

پژوهشی بر جنبش های نو زمین ساختی و میدان تنش در پهنه گذار میان مکران و زاگرس

*محمدرضا عباسی، استادیار گروه لرزه زمین ساخت پژوهشکده زلزله شناسی پژوهشگاه
*اسماعیل شبانین، کارشناس گروه لرزه زمین ساخت پژوهشکده زلزله شناسی پژوهشگاه
*شهریار سلیمانی، کارشناس گروه لرزه زمین ساخت پژوهشکده زلزله شناسی پژوهشگاه
*خلیل الله فقهی، عضو هیأت علمی گروه لرزه زمین ساخت پژوهشکده زلزله شناسی پژوهشگاه
Mercier, J. M., Bellier, O., Regard, V., Thomas, J. C. Universite de Paris-Sud (Orsay)

۱- چکیده

می دانند. در نتیجه، تمام تحولات زمین ساختی که در نهشته های بختیاری و هم ارز آن صورت گرفته است رامی توان در این زمره دانست. منطقه مورد پژوهش در برخورد دو پهنه تکتونیکی قرار گرفته است که می توان آن را پهنه گذار بین منطقه برخوردی زاگرس و منطقه فرورانشی مکران دانست. واحدهای نسبتاً جوانی که توسط گسلهای مهم چون گسل زندان بریده شده اند دارای واحدهای آغاچاری و بختیاری با سن میو- پلیوسن و پلیستوسن، بالایی و جوانتر هستند [۸].

سازند آغاچاری متشکل از ماسه سنگهای ریزدانه تا درشت دانه با رنگهای خاکستری تا قهوه ای است که گاهی دارای لایه های ماسه سنگی- مارنی و یا مارن و سیلت می باشد. از ساختارهای رسوبی موجود در این سازند، می توان به طور مشخص از لایه بندی چلیپایی نام برد. بر روی این سازند، لایه های جوانتر بختیاری با یک ناپیوستگی قرار می گیرند که عمدتاً متشکل از قلوه سنگ تا ماسه سنگ و نسبتاً روشنتر از واحد پیشین هستند. مطالعه در مورد این منطقه توسط گروه مشترک ایرانی و فرانسوی متشکل از زمین شناسان و باستان شناسان دیرینه سنگی در سالهای ۷۴ و ۷۵ میلادی یکی از اولین پژوهشهای نو زمین ساختی محسوب می شود که در دنیا صورت گرفته است. این پژوهش متأسفانه به علت مرگ ناگهانی سرگروه باستان شناسی در آن زمان فرصت انتشار نیافت و تا امسال متوقف ماند. مطالعات نو زمین ساختی هم اکنون در این منطقه در

منطقه مورد مطالعه، بخشی از منطقه گذار بین دو رژیم زمین ساختی مکران (فرورانش) و زاگرس (راندگی) را در بر می گیرد. روند ساختارها دارای جهت NNW و به صورت عمده از واحدهای جوان زاگرس تشکیل شده است. این واحدها توسط گسلهای فعالی چون زندان، میناب و پالامی بریده شده اند. جهت تنش به دست آمده از طریق ساختارها تقریباً عمود بر روند غالب NNW گسلها قرار می گیرد. برداشتهای صحرایی مؤید این نظر است که دگرشکلی اعمال و انباشته شده در منطقه، در امتداد گسلهای اصلی به صورت متناوب در امتداد گسلهای امتدادلغز و راندگی جذب می شود. تمام شواهد حاکی از آن است که منطقه گذار بین زاگرس و مکران یک ناحیه فشردگی- برشی راستگرد است و اثری از بخش شدن دگرشکلی در این منطقه وجود ندارد. **کلید واژه ها:** نو زمین ساخت، میدان تنش، سطوح ژئومورفیک.

۲- مقدمه

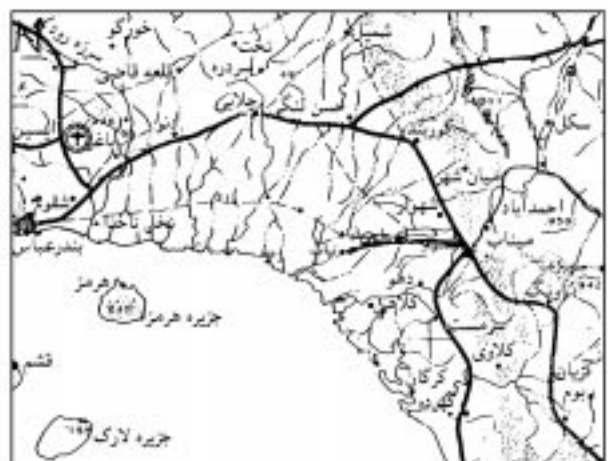
نو زمین ساخت به بخشی از پژوهشهای علم زمین ساخت اطلاق می شود که ساختارهای موجود در پوسته زمین را در دوره ای مشخص در بر می گیرد. در مورد زمان تشکیل این ساختارها پژوهشگران اتفاق نظر ندارند. برخی از پژوهشگران دانش زمین شناسی معتقدند که مطالعات نو زمین ساخت شامل ساختارهای موجود در پوسته زمین می شود که از زمان نئوژن تاکنون شکل گرفته اند؛ اما، برخی دیگر این مطالعات را از نظر زمانی محدود به پلیو- پلیستوسن تا زمان کنونی

دست اجراست که امید است با همکاری باستان شناسان ایرانی کامل شود.

۱-۲- زمین ساخت

منطقه گسلهایی که دو گستره زمین ساختی مذکور را از هم جدا می کنند به طور عمومی دارای روند شمالی- جنوبی با شیبهای متفاوت هستند. در دهه های میانی ۷۰ میلادی محققین بر این عقیده بودند که گسل میناب شاخه ای از گسل *Main Recent Fault* است. این اشتباه به دلیل سازوکار یکسان هر دو گسل مذکور صورت گرفته بود. با حرکت از طرف میناب به سوی شرق، شیب لایه بندبهای واحد آغاچاری بیشتر می شود. لایه بندبهای این افق دارای شیبی به سوی غرب هستند. با نزدیک شدن به پهنه مکران ملاحظه می شود که واحدهای فلیش و آمیزه های رنگین پهنه مکران بر روی واحدهای زاگرس رانده شده اند. جهت این راندگی از سوی شرق به طرف غرب و شیب راندگی از شیبهای تند تا نزدیک به افق متغیر است [۲].

جاده شمالی- جنوبی میناب (پس از سه راهی بندرعباس- رودان- میناب) از امتداد غربی ترین گسل منطقه می گذرد. این گسل جداکننده کوه و دشت است (شکل ۱). اندازه گیری در امتداد این گسل مبین یک گسل با شیب ۷۰ درجه به سمت شرق است که واحدهای آغاچاری و بختیاری را از آبرفت جدا می کند. خش لغزهای موجود بر روی این گسله با افتادگی (*Pich*) ۷۰ درجه نشانه یک سازوکار واژگون با مؤلفه افقی راستگرد و نسبت حرکات عمودی به افقی آن ۳ به ۱ است. میان شرقی ترین گسل که جدا کننده پهنه مکران از واحدهای زاگرس است و غربی ترین آن که در امتداد جاده میناب قرار دارد، سازوکار گسله ها از امتداد لغز تا مورب لغز واژگون با مؤلفه راستگرد متغیرند؛ از این رو، دگر شکلی اعمال شده در پهنه گذار مکران به زاگرس، توسط حرکات افقی و عمودی در امتداد گسلهای تقریباً



شکل (۱): جاده بندرعباس، میناب و رودان

شمالی- جنوبی جذب می شود. جهات تنش به دست آمده از اندازه گیری بر روی گسلهای اصلی با روند گسلهای اصلی، زاویه حدود ۹۰ درجه می سازند که می تواند یافته مهمی برای توضیح سازوکارهای فعلی گسلهها باشد؛ از این رو، می توان زمین ساخت حاکم بر این منطقه را از نوع فشاری- برشی دانست. این پهنه فشاری- برشی که توسط گسلهای مختلف تقریباً شمالی- جنوبی متأثر شده، باعث فرازگیری واحدهای آغاچاری و بختیاری شده است. بازتاب این حرکات را می توان در پیدایش پادگانه های آبرفتی به چشم دید.

۳- عوارض نو زمین ساختی

روند فرازگیری در مناطقی که زمین ساخت فعال دارند با ظهور عوارض مشخص همراه است که مهمترین ویژگی آن پیشی گرفتن آهنگ حرکات عمودی و افقی نسبت به آهنگ فرسایشی است. حرکات عمودی را می توان توسط پادگانه های آبرفتی شناسایی کرد. در این صورت، باید فرازگیری عمومی منطقه را نیز در نظر گرفت. به عبارت دیگر، آهنگ حفر عمودی آبراهه ها را نیز به حساب آورد. ظاهر شدن پادگانه های آبرفتی می تواند هم بر اثر عملکرد زمین ساخت فعال در امتداد گسلهها و هم بر اثر تغییرات آب و هوایی باشد. در این صورت باید حتماً منشأ حرکات شاقولی پادگانه های آبرفتی تمیز داده شود. اگر علت فرازگیری پادگانه ها زمین ساختی باشد باید حرکات عمودی و افقی را با توجه به سازوکار گسلهایی که در این امر نقش داشته اند، تفسیر کرد. سطوح زمین ریختی (*Geomorphic*) که در ناحیه برخوردی بین مکران و زاگرس پدیدار شده اند کاملاً منشأ زمین ساختی دارند و در رابطه مستقیم با سازوکار گسله ها می باشند. این سطوح زمین ریختی در رسوبات آغاچاری تا عهد حاضر قابل تشخیص هستند. از سه راهی بندرعباس- رودان- میناب به سوی میناب در کنار جاده، این سطوح بوضوح تشخیص داده می شوند. در بخش شرقی جاده، سری های چین خورده نئوژن و بختیاری دیده می شوند که با گسلهای شمال- شمال غربی که بخشهای کوهستانی با ارتفاع حداکثر ۳۰۰ متر را از بخش آبرفتیهای جوان جدا می کنند، دیده شده اند. با توجه به افزایش دگرشکلی از سوی غرب به سوی شرق و جریان شرق به غرب شبکه آبراهه ها و نیز روند شمالی- جنوبی گسلهها، آهنگ فرازگیری باید از مقدار قابل توجهی برخوردار باشد. شبکه های زهکشی این منطقه دره های خویش را عمود بر روندهای زمین ساختی و ارتفاعات حفر کرده اند. این روندها قدیمی تر از حرکات زمین ساختی می باشند و وجود آنها شاهدی

۴- وضعیت تنش نو زمین ساختی

جهت تنش نو زمین ساختی با استفاده از دو روش و دو نوع داده متفاوت تعیین و پردازش آنها در دانشگاه پاریس انجام شده است. در این مقاله، تنها بخشی از این اطلاعات ارائه می‌شوند. در اولین روش داده‌های زمین ساختی شامل صفحه گسل و خش لغزهای مربوط به آن مورد استفاده قرار گرفتند و در روش دوم از حل سازوکار کانونی زمین لرزه‌ها استفاده شد. از سال ۱۹۷۴ میلادی که روشهای برگشتی (*Inverse Methods*) برای تعیین جهت تنش به کار گرفته شده اند تا امروز برنامه‌های رایانه‌ای زیادی بر اساس این روش تدوین شده است. در روش برگشتی فرض بر این است که خش لغزها جهت حداکثر نیروی برشی را نشان می‌دهند [۵]. در علوم مهندسی معمولاً با آگاهی از جهت تنش، صفحاتی که حداکثر نیروی برشی بر آنها اعمال خواهد شد محاسبه می‌شوند؛ اما، در زمین ساخت با داشتن حداکثر جهت برش هدف این است که به جهت تنش اولیه که مسبب این حرکات شده اند دست یابند. در این روش، محاسبات برعکس حالت اول صورت می‌گیرند؛ از این رو، به آن روش برگشتی اطلاق می‌شود. اندازه گیریهایی که در چهار ایستگاه در امتداد گسلهای زندان، دراز و پالامی... در سنگهای نئوژن تا رسوبات کواترنر صورت گرفته است در این مقاله آورده شده است. در این پژوهش از دوروش برای تعیین جهت تنش استفاده شده است. در روش زمین ساختی (بسته به جایگاه ایستگاهها) وضعیت جهت تنش از شمالی- جنوبی تا $N60$ درجه متغیر است (شکل ۳، ایستگاههای ۱ تا ۷).

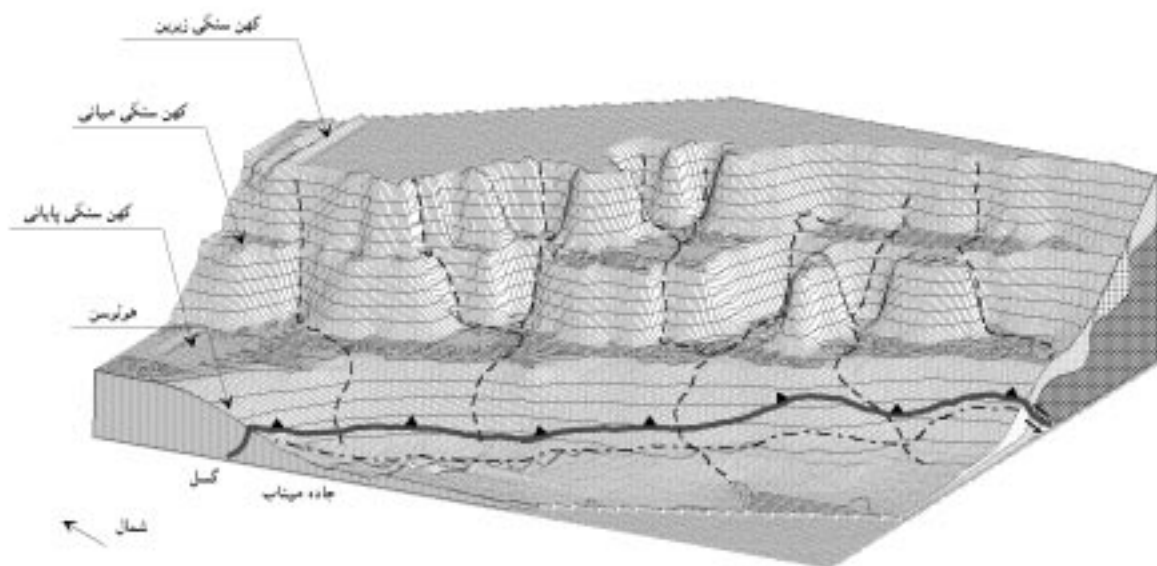
برای فعالیت مناطق زمین ساختی است. از سوی دیگر، وجود این روندها شرایط مناسبی (سطوح ژئومورفیک) برای زیست انسان نخستین در زمانهای متوالی در گذشته فراهم کرده بود. در مطالعات مشترک زمین شناسان و باستان شناسان دیرینه سنگی سه سطح ژئومورفیک با سه سن مختلف تعیین شده است:

- قدیمی ترین سطح دارای ابزارهای سنگی متعلق به دوران کهن سنگی زیرین (آشولین زیرین) می باشد که با توجه به شواهد زمین ساختی مربوط به اواخر دوران یخ بندان ریس و یا اوایل یخ بندان وورم می باشد.

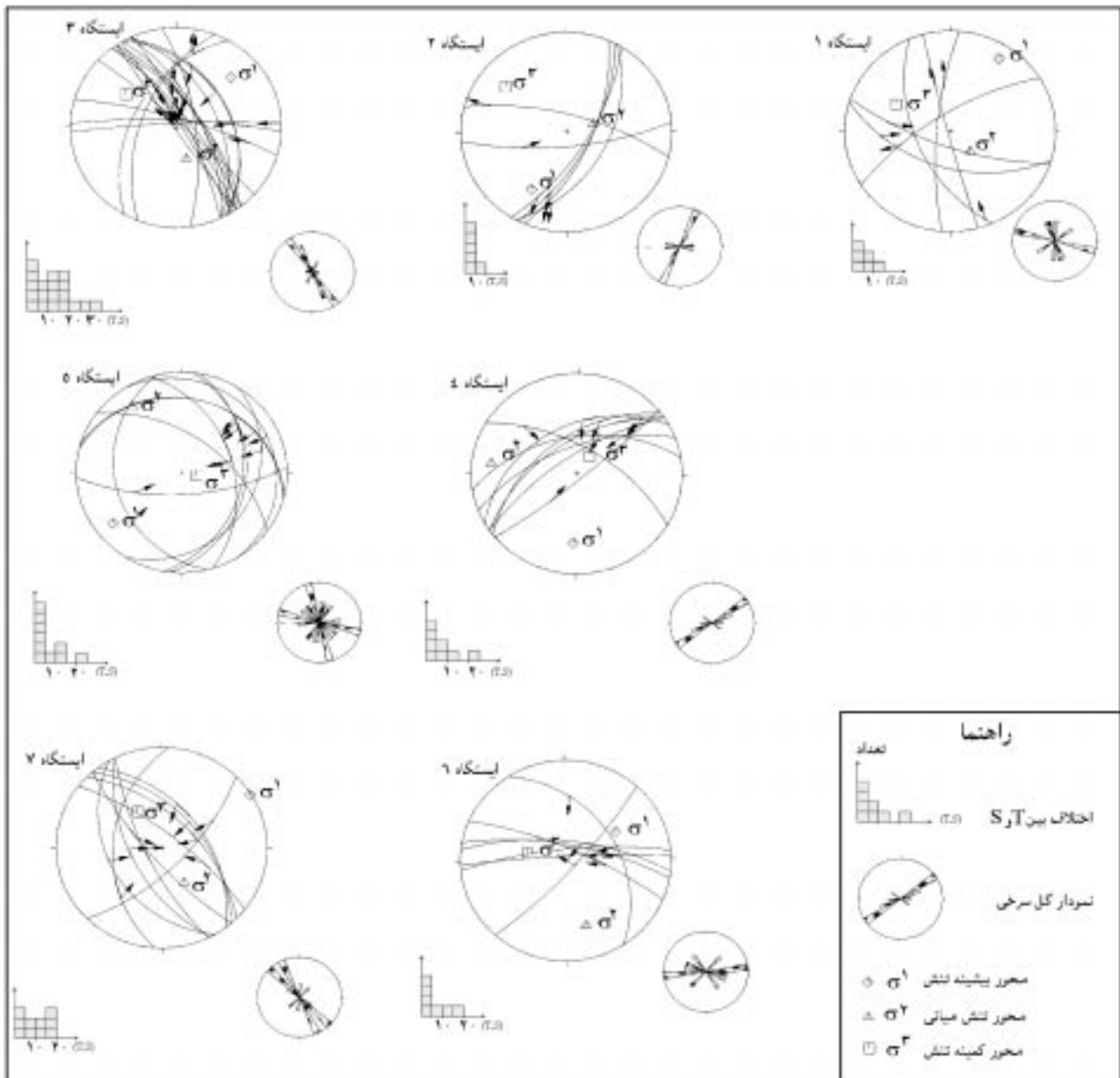
- دومین سطح متعلق به ابزارهای سنگی کهن سنگی میانی (موسترین) است. آغاز این دوره را حدود ۸۵,۰۰۰ سال پیش و پایان آن را در برخی نواحی ۳۵,۰۰۰ سال پیش دانسته اند.

- سطح سوم پوشیده از ابزارهای سنگی متعلق به دوران کهن سنگی پایانی می باشد [۳ و ۴]. پایان این دوره مقارن دوره هولوسن (۱۰,۰۰۰ سال پیش) است (شکل ۲). با توجه به بازه های زمانی ذکر شده که توسط باستان شناسان دیرینه سنگی به دست آمده، برآورد آهنگ فراگیری چندان مطلوب نیست.

با تعیین سن دقیق این سطوح و مقدار جا به جایی عمودی که این سطوح را جا به جا کرده اند می توان به تخمین بلند مدت آهنگ فراگیری دست یافت، که امیدواریم با روشهای جدید بدان دست یابیم.



شکل (۲): شکل شماتیک از سطوح ژئومورفیک



شکل (۲): تعیین جهت تنش به وسیله داده های زمین ساختی به همراه روند غالب شکستگی ها (سمت راست ایستگاهها) و انحراف مقدار خش لغز در طبیعت و مقدار محاسباتی (سمت چپ)

کمند که یکی از دلایل مهم آن دور بودن از مرکزهای مسکونی و یا قرار نگرفتن بر سر راههای مهم می باشد. اطلاعات موجود از این ناحیه مربوط به زمین لرزه های تاریخی سال ۱۴۹۷ میلادی و زمین لرزه مخرب ۴ اکتبر ۱۶۲۲ میلادی در بندرعباس است. زمین لرزه تاریخی که مستقیماً به میناب مربوط می شود در قرن نوزدهم میلادی [۸] روی داده است (شکل ۴ و ۵). داده های دستگاهی موجود در امتداد گسل زندان و گسلهای وابسته به آن بیانگر دو سازوکار مختلف هستند. این سازوکارها، راندگی بدون مؤلفه افقی تا راستالغز راستگرد هستند. با توجه به حل کانونی و وضعیت جهت تنش به دست آمده سطوح

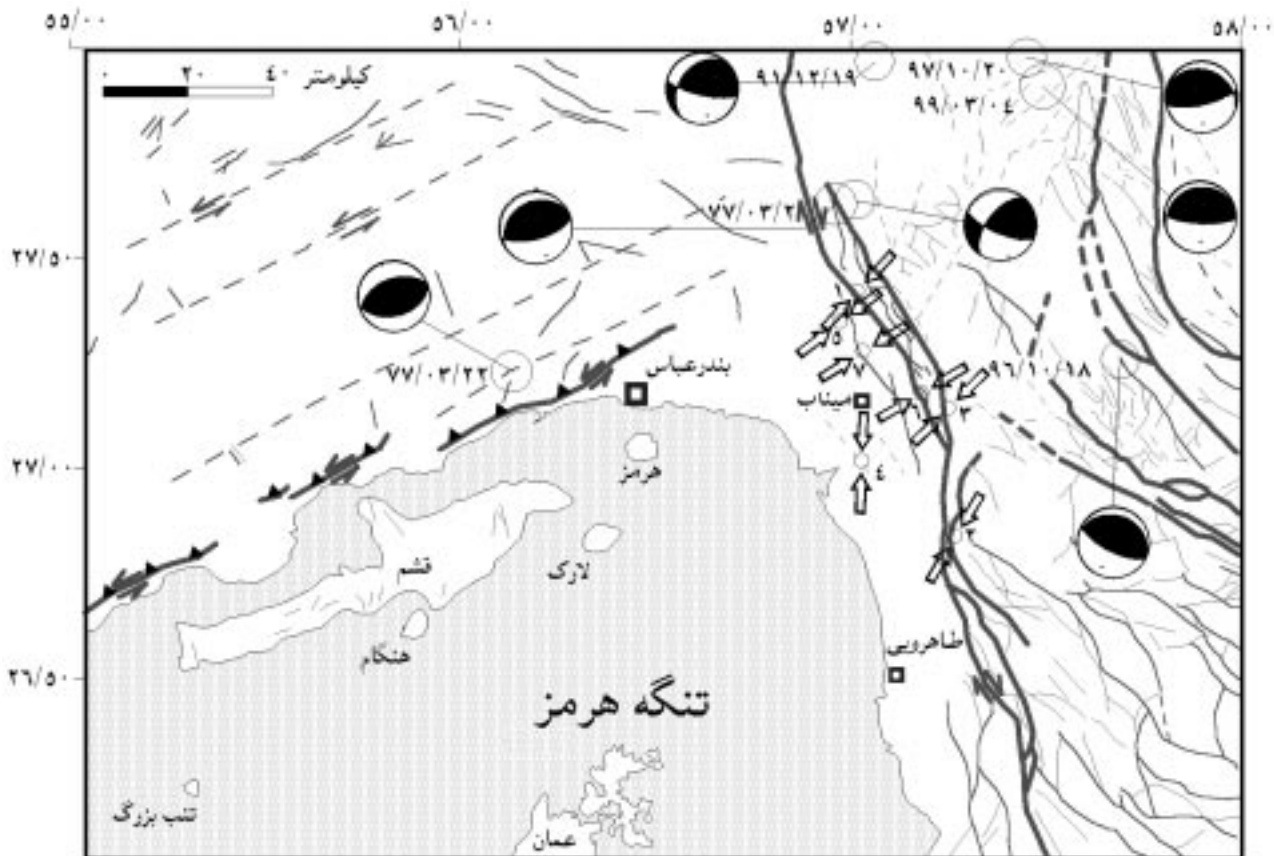
این تعیین جهت تنش البته در مقیاس ناحیه ای بوده، تغییرات جهت تنش در این حالت به عوامل بسیاری بستگی دارد (شکل ۴) و با زیاد شدن تعداد ایستگاههای اندازه گیری می توان به جهت تنش در ابعاد منطقه ای دست یافت. در روش دوم از حل کانونی زمین لرزه ها [۶] و [۷] کمک گرفته شد (جدول ۱). در این محاسبه از هفت زمین لرزه با $M_w = 5-6.6$ جهات تنش پیشینه $(\sigma_1 = 198 / 27)$ ، تنش متوسط $(\sigma_2 = 107 / 2)$ و تنش کمینه $(\sigma_3 = 13 / 63)$ به دست آمده است.

۵- لرزه خیزی

اطلاعات موجود در مورد زمین لرزه های تاریخی منطقه بسیار

جدول (۱): جدول زمین لرزه های محاسبه شده در این پژوهش (سازوکار کانونی هاروارد CMT)

ردیف	تاریخ	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	بزرگا (Mw)	محور فشردگی (P)	محور کشش (T)
۱	۱۹۹۷/۳/۲۱	۲۷/۶۳	۵۶/۹۶	۶/۱	۱۶۰/۲۰	۳۵۷/۷۰
۲	۱۹۹۷/۳/۲۲	۲۷/۲۳	۵۶/۱۳	۵/۹	۷۰/۵۷	۱۷۷/۱۱
۳	۱۹۹۱/۱۲/۱۹	۲۷/۹۷	۵۷/۰۶	۵/۴	۱۶۹/۲۳	۴۸/۵۰
۴	۱۹۹۳/۴/۱۲	۲۸/۳۹	۵۷/۱۵	۵/۰	۱۹۷/۱	۳۰۰/۸۵
۵	۱۹۹۶/۲/۲۶	۲۸/۳۲	۵۷/۰۹	۵/۵	۱۹۴/۳۹	۶/۵۱
۶	۱۹۹۶/۱۰/۱۸	۲۷/۲۶	۵۷/۶۹	۵/۳	۲۰۵/۲۴	۳۲/۶۶
۷	۱۹۹۷/۴/۱۹	۲۷/۶۴	۵۷/۰۱	۵/۵	۱۶۷/۸	۷۰/۳۷
۸	۱۹۹۷/۱۰/۲۰	۲۷/۹۸	۵۷/۴۵	۵/۴	۱۷۷/۲۶	۳۲۹/۶۱
۹	۱۹۹۹/۳/۴	۲۷/۹۱	۵۷/۴۹	۶/۶	۱۲/۵۹	۱۷۸/۳۰

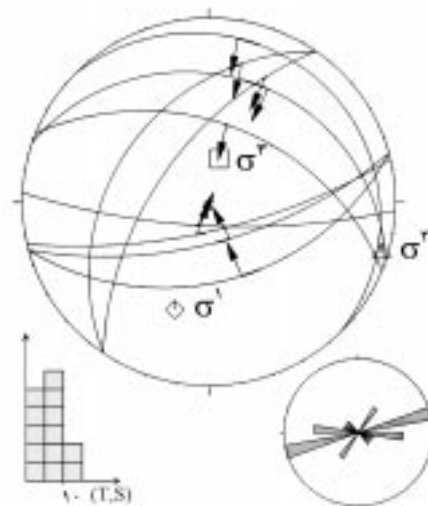


شکل (۴): گسلهای موجود و سازوکار کانونی زمین لرزه های روی داده در منطقه

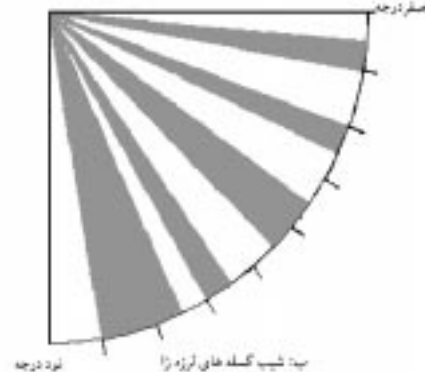
شکستگی (شکل ۵، الف) می‌توان دید که غالب گسله های لرزه زا دارای راستای نزدیک به شرقی- غربی ($N80E$) با شیبهای 60° تا 80° درجه به سمت جنوب و راستای $N100E$ با شیبهای ملایم از 5° تا 10° درجه به سوی شمال هستند (شکل ۵، ب). دسته دوم شامل گسلهایی است که بیشتر به راستای شمالی- جنوبی نزدیک بوده، دارای روند

با شیبهای 50° تا 70° درجه به سوی شمال غربی هستند. نمودارهای شکل (۵) نشان می‌دهد که سازوکار این گسله های فعال ارتباط تنگاتنگی با راستای آنها دارد؛ به طوری که گسله های با راستای نزدیک به شرقی- غربی دارای سازوکار شیب لغز واژگون تا راندگی هستند که با تغییر راستای آنها به سوی شمال از مؤلفه

شاقولی کاسته شده، سازوکار آنها به سوی راستالغز میل می کند. با توجه به روند گسلهای اصلی که دارای روند تقریباً شمالی- جنوبی هستند به نظر می رسد که واتنش انباشته شده در ناحیه بیشتر در امتداد گسلهای مرتبط با روندهای شمالی- جنوبی اعمال شود. اظهار نظر قطعی در این مورد احتیاج به بررسی داده های لرزه ای بیشتری دارد.



شکل (۵): روندهای اصلی گسلهای لرزه زا



شکل (۶): نتیجه گیری

۶- نتیجه گیری

منطقه گذار بین فرورانش مکران و راندگی زاگرس از روندهای ساختاری غالب شمال- شمال غربی تبعیت می کند. این منطقه گذار از سوی مکران و زاگرس تحت دگرشکلی قرار دارد. نحوه جذب دگرشکلی در امتداد گسلهای موجود دارای یک سازوکار مشخص و یکسان نیست. به گونه ای که در امتداد بعضی از گسلهای اصلی می توان تنها حرکات امتدادلغز (راستگرد) را مشاهده کرد و با دور شدن از آن در گسل دیگر با همان روند قبلی عمدتاً حرکات مورب لغز و یا راندگی نمایان می شوند. مؤید این نظر برداشتهای صحرائی و سازوکارهای

کانونی موجودند. جهت تنش به دست آمده از سطوح گسلی و سازوکارهای کانونی، هر دو بیانگر یک رژیم فشردگی همراه با برش راستگرد هستند. از این رو، سطوح ژئومورفیک موجود در این منطقه که به صورت بارز نمایان می باشند منشأ نو زمین ساختی دارند که تحت یک رژیم فشاری- برشی فرازگیری نموده اند. با توجه به چیرگی حرکات عمودی بر حرکات افقی، اندازه گیریهای دقیقتری از عوارض این ناحیه با توجه به سن نهشته ها می تواند در آینده ما را در تخصیص آهنگ حرکات نوزمین ساختی یاری دهد. تعیین یک آهنگ فرازگیری به کمک ابزارهای بر جا مانده از دوران کهن سنگی زیرین (فرهنگ آشولین)، به دلیل مشخص نبودن قدمت این فرهنگ در پهنه ایران زمین هنوز میسر نیست؛ ولی، امیدوار است با کمک روشهای جدید سن این ابزار و آهنگ فرازگیری تعیین شود. شواهد حاضر به هر حال حاکی از یک آهنگ فرازگیری بالا در این منطقه است.

۷- مراجع

- James, G.A., and Wyn, J. G., 1965. Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. Bull. Am., Assoc. Petrol. Geol., Vol. 49, No. 12, 2182-2245.
- Kadjar, M.H., 1974. Preliminary Results of a Neotectonic Reconnaissance Centered Around the Strait of Hormoz and Including the Island of Qeshm. Internal Publication of University of Paris-Sud.
- Kadjar, M.H., Mereier, J.L, Ricou, L.E., 1976. 4e Reun. Ann. Des Sc. De La Terre, Paris.
- Dufure, J.J., Thibault, C., Kadjar, M.H., et Mercier, J.L., 1978. La Zone Des Failles Du Zendan (Iran Du Sud-Est): I. Geomorphologie et Stratigraphie Du Quaternaire. La Reunion Annuelle Des Sciences De La Terre, Orsay.
- Carey, E., 1979. Recherche Des Directions Principales De Contraintes Associees Au Jeu D'une Population De Failles. Rev. de Geol. dyn. de geogr. physique, vol. 21, pp. 57-66.
- Carey-Gailhardis, E., and Mercier, J.L., 1992. Regional State of Stress, Fault Kinematics and Adjustments of Blocks in a Fractured Body of Rock: Application to the Microseismicity of the Rhine Graben. J. Struct. Geol., Vol. 14, pp. 1007-1017.
- Carey-Gailhardis, E., and Vergely, P., 1992. Graphical Analysis of Fault Kinematics and Focal Mechanisms of Earthquakes in Terms of Stress; The Right dihedral Method, Use and Pitfalls. Annales Tectonicae, Vol. VI, N. 1., pp. 3-9.
- Aambraseys, N.N., and Melville, C.P., 1982. A History of Persian Earthquake, pp. 219, Cambridge University Press, New York.

*mammad@dena.iiees.ac.ir

*shabanian@dena.iiees.ac.ir

*shahryar@dena.iiees.ac.ir

*khf134@dena.iiees.ac.ir ◀