

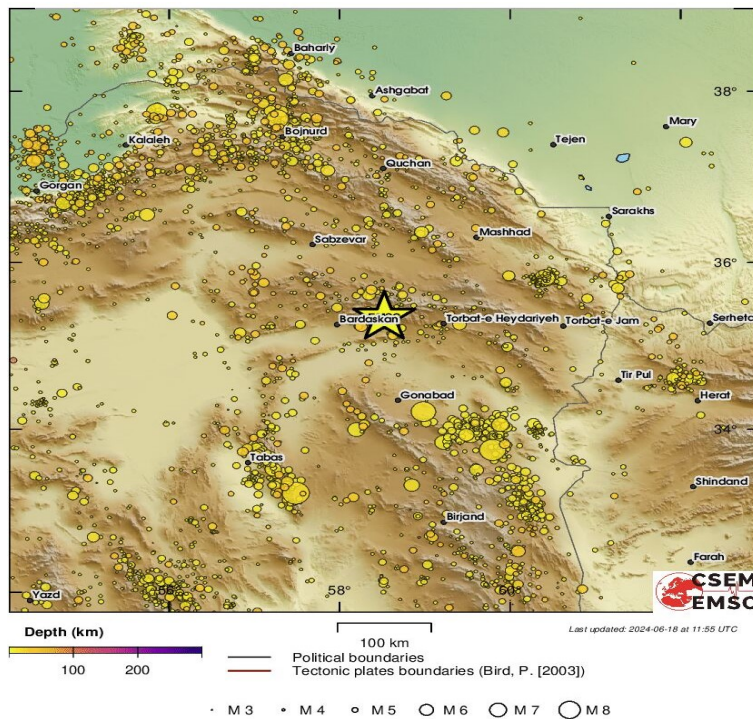


گزارش زمین لرزه با بزرگای ۵ استان خراسان رضوی

اداره کل نقشه برداری زمینی و بنیادی

مدیریت بحران

تهیه کننده: دکتر حمید رضا نانکلی



۱-مقدمه

بنا بر گزارش مرکز لرزه نگاری موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران مورخ ۱۴۰۳/۳/۲۹ زمین لرزه ای به بزرگی ۵ در مقیاس گشتاوری و در عمق ۶ کیلومتری کاشمر در استان خراسان رضوی را لرزاند. این زلزله در ۶ کیلومتری کاشمر، ۱۱ کیلومتری خلیل آباد و ۲۳ کیلومتری ریوش رخ داده است. رو مرکز این زمین لرزه در مجاورت گسل درونه می باشد. شکل ۱.



شکل ۱-رومرکز زمین لرزه در مجاورت گسل درونه (GFZ)

۲- تکتونیک منطقه و مدل سازی بر اساس ایستگاه های دائمی GNSS

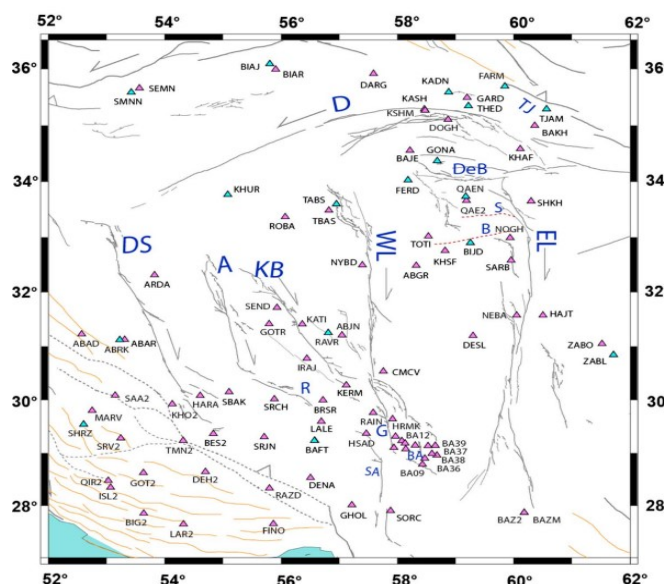
شمال شرق ایران یکی از مناطق فعال به لحاظ لرزه خیزی است و در طول تاریخ زمین لرزه های مخرب زیادی را متحمل شده است که برخی از آنها با خسارات جانی و مالی زیادی همراه بوده است. زمین لرزه های تاریخی رخ داده در گستره شمال شرق کشور عبارت هستند از: زمین لرزه سال ۸۴۰ میلادی در منطقه تربت جام با بزرگای برآورد شده ۶,۵ و زمین لرزه های ۱۶۸۷ و ۱۶۷۳ میلادی مشهود با بزرگای حدود ۶,۶. همچنین شهرهای نیشابور و قوچان بارها متحمل زمین لرزه هایی با بزرگای بالای ۷ شده است. ۲۱ گسل در استان خراسان رضوی وجود دارد که از مهمترین آنها میتوان به گسل رود، تربت جام، بینالود، تربت جام سبزوار، دشت بیاض و سرایان و نیشابور یا کپه داغ و درونه را نام برد. گسل بینالود با طول ۹۵ کیلومتر از ۱۵ کیلومتری شرق نیشابور می گذرد و گسل تربت جام با طول ۴۰ کیلومتر از یک کیلومتری شمال شرق تربت جام عبور می کند. گسل کشف رود با ۱۲۰ کیلومتر است و به موازات رشته کوه های کپه داغ و کناره شمالی دشت مشهد کشیده شده است. زلزله ۹ مرداد ۱۰۵۲ شمسی با بزرگای ۶,۶ ریشتر بر اثر جنبش این گسل بوده است. شهرستان های خواف با ۵,۴ ریشتر در

سال ۱۳۹۱، نیشابور با ۵,۵ ریشتر در سال ۱۳۹۰ و تربت حیدریه با ۵,۷ ریشتر در سال ۱۳۸۹ از جمله زمین لرزه های این منطقه هستند. فعال بودن گسل درونه در سال ۹۸ توسط سازمان نقشه برداری کشور در خبر رسمی اعلام شده است.

گسل درونه واقع در شرق، یکی از طویل‌ترین گسل‌های ایران به طول ۸۰۰ کیلومتر از بخش مرکزی ایران (ایران مرکزی) تا افغانستان امتداد یافته است، پنج زلزله دستگاهی در منطقه گسل ثبت شده که فقط یکی از آن‌ها را می‌توان به گسل درونه نسبت داد. سازمان نقشه‌برداری کشور در سال ۱۳۹۱ یک شبکه موردی GPS متراکم شامل ۲۲ ایستگاه ایجاد کرد، ایستگاه‌های این شبکه پراکندگی تقریباً مناسبی در امتداد گسل دارند و به این ترتیب حرکات سگمنت‌های مختلف گسل را می‌توان بهتر و دقیق‌تر مورد مطالعه قرار داد، در سال ۱۳۹۱ (۲۰۱۲ میلادی) اولین اندازه‌گیری و در سال ۱۳۹۷ (۲۰۱۸ میلادی) اپک دوم مشاهدات انجام شده است. به‌منظور تعیین نرخ لغزش و سازوکار گسل در قسمت‌های مختلف سه پروفیل طراحی شد، این سه پروفیل مقدار نرخ لغزش گسل درونه را در بخش‌های مختلف (غربی، مرکزی و شرقی) برآورد می‌کنند، بر اساس نتایج اولیه حاصل از پروفیل‌ها، بخش غربی گسل دارای حرکت امتداد لغز چپ‌گرد و مقدار اندکی کوتاه‌شدگی است.

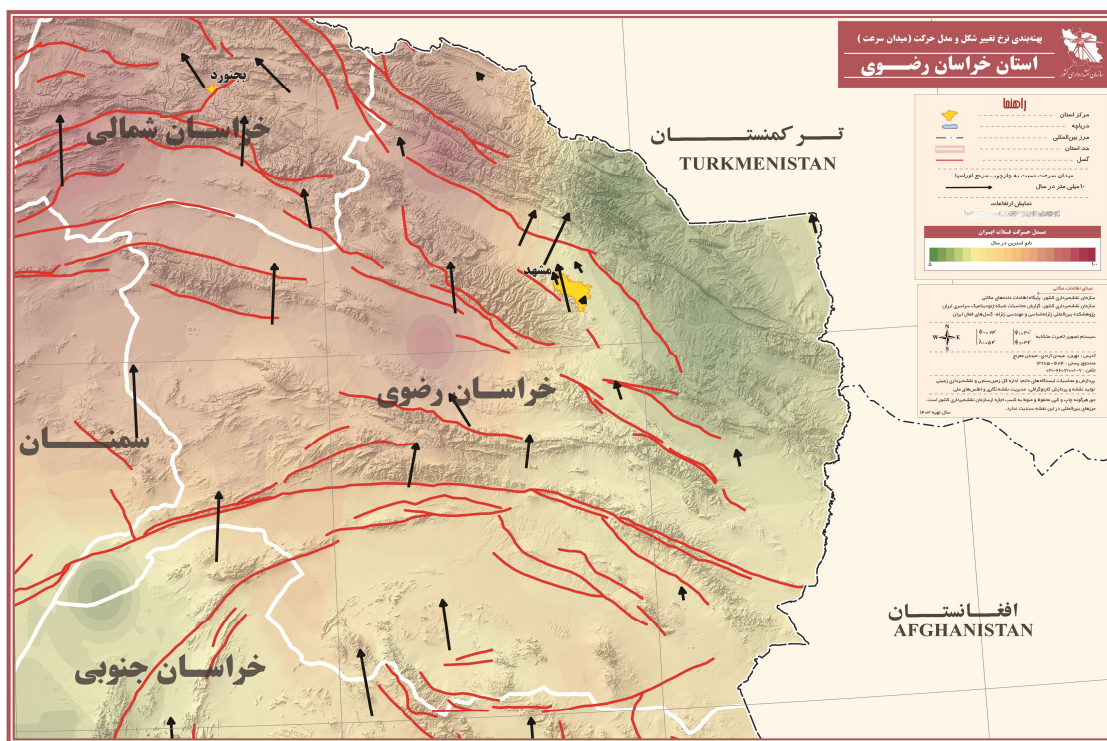
حرکت قابل توجهی در امتداد و عمود بر بخش مرکزی درونه وجود ندارد، در قسمت شرقی حرکت امتداد لغز چپ‌گرد روی گسل درونه و دشت بیاض است، همچنین دشت بیاض کشیدگی اندکی دارد درحالی‌که بخش شرقی گسل درونه دارای کوتاه شدگی است. شبکه ای ایستگاه های دائمی سازمان نقشه برداری کشور در این منطقه شامل ۲۷ ایستگاه GPS است. نتایج حاصل از میدان سرعت GPS چگونگی تغییر شکل برخورد دو صفحه عربستان و اوراسیا در منطقه تغییر شکل را نشان میدهد. مدل حرکت امروزی به سمت شمال از ۱۱ میلی متر در سال در تهران (۵۲ درجه شرقی) به ۱.۵ میلی متر در سال در مشهد (۶۰ درجه شرقی) کاهش می یابد. کوتاه شدگی در طول دامنه های کوه داغ، بینالود و کوه سرخ در طول جغرافیایی ۵۹ درجه شرقی رخ میدهد. میزان این کوتاه شدگی ۲ تا ۲.۵ میلیمتر در سال میباشد. رزیم زمین ساخت منطقه غالب فشارشی با راستای شمال شرقی بین ۱۰ تا ۲۰ نانواسترین در سال است. نتایج GPS برای ارزیابی خطر زمین لرزه در شمال ایران مهم است که شامل مراکز جمعیتی زیادی است و دارای سابقه زلزله تاریخی فراوانی است. بر اساس نتایج بدست آمده از میدان های سرعت ایستگاه های دائمی و موردی نرخ لغزش کوتاه مدت گسل درونه متوسط بین ۳-۲ میلیمتر در سال می باشد.

شکل-۲ پراکندگی شبکه ایستگاه های های دائمی و موقتی



۳- تحلیل رخداد

رو مرکز این زلزله براساس نقشه گسله های موجود، در مجاورت گسل درونه می باشد. 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. بر اساس نتایج حاصله از میدان سرعت و نرخ کرنش برشی ایستگاه های دائمی (نرخ پایین) در محدوده رخ داد نشان دهنده وجود گسل های قفل شده و رخ داد های احتمالی در آینده است. شکل ۳



شکل ۳- پهنه بندی نرخ کرنش برشی در استان خراسان رضوی

چکانش دینامیک و احتمال ارتباط دو زمین لرزه افغانستان و خراسان رضوی (کاشمر)

رخدادهای غیر عادی اکتبر ۲۰۲۳ افغانستان زمینلرزه های هرات با رخداد ۶،۳ ساعت ۱۱:۱۱ صبح به وقت محلی در روز شنبه ۱۵ مهر شروع شدند و طی ۷ روز، ۲۶ زمینلرزه با بزرگای بیش از ۴ رخ داده است که از این تعداد، ۸ رخداد با بزرگای بیش از ۵ و سه رخداد از آنها با بزرگای بیش از ۶ بوده است. دو زلزله پی در پی با بزرگای ۶،۳ در روز اول و زلزله سوم در روز چهارشنبه ۱۹ مهر با بزرگای ۶،۳ و عمق ۹ کیلومتر موجب خرابیهای گسترده در حدود ۳۰ کیلومتری شمالغرب هرات و در حدود ۲۰ کیلومتری شمال "زنده جان" افغانستان شد. زمین لرزه ۲۳ مهرماه نیز با بزرگای ۶،۳ در نزدیکی هرات، افغانستان، در نتیجه گسلش راندگی عمق کم و در نزدیکی انتهای غربی رشته کوه هندوکش رخ داده است. هر چهار زمین لرزه توسط گسلش شیب لغز فشاری (راندگی) با شیب به سمت شمال مسبب رخداد زمینلرزه های یاد شده بوده و در ژرفای بین ۸ تا ۱۵ کیلومتر رخ داده اند زمین لرزه ها در صفحه اوراسیا در یک کمربند کوهستانی درون قاره ای رخ داده است. زلزله در افغانستان و مناطق اطراف آن به دلیل تعاملات پیچیده و فعال بین صفحات عربستان، اوراسیا و هند رایج است. زمین لرزه ها در غرب و مرکز افغانستان عمدتاً تحت تأثیر حرکت به سمت شمال صفحه عربستان نسبت به صفحه اوراسیا است. از سال ۱۹۲۰، هفت زلزله دیگر به بزرگی ۶ ریشتر یا بیشتر در فاصله ۲۵۰ کیلومتری زمین لرزه ۷ اکتبر، همگی در داخل ایران

رخ داده است. امتداد سامانه گسلی هریرود غربی به سوی غرب و خاک ایران با سامانه گسلی درونه در شمال و دشت بیاض در جنوب مجانب میشود که از جمله گسلهای طویل و لرزه زای ایران مرکزی تلقی میشود و رخنمون گسیختگی واضحی در سطح دارند. گسل درونه به طول تقریبی ۸۰۰ کیلومتر در راستای شرق به غرب در ایران مرکزی، در ادامه سامانه گسلی هریرود در شرق به ترتیب از مجاورت شهرهای تایباد، تربت حیدریه، کاشمر و بردسکن به سمت غرب در جنوب استان خراسان رضوی میگذرد. شکل ۴



شکل ۴- زمین لرزه هرات با رنگ زرد و زمین لرزه کاشان با رنگ قرمز مشخص شده است.



ارتباط نزدیک: زمین لرزه ها می توانند با همدیگر بر هم کنش داشته باشند و این موضوع می تواند منجر به توالی زمین لرزه ها و خوشه 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 می کنند پاسخ می دهند. 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 مولفه نرمال و برشی میشود. معیار کلمب یکی از معیارهای است که گسیخته شدن نو پدید و به جنبش در آمدن گسل ها ی قدیمی را در حال شکونده و در محیط الاستیک تحت تاثیر تنش کنترل می کند که تابع هر دو تنش نرمال و برشی اعمال شده روی سطوح گیرنده است. وقوع زمین لرزه نزدیک به هم در زمان و مکان که به صورت خوشه ای لحاظ می شود براساس تئوری انتقال تنش و اثر متقابل آن محاسبه می شود، تنش انباشته شده در روی یک گسل به عنوان کلید اصلی به منظور آغاز گسیختگی در نظر گرفته می شود و در هنگام وقوع زلزله به سادگی از بین نمی رود. تنش آزاد شده از یک گسل می تواند هر چند کم می تواند 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 تکنونیک بر روی یک گسل فعال باید مشخص باشد. انتقال تنش مثبت (یعنی افزایش تنش) می تواند 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 می شود (دوران آرامش).

ارتباط دور: برای مواردی که می توان رابطه ای بین زمین لرزه اصلی و زمین لرزه های دور (۱۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتر) را نشان داد، زلزله شناسان از این فرآیند به عنوان "چکانش دینامیک" یاد می کنند. در این سناریو، امواج سطحی ایجاد شده توسط یک رویداد دور (یا لرزه ای) می توانند وضعیت استرین در طول گسل ها را مختل کنند و چرخه بارگذاری آن ها را تسریع کنند (یا زمانی که در طی آن انرژی الاستیک، که به عنوان یک زلزله آینده آزاد می شود، روی گسل ایجاد می شود. نمونه مستند از تحریک دینامیکی توسط زمین لرزه ۷٫۳ ریشتری ۱۹۹۲ در لندرز، کالیفرنیا ایجاد شد. این رویداد تنها چند دقیقه پس از عبور امواج سطحی آن باعث لرزه خیزی در شرق ایالات متحده شد (هیل و همکاران، ۱۹۹۳). دانشمندان چکانش دینامیک را در چندین منطقه در سراسر جهان مشاهده و مستند کرده اند، از کالیفرنیا جنوبی (به عنوان مثال، آیکن و پنگ، ۲۰۱۴؛ فن و همکاران، ۲۰۲۰) تا شمال چین (پنگ و همکاران، ۲۰۱۰)، و حتی قطب جنوب. پنگ و همکاران، ۲۰۱۴). به طور کلی، داده ها نشان می دهد که امواج سطحی مسئول ایجاد لرزه خیزی در فواصل دور هستند.

اگرچه فیزیک زیربنایی که بر تحریک دینامیکی لرزه خیزی حاکم است به خوبی درک نشده است، نتایج حاصل از شبیه سازی های عددی و آزمایش های آزمایشگاهی چندین فرآیند (مانند افزایش نفوذپذیری، جریان دانه ای، خزش، سرعت و اصطکاک) را به عنوان مکانیزم های محتمل نشان می دهد. نتایج حاصل از اندازه گیری های GPS نشان میدهد که در قسمت مرکزی گسل درونه قفل شدگی وجود داشته است و زمین لرزه کاشمر در مجاورت این سگمنت روی داده است. بنا براین با توجه به نرخ استرین برشی در محل رخ داد و تجمع تنش به علت قفل شدگی در سگمنت مرکزی، احتمالاً چکانش دینامیک ناشی از زمین لرزه مهر ماه ۱۴۰۲ در افغانستان عامل زمین لرزه کاشمر است.

