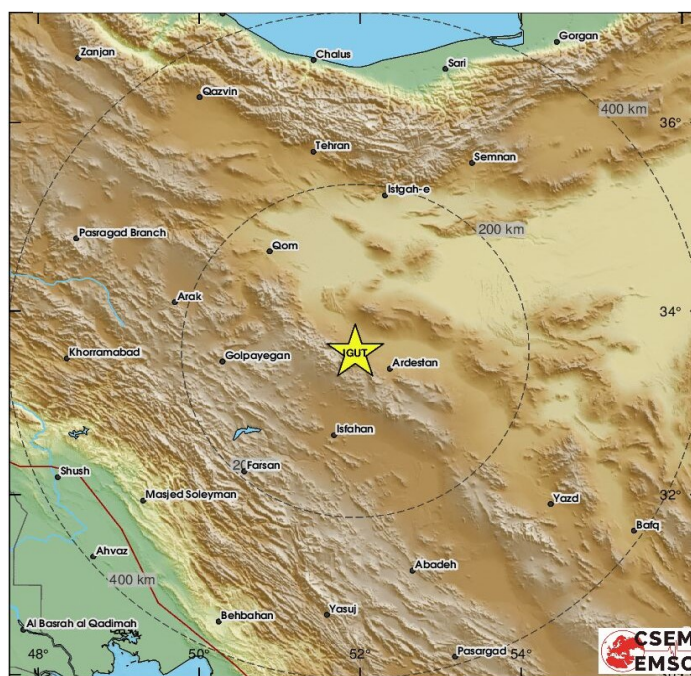




گزارش زمین لرزه با بزرگای ۵ در پهنه ایران مرکزی

فروردین ۱۴۰۴

تهیه کننده: دکتر حمید رضا نانکلی



Depth

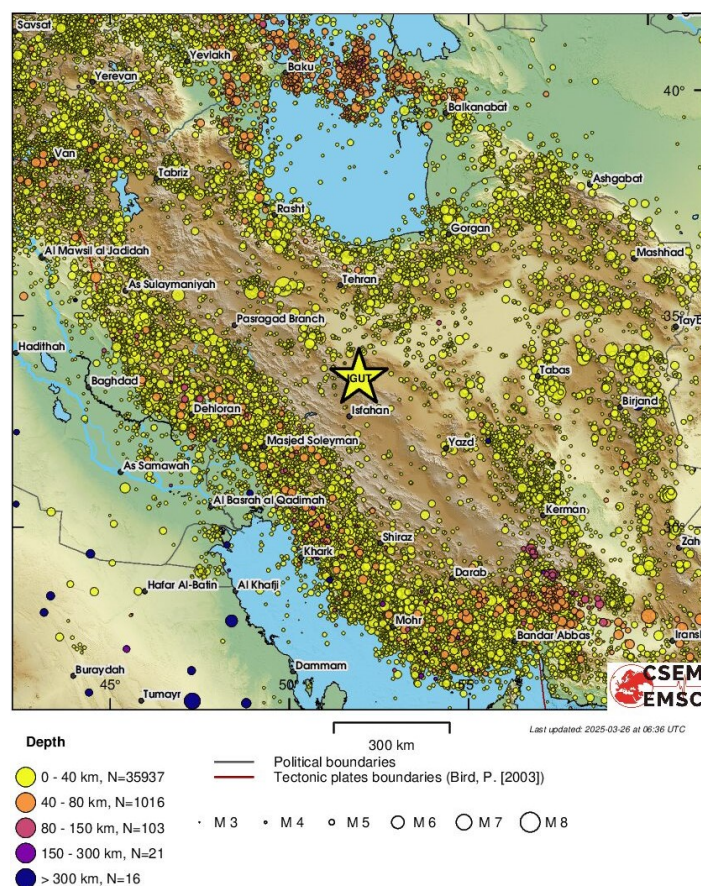
- ★ 0 - 40 km
- ★ 40 - 80 km
- ★ 80 - 150 km
- ★ 150 - 300 km
- ★ > 300 km

- 100 km
- Political boundaries
- Tectonic plates boundaries (Bird, P. [2003])

Last updated: 2025-03-26 at 06:35 UTC

۱-مقدمه

زمین لرزه ای به بزرگای ۵ ریشتر شهرستان نطنز در استان اصفهان را لرزاند. این زمین لرزه ساعت ۱۰:۲۳ صبح جمعه اول فروردین ۱۴۰۴ در ۱۰ کیلومتری شرق نطنز و در ۳ کیلومتری جنوب جزن بر روی قطعه از سامانه گسله اردستان رخ داد. گسل اردستان، واقع در شمال شرق اصفهان بخشی از یک پهنه گسله فعال در ایران مرکزی، با سازو کار امتداد لغز و فشاری در سامانه گسله قم- زفره واقع است. شکل ۱. از زمان وقوع زلزله ۵ ریشتری در شهرستان نطنز تعداد هفت پس لرزه ثبت شده که بزرگترین آن با بزرگای ۴.۵ ریشتر بوده است. (مرکز لرزه نگاری کشوری). روند پس لرزه ها به سمت غرب بوده است.

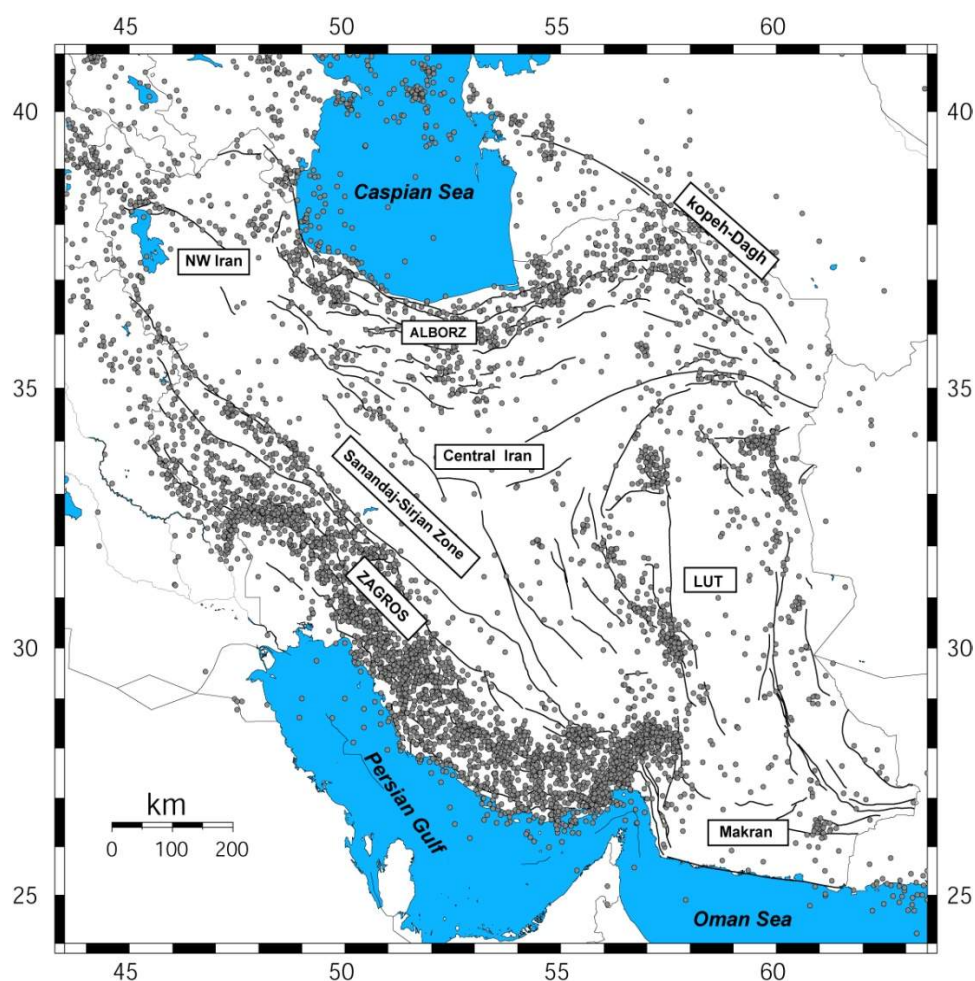


شکل ۱-رومركز زمین لرزه با بزرگای ۵ نطنز EMSC;2025

سامانه گسله قم - زفره به طول بیش از ۲۵۰ کیلومتر از ارتفاعات جنوب قم تا ارتفاعات روستای زفره در ۶۰ کیلومتری شمال شرق اصفهان امتداد دارد. این سامانه گسله شامل چند حداقل چهار قطعه است. اولین قطعه در قم حدود ۶۰ کیلومتر طول دارد و از ۵ کیلومتری جنوب قم عبور می کند. قطعه دوم گسل راوند طول حدود ۵۰ کیلومتر است. گسل کاشان سومین بخش از گسل قم - زفره طول حدود ۶۰ کیلومتر است. قطعه چهارم گسل زفره است که حدود ۱۰۰ کیلومتر طول دارد و از شهر نطنز نیز می گذرد.

۲-تکتونیک و لرزه خیزی منطقه

بررسی نقشه لرزه خیزی کشور نشان می‌دهد که فعالیت لرزه ایی در این منطقه دارای پراکندگی قابل ملاحظه‌ای است شکل ۲. حوادث لرزه‌ای در این ناحیه در مقایسه با حوادث لرزه‌ای کمر بند چین خورده - رانده زاگرس دارای دوره بازگشت طولانی‌تر و آهنگ آرامتری برخوردار است بطوری که در بین دو رخداد پی در پی یک دوره سکون و آرامش طولانی وجود دارد. این ویژگی امروزه با توجه به میزان صلیبیت بلوک ایران مرکزی در ارتباط با تصادم صفحه عربستان و انتقال مقدار قابل ملاحظه‌ای از دگربختی حاصل از آن به سوی رشته کوه‌های البرز توضیح داده می‌شود. با نگاهی به نقشه لرزه خیزی، برای ایران مرکزی نشان می‌دهد که گسله‌های فعال با تمرکز داده‌های لرزه‌ای ثبت شده براحتی قابل تشخیص هستند. مهمترین تمرکزهای داده ای را می‌توان پیرامون گسله‌های (۱) درونه یا گسله بزرگ کویر (۲) گسله کوه بنان (۳) گسله نایبند-گوک (۴) گسله ترود (۵) گسله ایپک (۶) گسله دهشیر (۷) گسله سلماس-دریک (۷) گسله چاهک (۸) گسله دشت بیاض (۹) گسله دولت آباد (۱۰) گسل جعفر آباد دانست. بررسی تاریخی زمین لرزه های رخ داده در کشور بویژه در ایران مرکزی نشان دهنده آنست که در طول تاریخ نواحی مختلف آن زمین لرزه های بزرگی را یک یا چندین مرتبه تجربه کرده اند. مقایسه زمین لرزه های ثبت شده دستگاهی با آنچه که از داده‌های تاریخی وجود دارد بخوبی معید این حقیقت هستند.

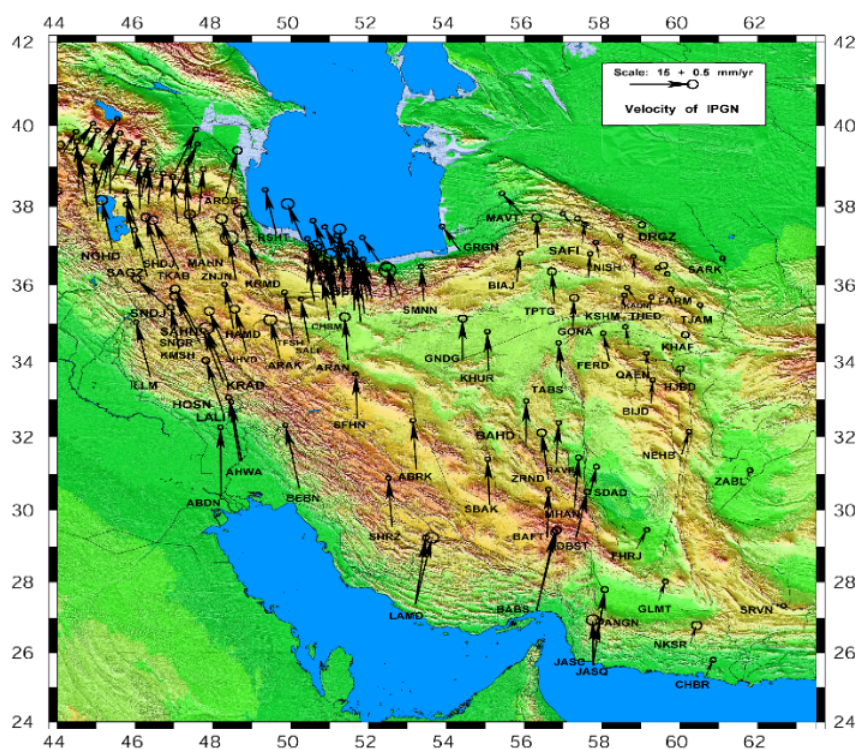


شکل ۲-نقشه لرزه خیزی فلات ایران

۳- مدل حرکت منطقه ایران مرکزی با استفاده از نتایج شبکه های GNSS دائمی سازمان نقشه برداری کشور

شبکه ایستگاه‌های دائمی ژئودینامیک و GNSS در سال ۱۳۸۳ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور به عنوان مرجع قانونی و حاکم بر فعالیت های نقشه برداری کشور ایجاد گردید. در شبکه ایستگاه‌های دائمی ژئودینامیک و GNSS ایران، گیرنده‌ها به صورت ۲۴ ساعته و با نرخ ۳۰ ثانیه به ردیابی و ثبت سیگنال‌های دریافتی از ماهواره‌های GNSS می‌پردازند. داده‌های جمع‌آوری شده در هر ایستگاه که شامل فایل‌های مشاهداتی و ناوبری می‌باشد در مرکز اصلی (تهران) پردازش می‌شوند و در چارچوب مرجع کشوری و ITRF2014 و ITRF2020، نمایش داده می‌شوند. نتایج ثانویه به صورت سری های زمانی-میدان سرعت و نرخ استرین ارائه میگردد. شکل ۳.

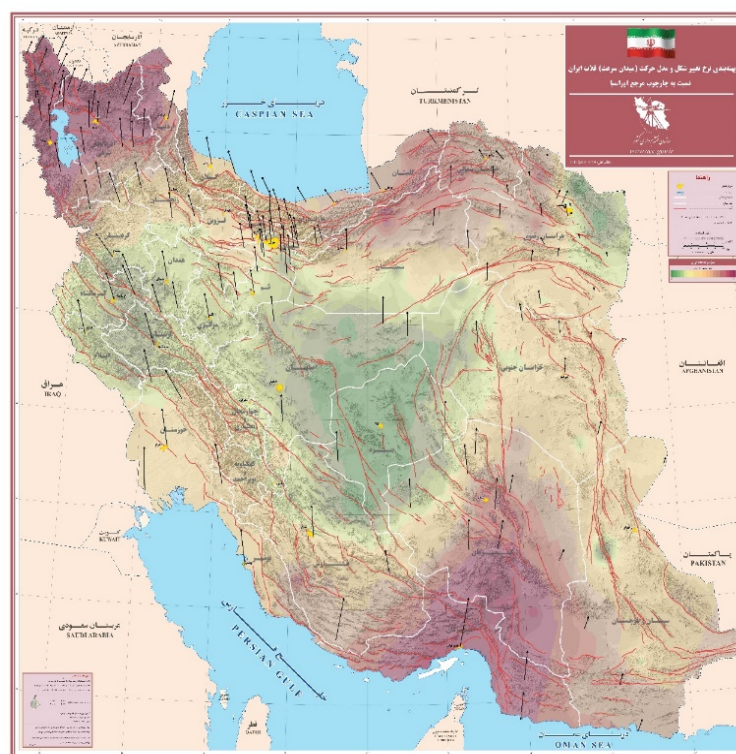
پهنه‌بندی بلوک ایران مرکزی شامل ایستگاه های HAMD, SALF, SFHN, SBAK, ABRK است که دارای سرعت متوسط ۱۲ الی ۱۳ میلی متر در سال و در امتداد ۲ الی ۱۰ درجه شرقی هستند، که نرخ تغییرات سرعت این ایستگاهها نسبت به هم کمتر از یک میلی‌متر در سال است، بنابراین می‌توان بلوک ایران مرکزی را نسبتاً صلب و با سرعت یکنواخت فرض نمود. که دارای حرکت نسبتاً یکپارچه به سمت شمال و صفحه اوراسیاست. از طرفی دیگر، نرخ تغییرات حدود یک میلی‌متر در سال در این بخش از فلات ایران بیانگر آن است که برخلاف آنچه که در مطالعات پیشین بیان شده (Vernant et al., 2004)، این صفحه کاملاً صلب نبوده و دارای تغییرات درون صفحه‌ای کوچکی می‌باشد.



شکل ۳- میدان سرعت نسبت به اوراسیا.

۴- تحلیل نتایج

خوشبختانه در ۱۵ 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. شکل ۴. 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 محورهای 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.



شکل ۴- نرخ استرین برشی

تجزیه و تحلیل خطر زلزله به شدت وبه نحوه تفسیر توزیع مکانی زمین لرزه ها بستگی دارد. آیا گپ لرزه ای مناطق با خطر بالا در انتظار زلزله های جدید هستند یا این گپ ها غیر لرزه ای هستند و بنابراین مناطق کم خطر را نشان می دهند؟ این دیدگاه دوگانه از در نظر گرفتن فرآیندهای گاه کوتاه مدت و برخی اوقات درازمدت ناشی می شود. تفسیر تغییر شکل پوسته عمدتاً به مقیاس زمانی فرآیندهای مدل سازی شده بستگی دارد، پوسته به طور الاستیک در دوره های کوتاه تغییر شکل می دهد، زمانی که تنش ها از قدرت تسلیم (تغییر شکل لرزه ای) فراتر می رود و به صورت ویسکوزیته در مقیاس های زمانی طولانی زمین شناسی تغییر شکل می دهند. تغییر شکل های حاصل از شبکه های GNSS و نرخ های تغییر شکل ناشی از زمین شناسی متفاوت است. GNSS جابجایی ها را در چرخه زلزله اندازه گیری می کند، اما به دلیل رفتار ویسکوالاستیک پوسته، تغییر شکل به طور قابل توجهی در اوایل و اواخر چرخه متفاوت است. در اوایل چرخه، جریان چسبناک در پوسته



پایینی، کششی را بر روی پوسته بالایی اعمال می‌کند و گرادیان با سرعت بالا در نزدیکی گسل ایجاد می‌کند. در اواخر چرخه برعکس اتفاق می‌افتد و گرادیان های سرعت در نزدیکی گسل ها کاهش می‌یابد. گرادیان های سرعت، به‌ویژه مؤلفه های نرخ کرنش، و تغییرات بین صفحه‌ای، از نتایج اصلی شبکه‌های دائمی GPS هستند که نقش مهمی در ارزیابی خطر لرزه‌ای در مناطق تکتونیکی فعال دارند. تجزیه و تحلیل کرنش و تغییرات آن در طول زمان در یک منطقه فعال زمین ساختی می‌تواند ابزار قدرتمندی در پیش بینی مکان و بزرگی مورد انتظار زلزله های آینده باشد. با توجه به موقعیت مکانی زمین لرزه فوق (انحنای گسلی) و نرخ بسیار کم استرین برشی ۱۰-۱۵ نانو استرین در سال که از مشاهدات ایستگاه های دائمی محاسبه شده است انتظار تجمع تنش و رخ داد فوق دور از انتظار نبوده است.

۵- انتقال و برهم کنش تنش استاتیک

زمین لرزه ها می‌توانند با همدیگر بر هم کنش داشته باشند و این موضوع می‌تواند منجر به توالی زمین لرزه ها و خوشه زمین بندی ورخداد پس لرزه ها گردد. برانگیختگی تنش بدین صورت است که گسل ها به تنشی که از گسل ها یا زمین لرزه های مجاور دریافت می‌کنند پاسخ می‌دهند. حرکت بلوکهای دو طرف یک گسیختگی باعث ایجاد تغییر در تنش ایستایی محیط اطراف آن میشود. این تغییر تنش روی سطوح گیرنده اطراف گسیختگی دارای دو مؤلفه نرمال و برشی میشود. وقوع زمین لرزه نزدیک به هم در زمان و مکان که به صورت خوشه ای لحاظ می‌شود براساس تئوری انتقال تنش و اثر متقابل آن محاسبه می‌شود، تنش انباشته شده در روی یک گسل به عنوان کلید اصلی به منظور آغاز گسیختگی در نظر گرفته می‌شود و در هنگام وقوع زلزله به سادگی از بین نمی‌رود. تنش آزاد شده از یک گسل می‌تواند هر چند کم می‌تواند تنش را روی گسل های مجاور و نزدیک را افزایش یا کاهش دهد و بالقوه باعث ایجاد گسیختگی و زلزله یا تاخیر در زمان رخداد شود. برای این منظور نرخ بلند مدت تنش تکتونیکی بر روی یک گسل فعال باید مشخص باشد. انتقال تنش مثبت (یعنی افزایش تنش) می‌تواند چرخه لرزه ای گسل را به طور موقت اصلاح کند و زلزله بعدی را با یک دوره زمانی T پیش ببرد و بر عکس کاهش تنش باعث تاخیر در گسیختگی و زمان وقوع زلزله می‌شود (دوران آرامش). آنچه در زلزله نطنز با بزرگای ۵٫۴ رخ داده است در اثر تجمع تنش فعال ناشی از حرکات صفحات تکتونیکی در طول زمان و غلبه این تنش بر استحکام بلوک گسلی مسبب زلزله و شکست آن (تنش برشی بر تنش ناشی از اصطکاک غلبه کرده) گسیختگی ایجاد و لغزش بر روی صفحه گسلی انجام شده است. در این حالت انتقال تنش به سمت دم گسل بین ۰٫۵ تا ۰٫۸ بار و قسمت پایین و بالای پوسته انجام شده که با پراکندگی پس لرزه ها تطابق دارد. میزان تنش قبل از زلزله و آغاز گسیختگی بر روی این قسمت از گسل ۵٫۴ مگا پاسکال می‌باشد. افت تنش ۱٫۲ مگا پاسکال و تنش انتقالی ۰٫۵ تا ۰٫۸ بار محاسبه شده است که برای لرزه خیزی و تحریک سگمنت های دیگر سا مانه گسلی ذکر شده کافی است.

۴- راهکار آینده: پایش برخط گسل ها

از اهداف مهم در ایجاد شبکه ژئودینامیک اندازه گیری و تعیین تغییرات پوسته زمین در طول زمان می‌باشد. در این راستا با اندازه گیری های دائم GPS در ایستگاه های شبکه ژئودینامیک، پردازش و آنالیز نتایج می‌توانیم 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. بر مبنای وظایف محوله به سازمان نقشه برداری کشور در راستای برنامه ملی کاهش خطر حوادث و سوانح مصوب ۱۴۰۰/۹/۲۴ شورای عالی مدیریت بحران کشور نیاز به تراکم شبکه های دائمی GNSS در اطراف بعضی از گسل های فعال می‌باشد تا اینکه با بهره گیری از این سیستم و هوش مصنوعی به عنوان یکی از پیش نشانگرهای کوتاه مدت و سیستم هشدار زلزله احتمالاً بتوان در جهت جلوگیری از خسارات جانی و مالی بهره برد.

