

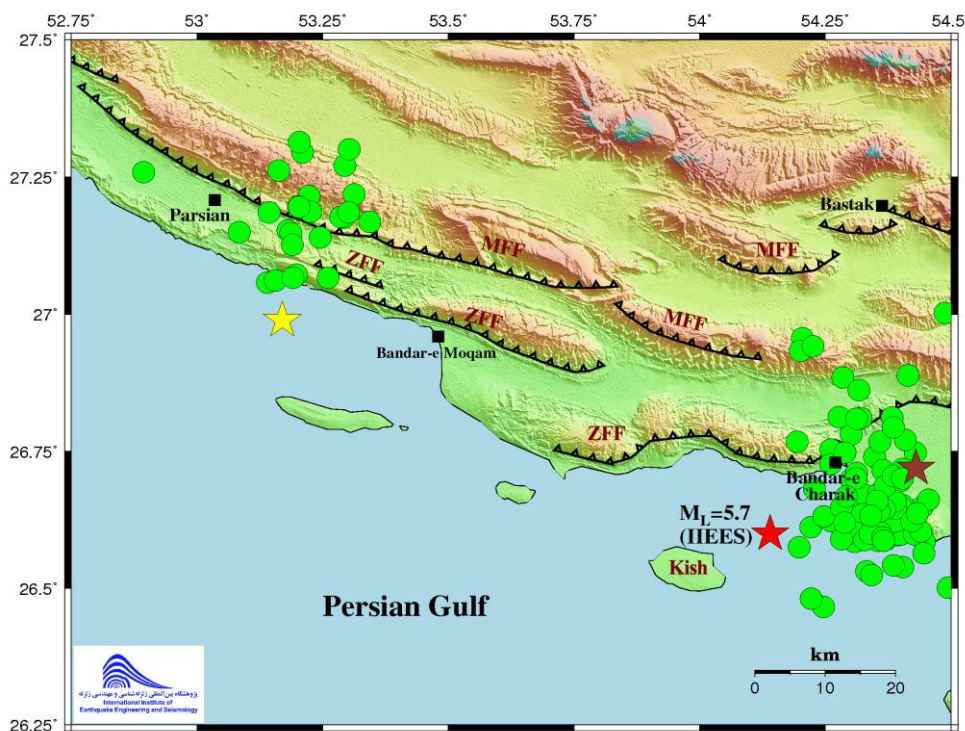
گزارش مقدماتی زمین‌لرزه ۴ تیرماه ۱۴۰۱، شمال خاوری جزیره کیش، استان هرمزگان با بزرگای محلی ۵/۷ (ویرایش ۱)

آرش اسلامی، مسعود تقابنی

۱- معرفی رخداد

در ساعت ۰۸ و ۰۷ دقیقه و ۱۱ ثانیه (به وقت محلی) روز شنبه ۴ تیرماه ۱۴۰۱ هجری شمسی، مطابق با ساعت ۰۳ و ۳۷ دقیقه و ۱۱ ثانیه (به وقت جهانی) روز شنبه ۲۵ ژوئن ۲۰۲۲ میلادی زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۵/۷ در مقیاس امواج محلی (M_L) در ۱۵ کیلومتری شمال خاوری جزیره کیش در استان هرمزگان به وقوع پیوست (شکل ۱).

رومرکز این رویداد براساس لرزه‌نگاشت‌های ثبت شده در مرکز ملی شبکه لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه در مختصات $26^{\circ}40'$ درجه عرض شمالی و $54^{\circ}14'$ درجه طول خاوری قرار دارد. از آنجا که بزرگای این زمین‌لرزه بیشتر از زمین‌لرزه ۲۵ خردادماه ۱۴۰۱، خاور بندر چارک با بزرگای ۵/۳ در مقیاس امواج محلی (M_L) می‌باشد، نمی‌توان پس‌لرزه آن زمین‌لرزه دانست، بلکه یک رویداد جدید است و به‌طور احتمال زمین‌لرزه‌های رویداد در این باز زمانی (۱۰ روز) یک‌سری زمین‌لرزه‌های خوشه‌ای یا فوج گونه (Swarm) هستند.



شکل (۱): موقعیت مرکز سطحی زمین‌لرزه‌های ۴ تیرماه ۱۴۰۱ ($M_L 5.7$) شمال خاوری کیش (ستاره قرمز رنگ)، زمین‌لرزه ۲۵ خردادماه ۱۴۰۱ ($M_L 5.3$) خاور بندر چارک (ستاره قهوه‌ای رنگ)، و زمین‌لرزه ۱ تیرماه ۱۴۰۱ ($M_L 5.4$) باختر بندر مقام (ستاره زرد رنگ) مطابق با مکانیابی مرکز ملی شبکه لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه، همچنین لرزه‌خیزی ۱۰ روز اخیر منطقه جنوب ایران در شکل نشان داده شده است (دوایر سبز رنگ) (بر گرفته از مرکز لرزه‌نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران).



عمق کانونی زمین‌لرزه حدود ۱۲ کیلومتر برآورد شده است. کانون این زمین‌لرزه در نزدیکی گسل پیش ژرفای زاگرس (ZFF) قرار دارد (نگاه به شکل ۱).

زمین‌لرزه اخیر در منطقه بندر چارک- جزیره کیش با زمین‌لرزه‌ای در بعدازظهر روز سه شنبه ۲۴ خردادماه ۱۴۰۱ با بزرگای ۴/۵ واقع در ۱۷ کیلومتری جنوب بندر چارک و ۳۴ کیلومتری شمال خاوری جزیره کیش آغاز شد. در ادامه بدنبال رخداد چند زمین‌لرزه با بزرگای حدود ۳، زمین‌لرزه‌ای با بزرگای گشتاوری ۵/۵ (آژانس‌های بین‌المللی) و بزرگای محلی ۵/۳ (مرکز ملی شبکه لرزه‌نگاری باند پهن ایران وابسته به پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله) در ساعت ۱۰ و ۳۶ دقیقه روز ۲۵ خردادماه منطقه وسیعی در باختر استان هرمزگان را به لرزه درآورد. موقعیت این زمین‌لرزه در فاصله حدود ۱۶ کیلومتری خاور بندر چارک قرار می‌گیرد.

تا امروز مورخ ۴ تیرماه، بیش از ۱۲۰ زمین‌لرزه با بزرگای بالای ۲/۵ و حداقل ۱۶ زمین‌لرزه با بزرگای بالای ۴ در منطقه بندر چارک- جزیره کیش اتفاق افتاده‌اند. رخداد این تعداد زمین‌لرزه با بزرگای بالای ۴ همراه با دو زمین‌لرزه با بزرگای بالای ۵/۵ در منطقه تاحدودی کوچکی، پدیده‌ای چندان طبیعی و رایج برای زمین‌لرزه‌های منطقه زاگرس نیست. به نظر می‌رسد در این منطقه بیشتر از اینکه با یک زمین‌لرزه بزرگ و تعداد زیادی پس‌لرزه مواجه باشیم، موردی که بیشتر برای زمین‌لرزه‌های زاگرس شاهد آن هستیم، بیشتر با رخداد زمین‌لرزه‌های فوج‌گونه (Swarm)، سروکار داریم. زمین‌لرزه‌های فوج‌گونه به تعداد زیادی زمین‌لرزه با بزرگای مشابه اطلاق می‌شود که در بازه زمانی کوتاه چند هفته‌ای تا چند ماهه در منطقه کوچکی اتفاق می‌افتند.

گزارش کامل زمین‌لرزه‌های [۲۵ خردادماه ۱۴۰۱، خاور بندر چارک و زمین‌لرزه ۱ تیرماه ۱۴۰۱، باختر بندر مقام](#)، در بخش گزارش شناسایی زمین‌لرزه‌های وب‌سایت پژوهشگاه برای مطالعه علاقمندان موجود است.

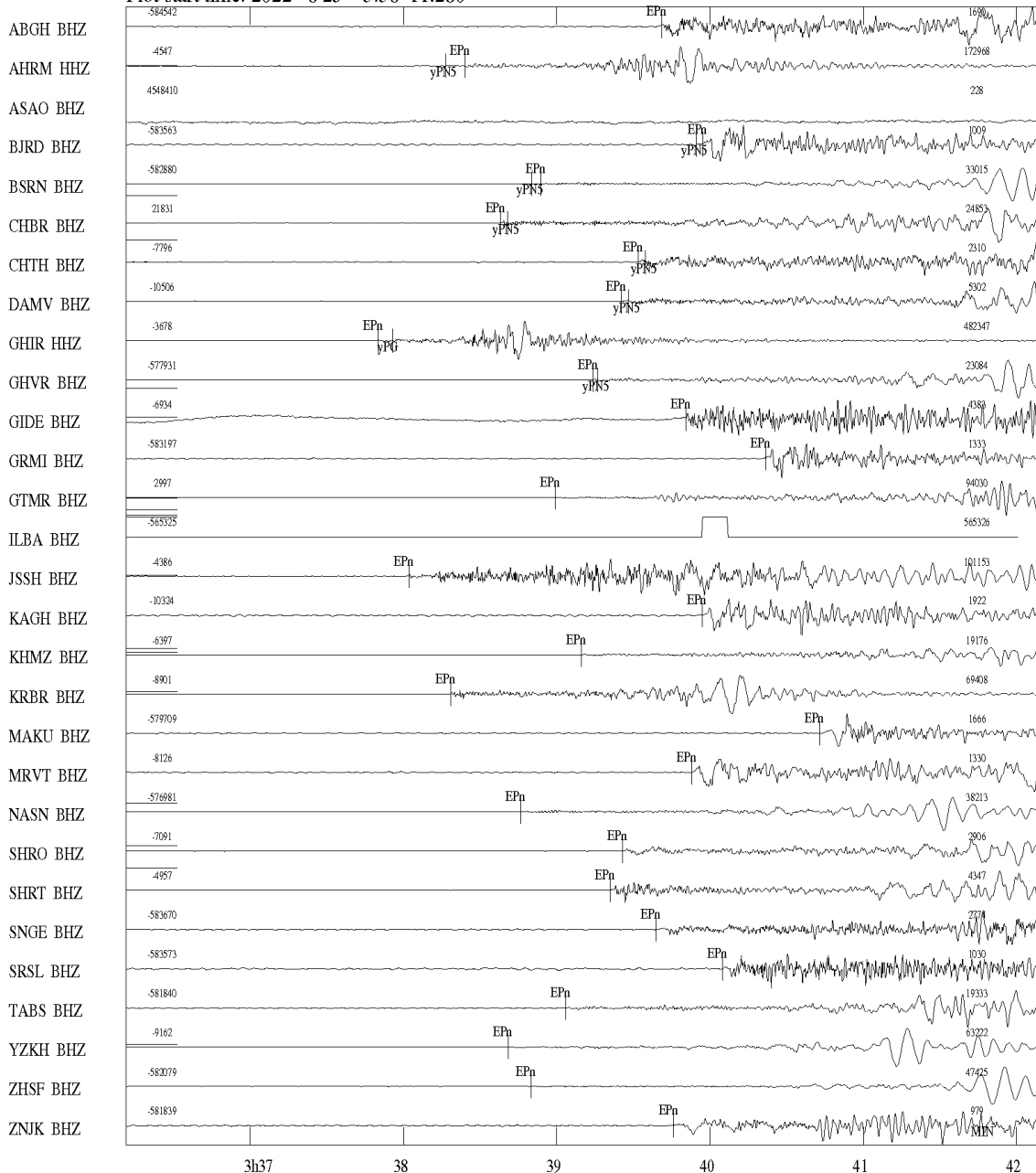
شکل (۲) مولفه‌های قائم لرزه‌نگاشت‌های ثبت شده از زمین‌لرزه ۴ تیرماه ۱۴۰۱، شمال خاوری جزیره کیش در مرکز ملی شبکه لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه را نشان می‌دهد. مراکز مختلف لرزه‌نگاری، سازوکار کانونی این زمین‌لرزه را مطابق با یک گسل راندگی با مولفه فرعی راستالغز گزارش کرده‌اند (شکل ۳). شکل (۴) سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌های گذشته جنوب ایران را نشان می‌دهد. طبق گزارش خبرگزاری‌های جمهوری اسلامی ایران، این زمین‌لرزه در جزیره کیش احساس شد و باعث رعب و وحشت مردم شده و برخی از آنان را به علت ترس به خیابان‌ها کشانده است. بر اثر زمین‌لرزه اخیر در بندر چارک، قلعه آل علی دچار ۳۰ درصد خسارت شد. بر اساس بررسی‌های انجام شده این زمین‌لرزه موجب ترک خوردگی منازل در بافت قدیمی بندر چارک و همچنین تعدادی از روستاهای اطراف مانند خسینه شد. در اثر این زمین‌لرزه یک نفر کشته (بر اثر ترس ناشی از زمین‌لرزه و سقوط از ساختمان) و ۳۰ نفر مجروح شدند.



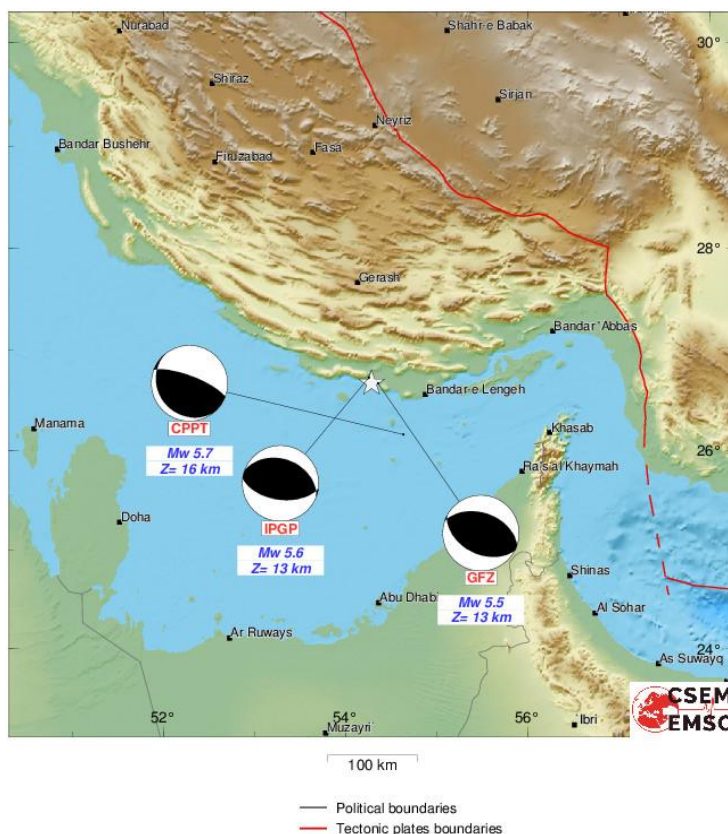
2022-06-25-0336-11S.NSN__029

2022 625 336 11.3 L

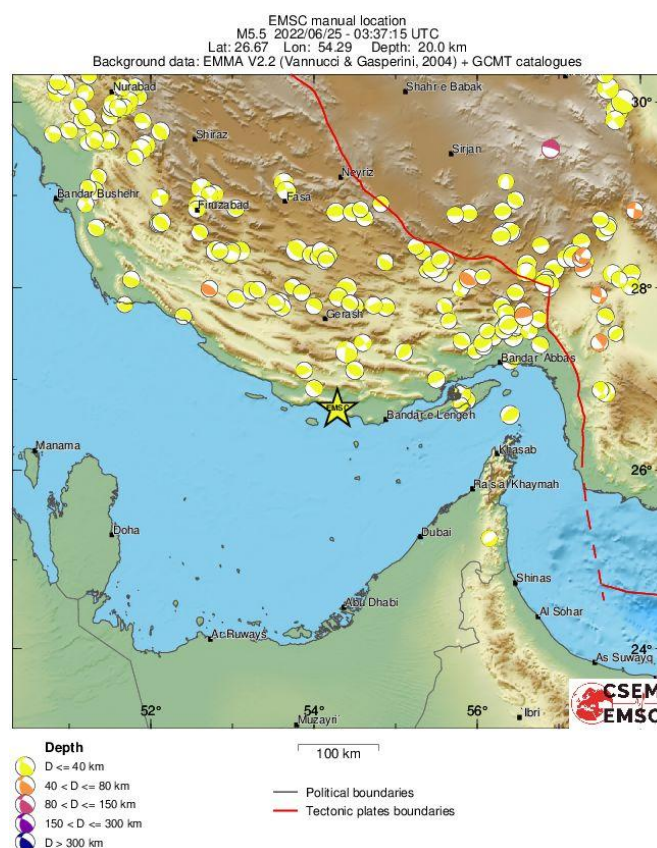
Plot start time: 2022 6 25 3:36 11.280



شکل (۲): مولفه‌های قائم لرزه‌نگاشت‌های ثبت شده از زمین‌لرزه ۴ تیرماه ۱۴۰۱، شمال خاوری جزیره کیش در مرکز ملی شبکه لرزه‌نگاری باند پهن پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله (تهیه شده توسط علیرضا اشعری).



شکل (۳): سازوکار کانونی زمین‌لرزه ۴ تیرماه ۱۴۰۱، شمال خاوری جزیره کیش (برگرفته از www.emsc-csem.org).



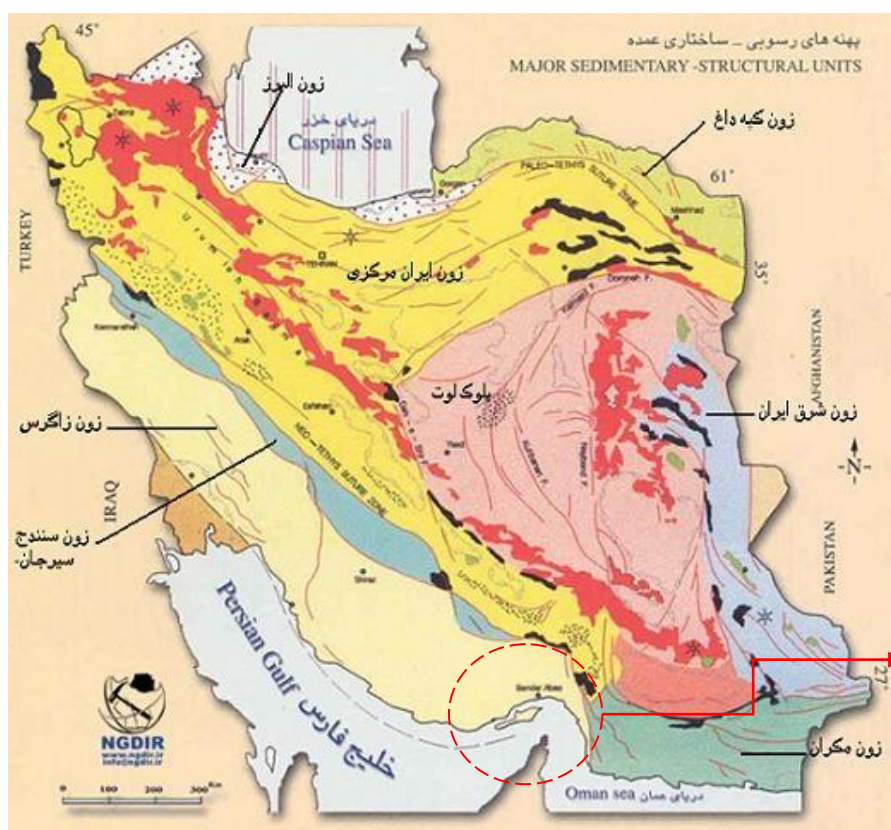
شکل (۴): سازوکارهای کانونی زمین‌لرزه‌های گذشته جنوب ایران (برگرفته از وبسایت www.emsc-csem.org).

۲- زمین‌شناسی عمومی و لرزه‌زمین‌ساخت منطقه

محل رویداد زمین‌لرزه ۴ تیرماه ۱۴۰۱ شمال خاوری جزیره کیش، در استان هرمزگان در جنوب ایران و در شمال تنگه هرمز واقع شده است. هرمزگان در فصل مشترک سه پهنه ساختاری زمین‌شناسی؛ زاگرس، مکران و ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۵).

استان هرمزگان به اختصار به سه پهنه تقسیم می‌شود:

- ۱- پهنه زاگرس که گستره‌های واقع در شمال بندرعباس تا باختر بندرلنگه را زیر پوشش دارند؛
- ۲- پهنه مکران که شامل نواحی واقع در خاور میناب تا خاور جاسک است؛
- ۳- پهنه سهند - سیرجان که در پایانه شمالی استان هرمزگان قرار دارد.



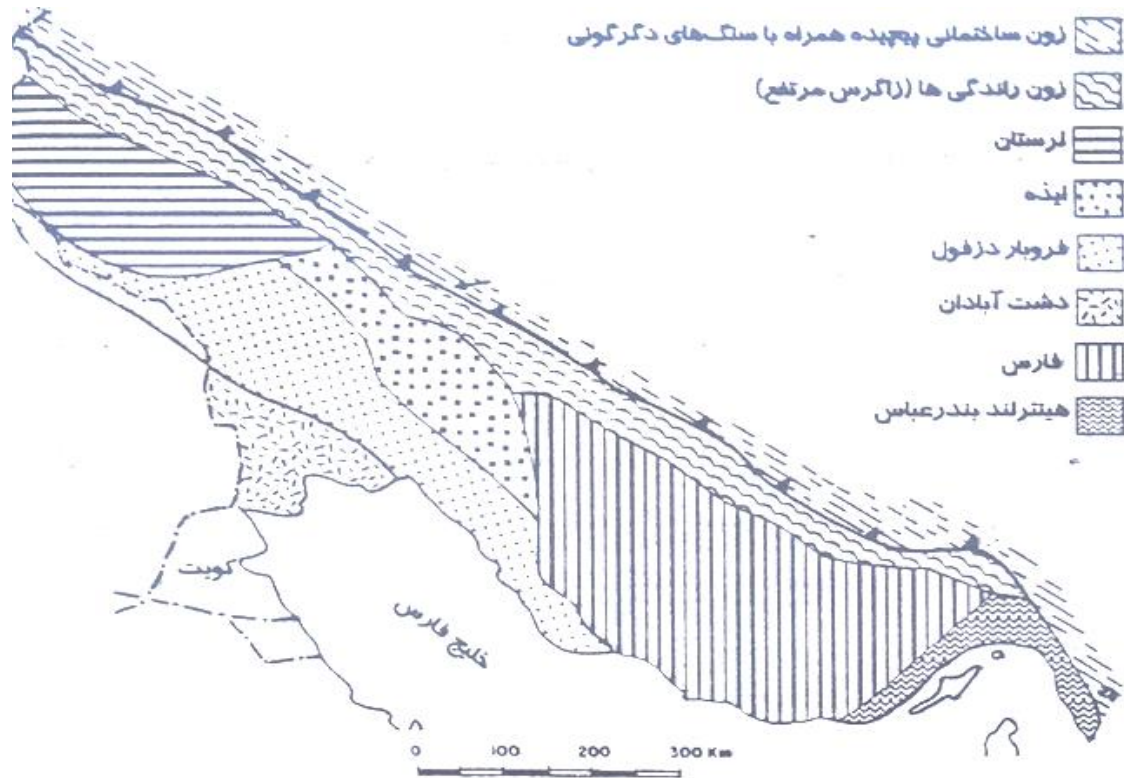
محدوده تقریبی
استان

شکل (۵): پهنه‌های رسوبی - ساختاری عمده ایران (آقاباتی، ۱۳۸۳).

با توجه به محل کانون زمین‌لرزه رویداده، در این بخش به‌طور اجمالی به معرفی ویژگی‌های زمین‌شناسی عمومی و ساختاری پهنه زاگرس پرداخته شده است.

نواحی واقع در شمال و باختر بندرعباس، قسمت جنوب خاوری کوه‌های زاگرس است و از دو زیر پهنه زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده تشکیل شده است. تفاوت عمده این دو زیر پهنه، در بخش مربوط به استان هرمزگان، بیشتر در راستای تفاوت‌های ساختاری است ولی از نظر توالی‌های سنگی تفاوت چندانی ندارند. ردیف‌های نمکی سری نمکی هرمز، را می‌توان

به‌صورت تعداد زیادی گنبد نمکی در شمال و باختر بندرعباس دید. در مجاورت با گنبدها نمکی سری هرمز تغییراتی در روند چین‌ها دیده می‌شود. بیشترین تغییر در مجاورت گسل شمال-جنوبی، میناب دیده می‌شود. در نواحی شمال - شمال باختری و باختر استان هرمزگان عوامل مؤثر در چین‌خوردگی کماکان پویا هستند به‌همین دلیل زمین حرکت‌های رو به بالا دارد که با فشردگی و کوتاه‌شدگی پوسته و در نتیجه تمرکز انرژی همراه است. رها شدن انرژی کم‌وبیش دائمی است به‌همین لحاظ تکان‌های زمین به‌صورت زمین‌لرزه زیاد است که گاهی، با ویرانی زیاد و تلفات انسانی همراه می‌باشد (درگاه پایگاه ملی داده‌های علوم زمین). پهنه زاگرس را می‌توان به ریز پهنه‌های کوچکتری نیز تقسیم کرد (شکل ۶).



شکل (۶): زیر پهنه‌های عمده زاگرس (آقائباتی، ۱۳۸۳).

از نظر زمین‌ساختی هرمزگان بخشی از زاگرس می‌باشد. زاگرس در میان کمربند کوهزایی آلپ-همالیا از جمله کوهزادهای جوان و فعالی است که در اثر برخورد کم‌وبیش شمالی-جنوبی صفحات عربی و اوراسیا به‌وجود آمده است (ورنانت و همکاران، ۲۰۰۴). جزئیات داده‌ها حاکی از گسترش فضایی و مکانی دگرشکلی‌های فعال و رفتار لرزه‌زمین‌ساختی در سراسر کمربند زاگرس است که خود تأییدی بر ساختار ضعیف این کمربند دارد.

باتوجه به‌وقوع احتمالی زمین‌لرزه در یک ناحیه (بربریان، ۱۹۹۵؛ طالبیان و جکسون، ۲۰۰۴) و داده‌های اخیر GPS (تاتار و همکاران، ۲۰۰۲؛ والپرسدورف و همکاران، ۲۰۰۷) میزان همگرایی در سراسر زاگرس، مرتبط با پهنه‌ی چین‌خورده ساده



(Simply Folded Zone:SFZ) می‌باشد که متشکل از سیستم چین‌خورده پیش‌بوم و کمربندهای راندگی است. باتوجه به داده‌های به‌دست آمده از شبکه GPS (تاتار و همکاران، ۲۰۰۲)، کوتاه‌شدگی به‌میزان ۸-۱۰ میلی‌متر بر سال در ناحیه‌ی زاگرس قابل مشاهده است که می‌تواند برابر با ۴۵-۴۰ درصد از کل همگرایی برآورد شده (۲۱ میلی‌متر بر سال) از برخورد صفحات اوراسیا و عربی باشد (ورنانت و همکاران، ۲۰۰۴).

با وجود داده‌های زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی، ابهاماتی در خصوص گسترش دگرشکلی در پوسته‌ی زاگرس وجود دارد. چین‌های غیرعادی که در رشته‌کوه‌های زاگرس دیده می‌شوند به‌طور معمول دلیلی از دگرشکلی ناشی از فشارش شمالی-جنوبی موجود در ۱۰ کیلومتر بالایی پوسته است که توسط رسوبات فانروزوئیک پوشیده شده‌اند. چین‌های گسترش یافته فوق، دارای یک سطح دکولمنت پایه‌ای هستند که در تبخیری‌های سری هرمز (کامبرین زیرین) روی پی‌سنگ کریستالین قرار گرفته‌اند (بربریان، ۱۹۹۵). از سوی دیگر، داده‌های لرزه‌شناسی نشان‌دهنده زمین‌لرزه‌های بزرگ در زاگرس می‌باشد که بیشتر آنها در ژرفای ۸-۱۵ کیلومتر پوسته بالایی تجمع یافته‌اند (جکسون و مکنزی، ۱۹۸۴؛ بکر و همکاران، ۱۹۹۳؛ مگی و همکاران، ۲۰۰۰ و طالبیان و جکسون، ۲۰۰۴).

همچنین مطالعات اخیر بر روی زمین‌لرزه‌های کوچک زاگرس مرکزی (تاتار و همکاران، ۲۰۰۴) نشان‌دهنده‌ی محصور بودن احتمال وقوع زمین‌لرزه در بخش‌های فوقانی پی‌سنگ بلورین، بین اعماق حدود ۸ (پوشش رسوبی) تا حدود ۲۵ کیلومتر، (لایه سائیزموژنیک با ضخامت حدود ۱۵ کیلومتر) می‌باشد.

زاگرس تحت تاثیر دگرشکلی ناشی از فشارهای زمین‌ساختی که حاصل حرکت رو به شمال صفحه عربی و برخورد آن با صفحه‌ی ایران هست، قرار گرفته و دگرشکلی‌ها هم‌راستای ساختارها و شکستگی‌های آلپی، (NE-SE)، و پیش از آلپی، (N-S) هستند، و عملکرد مشترک این دو باعث برآیند نوزمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی و در نتیجه لرزه‌خیزی کنونی زاگرس می‌شود. بیشتر زمین‌لرزه‌های زاگرس در زیر رسوبات چین‌خورده رخ داده و زمین‌لرزه‌های ژرف‌تر و مربوط به زیر پوسته‌ی قاره‌ای به تقریب وجود ندارد.

رابطه میان زمین‌لرزه و زمین‌ساخت زاگرس چین‌خورده بسیار پیچیده است. فالکن (۱۹۶۹)، با توجه به گسترش گنبدهای نمکی و عدم تطابق کانون زمین‌لرزه‌ها با گسل‌های مشخص، گنبدهای نمکی و حرکت آنها را در زمین‌لرزه‌های زاگرس موثر می‌داند. فراوانی زمین‌لرزه‌های زاگرس می‌تواند به علت حرکت گسل‌های شمالی-جنوبی پرکامبرین باشند. ولی این گونه گسل‌ها بر حسب معمول در سطح دارای حرکت‌های نرمال و یا راستالغزند، در حالی که سازوکار زمین‌لرزه‌های ژرف زاگرس، گویای حرکت‌هایی از نوع رورانده است (آقانباتی، ۱۳۸۳).

به‌دلیل وجود لایه‌های نمکی سری هرمز در مرز پی سنگ و پوشش‌های رسوبی رویی آن، بیشتر زمین‌لرزه‌های زاگرس



بدون گسلش سطحی هستند، و برای داشتن گسلش سطحی به یکی از دو عامل، زمین‌لرزه‌های کم ژرفا و یا زمین‌لرزه با بزرگی بیشتر از ۷ نیاز است (بربریان ۱۹۷۶).

سری هرمز انرژی زلزله‌ها را نیز تعدیل می‌کند، و رسوبات گچی- انیدریتی سازنده‌های دالان و دشتک و کنگان و هیث و به‌ویژه گچساران از عامل‌های موثر در کاهش انرژی و جلوگیری از گسلش سطحی هستند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

مطالعه زمین‌لرزه‌های رویداده با بزرگای متوسط تا زیاد در طول قطعات گسلی سازنده گسل پیشانی کوهستان، نشانگر تمرکز رومرکز زمین‌لرزه‌ها در محل انقطاع اثر محوری چین‌ها در سطح زمین می‌باشد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که کانون زمین‌لرزه‌ها در مجاورت نبوده‌های بین قطعه‌ای، قطعات گسلی پی‌سنگی سازنده گسل پیشانی کوهستان قرار دارند (بربریان، ۱۹۹۵).

بربریان (۱۹۹۵)، زاگرس را متشکل از واحدهای مورفوتکتونیکی متعددی می‌داند که با توسعه راندگی‌های اصلی ژرف زیر از هم جدا شده‌اند. وی و بسیاری از پژوهشگران، گسل معکوس اصلی زاگرس را به عنوان زمین‌درز واقع در حد فاصل صفحه ایران مرکزی و صفحه عربستان در نظر گرفته‌اند.

کویی و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی پراکندگی رومرکز و بزرگی زمین‌لرزه‌های کمربند چین‌خورده و رانده زاگرس، دو مدل را برای بخش شمال باختری و جنوب خاوری زاگرس مطرح ساخته‌اند. ایشان برای دو بخش یاد شده، یک سطح جدایش اصطکاکی (به دلیل فقدان یا نازک بودن سازند هرمز) و شکل‌پذیر در نظر گرفته‌اند و زمین‌لرزه‌های کم ژرف آنها نیز به ترتیب به یک یا دو رمپ رانده پیشانی و راندگی فعال موجود در پوشش رسوبی نسبت داده شده‌اند.

علوی (۲۰۰۴)، چینه‌های نئوپروتروزوئیک پایانی تا فانروزوئیک کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس با ستبرای بین ۷ تا ۱۲ کیلومتر را متشکل از ۴ گروه سنگی تشکیل شده در محیط‌های تکتونیک - رسوبگذاری متفاوت می‌داند.

طالبیان و جکسون (۲۰۰۴a)، گسلش سطحی مربوط به زمین‌لرزه‌ها در زاگرس را نادر دانسته و تغییر جهت‌گیری گسل‌ها را در درازای کمربند زاگرس مورد بررسی قرار داده‌اند. در بخش باختری کمربند، همگرایی مایل سبب ایجاد مولفه راستالغز شده و در بخش جنوب خاوری، همگرایی عمودی سبب توسعه گسل‌های رانده شده است. در زاگرس مرکزی، دگرشکلی در گسل‌های راستالغز موازی چرخنده حول محورهای قائم رخ داده و سبب کشش در درازای آنها می‌شود (قرشی و آرین، ۱۳۸۹). زاگرس چین‌خورده، توان لرزه‌خیزی بالایی دارد، ولی داده‌های موجود درباره ژرفای کانون زمین‌لرزه‌ها، وجود یک زون بنیوف را در این ناحیه تاکید نمی‌کند (آقانباتی، ۱۳۸۳).



۳- گسل‌های اصلی در منطقه رویداد زمین‌لرزه

۱-۳ گسل پیش ژرفای زاگرس (Zagros Foredeep Fault, ZFF)

این گسل با درازای چند صد کیلومتر از شمال خاور بندرعباس تا درون خاک کشور عراق امتداد دارد. راستای کلی این گسل شمال باختر- جنوب خاور با شیب به‌سوی شمال خاور است (شکل ۱). سازوکار این گسل معکوس می‌باشد (بربریان، ۱۹۹۵). این گسل جداکننده کمربند پیش ژرفای زاگرس (در شمال و شمال خاوری) از دشت ساحلی زاگرس (در جنوب و جنوب باختری) می‌باشد. این گسل حد شمال خاوری آبرفت‌های دشت ساحلی خلیج فارس را مشخص می‌کند. همچنین فروبار دزفول نیز که بین گسل‌های پیش ژرفای زاگرس در جنوب باختر و گسل پیشانی کوهستان زاگرس در شمال خاور قرار دارد نیز از رسوبات مولاسی سازندهای آغاچاری و بختیاری تشکیل شده است.

این گسل در باختر گسل فعال کازرون- برازجان قرار گرفته است. این گسل در سطح به‌صورت شاخه‌های گسلی رانده یال‌های جنوب باختری چین‌خوردگی‌های منطقه مانند تاقدیس اهواز را قطع کرده است. این گسل یک خط ناپیوسته و کم‌وبیش موازی با گسل پیشانی کوهستان زاگرس است که در ارتفاع چند صد متری بالای سطح دریا قرار دارد. این گسل در امتداد گسل فعال کازرون- برازجان به میزان ۱۵۰ کیلومتر به‌صورت راست‌بُرجابه‌جا شده است (بربریان، ۱۹۹۵).

بربریان (۱۹۹۴) رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی زیر را به فعال شدن این گسل نسبت می‌دهد:

- زمین‌لرزه سال ۲۱۹ هجری شمسی (۸۴۰ میلادی) اهواز با بزرگای ۶/۴ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت (VIII) در مقیاس اصلاح شده‌ی مرکالی؛
- زمین‌لرزه سال ۸۷۶ هجری شمسی (۱۴۹۷ میلادی) هرمز با بزرگای ۶/۴ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت (VIII) در مقیاس اصلاح شده‌ی مرکالی؛
- زمین‌لرزه ۱۲ مهرماه ۱۰۰۱ هجری شمسی (۴ اکتبر ۱۶۲۲ میلادی) بندرعباس با بزرگای بیش از ۶/۵ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت بیش از (VII) در مقیاس اصلاح شده‌ی مرکالی؛
- زمین‌لرزه سال ۱۲۰۶ هجری شمسی (۱۸۲۷ میلادی) زرباطیه (شمال‌باختری مهران در کشور عراق)؛
- زمین‌لرزه ۱۶ آذرماه ۱۲۴۳ هجری شمسی (۷ دسامبر ۱۸۶۴ میلادی) هرمز با بزرگای ۶/۳ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت (VIII) در مقیاس اصلاح شده‌ی مرکالی.

همچنین زمین‌لرزه‌های دستگاهی زیر را می‌توان به این گسل نسبت داد:

- زمین‌لرزه ۱۲ تیرماه ۱۲۸۶ هجری شمسی (۴ ژوئیه ۱۹۰۷ میلادی) بندر عباس با بزرگای ۶ در مقیاس امواج پیکری

(mb)



- زمین‌لرزه ۴ اردیبهشت‌ماه ۱۳۲۸ هجری شمسی (۲۴ آوریل ۱۹۴۹ میلادی) شمال خاوری بندرعباس با بزرگای ۶/۳ در مقیاس امواج سطحی (M_s)؛
- زمین‌لرزه ۱۴ تیرماه ۱۳۲۸ هجری شمسی (۵ ژوئیه ۱۹۴۹ میلادی) شمال خاوری بندر عباس با بزرگای ۵/۵ در مقیاس امواج پیکری (m_b)؛
- زمین‌لرزه ۱۷ آبان‌ماه ۱۳۵۰ هجری شمسی (۸ نوامبر ۱۹۷۱ میلادی) جنوب خاوری بستک با بزرگای ۵/۹ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w)؛
- زمین‌لرزه ۱۸ آذرماه ۱۳۵۰ هجری شمسی (۹ دسامبر ۱۹۷۱ میلادی) شمال خاوری بندرعباس با بزرگای ۵/۸ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w).

این گسل مانند گسل پیشانی کوهستان از قطعات گسلی پنهان مختلفی تشکیل شده است. در گستره خوزستان این راندگی از قطعات گسلی متعدد و ناپیوسته‌ای تحت عنوان گسل‌های اهواز، میش داغ، آغاچاری، مارون و رگ سفید تشکیل شده است.

به‌گمان بربریان (۱۹۹۵) این گسل همانند گسل‌های MFF و HZF گسل ژرفی است که پس از برش پوشش رسوبی پوسته بالایی تا پایین‌ترین بخش‌های پوسته نیز کشیده شده و در محل موهو به پهنه برشی خمیری می‌رسد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۲).

۳-۲- گسل جبهه (پیشانی) کوهستان (MFF)

گسل جبهه کوهستان به‌عنوان مرز زاگرس چین‌خورده ساده با کوهپایه‌ها و دشت ساحلی خلیج فارس تشکیل‌دهنده حد جنوبی برونزد سنگ‌آهک‌های ائوسن-الیگوسن آسماری می‌باشد که با شواهد ساختاری، توپوگرافی، ریخت زمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی مشخص می‌گردد. گسل رانده پوشیده جبهه کوهستان با درازای بیش از ۱۳۵۲ کیلومتر در ایران از قطعات رانده متعددی با طول‌های ۱۵ تا ۱۱۵ کیلومتر تشکیل شده است (شکل ۱).

فرسایش ارتفاعات زاگرس در شمال خاوری این گسل (کمربند چین‌خورده ساده و زاگرس مرتفع) باعث رسوب‌گذاری مواد آواری در کمربند پیش ژرفای زاگرس، در جنوب باختری گسل جبهه کوهستان شده است. میزان جابه‌جایی شاغولی در امتداد این گسل بیش از ۶ کیلومتر تخمین زده می‌شود. گسل جبهه کوهستان در خاور گسل عرضی فعال کازرون-بrazجان در استان فارس و در باختر کبیرکوه در استان لرستان بر منحنی میزان ۵۰۰ متر منطبق می‌باشد و در ارتفاعات بختیاری واقع در بین گسل فعال کازرون-بrazجان در خاور و تاقدیس کبیرکوه در باختر، بر منحنی میزان ۱۰۰۰ متر منطبق می‌باشد. این گسل در هسته تاقدیس‌های نامتقارن با یال‌های جنوب باختری برگشته و برشی شده واقع در لبه جنوب‌باختری کمربند زاگرس



چین خورده ساده قرار دارد. گسل طولی جبهه کوهستان توسط گسل فعال کازرون- برازجان بیش از ۱۴۰ کیلومتر به صورت راست‌بُرجابه‌جا شده است. این میزان جابه‌جایی با ۵۰۰ متر اختلاف ارتفاع در طول گسل جبهه کوهستان همراه بوده است (۵۰۰ متر در خاور و ۱۰۰۰ متر در باختر گسل کازرون- برازجان). مطالعه پهنه‌های مه‌لرزه‌ای زمین‌لرزه‌های روی داده با بزرگای متوسط تا زیاد در طول قطعات گسلی سازنده گسل جبهه کوهستان، نشانگر تمرکز رومرکز زمین‌لرزه‌ها در محل انقطاع اثر محوری چین‌ها در سطح زمین می‌باشد. به عبارت دیگر، به نظر می‌رسد که کانون زمین‌لرزه‌ها در مجاورت نبوده‌های بین قطعه‌ای، قطعات گسلی پی‌سنگی سازنده گسل جبهه کوهستان قرار دارند.

به‌طور مثال رو مرکز زمین‌لرزه ۴۳۱ هجری شمسی (۱۰۵۲ میلادی) با بزرگای برآورد شده ۶/۸ در مقیاس امواج سطحی (Ms)، زمین‌لرزه ۴۶۴ هجری شمسی (۱۰۸۵/۰۵ میلادی) با بزرگای برآورد شده ۵/۸ در مقیاس امواج سطحی (Ms)، زمین‌لرزه ۱۲۶۲/۰۷/۲۴ هجری شمسی (۱۸۸۳/۱۰/۱۶ میلادی) با بزرگای برآورد شده ۵/۸ در مقیاس امواج سطحی (Ms)، زمین‌لرزه ۱۳۰۸/۰۴/۲۴ هجری شمسی (۱۹۲۹/۰۷/۱۵ میلادی) با بزرگای ۶/۳ در مقیاس امواج پیکری (mb)، زمین‌لرزه ۱۳۲۸/۱۰/۲۹ هجری شمسی (۱۹۵۰/۰۱/۱۹ میلادی) با بزرگای ۵/۸ در مقیاس امواج پیکری (mb)، زمین‌لرزه ۱۳۵۷/۰۹/۲۳ هجری شمسی (۱۹۷۸/۱۲/۱۴ میلادی) با بزرگای ۶/۲ در مقیاس امواج سطحی (Ms)، زمین‌لرزه ۱۳۶۷/۰۱/۱۰ هجری شمسی (۱۹۸۸/۰۳/۳۰ میلادی) با بزرگای ۵/۹ در مقیاس امواج گشتاوری (Mw) و زمین‌لرزه ۱۳۷۰/۰۸/۱۳ هجری شمسی (۱۹۹۱/۱۱/۰۴ میلادی) با بزرگای ۵/۶ در مقیاس امواج سطحی (Mw) تأییدکننده این مطلب می‌باشند. سازوکار ژرفی این زمین‌لرزه‌ها بیشتر یک راندگی را با صفحات گرهی موازی با ساختارهای زمین‌شناختی و گسل جبهه کوهستان نشان می‌دهند (بربریان، ۱۹۹۵).

بربریان (۱۹۹۴) رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی زیر را به گسل جبهه کوهستان زاگرس نسبت می‌دهد:

- زمین‌لرزه ۱۱۰۰ سال پیش، سیمره که با بزرگای برآورد شده ۷ در مقیاس امواج گشتاوری (Mw) و شدت ۹ در مقیاس مرکالی ($I_0=IX$) باعث رویداد ابر زمین‌لغزش سیمره گردید؛
- زمین‌لرزه ۲۵۱/۰۴/۰۲ هجری شمسی (۸۷۲/۰۶/۲۲ میلادی) دره شهر با بزرگای برآورد شده ۶/۷ در مقیاس امواج گشتاوری (Mw) و شدت ۸ در مقیاس مرکالی ($I_0=VIII^+$)؛
- زمین‌لرزه بهار ۳۳۷ هجری شمسی (۹۵۸/۰۴ میلادی) سرپل ذهاب با بزرگای ۶/۳ برآورد شده در مقیاس امواج گشتاوری (Mw) و شدت ۸ در مقیاس مرکالی ($I_0=VIII$)؛
- زمین‌لرزه ۳۵۷/۰۳/۲۷ هجری شمسی (۹۷۸/۰۶/۱۷ میلادی) سیراف با بزرگای برآورد شده ۵/۳ در مقیاس امواج گشتاوری (Mw) و شدت ۷ در مقیاس مرکالی ($I_0=VII$)؛

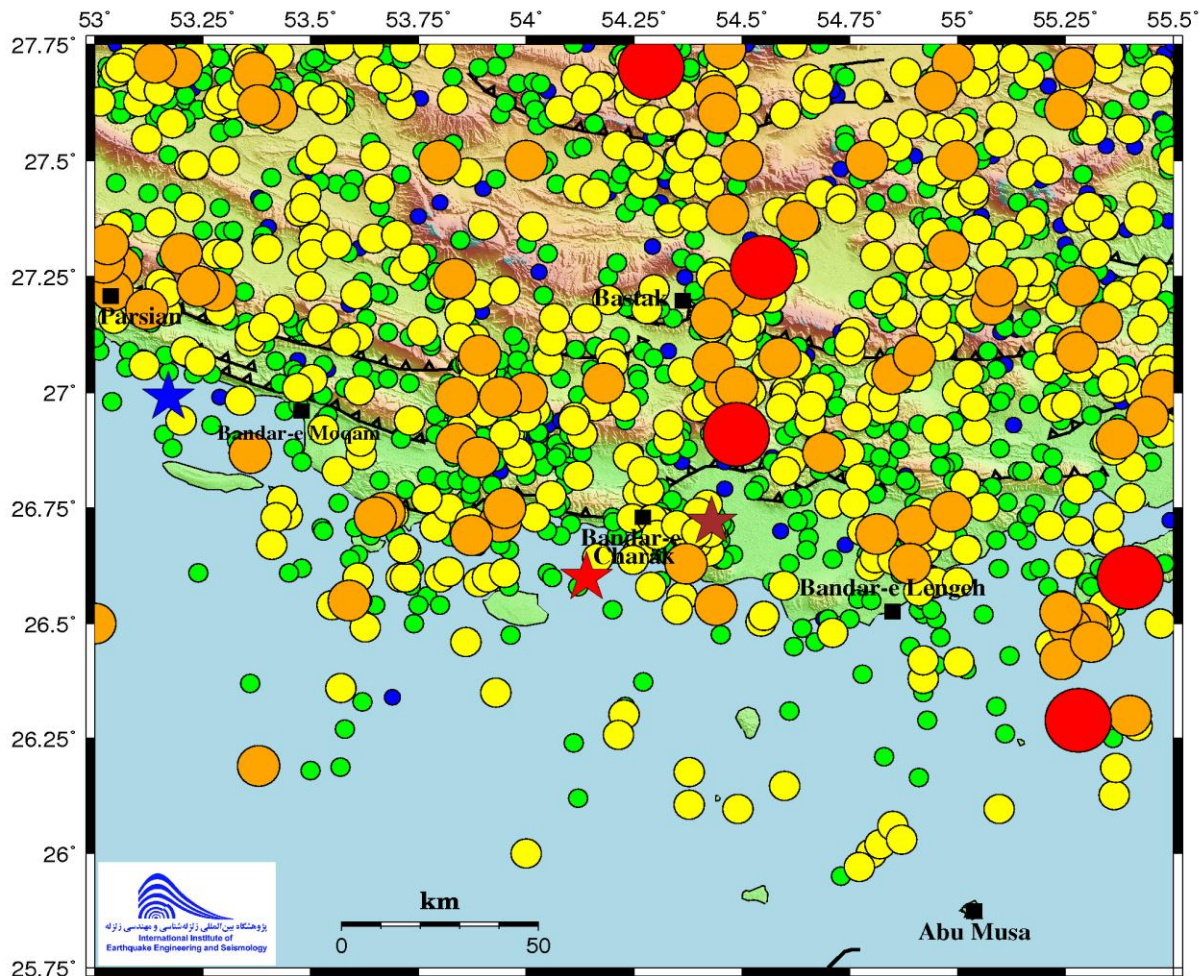


- زمین‌لرزه بهار ۳۸۷ هجری شمسی (۱۰۰۸ میلادی) سیراف با بزرگای برآورد شده ۶/۴ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۸ در مقیاس مرکالی ($I_0=VIII$)؛
- زمین‌لرزه ۴۳۱ هجری شمسی (۱۰۵۲ میلادی) ارجان با بزرگای برآورد شده ۶/۷ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۸ در مقیاس مرکالی ($I_0=VIII^+$)؛
- زمین‌لرزه ۴۶۴ هجری شمسی (۱۰۸۵/۰۵ میلادی) ارجان با بزرگای برآورد شده ۵/۷ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۷ در مقیاس مرکالی ($I_0=VII^+$)؛
- زمین‌لرزه ۵۲۹/۰۱/۱۱ هجری شمسی (۱۱۵۰/۰۴/۰۱ میلادی) حلوان با بزرگای برآورد شده ۵/۸ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۷ در مقیاس مرکالی ($I_0=VII^+$)؛
- زمین‌لرزه ۵۵۸/۰۲/۰۸ هجری شمسی (۱۱۷۹/۰۴/۲۹ میلادی) اربیل با بزرگای برآورد شده ۶/۵ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۸ در مقیاس مرکالی ($I_0=VIII$)؛
- زمین‌لرزه حدود سال ۹۵۲ هجری شمسی (۱۵۷۳ میلادی) شهرزور با بزرگای برآورد شده ۶/۸ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۹ در مقیاس مرکالی ($I_0=IX$)؛
- زمین‌لرزه سال ۱۲۴۴ هجری شمسی (۱۸۶۵ میلادی) مقام با بزرگای برآورد شده ۵/۵ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۷ در مقیاس مرکالی ($I_0=VII$)؛
- زمین‌لرزه ۱۲۶۲/۰۷/۲۴ هجری شمسی (۱۸۸۳/۱۰/۱۶ میلادی) کنگان با بزرگای برآورد شده ۵/۷ در مقیاس امواج گشتاوری (M_w) و شدت ۷ در مقیاس مرکالی ($I_0=VII^+$)؛

۴- پیشینه لرزه‌خیزی منطقه

در حالی که بیشتر لرزه‌خیزی روی گسل‌های نهفته معکوس زیر یا درون پوشش رسوبی چین‌خورده و ضخیم رخ می‌دهند، گسلش سطحی به نقشه درآمده در زاگرس بسیار نادر است بنابراین توزیع زمین‌لرزه‌ها اطلاعاتی حیاتی در مورد محل گسل‌های فعال در عمق فراهم می‌کند. باید توجه نمود که در اصل بخش بزرگی از راندگی روی گسل‌هایی اتفاق می‌افتد که هنوز به نقشه در نیامده‌اند.

در بازه ۱۰۰ سال اخیر حدود ۱۴۲۶ زمین‌لرزه (تا تاریخ ۴ تیرماه ۱۴۰۱) در گستره حدود ۱ درجه در ۱ درجه اطراف کانون زمین‌لرزه ثبت شده است (شکل ۷) که ۹۱ مورد از آنها دارای بزرگای بیشتر و مساوی ۵ است. این نشان‌دهنده لرزه‌خیزی بسیار بالا در منطقه می‌باشد. بزرگ‌ترین این زمین‌لرزه‌ها، زمین‌لرزه ۹ آبان‌ماه ۱۳۳۵ هجری شمسی (۳۱ اکتبر ۱۹۵۶ میلادی) شمال خاوری بستک با بزرگای ۶/۳ در مقیاس امواج سطحی (M_s) می‌باشد.



1426 events during 1922/06/14 to 2022/06/25				
Magnitude				
M<3	3<=M<4	4<=M<5	5<=M<6	6<=M<7
N=125	N=756	N=547	N=83	N=5

شکل (۷): لرزه‌خیزی ۱۰۰ ساله اخیر در گستره حدود ۱ درجه در ۱ درجه اطراف کانون زمین‌لرزه‌ها (ستاره قرمز رنگ، زمین‌لرزه ۴ تیرماه ۱۴۰۱ شمال خاوری کیش، ستاره قهوه‌ای رنگ، زمین‌لرزه ۲۵ خردادماه خاور بندر چارک و ستاره آبی رنگ، زمین‌لرزه ۱ تیرماه ۱۴۰۱، بخت‌ر بندر مقام را نشان می‌دهند) (اطلاعات زمین‌لرزه‌ها برگرفته از وب‌سایت پژوهشگاه).



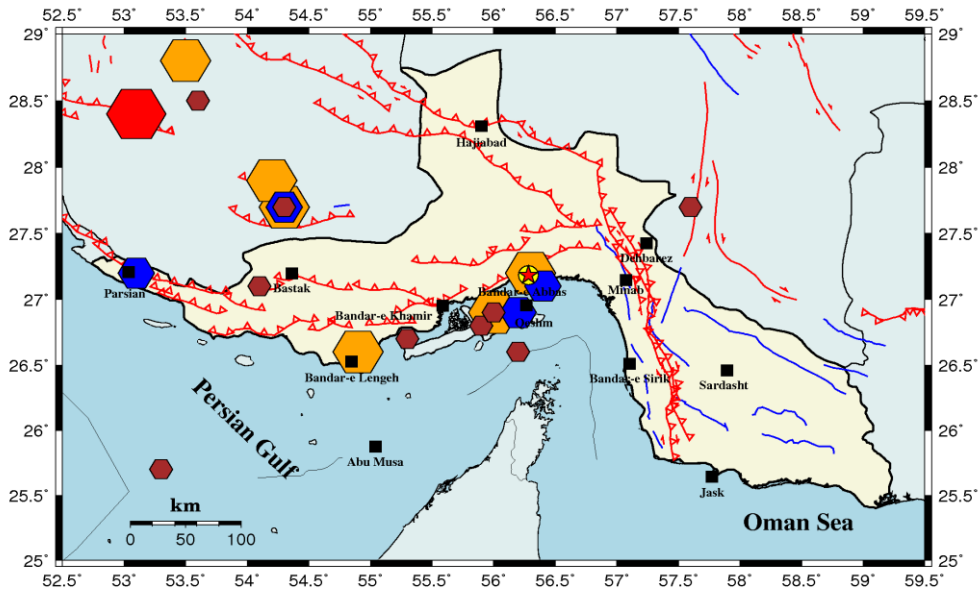
استان هرمزگان و مناطق هم‌جوار آن با داشتن گسل‌های جنب‌و‌بنیادی (گسل پیشانی کوهستان زاگرس، گسل پیش ژرفای زاگرس، گسل زاگرس مرتفع، گسل اصلی معکوس زاگرس، گسل میناب و ...)، ۲۰ زمین‌لرزه تاریخی و ۵۹۱۸ زمین‌لرزه دستگاهی یکی از لرزه‌خیزی‌ترین مناطق کشور است.

بیشتر شهرهای این استان از نظر خطر لرزه‌ای در درجه بالا خطر قرار دارند. در ۱۲ سال اخیر ۳۵۹ رویداد لرزه‌ای مساوی و بیشتر از ۵ در استان و مناطق هم‌جوار رخ داده است که تعداد قابل ملاحظه می‌باشد و نشانه لرزه‌خیزی بسیار بالا این استان است. از این تعداد رویداد لرزه‌ای، ۲۹ رویداد لرزه‌ای دارای بزرگای مساوی و بیشتر از ۶ هستند. از نظر موقعیت مکانی این زمین‌لرزه‌های با بزرگای ۶ و بیشتر در پیرامون شهرهای بندرعباس، حاجی‌آباد، قشم، سردشت و بستک رخ داده‌اند. با توجه به لرزه‌ای بسیار بالا این استان لازم است علاوه بر افزایش تعداد ایستگاه‌های لرزه‌نگاری در سطح استان، مطالعات دقیق‌تر و جامع زلزله‌شناسی و مطالعات پهنه‌بندی لرزه‌ای در این استان انجام شود. همچنین به مقاوم‌سازی ساختمان‌ها و سازه‌های دیگر توجه خاصی صورت گیرد (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۴).

۴-۱- زمین‌لرزه‌های تاریخی

برای شناخت الگوی لرزه‌خیزی بلندمدت در گستره استان، بررسی داده زمین‌لرزه‌های تاریخی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زمین‌لرزه‌های تاریخی به‌طور کامل دقیق و صحیح نمی‌باشند. این داده‌ها از کتب تاریخی، نشریات و متون علمی جمع‌آوری شده‌اند؛ بنابراین بزرگی، شدت و موقعیت رومرکز این زمین‌لرزه‌ها دارای خطای زیاد می‌باشند. رویداد زمین‌لرزه‌های تاریخی بسیار دور، یعنی رویدادهایی که به زمان پیش از میلاد مسیح ارجاع داده می‌شوند با عدم قطعیت زیادی در زمان و مکان همراهند؛ اما با تمام اوصاف فوق‌الذکر، اطلاعات موجود از وضعیت زمین‌لرزه‌های زمان‌های دور (قبل از ۱۹۰۰ میلادی) کمک شایانی در ارائه مدلی از تکرار مجدد زمین‌لرزه‌هایی که دارای دوره بازگشت طولانی هستند، می‌باشد و بنابراین نقش مهمی در برآورد احتمال وقوع زمین‌لرزه‌های آتی خواهند داشت.

توزیع مکانی زمین‌لرزه‌های تاریخی پیش از ۱۹۰۰ میلادی در گستره استان هرمزگان و مناطق پیرامون آن در شکل (۸) و جدول (۱) آورده شده است. در محدوده موردنظر ۲۰ زمین‌لرزه تاریخی در بازه زمانی پیش از سال ۱۹۰۰ میلادی گزارش شده است.



Historical Earthquakes of Hormozgan Province

20 events before 1900			
Magnitude			
Unknown	$5 \leq M < 6$	$6 \leq M < 7$	$7 \leq M < 8$
N=9	N=4	N=6	N=1

شکل (۸): توزیع زمین‌لرزه‌های تاریخی استان هرمزگان و مناطق پیرامون آن. ستاره: مرکز استان، مربع‌های مشکی‌رنگ: شهرهای مهم استان، چندضلعی‌ها: زمین‌لرزه‌های تاریخی را نشان می‌دهد.

جدول (۱): زمین‌لرزه‌های تاریخی (قبل از ۱۹۰۰ میلادی) در گستره استان هرمزگان و مناطق پیرامون آن.

Year	Month	Day	Hour	Long.	Lat.	i_0	r_0	r	Magnitude		q	Ref.
1306				56.20	26.60							AMB
1360				55.90	26.80							AMB
1361				56.20	26.90	3			Ms	5.3	c	AMB
1400				54.30	27.70	3			Ms	5.3	c	AMB
1440				53.10	28.40	1			Ms	7.1	b	AMB
1482	11	3		53.30	25.70							BER
1497				56.30	27.20	2			Ms	6.5	c	AMB
1593	9			54.30	27.70	2			Ms	6.5	b	AMB
1622	10	4	12	56.40	27.10	3		100			b	AMB
1677				54.20	27.90	2		260	Ms	6.4	b	AMB
1703				54.90	26.60			300	Ms	6.8	c	AMB
1766				54.30	27.70	3					e	AMB
1808	2	23		53.60	28.50	3		100			c	AMB
1829	3		18	55.30	26.70	4					d	AMB
1849				57.60	27.70	3					c	AMB
1865				53.10	27.20	2	6	100	Ms	5.6	b	AMB
1880	8		12	54.10	27.10	3	15	130			a	AMB
1884	5	19	24	56.00	26.90	3	12	120			a	AMB
1890	3	25		53.50	28.80	2	14	250	Ms	6.4	a	AMB
1897	1	10	21	56.00	26.90	2		250	Ms	6.4	b	AMB



مفهوم نشانه‌های به کار رفته در جدول (۱):

- q = کیفیت تعیین جای رو مرکز مهلزهای
 - a = تعیین رومرکز با دقت خوب. اطلاعات کافی، گواه تاریخی بر گسلش.
 - b = دقت متوسط، تعیین محل با استفاده از گواه‌هایی که مبنی بر وجود بیشینه شدت در یک محل یا دهستان.
 - c = تعیین محل تنها بر پایه گواه‌هایی مبنی بر رویداد زمین‌لرزه‌ای با شدت بالا که از یک محل یا شهر گزارش شده.
 - d = زمین‌لرزه به‌طور محلی حس شده یا زمین‌لرزه با داده‌های ناکامل.
 - e = محل بسیار تقریبی زمین‌لرزه‌ها، به‌طور احتمال رویدادهای بزرگ با جزئیات ناکافی.
 - r = شعاع دریافت‌پذیری برحسب کیلومتر
 - r_o = شعاع منطقه کلان‌لرزه‌ای برحسب کیلومتر.
 - i_o = شدت زمین‌لرزه (که توضیحات آن در زیر آمده است).
- در جدول (۱) نماد i_o یک مقیاس بسیار ساده‌ای برای شدت زمین‌لرزه می‌باشد (آمرسیز و ملویل، ۱۹۸۲). این مقیاس تنها پنج درجه دارد، این پنج درجه عبارتند از:

- درجه (۱): ویرانی کامل همه‌ی سازه‌ها به همراه کشته شدن شمار زیادی از مردم و تلفات کلی دام‌ها؛
- درجه (۲): ویرانی همه خانه‌ها و بسیاری از ساختمان‌های همگانی با تلفات انسانی بسیار و از میان رفتن شماری دام؛
- درجه (۳): ویرانی بسیاری از خانه‌ها و کشته شدن شمار اندکی از مردم؛
- درجه (۴): ویرانی شمار اندکی از خانه‌ها و شکاف برداشتن ساختمان‌های همگانی بدون تلفات انسانی؛
- درجه (۵): حس شدن زمین‌لرزه در گستره‌ای وسیع و ایجاد نگرانی و هراس همگانی.

منابع

- آقائباتی، ع. (۱۳۸۳). زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- آمرسیز، ن.، ملویل، چ. پ. (۱۹۸۲). تاریخ زمین‌لرزه‌های ایران، ترجمه: ابوالحسن رده، انتشارات آگاه، ۱۳۷۰.
- بخش جستجوی زمین‌لرزه‌های ایران وبسایت پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، www.iiies.ac.ir.
- اسلامی، آ. و تقابنی، م. (۱۴۰۱). گزارش مقدماتی زمین‌لرزه ۲۵ خردادماه ۱۴۰۱، خاور بندرچارک استان هرمزگان با بزرگای محلی ۵/۳ (ویرایش ۱)، وبسایت پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- اسلامی، آ. و تقابنی، م. (۱۴۰۱). گزارش مقدماتی زمین‌لرزه ۱ تیرماه ۱۴۰۱، باختر بندر مقام استان هرمزگان با بزرگای محلی ۵/۴ (ویرایش ۱)، وبسایت پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- اسلامی، آ.، محمودی کوهی، ع. و یمینی فرد، ف. (۱۳۹۴). بررسی لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت در پهنه استان هرمزگان و اهمیت ایستگاه‌های لرزه‌نگاری باند پهن، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، گزارش داخلی پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- حسامی آذر، خ، طبسی، ه. و مبین، پ. (۱۳۹۱). نسخه جدید گسل‌های جنوب ایران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.



• حسامی آذر، خ. جمالی، ف. و طبسی، ه. (۱۳۸۲). نقشه گسل‌های فعال ایران، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.

• درگاه پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، www.ngdir.ir.

• شیخ‌الاسلامی، م.ر، جوادی، ح.ج، اسدی سرشار، م.، آقا حسینی، ا.، کوه‌پیما، م. و وحدتی دانشمند، ب. (۱۳۹۲). دانشنامه‌ی گسله‌های ایران، پژوهشکده علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

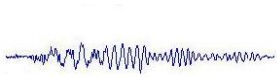
• قرشی، م. و آری، م. (۱۳۸۹). تکتونیک ایران. ناشرمریج آبی.

• وب‌سایت پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، به نشانی <http://www.iiees.ac.ir/fa/>

• وب‌سایت مرکز لرزه‌نگاری ایران به نشانی <http://irsc.ut.ac.ir>

• وب‌سایت مرکز تحقیقات آلمان در علوم زمین به نشانی <http://geofon.gfz-potsdam.de/>

- Alavi M., (2004). Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution, Am. J. Sci., 304: 1–20.
- Baker, C., Jackson, J., Priestley, K., (1993). Earthquakes on the Kazerun line in the Zagros Mountains of Iran: Strike-slip faulting within a fold-and-thrust belt, Geophys. J. Int., 115, 41-61.
- Berberian, M. (1995). Master “blind” thrust faults hidden under the Zagros folds; active basement tectonics and surface morphotectonics, Tectonophysics 241, 193 – 224.
- Berberian M. (1976). Contribution to the seismotectonics of Iran (Part II), Report No.39, Geological Survey of Iran.
- Falcon, N. L. (1969). Problem of the relationship between surface structures and deep displacements illustrated by the Zagros range: Time and place in orogeny, Geological Society Special Publications, V. 4, P. 9-22.
- Jackson, J. A. and McKenzie, D.P., (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan, Geophys. J. R. Astr. Soc., 77, 185-264.
- Maggi, A., Jackson, J. A., Priestley, K., and Baker, C., (2000). A re-assessment of focal depth distributions in southern Iran, Tien Shan and northern India: do earthquakes really occur in the continental mantle?, Geophys. J. Int., 143, 629-661.
- Talebian, M. & Jackson, J. (2004). A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in the Zagros mountains of Iran, Geophys. J. Int., 156, 506–526.
- Tatar, M., Hatzfeld, D., and Ghafori-Ashtiany, M. (2004). Tectonics of the Central Zagros (Iran) deduced from microearthquake seismicity, Geophysical Journal International, 156, 255-266.
- Tatar, M., Hatzfeld, D., Martinod, J., Walpersdorf, A., Ghafori-Ashtiany, M., & Chéry, J., (2002). The present-day deformation of the central Zagros (Iran) from GPS measurements, Geoph. Res. Lett., Vol. 29, No. 19, pp. 1927-1930.



- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D. (2004). Present-day crustal deformation and plate kinematics in The Middle East constrained by GPS measurements in Iran and Northern Oman, *Geophysical Journal International*, V. 157, P. 381-398.
- Walpersdorf, A., D. Hatzfeld, Nankali H., Tavakoli F., Nilforoushan F., Tatar M., Vernant P., Chéry J. and Masson F., (2007). Difference in the GPS deformation pattern of North and Central Zagros (Iran), *Geophys. Journal Int*, 167, 1077-1088.