بررسی پدیده تسونامی و احتمال رخداد آن در ایران

دکتر زهرا حجازی زاده

دانشیار گروه جغرافیا دانشگاه تربیت معلم تهران

محمدحسین ناصرزاده

دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده

تسونامی یک پدیده طبیعی است که نمی توان از وقوع آن جلوگیری نمود و به عنوان یکی از مهمترین بلایای اقیانوسی در جهان مطرح می باشد. در این مجموعه ضمن ارائه تعریفی از آن، انواع و علل رخداد آن را مطرح نموده و با توجه به توزیع جغرافیایی اش در اقیانوس ها و مکان های تحت تاثیر سابداکشن سعی شده مکان های خاص معرفی شوند و با توجه به نتایج تخریبی اش، به وسیله پیشنهاداتی تلاش شده از طریق اطلاع رسانی در شناخت عوارض آن برای مکان هایی که در مسیر خط سواحل فرورانش هستند تمهیداتی اتخاذ شود، تا خطرات احتمالی پیشگیری و آسیب های احتمالی پیش بینی گردد. با توجه به اینکه در بخش جنوبی ایران سابداکشن خط ساحل دریای عمان و تکتونیک اقیانوس هند قرار دارد و احتمال چنین حادثه ای ممکن است وجود داشته باشد.

واژگان کلیدی

تسونامی، سابداکشن، پدیده طبیعی، تکتونیک، بلایای اقیانوسی

مقدمه

سونامی امواج بسیار بلند اقیانوسی است که توسط حرکت‌های ناگهانی پوسته زمین و یا زمین لرزه‌های سهمگین و انفجارهای آتشفشان‌ها، زمین لغزه‌ها، اصابت سنگ‌های آسمانی بر پوسته زمین در اعماق اقیانوس و ریزش سنگ‌های دیواره دریاها و سونامی مربوط به شرایط خورشید (سونامی خورشیدی) ایجاد می‌شود.

واژه مزبور از کلمه ژاپنی (Tsu) به معنای پدر و بندرگاه (nami) به معنای امواج گرفته شده است. در لفظ عامه به معنای امواج بندرگاهی (Harbor-Wave) یا موج‌های مرگبار مشهور است. گاهی گسل خوردگی (Faulting) و یا سابداکشن زمین در زیر دریا باعث جابجایی پوسته و افزایش یا کاهش آب دربالای یک قسمت از دریا شده و امواجی با طول موج ۲۰۰-۱۰۰ کیلومتر را به مدت ۲۰-۱۰ دقیقه با ارتفاع ۴۰-۳۰ متر به اطراف به ویژه در خشکی‌ها و سواحل می‌راند، که این امواج گاهی آن قدر سریع جابجا می‌شوند که ۶۰۰ کیلومتر مسافت را در ۷۵ دقیقه طی خواهند کرد. با توجه به اینکه عمق متوسط اقیانوس در حدود ۴۰۰۰ متر می‌باشد، بنابراین تسونامی‌ها را می‌توان از امواج آب‌های عمیق محسوب کرد که عمق شان در محدوده $D< L/20$ می‌باشد.

این امواج از مرکز ایجاد زمین لرزه با سرعتی که معادل ۲۰۰ m/s بر اساس عمق اقیانوس حرکت می‌کند، سرچشمه می‌گیرد. ابتدا آب از وضعیت تعادلی خارج می‌شود و در آن جابجایی عمودی اتفاق می‌افتد که به دنبال آن انبوه آب یا انرژی زیادی تحت تأثیر فشار جاذبه زمین به توازن اولیه باز می‌گردد و سواحل را به سمت خود می‌کشد و سپس در حالی که سرعت و ارتفاع زیادی گرفته به سمت ساحل یورش می‌برند. طول موج در امواج طبیعی و معمولی اقیانوس در حدود ۱۰۰ متر است اما طول موج سونامی بر حسب کیلومتر سنجیده شده که عمق آب ۴۰۰۰ متر را با سرعت ۲۰۰ متر بر ثانیه با بالغ بر ۷۰۰ کیلومتر در ساعت طی می‌نماید. سرعت موج با جذر حاصل ضرب شتاب جاذبه در عمق آب متناسب است لذا امواج در حوضه اقیانوس‌ها با سرعت حرکت می‌کنند.

علل تشکیل تسونامی و توزیع جغرافیایی آن

توزیع جغرافیایی تسونامی بر مبنای منشأ تشکیل آنها متفاوت است. مهمترین آن رخدادهای تکتونیکی و در نتیجه رانش آب توسط زلزله‌های زیر دریایی است که مستقیماً با جابجایی صفحات لیتوسفریک اقیانوسی و قاره‌ای در ارتباط می‌باشد. به عبارت دیگر به تکتونیک صفحه‌ای مربوط است. بر اساس نظریه زمین ساخت صفحه‌ای لایه جامد زمین به نام لیتوسفر متشکل از تعدادی صفحه بزرگ و کوچک است که شامل صفحه لیتوسفریک اقیانوسی و قاره‌ای می‌باشند.

این صفحات بر روی کره آتش یا آستنوسفر (نرم کره) به آرامی حرکت می‌کنند. گاهی صفحات لیتوسفریک اقیانوسی ازهم دور می‌شوند و شکاف عمیقی به نام ریفت قاره‌ای به وجود می‌آید. بین آنها را ماگمای جدید می‌پوشاند (کف بحر احمر) و یا صفحات مزبور به یکدیگر نزدیک شده و به زیر یکدیگر می‌لغزند و منطقه سابداکشن در زیر آنها ایجاد شده و منجر به ایجاد کوههای زیر اقیانوس و آتشفشان‌ها و زلزله‌های دریایی می‌شود. گاهی نیز یک صفحه اقیانوسی با صفحه قاره‌ای برخورد نموده مانند سابداکشن کف دریای عمان به زیر سواحل مکران که باعث ایجاد لرزش‌ها و زمین لرزه‌ها در منطقه شده و گاهی نیز دو صفحه قاره‌ای با یکدیگر برخورد نموده که منجر به کوهزایی در قاره‌ها و سایر شرایط تکتونیکی می‌شوند. در

نهایت نیز ممکن است این صفحات به صورت گسل‌های تبدیلی به موازات یکدیگر عبور کنند. ضخامت پلیت‌ها به حدود ۱۵۰ کیلومتر می‌رسد و می‌توانند آزادانه و مستقل از همدیگر بر روی آستنوسفر (۱) سست و نرم زیر خود، به آرامی حرکت کنند. فرایندهای مختلفی از جمله: فشاری که از جانب رشته میان اقیانوسی وارد می‌آید، کشش قطعه سردتر، لغزیدن در سرازیری و وجود جریان‌های کنوکسیون سبب جابجایی صفحات لیتوسفر بر روی آستنوسفر است که جابجایی این صفحات نسبت به هم مسئول پیدایش بسیاری از رویدادهای زمین‌شناسی و عوارض مختلف می‌باشند. تمام عوارض نیز در منطقه مرزی بین صفحات به وقوع می‌پیوندد. چون این صفحات دایماً در حال حرکت و جابجایی هستند.

بنابراین عوارض سطح زمین نیز مدام در حال تغییر خواهند بود. جایی که دو صفحه لیتوسفر از هم دور می‌شوند، فرایند کششی عمل می‌کند. تحت تأثیر این فرایند، در محل جدایی دو صفحه، ماگمای بازالتی از آستنوسفر به طرف بالا مهاجرت کرده و کوههای میان اقیانوسی یا به طور کلی پوسته اقیانوسی را به وجود می‌آورد. چنانچه پوسته قاره‌ای تحت تأثیر فرایند کششی قرار گیرد، شکاف عمیقی در آن ایجاد خواهد شد که به آن ریفت (۲) قاره‌ای می‌گویند. در مرز بین دو صفحه همگرا، نیروهای فشاری وجود دارد. در این مناطق، دو صفحه به سمت یکدیگر حرکت کرده و سرانجام با هم برخورد می‌کنند. این برخورد به طور کلی فعالیت‌های مخرب زمین مانند زلزله‌ها و آتشفشان‌ها را سبب می‌شوند. هنگامی که این حوادث در بستر اقیانوس‌ها به وقوع می‌پیوندد، احتمال دارد که تسونامی رخ دهد. وقتی که دو صفحه در منطقه‌ای به نام مرز همگرا با یکدیگر تماس داشته باشند، این احتمال وجود دارد که صفحه سنگین‌تر به زیر صفحه سبک‌تر بخزد. به عبارت دیگر پوسته اقیانوسی به دلیل چگالی زیادتر به زیر پوسته قاره‌ای رانده شود که به آن پدیده زیر راندگی، فرورانش یا سابداکشن (۳) می‌گویند. فرورانش‌های زیر آبی عوارض شدیدی را در بستر دریا موجب می‌شوند. گاهی اوقات در هنگام فرورانش قسمت‌هایی از بستر دریا در صفحه سبک‌تر به دلیل فشار صفحه‌ای که به زیر می‌رود به طور ناگهانی می‌شکنند. این فرایند زلزله‌هایی را به وجود می‌آورد. هنگامی که این قطعات رو به بالا حرکت می‌کنند و چندین تن از سنگ و صخره را با نیروی شدیدی رو به بالا می‌رانند، انرژی زیادی به آب منتقل می‌شود. این انرژی باعث می‌شود که آب رو به بالا حرکت کند و ارتفاع آب دریا از سطح معمول آن بالاتر رود و بدین گونه تسونامی به وجود می‌آید. هنگامی که آب به بالا رانده شد، جاذبه‌ای که بر آن اعمال شده، باعث می‌شود که انرژی آب به صورت افقی در سطح آب به حرکت درآید. توزیع جغرافیایی این رخداد تابع شرایط اقیانوسهاست و در این مکان‌ها رخ می‌دهد که معروفترین آنها عبارتند از:

۱- تسونامی اقیانوس هند (Indian-Ocean)

بر اساس نظریه تکتونیک صفحه‌ای، صفحات لیتوسفریک اقیانوسی و قاره‌ای با چگالی متفاوت در حال حرکت هستند لذا گاهی به سمت یکدیگر کشیده می‌شوند و گاهی تحت تأثیر نیروهای کششی از یکدیگر دور می‌شوند بنابراین در زیر آبها (اقیانوس‌ها) صفحات اقیانوسی که از یکدیگر دور می‌شوند و یا به طرف یکدیگر نزدیک باعث ایجاد تغییرات زیادی می‌گردند. لذا در اقیانوس‌های مختلف آثار آن تغییرات مشاهده می‌شود. البته آزاد شدن انرژی نیز در این عکس‌العمل‌ها نقش بارزی دارد. پس در اقیانوس آرام، اطلس و هند آثار این حرکات به صورت سونامی قابل ذکر می‌باشد.

اقیانوس هند یکی از صفحات فعال تکتونیک صفحه‌ای است که آثار سونامی زیادی داشته است. مثلاً تسونامی ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ در جنوب شرق آسیا واقع در اقیانوس هند به علت زمین لرزه‌ای شدید (آزاد شدن انرژی داخل ماگما) رخ داد و حدود هزار منطقه از سواحل اقیانوس هند از جمله کشورهای مالزی، اندونزی، تایلند و بسیاری از جزایر وابسته به این مناطق را در بر گرفت و جان و مال هزاران نفر از این مناطق را از بین برد. به طوری که سواحل این مناطق با تله‌های بزرگی از بقایای اجساد صدها هزار نفر از کشته‌ها پوشیده شده و خسارات جبران ناپذیری به وجود آورد. بر اساس محاسبات دانشمندان انرژی آزاد شده از زمین لرزه اقیانوس هند ۳۳ هزار برابر انرژی آزاد شده از بمب اتمی بود که در هیروشیما به وجود آمد که طی سال‌ها در کف اقیانوس هند جمع شده بود و ناگهان آزاد شد.

۲- تسونامی کارائیب شمال آمریکا (Caribbean)

در تکتونیک صفحه‌ای، صفحهٔ آسیا - اروپا، آمریکای شمال و جنوبی، آفریقا و قاره قطب جنوب به صورت صفحات اصلی و چندین صفحه نیز به صورت فرعی در حال جابجایی می‌باشند که صفحات آمریکای شمالی و جنوبی با جابجایی‌های خود باعث رخداد زمین لرزه و سونامی‌های مختلف شده است. از آن جمله تسونامی کارائیب شمال آمریکا می‌باشد. این تسونامی حدود ۲۲ کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد که بعضی از آنها شامل هندوراس، نیکاراگوئه، پاناما، کاستاریکا،کلمبیا، جزایر آنتیل، پورتوریکو، جامائیکا و آنتیل در این منطقه قرار دارند. به طوری که صفحه پوسته‌ای آن نسبت به صفحات مجاور به طور نیمه مستقل در حال حرکت است. این صفحه بین آمریکای جنوبی و شمالی واقع شده که به سمت شرق حرکت می‌کند و سپس صفحات آمریکا در زیر آن به سمت شرق رانده می‌شود. در صد سال اخیر ۳۳ تسونامی در این منطقه به ثبت رسیده که هر ۲۱ سال یکبار رخ می‌دهد و آخرین رخداد آن سال ۱۹۴۶ بوده است.

۳- تسونامی منطقه آلاسکا و هاوایی

اقیانوس آرام نیز برخلاف نامش دوبار جزر و مد داشته و کف آن دائماً در حال حرکت و سابداکشن می‌باشد به طوری که صفحات لیتوسفریک اقیانوسی آن با جابجایی به سمت غرب و شرق باعث رخداد زلزله هایی در کشورهای مختلف کناراقیانوس آرام شده است. در سال ۱۹۴۸ سیستم هشدار دهنده اقیانوس آرام برای ۲۴ کشور از حوضه آرام با مرکزی در کنار هونولولوی هاوایی تأسیس شد که شامل ۳ ایستگاه زلزله‌شناسی و ۷۰

ایستگاه جزر و مدی در حوضه آرام است و تمام زمین لرزه‌های منطقه را شناسایی و ثبت می‌کند.

مردمان منطقه هاوایی همواره از رخداد تسونامی‌های عمده و خسارات ناشی از آن در نیمه دوم قرن بیستم رنج می‌برند. اگر زلزله‌ای در ایستگاههای زلزله‌شناسی هاوایی رخ دهد در اداره مرکزی هاوایی از مرکز هشدارهای زلزله که فاصله دارند هشدار داده می‌شود و نواحی ساحلی نقلیه می‌شوند. ژاپنی‌ها نیز در حوضه اقیانوس آرام پیشرفته‌ترین سیستم‌ها را از سال ۱۹۵۲ بکار برده‌اند که می‌تواند یکبار زمین لرزه دریایی در ۶۰۰ کیلومتری سواحل ژاپن در اقیانوس آرام را در ظرف چند دقیقه ثبت نماید و از طریق تلویزیون هشدار دهد. در آلاسکا نیز سقوط یخ در آب یا لغزش کناره‌ای در آب باعث رخداد سونامی می‌شود.

۴- تسونامی دریای مدیترانه

گر چه رخداد سونامی بیشتر مربوط به شرایط اقیانوس هاست و لیکن آثار آن را در بعضی دریاها می‌توان ذکر نمود. تحقیقات جدید نشان می‌دهد فوران یک آتشفشان عظیم در منطقه سیسیل امروزی در ۸ هزار سال قبل سبب پیدایش امواج سونامی در منطقه مدیترانه گردیده است. این امواج با ارتفاعی بلندتر از ارتفاع یک ساختمان ده طبقه تشکیل شده و سرتاسر دریای مدیترانه را در عرض چند ساعت در نوردیده‌اند تا به سواحل سه قاره آفریقا، آسیا و اروپا رسیده‌اند. محققان مؤسسه ملی زمین‌شناسی و تحقیقات آتش فشانها در ایتالیا در یک مطالعه جدید با کمک رایانه این واقعه باستانی را شبیه سازی کرده و برای نخستین بار ابعاد وسیع و اثرات ویرانگر آن را تعیین کردند.

شواهد موجود نشان می‌دهد کوه اتنا در این فوران عظیم ۶ مایل مکعب از سنگ و رسوبات را ناگهان به دریا ریخته است. با معادل حجم این مواد می‌توان سرتاسر جزیره منتهن در نیویورک آمریکا را با لایه‌ای به بلندی ساختمان امپایر استیت، پوشاند. این حجم عظیم مواد آتشفشانی با سرعت ۳۲۰ کیلومتر در ساعت به دریا ریخته شده و با کف دریا برخورد کرده و موجب جابجاشدن لایه ضخیمی از ماسه و گل و لای زیر دریا تا صدها کیلومتر دورتر شده است.

در این مطالعه دانشمندان مؤسسه ملی زمین‌شناسی و تحقیقات آتش فشانی ایتالیا از قایقهای مجهز به تجهیزات نقشه برداری صوتی از کف دریا (سونار) استفاده کرده و تغییرات ایجاد شده در کف دریا در پی وقوع آتشفشان اتنا را مشخص کردند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد امواج سونامی ایجاد شده در پی این واقعه حدود ۳۹ متر ارتفاع داشته و با سرعت باور نکردنی ۷۲۰ کیلومتر در ساعت جابجا شده‌اند که بدین ترتیب سونامی مدیترانه بسیار ویرانگرتر از سونامی اندونزی بوده که در سال ۲۰۰۴ سبب مرگ ۳۰۰ هزار نفر شد. به گفته دانشمندان، اگر چنین واقعه‌ای امروز رخ بدهد، در کمتر از ۱۵ دقیقه جنوب ایتالیا به زیر آب می‌رود و امواج ظرف یک ساعت به سواحل غربی یونان می‌رسند. پس از یک ساعت و نیم، شهر بن غازی در شمال افریقا به زیر آب رفته و پس از سه ساعت و نیم امواج سرتاسر ناحیه مدیترانه را در می‌نوردند و حتی سواحل فلسطین اشغالی، سوریه و لبنان را نیز به زیر آب می‌برند. آتشفشان اتنا امروزه همچنان فعال است اما میزان فعالیت و گستره فورانهای آن هیچگاه به میزان مشابه فوران باستانی این کوه نمی‌رسد.

انواع سونامی

سونامی از نظر عوامل ایجاد کننده و چگونگی وقوع آنها به انواع مختلف تقسیم می‌شوند.

۱- تله سونامی (Tele Tsunami)

این تسونامی‌ها وقتی از کانون اصلی سرچشمه می‌گیرند تقریباً هزاران کیلومتر از منشأ اصلی خود دور می‌شوند. به دلیل اینکه از یک فاصله نسبتاً قابل ملاحظه‌ای حرکت کرده‌اند، چندین بار در سواحل محل عبور خود تأثیر گذاشته‌اند به تله تسونامی که از نقاط دور می‌آید معروف شده‌اند. لذا زمان کافی برای سیستم هشدار دهنده منطقه تحت تأثیر آنها وجود دارد. در سال ۱۷۵۵ در منطقه لیسبون پرتغال سونامی عمده‌ای رخ داد و ۸ سال طول کشید تا به کارائیب رسید معهذا ویران کننده بود. در سال ۱۷۶۱ نیز تله سونامی به منطقه کارائیب رسید که خسارت آن نسبت به رخداد حادثه قبلی کمتر بود.

۲- تسونامی زمین رانشی (Land slid)

که در اثر رانش زمین یا لغزش زمین و زمین لغزه‌ها و سقوط آوار در آبها رخ می‌دهد. اثرات تخریبی آن به منطقه کوچکی محدود می‌شود. منشأ آن نزدیک سواحل و زمان هشدار خیلی پایین است.

۳- تسونامی آتشفشانی (Volcanic)

آتشفشان‌ها توسط انفجارها و ریزش‌های زمین‌های اطراف و فواره‌ی گدازه‌ها باعث ایجاد آبلرزه‌های ناشی از انفجارات می‌شوند. آتشفشان منطقه کارائیب ناشی از فوران سوفریر (Soufrier) و نویز (Novis) بوده است.

در جزایر قناری نیز آتشفشان هایی رخ داده که نتیجه آن ایجاد تسونامی و رسیدن آن به کارائیب است. در دسامبر ۲۰۰۱ فوران آتشفشان کایک - ام - جن (Kick -em-jenn) برنظریه شفرد (Shepherd) تأکید داشت که معتقد بود یک تسونامی بزرگ زمانی رخ می‌دهد که منشأ آن فوران آتشفشانی شدید باشد. بعضی فعالیت‌های شدید آتشفشان‌ها می‌تواند مگا تسونامی‌های بزرگ را باعث شود که پهنای وسیعی از اقیانوس را اشغال نمایند.

۴- تسونامی زمین ساخت (Tectonic)

این نوع تسونامی در اثر حرکت قائم کف دریا و مکان هایی که سابداکشن (راندگی) رخ می‌دهد، مشاهده شده‌اند. زیرا صفحات

لیتوسفریک اقیانوسی به سمت قاره‌ای جابجایی داشته و یا از هم دور می‌شوند. صفحه زمین ساخت آمریکای شمالی در حال فرورانش به زیر صفحه کارائیب در مرزهای شمالی و شرقی است و زمین لرزه هایی با بزرگی ۸ الی ۹ ریشتر در طول مرزهای شمالی و شرقی منطقه در سال ۱۹۴۵، ۱۹۴۶، ۱۸۶۷ و ۱۹۶۹ مؤید سابداکشن و سونامی در اقیانوس است.

۵- تسونامی خورشیدی (Solar Tsunami)

رویداد سونامی خورشیدی بر اثر فعالیت‌های خورشید ایجاد می‌شود و به گفته دانشمندان وقوع یک شراره بزرگ در خورشید باعث رخداد ضرباتی از طریق امواج به اطراف سطح خورشید می‌شود و دو رشته قابل رؤیت از گاز سرد در جهتی مخالف مشاهده می‌شود. فضانوردان با استفاده از تلسکوپ خورشیدی در نیومکزیکو نمونه‌ای از یک رویداد سونامی خورشیدی را به ثبت رساندند.

امواج مزبور ظرف چند دقیقه پخش می‌شود، کل خورشید را فرا می‌گیرد و موادی به ظاهر رشته مانند را به اطراف پخش می‌کند. این نورهای رنگی حاصل از وقوع طوفان‌های فضایی در اطراف خورشید با امواج سونامی زمینی مشابهت زیادی دارند. لذا می‌توان سونامی خورشیدی را با سونامی‌های زمینی از نظر کانون تشکیل و قدرت حرکت مقایسه نمود و لیکن از نظر نوع خسارات وارده، رخداد وقایع خورشید هنوز به صورت واضح مشخص نشده‌اند. دانشمندان امکان بروز شراره‌های خورشیدی را قابل پیش بینی می‌دانند. در صورت رخداد آن مردمان در دورترین نقطه آمریکای شمالی، کانادا و آلاسکا شاهد مناظری از نورهای منشعب از طوفان‌های فضایی خورشیدی خواهند بود.

سابقه رخداد تسونامی

رخداد این حادثه با تاریخ عمر زمین و حوادث زمین‌شناسی پیوند خورده است ولی گزارش‌ها حکایت از این دارد که اولین رخداد حادثه در سال ۱۶۵۰ قبل از میلاد به وسیله انفجار شدید آتشفشان جزیره سانتوریتی اتفاق افتاد که ۱۵۰-۱۰۰ تسونامی بزرگ ایجاد کرده و سواحل شمالی جزیره سونتوریتی در اروپا را ویران کرده و مرکز آن ۷۰ کیلومتر دورتر از جزیره بوده است. دومین حادثه در سال ۱۷۰۰ میلادی در جزیره ونگ هور کانادا اتفاق افتاده است. در ۲۶ ژانویه ۱۷۰۰ میلادی زلزله‌ای در جزیره (Cascadio) کاسکید رخ داد و باعث جدایی منطقه ساحلی و رخداد سابداکشن در کالیفرنیای شمالی شد. سومین آن در سال ۱۷۵۵ زلزله لیسبون در پرتغال رخ داد. ابتدا آب عقب نشینی کرد و بعد با سرعت بسیار زیاد به سمت لنگرگاه حرکت کرد و با نابود کردن کشتی‌های ساحلی ۶۰۰۰۰ هزار نفر از مردم لیسبون پرتغال، اسپانیا و شمال آفریقا را کشت. چهارمین مورد در سال ۱۸۸۳ انفجار آتشفشان کراکاتوا در اندونزی در اقیانوس هند با انفجار شدید ماگما توأم بود که با شدت دریا را تحت تأثیر قرار داد و باعث عدم تعادل دریا و سراسر اقیانوس هند، آرام، سواحل غربی آمریکا، کانادا و حتی انگلستان شد. پنجمین آن در سال ۱۹۲۹ در جزیره نیوفونلند رخ داد. در ۱۸ نوامبر سال ۱۹۲۹ زلزله‌ای سراسر کانادا (اتاوا، انتاریو) را با بزرگی ۷/۲ ریشتر لرزاند. ۲ساعت بعد یک سونامی با ارتفاع ۱۰ متر به سواحل غربی نیوفونلند رسید و چندین کشته بر جای گذاشت. ششمین آن در سال ۱۹۴۶ به وقوع پیوست. در این سال زلزله شدیدی در اقیانوس آرام (جزایر آلوشین) باعث ایجاد سونامی در هاوایی شد و عده‌ای در این حادثه جان باختند. هفتمین مورد، در سال ۱۹۶۳ در شمال ایتالیا زمین لغزه بزرگی رخ داد و باعث ایجاد سونامی شدیدی شد که جان هزاران نفر را در دره‌های ساحلی گرفت.

هشتمین تسونامی در سال ۱۹۶۳ (Good Friday) در بریتانیا، کالیفرنیا و آلاسکا زلزله‌ای با شدت ۹ ریشتر رخ داد و صدها نفر بر اثر سونامی در سواحل آنها از بین رفتند.

نهمین مورد در سال ۱۹۷۹ در اکوادر و کلمبیا رخ داد. زلزله‌ای با قدرت ۷/۹ ریشتر در سال ۱۹۷۹ در این مکان‌ها رخ داد و باعث خرابی روستاهای ماهیگیری در ایالت کلمبیا شده و صدها نفر تلفات داده است.

دهمین تسونامی در سال ۱۹۹۳ در Kushori ژاپن اتفاق افتاد. در غرب سواحل ژاپن زلزلهٔ سال ۱۹۹۳ منجر به تسونامی مخربی شد و جزیره Kushori ویران گردید که هزاران نفر کشته و زخمی بر جای گذاشت. یازدهمین آن در سال ۱۹۹۹ تسونامی بزرگ دریای مرمره پس از زلزله ترکیه خرابی هایی را باعث شد.

دوازدهمین تسونامی بزرگ در اقیانوس هند رخ داد. سونامی بزرگ اقیانوس هند در ۲۶ دسامبر سال ۲۰۰۴ ناشی از زلزله ۹ ریشتری اقیانوس هند بود که تنها در کشور اندونزی ۱۶۸۰۰۰ نفر را از بین برد و در کل منطقه باعث مرگ ۳۰۰ هزار نفر شده است که یکی از مرگبارترین سونامی‌های تاریخ را شکل داد. تأثیر آن در تایلند، بنگلادش، سری لانکا، هند و مالدیو و حتی سومالی، کنیا و تانزانیا در آفریقا با شدت کمتری احساس شد. در شهرهای ساحلی ایران کنار دریای عمان نیز گرچه فاصله خیلی زیاد بود موجهای تسونامی خساراتی را به شهر چابهار وارد نمود و اگر کانون زمین لرزه به ساحل ایران نزدیک‌تر باشد شهرهای ساحلی ایران نیز با خطر جدی روبرو می‌باشند.

نتایج تسونامی یا زلزله‌های زیر دریایی

اثرات مخرب زلزله‌های دریایی تابع سرعت و ارتفاع امواجی است که در مناطق رخ می‌دهد. این نتایج را به سه نوع اصلی تقسیم می‌نمایند:

۱- اثرات هیدرواستاتیک ۲- اثرات هیدرودینامیکی ۳- اثرات شوک‌آور ۴- اثرات زمین شناسی

هنگام رخداد سونامی در مناطق ساحلی ابتدا آب به طرف دریا کشیده شده، سپس بر می‌گردد. مردم با کنجکاوی به منطقه هجوم آورده و حوادث پی در پی رخ می‌دهد.

علاوه بر جابجا کردن انسان‌ها اشیایی مانند قایق‌ها و وسایل نقلیه و ساختمان‌های تخریب شده کنار سواحل به وسیله امواج جابجا می‌شوند. تکه تکه شدن آنها و از بین رفتن ساختمان‌ها، شسته شدن خاک پلها و

بندرگاه‌ها ناشی از اثرات هیدرودینامیکی امواج است. تخریب آوارها و مرگ و میر و زخمی‌ها و ناپدید شدن هزاران انسان به تله افتاده در نزدیک سواحل اثرات شوک آوری را به دنبال خواهد داشت به طوری که تا مدت‌ها بازماندگان مفقود شده‌ها را دچار نوعی اختلال حواس می‌نماید. به نظر بعضی کارشناسان تسونامی‌های شدید با قدرت ۷ ریشتر به بالا تغییراتی در حوادث زمین‌شناسی و نحوه قرارگیری گسل‌ها داشته و حتی تغییر در چرخش محور زمین و افزایش زمان شب و روز به اندازه یک ثانیه را معتقدند. سونامی اخیر اندونزی آن قدر قوی بود که جغرافیای محلی منطقه را تغییر داده و باعث تغییر محل جزایر و سرزمین اصلی سوماترا به اندازه ۱۲۰ فوت شده است.

راههای مقابله با تسونامی و تدابیر امنیتی بعد از آن

انسان توانایی تسلط بر مخاطرات طبیعی را ندارد و قادر نیست با تکنیک برتر خود امروزه نیز از قدرت و شدت تخریبی بلایای طبیعی جلوگیری نماید. ولیکن می‌تواند با راهها و روش‌های پیش بینی کننده، هشدار دهنده پیشگیری کننده، تا حدودی به تعدیل آسیب پذیری ناشی از آنها اقدام نماید و با کنترل فعالیت‌های آتشفشانی از طریق نصب دستگاههای مجهز به فلزات هوشمند، زلزله‌های احتمالی دریایی را با آژیر هشدار بوسیله رسانه‌ها به مردم اطلاع دهد تا با ترک منطقه از خطرات جانی آنها تا حدودی ممانعت به عمل آید.

از طریق تغییر کاربری اراضی نیز می‌توان برنامه‌ریزی در زمین‌های پست ساحلی را تغییر داده و ساختمان‌های تجاری را به زمین‌های مرتفع دور از ساحل انتقال داد و رعایت حریم سواحل را نمود. ۳۰ متر بالاتر از سطح دریا، و سه کیلومتر حداقل دورتر خط ساحل، داشتن وسیله‌ای برای مقابله با ضرر حیوانات موذی ساحلی. عملیات مهندسی تدافعی نیز می‌تواند مصونیت هایی در مقابل امواج ایجاد نماید به طوری که با ایجاد دیوارها و توسعه دوباره سواحل، مقاومت مناطق تحت هجوم امواج را افزایش داد. مکان یابی ساختمان‌های قائم و برج‌های بلند دور از ساحل بیش‌تر از سایر ساختمان‌ها در مقابل موج مقاومت دارند بویژه مصالح ساختمانی آنها بتون آرمه باشد. ایجاد موج شکن با کاشتن درختان تنومند در محدوده سواحل به طوری که از شدت امواج تسونامی تا حدودی جلوگیری نماید.

ایجاد خانه‌های امداد رسانی در مناطق امن نزدیک سواحل تا کمک به زخمی‌ها را به هنگام رخداد مدیریت بحران بعهده گیرد و از حوادث احتمالی بکاهند، زیرا خطر شیوع بیماری‌های مسری مثل تیفوس، وبا، مالاریا، استفاده از آب آلوده پیام آوران مرگ‌های بعدی در منطقه آسیب دیده هستند. تأسیس چادرهای امدادی پلیس جهت کنترل کودکان بی سرپرستی که ممکن است توسط فرصت طلبان بعد از حادثه به کشورهای دیگر به صورت قاچاق انسان فروخته شوند. ایجاد ساختار اطلاع رسانی، نصب تابلوهای آموزشی، اجرای دوره‌های آموزشی، مشخص کردن راههای فرار و نجات نیز می‌تواندرتعدیل آسیب پذیری مؤثر باشد.

احتمال رخداد تسونامی در ایران

با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و وجود دریای خزر در شمال، خلیج فارس و دریای عمان در جنوب و دسترسی به اقیانوس هند این سؤال مطرح است که آیا تسونامی در ایران نیز رخ می‌دهد؟ قبلاً بیان شد تسونامی معمولاً آبلرزه‌های امواج بندرگاهی اقیانوس هاست و زمین‌لرزه‌های بسیار شدید اعماق دریاها و اقیانوسها منجر به ایجاد آن می‌شوند، از آنجایی که پوسته اقیانوسی دریای عمان با سرعتی معادل ۵ سانتیمتر سالانه به سمت پوسته قاره‌ای ایران سابداکشن داشته و در محل مکران تأثیر این رانده شدن آشکار است بنابراین احتمال رخداد سونامی در این قسمت از ایران وجود دارد. آثار تاریخی به جا مانده نشان می‌دهد که در منطقه مکران زلزله‌های بزرگی رخ داده که طی آن بندری به نام صیراف به طورکامل به زیر آب رفته است. چنانکه تأثیر تسونامی‌های آسیای جنوب شرقی (دیماه ۱۳۸۳) در ساحل چابهار را نمی‌توان نادیده انگاشت، ولی تأثیرات آن چندان محسوس نبوده است.

منابع و مآخذ

۱-روزنامه‌شرق، شماره ۳۸۹، دیماه ۱۳۸۳

۲-روزنامه‌کیهان، شماره‌های ۱۸۱۴۳-۱۸۱۱۴۰، دیماه ۱۳۸۳

۳-علایی طالقانی، محمود، ژئومورفولوژی ایران، تهران، انتشارات قومس، ۱۳۸۱.

۴-ماهنامه علوم زمین و معدن؛ بررسی پدیده سونامی وچگونگی وقوع آن، شماره ۶، سال اول، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تیرماه ۱۳۸۴.

۵-بررسی پدیده سونامی وچگونگی وقوع آن، شماره ۷، سال اول، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، مردادماه ۱۳۸۴.

6- K.A. Sver drup, A.B. Du bury, AC.Duxbury " Fundamental oceanography (fifth Edition)" 2004, Publisher Mc Graw Hill.

7- http:// www.ess. Washington.edu/tsunami/general/mitigation/html

8- http:// www.ngdir.com/faq/PFaq Detail.asp? Pid= 11187.

9- www.howstuffworks.com

پی نوشت

1-Astenosphere

2- Rift valley

3- Sabduction