸). شمسی پور و شیخی (۱۳۸۹) برای محاسبه خطر و آسیب‌پذیری از مجموع حاصلضرب وزن هر یک از معیارها در عضویت فازی هر یک از معیارها بر مبنای تابع خطی فازی استفاده کردند (۴۷).

در برخی از روش‌های محاسبه آسیب‌پذیری از تنش‌ها استفاده شده و در برخی دیگر متغیرهایی به غیر از تنش‌ها مداخله داشته است.

آسیب‌پذیری طبیعی یا اقتصادی اجتماعی به دست آمد (۸). Nageswara Rao و همکاران (۲۰۰۸) شاخص آسیب‌پذیری ساحلی را از مجموع وزن‌دار آسیب‌پذیری ژئومورفولوژی ساحل، شیب کلی ساحل، تغییر خط ساحلی، میزان جهش جزرومد و آسیب‌پذیری ارتفاع معنی‌دار موج محاسبه کردند (۱۰). kaynia و همکاران (۲۰۰۸) با ضرب حساسیت شدت اثر عامل اثرگذار (اثر کلی زمین لرزه) میزان آسیب‌پذیری احتمالی زلزله را به دست آوردند (۳۸). Almasri (۲۰۰۸) از روش Drastic برای محاسبه میزان آسیب‌پذیری استفاده نمود. مطابق این رویه آسیب‌پذیری از مجموع حاصلضرب وزن هر فاکتور در رتبه هر فاکتور تعیین می‌شود (۱۲). Dwarakish و همکاران (۲۰۰۹) برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری، معیارهای مورد نظر را پس از ضرب، تقسیم بر تعدادشان کرده و سپس از کل کسر جذر گرفتند (CVI) (۱۴). Sirvania Kumar و همکاران (۲۰۱۰) Woodroffe و Abuodha (۲۰۱۰) Sheik ، Mujabar و Chandrasekar (۲۰۱۱) نیز برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری از همین روش استفاده کردند، با این تفاوت که تعداد متغیرهای مورد استفاده آن‌ها متفاوت بود (۲) و (۴۰) و (۲۱). Castanedo و همکاران (۲۰۰۹) شاخص آسیب‌پذیری را از ضرب شاخص‌های بیولوژیک، اقتصادی اجتماعی و شاخص فیزیکی به دست آوردند (۳۹). Andrade و همکاران (۲۰۱۰) برای محاسبه آسیب‌پذیری کل از مجموع آسیب‌پذیری طبیعی و آسیب‌پذیری اقتصادی اجتماعی استفاده کردند (۲۰). Yoo و همکاران (۲۰۱۱) برای محاسبه آسیب‌پذیری میزان حساسیت را به صورت منفی از نصف توان سازشی کم کردند (۱). Skondras و همکاران (۲۰۱۱) از تقسیم مجموع ارزش شاخص‌ها بر تعداد شاخص‌ها به صورت درصد به عنوان شاخص آسیب‌پذیری استفاده کردند (۴۱). Furlan و همکاران (۲۰۱۱) برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری محیط‌زیستی از لحاظ کردن ضرایب مختلف برای نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، کاربری زمین و خاک استفاده کرد (۲۴). Bjarnadottir و همکاران (۲۰۱۱) برای محاسبه آسیب‌پذیری اجتماعی در ساحل، عامل خطر را در

اندازه گیری آسیب پذیری منطقه ساحلی استفاده کردند (۲۷). Sousa و همکاران (۲۰۱۲)، از متغیرهای ارتفاع زمین، پوشش گیاهی، و نفوذ پذیری خاک، سازه های مهندسی در ساحل، درصد شاغلان استفاده کردند (۲۶). متغیرهای مورد استفاده Farzipour و Farzipoor (۲۰۱۲)، گسل دارای خطر بالقوه، خطر روانگرایی و شتاب اوج می باشند (۵۱). Das و همکاران (۲۰۱۲)، از پسماند صنعتی به عنوان متغیر استفاده کردند (۴۶). شیب، جهت، ارتفاع، خاک، زمین شناسی، پوشش گیاهی و اقلیم متغیرهای مورد استفاده صفائیان و همکاران (۱۳۷۷) می باشد (۴۹). در برخی از تحقیقات هم از تنش ها و هم از متغیرهای دیگر به جز تنش برای اندازه گیری آسیب پذیری استفاده شد. به طور نمونه Nageswara Rao و همکاران (۲۰۰۸)، از متغیرها و تنش های افزایش تراز آب، ژئومورفولوژی، شیب ساحلی، تغییرات خط ساحلی، میانگین دامنه جزر و مد، میانگین ارتفاع موج استفاده کردند (۱۰). Dwarakish و همکاران (۲۰۰۹)، از متغیرها و تنش های متغیرهای زمین شناختی (تغییرات خط ساحلی، شیب ساحل)، متغیرهای آب شناختی (میانگین برد جزرومد، میانگین معنی دار ارتفاع موج و میزان جهانی افزایش سطح آب دریا) بهره برده اند (۱۴). Hinkel و Klein (۲۰۰۹)، از متغیرها و تنش های افزایش نسبی آب دریا، فرسایش، اثر رودخانه، تغییر تالاب، سیلاب، ارزش اقتصادی تالاب، گردشگری، هزینه و سازگاری برای این منظور استفاده کردند (۱۳). برخی از متغیرها و تنش های مورد استفاده Tran و همکاران (۲۰۱۰)، شامل شمار گونه های پرند، پستاندار، پروانه ها، دوزیستان و خزندگان بیگانه، میانگین سالانه تشعشع UV-B، گذرگاه های جاده ای در سراسر طول رودخانه می باشند (۱۸). میزان تغییرات سطح دریا، شیب ساحلی، ارتفاع منطقه ساحلی و ژئومورفولوژی ساحلی برخی از متغیرها و تنش های مورد استفاده توسط Sirvania Kumar و همکاران (۲۰۱۰) (۲)، می باشد. از متغیرها و تنش های مورد استفاده Bunce و همکاران (۲۰۱۰)، می توان به باران های نامنظم و کمیاب، تغییر شدت و جهت باد بیماری ها در انسان، افزایش قیمت غذا، کاهش ماهیگیری اشاره کرد (۵۲). متغیرها

Antonakos و Lambrakis (۲۰۰۷)، از متغیرهای عمق آب زیرزمینی، تغذیه، نوع آبخوان، توپوگرافی، اثرات منطقه محلول های آبی و ظرفیت آلودگی انواع کاربری زمین برای محاسبه آسیب پذیری استفاده نموده اند (۳۷). Wang و همکاران (۲۰۰۸)، از متغیرهای ارتفاع، شیب، بارندگی، باد، درجه حرارت جمعی، نوع خاک، درصد پوشش گیاهی، خاک، تخریب پوشش گیاهی خطرات موجود در کوهستان، بیابانی شدن، تراکم جمعیت، تراکم جاده، تعرض به مراتع و تعرض به زمین های کشاورزی برای محاسبه آسیب پذیری استفاده نموده اند (۱۱). Almasri (۲۰۰۸)، از متغیرهای عمق آب، میزان خالص نفوذ آب، آبخوان، خاک، توپوگرافی، اثرات منطقه محلول های آبی، هدایت هیدرولیکی آبخوان برای محاسبه آسیب پذیری استفاده نموده است (۱۲). Li و همکاران (۲۰۰۹)، متغیرهای شرایط منابع زمینی، شرایط هواشناختی آب گرم، شرایط زمین شناختی، توپوگرافی و اثرات انسانی را به همین منظور به کار گرفتند (۱۵). تغییرات اقلیمی، توسعه شبکه نفت و گاز و زیربخش های روستایی مسکونی متغیرهایی است که در بررسی های Copeland و همکاران (۲۰۱۰) (۱۷)، به کار برده شد. Katta و همکاران (۲۰۱۰) (۱۶)، سنگ آبخوان، نفوذ، خاک، کارست ها و اپی کارست ها را برای محاسبه آسیب پذیری به کار بردند. Furlan و همکاران (۲۰۱۱)، نیز از پارامترهای زمین شناسی، ژئومورفولوژی، نوع خاک، پوشش گیاهی، کاربری زمین به همین منظور استفاده کردند (۲۴). برخی از متغیرهایی که Cinner و همکاران (۲۰۱۲)، به کار بردند شامل دمای سطح آب، تابش فعال فتوسنتزی، تابش فرابنفش، کلروفیل، جریان های سطحی، سرعت باد، ظرفیت مقابله، جابجایی براساس شغلی، تعدد مشاغل می باشند (۴۵). بارش متوسط سالانه، توزیع فصلی و جغرافیایی بارش، تنوع بارش نسبی سالانه، سطح آب، ظرفیت تبخیر، ویژگی های شرایط غیر اشباع، توپوگرافی و زمین شناسی از پارامترهایی بود که Wang و همکاران (۲۰۱۲) برای آسیب پذیری به کار بردند (۵۰). Eckert و همکاران (۲۰۱۲)، از مولفه های ارتفاع بنا، نوع ساختمان، تعداد طبقات و فاصله از خط ساحلی برای

و همکاران (۲۰۱۲)، مورد استفاده قرار گرفته است (۴۳).  
 Tran و همکاران (۲۰۱۲)، از ۵۰ متغیر و تنش استفاده کرده‌اند که برخی از آن‌ها شامل موجودی چوب جنگلی، میزان برداشت چوب جنگلی، درصدهای قبلی پوشش زمین، مرگ کودکان، استفاده سالانه حشره کش های o-p می‌باشند (۴۴). شریف زادگان و فتحی (۱۳۸۴)، از متغیر و تنش‌های خاک و قابلیت اراضی، اکولوژی گیاهی و جانوری، اقلیم، زمین شناسی، لرزه خیزی، توپوگرافی و شیب، توسعه و ساخت و ساز استفاده کردند (۵۴). متغیرها و تنش‌های مورد استفاده شمسی پور و شیخی (۱۳۸۹)، شامل زمین لرزه، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و فرسایش. فاصله از گسل، فاصله از رود، کانون‌های زلزله، زمین شناسی، بارش، شیب سطحی، جهت شیب و پوشش گیاهی، کاربری اراضی می‌باشد (۴۷). سعید صبایی و همکاران (۱۳۹۰) نیز برای اندازه‌گیری آسیب‌پذیری نوار ساحلی خزر در شمال ایران از متغیرها و تنش‌های توپوگرافی، شیب، لندفرم ساحلی، فاصله از جاده، تغییرات تراز آب، کاربری اراضی استفاده کردند (۳۶).

#### تنش‌های شناسایی شده از منطقه ساحلی

امروزه تنش‌ها و خطرات مختلفی نواحی ساحلی را تهدید می‌کند به طوری که ممکن است شرایط نامساعد و ناخوشایندی برای مردمی که در مناطق ساحلی زندگی می‌کنند به وجود آید (۲۵). جدول ۱ تنش‌های موجود در منطقه ساحلی را در دسته بندی‌های مختلف نشان می‌دهد. برخی از تنش‌ها طبیعی و برخی دیگر انسانی هستند. مطابق نمودار ۱ یکی از مهم‌ترین تنش‌های اشاره شده تغییرات تراز آب دریا است. تغییرات تراز آب دریا یا به عبارتی افزایش سطح آب دریا در سطح جهان بسیار گسترده و واضح است و از اثرات تغییر اقلیم جهانی شمرده می‌شود. در قرن بیستم سطح آب دریاها به اندازه ۱۰ تا ۲۵ سانتی‌متر افزایش یافت و پیش‌بینی می‌شود که در طی قرن بیست و یکم این میزان به علت گرمایش جهانی ناشی از فعالیت‌های انسان کماکان افزایش یابد. به علاوه افزایش سطح آب دریا می‌تواند آسیب‌دیدگی‌های ناشی

و تنش‌های نوع سنگ، شیب ساحلی، ژئومورفولوژی، نوع سد، در تماس بودن خط ساحلی، تغییرات خط ساحلی، افزایش نسبی سطح آب دریا، ارتفاع متوسط موج، میانگین دامنه جزر و مد توسط Abuodha و Woodroffe (۲۰۱۰)، مورد استفاده قرار گرفت (۴۰). Andrade و همکاران (۲۰۱۰)، از متغیرها و تنش‌های واحدهای ژئومورفولوژیکی، درآمد، آموزش، وابستگی ماهیگیری به جمعیت محلی، آلودگی ناشی از نفت استفاده نمودند (۲۰). حداکثر ارتفاع موج در طوفان، میزان افزایش سطح آب دریا در آینده، فرسایش ساحلی و توپوگرافی ساحل متغیرها و تنش‌هایی است که Mahendra و همکاران (۲۰۱۱)، مورد استفاده قرار دادند (۲۲). همچنین متغیرها و تنش‌های سیلاب، فرسایش، شستشوی بیش از حد، اشباع شدن و رشد پیوسته توسط Chu-Agor و همکاران (۲۰۱۱) (۵۳)، متغیرها و تنش‌های سونامی، زلزله، آتشفشان، پوشش گیاهی، درجه حرارت سطح دریا، منابع آب قابل تجدید، صنعت، تولید پسماند، مهاجرت توسط Skondras و همکاران (۲۰۱۱) (۴۱)، متغیرها و تنش‌های ژئومورفولوژی، فرسایش ساحلی، شیب ساحلی، افزایش تراز آب، میانگین دامنه جزر و مد، میانگین ارتفاع موج توسط Chandrasekar (۲۰۱۱) (۲۱)، متغیرها و تنش‌های داده‌های لرزه‌ای، نقاط کانونی زلزله، سنگ شناسی، توپوگرافی، شرایط مورفولوژیک، رسوبات سطحی، سطح آب زیرزمینی، پوشش گیاهی، کاربری زمین توسط Khoshhravan (۲۰۱۲) (۲۵)، متغیرها و تنش‌های نرخ تغییر نوار ساحلی، متوسط نرخ تغییر سطح دریا، ارتفاع منطقه‌ای، عمق سنجی، متوسط حدود جزر و مدی، ارتفاع شاخص موج، ژئومورفولوژی و موج و طوفان حداکثر و دوره بازگشت توسط Arun Kumar و همکاران (۲۰۱۲) (۳۲) و متغیرها و تنش‌های افزایش تراز آب دریا، متوسط دامنه جزر و مد، متوسط ارتفاع موج، فرسایش ژئومورفولوژی، شیب ساحلی، ارتفاع ساحلی، فرسایش خط ساحلی، کاربری زمین ساحلی توسط Yin و همکاران (۲۰۱۲) (۲۸) به کار رفته است. گردباد، شیب، نشست خاک، طول خط ساحلی، میراث فرهنگی، جمعیت در حال رشد در ساحل برخی از متغیرها و تنش‌هایی هستند که توسط Balica



منابع رتبه سوم را سیل دارا است. مطابق بررسی های صورت گرفته استفاده از تنش های انسانی در مناطق ساحلی در دهه های گذشته کم تر از تنش های طبیعی بوده است (۱۹) تنش طبیعی در مقابل ۱۷ تنش انسانی). همچنین تعداد تکرار تنش های طبیعی بسیار بیش تر از تنش های انسانی است.

#### منابع حساسیت در منطقه ساحلی

آسیب پذیری رابطه بین یک سیستم و محیطش را و به طور واضح تر رابطه بین یک سیستم را با آشفتگی ها و عوامل محرک تحمیل شده از خارج را بیان می کند. می توان گفت آسیب پذیری فرآیندی است که با حساسیت و توانایی مقاومت و پاسخ سیستم در ارتباط است (۴). به بیان دیگر آسیب پذیری در تماس بودن با تنش ها و وجود حساسیت در سیستم نسبت به تنش های خارجی و آشفتگی ناشی از آن و توانایی و ظرفیت سازگاری با آن ها است (۳). منابع حساسیت در منطقه ساحلی و تقسیم بندی آن ها در جدول ۲ ارائه شده است. معیار بکر بودن (طبیعی بودن) با درصد فراوانی ۸۰ و پس از آن معیارهای معرف بودن و اقتصادی (زیر معیار وابستگی اقتصادی و منافع) با درصد فراوانی ۸۰ بالاترین درصدهای فراوانی را دارا هستند.

#### آسیب پذیری منطقه ساحلی

به طور کلی مقدار صدمه ای که انسان یا سیستم های طبیعی ممکن است از تنش ها یا آشفتگی ها متحمل شوند آسیب پذیری نامیده می شود (۴۴). جدول ۳ تعداد تنش ها و متغیرهای مورد بررسی در هر تحقیق را نشان می دهد. همانطور که مشخص است تحقیقات انجام شده توسط Skondras و همکاران (۲۰۱۱) و Tran و همکاران (۲۰۱۲) از ۵۰ متغیر و تنش (بیشترین تعداد متغیر و تنش در بین تحقیقات)، استفاده کرده است. (۴۱) و (۴۴). پس از آن از لحاظ استفاده از متغیر و تنش تحقیق انجام شده توسط Tran و همکاران (۲۰۱۰) (۱۸) با استفاده از ۲۹ متغیر و تنش، رتبه دوم را دارا است و رتبه سوم به تحقیق انجام شده توسط Varis و

از طوفان ها را شدید تر کند. زیرا در صورتی که متوسط تراز آب بالا باشد امواج می توانند تا ارتفاع بالاتری از ساحل نفوذ پیدا کنند و در نتیجه سرعت فرسایش ساحلی بیش تر می شود (۵۵).

همچنین افزایش سطح آب دریا باعث کاهش کیفیت آب در آبخوان های ساحلی، دشت های سیلابی، مصب ها و همچنین افزایش خطر سیل در دهانه رودها و سایر جلگه های ساحلی شود (۵۷). مشخص ترین و مهم ترین پیشامد افزایش سطح آب دریا، سیل گرفتگی دائمی مناطق ساحلی است که اثرات جدی بر محیط زیست طبیعی و شرایط اقتصادی-اجتماعی در مناطق ساحلی دارد. در طول زمان، سیل و آب گرفتگی، موقعیت خط ساحلی تغییر داده و موجب زیر آب رفتن زیستگاه های طبیعی و ساختارهای ساحلی می شود. همچنین، سیل می تواند موجب تشدید فرسایش ساحل به دلیل انتقال رسوبات به مناطق دور از ساحل گردد و به این سبب چون اجازه می دهد، امواج حاصل از طوفان، بیش تر اثر کنند، باعث افزایش زیر آب رفتن سواحل می شود. امواج زمانی که وارد خلیج های کوچک با دهانه های باریک شوند، می گردد، ارتفاع بیشتری می یابند. همچنین ویژگی های جغرافیایی مناطق ساحلی می تواند موجب تغییر الگوی آبرگیری یا زیر آب رفتن سواحل در اثر امواج سونامی شود. در طول سونامی، حداکثر ارتفاع عمودی آب که نسبت به سطح دریا (مد حداکثر و یا متوسط سطح دریا) مشاهده می شود بالاروی<sup>۱</sup> (موج) گویند (۱۴). از دیگر تنش های رایج تغییرات رسوبات کرانه ای یا فرسایش ساحلی است. فرسایش ساحلی ممکن است نتیجه عوامل متعددی مانند افزایش سطح آب دریا، تغییر در شدت و میزان طوفان ها و دست کاری های انسانی باشد (۵۵).

نمودار ۱- تعداد تکرار تنش ها را در منابع مورد استفاده نشان می دهد. نمودار حاکی از آن است که تغییر تراز آب دریا بیش ترین تکرار را در منابع به خود اختصاص داده است. پس از آن بیش ترین تکرار مربوط به فرسایش است. از نظر تکرار در

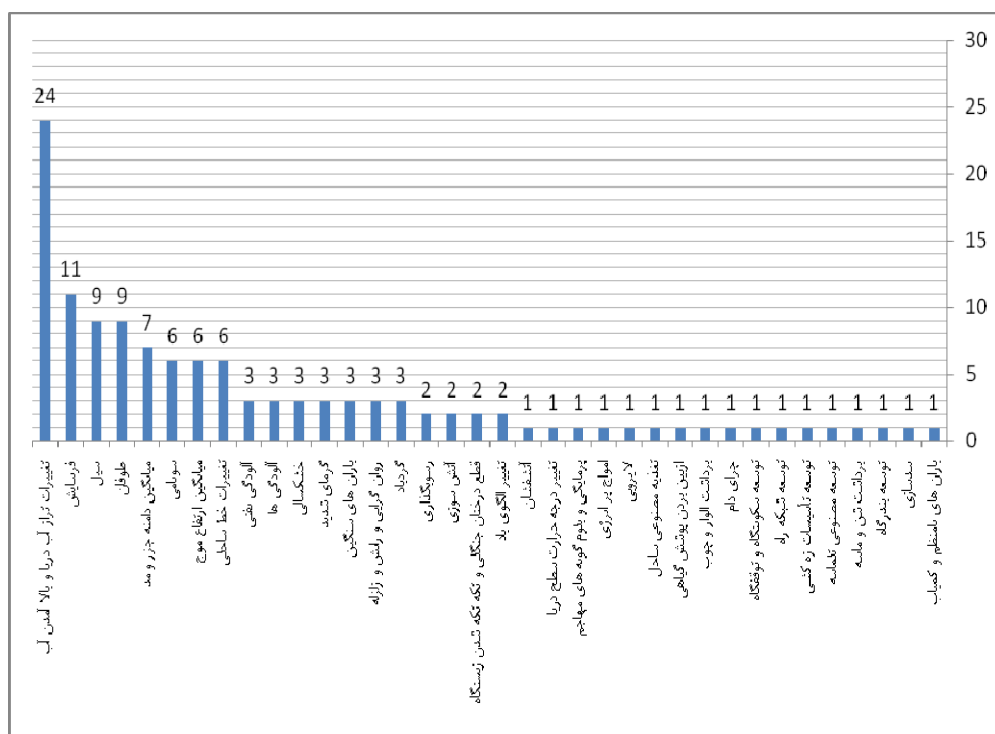
کم بودن تنش‌ها و ساده بودن شرایط در منطقه مورد مطالعه باشد. از بین ۴۹ تحقیقی که راجع به تعیین آسیب پذیری بررسی شده است، ۲۵ تحقیق روابط مربوط به محاسبه آسیب‌پذیری را مورد توجه و استفاده قرار داده اند، همچنین ۳۲ بررسی نیز نتیجه محاسبه آسیب‌پذیری را به صورت نقشه ارائه کرده‌اند. تلاش برای ارائه نتایج به صورت نقشه فرصت‌های تازه‌ای برای به تصویر کشیدن دستاوردهای سنجش آسیب‌پذیری پیش روی تصمیم‌گیرندگان قرار داده است.

همکاران (۲۰۱۲) (۵۶) با استفاده از ۲۱ متغیر و تنش اختصاص دارد. کم‌ترین تعداد متغیر یا تنش به کار رفته در تحقیقات یک تنش یا متغیر بوده و ۲۲ تحقیق از یک تنش یا متغیر برای سنجش آسیب‌پذیری استفاده کرده‌اند. این بررسی نشان داد اکثر تحقیقات معطوف به آسیب‌پذیری از کم‌تر از ۱۰ متغیر استفاده کرده‌اند. میانگین تعداد متغیر و تنش استفاده شده در تحقیقات ۶/۵ و مد آن ۱ و میانه آن ۴ می باشد. هرچه تعداد تنش‌های در نظر گرفته در تحقیقات بیشتر باشد می‌تواند نشان دهنده یک بررسی جامع‌تر باشد، البته باید این نکته در نظر گرفته شود که ممکن است که گاه کمی متغیرها به خاطر

جدول ۱- تنش‌های گزارش شده از مناطق ساحلی

منابع	نوع تنش	منشأ تنش
۵۸, ۱۳, ۱۴, ۵۳, ۱, ۵۹, ۶۰, ۳۵, ۲۸, ۶۱, ۶۲, ۲۹, ۳۰, ۶۳, ۴۰, ۹, ۱۰, ۶۵ و ۶۴, ۶۶, ۵۷, ۲۱, ۴۳, ۶۷, ۲۲, ۶۸, ۸, ۶۷, ۸, ۶۹, ۷۰, ۲, ۴۲, ۳۲, ۳۶, ۷۱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تغییر تراز یا سطح آب دریا</li> <li>• سیل</li> <li>• میانگین ارتفاع موج</li> <li>• میانگین دامنه جزر و مد</li> <li>• امواج پر انرژی</li> </ul>	آب شناختی
۲۲, ۶۷, ۴۲, ۶۹, ۷۳, ۳۲, ۶۳, ۴۳, ۱, ۶۷, ۵۹, ۵۲, ۲	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تغییر الگوی باد</li> <li>• تند باد و طوفان</li> <li>• گردباد</li> <li>• باران‌های سنگین</li> <li>• باران‌های نامنظم و کمیاب</li> <li>• گرمای شدید</li> <li>• خشکسالی</li> <li>• تغییر درجه حرارت سطح دریا</li> <li>• آتش سوزی</li> </ul>	آب و هوایی
۲۲, ۲, ۲۷, ۷۴, ۳۱, ۲۳, ۲۵, ۶۹	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سونامی</li> <li>• روان‌گرایی و رانش و زلزله</li> <li>• آتشفشان</li> </ul>	زمین شناختی
۲۲, ۵۸, ۲۶, ۶۸, ۶۷, ۸, ۷۵, ۲۱, ۱۹, ۶۶, ۶۳, ۵۹, ۴۲	<ul style="list-style-type: none"> <li>• فرسایش</li> <li>• رسوبگذاری</li> </ul>	رسوب شناختی

<p>۲, ۱۴, ۳۲, ۴۰, ۱۰, ۳۳, ۴۲, ۱۹, ۶۶, ۶۷</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• تغییرات خط ساحلی</li> <li>• تغذیه مصنوعی ساحل</li> <li>• توسعه مصنوعی تلماسه</li> <li>• برداشت شن و ماسه</li> <li>• توسعه بندرگاه</li> <li>• از بین بردن پوشش گیاهی</li> <li>• قطع درختان جنگلی و تکه تکه شدن زیستگاه</li> <li>• برداشت الوار و چوب</li> <li>• چرای دام</li> <li>• سد سازی</li> <li>• توسعه تأسیسات زه کشی</li> <li>• توسعه شبکه راه</li> <li>• توسعه سکونتگاه و توقفگاه</li> <li>• لایروبی</li> </ul>	<p>تغییر و تبدیل اراضی</p>
<p>۵۲, ۱۲, ۶۶, ۳۹, ۳۴, ۲۰, ۷۶</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• انواع آلودگی ها</li> <li>• آلودگی نفتی</li> <li>• پرمایگی و بلوم گونه های مهاجم</li> </ul>	<p>آلودگی های محیط</p>



نمودار ۱- فراوانی تنش های منطقه ساحلی در پژوهش های صورت گرفته

## نتیجه‌گیری

به نظر می‌رسد تحقیقاتی که هم از فرمول استفاده کرده و هم نقشه دارند و هم تعداد متغیرهای بیش‌تری را مورد بررسی قرار داده‌اند دارای نتایج قابل اعتمادتری هستند، پیشنهاد می‌شود برای محاسبه آسیب‌پذیری در یک منطقه از تمام تنش‌های موجود در منطقه و یا مهم‌ترین آن‌ها استفاده شود تا نتایج دقیق‌تری حاصل شود. همچنین از بررسی روش‌های مختلف تعیین آسیب‌پذیری مشخص می‌شود که استفاده از روش CVI از سایر روش‌ها متداول‌تر است، در محاسبه این روش هم متغیرها و هم تنش‌ها دخیل هستند. روش شاخص آسیب‌پذیری ساحلی روشی است که برای تعیین میزان نسبی آسیب‌پذیری قسمت‌های مشخصی از ساحل به کار می‌رود، در نهایت این روش برای محاسبه آسیب‌پذیری تجمعی برای همه پهنه ساحلی به کار می‌رود. درحقیقت این روش، روشی محاسباتی محسوب می‌شود که با استفاده از یک فرمول ریاضی رابطه‌ای بین متغیرهای مورد بررسی برقرار کرده و از این طریق اقدام به محاسبه آسیب‌پذیری منطقه ساحلی می‌نماید (۳۲).

این بررسی نشان داد که از بین تنش‌ها بالا آمدن سطح آب دریا و تغییرات تراز آب بیش از سایر تنش‌ها در پژوهش‌های صورت گرفته مورد استفاده قرار گرفته است و پس از آن مورد استفاده‌ترین تنش فرسایش و سپس دو تنش سیل و طوفان بوده‌اند اما تنش‌های باران‌های نامنظم و کمیاب، سدسازی،

توسعه بندرگاه، برداشت شن و ماسه توسعه مصنوعی تلماسه، توسعه تاسیسات زهکشی، توسعه شبکه راه، توسعه سکونتگاه و توقفگاه، چرای دام، برداشت الوار و چوب، ازبین بردن پوشش گیاهی، تغذیه مصنوعی ساحل، لایروبی، امواج پراثرژی، پرمایگی و بلوم گونه‌های جلبکی، تغییر درجه حرارت سطح دریا و آتشفشان فقط در یک پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تنش‌هایی که بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته‌اند اهمیت بیش‌تری برای محاسبه آسیب‌پذیری دارند. مطابق بررسی‌ها استفاده از تنش‌های انسانی در مناطق ساحلی در دهه‌های گذشته کم‌تر از تنش‌های طبیعی بوده است (۱۹ تنش طبیعی در مقابل ۱۷ تنش انسانی). همچنین تعداد تکرار تنش‌های طبیعی بسیار بیش‌تر از تنش‌های انسانی است. این بررسی همچنین نشان داد در میان منابع حساسیت در قسمت اکولوژیک معیار بکر بودن (طبیعی بودن) دارای بیش‌ترین درصد فراوانی و در قسمت غیراکولوژیک معیار اقتصادی (زیر معیار وابستگی اقتصادی و منافع) بیش‌ترین درصد فراوانی را داراست، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این منابع حساسیت که در پژوهش مختلف بیش‌تر مورد استفاده قرار گرفته‌اند برای محاسبه حساسیت، اهمیت بیش‌تری دارند.

درصد فراوانی											زیر معیار	معیار	زمینه	
	(۸۵)	(۸۴)	(۸۳)	(۸۲)	(۸۱)	(۸۰)	(۷۹)	(۷۸)	(۷۷)	(۷۶)				
۶۰	*		*		*		*		*	*		--	جغرافیای زیستی (شامل اهمیت تکاملی)	فیزیکی
۸۰	*	*	*	*		*	*		*	*		--	بکر بودن (طبیعی بودن)	
۶۰	*	*	*			*	*		*			--	بی همتایی (منحصربفرد بودن)	
۷۰	*	*	*	*	*	*			*			--	معرف بودن	
۶۰		*	*	*	*	*			*			--	شکندگی	
۶۰	*	*		*	*				*	*			اهمیت زیستگاه (بحرانی، نسل آوری)	
۵۰		*	*	*					*	*			تنوع ساختاری	اکولوژیک
۳۰		*	*						*				باروری (حاصلخیزی)	
۵۰		*	*			*	*		*				یکپارچگی (جامعیت)	
۲۰			*						*				ویژگی های فیزیکی (وسعت، شکل، محدودیت ها)	
۱۰									*				در معرض پدیده های دریایی بودن	زیستی
۱۰									*				شیب کرانه های ساحلی	
۱۰									*				نوع بستر	
۱۰									*				توانایی تولید و حساسیت بیولوژیک	
۱۰	*												ارزش حفاظتی	زیستمدان (بیوتا)
۱۰									*				جانوران حساس به نفت	
۱۰						*							تنوع	
۲۰				*					*				ارزش حفاظتی	پرندهگان
۱۰									*				زادآوری	
۱۰									*				تراکم	
۲۰						*	*						تنوع	
۲۰				*					*				ارزش حفاظتی	آبزیان
۱۰									*				زادآوری	
۲۰						*	*						تنوع	

۱۰						*				پرورشگاه		
۱۰			*							ارزش حفاظتی	لاک پستان دریایی	
۱۰						*				زادآوری		
۱۰						*				تغذیه		
۱۰			*							ارزش حفاظتی		پستانداران دریایی
۸۰		*	*	*	*	*	*	*	*	وابستگی اقتصادی و منافع	اقتصادی	
۲۰		*			*					اهمیت گونه های قابل بهره برداری		
۶۰		*		*	*	*	*	*		اهمیت تفریحی	توریسم	
۳۰		*		*	*					مقبولیت اجتماعی	اجتماعی	
۱۰					*					بهداشت و تندرستی		
۳۰		*		*	*					تعارض و سازگاری		
۲۰		*			*					امنیت		
۳۰		*		*	*					آگاهی عمومی و دانش سنتی		
۶۰		*		*	*	*	*	*		اهمیت آموزشی	علمی	
۵۰				*	*	*	*	*		اهمیت پژوهشی		
۵۰				*	*	*	*	*		اهمیت برای پیش و کنترل		
۲۰				*		*				ارزش فرهنگی و تاریخی	فرهنگی	
۴۰		*		*	*	*				ارزش زیبا شناختی		
۱۰						*		*		مناطق تحت حفاظت (ملی یا بین المللی)	مدیریتی	
۵۰		*		*	*	*		*		امکان پذیری (قابلیت احیا یا ترمیم)		
۳۰		*		*	*					قابلیت دسترسی		
۲۰	*		*							برنامه مدیریتی		
۲۰	*				*					اهمیت منطقه ای و زیر منطقه ای		
۲۰		*			*					اولویت و فوریت	عملی بودن	
۱۰					*					موجودیت (مالکیت)		
۴۰		*		*	*	*				اندازه		
۶۰		*	*	*	*	*	*			تهدیدات انسانی	عوامل تهدید	
۲۰			*			*				تهدیدات طبیعی		

جدول ۳- تعداد تنش ها و متغیرهای بررسی شده در مناطق ساحلی

منبع تحقیق	تعداد تنش ها یا متغیرهای بررسی شده	منبع تحقیق	تعداد تنش ها یا متغیرهای بررسی شده
۶۷	۱۹ تنش	۳۷	۶ متغیر
۸	۲ تنش	۶۸	۲ تنش
۵۹	۵ تنش	۱۱	۱۵ متغیر و تنش
۶۰	۱ تنش	۱۲	۷ متغیر
۷۵	۱ تنش	۱۳	۸ متغیر و تنش
۵۸	۳ تنش	۱۴	۵ متغیر و تنش
۷۴	۱ تنش	۳۹	۱ تنش
۶۹	۷ تنش	۱۵	۵ متغیر
۱۹	۲ تنش	۱۷	۳ متغیر
۷۲	۲ تنش	۱۸	۲۹ متغیر و تنش
۶۶	۴ تنش	۲	۸ متغیر و تنش
۷۰	۱ تنش	۱۶	۵ متغیر
۳۴	۱ تنش	۲۲	۴ متغیر و تنش
۳۶	۶ تنش و متغیر	۵۳	۵ متغیر و تنش
۵۰	۱۱ متغیر	۱	۳ تنش
۲۷	۴ متغیر	۴۱	۵۰ متغیر و تنش
۵۱	۳ متغیر	۲۵	۹ متغیر و تنش
۴۹	۷ متغیر	۵۶	۲۱ متغیر و تنش
۵۴	۸ متغیر و تنش	۲۶	۵ متغیر
۵۲	۸ متغیر و تنش	۴۷	۹ متغیر و تنش
۴۲	۱ تنش	۲۸	۸ متغیر و تنش
۳۵	۱ تنش	۳۲	۸ متغیر و تنش
۶۱	۱ تنش	۲۹	۱ تنش
۶۲	۱ تنش	۳۰	۱ تنش
۶۳	۳ تنش	۴۰	۹ تنش و متغیر
۵۷	۱ تنش	۹	۱ تنش
۱۰	۶ متغیر و تنش	۶۴	۱ تنش
۶۵	۱ تنش	۲۱	۶ تنش و متغیر

۳۱	۱ تنش	۲۳	۱ تنش
۷۳	۱ تنش	۲۰	۵ متغیر و تنش
۴۳	۱۱ تنش و متغیر	۷۱	۲ تنش
۴۵	۱۹ متغیر	۲۴	۵ متغیر
۷	۱ تنش	۳۸	۱ تنش
۳۳	۵ متغیر و تنش	۴۴	۵۰ تنش و متغیر
-	-	۴۶	۱ متغیر

## منابع

- Pollution-Sensitive Coastal Areas in the Mediterranean Sea. *Environmental Management*, 35(6), pp. 811-820
- Lures, A., et al., 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global Environmental Change*, 13, pp. 255-267
  - Szlafsztein, C, and Sterr, H, 2007. A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Pará, Brazil. *J Coast Conserv*, 11, pp.53-66
  - Gravelle, G and Mimura, N, 2008. Vulnerability assessment of sea-level rise in Viti Levu, Fiji Islands. *Sustain Sci*, 3, pp.171-180
  - Nageswara Rao, K., et al., 2008. Sea-level rise and coastal vulnerability: an assessment of Andhra Pradesh coast, India through remote sensing and GIS. *J Coast Conserv*, 12, pp.195-207
  - Wang, X.D., et al., 2008. Regional assessment of environmental
  - Yoo, G et al., 2011. Development and application of a methodology for vulnerability assessment of climate change in coastal cities. *Ocean & Coastal Management*, 54, pp.524-534
  - Srinivasa Kumar, T., et al., 2010. Coastal Vulnerability Assessment for Orissa State, East Coast of India. *Journal of Coastal Research*, 26(3), pp.523-534
  - Adger, W. N, 2006. Vulnerability, *Global Environmental Change*, 16, pp.268-281
  - Gallopin, Gilberto C., 2006, Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16, pp.293-303
  - IMO/MEPC 46/23. 2001. Guidelines for the identification and designation of particularly sensitive sea areas. ANNEX 6, Jan
  - Angelidis, M and Kamizoulis, G, 2005. A Rapid Decision-Making Method for the Evaluation of



17. Copeland, H. et al., 2010, A geospatial assessment on the distribution, condition, and vulnerability of Wyoming's wetlands, *Ecological Indicators*, 10, pp 869–879
18. Tran, T. Liem., et al., 2010. Spatial pattern of environmental vulnerability in the Mid-Atlantic region, USA. *Applied Geography*, 30, pp. 191–202
19. Mustelin, J., et al., 2010. Understanding current and future vulnerability in coastal settings: community perceptions and preferences for adaptation in Zanzibar, Tanzania. *Popul Environ*, 31, pp.371–398
20. Andrade, M, et al., 2010. A socioeconomic and natural vulnerability index for oil spills in an Amazonian harbor: A case study using GIS and remote sensing. *Journal of Environmental Management*, 91, pp. 1972-1980
21. Sheik Mujabar, P. and Chandrasekar, N., 2011. Coastal erosion hazard and vulnerability assessment for southern coastal Tamil Nadu of India by using remote sensing and GIS. *Nat Hazards*, 14(4), pp. 282-293
22. Mahendra, R.S., et al., 2011. Assessment and management of coastal multi-hazard vulnerability along the Cuddalore-Villupuram, east coast of India using geospatial vulnerability in the Tibetan Plateau: Development and application of a new method. *Journal of Arid Environments*, 72, pp.1929– 1939
12. Almasri, N., 2008. Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza coastal aquifer, Palestine. *Journal of Environmental Management*, 88, pp. 577–593
13. Hinkel, J, Klein, R J.T., 2009. Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the DIVA tool. *Global Environmental Change*, 19, pp.384–395
14. Dwarakish, G.S, et al., 2009. Coastal vulnerability assessment of the future sea level rise in Udupi coastal zone of Karnataka state, west coast of India. *Ocean & Coastal Management*, 52, pp. 467–478
15. Li, L, et al., 2009. A fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) approach to eco-environmental vulnerability assessment for the danjiangkou reservoir area, China. *Ecological Modelling*, 220, pp. 3439–3447
16. Kattaa, B, et al., 2010. Groundwater vulnerability assessment for the Banyas Catchment of the Syrian coastal area using GIS and the RISKE method. *Journal of Environmental Management*, 91, pp. 1103–1110

- coast of Egypt, Mitig Adapt Strateg Glob Change,
30. Hassaan, M. A., and Abdrabo, M. A., 2012. Vulnerability of the Nile Delta coastal areas to inundation by sea level rise. *Environ Monit Assess*, 185(8), pp.6607-6616
  31. Usha, T, et al., 2012. Tsunami vulnerability assessment in urban areas using numerical model and GIS. *Nat Hazards*, 60, pp.135-147
  32. Arun Kumar, A. and Kunte, P., 2012. Coastal vulnerability assessment for Chennai, east coast of India using geospatial techniques. *Nat Hazards*, 64, pp.853-872
  33. Farhan, A.R. and Lim, S., 2012. Vulnerability assessment of ecological conditions in Seribu Islands, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 65, pp.1-14
  34. Santos, C, et al., 2013. Quantitative assessment of the differential coastal vulnerability associated to oil spills. *J Coast Conserv*, 17, pp.25-36
  35. Cooper, H., et al., 2013. Assessing vulnerability due to sea-level rise in Maui, Hawai'i using LiDAR remote sensing and GIS. *Climatic Change*, 116, pp.547-563
  36. سعید صباپی، مریم و همکاران، بازبینی حریم قانونی سواحل دریای خزر به سبب تغییرات تراز آب دریا مطالعه نمونه: گیلان، آمایش سرزمین، ۱۳۹۰، ۴، ص ۱۳۶-۱۱۵
  23. Sinaga, T. P. T., et al., 2011. GIS Mapping of Tsunami Vulnerability: Case Study of the Jembrana Regency in Bali, Indonesia. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(3), pp.537-543
  24. Furlan, A., et al., 2011. Development of environmental and natural vulnerability maps for Brazilian coastal at Saõ Sebastiaõ in Saõ Paulo State. *Environ Earth Sci*, 64, pp.659-669
  25. Khoshravan, H and Barimani, H, 2012. Seismic vulnerability, Caspian Sea southern coast. *Quaternary International*, 261, pp.9-13
  26. Sousa, P, et al., 2012. Vulnerability assessment of Massaguaçu Beach (SE Brazil). *Ocean & Coastal Management*, 77, pp.24-30
  27. Eckert, S, et al., 2012. Remote sensing-based assessment of tsunami vulnerability and risk in Alexandria, Egypt. *Applied Geography*, 32, pp 714-723
  28. Yin, J, et al., 2012. National assessment of coastal vulnerability to sea-level rise for the Chinese coast. *J Coast Conserv*, 16, pp.123-133
  29. Frihy, O., and El-Sayed, M., 2012. Vulnerability risk assessment and adaptation to climate change induced sea level rise along the Mediterranean techniques. *Ocean & Coastal Management*, 54, pp.302-311

- hazard and a changing climate. *Nat Hazards*, 59, pp.1055–1075
43. Balica, S. F., et al., 2012. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Nat Hazards*, 64, pp.73–105
44. Tran, T., et al., 2012. A watershed-based method for environmental vulnerability assessment with a case study of the Mid-Atlantic region. *Environmental Impact Assessment Review*, 38, pp.58-64
45. Cinner, J. E., et al., 2012. Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. *Global Environmental Change*, 22, pp.12-20
46. Das, A, et al., 2012. Vulnerability assessment using hazard potency for regions generating industrial hazardous waste. *Journal of Hazardous Materials* 209– 210, pp.308– 317
۴۷. شمسی پور، علی اکبر و شیخی، محمد، پهنه بندی مناطق حساس و آسیب پذیری محیطی در ناحیه غرب فارس، با روش طبقه بندی فازی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۱۳۸۹، شماره ۷۳، ص ۶۸-۵۳
48. Smit, B., and Wandel, J, 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16, pp.282–292
37. Antonakos, A.K. and Lambrakis, N.J., 2007. Development and testing of three hybrid methods for the assessment of aquifer vulnerability to nitrates, based on the drastic model, an example from NE Korinthia, Greece. *Journal of Hydrology*, 333, pp.288– 304
38. Kaynia, A.M., et al., 2008. Probabilistic assessment of vulnerability to landslide: Application to the village of Lichtenstein, Baden-Württemberg, Germany. *Engineering Geology*, 101, pp.33–48
39. Castanedo, S., et al., 2009. Oil spill vulnerability assessment integrating physical, biological and socio-economical aspects: Application to the Cantabrian coast (Bay of Biscay, Spain). *Journal of Environmental Management*, 91, pp.149–159
40. Abuodha, P and Woodroffe, C., 2010. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia, *J Coast Conserv.* 14, pp.189–205
41. Skondras, N, et al., 2011. Application and assessment of the Environmental Vulnerability Index in Greece. *Ecological Indicators*, 11, pp.1699-1706
42. Bjarnadottir, S, et al., 2011. Social vulnerability index for coastal communities at risk to hurricane

- البرز به روش سلسله مراتبی، علوم محیطی، ۱۳۸۴، ۱۰، ص ۱-۲۰
55. Simeoni, U, and Corbau, C, 2009. Coastal vulnerability related to sea-level rise. *Geomorphology*, 107, pp1-2
56. Varis, O., et al., 2012, Ten major rivers in monsoon Asia-Pacific: An assessment of vulnerability, 32, pp.441-454
57. Alpar, B, 2008. Vulnerability of Turkish coasts to accelerated sea-level rise. *Geomorphology*, 107, pp.58-63
58. Ceia, F, et al., 2010. Coastal vulnerability in barrier islands: The high risk areas of the Ria Formosa (Portugal) system. *Ocean & Coastal Management*, 53, pp. 478-486
59. Nicholls, R., et al., 2008. Climate change and coastal vulnerability assessment: scenarios for integrated assessment. *Sustain Sci*, 3, pp.89-102
60. Chust, G, et al., 2009. Human impacts overwhelm the effects of sea-level rise on Basque coastal habitats (N Spain) between 1954 and 2004, Estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 84, pp.453-462
61. Mitsova, D., et al., 2012. Using enhanced dasymmetric mapping techniques to improve the spatial accuracy of sea level rise vulnerability assessments. *J Coast Conserv*, 16, pp.355-372
۴۹. صفائیان، نصرت الله و همکاران، تعیین آسیب پذیری اکولوژیک اکوسیستم های حاشیه جنوب دریای خزر، محیط شناسی، ۱۳۷۷، شماره ۲۹
50. Wang, X., et al., 2012. Water Resources Vulnerability Assessment based on the Parametric-system Method: a Case Study of the Zhangjiakou Region of Guanting Reservoir Basin. North China, *Procedia Environmental Sciences*, 8, pp.1231-1239
51. Farzipour Saen, A and Farzipoor Saen, R, 2012. Assessment of the site effect vulnerability within urban regions by data envelopment analysis: A case study in Iran. *Computers & Geosciences*, 48, pp. 280-288
52. Bunce, M, et al., 2010,. Policy misfits, climate change and cross-scale vulnerability in coastal Africa: how development projects undermine resilience. *environmental science & policy*, 13, pp. 485-497
53. Chu-Agor, M. L., et al., 2011. Exploring vulnerability of coastal habitats to sea level rise through global sensitivity and uncertainty analyses. *Environmental Modelling & Software*, 26, pp. 593-604
۵۴. شریف زادگان، محمدحسین و فتحی، حمید، ارزیابی آسیب پذیری زیست محیطی برای برنامه ریزی منطقه ای در حوزه های سه گانه زیست محیطی

68. Snoussi, M., et al., 2008. Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone, Estuarine. Coastal and Shelf Science, 77, pp. 206-213
69. Zou, L., and Wei, Y., 2010. Driving factors for social vulnerability to coastal hazards in Southeast Asia: results from the meta-analysis. Nat Hazards, 54, pp.901-929
70. Munji, C., et al, 2013. Vulnerability to coastal flooding and response strategies: The case of settlements in Cameroon mangrove forests. Environmental Development, 5, pp.54-72
71. Dutta, D., et al., 2011. Synthetic impact response functions for flood vulnerability analysis and adaptation measures in coastal zones under changing climatic conditions: a case study in Gippsland coastal region, Australia. Nat Hazards, 59, pp.967-986
72. Das, S., 2012. The role of natural ecosystems and socio-economic factors in the vulnerability of coastal villages to cyclone and storm surge. Nat Hazards, 64, pp.531-546
73. Brakenridge, G. R., et al., 2012. Global mapping of storm surges and the assessment of coastal
62. Jaded Abdul Naser Bhuiyan, Md. and Dutta, D., 2012. Analysis of flood vulnerability and assessment of the impacts in coastal zones of Bangladesh due to potential sea-level rise. Nat Hazards, 61, pp.729-743
63. Parkinson, R. and McCue, T., 2011. Assessing municipal vulnerability to predicted sea level rise: City of Satellite Beach, Florida. Climatic Change, 107, pp.203-223
64. Demirkesen, A., et al., 2008. Quantifying coastal inundation vulnerability of Turkey to sea-level rise. Environ Monit Assess, 138, pp.101-106
65. Marfai, M. and King, L., 2008. Potential vulnerability implications of coastal inundation due to sea level rise for the coastal zone of Semarang city, Indonesia. Environ Geol, 54, pp.1235-1245
66. Nuno Martins, V., et al., 2012. Modelling of coastal vulnerability in the stretch between the beaches of Porto de Mós and Falésia, Algarve (Portugal). J Coast Conserv, 16, pp.503-510
67. Gabriel, A. O. and Kreutzwiser, R. D., 2000. Conceptualizing Environmental Stress: A Stress-Response Model of Coastal Sandy Barriers. Environmental Management, 25(1), pp. 53-69

80. Salm, R.V. and Price, A., 1995. Selection of Marine Protected Areas: Principles of Techniques for Management, Edited by Susan Gubby Chapman and Hall, London
81. Roberts, C., and Hawkins, J., 2000. Fully-protected marine reserves: a guide, WWF, Endangered Seas Campaign
82. Guidelines for the Identification and Selection of Marine Protected Areas in the OSPAR Maritime Area, 2003. OSPAR Convention for the protection of the Marine environment of the North-East Atlantic, ANNEX 10, JUNE.
83. Overview of Scientific findings and criteria relevant to identifying Spamis in the Mediterranean open seas including the deep sea, 2010. Mediterranean Action plan, United Nations Environment Programme (UNEP), Istanbul, Turkey.
84. ASEAN (The Association of Southeast Asian Nations) criteria for National Marine Protected Areas, 2010. ([www.aseansec.org](http://www.aseansec.org))
85. ASEAN (The Association of Southeast Asian Nations) Criteria for Marine Heritage Areas, 2010. ([www.aseansec.org](http://www.aseansec.org))
- vulnerability. Nat Hazards, 66(3), pp. 1295-1312
74. Omira, R., et al., 2010. Tsunami vulnerability assessment of Casablanca- Morocco using numerical modelling and GIS tools. Nat Hazards, 54, pp.75-95
75. Anfuso, G., and Pozo, 2009. Assessment of Coastal Vulnerability Through the Use of GIS Tools in South Sicily (Italy). Environmental Management, 43, pp.533-545
76. Cochard, R., et al., 2008. The 2004 tsunami in Aceh and Southern Thailand: A review on coastal ecosystems, wave hazards and vulnerability, Perspectives in Plant Ecology. Evolution and Systematics, 10, pp.3-40
77. IUCN/WCPA. 1999. Guidelines for Marine Protected Areas. Edited & coordinated by Graeme Kelleher
78. NOAA, 2002. Environmental Sensitivity Index Guidelines, Version3, National Oceanic and Atmospheric Administration
۷۹. دانه کار، افشین، مجنونیان، هنریک، معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی مناطق ساحلی- دریایی ایران به منظور تحسین مناطق تحت حفاظت ساحلی- دریایی ایران، مطالعه موردی: ترازیبی مناطق تحت حفاظت سواحل دریای خزر، فصلنامه محیط شناسی، ۱۳۸۳، شماره ۳۵، پائیز، ص ۹-۳۲.