

بررسی اثرات سونامی سال ۱۹۴۵ پاکستان بر روی سواحل ایرانی مکران

محمد علی حمزه^۱، امیل آندره اوکال^۲، جواد قاسم زاده^۳، غلام رسول بسکله^۴

۱- مؤسسه ملی اقیانوس شناسی ایران

۲- دانشگاه نورث وسترن، ایالات متحده

۳- دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار.

۴- مؤسسه ملی اقیانوس شناسی ایران

چکیده

آخرین و شناخته شده‌ترین سونامی مخرب مکران، مرتبط با زلزله ۱۹۴۵ سواحل پاکستان می‌باشد که منجر به کشته شدن بیش از ۴۰۰۰ نفر در پاکستان گردید. در این تحقیق سعی گردیده، اثرات این سونامی بر سواحل ایرانی مکران ارزیابی گردد. داده‌ها توسط مصاحبه با افراد بیش از ۷۵ سال و همچنین نقشه‌برداری از سواحل جهت ارزیابی میزان احتمالی ارتفاع موج در هر منطقه جمع‌آوری گردید. داده‌ها نشان داد که به احتمال فراوان، این سونامی در سواحل جنوبی ایران تلفات جانی به همراه نداشته است. ارتفاع موج از سمت غرب به شرق افزایش بسیاری داشته بطوریکه در نواحی غربی ارتفاع آن حداکثر به یک متر و در بخش شرقی به حدود ۱۰ متر رسیده است. به دلیل تراکم کم جمعیتی و قرار گرفتن نقاط جمعیتی بر روی دریاها، نواحی مسکونی دچار آسیب چندانی نشده‌اند، اما در بخش اسکله پسابندر، بسیاری از قایق‌ها دچار آسیب شدید و غرق‌شدگی گردیده‌اند.

واژه های کلیدی: سونامی، مکران، سامانه اطلاعات جغرافیایی

۱. مقدمه

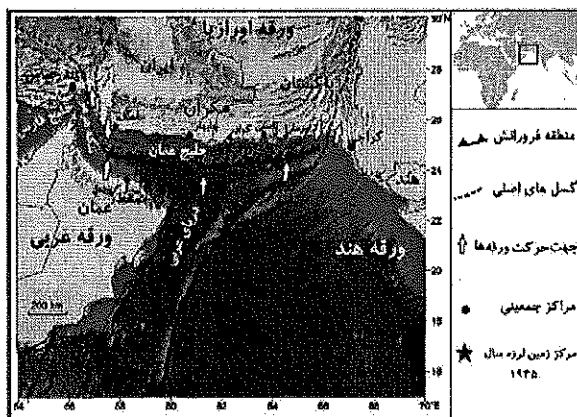
از لحاظ زمین‌ساختی، امروزه مشخص شده که تقریباً منشأ همه‌ی زمین‌لرزه‌های سونامی‌زا، نواحی فرورانش هستند (Synolakis, 2003). بر اساس شواهد زمین‌ساختی و نیز بررسی داده‌های تاریخی رخداد‌های سونامی در منطقه اقیانوس هند، ناحیه فرورانش مکران به همراه منطقه فرورانش اندونزی (سوندا) دو منطقه سونامی خیز در اقیانوس می باشند (Bourget et al., 2011). ناحیه فرورانش مکران در نزدیکی سواحل ایران، عمان، پاکستان و هند با طولی حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شرقی غربی گسترش یافته است. در این ناحیه، صفحه‌ی اقیانوسی عمان با یک حرکت رو به شمال به زیر صفحه‌ی ایران فرورانش می‌نماید. مطالعات اخیر توسط شبکه GPS نشان می‌دهد که سرعت فرورانش در مکران دست کم حدود ۱۹ میلی متر بر سال است (Vernant et al., 2004). آخرین سونامی بزرگ ثبت شده در منطقه مکران در ۲۸ نوامبر سال ۱۹۴۵ اتفاق افتاد که دست کم ۴۰۰۰ کشته در سواحل پاکستان، هند، ایران و عمان بر جای گذاشت (Pararas-Carayannis, 2006). این سونامی در اثر رخداد زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۸/۱ بوجود آمده است (Ambraseys and Melville, 1982). در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای بر روی تبعات این سونامی در کشورهای پاکستان، هند و عمان انجام گرفته است (Okal and Synolakis, 2008; Ambraseys and Melville, 1982; Pararas-Carayannis, 2006; Rastogi and Jaiswal, 2006). اما مطالعه‌ی تأثیر این سونامی که نزدیکی مرز ایران و پاکستان روی داده، در نوار ساحلی ایرانی مکران کمتر انجام گردیده است. دلیل این امر می‌تواند عدم وجود زیرساخت‌های کافی جهت ثبت اثرات و پیامدهای این واقعه در حدود ۷۰ سال قبل در منطقه باشد. با توجه به مطالعات میدانی منطقه می‌توان نتیجه گرفت که در زمان رویداد این سونامی اغلب نوار ساحلی استان سیستان و بلوچستان خالی از سکنه بوده و تراکم جمعیتی فقط منحصر به دهستان‌های کوچکی از جمله چابهار، لیمپار، بریس و پسابندر بوده که جمعاً جمعیتی در حدود چند صد نفر داشته‌اند. هدف از این مطالعه بررسی اثرات واقعه‌ی سونامی ۱۹۴۵ سواحل پاکستان بر روی سواحل ایرانی دریای عمان می‌باشد. به این دلیل، مؤسسه ملی اقیانوس-شناسی ایران با همکاری دفتر منطقه‌ای آموزش و همکاری‌های علمی یونسکو در سال ۱۳۸۹ مبادرت به انجام عملیات میدانی بررسی اثرات سونامی

۱۹۴۵ در منطقه ورزید. این بررسی شامل مصاحبه و اخذ اطلاعات از ساکنین سالخورده ساکن در منطقه در زمان سونامی و مطالعات نقشه برداری جهت ارزیابی ارتفاع امواج و میزان نفوذ آب به داخل خشکی می‌باشد. داده‌های بدست آمده به عنوان داده‌های ورودی به نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی داده شد و نقشه‌های میزان نفوذ آب و ارتفاع امواج برای نوار ساحلی استان سیستان و بلوچستان رسم گردید.

۲. محدوده مورد مطالعه

ناحیه‌ی فرورانش مکران در بخش شمال غربی اقیانوس هند در اثر فرورانش صفحه‌ی اقیانوسی عمان به زیر صفحه‌ی قاره‌ی ایران تشکیل شده است (شکل ۱). ناحیه‌ی فرورانش مکران از نزدیکی تنگه‌ی هرمز تا حدود مرز هند و پاکستان با طولی حدود ۹۰۰ کیلومتر در امتداد شرقی - غربی گسترش یافته است. مطالعات نشان می‌دهد که کمترین نرخ فرورانش صفحه عمان به زیر ایران حدود ۱۹/۵ میلی متر در سال است و بیشترین آن حدود ۲۷ میلی متر بر سال برآورد می‌شود (Vernant et al., 2004).

یک سامانه‌ی امتداد لغز عمده شامل گسل‌های آرناچ‌نال و چمن، منطقه‌ی مکران را از سمت شرق محدود می‌کند. مرز غربی مکران نیز یک ناحیه‌ی انتقالی بین ناحیه‌ی فرورانش مکران و چین خوردگی‌های قاره‌ای زاگرس شامل گسل زندان است. از اختصاصات منطقه‌ی فرورانش مکران شیب کم فرورانش (حدود ۳ درجه) و ضخامت بسیار زیاد رسوبات آن است (Byrne et al., 1992). بطور کلی، مهمترین ویژگی‌های مناطق فرورانش در سطح جهان عبارتند از: وجود گودال‌های عمیق با عمق حدود ۲ تا ۴ کیلومتر، تجمع رسوبات و تشکیل گوه‌های برفزاینده و نیز فعالیت آتشفشانی (Kukowski et al., 2001). مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که در منطقه‌ی مکران حجم فوق‌العاده زیادی از رسوبات انباشته شده است، به گونه‌ای که منطقه مکران یکی از بزرگترین گوه‌های برفزاینده رسوبی در جهان به شمار می‌رود. ضخامت رسوبات جمع شده در این منطقه به حدود ۷ کیلومتر می‌رسد (Bourget et al., 2011). لازم به ذکر است که از نظر زمین‌ساختی، انباشته شدن چنین حجم عظیمی از رسوبات می‌تواند رفتار صفحات درگیر در ناحیه فرورانش و نحوه لغزش صفحات را تحت تأثیر قرار دهد. بررسی مقاطع لرزه‌ای دو بعدی با راستای شمالی - جنوبی از منطقه فرورانش مکران نشان می‌دهد که بر خلاف بیشتر نواحی فرورانشی دنیا، در گوه‌ی برفزایشی مکران یک گودال اقیانوسی دیده نمی‌شود (Grando and McClay, 2006).



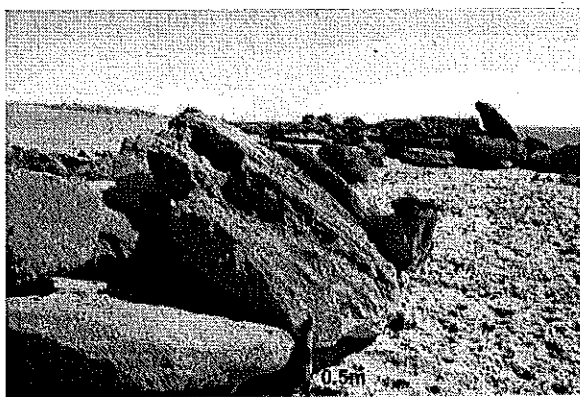
شکل ۱: نقشه موقعیت تکتونیکی مکران در شمال غرب اقیانوس هند

پادگانه‌های سواحل مکران شامل ماسه‌سنگ تا کنگلومرا حاوی مقادیر زیادی پوسته‌های صدف می‌باشد که بخش اعظم سواحل منطقه را شکل داده‌اند. ارتفاع این پادگانه‌ها از غرب به شرق روند افزایشی دارد و به بیش از ۲۰ متر می‌رسد (Snead, 1970). واحد مارنی ارتفاعات کوتاهی را در منطقه تشکیل

می‌دهد. نوع رسوبات و پوسته‌های صدفی بزرگ، محیط رسوبگذاری این مارن‌ها را منطقه‌ی کم‌عمق دریا (نزدیک ساحل) با سن میوسن میانی - پسین معرفی می‌کند (آقاباتی، ۱۳۸۳).

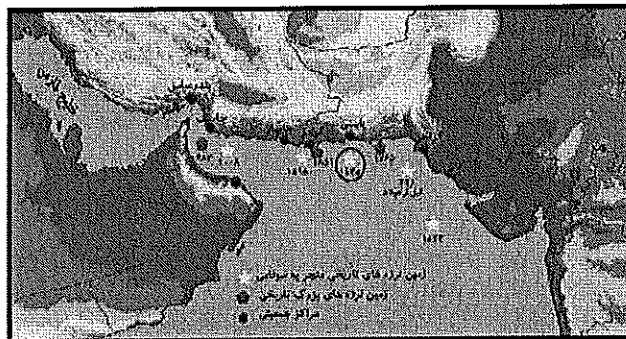
۳. تاریخچه رویداد سونامی در منطقه مکران

در شکل ۲ موقعیت زمین‌لرزه‌های بزرگ تاریخی و همچنین زمین‌لرزه‌های سونامی‌زا در سواحل شمالی دریای عربی نشان داده شده است. تنها سونامی گزارش شده در سواحل ایرانی مکران مربوط به حدود هزارسال قبل می‌باشد که با توجه به مطالعات شاه حسینی و همکاران (۲۰۱۱) امواج سهمگینی به همراه داشته است. ایشان با مطالعات قطعه سنگ‌های عظیم با وزن تا ۱۸ تن و سن سنجی آنها نتیجه گرفت که پرتاب شدن این قطعه سنگ‌های عظیم احتمالاً حاصل امواج بسیار بزرگ ایجاد شده توسط سونامی می‌باشد.



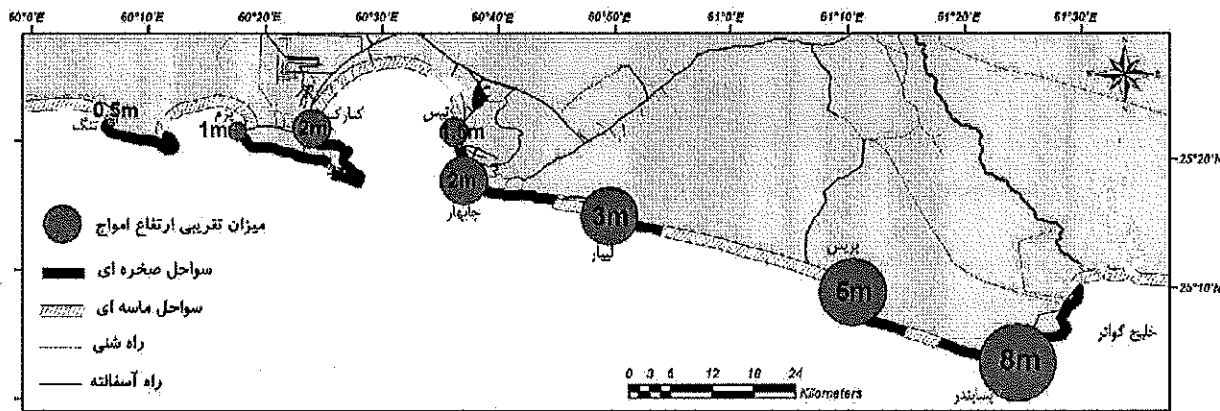
شکل ۲: نقشه موقعیت سونامی‌ها و زمین‌لرزه‌های تاریخی سواحل مکران

آخرین سونامی مخرب گزارش شده در سواحل مکران مربوط به رویداد ۲۸ نوامبر سال ۱۹۴۵ میلادی است. این سونامی در اثر رخداد زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۸/۱ که کانون آن در طول جغرافیایی ۲۴/۵۰ درجه شمالی و عرض جغرافیایی ۶۳/۰۰ درجه شرقی و به فاصله ۸۷ کیلومتری جنوب غربی منطقه بلوچستان پاکستان قرار داشت، بوجود آمد (Page et al., 1979). این رویداد تنها رویداد زمین‌لرزه و سونامی است که در منطقه مکران به کمک دستگاه‌های لرزه نگار ثبت گردیده است. رخداد این سونامی تلفات جانی و مالی گسترده‌ای در سواحل پاکستان، هند، عمان و ایران در بر داشته است (Pararas-



شکل ۳: تصویر تخته‌سنگ‌های بزرگ پرتاب شده به ساحل در اثر امواج سهمگین که احتمالاً ناشی از سونامی ۱۰۰۸ میلادی است.

در نواحی ساحلی پاکستان، بیشترین ارتفاع موج سونامی به حدود ۱۳ متر رسید که در اثر آن حدود ۴۰۰۰ نفر کشته شده و آسیب‌های قابل توجهی به تأسیسات ساحلی وارد شد. در کراچی ارتفاع موج به بیش از ۲ متر رسید. شهرهای بندری پاسبی و اورمارا شدیداً آسیب دیدند. بر اساس گزارش‌های موجود، پس از رویداد سونامی، بخش زیادی از این شهرها به زیر آب فرورفتند (Ambraseys & Melville, 1982). در این دو شهر، شکستگی‌های بزرگی در زمین ایجاد شد و زمین در برخی نقاط تا ۱/۵ متر پایین افتاد. گوجرات واقع در ساحل غربی هند با امواجی به ارتفاع ۱۱ تا ۱۱/۵ متر در نوردیده شد و در بمبئی ارتفاع امواج سونامی به ۲ متر رسید. همچنین گزارش‌هایی از ثبت امواج سونامی در مسقط (عمان) و نواحی ساحلی ایران وجود دارد (Murty & Bapat, 1999)، اما هیچ گونه اطلاعاتی در مورد جزئیات این رویداد و تلفات جانی و مالی احتمالی ناشی از آن در سواحل ایران و عمان گزارش نشده است. در سال ۲۰۰۸ گروهی از دانشمندان با حمایت نهاد آموزشی، علمی و فرهنگی سازمان ملل^۱ (یونسکو) و کمیسیون بین‌الدول اقیانوس‌شناسی^۲ (IOC) با مشارکت مؤسسه ملی اقیانوس‌شناسی ایران به مطالعه میدانی اثرات سونامی ۱۹۴۵ در سواحل کشور عمان پرداختند و بر اساس آن برخی مقالات علمی منتشر گردید. همچنین در سال ۲۰۱۰ نیز این گروه مطالعات میدانی جهت بررسی آثار این سونامی در سواحل ایرانی مکران انجام دادند. این مطالعات شامل بررسی شواهد زمین‌شناسی و همچنین تحقیق از افراد محلی جهت شناخت اثرات سونامی ۱۹۴۵ بوده است. با بررسی رسوب‌شناسی جهت کشف اثرات سونامی تا کنون داده‌های قابل اتکایی در مورد لایه‌های رسوبی حاصل از سونامی مذکور بدست نیامده است و مطالعات همچنان در حال انجام است. در مبحث جمع‌آوری اطلاعات از افراد محلی و مقایسه‌ی آن با داده‌های دیگر از جمله پروفایل ساحل، داده‌های ارزشمندی جمع‌آوری گردید که در این تحقیق آورده شده است.



شکل ۴: نقشه موقعیت نقاط مورد بررسی در نوار ساحلی ایرانی مکران و ارتفاع موج بدست آمده برای هر کدام

۴. روش بررسی

همانطور که اشاره گردید، این تحقیق شامل ارائه نتایج حاصل از عملیات میدانی مکران در تاریخ ۹ تا ۲۳ اکتبر سال ۲۰۱۰ میلادی در منطقه چابهار است که در قابل پروژه تحقیقاتی آمادگی و هشدار خطر سونامی مکران توسط مؤسسه ملی اقیانوس‌شناسی ایران و کمیسیون بین‌الدول اقیانوس‌شناسی با حمایت مالی نهاد آموزشی، علمی و فرهنگی سازمان ملل انجام گردید. این مطالعات در تاریخ‌های مذکور در سواحل استان سیستان و بلوچستان با مرکزیت ایستگاه پژوهشی چابهار انجام گردید. در این تحقیق سواحل استان از جمله بندر صیادی لیردف، تنگ، کنارک، تیس، چابهار، رمین، لیپار،

1- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

2- Intergovernmental Oceanographic Commission

بریس، پسبندر و گواتر مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۴). در هر یک از این مناطق اطلاعاتی در مورد اثرات سونامی سال ۱۹۴۵ کسب گردید. از این رو سعی گردید با افراد مسن با سن بالاتر از ۷۵ سال مصاحبه‌هایی انجام گردد و اطلاعاتی در مورد زمان رسیدن امواج، میزان هجوم امواج به داخل خشکی، تعداد امواج و میزان خسارات احتمالی مالی و جانی حاصل از آن و هرگونه اطلاعات دیگر مدنظر ایشان کسب گردد. در این باره با حدود ۲۰ فرد مسن در مورد سونامی ۱۹۴۵ مصاحبه‌هایی صورت پذیرفت و نتایج شایان توجهی بدست آمد. بر اساس گفته‌های افراد و پس حصول اطمینان از صحت داده‌ها بر اساس مقایسه اظهارات افراد با یکدیگر و با داده‌های موجود در مورد زمان ایجاد سونامی و ارتفاع احتمالی موج، میزان ارتفاع امواج در هر منطقه تعیین گردید. بر این اساس با توجه به میزان نفوذ آب به داخل خشکی (بر اساس گفته‌های افراد) و تهیه پروفایل ارتفاعی عمود بر ساحل توسط دستگاه نیوو، میزان ارتفاع امواج در هر محل بطور تقریبی محاسبه گردید (شکل ۴). سپس داده‌های میزان ارتفاع امواج توسط نرم افزار ArcGIS9.3 بر روی نقشه‌های توپوگرافی ساحل قرار داده شد و بدینوسیله نقشه‌ی میزان ورود آب دریا به داخل خشکی در تمام طول ساحل از بندر گواتر در شرق تا بندر تنگ در غرب تهیه گردید (شکل ۴). همچنین فاصله هر منطقه از مرکز زلزله با استفاده از نرم افزار فوق‌الذکر محاسبه شد. همچنین با استفاده از داده‌های بازدید میدانی، نقشه تیپ شناسی ساحل شامل نواحی ساحل ماسه‌ای و دریاباری نیز رسم گردید.

۵. نتایج

جهت بررسی جزئیات بیشتر مطالعه، مناطق مورد مطالعه بطور مجزا از غرب به شرق بررسی می‌گردد:

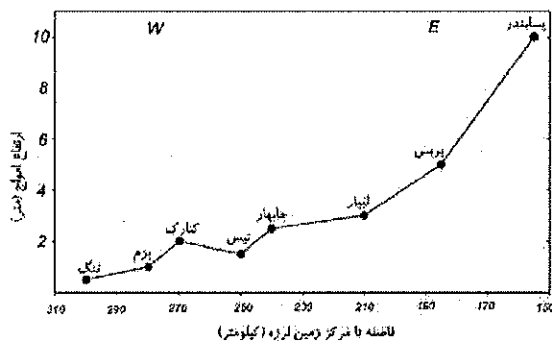
- روستای بیردیف یک روستای کوچک می‌باشد که گروه موفق به یافتن افراد مسن در آن نگردید، اما بر اساس گفته‌های جوانان منطقه، امواج حاصل از سونامی ۲۰۰۴ اندونزی تا حدود یک و نیم متر ارتفاع داشتند و تا بخش‌های کوچکی از ساحل بالا آمدند. اما هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد سونامی ۱۹۴۵ در منطقه یافت نگردید. با توجه به فاصله زیاد از کانون زلزله نیز به نظر نمی‌رسد امواج این سونامی تأثیری قابل‌ذکری بر منطقه داشته‌اند.
- بندر ماهیگیری تنگ و پزم نیز تقریباً مانند مورد قبل می‌باشد و اهالی آن‌ها فقط سونامی ۲۰۰۴ را به یاد می‌آورند. بر اساس فاصله این نواحی از مرکز زلزله به نظر می‌رسد حداکثر ارتفاع موج در تنگ نیم متر و در پزم حداکثر یک متر باشد.
- در بندر کنارک با تعدادی افراد سالخورده مصاحبه گردید. اظهارات ایشان حاکی از آن بود که امواج سونامی ۱۹۴۵ تا حدود ۲ متر بالا آمده و آب داخل مسجدی در نزدیک ساحل شده و شیشه‌های مسجد را شکسته و چون این حادثه در نزدیک اذان صبح روی داده است، تعدادی از مردم داخل مسجد آسیب دیدند.
- در روستای تیس گروه با یک پیرمرد مصاحبه نمود که در زمان سونامی ۱۹۴۵ حدود ۱۴ سال سن داشته است. بر اساس گفته‌های ایشان و شنیده‌های ایشان از پدر، امواج تا مسجد جامع اهل تسنن تیس نفوذ کردند. با توجه به اندازه‌گیری پروفایل ساحل تا مسجد، ارتفاع مسجد از سطح دریا حدود یک و نیم متر می‌باشد.
- در چابهار با تعداد زیادی پیرمرد و یک پیرزن مصاحبه گردید و بر اساس گفته‌های ایشان و اندازه‌گیری‌های انجام شده، ارتفاع امواج حدود ۲ تا ۳ متر بوده است و چون در آن زمان چابهار روستای بسیار کوچکی بوده و افراد منطقه چادر نشین و کپر نشین بوده‌اند، آسیب چندانی ندیده‌اند.
- به گفته افراد مسن منطقه رمین، در زمان سونامی ۱۹۴۵ روستای رمین وجود نداشته و این افراد چادر نشین در منطقه لیپار (۱۸ کیلومتری شرق چابهار در کنار خور لیپار) زندگی می‌کردند. بر اساس گفته‌های ایشان در منطقه لیپار آب تا ارتفاع حدود ۳ متر بالا آمده است و سنگ‌های بزرگی را به ساحل آورده است که در حال حاضر در زیر رسوبات ساحلی مدفون شده‌اند.
- در بندر بریس بر اساس گفته افراد مسن، ارتفاع امواج تا حدود ۵ متر رسیده است، اما چون روستا بر روی صخره‌های ساحلی با ارتفاع بیش از ۱۰ متر بنا شده، تلفات زیادی در بر نداشته است. به گفته یکی از اهالی که در زمان رویداد سونامی در نزدیکی سواحل پاسنی در پاکستان حضور داشته، بنادر پاسنی، اورمارا و گوادر خسارات زیادی متحمل شده‌اند و شهر پاسنی تقریباً بطور کامل ویران شده و فقط مسجد این شهر بر جا مانده است. گفته‌های یکی از اهالی کنارک که او نیز در آن زمان در نزدیک پاسنی بوده نیز این گفته‌ها را تأیید می‌کند.

در بندر صیادی پسابندر نیز گروه موفق به یافتن افراد مسنی گردید که این واقعه را به خوبی به خاطر می‌آوردند. این افراد اظهار داشتند که در مناطق پست نزدیک رودخانه فصلی، آب تا کیلومترها داخل ساحل پیشروی کرده، اما چون پسابندر بر روی یک تراس دریایی با ارتفاع بیش از ۲۰ متر بنا شده، امواج سونامی اثری بر روی مناطق مسکونی نداشته و فقط قایق‌های صیادی را در هم شکسته و به درون خشکی برده است. بر اساس گفته‌های ایشان و محاسبات گروه کارشناسی، ارتفاع امواج در محل به حدود ۸ تا ۱۰ متر رسیده است اما آب در اثر برخورد با صخره‌ها تا داخل روستا پاشیده شده است. در مصاحبه با افراد سالخورده محلی برخی نکات جالب دیده شد که به برخی اشاره می‌گردد:

۱. بر اساس گفته تمامی افراد، این رویداد در ساعت حدود ۴ صبح روی داده که می‌توانست معیاری جهت فهم درست بودن اظهارات ایشان باشد.
۲. بر اساس گفته‌ی یکی از افرادی که در زمان رویداد زلزله و سونامی در نزدیک بندر پاسنی بوده، حدود ساعت ۱ تا ۲ بعد از نیمه شب، زمین لرزه احساس گردیده و حدود ساعت ۳ تا ۴ صبح امواج به ساحل رسیده‌اند که این فاصله زمانی حدود ۲ ساعته بیانگر این است که احتمالاً زمین لغزه زیر دریایی ناشی از زلزله مسئول رویداد سونامی در منطقه می‌باشد.
۳. به گفته تمامی افراد، امواج سونامی رسیده به ساحل شامل سه موج بزرگ بوده که با فاصله زمانی حدود ۱۰ تا ۱۵ دقیقه از یکدیگر به ساحل رسیده‌اند.
۴. نتایج بدست آمده از این مصاحبه‌ها نشان داد که بطور کلی این رویدادها تلفات جانی در منطقه به همراه نداشته است، اما خسارات زیادی به اموال و سکونتگاه‌های اهالی منطقه وارد آورده است. بر اساس تطابق زمانی بین رویداد سونامی و زمان زمین لرزه و همچنین مدارک موجود در بستر دریا (پارگی کابل تلگراف بمبئی) (Pararas-Carayanni, 2006) می‌توان نتیجه گرفت که دلیل ایجاد سونامی ۱۹۴۵ زمین لغزه زیردریایی ناشی از زمین لرزه بوده است.

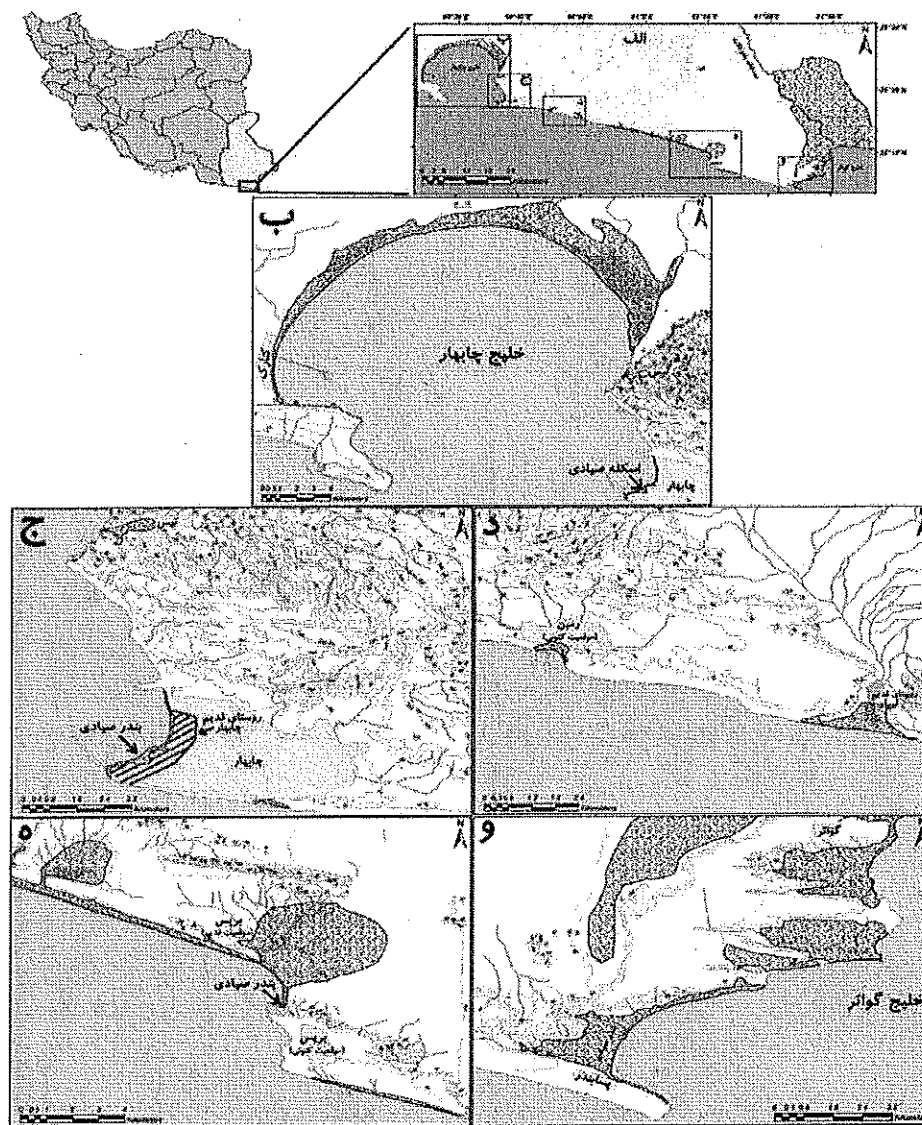
۵-۱. تلفیق مطالعات نقشه برداری و GIS با داده‌های تاریخی

در شکل ۵ نمودار میزان ارتفاع موج در سواحل ایرانی مکران از غرب به شرق آمده است. لازم به ذکر است که بر اساس بررسی‌های میدانی و مصاحبه با افراد محلی، در نواحی غربی روستای تنگ (بیردف به سمت غرب) هیچ گونه اثری از امواج حاصل از سونامی ۱۹۴۵ دیده نشده است. میزان تغییرات ارتفاع امواج از بندر تنگ تا پسابندر در نزدیکی مرز ایران و پاکستان بین ۰/۵ تا بیش از ۸ متر در نوسان است. البته روستای کوچک گواتر که در شرق پسابندر قرار دارد احتمالاً امواج مرتفع تری را تجربه نموده است (احتمالاً تا ۱۰ متر) که به دلیل عدم وجود این آبادی در زمان رویداد این سونامی، شاهد عینی‌ای برای این حادثه در منطقه گواتر وجود ندارد. میزان ارتفاع امواج در کنارک و چابهار به ترتیب ۲ و ۲/۵ متر بوده در تیس که در بین این مناطق واقع شده و جزء شهرهای تاریخی و قدیمی منطقه می‌باشد، ارتفاع امواج به ۱/۵ متر رسیده است. علت ارتفاع کمتر امواج در تیس به نسبت کنارک علی‌رغم واقع شدن آن در شرق کنارک این است که بندر تیس داخل لبه شرقی خلیج چابهار واقع شده و این لبه از هجوم مستقیم امواج به داخل تیس جلوگیری نموده است. بالعکس سواحل کنارک به دلیل واقع شدن در لبه غربی خلیج بیشتر تحت اثر امواج قرار گرفته است.



شکل ۵: نمودار ارتفاع امواج در مقابل فاصله از مرکز زلزله در سواحل ایرانی مکران

در شکل ۶ میزان نفوذ آب دریا به داخل خشکی در اثر سونامی ۱۹۴۵ آمده است. این نقشه با توجه به ارتفاع موج در هر منطقه و توپوگرافی هر منطقه رسم گردیده است. با توجه به نقشه می توان دریافت که بیشترین میزان هجوم آب دریا در منطقه خور گواتر می باشد که آب دریا در آن حدود ۲۰ کیلومتر در امتداد رود باهوکلالت پیشروی کرده است. علت این امر وجود زمین های پست و باتلاقی داخل خور و اطراف رودخانه باهوکلالت می باشد. بعلاوه اینکه احتمالاً ارتفاع امواج در این منطقه به ۱۰ متر می رسیده است. به احتمال بسیار زیاد، این منطقه در زمان رخداد سونامی خالی از سکنه بوده و خسارات جانی و مالی به همراه نداشته است.



شکل ۶: نقشه میزان پیشروی آب دریا به نواحی مکران ساحلی ایران از گواتر تا تنگ بر اساس تلفیق داده های ارتفاع امواج و توپوگرافی ساحل در محیط نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (نواحی مورد هجوم آب دریا با طرح موج آبی نشان داده شده است)

در نوار ساحلی بین گواتر و پسابندر در بسیاری از نواحی دریاچه‌های مرتفع وجود دارند که مانع از ورود آب دریا به داخل خشکی شده‌اند. در برخی نقاط که سواحل ماسه‌ای حاکم‌اند و سازندهای مازنی فرسایش‌پذیر مناطق پست را تشکیل داده‌اند و دریاچه‌ها توسط آبراهه‌های فصلی بریده شده‌اند، آب دریا تا چند کیلومتر به داخل خشکی نفوذ کرده است. بطور مثال در محل اسکله کنونی پسابندر که در زمان سونامی نیز فعال بوده، آب دریا تا حدود ۳ کیلومتر در امتداد یک آبراهه فصلی بر روی مناطق کم ارتفاع با توپوگرافی بدند از جنس گل‌سنگ حرکت کرده‌است. به گفته اهالی در آن زمان این امواج خسارت زیادی به قایق‌های صیادی منطقه وارد نموده‌اند و بسیاری از شناورها را تا دو سه کیلومتر داخل خشکی رانده و در هم شکسته‌اند. اما به دلیل آنکه امواج چند ساعت بعد از نیمه شب به محل رسیده‌اند و به احتمال خیلی زیاد کسی در اسکله حضور نداشته، تلفات جانی به همراه نداشته است. خود روستای پسابندر بر روی پرتگاه ساحلی با ارتفاع حدود ۲۰ متر بنا شده و امواج با ارتفاع ۸ تا ۱۰ متری حاصل از سونامی به آنجا نرسیده‌اند. در سواحل بین پسابندر و بریس نیز دیواره‌های مرتفعی حضور دارند که مانع از ورود امواج به داخل خشکی گردیده‌اند (شکل ۶). در منطقه بریس یک بدند کم ارتفاع وجود دارد که موجب ورود امواج به داخل خشکی تا حدود کمتر از ۲ کیلومتر گشته است. اما شهر قدیم بریس که در فاصله ۱۰ کیلومتری غرب روستای کنونی در ارتفاع حدود ۱۲ متری از سطح دریا واقع شده (شکل ۶) آسیبی ندیده است. اما مانند مورد پسابندر قایق‌های موجود در بندر ماهیگیری شدیداً آسیب دیده‌اند. سواحل بین بریس و لیپار نیز توسط تراس‌های دریایی شکل گرفته است. فقط در برخی نقاط فرسایش موجب شکل گیری نوار باریکی از ساحل ماسه‌ای با پهنای کمتر از ۱۰۰ متر گردیده‌است که بر اساس نقشه‌های ترسیم شده، این نواحی خالی از سکنه توسط امواج سونامی مورد هجوم قرار گرفته‌اند (شکل ۶). منطقه خور لیپار محل کم ارتفاعی است که در آن، یک رودخانه فصلی بزرگ به دریا می‌رسد. بنا به شواهد زمین‌شناسی احتمالاً در حدود چندصد سال پیش این منطقه به همراه دشت و شنام تا شمال تیس توسط آب دریا پوشیده شده بوده و منطقه چابهار بصورت جزیره‌ای در میان آن قرار داشته است. در فاصله حدود یک کیلومتری ساحل در کناره رودخانه فصلی، روستای قدیم لیپار وجود داشته که هنوز بقایای باغات نخل خرما و ساختمان‌های آن موجود است. امواج سونامی در این منطقه با ارتفاع حدود سه متر تا حدود ۵۰۰ متر داخل خشکی حرکت نموده‌اند و خسارتی به روستا وارد نگردیده است (شکل ۶). در محل کنونی اسکله رمین که کمی ساحل ماسه‌ای دیده می‌شود نیز امواج نفوذ کرده‌اند. اما به دلیل آنکه در آن زمان در منطقه کسی زندگی نمی‌کرده، تلفات و خسارتی ایجاد نشده است. شهر چابهار در حدود ۷۰ سال قبل، در حد دهکده‌ای با چند صد نفر جمعیت بوده که کل جمعیت آن درون چادر و کپرهایی از نخل خرما در در حوالی محل کنونی اسکله شهید بهشتی و هفتم تیر (منتهی الیه غربی شهر کنونی در کناره ساحل) زندگی می‌کرده‌اند. یک کانال جزرومدی نیز از میان شهر می‌گذشته است که هم اکنون نیز وجود دارد. امواج حاصل از سونامی با ارتفاع حدود ۲ متر به میزان چندصد متر داخل خشکی هجوم آورده‌اند و تا حدود یک و نیم کیلومتر داخل کانال پیشروی کرده‌اند. تعدادی از قایق‌ها شکسته شده و نواحی مسکونی دچار آسیب گشته است، اما به نظر نمی‌رسد تلفات جانی دربر داشته باشد (شکل ۶). روستای تیس در حدود یک صد قبل پرجمعیت تر از چابهار بوده است. در منطقه تیس نیز امواج با ارتفاع یک و نیم متر به نواحی مشرف به دریا در تیس وارد شده و خسارتی ایجاد نموده‌اند. در منطقه کنارک نیز هنگام اذان صبح امواجی با ارتفاع کمتر از ۲ متر به سواحل رسیده‌اند و آسیب‌های جزئی به برخی مناطق مسکونی وارد نموده‌اند. بطور مثال بنا به گفته افراد محلی بخشی از مسجد که در کناره ساحل بنا شده تخریب شده و افرادی مجروح گردیده‌اند. به دلیل شیب نسبتاً زیاد ساحل، به نظر می‌رسد امواج حداکثر ۱۰۰ متر داخل خشکی پیشروی نموده‌اند. در نواحی دورتر، اثرات سونامی فقط در حد موج شدن دریا بوده و خسارت مالی و جانی نداشته است (شکل ۶).

۶. نتیجه گیری

با توجه به مطالعه انجام شده، به نظر می‌رسد سونامی سال ۱۹۴۵ پاکستان به خصوص در بخش شرقی سواحل ایرانی مکران امواج بسیار سهمگینی ایجاد نموده است. اما به دلیل توپوگرافی خاص نوار ساحلی منطقه که از پادگانه‌های مرتفع ساحلی تشکیل شده و از سمت غرب به شرق بر ارتفاع آنها افزوده می‌شود (Snead, 1970)، این امواج در بسیاری نقاط نتوانسته‌اند به ساحل منطقه راه پیدا کنند و موجب ایجاد خسارت به زیرساخت‌ها گردند. همچنین باید ادعان داشت در حدود ۷۰ سال قبل، نوار ساحلی استان سیستان و بلوچستان عاری از مناطق پرجمعیت با زیرساخت‌های توسعه یافته بوده است که

این امر نیز موجب گردیده خسارات مالی و جانی چندانی در اثر سونامی در منطقه ایجاد نگردد. با توجه به نواحی پست منطقه که محل هجوم امواج بوده، به نظر می‌رسد نواحی اطراف خور باهوکلان، اطراف اسکله پسابندر و بخش‌های نزدیک ساحل منطقه خور لیپار مکان‌های نسبتاً مساعدی برای بررسی‌های رسوب‌شناسی جهت یافتن آثار لایه‌های رسوبی حاصل از سونامی باشند. نکته قابل ذکر این است که با توجه به فاصله زمانی یکی دو ساعته بین ایجاد زمین‌لرزه زیردریایی و ایجاد سونامی در منطقه و پاره شدن کابل مخابراتی بمبئی، احتمالاً لغزش و رانش زمین در منطقه شیب قاره عامل اصلی ایجاد امواج سونامی منطقه می‌باشد.

۷. تشکر و قدردانی

نگارنده مقاله بر خود لازم می‌داند از ریاست محترم و همچنین معاون محترم پژوهشی مؤسسه ملی اقیانوس‌شناسی به دلیل کمک و مساعدت در انجام این تحقیق تشکر نماید. همچنین از زحمات کلیه پرسنل مرکز اقیانوس‌شناسی دریای عمان و اقیانوس هند (چابهار) کمال تشکر و قدردانی انجام می‌گردد.

مراجع

آقائباتی، ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. وزارت صنایع و معادن، ۴۳۰ ص.

- Ambraseys, N. N., and Melville, C. P. 1982. A History of Persian Earthquakes, Cambridge University Press, Britain.
- Bourget, J., Zaragosi, S., Ellouz-zimmermann, N., Mouchot, N., Garlan, T., Schneider, J., Lanfumay, V., Lallemand, S. 2011. Turbidite system architecture and sedimentary processes along topographically complex slopes: the Makran convergent margin. *Sedimentology* 58, 376-406.
- Byrne, D. E., Sykes, L. R. Davis, D. M. 1992. Great Thrust Earthquakes and Aseismic Slip along the Plate Boundary of the Makran Subduction Zone, *Journal of Geophysical Research* 97, 449-478.
- Grando, G. and McClay, K. 2006. Morphotectonics domains and structural styles in the Makran accretionary prism, offshore Iran. *Sed. Geol.* 196, 157-179.
- Kukowski, N., Schillhorn, T., Huhn, K., von Rad, U., Husen, S. and Flueh, E. R. 2001. Morphotectonics and mechanics of the central Makran accretionary wedge off Pakistan, *Marine Geology* 173, 1-19.
- Murty, T. and Bapat, A. 1999. Tsunamis on the coastlines of India, *Science of Tsunami Hazards* 17, 167-172.
- Okal, E.A., and Synolakis, C.E. 2008. Far-field tsunami hazard from mega-thrust earthquakes in the Indian Ocean, *Geophys. J. Int.* 172, 995-1015.
- Page, W. D., Alt, J. N., Cluff, L. S. and Plafker, G., 1979- Evidence for the Recurrence of Large-Magnitude Earthquakes along the Makran Coast of Iran and Pakistan, *Tectonophysics*, Vol. 52, 533-547.
- Pararas-Carayannis, G., 2006. The potential for tsunami generation along the Makran Subduction Zone in the Northern Arabian Sea. Case study: the earthquake and tsunami of November 28, 1945. *Science of Tsunami Hazard* 24 (5), 358-384.
- Rastogi, B. K., and Jaiswal, R. K. 2006. A Catalog of Tsunamis in the Indian Ocean, *Science of Tsunami Hazards* 25 (3), 128-143.
- Shah-hosseini, M. Morhange, C., Naderi Beni, A., Marriner, N., Lahijani, H., Hamzeh, M.A., Sabatier, F. 2011. Coastal boulders as evidence for high-energy waves on the Iranian coast of Makran, *Marine Geology* 290, 17-28.
- Snead, R. E. 1970. Physical geography of the Makoran coastal plain of Iran. Rep. Off. Nav. Res., contract N00014 66 D104. 719p.
- Synolakis, C. E. 2003. *Tsunami and Seiche*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

