

شناسایی گسل‌های مسیر تونل بهشت آباد در محدوده کوه جهان بین با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و بررسی لرزه خیزی منطقه

حسین گل محمدی^{۱*}، اکبر قاضی فرد^۲، محمود انصاری اصل^۳

۱- دانشجوی زمین شناسی مهندسی دانشگاه اصفهان

۲- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد پتروولوژی دانشگاه اصفهان

h.gm90@yahoo.com

چکیده

تونل انتقال آب بهشت آباد به طول بیش از ۶۰ کیلومتر برای انتقال آب از سرشاخه‌های کارون در استان چهارمحال و بختیاری به رودخانه زاینده رود در فلات مرکزی ایران طراحی و مطالعات آن انجام شده است. در راستای بررسی ویژگی‌های زمین شناسی مهندسی مسیر تونل، با استفاده از تصاویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه، گسلها و شکستگی های مسیر تونل در محدوده کوه جهان بین شناسایی گردیده است. بدین منظور اطلاعات رقومی ETM⁺ ماهواره ای لندست هفت با شماره گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۸ در منطقه با استفاده از نرم افزار ER Mapper مورد پردازش قرار گرفت. با این تکنیک، صرف نظر از گسلهای شناخته شده گسل‌های دیگری نیز که در محدوده مورد مطالعه و مسیر تونل قرار گرفته‌اند شناسایی گردید. به منظور بررسی وضعیت لرزه خیزی گستره مورد مطالعه طرح پس از شناسایی مهمترین چشمه‌های لرزه‌زا و پیشینه لرزه خیزی گستره طرح، با انجام مطالعات تحلیل خطر زمین لرزه پیشینه مقادیر پارامترهای جنبش نیرومند زمین برای کنترل طرح و سازه های وابسته به آن در مقابل خطر زمین لرزه ارائه شده است. در نهایت با توجه به نتایج مطالعه، شتاب مبنای طرح (دوره بازگشت ۷۵ ساله معادل ۵۰ درصد احتمال وقوع در ۵۰ سال) در منطقه مورد مطالعه، ۳۰ درصد مقدار شتاب ثقل زمین یا $g \ 0/30$ ارائه شده است. و این منطقه به عنوان مناطق با خطر نسبی بالا معرفی می‌شود.

کلمات کلیدی: تونل، گسل، ER Mapper، بهشت آباد، لرزه خیزی

۱- مقدمه

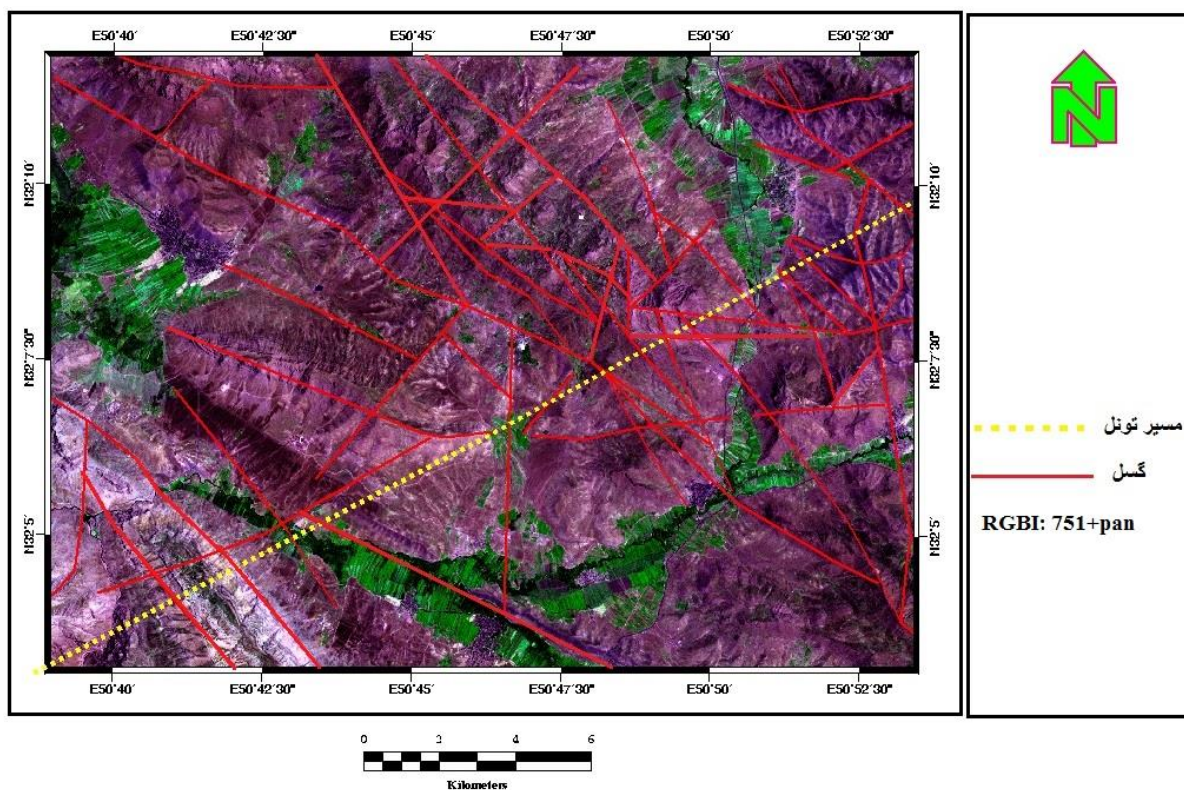
منطقه مورد مطالعه از نظر جغرافیایی در استان چهارمحال و بختیاری و بین طول‌های جغرافیایی $50^{\circ}30'$ و $50^{\circ}54'$ شرقی و عرض-های جغرافیایی $32^{\circ}11'$ و $32^{\circ}15'$ شمالی قرار می‌گیرد. از دیدگاه اقلیم شناسی و طبق نقشه آب و هوای ایران منطقه مورد نظر در دو منطقه آب و هوایی کوهستانی و سرد و مدیترانه‌ای قرار دارد.

از دیدگاه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه منطبق بر گسل رانده اصلی زاگرس می‌باشد که مرز شمالی آن در کمربند سنج - سیرجان و مرز جنوبی آن در زون زاگرس مرتفع واقع می‌شود. از نظر چینه شناسی می‌توان رسوبات مختلف دو قلمرو متفاوت سنج - سیرجان و زاگرس را در آن مشاهده کرد. قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه را نهشته‌های کربناته مزوزوئیک تشکیل می‌دهد. در مجاورت گسل زاگرس در قسمت شمالی رسوبات آهکی کرتاسه را می‌توان مشاهده نمود که طبق نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار گوش شهرکرد (سازمان زمین شناسی ۱۳۷۲) این آهک از نوع اوریتولین دار و طبق گزارش مهندسین مشاور زاینده رود آب این آهک معادل سازند داریان در نظر گرفته شده است اما به طور کلی این آهک از نوع ضخیم لایه با رنگ خاکستری روشن درآمده است. در قسمت شمالی این آهک نهشته‌های کربناته دیگری یافت می‌شود که دارای لایه بندی نازک با تناوبی از آهک رسی و شیلی با میان لایه‌های شیل می‌باشد که به دلیل مقاومت کم در برابر فرسایش، عوارض توپوگرافی متفاوتی را نسبت

به آهک اوریتولین دار از خود نشان می‌دهد و در قسمت جنوبی گسل زاگرس نهشته‌های سنوزوئیک یافت می‌شود به طوری که در بعضی مناطق کنگلومرای بختیاری به وضوح در مرز گسل اصلی زاگرس قابل مشاهده می‌باشد. روند عمومی گسل‌های منطقه تحت تاثیر روند زاگرس شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد، گسل رانده زاگرس یکی از گسل‌های اصلی منطقه بوده که روند آن شمال غرب - جنوب شرق و سازوکار آن فشارشی می‌باشد. یکی از ویژگی‌های زمین شناسی منطقه وجود دشت‌های باریک و کوچک و طولیل میان کوهی است که در برخی از آنها تالاب‌هایی به وجود آمده است، عقیده بر این است که این دشت‌ها سرزمین‌های فروافتاده‌ای هستند که به سبب کارکرد گسل‌های فشارشی در امتداد و کنار آنها شکل گرفته اند (Berberian 1972)، از این فرونشست‌های فشارشی می‌توان دشت‌های شلمزار، جونقان و فارسان را در پای گسل اصلی زاگرس نام برد (انتظاری ر. و علوی س.، ۱۳۸۳).

۲- پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای:

در این مطالعه جهت شناسایی گسل‌های منطقه داده‌های رقومی ماهواره‌ای پردازش شده‌اند. بدین منظور داده‌های ETM+ ماهواره ای لندست هفت با شماره گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۸ با استفاده از نرم افزار ER Mapper مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱: تعیین گسل‌های منطقه با استفاده از داده‌های رقومی ماهواره‌ای

۳- لرزه زمین ساخت زاگرس

ناحیه زاگرس به دلیل جایگاه زمین ساختی خود به عنوان یک نمونه شاخص از برخورد قاره-قاره، از نظر لرزه خیزی از فعال ترین نواحی کره زمین محسوب می‌شود.

از نظر نوزمین ساختی، زاگرس چین خورده، در اثر حرکت رو به شمال صفحه عربی و برخورد آن با صفحه ایران، در راستای شمال خاوری - جنوب باختری فشرده می شود. به همین دلیل، در حال حاضر زاگرس تحت تاثیر دگرشکلی، ناشی از فشارهای زمین ساختی با روند NNE-SSW فرجام همگرایی و برخورد قاره‌ای، قرار دارد. دگرشکلی‌ها هم راستای ساختارها و شکستگی‌های آلپی، (NW-SE)، و پیش از آلپی، (N-S)، هستند. از این رو، عملکرد مشترک این دو بر روی هم، باعث برآیند نوزمین ساختی و لرزه زمین ساختی و در نتیجه لرزه خیزی کنونی زاگرس می شود.

عموم بزرگی کمتر از ۷ دارند و به ندرت بزرگی زمین لرزه‌ها از آن بالاتر است. زمین لرزه‌های زاگرس کم ژرفایند. مقاطع توزیع زمین لرزه‌ها در عمق نشان می دهد که اگر چه ژرفای برخی زمین لرزه‌ها تا حدود ۶۰ کیلومتر می رسد، ولی بیشتر آنها در ژرفای حدود ۳۰ کیلومتر متمرکزند. به گونه‌ای که مجموعه کانون‌های زمین لرزه به تقریب در درون منشوری به درازای حدود ۱۵۰۰ و پهنای حدود ۱۵۰ و ژرفای ۶۰ کیلومتر، روند شمال باختری - جنوب خاوری، قرار دارند.

پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه‌ها به گونه‌ای است که گاهی بر روی شکستگی‌های شناخته شده آلپی و یا شکستگی‌های کهن باز پویا قرار می گیرند. ولی بسیاری از زمین لرزه‌ها را نمی توان به شکستگی‌های شناخته شده و یا روند گسل‌های سطحی ربط داد. و لذا، باید پذیرفت که رابطه میان زمین لرزه و زمین ساخت زاگرس چین خورده بسیار پیچیده است که این موضوع می تواند نتیجه کمبود اطلاعات زمین ساختی و لرزه زمین ساختی باشد (آقا نباتی س.، ۱۳۸۳).

۴- بررسی گسل‌های فعال محدوده

خاستگاه بیشتر زمین لرزه‌های زاگرس همچون سایر نواحی ایران، گسل‌های فعال این ناحیه می باشد، بنابراین شناسایی محل گسل‌ها و شناخت ارتباط بین پدیده گسلش فعال و لرزه خیزی در این ناحیه از اهمیت بالایی برخوردار است. بدیهی است این احتمال وجود دارد که گسل‌های فعالی که در عهد حاضر فعالیت داشته و موجب رخداد زمین لرزه‌های شدید شده‌اند، در آینده دور یا نزدیک دوباره فعال شوند. لذا شناخت آنها می تواند در پیش بینی کوتاه مدت و طولانی مدت زلزله و مشخص نمودن مناطق خطرناک از نظر لرزه خیزی بسیار مفید باشد (هاشمی س. و افکانه ع.، ۱۳۹۰).

۴-۱- معرفی چند گسل در محدوده تونل

از جمله گسل‌های فعال منطقه می توان به گسل‌های شمالی و جنوبی رخ هریک با طول ۱۱۰ کیلومتر، گسل زاگرس با طول ۱۴۰ کیلومتر، گسل‌های دنا و چرو با طول ۱۱۰ کیلومتر، گسل اردل با طول ۱۵۰ کیلومتر، گسل زردکوه با طول ۱۳۰ کیلومتر، گسل دوپلان با طول ۷۰ کیلومتر و گسل گازولک با طول ۷۰ کیلومتر که از گسل‌های اصلی و لرزه ای این منطقه اند اشاره نمود. به منظور برآورد حداکثر بزرگای حاصل از فعالیت گسل‌های مزبور از روابط تجربی مناسب نظیر روابطی همچون رابطه مهاجر اشجعی و نوروزی (۱۹۷۸)، رابطه نوروزی (۱۹۸۵)، رابطه ولز و کوپراسمیت (۱۹۹۴) و رابطه امبرسیز (۱۹۸۲) استفاده گردید و نتایج محاسبات بدست آمده در جدول ۱ آورده شده است.

۵- داده‌های لرزه‌ای

با بررسی وضعیت لرزه خیزی هر منطقه در گذشته و برآورد توان لرزه خیزی گسل‌های منطقه به عنوان مهمترین عامل ایجاد زلزله، می توان تجسم درستی از وضعیت لرزه خیزی و خطر زلزله در آینده به دست آورد. در شکل ۲ نقشه لرزه خیزی استان چهار محال

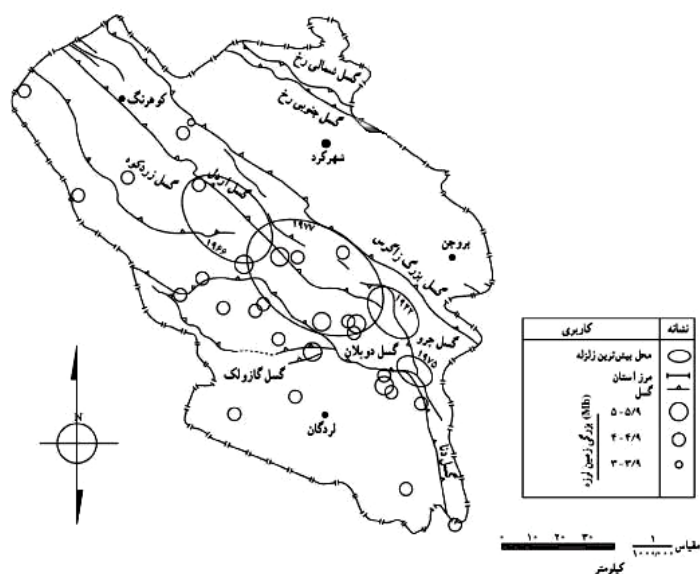
و بختیاری نمایش داده شده است. همچنین در شکل ۳ زمین لرزه‌های دستگاهی با بزرگای بالای ۳ ریشتر در شعاع ۶۰ کیلومتری منطقه مورد مطالعه آورده شده است.

در خصوص بررسی وضعیت لرزه خیزی ناحیه مورد نظر، جمع آوری داده‌های زمین لرزه‌ای ثبت شده از سال‌های ۱۹۲۸ الی ۲۰۱۲ توسط پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله در محدوده مورد نظر می‌باشد. این داده‌ها دارای بزرگی‌های متفاوت بوده و با دوایری با شعاع‌های مختلف و در چند دسته نمایش داده شده‌اند (شکل ۳).

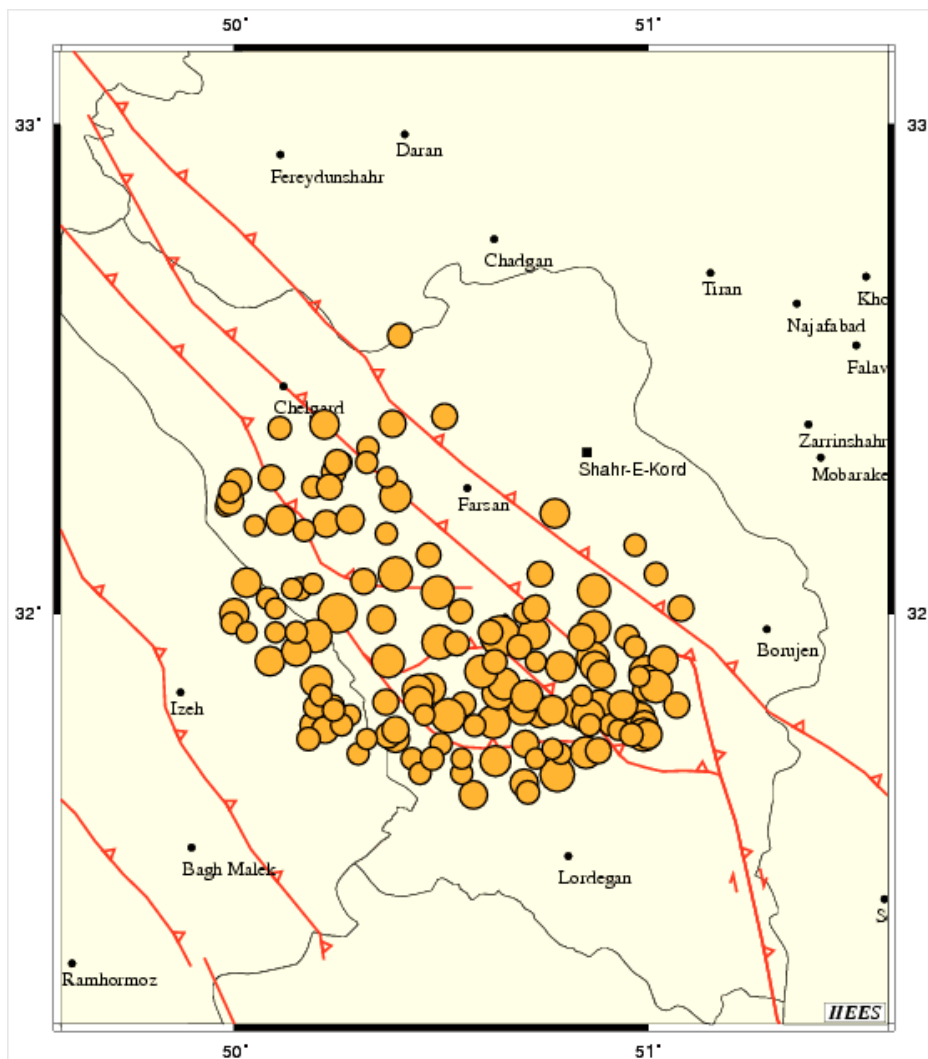
در صورتی که هر دو دسته داده‌های لرزه‌ای در نقشه‌ها همزمان مورد بررسی قرار گیرند، تقریباً هماهنگی خوبی بین آن‌ها دیده می‌شود. هماهنگی و همپوشانی بالای داده‌های لرزه‌ای ثبت شده، صحت و دقت آن‌ها را تایید می‌کند.

جدول ۱: برآورد ماکزیمم بزرگای حاصل از فعالیت گسل‌های فعال موجود در شعاع ۱۰۰ کیلومتری منطقه

میانگین حداکثر بزرگی زلزله احتمالی (Ms)	حداکثر بزرگی زلزله احتمالی (Ms)				حداکثر گسیختگی (Km)	طول گسل (Km)	نام گسل	ردیف
	امبرسیز (۱۹۸۲)	وز و کوپراسمیت (۱۹۹۴)	نوروزی (۱۹۸۵)	مهاجر اشجعی و (۱۹۷۸)				
۶/۹۹	۶/۶۲	۷/۱	۷/۱۲	۷/۱۴	۵۵	۱۱۰	شمالی رخ	۱
۶/۹۹	۶/۶۲	۷/۱	۷/۱۲	۷/۱۴	۵۵	۱۱۰	جنوبی رخ	۲
۷/۱۱	۶/۷۴	۷/۲۲	۷/۲۳	۷/۲۴	۷۰	۱۴۰	زاگرس	۳
۶/۹۹	۶/۶۲	۷/۱	۷/۱۲	۷/۱۴	۵۵	۱۱۰	دنا	۴
۶/۹۹	۶/۶۲	۷/۱	۷/۱۲	۷/۱۴	۵۵	۱۱۰	چرو	۵
۷/۱۴	۶/۷۷	۷/۲۵	۷/۲۷	۷/۲۷	۷۵	۱۵۰	اردل	۶
۷/۰۷	۶/۷	۷/۱۸	۷/۲	۷/۲۱	۶۵	۱۳۰	زردکوه	۷
۶/۷۷	۶/۳۹	۶/۸۷	۶/۹	۶/۹۴	۳۵	۷۰	دوپلان	۸
۶/۷۷	۶/۳۹	۶/۸۷	۶/۹	۶/۹۴	۳۵	۷۰	گازولک	۹



شکل ۲: نقشه‌ی لرزه خیزی استان چهارمحال و بختیاری (نقل از اینترنت)

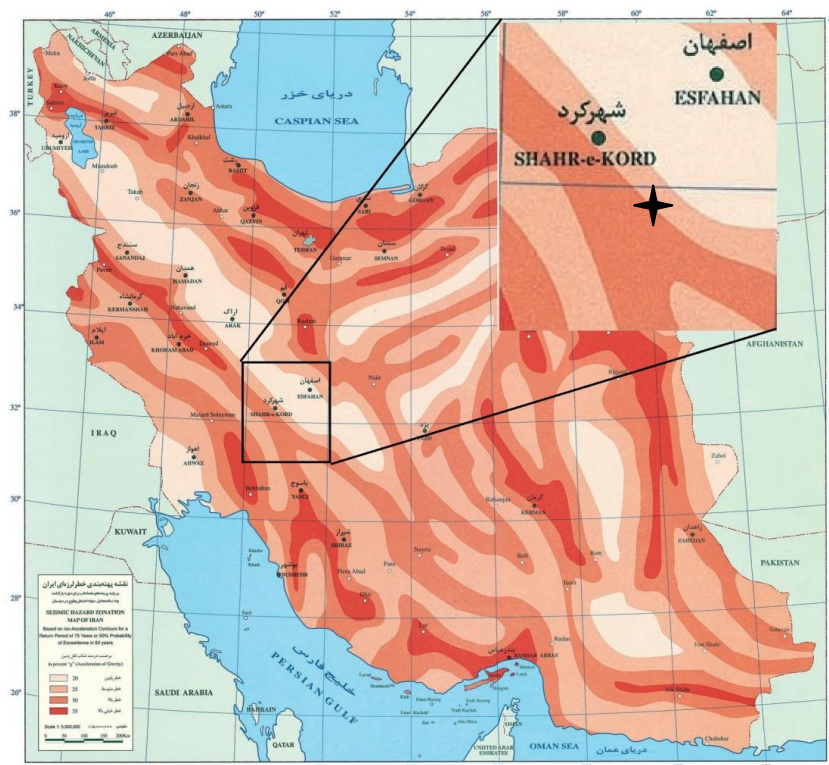


شکل ۳: توزیع مراکز سطحی زمین لرزه‌ها در گستره منطقه مورد مطالعه (نقل از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله)

۱-۵- خطر زلزله

برای در نظر گرفتن میزان خطر زلزله در هر منطقه معمولاً از پارامتر شتاب مبنای طرح (DBE) استفاده می‌شود که معادل شتاب افقی است که در طول عمر سازه حداکثر یک بار اتفاق می‌افتد و در آن سازه نباید آسیبی ببیند. به طور معمول میزان ریسک آن ۵۰ درصد است (خبازی ۱۳۸۵.۱).

بر اساس نقشه خطر لرزه‌ای ایران (پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی، ۱۳۷۸) که قسمتی از آن در شکل نشان داده شده است، شتاب مبنای طرح (دوره بازگشت ۷۵ ساله معادل ۵۰ درصد احتمال وقوع در ۵۰ سال) در منطقه مورد مطالعه، ۳۰ درصد مقدار شتاب ثقل زمین یا $g/30$ ارائه شده است. و این منطقه به عنوان مناطق با خطر نسبی بالا معرفی می‌شود.



قسمتی از نقشه پهنه بندی خطر لرزه‌ای ایران (نقل از پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله ۱۳۷۸، نقشه خطر لرزه‌ای ایران، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰۰).

۶- نتیجه گیری

۱- در مکان یابی، تحلیل، طراحی، ساخت و نگهداری سازه‌ها و همچنین تامین ایمنی آنها، یکی از پارامترهای بسیار مهم، بارهای دینامیکی ناشی از رویداد زمین لرزه‌ها می‌باشد. بعلا شرایط بسیار پیچیده حاکم بر تولید و انتشار امواج لرزه‌ای، تعیین دقیق خصوصیات نیروهای دینامیکی امواج در حال حاضر میسر نیست، ولکن با اجرای صحیح و دقیق تحلیل‌های خطر لرزه‌ای می‌توان سطوح مطمئن طراحی مقاوم در برابر زمین لرزه را تعیین نمود.

۲- شناسائی گسل‌ها در مطالعات تونل از اهمیت خاصی برخوردار بوده و در تهیه نیرمخ زمین شناسی مهندسی تونل می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. باتوجه به اینکه شناسائی عوارض ساختمانی و وضعیت سنگ‌ها و میزان خردشدگی آنها درانتخاب مسیر مناسب برای حفرتونل، تعیین نحوه حفاری و سطح مقطع تونل، انتخاب نوع دستگاه‌های حفاری، هزینه‌های حفرتونل و ... بسیار موثر می‌باشد لذا می‌بایست از کلیه ابزارهای موجود جهت شناسائی عوارض ساختمانی و بویژه گسل‌ها استفاده کرد. در این خصوص استفاده از اطلاعات رقومی و ماهواره ای کمک بسیار خوبی می‌باشد و اطمینان به نتایج بدست آمده از مطالعه دقیق منطقه از طریق اطلاعات رقومی می‌تواند کمک موثری به نتایج مطالعات صورت گرفته نماید. در این مطالعه جهت شناسایی گسل‌های منطقه داده‌های ETM⁺ ماهواره ای لندست هفت با شماره گذر ۱۶۴ و ردیف ۳۸ با استفاده از نرم افزار ER Mapper مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- وجود چند گسل فعال مهم با راستاهای مختلف در نزدیکی محدوده مورد مطالعه با آثار کهلرهای متعدد شناسایی و داده‌های کهلرزه ثبت شده در محدوده طرح با راستای گسل‌های شناسایی شده تطبیق داده شده است.

۴- در محدوده منطقه میانگین حداکثر بزرگای زمین لرزه احتمالی برای هر یک از گسل های فعال بدست آمده است. و میانگین بیشینه شتاب افقی حاصل از جنبش دوباره گسل ها براساس نقشه پهنه بندی خطر لرزه ای ایران ۰/۳ شتاب ثقل زمین بدست آمده است.

قدردانی

در پایان بر خود لازم می دانیم از راهنمایی های آقای امیر دربانی دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک دانشگاه اصفهان تقدیر و تشکر نموده همچنین از زحمات جناب آقای دکتر همایون صفایی به خاطر در اختیار قرار دادن داده های رقومی ماهواره ای به نگارندگان و راهنمایی های ایشان تشکر می نمایم.

منابع

- آقائباتی س.ع، ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور، ۷۰۶ صفحه.
- انتظاری ر. و علوی س.ا، ۱۳۸۳، تحلیل مورفوتکتونیک کی قسمتی از گسل اصلی زاگرس در جنوب شهرکرد (حد فاصل شلمزار تا سودجان)، هشتمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳ صفحه.
- پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله ایران: www.iiees.ac.ir
- خبازی ا، ۱۳۸۵، بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی نهشته های آبرفتی در مسیر تونل های متروی تبریز، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، ۱۹۲ صفحه.
- هاشمی س. و افکانه ع، ۱۳۹۰، تحلیل کمی ارتباط مکانی موقعیت کانون زلزله ها و هندسه گسل های فعال در ناحیه زاگرس، پانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۶ صفحه.

Berberian, M. (1972) Two important deformational and metamorphic phases in the belt north east of the Zagros thrust line (Iran): Geol. Surv. Iran, Rep. 13p