



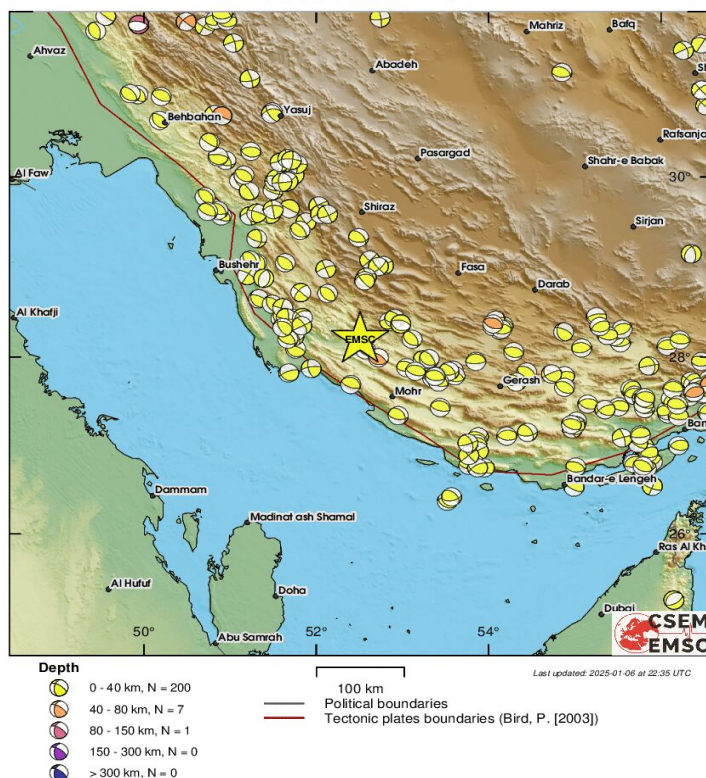
گزارش زمین لرزه با بزرگای ۵.۲ (پهنه زاگرس) در مرز استان های بوشهر و فارس

اداره کل نقشه برداری زمینی و بنیادی

کمیته مدیریت بحران (کارگروه زلزله)

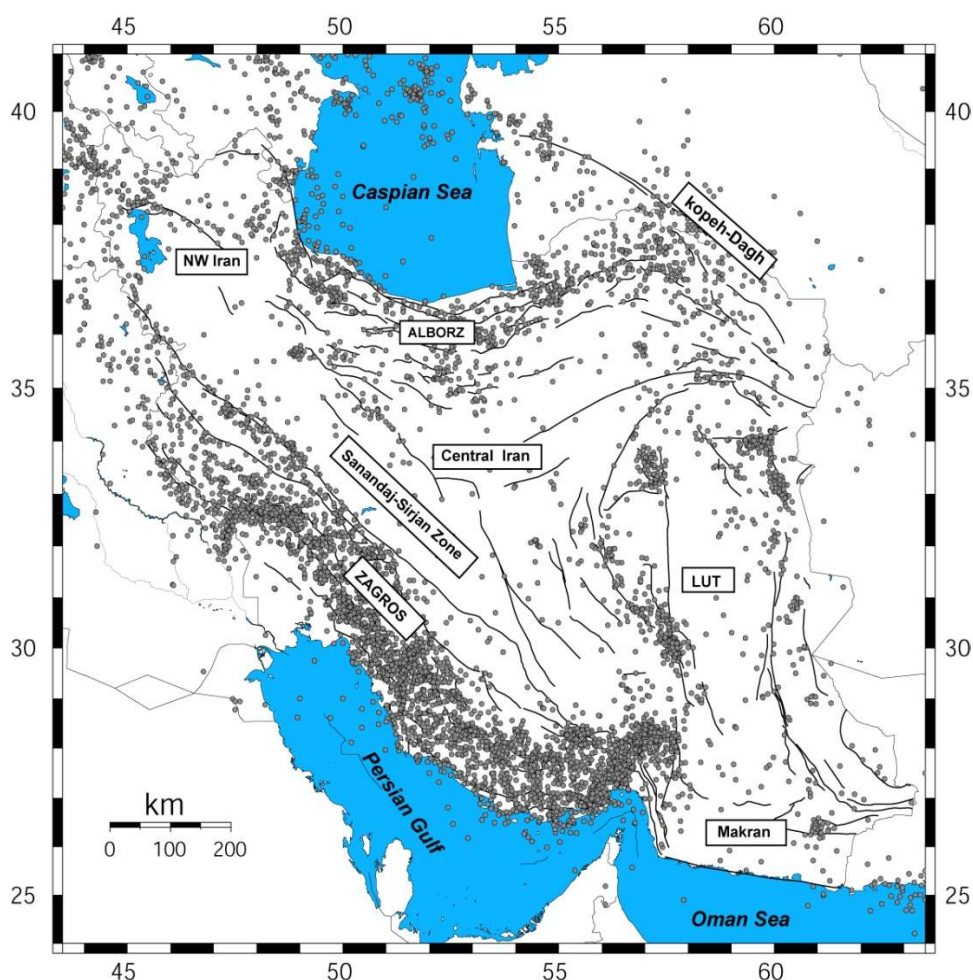
تهیه کننده: دکتر حمید رضا نانکلی

EMSC manual location
 M:5 2025/01/06 - 16:59:51 UTC
 Lat: 28.20 Lon: 52.51 Depth: 10 km
 Background data: EMMA and GCMT catalogues
 (Total number of events with M>4 = 208)



۱-مقدمه:

کشور ایران در بخشی از جهان با خطر لرزه‌ای بالا واقع شده است. پوسته زمین در این منطقه به علت قرارگرفتن بین صفحه اوراسیا در شمال و صفحه عربستان در جنوب، دچار دگرگونی و تغییر شکل بوده که نرخ متوسط کوتاه‌شدگی آن در حدود ۲۲ میلی‌متر در سال برآورد می‌گردد شکل ۱. حرکات پوسته زمین در این منطقه، موجب رخ دادن زمین‌لرزه‌های ویرانگر بسیاری در گذشته شده و با توجه به تداوم این حرکات انتظار وقوع چنین حوادثی در آینده نیز بسیار محتمل است. زلزله‌خیزبودن این سرزمین پهناور و خسارات جانی و مالی ناشی از آن، متخصصین و مسئولین امر را بر آن داشت تا با ایجاد شبکه‌های ژئودینامیکی مطالعات جامعی را جهت درک و شناخت بهتر از حرکات پوسته زمین و تغییرشکل‌های تکتونیکی در ایران انجام دهند و نتایج آن را به اطلاع مسئولین کشور برسانند.

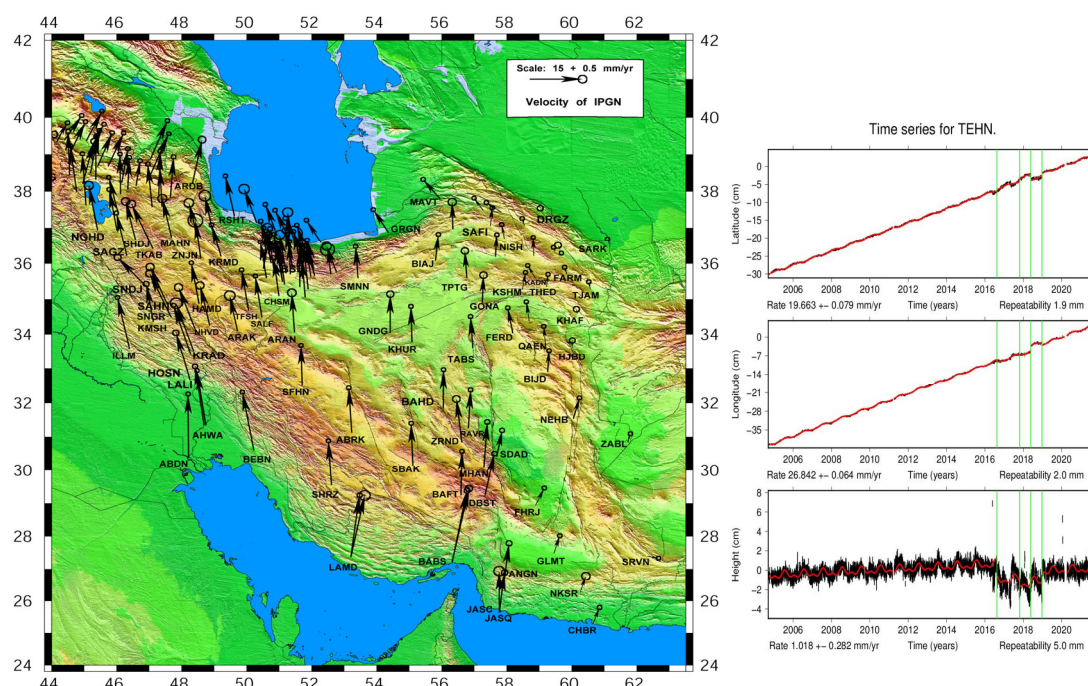


شکل ۱- نقشه لرزه خیزی فلات ایران

ازنقطه نظر لرزه زمین ساختی، کشور ایران بخشی از کمر بند زلزله خیز آلپ- هیمالایا را تشکیل می‌دهد. وجود گسل‌های فراوان فعال در منطقه ایران و همچنین زلزله‌های تاریخی و معاصر گویای پتانسیل بالای تغییرشکل در این منطقه می‌باشد. از بین ساختارهای تکتونیکی فعال در ایران رشته کوه‌های البرز که در بر گیرنده تعداد زیادی گسل فعال می‌باشد بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

شبکه ایستگاه های دائمی ژئودینامیک و GNSS در سال ۱۳۸۳ توسط سازمان نقشه برداری کشور به عنوان مرجع قانونی و حاکم بر فعالیت های نقشه برداری کشور ایجاد گردید و فاز اول آن، شامل ۱۰۶ ایستگاه در اوایل دی ماه ۱۳۸۵ به بهره برداری رسید. در شبکه ایستگاه های دائمی ژئودینامیک و GNSS ایران، گیرنده ها به صورت ۲۴ ساعته و با نرخ ۳۰ ثانیه به ردیابی و ثبت سیگنال های دریافتی از ماهواره های GNSS می پردازند. داده های جمع آوری شده در هر ایستگاه که شامل فایل های مشاهداتی و ناوبری می باشد در مرکز اصلی (تهران) پردازش می شوند و در چارچوب مرجع کشوری و ITRF2014 و ITRF2020، نمایش داده می شوند. نتایج ثانویه به صورت سری های زمانی-میدان سرعت و نرخ استرین ارائه میگردد.

شکل ۲



شکل ۲- سری زمانی و میدان سرعت نسبت به اوراسیا

محاسبات جدید میدان سرعت ایستگاه های دائمی سازمان نقشه برداری کشور داده های جدیدی را جهت کمی کردن حرکات امروزی و تغییر شکل فعال در ایران فراهم نموده است. سرعت های حاصل از اندازه گیری با GPS در طول حاشیه شمال شرقی صفحه عربستان بیانگر آن است که صفحه عربستان نسبت به اوراسیا با سرعت کمتری در مقایسه با آنچه توسط DeMets et.al., 1990 پیش بینی کرده بود بسوی شمال در حرکت است. به عبارت دیگر در طول جغرافیایی بحرین عربستان با سرعتی معادل 22 ± 2 میلی متر در سال در راستای 5°E تا 8 ± 1 در حرکت است. با استفاده از نتایج این اندازه گیری ها بردار چرخش صفحه عربستان نسبت به اوراسیا با پارامترهای زیر قابل تعریف است. 4°E ، $27/9^\circ \pm 5^\circ \text{E}$ ، $1/19 \pm 0/41 \text{ Myr}^{-1}$.

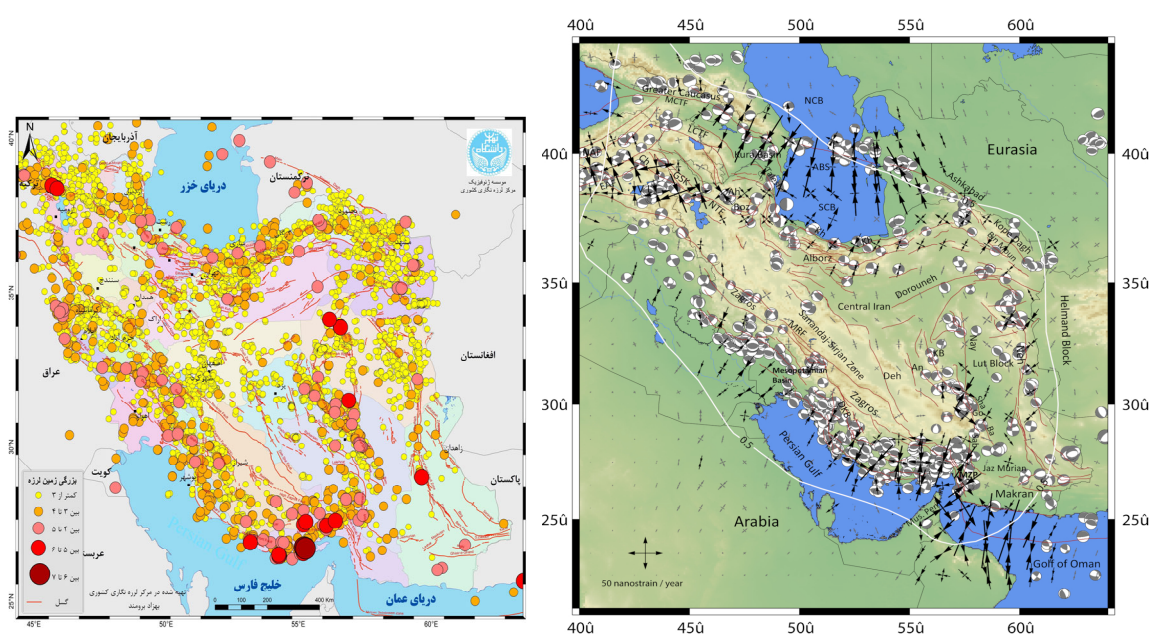
کوتاه شدگی در ایران به دو شکل متفاوت در بخش های شرقی و غربی ایران روی می دهد. در شرق طول 58° درجه بیشتر کوتاه شدگی در پهنه فرو رانش مکران اتفاق می افتد ($19/5 \pm 1$ میلی متر در سال) و مابقی آن (یعنی $1 \pm 6/5$ میلی متر در سال) در منطقه کپه داغ مستهلک می گردد. در غرب طول جغرافیایی 58° درجه تغییر شکل ناشی از همگرایی بر روی چندین کمربند کوهزایی توزیع یافته در طول جغرافیایی تهران نرخ کوتاه شدگی در کوه های زاگرس و البرز به ترتیب 1 ± 5 و $6/5 \pm 1$ میلی متر در سال می باشد. نرخ جابجایی راستگرد بر روی گسل جوان زاگرس 1 ± 3 میلی متر در سال برآورد

گردیده است. در مقابل نرخ کوتاه شدگی در شمال غرب ایران بسیار زیاد می باشد (1 ± 8 میلیمتر در سال). بلوک ایران مرکزی بطور نسبی بصورت یک جسم صلب عمل کرده و دارای یک حرکت منسجم و یکپارچه است. نقاط واقع در شرق طول جغرافیایی ۶۱ درجه جابجایی بسیار کمی را نسبت به اوراسیایانمایش می دهند. تفاوت سرعت ونحوه دگرشکلی مشاهده شده در شرق و غرب ایران در قالب حرکات امتداد لغز در طول حاشیه بلوک لوت خودنمایی می کند. پهنه گذر زاگرس به مکران در جنوب شرق ایران با سرعتی معادل با 1 ± 11 میلی متر در سال بصورت راستگرد در حال حرکت است.

۲-رخداد

بنا بر گزارش مرکز لرزه نگاری کشوری زمین لرزه ای با بزرگای ۵٫۲ در مقیاس ریشتر ساعت ۲۰ و ۲۹ دقیقه ، دوشنبه ۱۷ دی در بخش ریز و دهرم در مرز استان بوشهر و فارس و در عمق ۲۰ کیلومتری زمین و در فاصله ی ۳۴ کیلومتری شهر جم رخ داد. این زمین لرزه تا کنون چندین پس لرزه داشته که بزرگترین آنها با بزرگای ۴٫۸ بوده است. رو مرکز این زمین لرزه در مجاورت سگمندی از گسل پیشانی کوهستان می باشد.

زلزله های که در ایران رخ میدهد به دو دسته تقسیم می کنیم زلزله های بین دو صفحه زمین ساخت و زلزله های درون صفحه ای. این زلزله ها از لحاظ بزرگا و افت تنش و میزان انرژی رها شده متفاوت هستند.



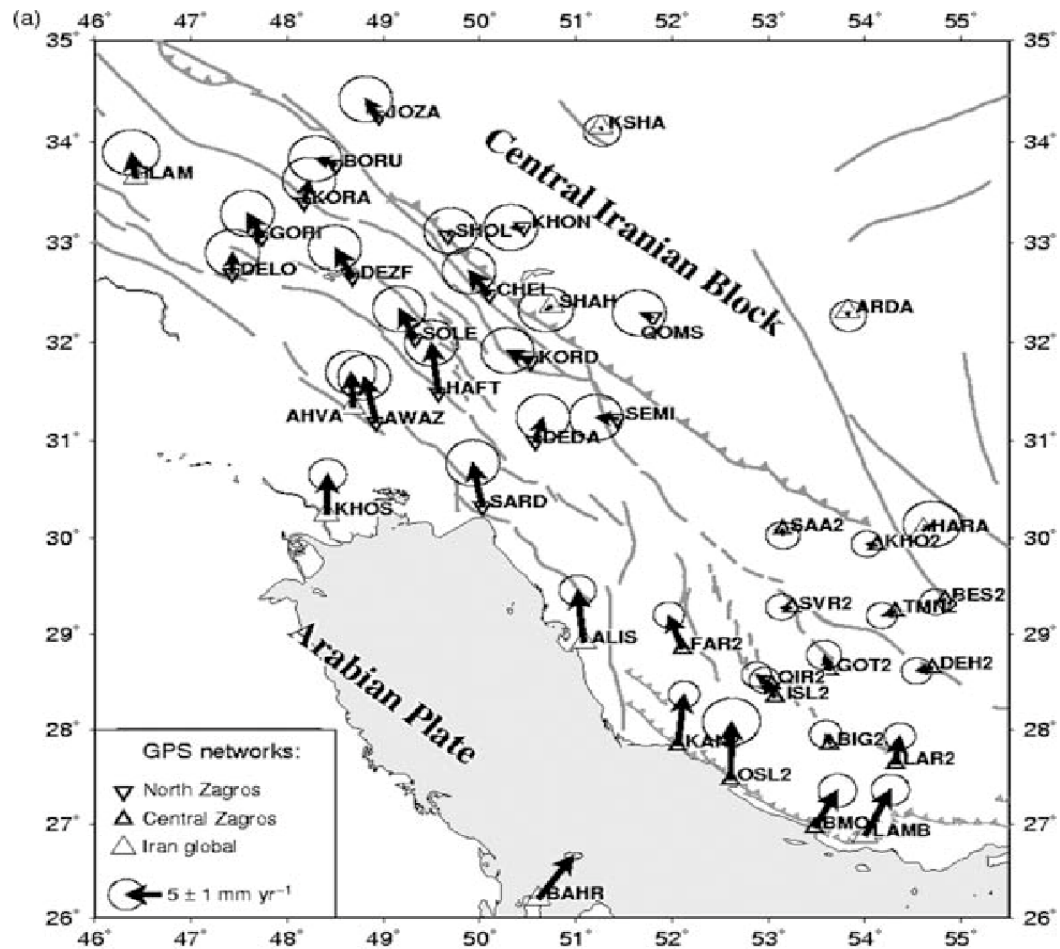
شکل ۳- نرخ استرین ژئودتیک (خرمی ۲۰۱۹) و لرزه خیزی فلات ایران (مرکز لرزه نگاری کشوری)

در نقشه تهیه شده توسط مرکز لرزه نگاری کشوری (شکل ۳) بیشترین تراکم را در زاگرس می بینیم و دلیل آن این است که راندگی اصلی زاگرس یا خط درزه با طول ۱۳۰۰ کیومتر که از کوه های تاوروس شروع و تا بندر عباس ادامه دارد مرز بین دو صفحه عربی و اوراسیا است و در زون ۱۵۰ تا ۲۰۰ کیلومتری لرزه ها رخ میدهد. تجزیه و تحلیل ترکیبی از میدان نرخ کرنش ژئودتیکی و میدان نرخ کرنش لرزه ای به ما امکان می دهد که سبک تغییر شکل های لرزه ای و غیر لرزه ای تشخیص دهیم. در زاگرس (کمتر از ۵ درصد تغییر شکل لرزه ای) مشاهده می شود و بقیه به صورت غیر لرزه ای رخ میدهد.

مطالعه تاریخچه لرزه خیزی گستره رسوبی ساختاری زاگرس حکایت از رویداد زمین لرزه های ویرانگری دارد که بارها باعث ویرانی و تخریب شهرها و روستاهای این گستره شده است. وجود گسلهای بنیادی جنوبا و بزرگ راین پهنه مانند گسلهای زاگرس جوان، زاگرس مرتفع، پیشانی کوهستان، کازرون، برازجان، اردل و بسیاری گسلهای فعال پوشیده دیگر باعث لرزه خیزی بالای این پهنه شده اند و در طول تاریخ ضمن جنبش مجدد خود عامل زمین لرزه های خسارت باری در بخشهای مختلف این گستره بوده اند به گونه ای که شهرهای اهواز، همدان، شیراز، جزیره هرمز، بندرعباس، دشت سیلاور، شهرهای یاز استان کردستان، حاجی آباد فیروزآباد، نواحی بسیار دیگری، بارها طی زمین لرزه های تاریخی و سده اخیر لرزیده و خسارت دیده اند. مطالعه تاریخچه لرزه خیزی زاگرس نشان دهنده تمرکز بالای رو مرکز زمین لرزه های رویداده در این پهنه است. به گونه ای که در مقایسه با سایر نواحی ایران دارای بیشترین فراوانی بوده و در تمام سطح این گستره پراکنده می باشند وجود ضخامت زیادی از رسوبات بر روی پی سنگ پرکامبرین زاگرس باعث شده است که بسیاری از گسلهای پی سنگی و فعال زاگرس در زیر این پوشش رسوبی مخفی بمانند. شواهد دستگاهی و تاریخی از کمر بند زاگرس نشان می دهد که این بخش از کشور زمین لرزه های مخرب چندی را در طول تاریخ تجربه کرده است که در این مورد می توان به زمین لرزه های ۱۹۴۹ بندرعباس؛ ۱۹۵۰ دهنو (عسلویه)؛ ۱۹۶۵ بستک؛ ۱۹۵۷ جهرم؛ ۱۹۶۱ لارستان و بسیاری دیگر یاد کرد. مقایسه زاگرس به همراه زمین لرزه های ثبت شده در آن برای یک دوره زمانی مشخص با آنچه که در دیگر نواحی کشور رخ داده نشان میدهد که فراوانی زمین لرزه در زاگرس بسیار بیشتر است و تقریباً تمامی مساحت کمر بند را در بر می گیرد و نمی توان روند خطی مشخص و دقیقی را برای آنها شناسایی کرد.

۳- مدل حرکت با استفاده از نتایج شبکه های GNSS موردی و دائمی سازمان نقشه برداری کشور

میدان سرعت به دست آمده از محاسبات در شکل شماره ۴ نشان داده شده است. در این شبکه ایستگاههای موجود در بلوک ایران مرکزی به عنوان سیستم مختصات مرجع در نظر گرفته شد است. در گستره خلیج فارس که سرعت حرکت ایستگاهها ۸-۶ میلی متر در سال بر آورده شده است بیانگر سرعت شمالی صفحه عربی است. وقتی داخل محدوده کوههای زاگرس می شویم میزان سرعت کاهش می یابد و در مرکز رشته کوه سرعت ۳ میلی متر در سال ثابت می ماند و در شمال گسل زاگرس (MRF) و در حاشیه بلوک ایران مرکزی سرعت به حد صفر می رسد. اندازه گیری های GPS و تحلیل نتایج مربوط نشانگر آن است که نرخ کوتاه شدگی در جنوب شرقی زاگرس حدود 8 ± 1 میلی متر در سال می باشد در حالیکه در شمال غربی زاگرس این نرخ به حدود ۳ تا ۵ میلی متر در سال می رسد. بردارهای سرعتی GPS همچنین بیانگر آن است که کوتاه شدگی بطور یکنواخت در عرض زاگرس توزیع نشده است. در شمال غرب زاگرس (غرب گسل کازرون) کوتاه شدگی عمدتاً به گسل لبه کوهستان جاییکه محل تجمع زمین لرزه های بزرگ نیز می باشد محدود می گردد. در شرق گسل کازرون، سریعترین نرخ کوتاه شدگی به نظر می رسد در طول پهنه گسلهای تراستی فعال (لار، بریز و قیر) و همچنین در طول گسل اصلی زاگرس (نواحی که در آن تمرکز لرزه خیزی مشاهده می شود) اتفاق می افتد.

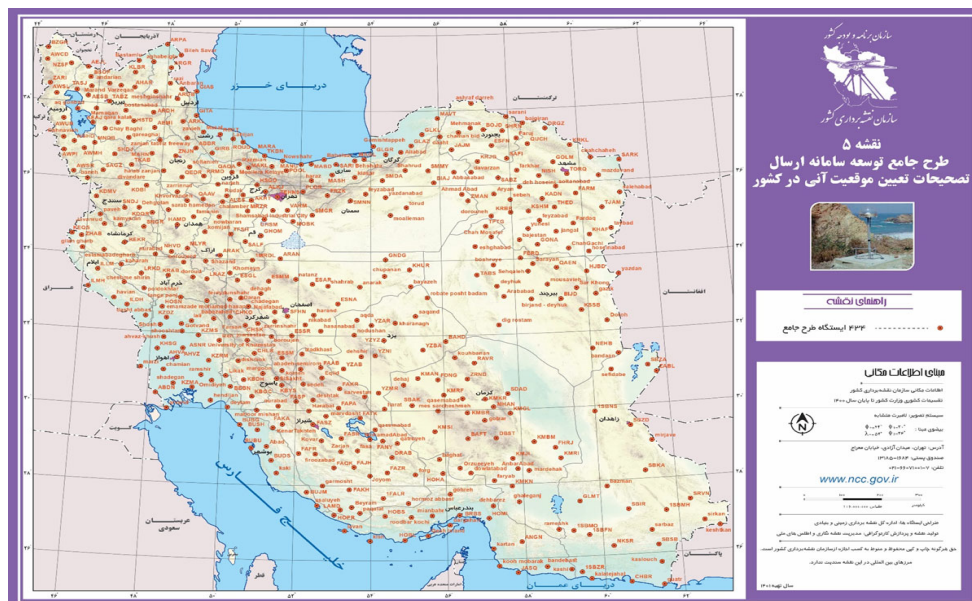


شکل ۴- میدان سرعت در پهنه زاگرس نسبت به ایران مرکزی

تعیین و بررسی تنسور نرخ استرین پوسته زمین، امکان توصیف فرآیندهای ژئودینامیکی مانند تجمع استرین گسل ها را که یک پارامتر مهم در ارزیابی خطر لرزه های محسوب می شود، فراهم می آورد. یکی از کاربردهای مهم شبکه ایستگاه های دائمی ژئودینامیک و GNSS، محاسبه نرخ استرین ژئودینامیکی و برشی با استفاده از بردارهای سرعت می باشد نتایج بدست آمده از سری های زمانی و میدان سرعت و استرین شبکه ایستگاه های دائمی سازمان نقشه برداری کشور در منطقه حاکی از رژیم فشارشی غالب است که از سمت شمال غرب به مرکز و شرق افزایش میابد. تجزیه و تحلیل کرنش و تغییرات آن در طول زمان در یک منطقه فعال زمین ساختی می تواند ابزار قدرتمندی در پیش بینی مکان و بزرگی مورد انتظار زلزله های آینده باشد. مناطق با نرخ بالای استرین (کرنش) را می توان به عنوان مناطقی تفسیر کرد که در آن پوسته بالایی و پایینی در حال خزش هستند و به طور متناوب بارگذاری زمین ساختی در آن اثر دارد. مناطق با نرخ کرنش بالا به طور متوسط تحت فعالیت لرزه ای بالا هستند، اما برای ارزیابی خطر چنین مناطقی باید دانست که آیا چرخه لرزه ای در مرحله اولیه است یا بعدی. نرخ کرنش بالا در مناطق خاص ممکن است ناشی از زلزله باشد، نه قبل از وقوع آن. بنابراین، همبستگی بین لرزه خیزی و تغییر شکل محلی و نرخ کرنش از سرعت های بین لرزه ای GNSS ممکن است شاخصی از وقوع رویداد لرزه ای آینده باشد. بالعکس نرخ کرنش کمتر نشان دهنده وجود گسل های قفل شده و رخ داد های اصلی در آینده است.

۴- وضعیت جاری در کشور و اقدام عملی

از اهداف مهم در ایجاد شبکه ژئودینامیک اندازه گیری و تعیین تغییرات پوسته زمین در طول زمان می باشد. در این راستا با اندازه گیری های دائم GPS در ایستگاه های شبکه ژئودینامیک، پردازش و آنالیز نتایج می توانیم به شناخت کاملتری از وضعیت و حرکات پوسته زمین در کشور دست یابیم و بتوانیم حرکات آنها را مدل سازی کنیم. اندازه گیری های دقیق ژئودینامیک در تعیین حرکات صفحات تکتونیک قاره ای، بررسی حرکات گسل های فعال و پیش بینی روند جابجایی آنها، تعیین جابجایی و حرکت پوسته زمین برای کاهش خسارات احتمالی ناشی از زلزله و همچنین جهت مکانیابی بهینه سازه ها در پروژه های عظیم مهندسی عمران نظیر سدها، نیروگاه ها، پالایشگاه ها و تشخیص محل و میزان افت ذخایر حیاتی آب، نفت و گاز و منابع زیرزمینی کاربرد دارد. لذا یکی از اصلی ترین بررسی های ژئودینامیکی دستیابی به مدل جنبشی بلوک ها و پهنه های ساختاری زمین شناسی و میزان واکنش و همکنش پهنه ها، گسل های فعال نسبت به یکدیگر است. خوشبختانه در ۲۰ سال گذشته اطلاعات بسیار خوبی در زمینه نرخ تغییر شکل فلات ایران و لغزش گسل های اصلی در کشور توسط ایستگاه های دائمی سازمان نقشه برداری کشور بدست آمده است که زیر ساخت لازم برای پیش نشانگری زلزله را فراهم ساخته است. وقوع زمین لرزه تابع پارامتر های بسیاری است از جمله عمق - رئولوژی پوسته و منتل - ویسکوزیته - ضریب اصطکاک - نرخ همگرایی صفحات - تنش تکتونیکی و نرخ آن - نرخ استرین (کرنش) در سال و جهت محور های اصلی آن می باشد. سرعت های نسبی، میدان تنش و لرزه خیزی موجود در ایران کاملاً وابسته به فعالیت این گسل ها و خصوصیات دینامیکی آنها است. رئولوژی و ضریب اصطکاک درونی این گسل ها مقدار تنش برشی و آهنگ حرکت نسبی بر روی آن ها را تعیین می کند. حرکت در طول یک گسل فعال می تواند بصورت تدریجی و پیوسته (خزش زمین ساختی) و یا تناوبی از دوره های آرامش و حرکت ناگهانی با رها شدن انرژی بصورت زمین لرزه باشد. در حال حاضر با هم افزایی دو سامانه هدی و شمیم و توسعه شبکه های استانی از طریق سازمان مدیریت و برنامه ریزی استانها گام مهمی در زمینه توسعه سامانه ملی تعیین موقعیت آنی در کشور برداشته شد و پوششی متراکم تری در سطح کشور برای کاربردهای علمی و اجرایی ایجاد گردید است. شکل ۵.



شکل ۵- طرح جامع توسعه سامانه ارسال تعیین موقعیت آنی در کشور

از طرف دیگر با وجود طرح جاری اشاره شده و وظایف محوله به سازمان در راستای برنامه ملی کاهش خطر حوادث و سوانح مصوب ۱۴۰۰/۹/۲۴ شورای عالی مدیریت بحران کشور بایستی شبکه های دائمی GNSS در اطراف بعضی از گسل های فعال و مناطق حساس که دارای نرخ استرین کم می باشند و دارای زمین لرزه های تاریخی و دستگاهی بزرگ می باشند و پارینه لرزه شناسی روی آنها انجام شده باشد نیز اضافه و متراکم گردد تا اینکه با بهره گیری از این سیستم به عنوان یکی از پیش نشانگرهای کوتاه مدت و سیستم هشدار زلزله احتمالا بتوان در جهت جلوگیری از خسارات جانی و مالی استفاده نمود.