

مدیریت برنامه ریزی و توسعه سواحل چابهار و دریای مکران با آمایش سرزمین با تاکید بر راهکارهای

کاهش مخاطرات ناشی از سونامی و طوفانهای موسمی

دکتر جواد قاسم زاده^۱، اشکان اژدهاکش پور^۲

^۱ عضو هیئت علمی دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی

^۲ پژوهشگر مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور چابهار

چکیده

سواحل دریای مکران بخصوص بندر چابهار بدلیل خارج بودن از محدوده خلیج فارس و تنگه هرمز و دسترسی به آبهای آزاد بین المللی از بعد ملی بعنوان محور توسعه شرق کشور و از بعد فراملی بعنوان پل ارتباطی کشورهای آسیای میانه و جنوب شرق آسیا محسوب میشود. بندر چابهار با توجه به اهداف و برنامه های دراز مدت جمهوری اسلامی ایران میتواند نقش بزرگترین پایانه اقتصادی در شرق کشور را ایفا نماید. تاسیس و گسترش منطقه آزاد تجاری و سرمایه گذاریهای سنگین در جهت توسعه تجاری- صنعتی و صنعت حمل و نقل بازار اشتغال مناسبی را در بندر چابهار فراهم نموده و بیش از ۲۰۰ هزار نفر جمعیت را در خود جای داده است. استان سیستان و بلوچستان با دارا بودن ۳۰۰ کیلومتر مرز آبی با دریای عمان و اقیانوس هند و بدلیل جغرافیای کوهستانی- بیابانی، کم بودن و نامنظم بودن بارشهای جوی و وجود گسل وسیع مکران در دریای عمان پتانسیل حادثه خیزی بالایی دارد.

با توجه به وجود گسل و منطقه فرورانش مکران بطول حدود ۹۰۰ کیلومتر در بستر دریا و در موازات سواحل ایران و پاکستان امکان وقوع زلزله در محل این گسل و سونامی متعاقب آن وجود دارد. تاکنون وقوع سونامی های متعددی در این ناحیه در تاریخ ثبت شده است که آخرین آنها در پی زلزله ای با قدرت ۸/۲۵ ریشتر در ۲۸ نوامبر ۱۹۴۵ میلادی اتفاق افتاد. سونامی حاصل از این زلزله با امواج بیش از ده متر سواحل ایران، پاکستان، هند و عمان را در نوردید و موجب کشته شدن بیش از ۴۰۰۰ نفر شد. پس از وقوع سونامی بزرگ سال ۲۰۰۴ در سوماترا و اقیانوس هند و سونامی مارس ۲۰۱۱ در ژاپن که بیش از ۲۵۰۰۰۰ نفر کشته و خسارات مالی زیادی را بر جای گذاشتند، با تدبیر سازمان ملل متحد مراکز و سیستم های هشدار دهنده سونامی در اقیانوسها و دریاهای متصل به آنها تاسیس گردید.

سواحل دریای عمان و خلیج چابهار در معرض جریانات جوی استوایی و در عرض جغرافیایی مستعد طوفانهای دریایی قرار دارند. شدیدترین طوفان ثبت شده در منطقه مکران و شمال اقیانوس هند بنام طوفان گونو در خرداد ۱۳۸۵ رخ داد، که در آن سرعت باد در مواردی به ۳۱۵ کیلومتر در ساعت رسید و در ایران ۲۱۵ میلیون دلار خسارت مالی و ۲۳ نفر کشته بر جای گذاشت.

مدیریت توسعه سواحل و کاربرد اصول آمایش سر زمین، استفاده بهینه از فضا و اراضی ساحلی که در معرض هجوم طوفانهای حاره ای و امواج سونامی هستند و برخی اقدامات مهندسی و زیر بنایی و همچنین آموزش ساکنین این مناطق در جلوگیری از تلفات انسانی و کاهش خسارات وارده به تاسیسات ساحلی بسیار موثر است. این مقاله به طرح آمایش سرزمین با تاکید بر رعایت مواردی نظیر بهبود طراحی ساختمانها و سازه های مهندسی و تدوین قوانین و آیین نامه های مربوط به استفاده از مصالح مقاوم، حفاظت از موانع طبیعی نظیر تپه های شنی، جنگلهای مانگرو، جزایر و اجتماعات مرجانی، انتقال و تاسیس ساختمانها و ادارات دولتی و عمومی نظیر مدارس، بیمارستانها، فرودگاه، تاسیسات تصفیه آب و فاضلاب شهری و مراکز تجاری به مناطقی که در معرض خطر آبگرفتگی سونامی و طوفان نباشند، جنگلکاری در نوار ساحلی و موارد دیگر نظیر آموزش و اطلاع رسانی و تشکیل ستاد بحران و غیره می پردازد.

لغات کلیدی: سونامی، چابهار، دریای مکران، مدیریت سواحل، آمایش سرزمین، کاهش مخاطرات بلایای طبیعی.

مقدمه:

سونامی و عوارض وحشتناک آن تا قبل از وقوع سونامی بزرگ و غیر مترقبه روز ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ میلادی در غرب اقیانوس هند که در اثر زلزله زیر دریای با قدرت ۹/۱ ریشتر بوجود آمده و به سواحل سرزمین های سوماترا، تایلند، سریلانکا، هند، بنگلادش، سومالی و کنیا یورش برد و بیش از ۲۴۰۰۰۰ نفر تلفات انسانی داد برای مردم عادی نا شناخته بود. زلزله و سونامی بزرگ متعاقب آن در سال ۲۰۱۱ میلادی در ژاپن نیز نشان داد که چقدر انسان و دنیای مدرن امروزی در برابر طبیعت، آسیب پذیر و ناتوان است.

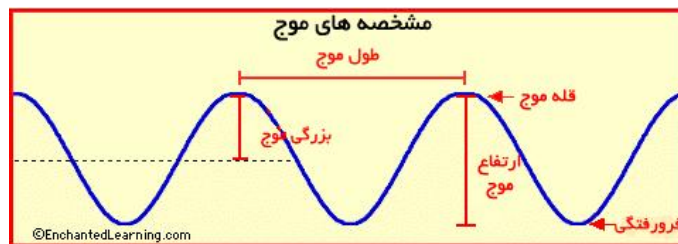
کلمه سونامی (tsunami) از کلمات ژاپنی tsu (بندر) و nami (امواج) تشکیل شده است. سونامی در واقع بوسیله امواجی که در اثر هر گونه جابجایی ناگهانی حجم بسیار بزرگی از آب اقیانوسها یا دریاچه ها که معمولا در اثر زلزله ناشی از حرکات فرو رانشی و یا برخورد متقابل صفحات تکتونیکی زمین در بستر اقیانوسها بوجود می آیند رخ میدهد. این امواج همچنین ممکن است در اثر فورانهای آتشفشانی کف اقیانوسها، جدا شدن

قطعات عظیم یخهای قطبی یا لغزش و ریزش ناگهانی حجم بسیار بزرگی از ساحل بدخل اقیانوسها و یا در اثر افتادن شهاب سنگ های عظیم آسمانی در اقیانوس ها و یا انفجارات عظیم هسته ای زیر دریایی نیز بوجود آیند. این امواج که ممکن است صدها کیلومتر پهنا داشته باشند غالباً در اعماق اقیانوس و با سرعتی که گاهی تا ۹۵۰ کیلومتر در ساعت نیز میرسد پهله اقیانوس را می پیمایند، و با رسیدن به محدوده سواحل و کم شدن عمق دریا از سرعت و طول موج آنها کاسته شده ولی ارتفاع آنها افزایش یافته و گاها تا ارتفاع ۱۰ الی ۳۰ متر نیز رسیده و با شدت به ساحل کوبیده شده و اراضی ساحلی و ساختمان هارا تا چندین کیلومتر در ساحل به زیر آب برده و تلفات انسانی و تخریب وسیعی را باعث می شوند. زمانی که سلسله ای از امواج سونامی به خطوط ساحلی نزدیک می شود اولین مشخصه آن هجوم یک موج سریع و ناگهانی و بسیار شدیدتر از یک موج طوفانی معمولی است. با برخورد اولین موج عظیم به ساحل حجم بسیار زیادی آب به سمت ساحل و اراضی مقابل آن پیشروی می کند. عموماً یک سونامی متشکل از یک موج منفرد نیست، بلکه مجموعه ای از یک سری موجهایی است که به فاصله زمانی پنج تا نود دقیقه از یکدیگر به ساحل میرسند. بسیاری از ساکنین سواحل و مناطق تحت تاثیر سونامی پس از رسیدن و بر خورد موج اول به غلط تصور میکنند که سونامی تمام شده و محل را ترک نمیکنند، درحالیکه موجهای دوم و سوم بزرگترین و مخربترین موجها هستند (Bernard, et al, 2007).

برای درک سونامی باید ساختمان موج و مکانیزم تشکیل آنها را شناخت. امواج در اقیانوسها به علل مختلفی مانند فعالیت های زیرآبی، فشار جوی، و کشش جاذبه رخ می دهند، اما شایع ترین علت آنها باد است. منبع انرژی تشکیل و ایجاد موج های منظم باد است و اندازه سرعت باد به قدرت باد وابسته است. نکته مهمی که باید به خاطر داشت این است که امواج نشان دهنده حرکت آب نیستند، بلکه حرکت انرژی از طریق آب را نشان می دهند. امواج معمولی و منظم که ما در کنار ساحل دریا یا در حوضچه های آب می بینیم، از یک ستیغ (بالا ترین نقطه موج) (crest) و یک ناوه (پایین ترین نقطه موج) (trough) تشکیل می شوند. امواج را توسط دو مشخصه عمده آنها اندازه می گیرند (شکل ۱):

* ارتفاع موج (wave height): که فاصله بین ستیغ یا بالاترین نقطه موج و ناوه یا پایین ترین نقطه موج است.

* طول موج (length wave): که عبارت از فاصله افقی بین ستیغ یا بالاترین نقطه دو موج متوالی است.



شکل ۱- مشخصات موج

بسامد یا فرکانس امواج بر حسب مدت زمانی که طول می کشد تا دو موج متوالی از یک نقطه بگذرند اندازه گیری می شود، که به آن دوره موج می گویند.

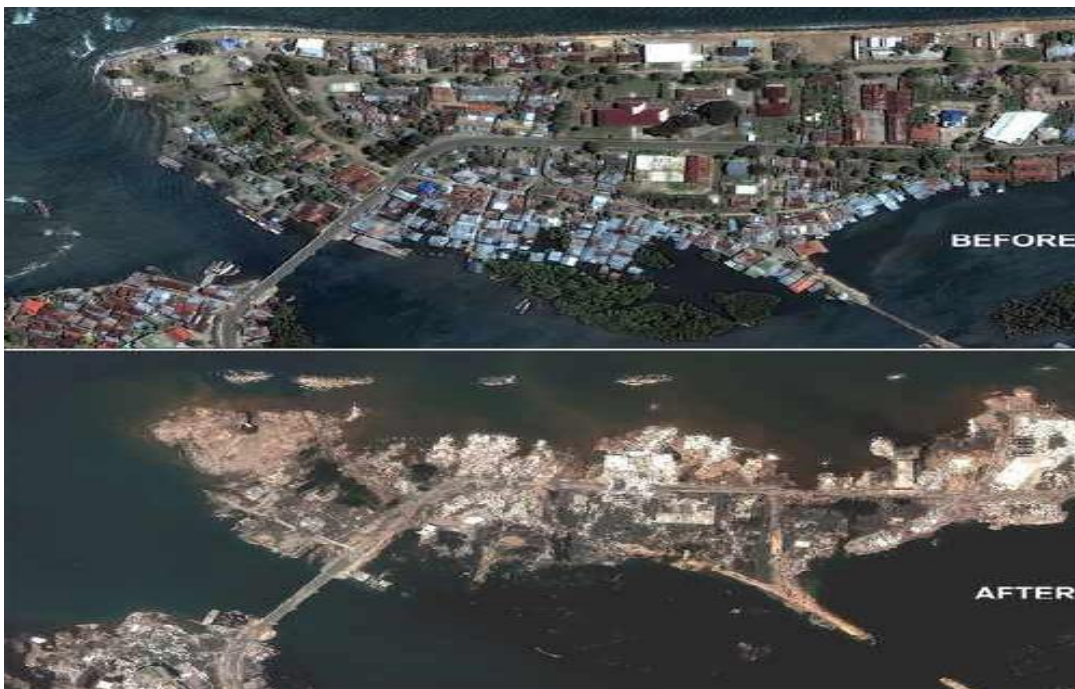
در امواج منظم حاصل از باد آب تشکیل دهنده موج بصورت حلقوی و چرخشی حرکت میکند و بدون هجوم به سواحل و مناطق بالادست ساحل و ایجاد خسارت جریان داشته و پس از کاهش انرژی باز میگردد، در حالیکه امواج سونامی بطور مستقیم حرکت نموده و با رسیدن به نواحی ساحلی و کم شدن عمق دریا بر روی هم انباشته شده و ارتفاع آنها بطور قابل ملاحظه ای افزایش یافته و بصورت دیواره عظیمی از آب به ساحل و اراضی داخلی هجوم برده و ضمن تخریب آنها را به زیر آب میبرند. هم امواج سونامی و هم امواج معمولی حاصل از باد دارای ارتفاع و طول موج هستند و به طریق مشابهی اندازه گیری می شوند. اما تفاوت های زیادی میان آن دو از لحاظ اندازه، سرعت، و منشأ وجود دارد که در جدول زیر ارائه شده است.

موج ناشی از سونامی	موج ناشی از باد	خصوصیت موج
800 تا ۱۰۰۰ کیلومتر در ساعت	۸ تا ۱۰۰ کیلومتر در ساعت	سرعت موج
۱۰ دقیقه تا ۲ ساعت	۵ تا ۲۰ ثانیه	دوره موج
۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلومتر	۱۰۰ تا ۲۰۰ متر	طول موج

خلیج ها، خورها، اسکله ها و بندرگاههای قیفی شکل بدلیل آنکه توده عظیم آب موجهای وارده در بر خورد با نواحی بلند و کناره های بسته و محدود به خشکی این مناطق بر گشت خورده و بر روی هم انباشته شده وانرژی و قدرت تخریب بسیار بیشتری پیدا میکنند از آسیب پذیرترین مناطق ساحلی نواحی تحت تاثیر سونامی هستند. امن ترین مکانهای سواحل هنگام وقوع سونامی عبارت از اراضی مرتفع و بلند با خط ساحلی صخره ای است که عمق دریا در مجاورت صخره ها بسیار عمیق باشد و امواج سونامی بدلیل همین عمق زیاد نمیتوانند بر روی هم انباشته شده و بزرگتر شوند. جنگلهای ساحلی، مانگروها و اجتماعات مرجانی بزرگ نیز میتوانند بعنوان موانعی در مقابل امواج سونامی ایستادگی نموده و انرژی آنها را کاهش دهند. متأسفانه در برنامه های توسعه و عمران اراضی ساحلی غالباً پست ترین و پایین ترین زمینها را که در مقابل امواج سونامی آسیب پذیرترین مناطق هستند به شهرسازی و توسعه و احداث اماکن مسکونی و اداری شهری اختصاص میدهند.

یکی از بزرگترین زلزله های ثبت شده در تاریخ که یکی از مخربترین سونامی های کشور ژاپن را نیز بدنبال داشت زلزله ای بود که در تاریخ یازدهم مارس ۲۰۱۱ میلادی با قدرت ۸/۹ ریشتر و در عمق ۲۴/۴ کیلومتری زمین و بفاصله ۱۳۰ کیلومتری ساحل ژاپن در نزدیکی شهر سندای اتفاق افتاد و امواجی را تولید نمود که سواحل شرقی ژاپن را تا عمق پنج کیلومتری داخل زمینهای مجاور غرقاب نمود و علی رغم مقاوم سازی تاسیسات زیر بنایی و بندری خسارات زیادی را به اسکله ها، کشتی ها، اماکن مسکونی، جاده ها، فرودگاهها و غیره وارد نمود. (شکل ۲)

اصولاً زلزله هایی که در زیر دریا و در اعماق کمتر از ۳۰ کیلومتر از سطح پوسته زمین و با قدرت بیش از ۷ ریشتر رخ می دهند میتوانند سونامی ایجاد کنند و هر چه که میزان جابجایی عمودی دو صفحه تکتونیکی زمین در اثر زلزله بیشتر باشد انرژی و قدرت آسیب رسانی سونامی حاصله نیز بیشتر خواهد بود. جزایر ژاپن بر روی مرز مشترک صفحه تکتونیکی پاسیفیک قرار دارند و این صفحه در حال فرو رانش به زیر صفحه تکتونیکی اوراسیا میباشد. این منطقه از نظر تکتونیکی بسیار فعال بوده و بنام حلقه آتش پاسیفیک مشهور است. از سال ۱۸۹۱ تاکنون هفت زلزله با قدرت بیش از ۸ ریشتر در ژاپن اتفاق افتاده است و در سال ۱۹۲۳ زلزله بزرگ کانتو با قدرت ۷/۹



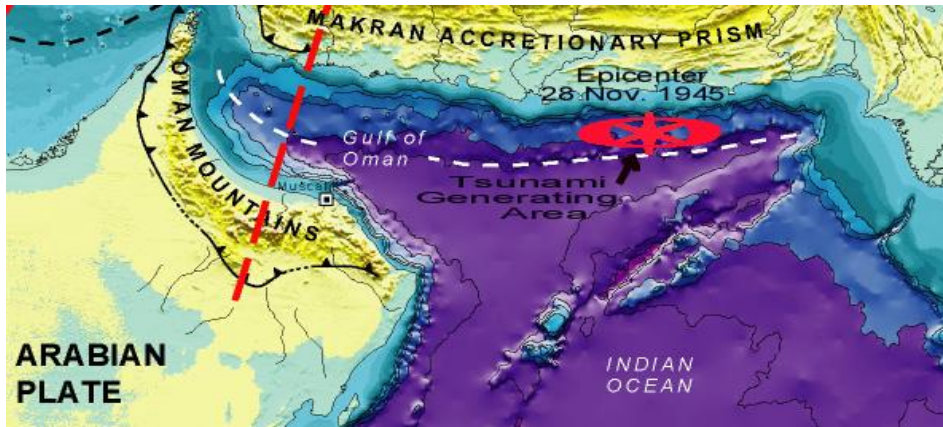
شکل ۲- منظره ای از وسعت خسارت سونامی در ژاپن در مارس ۲۰۱۱ - عکس از (Allen, 2011)

ریشتر بیش از ۱۴۷۰۰۰ نفر را کشت. از آنجا که سونامی اصولاً بر اثر زلزله های با قدرت بیشتر از ۶/۵ ریشتر در اقیانوسها اتفاق می افتند لذا یکی از بهترین ابزار های پیش بینی این پدیده تعیین وقوع زلزله در کف اقیانوس بوسیله شبکه های لرزه نگاری است. همچنین تغییر ناگهانی سطح آب و اندازه گیری آن می تواند هشدار دیگری باشد. گویا توفان نوح نیز سونامی بزرگی بوده که در دوران باستان در کرانه های خلیج فارس اتفاق افتاده است.

وقوع سونامی در جنوب ایران:

منطقه فرورانش مکران در شمال غربی اقیانوس هند یکی از نواحی سونامی خیز در این اقیانوس محسوب میشود (شکل ۳). این گسل که از سواحل پاکستان به موازات ساحل ایران کشیده شده است احتمال وقوع سونامی را در سواحل سیستان و بلوچستان دو چندان میکند و کشورهای ایران، عمان، پاکستان و هند را متاثر خواهد کرد. با توجه به نزدیک بودن این گسل به ساحل دریا سونامی ایجاد شده بسیار خطرناک خواهد بود و در محدوده گسل مکران، فرصت گریز افراد و تخلیه مناطق ساحلی بین ۱۸ تا ۲۵ دقیقه خواهد بود. بنا براین اگر افراد حاشیه دریا زلزله ای را حس کردند، میتوانند مطمئن باشند که احتمال وقوع سونامی بسیار بالا خواهد بود و به احتمال زیاد سونامی در یک فاصله زمانی محدود بعد از زلزله رخ خواهد داد. آخرین سونامی بزرگ در منطقه مکران در ۲۸ نوامبر سال ۱۹۴۵ میلادی در ساعت ۳:۲۶ به وقت محلی اتفاق افتاد. در آن زمان زمین لرزه بزرگی با شدت ۸/۲۵ ریشتر که مرکز آن با مختصات جغرافیایی ۳۴/۵ درجه شمالی و ۶۳ درجه شرقی در فاصله ۱۰۰ کیلومتری جنوب کراچی و در گسل مکران قرار داشت بوقوع پیوست و امواج سونامی حاصل از آن در سواحل ایران در دریای عمان چندین دهکده صیادی را ویران کرد و خسارتهای زیادی را به تأسیسات بندری وارد کرد. این سونامی در سواحل پاکستان سبب کشته شدن بیش از ۴۰۰۰ نفر گردید. نقشه زیر مرکز زلزله عامل این سونامی را نشان میدهد.

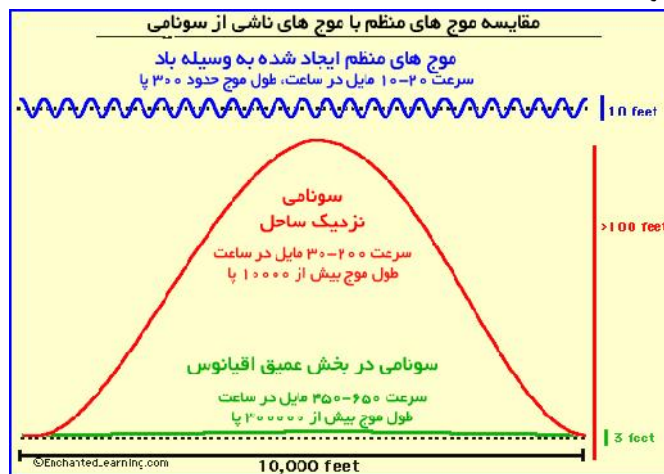
دامنه امواج بلند ناشی از سونامی روز ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ میلادی که در غرب اقیانوس هند و سوماترا اتفاق افتاد به سواحل چابهار نیز رسید ولی خسارت قابل ملاحظه ای بوجود نیاورد.



شکل ۳ - منطقه فرورانش مکران و مرکز زلزله عامل سونامی سال ۱۹۴۵ مکران

حقایق در مورد سونامی:

❖ سونامی ها طول موج بسیار بلندی دارند. از این رو، ممکن است فاصله ی یک موج تا رسیدن موج بعدی یک ساعت هم طول بکشد. در سونامی دسامبر ۲۰۰۴، خیلی از مردم پس از برخورد موج اول به ساحل و عقب نشینی آن به خانه های خود باز گشتند، غافل از این که موج دوم با قدرتی بیشتر در راه بود.



شکل ۴ - مقایسه موج های منظم حاصل از باد با موجهای ناشی از سونامی

- ❖ بروز سونامی هنگام وقوع عوامل ایجاد کننده آن اجتناب ناپذیر است و نمیتوان از آن جلوگیری نمود.
- ❖ با آنکه نمیتوان بطور کامل از اثرات تخریبی و زیان آور سونامی جلوگیری نمود، ولی میتوان با اجرای یک سری تمهیدات و راهکارهای مناسب مخاطرات این بلای طبیعی را کاهش داد تا آنکه اثرات ویرانگر و مخرب آن بر روی تاسیسات زیر بنایی، ساختمانها، اقتصاد، زندگی و معیشت مردم کاهش یابد.
- ❖ برای نیل به این هدف اولین قدم شناسایی و درک کامل مکانیزم عمل و زیان رسانی سونامی و اثرات بالقوه مخرب آن بر روی زیر ساختهای اقتصادی، اجتماعی و زندگی مردم مناطق ساحلی است.

برخی از اثرات و پیامدهای مستقیم فیزیکی سونامی (Dengler, 1998):

- ❖ مرگ و میر و تلفات انسانی
- ❖ ویرانی و ایجاد خسارت به تاسیسات زیر بنایی بنادر نظیر اسکله ها، سکوهای نفتی و بارگیری، ساختمانهای مسکونی، دولتی و تجاری، کشتی ها و قایق ها،
- ❖ خسارات و آسیبهایی وارده به اکوسیستم
- ❖ تخریب و از بین رفتن خط ساحلی
- ❖ پخش و پراکندگی بیش از حد ضایعات، بدنه و قطعات قایقها، خودروها، ماشین آلات و زباله های حاصله در سطح وسیعی از زمین در مناطق غرقاب شده

برخی از اثرات و پیامدهای غیر مستقیم سونامی که غالباً اثرات و عواقب طولی المدت دارند :

- ❖ آلودگی خاکهای ساحلی و شور شدن اراضی شیرین و قابل کشاورزی
- ❖ آلودگی آب چاهها و سفره های آب زیر زمینی با آب شور و سایر مواد مضر و مسموم و در نتیجه کاهش مقدار آب سالم و قابل دسترس.
- ❖ شیوع بیماریهای واگیر و انگلی
- ❖ بیکاری و ایجاد وقفه در فعالیتهای اقتصادی، تجاری و مشاغل
- ❖ ایجاد وقفه و ناهماهنگی در خدمات و فعالیتهای اجتماعی، آموزشی و فرهنگی
- ❖ اثرات روحی و روانی حاصل از دست دادن افراد خانواده و فامیل، خانه و مسکن، شغل و سرمایه و غیره

بازسازی خسارات و خرابی های ناشی از سونامی و موانع موجود در اجرای آن:

- ❖ باز سازی و احیا دوباره خدمات زیربنایی، ساختمانهای اداری، عمومی و منازل مسکونی و حصول ثبات اقتصادی و اجتماعی و رونق تجارت برای جوامع و مناطق سونامی زده سالها بطول می انجامد.
- ❖ غالباً بلایای طبیعی و فرایند بازسازی پس از وقوع آنها روابط و وابستگیهای بغرنج و پیچیده اقتصادی و اجتماعی بین آنها را آشکار می سازد. بعنوان مثال میتوان از عواملی نظیر شور شدن اراضی کشاورزی، اختلال در تهیه و توزیع آب آشامیدنی و کشاورزی، رکود اقتصادی، بیکاری و مهاجرت اجباری نام برد.
- ❖ مخاطرات سونامی را نیز میتوان با راهکارهای مورد استفاده برای کاهش اثرات بلایای طبیعی مشابه نظیر سیل، طوفان و غیره مدیریت نموده و کاهش داد.

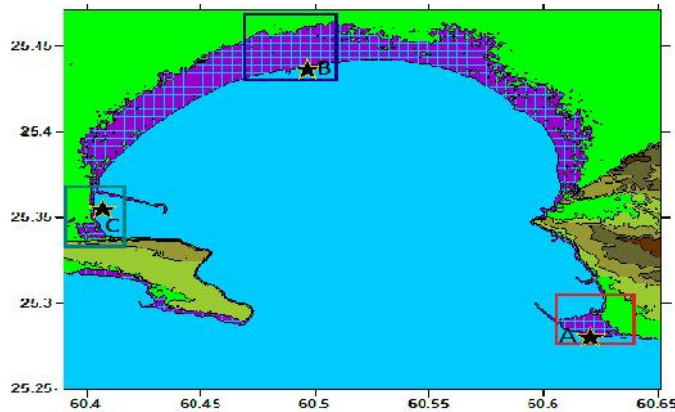
استراتژی و راهکارهای کلیدی برای کاهش مخاطرات سونامی:

- ❖ مدیریت کاربری و استفاده از زمین بمنظور به حد اقل رسانیدن اجرای طرحهای توسعه در مناطقی که پتانسیل آبرگرفتگی و غرقاب شدن با سونامی را داشته باشند.
- ❖ حفاظت و نگهداری تپه های ماسه ای و موانع طبیعی موجود در طول خطوط ساحلی که عمدتاً نقش موج شکن دارند.
- ❖ تنظیم و اجرای قوانین و دستورالعمل های لازم برای طراحی استاندارد و تهیه نقشه های ساختمانی در چهار چوب مقررات مصوب و طبق کدها و ضوابط واضح و مخصوص نواحی ساحلی.
- ❖ افزایش آگاهی و دانش عمومی مردم در مورد خطرات سونامی، علائم هشدار دهنده و عملیات آمادگی هنگام وقوع سونامی.

❖ طراحی و توسعه یک سیستم هشدار دهنده برای اطلاع رسانی و هشدار دادن به مردم جهت تخلیه مناطق در معرض خطر و رفتن به زمینهای مرتفع و یا طبقات بالای ساختمانهایی که دارای مقاومت و تحمل لازم در برابر سونامی باشند..

استراتژی و راهکار شماره ۱: مدیریت استفاده و کاربری زمین و طرحهای ساختمانی:

- ❖ تهیه نقشه های حدود آبرگفتگی و پیشروی سونامی های قبلی و همچنین نقشه های مناطق آسیب پذیر و در معرض خطر.
- ❖ تصویب و اجرای قانونی مبنی بر آنکه که تمام ساختمانها میبایست ۲-۳ متر بالاتر از حد اکثر حد بالا آمدن آب دریا در هنگام مد احداث شوند.
- ❖ اهالی شهر نباید دو باره در مناطقی که قبلاً سونامی زده و غرقاب و ویران شده اند و یا مناطقی که همسطح و روبروی دریا قرار داشته و پشت آنها نیز رودخانه یا مرداب قرار دارد اسکان داده شوند.
- ❖ مدارس، مساجد، بیمارستانها و سایر ساختمانهای عمومی و حیاتی هرگز نباید نزدیک تر از ۴۰۰ متری خط ساحل ساخته شوند و در مناطق در معرض خطر نیز این فاصله باید ترجیحاً ۸۰۰ متر باشد.
- ❖ کلمه طرح ساختمانی بدین معنی است که در یک جامعه بخصوص طرح ساختمانهای فیزیکی چگونه مهندسی و اجرا میشوند، بعنوان مثال طرحهای ساختمانی مورد پسند اهالی مناطق ساحلی جنوب ایران ممکن است با اهالی مجاور دریای خزر و یا بخش دیگری از آسیا متفاوت باشد.



ارتفاع مرتفعترین موج دریافتی در نقاط A و B حدوداً ۱۲ متر ثبت شده است.

شکل ۵- نقشه حد اکثر آبرگفتگی خلیج چابهار در اثر سونامی با بزرگی ۹ ریشتر (اقتباس از اکبر پور و همکاران، ۱۳۹۰).

- ❖ استفاده از مصالح ساختمانی مقاوم و خوب، طراحی شکل و نمای خارجی بخشی از ساختمان که در معرض هجوم امواج قرار میگیرد به نحوی که بتواند انرژی و فشار امواج را شکسته و تحمل نماید و از ویران شدن ساختمان و تلفات جانی جلوگیری نماید.



شکل ۶- مثالی از مدیریت صحیح کاربری زمین و طرح مناسب ساختمانی در منطقه در معرض هجوم سونامی

❖ طراحی نقشه ساختمانهایی که در محدوده آبرفتگی ساخته میشوند باید به صورتی باشد که طبقه همسطح زمین دارای فضای باز بوده و برای پارکینگ طراحی شود و براحتی بتواند جریان آب را از خود عبور دهد. ستونهای اصلی و نگهدارنده ساختمان زاویه دار و عمود بر جهت جریان آب ساخته شوند (Pacheco et al, 2005).



شکل ۷- ساختمان چند طبقه در منطقه آبرفتگی سونامی که طبقه همکف آن باز بوده و امواج سونامی میتوانند از آن عبور کنند.

استراتژی و راهکار شماره ۲: درختکاری، ایجاد فضای سبز و حفاظت از محیط زیست.

- ❖ تپه ها و سایر موانع طبیعی حفاظت و نگهداری شوند.
- ❖ تپه ها و موانع ماسه ای شیدار را با کاشت درخت و درختچه های مناسب تثبیت و حفاظت کنیم. این تپه ها تا حدود زیادی در مقابل امواج مقاومت نموده و انرژی مخرب امواج را کاهش میدهند.
- ❖ مانگروها و سایر اجتماعات گیاهی متراکم میتوانند نه تنها با نگهداری بخشی از آب امواج سونامی حجم آن را کاهش دهند، بلکه میتوانند بعنوان موج شکن عمل نموده و مقداری از انرژی امواج را گرفته، تنه درختان و مواد بزرگ شناور دیگر را نیز گرفته و جهت جریان امواج را نیز تغییر دهند (Everingham, et al, 1977).
- ❖ تخمین زده میشود که وجود یک کمر بند مانگرو با عرض ۱۰۰ متر و تراکم دو تا سه درخت در هر سه متر در ساحل میتواند تا میزان ۷۰ درصد ارتفاع و انرژی امواج حاصل از یک سونامی که در اثر یک زلزله ۷/۵ ریشتری بوجود آمده است گرفته و کاهش دهد.
- ❖ کانالهای طبیعی تعریض و اصلاح شده و همچنین کانالها و آبراهه های مصنوعی نیز میتوانند سیلاب و امواج سونامی را از نواحی مجاور خود منحرف نموده و نباید وجود و یا احداث آنها بعنوان عامل کاهش دهنده خطرات سونامی را نادیده گرفت.

استراتژی و راهکار شماره ۳: آموزش مخاطرات سونامی و روشهای هشدار و مقابله با سونامی.

- ❖ با آموزش عمومی مردم در مورد مخاطرات سونامی، شناسایی مناطق پر خطر و راهکارهای امنیتی و پیشگیری، ساکنین مناطق در معرض خطرات وقوع سونامی آگاهی و اطلاعات لازم را برای آمادگی مقابله با سونامی و همچنین علائم یک سونامی در حال وقوع و پیشروی را بدست می آورند. بهترین روش اطلاع رسانی و آموزش از طریق رادیو و تلویزیون و روزنامه ها و مجلات میباشد (Davies, 1998).
- ❖ آموزش لازم میتواند توسط مروجین کشاورزی، شیلات و محیط زیست، مدرسین دانشگاه، امدادگران هلال احمر و آتس نشانی، معلمین و همچنین روحانیون و مبلغین مذهبی با سخنرانی، پخش بروشور، فیلم و بازدیدهای محلی از سواحل انجام گیرد. یکی از راههای بسیار موثر با اثر آموزشی عمیق و طولانی مدت گنجاندن مطالب درسی پدیده طبیعی زلزله و سونامی و شناخت علائم اولیه و هشدار دهنده این بلایای طبیعی و راههای مقابله و پیشگیری از مخاطرات آنها در برنامه درسی مدارس است. نمونه های اثرات این آموزشها در فاجعه سونامی بزرگ دسامبر ۲۰۰۴ میلادی در سواحل تایلند و هندوستان مشاهده و گزارش شده است.
- ❖ در برنامه های آموزشی محلی، مردم در شناسایی، علامت گذاری و معرفی مسیر و راههای فرار به اراضی مرتفع و امن و روشهای کمک به کودکان، سالمندان و معلولین مشارکت داده شوند.

- ❖ در مناطق دور افتاده ممکن است امکانات اطلاع رسانی و اعلام هشدار یک سونامی در حال وقوع و پیشروی وجود نداشته باشد. در چنین مواردی آموزش و آگاهی مردم از علائم طبیعی و قابل مشاهده هشدار دهنده سونامی در حال وقوع مثل پسروی غیر منتظره و بیش از حد معمول آب دریا، بیرون آمدن مرجانهایی که معمولاً همیشه زیر آب بوده و ظاهر نمیشدند و بدنبال آن بالا آمدن یکباره سطح آب دریا میتواند در تشخیص بموقع این علائم و تخلیه آن مناطق و نجات جان آنها بسیار موثر باشد.
- ❖ در مناطق با خطر سونامی بالا بمنظور اطلاع رسانی قبل از رسیدن موج به خشکی، و تخلیه سواحل و مناطق در معرض خطر از سیستم های هشدار دهنده سونامی استفاده میکنند. کشور ایران یکی از اعضای فعال مرکز هشدار دهنده سونامی اقیانوس هند است. در این مرکز با پایش زلزله های بستر اقیانوس هند و دریاها متصل به آن، در صورت بروز زلزله شدید و مولد سونامی مخرب سیستم اعلام خطر و آژیر در کشورهای عضو فعال میشود و دولت و مقامات محلی با اطلاع رسانی سریع مردم را وادار به تخلیه مناطق تحت خطر مینمایند.

نتیجه گیری و بحث:

در مطالعه و تحقیقی که توسط اکبرپور و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی ریسک و مدل سازی عددی سونامی در دریای عمان انجام شد سناریوهای متفاوت جهت وقوع زمین لرزه و شبیه سازی سونامی ناشی از آن در گسل مکران که تمام سواحل بخش شمالی دریای عمان در ایران و پاکستان را پوشش میدهد مورد مطالعه قرار گرفت و نتایج و جمع بندی زیر بدست آمد.

الف- با توجه به وضعیت گسل مکران و شکل موج اولیه سونامی احتمالی، سواحل ایران در ابتدا پایین افتادن سطح آب دریا را مشاهده می کنند که این مورد می تواند به عنوان یک نشانه و هشدار برای ساکنان محلی جهت تخلیه منطقه استفاده شود.

ب - فاصله زمانی مابین وقوع زلزله احتمالی یا شکل گیری سونامی و رسیدن امواج آن به سواحل ایران در حدود ۲۰ دقیقه می باشد.

ج - خوشبختانه میزان بالاروی بندر چابهار در اغلب سناریوهای احتمالی (زلزله کوچک تر از ۹ ریشتر) چندان قابل توجه نیست که این مسئله را می توان با توجه به صخره ای بودن ساحل در مجاورت بندر چابهار و همچنین توپوگرافی بندر که نشاندهنده تراز زیاد خشکی در بندر چابهار است، توجیه نمود.

د - بندر کنارک با این که تراز توپوگرافی آن بر خلاف بندر چابهار چندان بالا نیست، تقریباً از هرگونه بالاروی در تمامی سناریوهای احتمالی مصون است (حتی با زلزله به بزرگی ۹ ریشتر)، که این امر به پنهان شدن بندر در پشت دماغه غربی خلیج چابهار مربوط می شود.

ه - بندر جاسک در مقابل سونامی های ناشی از وقوع زمین لرزه های مشابه در مجاورت خود نسبت به خلیج چابهار آسیب پذیرتر می باشد محدوده آب گرفتگی بیشتری را تجربه می نماید. به گونه ای که در صورت وقوع زلزله ای با بزرگی ۵/۸ اغلب مناطق این بندر تحت

و - بررسی تاریخی لرزه خیزی گسل مکران حاکی از این نکته است که این گسل در بخش های شرقی و مرکزی خود نسبت به مناطق غربی فعالیت لرزه ای بیشتری دارد. از اینرو دوره بازگشت وقوع زلزله های مشابه در نزدیکی بندر جاسک نسبت به خلیج چابهار بیش تر و احتمال وقوع آن کمتر می باشد.

در برنامه ریزی توسعه شهری چابهار و سایر مناطق ساحلی دریای عمان میبایستی تمام بندهای ذکر شده در استراتژی و راهکارهای ارائه شده مد نظر قرار داده شوند و از احداث هرگونه تاسیسات زیربنایی و عمومی و مناطق مسکونی در مناطق آسیب پذیر که در صورت وقوع سونامی غرقاب میشوند خودداری شود. برای این منظور میبایست با مطالعات زمین شناسی و رسوبات برجای مانده از سونامی های گذشته نقشه های آبگرفتگی این مناطق تهیه شوند و هرگونه برنامه عمرانی و توسعه شهری در سواحل این خطه بر مبنای اصول و راهکارهای فوق الذکر انجام شود. خوشبختانه در برنامه ریزی کلان منطقه آزاد تجاری شهرستان چابهار این نکات در نظر گرفته شده است و توسعه شهری، صنعتی، تجاری و عمرانی این منطقه در اراضی بسیار مرتفع و دور از ساحل انجام گردیده است. بافت قدیمی شهر و مناطق مسکونی موجود در محدوده بلوار قدس، بلوار امام خمینی، بلوار توحید و بلوار کمربندی و همچنین نواحی پست و مجاور خلیج چابهار بسیار آسیب پذیرند، و مقاوم سازی ساختمانهای موجود و احداث دیواره های بتونی و بلند در سواحل مشرف به این مناطق میبایست در اولویت قرار گیرند. طرح توسعه و انبوه سازی مسکن مهر در اراضی بین چابهار و رمین که به فاصله کمی از دریا بزرگ قرار دارد و با وجود صخره ای و مرتفع بودن نسبی سواحل این مناطق باز هم از خطرات یک سونامی بزرگ مصون نیست.

فهرست منابع:

- 1- Allen, E. (2011). Back from the dead: Astonishing pictures show how Japan is recovering just three months after tsunami, The Daily Mail. June 10th, 2011 <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2001984/Japan-tsunami-earthquake-Pictures-recovery-3-months-later.html>
 - 2- Bernard, B., Dengler, L., and Yim, S. (editors), 2007, National Tsunami Research Plan: Report of a Workshop Sponsored by NSF/NOAA. NOAA Technical Memorandum OAR PMEL-133, 135p. <http://www.pmel.noaa.gov/pubs/PDF/bern3043/bern3043.pdf>
 - 3- Dengler, L., 1998. Strategic Implementation Plan for Tsunami Mitigation Projects, approved by the Mitigation Subcommittee of the National Tsunami Hazard Mitigation Program, April 14, 1998. NOAA Technical Memo. ERL PMEL-113, NTIS: PB99-115552, NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, WA, 133 pp.
 - 4- Davies, Hugh. Tsunami PNG 1998 – Extracts from Earth Talk. University of Papua New Guinea. Port Moresby, (revised 1999).
 - 5- Everingham, Ian B. Preliminary Catalogue of Tsunamis for the New Guinea/Solomon Islands Region, 1768-1972. Australia Bureau of Mineral Resources Report 180 (1977).
 - 6- Pacheco, K., Robertson, I., and Yeh, H. Engineering Structural Response to Tsunami Loading: The Rationale for Vertical Evacuation. University of Hawaii at Manoa. Oregon State University. March, 2005.
 - 7- http://www.lib.utexas.edu/maps/japan_earthquake-2011.html
- ۸- دکتر محمودرضا اکبرپور، دکتر وحید چگینی، محمود رستمی و احسان راست‌گفتار (۱۳۹۰): بررسی ریسک و مدل‌سازی عددی سونامی در دریای عمان. ارائه شده در سمینار "ارزیابی مخاطرات دریایی مکران" بیست و سوم بهمن ماه ۱۳۹۰