

پهنه بندی حساسیت تشکیلات زمین شناسی در مقابل نیروهای زلزله در منطقه شیراز با استفاده از GIS

دکتر منوچهر فرج زاده* - استادیار گروه سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس

فروغ بصیرت - کارشناس ارشد سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس

دریافت مقاله: ۸۲/۱۱/۲۰

تائید نهایی: ۸۴/۹/۲۸

چکیده

زاگرس یکی از فعال ترین مناطق لرزه خیز ایران است. از موضوعات اصلی برای پهنه بندی خطر زمین لرزه در این پهنه لرزه خیز، تحلیل عکس العمل واحدهای زمین شناسی در برابر نیروهای زلزله می باشد. در مطالعه حاضر که در منطقه شیراز صورت گرفته است، تحلیل رفتار سازندهای زمین شناسی در مقابل گسلش و وقوع زمین لرزه بوده است. به همین منظور از لایه های سازندهای زمین شناسی، کانون های زلزله های تاریخی و سده بیستم استفاده شده و با بهره گیری از توان سیستم اطلاعات جغرافیایی ارتباط سازندهای زمین شناسی با متغیرهای فوق الذکر تحلیل گردیده است. نتایج این مطالعه نشان داد که سازند آهکی آسماری دارای حداکثر تراکم گسل خوردگی بوده و سنگ های آسماری تفکیک نشده دارای حداکثر طول گسل خوردگی هستند. فراوانی رخدادهای لرزه ای نیز در رسوبات کواترنر بیش از سازند آسماری و سنگ های آسماری جهرم بوده است. پس از تحلیل رفتار سازندها در برابر نیروهای لرزه ای به هر یک از آنها وزن مناسب داده شده و نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه در پنج گروه بر اساس مقاومت سازندها تهیه گردید.

واژگان کلیدی: سازندهای زمین شناسی، پهنه بندی خطر زمین لرزه، شیراز، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

مقدمه

خطرهای لرزه ای بیش از ۳۵ کشور را در جهان تحت تأثیر قرار داده و در مجموع هر سال بیش از هر خطر طبیعی دیگر انسان های بیشتری را به کام مرگ می فرستد. خطر وقوع زمین لرزه در ایران هم کاملاً شناخته شده است و تنها راه کاهش خطرات اجرای برنامه های کاهش خطرات زلزله و ایمن سازی کشور در برابر زلزله می باشد. وجود کمر بند چین خورده فعال زاگرس در محل برخورد دو صفحه عربستان و ایران و مناطق لرزه خیز ایران مرکزی، لوت، مکران، کپه داغ و سهندج - سیرجان از یک طرف و تاریخچه لرزه خیزی ایران زمین با ۱۳۰ زلزله شدید بزرگتر از (۷) در ۲۴ قرن گذشته

* E-mail: farajzam@modares.ac.ir

به خصوص وقوع بیست زلزله شدید و مخرب در قرن بیستم با ۱۲۰۰۰۰ کشته و روند رو به افزایش آن در ۲۵ سال اخیر، نشان دهنده لرزه خیزی و آسیب پذیری بالای کشور ما در برابر زلزله است (غفوری آشتیانی ۱۳۷۶).

خطر زمین لرزه در یک منطقه بر مبنای پارامترهای حرکت نیرومند زمین نظیر شتاب، سرعت و تغییر مکان و با در نظر گرفتن دوره بازگشت معین رویداد زمین لرزه در آن منطقه تعریف می شود. در این راستا باید چشمه های لرزه ای منطقه (چشمه های نقطه ای، خطی و ناحیه ای) شناسایی و به هریک از این چشمه ها سرشت لرزه خیزی منطقه نسبت داده شود. در تحلیل ها و مدل سازی خطر لرزه ای موارد زیر اهمیت دارد:

مشخص کردن منبع، مدل رخداد بازگشتی، مدل کاهیدگی، کنش و واکنش خاک و محل مورد نظر و مدل های پیش بینی برای توزیع حرکات زمین که با کمک تکنولوژی GIS می توان آنها را با هم بررسی کرد (شاه و همکاران ۱۹۹۵).

بررسی های ذیل امکان تخمین خطر زلزله را فراهم می سازند:

۱- بررسی های زمین شناسی

- ساختارهای ناحیه ای و الگوی دگرشکلی
- تهیه نقشه از گسل های منطقه تا شعاع ۱۰۰ کیلومتری
- تعیین نوع و نحوه عملکرد گسل ها
- شواهد جابجایی های اخیر در طول گسل ها
- تشخیص مکان لغزش ها، ریزش ها و فرونشست ها و غیره

۲- بررسی های زلزله شناسی

- تهیه فهرست زلزله های تاریخی (زلزله هایی که پیش از سده ۱۹۰۰ به وقوع پیوسته اند).
- تهیه فهرست زلزله های دستگاهی
- تهیه نقشه مراکز سطحی زلزله ها
- تعیین شدت و بزرگی زلزله ها
- مقایسه بین مکان گسل ها و مراکز سطحی کانون زلزله ها
- تخمین بزرگی زلزله مبنای طرح و بزرگترین زلزله محتمل
- تخمین درصد احتمال وقوع به وسیله تعیین دوره بازگشت زلزله ها (پورکرمانی و آرین ۱۳۷۶)

انجمن پژوهش های ملی ایتالیا پهنه بندی خطر زمین لرزه را با استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی طی یک پژوهش انجام داده است. در این تحقیق نکات مؤثری چون لرزش مستقیم زمین و اثرات ثانویه (لغزش یا رانش زمین) مورد نظر بوده است. استفاده از مدل فیزیکی برای شیب و روش های آماری و متغیرهای مستقلی مانند زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و پارامترهای لرزه ای در نهایت به صورت یک نقشه ضریب خطر نمایش داده شده است (فاشیولی و همکاران ۱۹۹۵).

در پژوهش دیگری در منطقه پلوآلتو^۱ کالیفرنیا در سال ۱۹۹۶ خطر زمین لرزه و تخمین خسارات ناشی از آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی شده است. در این بررسی لایه‌های مختلفی مانند: میانگین سن ساختمان‌ها (بر اساس سال ساخت)، گسل‌های اصلی، بررسی شتاب افقی زمین هم برای سطح و هم سنگ بستر استفاده شده و در نهایت نقشه‌های پهنه بندی استخراج گردیده است. (کینگ ۱۹۹۵).

در تحقیق دیگر تهیه نقشه خطر لرزه‌ای برای یک کلانشهر با نواحی اطرافش با استفاده از پایگاه‌های داده‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی در ژاپن انجام شده است. خطرات لرزه‌ای در این پژوهش شامل حرکت زمین، لغزش و رانش شیب‌ها برای شهر توکیو می‌باشد که بر اساس جداولی به هر کدام از این عوامل وزن داده شده و نقشه‌های پتانسیلی تهیه شده از آنها به صورت یک نقشه نهایی نمایش داده شده است (ماتسواو کا ۱۹۹۵).

با استناد به نقشه بدست آمده از طرح کالبدی ملی خطر زمین لرزه و مساحت پهنه‌های خطر برای منطقه فارس به صورت زیر است:

پهنه‌های خطر پایین و نسبتاً پایین به ترتیب از (۷ و ۱) درصد مساحت منطقه بیشتر نیستند، اما پهنه خطر متوسط به (۵۴) درصد می‌رسد. پهنه‌های خطر نسبتاً بالا و بالا به ترتیب (۲۶ و ۱۱) درصد مساحت منطقه را در برمی‌گیرند (مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران ۱۳۷۶).

برای رسیدن به هدف نهایی این پژوهش یعنی تعیین حساسیت سازندهای زمین شناسی در مقابل نیروهای ناشی از زلزله، ابتدا باید این پهنه بندی در سطح منطقه ای انجام شود و سپس تأثیرپذیری سازندها مورد بررسی قرار گیرد که تا به حال برای منطقه مورد مطالعه انجام نشده است.

محدوده مورد مطالعه شامل شهر شیراز به شعاع یکصد کیلومتر از اطراف می‌باشد. نقشه شماره (۱) محدوده تقریبی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

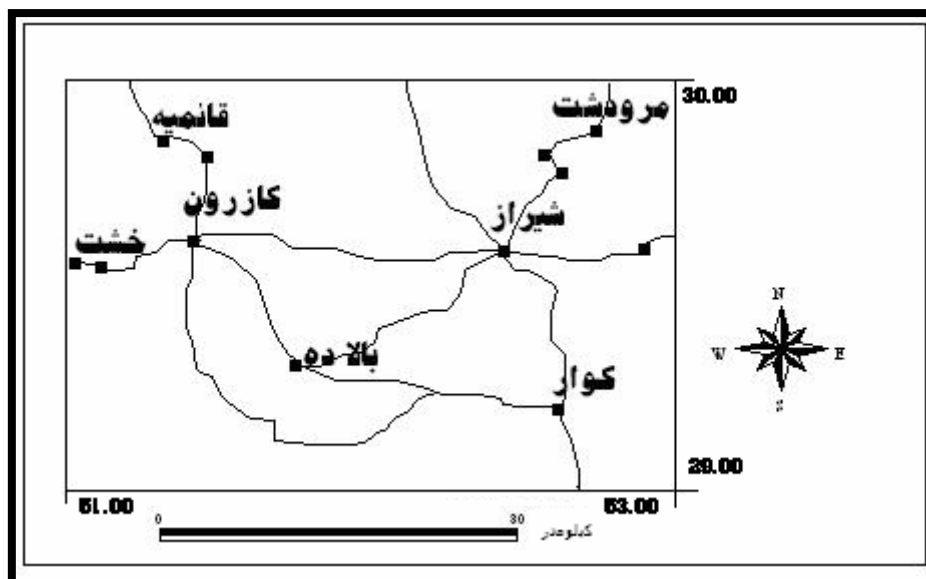
مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر ابتداء داده‌های مورد نیاز از منابع مختلف به شرح زیر تهیه گردید و پایگاه اطلاعاتی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تشکیل شد:

- لایه سازندهای زمین شناسی با استفاده از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین شناسی کشور (۱۰) و نقشه ۱:۲۵۰۰۰ گناوه خارک (۱۱) و شرکت نفت بریتانیا تهیه و با روش رقومی سازی وارد کامپیوتر گردید.
- کانون‌های زلزله‌های تاریخی و سده بیستم با قرار دادن شهر شیراز به عنوان مرکز به شعاع یکصد کیلومتری اطراف آن بازیابی و وارد پایگاه اطلاعات گردید.
- لایه خطوط گسل با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی منطقه مورد مطالعه تهیه و بر اساس طول به سه گروه بزرگتر از ده کیلومتر، بین دو تا ده کیلومتر و کوچکتر از دو کیلومتر طبقه بندی شده و وارد پایگاه اطلاعات گردید.
- لایه ارتفاعی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ شیراز و کازرون و منحنی‌های میزان‌ها با فاصله ارتفاعی یکصد متر تهیه و وارد سیستم گردید.

پس از آماده ساختن لایه ها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از توابع تحلیلی همپوشانی و تهیه جدول های تقاطعی، ارتباط بین لایه سازند های زمین شناسی با کانون های زلزله های تاریخی و سده بیستم، لایه گسل ها و همچنین لایه ارتفاعی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت که یافته های آن در مطالب زیر مورد بررسی قرار گرفته است.

نقشه ۱- محدوده مورد مطالعه



نتایج

۱- ویژگی های لیتولوژیکی و تکتونیکی منطقه مورد مطالعه

زاگرس یکی از فعال ترین مناطق لرزه خیز ایران است. زمین لرزه های زاگرس دارای اندازه های متفاوتی می باشد (۵ تا ۶/۵ MS). ژرفای زمین لرزه های زاگرس عمیق تر از سی کیلومتر نیست و اکثراً در کمر بند چین خورده ساده رخ می دهد. شاهدی برای لرزه خیزی زیر پوسته ای وجود نداشته و مدل سازی دور لرزه ای امواج حجمی نشان می دهد که ژرفای اکثر زمین لرزه های بزرگ در اعماق ده تا بیست کیلومتر (زیر پوشش رسوبی) متمرکز است (مدنی و علایی ۱۳۷۹).

به طور کلی ستون چینه شناسی زاگرس را به دو واحد بزرگ لیتواستراتیگرافی یعنی پی سنگ و پوشش رسوبی آن می توان تقسیم کرد که در عین حال هر کدام تحولات زمین ساختی متفاوتی را پشت سر گذاشته است. قدیمی ترین واحد لیتواستراتیگرافی زاگرس با سن پرکامبرین است که در هیچ یک از بخش های زاگرس برون زدگی ندارد. پوشش رسوبی متشکل از سری های رسوبی پالئوزوئیک - سنوزوئیک و با ضخامت کلی و متوسط ۱۰-۸ کیلومتر است که روی پی سنگ قرار دارد. قسمت اعظم پوشش رسوبی شامل سنگ های آهکی و مارنی است. قاعده پوشش رسوبی را رسوبات گسترده تبخیری (نمکی گچی) با سن اینفراکامبرین تشکیل می دهد که به طور غیررسمی به سازند هرمز موسوم گردیده و خاستگاه گنبد های نمکی زاگرس است که در مکان های مختلفی در پوشش رسوبی رخنه نموده است. سازند هرمز به خاطر ترکیب و خصوصیات فیزیکی خود (به شدت پلاستیک) از یک سو در انتشار نیروها و تسهیل و تغییر شکل های تکتونیکی زاگرس نقش مهمی داشته و از سوی دیگر به خاطر وزن مخصوص کمتر نسبت به لایه های

رسوبی رویی واحدی فعال می باشد و بانی تغییر شکل های رسوبی به طور محلی می گردد. از کامبرین به بعد توالی چینه شناسی - سنگ شناسی پوشش رسوبی و سرگذشت حوضه رسوبی زاگرس و تحولات زمین ساختی آن در دوبخش گسیخته - چین خورده و چین خورده بررسی می شود (صمدیان ۱۳۶۳).

برای شناسایی ساز و کار و توالی پدیده های نوزمین ساختی، باید پدیده ای باشد با منشاء زمین ساختی یا در دوره کوتاه تر تشکیل گردیده و یا پیش از دوره مذکور بوجود آمده و در طی این دوره فعال شده باشد. اغلب عناصر ساختاری دوره کوتاه تر در شمار دسته اخیر می باشد. در تأیید فعال یا جنبابودن یک عنصر ساختاری، نشانه ها و مدارک چندی باید مورد بررسی قرار گیرد. در مورد گسل ها هم برای جنبابودن باید چند ویژگی وجود داشته باشد.

اکثر قریب به اتفاق گسل های سطحی و فراوان منطقه شیراز، گسل های مربوط به چین خوردگی است که کم اهمیت بوده و در انواع گوناگون به ویژه عادی همراه با جنبش های پیش از کوتاه تر تشکیل شده است. طول گسل های مربوط به چین خوردگی محدود بوده و به طور مستقل گسل های لرزه زایی را تشکیل نمی دهد.

هنگامی که سنگ ها در اثر انباشتگی تنش در حد خاصی در امتداد سطوح برشی و یا شکستگی جابجایی حاصل نمایند، آنها را گسیخته می نامند. واژه گسل، هم به سطح مذکور که آن را سطح گسل می گویند و هم به جابجایی رویداده در امتداد آن سطح اطلاق می شود. حرکت و در نتیجه جابجایی در امتداد گسل ها باعث آزاد شدن انرژی می گردد که پیامد آن رویداد زمین لرزه در منطقه است.

با توجه به موقعیت زمین ساختی منطقه مورد بررسی که بخشی از زاگرس چین خورده بوده و چین ها ساختارهای عمده و فراوان منطقه را تشکیل می دهند، گسل های در دو دسته اصلی شامل گسل های مربوط به چین خوردگی و گسل های مستقل از چین خوردگی مورد بررسی قرار می گیرد.

گسل های کوتاه تر گستره مورد مطالعه را به سه گروه زیر می توان تقسیم نمود (بربریان و همکاران ۱۳۷۱):

۱- گسل های اصلی و لرزه زا (با درازای بیش از ده کیلومتر)

۲- گسل های متوسط (با درازای میان دو تا ده کیلومتر)

۳- گسل های فرعی (کوتاه تر از دو کیلومتر)

میزان انباشتگی تنش لازم برای فعالیت مجدد و یا تشکیل گسل و آزاد شدن انرژی در انواع مختلف گسل ها در شرایط یکسان متفاوت است. رهایی انرژی در امتداد انواع گسل ها که خود باعث ایجاد زمین لرزه می شود، دارای تغییراتی است؛ به طوری که در اثر حرکت در امتداد گسل های واژگون، انرژی بیشتر آزاد می شود و معمولاً باعث رویداد زمین لرزه های بزرگ می گردد (صمدیان ۱۳۶۳).

به تجربه ثابت شده است که طول گسل ها با توان و بزرگی لرزه ای آنها رابطه مستقیم دارد. بدین معنی ضمن این که امکان فعالیت گسل های طویل بیشتر است، فعالیت آنها با رهایی انرژی و جابجایی قابل ملاحظه همراه بوده و در نتیجه باعث رویداد زمین لرزه های بزرگ می گردد. به طور کلی در مطالعات لرزه خیزی آن دسته از گسل های فعالی که طولی بیش از ده کیلومتر دارد، گسل های لرزه زا تلقی می شود. در این مطالعه لایه خطوط گسل مورد بررسی با استفاده از نقشه های زمین شناسی منطقه مورد مطالعه و نقشه زمین ساختی ۱: ۲۵۰۰۰۰ (صمدیان ۱۳۷۵) ایجاد گردیده است.

۲- ویژگی های لرزه خیزی

داده های زمین لرزه ای تاریخی از سیزده قرن گذشته نشان می دهد که طی نه قرن اولیه (قرن های هفتم تا پانزدهم میلادی) منطقه شیراز از نظر لرزه خیزی دوران سکونی را پشت سر گذاشته و زمین لرزه های رویداده در سده های شانزدهم و هجدهم میلادی نیز زمین لرزه های شدیدی نبوده است. داده های زمین لرزه ای سده بیستم نشان می دهد که منطقه شیراز به طور تقریباً پیوسته عموماً در معرض رویداد زمین لرزه های متوسط - خفیف قرار داشته و به ویژه بخش باختری آن از نظر لرزه خیزی ناحیه ای فعال است. نقشه شماره (۲) مرکز زمین لرزه های تاریخی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد (آمبراسیس و ملویل ۱۹۸۱).

نقطه ای با طول و عرض $۵۱^{\circ}/۲۹^{\circ}$ و $۶۱^{\circ}/۲۹^{\circ}$ به عنوان مرکز شیراز در نظر گرفته شده و به شعاع یکصد کیلومتر اطراف آن زلزله های تاریخی و سده بیستم در تهیه این لایه منظور شده اند. این لایه نقطه ای شامل ۲۲ زمین لرزه تاریخی و ۳۳۹ زمین لرزه دستگاهی از مراجع مختلف می باشد (نقشه شماره ۲). با مقایسه بصری این پراکنندگی و لایه گسل ها به وضوح دیده می شود که حضور گسل ها و تراکم این نقاط با هم رابطه مستقیم دارند؛ از اینرو یک رابطه خطی بین MS و Mb برای کانون این زمین لرزه ها قابل محاسبه است. کاربرد این رابطه خطی که به صورت تجربی بدست می آید، محاسبه MS و Mb برای تمام نقاط است. از آنجا که در بررسی لرزه خیزی یک منطقه دوره بازگشت زلزله ها هم بسیار مهم است، این رابطه برای کانون های زمین لرزه منطقه بدست آمد. در بررسی رابطه بین بزرگی زلزله ها و دوره بازگشت با استفاده از روابط احتمالی و آماری، توزیع گامبل (منحنی Gumble S) بهترین خط عبوری را نشان می دهد و به خوبی دیده می شود که دوره بازگشت زلزله های با بزرگی بالا طولانی تر از دوره بازگشت زلزله های با بزرگی کمتر است.

۳- بررسی فراوانی رخداد های تکتونیکی در واحدهای لیتولوژیکی

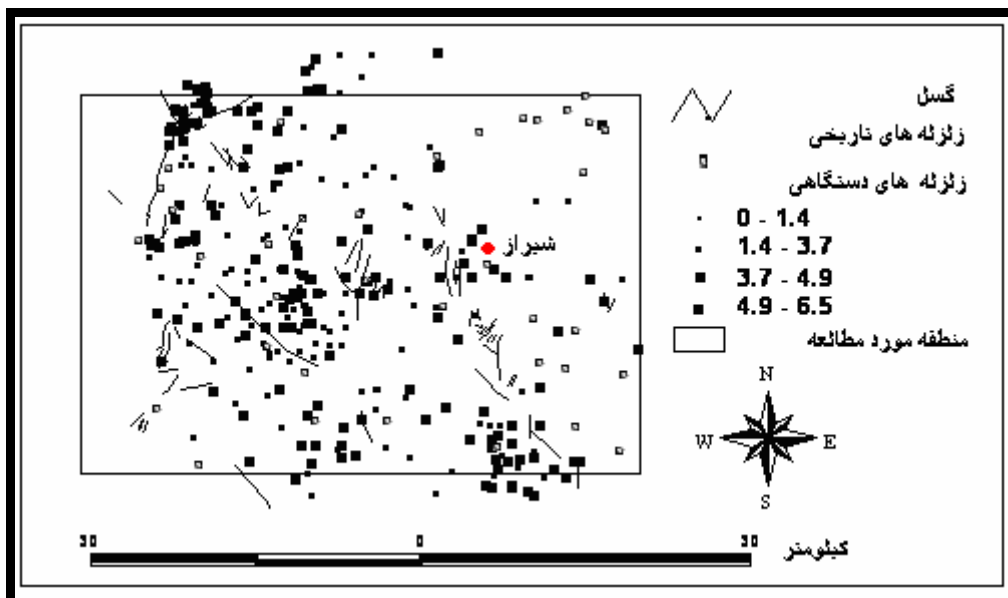
با استفاده از تحلیل مکانی سازندهای زمین شناسی از دیدگاه جنس و گسل های منطقه از نظر اطلاعات توصیفی که بر اساس طول گسل هاست و فعال بودن یا نبودن آنها را بیان می کند، بررسی انجام شده در جدول شماره (۱) آمده است. در این جدول سازندهای درگیر گسلش و طول گسل خوردگی در آنها مشاهده می شود. مطابق ارقام جدول، طولانی ترین گسل منطقه با $۴۴/۷۱۴$ کیلومتر طول، گسل قطر- کازرون می باشد و پس از آن گسل سربالش قرار دارد. در جدول دیده می شود که سنگ های آسماری جهرم تفکیک نشده دارای حداکثر طول گسل خوردگی هستند و $۲۴/۰۳$ درصد از کل گسلش در سازندهای منطقه در این دو سازند رخ داده است. پس از آن، سازندهای گروه بنگستان و آسماری قرار دارند. در این جدول تراکم گسلش نیز دیده می شود که در آن مجموع طول گسلش در هر سازند به مساحت اشغال شده توسط سازند در محدوده مطالعاتی، محاسبه شده است. در این جدول محدوده بسیار کوچکی از سنگ های تفکیک نشده ائوسن وجود دارد که به علت مساحت بسیار کم، درصد تراکم بسیار بالایی را به خود اختصاص داده و پس از آن گروه بنگستان و آسماری جهرم دارای حداکثر تراکم گسلش است. سازند آسماری از سنگ آهک خاکستری با میان لایه های آهک مارنی تشکیل شده و سازند جهرم شامل سنگ آهک متبلور، آهک دولومیتی سخت و فشرده با میان لایه های آهک مارنی و ترکیبات انیدریتی است. ترکیبات رسوبات کواترنری که اغلب به صورت خرد شده می باشند، در نقشه زمین شناسی $۱/۱۰۰۰۰۰$ شیراز به طور کامل بررسی شده اند. بر اساس این نقشه، از رسوبات کواترنری ابتدایی قطعات

با گردشگی نسبتاً خوب و اندازه های گوناگون با سیمانی از آهک تا رسوبات کاملاً جدید که شامل نهشته های محیط دشت سیلابی، بستر رودخانه ها و بستر آبراهه ها با ترکیبات شنی و قلوه سنگی است، دیده می شود و عملاً بین آنها هیچ سیمانی مشاهده نمی گردد. همان طور که انتظار می رفت، سازندهای آهکی آسماری جهرم مقاومت کمتر و شکنندگی بالاتری در مقابل گسلش از خود نشان می دهند. با استناد به این جدول می توان مقاومت سازندهای زمین شناسی منطقه را بر حسب طول گسلش بررسی نموده و آنها را برحسب مقاومت در برابر گسلش یا آسیب پذیری در مقابل شکستگی تقسیم نمود.

۴- بررسی فراوانی رخداد زلزله ها در واحدهای لیتولوژیکی

در این قسمت سازندهای زمین شناسی و کانون های لرزه ای با هم در نظر گرفته شدند که جدول شماره (۲) حاصل این بررسی است. در این جدول فراوانی وقوع تمام کانون های لرزه ای و سازندها دیده می شود؛ اما از آنجا که زلزله های با بزرگی بیش از (۵) در تحلیل های لرزه ای مورد توجه قرار می گیرند جدول شماره (۳) نیز تهیه گردید که در آن جنس سازندها و فراوانی وقوع زمین لرزه ها با بزرگی بیشتر از (۵) در نظر گرفته شده است. در جدول شماره (۳) به خوبی دیده می شود که در رسوبات کواترنری (QT2) بیشترین میزان کانون زمین لرزه وجود دارد. همانطور که ذکر شد، سازندهای کواترنری جدیدترین رسوبات موجود در منطقه بوده که عمدتاً بدون سیمان بین رسوبات قرار گرفته و پس از آن در سازند آسماری و سنگ های آهکی آسماری جهرم رخدادهای لرزه ای بیشتر بوده است. عمده جنس این دو سازند هم آهک با میان لایه های ماسه سنگی یا مارنی است. با بررسی جنس می توان به عدم مقاومت این تشکیلات در پذیرش کانون های زلزله پی برد. در جدول (۳) حداکثر رخداد زلزله با بزرگی بیشتر از (۵) در رسوبات کواترنری دیده می شود و پس از آن به ترتیب گروه بنگستان و سازند گچساران قرار دارد. حضور سازند گچساران در نزدیکی گسل بزرگ قطر- کازرون، درگیری آن با گسلش و فراوانی وقوع زلزله در آن را تأیید می کند.

نقشه ۲- زمین لرزه های تاریخی و نقاط کانون های سطحی زلزله و گسل های موجود در منطقه مورد مطالعه



۴- تهیه نقشه مقدماتی خطر زلزله بر مبنای خطوط گسل

طبق تئوری پهنه‌بندی، در این مرحله گسل های نوع اول را که دارای درازای بیش از ده کیلومتر هستند، انتخاب نموده و از میان گسل های نوع دوم آنهایی را که دارای درازای بیشتر از پنج کیلومتر هستند با یک دید محافظه کارانه به دسته اول اضافه کرده و عملیات حریم گذاری^۱ بر روی آنها اعمال شده است (بربریان و همکاران ۱۳۷۱).

ناحیه (۱) با حریم ۱۰۰۰ متری از اطراف گسل با عنوان پهنه حریم گسلش

ناحیه (۲) با حریم ۳۰۰۰ متری با عنوان پهنه ویرانی خیلی شدید

ناحیه (۳) با حریم ۷۰۰۰ متری با عنوان پهنه تکان های شدید یا ویرانی گسترده

ناحیه (۴) با حریم ۱۰۰۰۰ متری با عنوان پهنه حرکت های تند یا خسارت زیاد

در نقشه شماره (۳) هر چهار ناحیه به خوبی دیده می شوند.

جدول ۱ - ارتباط بین فراوانی گسلش در سازندهای زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

سازند زمین شناسی		طول گسل خوردگی (متر)	درصد طول گسل خوردگی	مساحت سازند (کیلومتر مربع)	در صد تراکم گسلش در سازند
Oma	آسماری	۷۱۸۹۸	۱۴/۱۵	۲۰۰۱	۳/۶
Mgs	گچساران	۵۲۱۱۹	۱۰/۲۶	۲۲۳۱	۲/۳
Ma	آغاچاری	۲۸۹۶	۰/۵۷	۹۶۷	۰/۲۹
Qt2	کواترنری	۵۱۱۹۹	۱۰/۰۸	۴۰۴۲	۱/۲
Mm	میشان	۶۷۶۵۲	۱۳/۳	۱۴۵۶	۴/۶
Kb	گروه بنگستان	۷۸۹۸۷	۱۵/۵	۷۷۲	۱۰/۲
Qplc	کنگلومرای کواترپلیوسن	۲۱۱۷	۰/۴۱	۲۸۴	۰/۷۴
Ek	ائوسن کرتاسه تفکیک نشده	۲۶۱۹۴	۵/۱۵	۶۲۶	۰/۲۵
Ep	پابده	۳۷۲	۰/۰۷	۱۱۱	۰/۳۳
Kg	گورپی	۳۹۹	۰/۰۷	۷۴	۰/۵۳
Plb	بختیاری	۵۷۷۲	۱/۱۳	۷۷۴	۰/۷۴
Mr	رازک	۲۳۳۷	۰/۴۶	۵۵۹	۰/۴۱
Es	ساجون	۱۱۹۹۶	۲/۳۶	۲۳۲	۵/۱
E	ائوسن تفکیک نشده	۱۰۷۰۴	۲/۱	۴۵	۲۳/۷
OE	آسماری جهرم تفکیک نشده	۱۲۲۰۵۶	۲۴/۰۳	۱۲۰۶	۱۰/۱
Sph	نمک هرمز	۱۱۶۴	۰/۲۲	۶۲	۱/۸

زمینه منطقه مورد مطالعه هم که خارج از نواحی حریم گذاری قرار می گیرد به نام ناحیه (۵) و با عنوان پهنه های محتمل برای رخداد زلزله با خسارت متوسط تعریف می شود. جدول شماره (۴) پهنه های پتانسیل خطر مساحت هر ناحیه و درصد آن نسبت به کل منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. از آنجا که لایه گسل ها مهم ترین لایه در این پژوهش محسوب می شود، برای تعیین این که گسلی فعال است یا نه، باید به بررسی های ذیل پرداخته شود:

الف- مطالعه زلزله های دستگاہی

ب- مطالعه زلزله های تاریخی

ج- مطالعه لرزه شناسی دیرینه

د- مطالعه دقیق گسل و منطقه گسلی از نزدیک

بنابراین لایه کانون های زلزله هم به عنوان مهم ترین مدرک در این پژوهش مورد استفاده قرار می گیرند. حضور بیشتر رخداد های لرزه ای در سازندهای کواترنری و آهکی اولیگومیوسن طبق جدول شماره (۳) تأیید می شود. طبق نقشه شماره (۴) کاهش تراکم این نقاط در گوشه شمالشرقی منطقه مورد مطالعه، عدم حضور گسل های فعال را در این قسمت تأیید می کند.

جدول ۲- ارتباط بین سازندهای زمین شناسی و کانون های زلزله بر حسب Mb

شرح سازند	علامت سازند زمین شناسی	مساحت هر واحد (کیلومتر مربع)	فراوانی وقوع زلزله	درصد فراوانی وقوع زلزله
کواترنری	QT2	۴۰۴۲	۱۱۳	۳۵/۵
آسماری	Oma	۲۰۰۱	۴۸	۱۵/۰۹
آسماری جهرم تفکیک نشده	OE	۱۲۰۶	۲۴	۷/۵
گچساران	Mgs	۲۲۳۱	۲۲	۶/۹
گروه بنگستان	Kb	۷۷۲	۲۲	۶/۹
رازک	Mr	۵۵۹	۱۷	۵/۳
آغاچاری	Ma	۹۶۷	۱۴	۴/۴
کواترنری	Qf	۱۷۹۷	۱۱	۳/۴
بختیاری	Plb	۷۷۴	۱۱	۳/۴
میشان	Mm	۱۴۵۶	۱۰	۳/۱
اوسن کرتاسه تفکیک نشده	Ek	۶۲۶	۹	۲/۸
کنگلومرای کواترپلیوسن	Qplc	۲۸۴	۶	۱/۸
پابده	Ep	۱۱۱	۳	۰/۹
گورپی	Kg	۷۴	۲	۰/۶
کرتاسه زیرین	Kt	۱۷۵	۲	۰/۶
کواترنری	Qt3	۲۳۳	۱	۰/۳
ژوراسیک	Jkk	۴۰	۱	۰/۳
ساچون	Es	۲۳۲	۱	۰/۳
نمک هرمز	Sph	۶۲	۱	۰/۳

جدول ۳ - سازندهای زمین شناسی و زلزله های با $M_b > 5$

شرح سازند	علامت سازند زمین شناسی	فراوانی وقوع زلزله	درصد فراوانی وقوع زلزله
کواترنری	QT2	۱۲	۳۵/۲
گروه بنگستان	Kb	۶	۱۷/۶
گچساران	Mgs	۵	۱۴/۷
آسماری جهرم تفکیک نشده	OE	۳	۸/۸
کواترنری	Qf	۲	۵/۸
آسماری	Oma	۱	۲/۹
آغاچاری	Ma	۱	۲/۹
کنگلومرای کواتریلیوسن	Qplc	۱	۲/۹
ائوسن کرتاسه تفکیک نشده	Ek	۱	۲/۹
گورپی	Kg	۱	۲/۹
رازک	Mr	۱	۲/۹
میشان	Mm	۰	۰
پابده	Ep	۰	۰
بختیاری	Plb	۰	۰
نمک هرمز	Sph	۰	۰
کواترنری	Qt3	۰	۰
ژوراسیک	Jkk	۰	۰
ساچون	Es	۰	۰
کرتاسه	Kt	۰	۰

جدول ۴ - مساحت پهنه های پتانسیل خطر

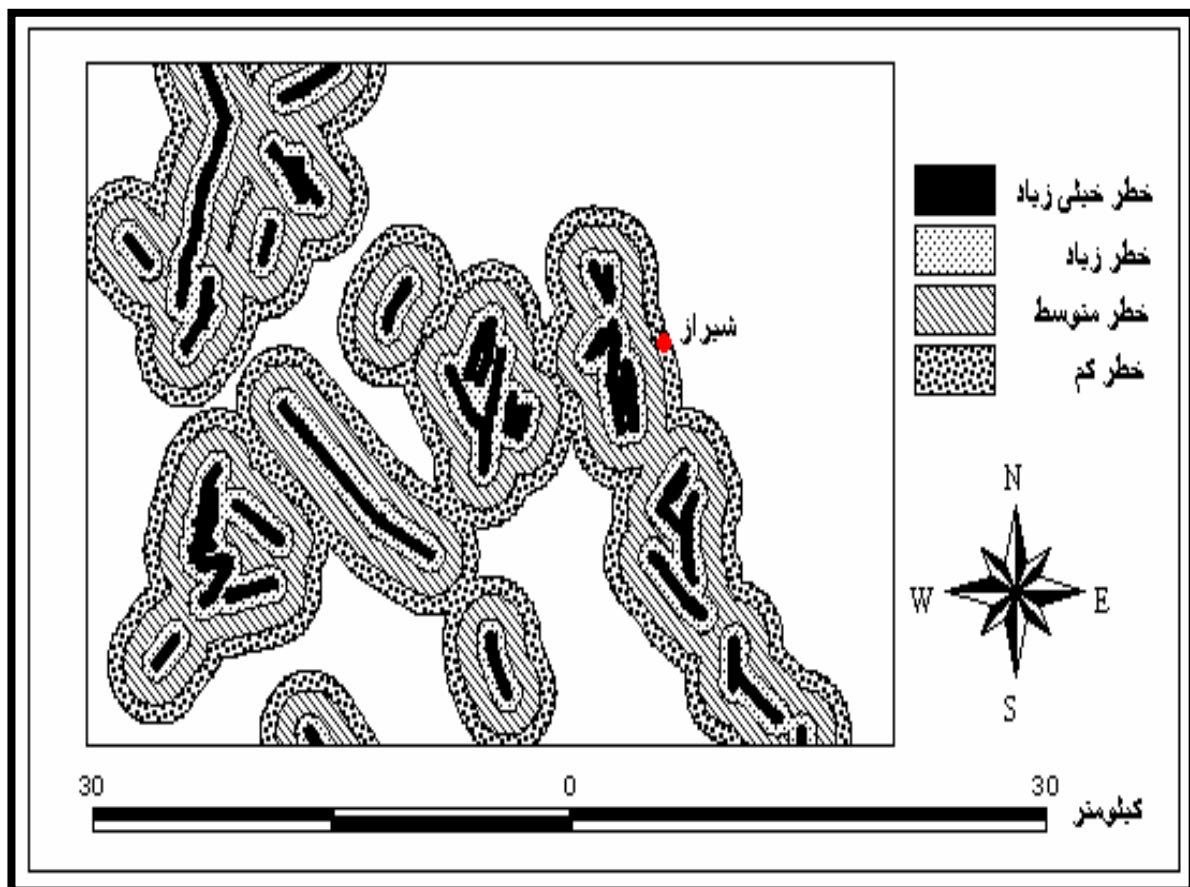
مساحت پهنه (درصد)	مساحت پهنه (کیلومتر مربع)	پهنه های خطر پیشنهادی	
۴/۸	۸۷۹/۵۰۹	۱	خطر بسیار بسیار بالا حریم گسلش
۹/۷۸	۱۷۹۰/۹۲۶	۲	خطر بسیار بالا ویرانی خیلی شدید
۲۰/۶	۳۷۷۲/۴۸۷	۳	خطر بالا تکان های شدید یا ویرانی گسترده
۱۴/۴۴	۲۶۴۶/۲۵۱	۴	خطر نسبتا بالا جنبش های تند یا خسارت زیاد
۵۰/۳۸	۹۲۲۴/۲۷۷	۵	خطر متوسط خسارت متوسط
۱۰۰	۱۸۳۱۳/۴۵	کل	

لایه اطلاعاتی زمین شناسی در نظر گرفته شده و بر اساس آنچه در قسمت های قبل از نتایج تحلیل ها بدست آمده، به این لایه ها یک زمینه اطلاعاتی جدید اضافه گردید. بر این اساس لایه های زمین شناسی براساس رفتارشان در مقابل لرزه

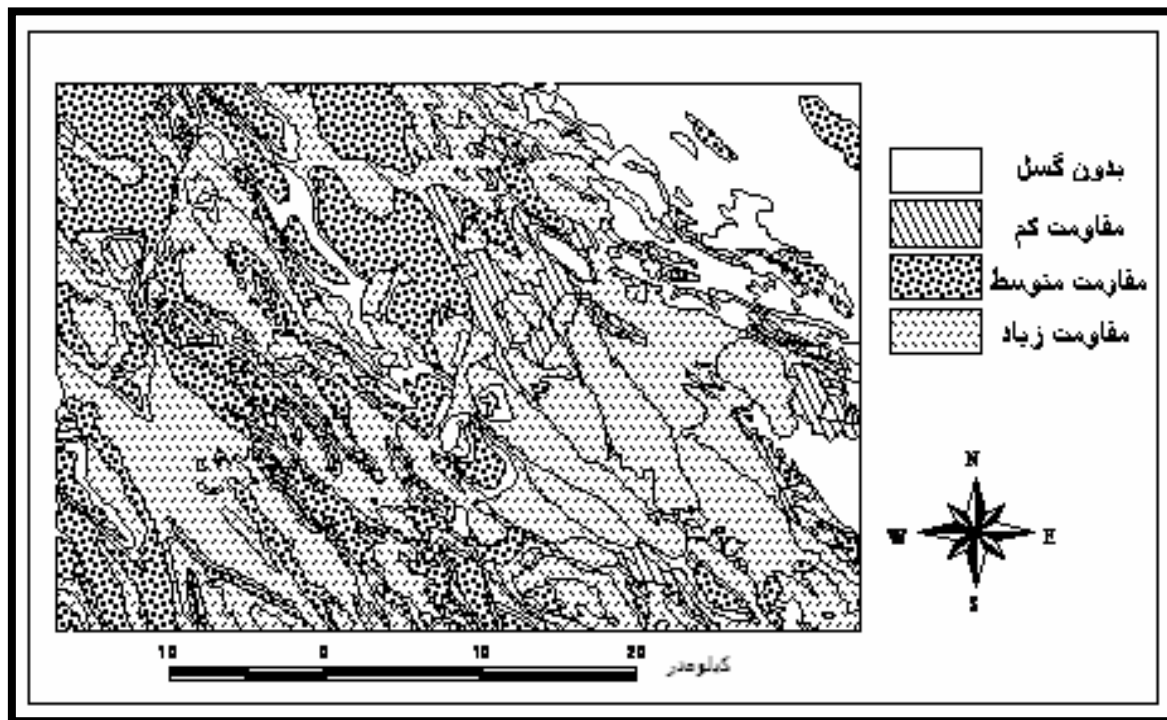
های دستگاهی، تاریخی و گسلش به سه دسته مقاوم، نیمه مقاوم و نامقاوم تقسیم شده و به آنها وزن مناسب داده شد (جدول شماره ۵)

براساس این وزن ها یک نقشه جدید زمین شناسی تولید شد که بیانگر مقاومت سنگ ها در مقابل خطر زمین لرزه می باشد. نقشه شماره (۴) این تقسیم بندی تشکیلات را نشان می دهد. گروه چهارم در این تشکیلات سازندهایی هستند که اصلاً دچار گسلش نشده اند و بنابراین نمی توان در مورد مقاومت یا عدم مقاومت آنها قضاوت نمود. این سازندها در گوشه شمالشرقی منطقه مورد مطالعه دیده می شوند. همان طور که در جدول شماره (۵) هم دیده می شود، سازندهای آسماری جهرم و گروه بنگستان در محدوده پراکندگی با وزن بالا قرار گرفته اند و سازندهایی چون رازک و میشان و گچساران در محدوده وزن کمتر واقع هستند.

نقشه ۳- پهنه بندی محدوده های اطراف گسل ها



نقشه ۴- پهنه بندی مقاومت تشکیلات زمین شناسی در برابر زلزله



جدول ۵- جدول وزن دهی به سازندهای زمین شناسی

وزن = ۳	وزن = ۲	وزن = ۱	وزن
			لایه
آسماری جهرم - گروه بنگستان - داریان - فهلیان - آغاچاری	بختیاری - پابده گورپی - کژدمی	گچساران - میشان - رازک - ساچون	زمین شناسی (جنس سازند)

بحث و نتیجه گیری

در این پژوهش سعی بر آن بود تا حساسیت واحدهای لیتولوژیکی در مقابل نیروهای زلزله در منطقه شیراز بررسی شود. منظور از حساسیت، تأثیرپذیری یا تأثیرگذاری سازندهای زمین شناسی در برابر نیروهای زلزله است. برای رسیدن به این هدف، رفتار سازندهای زمین شناسی در مقابل گسلش و وقوع رخداد زمین لرزه بررسی گردید. گام اول بررسی خطر زمین لرزه در منطقه و برآورد خطر ناشی از آن بر اساس عوامل ایجاد کننده است. عامل اصلی ایجاد خطر زمین لرزه گسلش بوده و به عنوان مدرک از وقوع کانون های زلزله های تاریخی و سده بیستم استفاده شده است. با بررسی رفتار سازند های زمین شناسی در مقابل گسلش، دیده می شود که سنگ های آسماری جهرم تفکیک نشده و گروه بنگستان و سازند آهکی آسماری دارای حداکثر تراکم گسل خوردگی هستند. با تحلیل سازندهای زمین شناسی و کانون های زمین لرزه، حداکثر حضور کانون ها در رسوبات کواترنری مشاهده شده و پس از آن سازند گروه بنگستان و سازند گچساران قرار دارد. حضور سازندهای کواترنری و آهکی بیانگر تأثیرپذیری این نوع سازند از نیروهای زلزله

است. شکستگی توسط نیروهای آزاد شده در راستای گسل ها عمدتاً در این جنس سازندها بیشتر دیده می شود؛ اما سازندهای گچی رفتار شکننده از خود نشان نمی دهند و به صورت پلاستیک عمل می کنند. در بیشتر موارد سازندهای آهکی دچار گسل های طویل و مهمی شده، در حالی که سازندهای گچی و مارنی با میرا کردن موج ناشی از زلزله، باعث کاهش نیروی آن می شوند. در مقایسه نقشه محدوده گذاری اطراف گسل ها که در واقع نقشه بدست آمده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است، مشاهده می شود که شهرها و روستاهایی که در محدوده خطرهای بسیار بالا و بالا قرار گرفته اند، عملاً تجربه زمین لرزه های بیشتر و بزرگتری را داشته اند. در نقشه بدست آمده از وزن دهی سازندهای زمین شناسی نیز محدوده ای که شامل سازندهای تأثیرپذیرتر است، عملاً با حضور گسل ها و مناطق با تجربه زلزله های بیشتر و بزرگتر تأیید می شود. در واقع بسته به نوع و جنس سازند، رفتار آن در مقابل نیروهای زلزله که به صورت موج انرژی آزاد می شود، متفاوت است. در بعضی موارد، سازند اثر افزایشده روی این انرژی خواهد داشت و در بعضی دیگر با اضمحلال آن، اثر کاهنده روی انرژی می گذارد و عملاً تأثیرپذیری یا تأثیرگذاری سازند در مقابل نیروهای زلزله کاملاً به جنس و نوع سازند وابسته است.

منابع و مأخذ:

- ۱- بربریان، مانوئل و قریشی، منوچهر و ارژنگ روش، بهرام و مهاجر اشجعی، ارسلان (۱۳۷۱)، پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت، لرزه خیزی و خطر زمینلرزه گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون به همراه نقشه های پیوست، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور، گزارش شماره ۶۱.
- ۲- پورکرمانی، محسن و آراین، مهران (۱۳۷۶)، سائیموتکتونیک لرزه زمین ساخت، شرکت مهندسی مشاور دزاب.
- ۳- غفوری آشتیانی، محسن (۱۳۷۶)، لرزه خیزی و خطر زلزله در ایران، روشها و برنامه کاهش خطرات ناشی از زلزله کشور، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بلایای طبیعی، تهران، ص ۱۵۹-۲۰۶.
- ۴- صمدیان، محمد رضا (۱۳۶۳)، بررسی نوزمین ساخت، لرزه خیزی و لرزه زمین ساخت منطقه شیراز، زاگرس ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی کشور.
- ۵- صمدیان، محمدرضا، نقشه زمین ساختی منطقه شیراز، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، ۱۳۷۵.
- ۶- مدنی، رامین و مؤید علایی، علی (۱۳۷۹) بررسی وضعیت لرزه زمینساخت نیروگاه کازرون به منظور تقویت لرزه ای نیروگاه کازرون، مجموعه مقالات شانزدهمین کنفرانس بین المللی برق، جلد دوم، ص ۵۴۰-۵۵۲.
- ۷- مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی معماری ایران، پهنه بندی خطر نسبی زمینلرزه در ایران (۱۳۷۶)، گروه لرزه زمینساخت و برآورد خطر نسبی زمین لرزه، مجموعه مقالات طرح کالبدی ملی ایران، ص ۶۹-۷۴، ۱۳۷۶.
- 8- Ambraysays N.N.and Melville C.P.,(1981), History of Persian earthquake, Cambridge publisher.
- 9- Faccioli Ezio, Anderightetto Roberto, Pessina Vera,(1995), Seismic Risk Zonation and Earthquake Scenarios using GIS Technology, Proceeding of earthquake engineering, Spain, P714-719.

- 10- King Stephanie A., Kiremidndjian Anne, (1995), Law Lincho H., Basoz Nersin I, Earthquake Damage and loss Estimation through GIS, Proceeding of earthquake engineering, Spain, P325-401.
- 11- Matsuoka Masashi, Midorikawa Saburoh,b (1995), GIS Based Integrated Seismic hazard mapping for a large Metropolitan Area, Proceeding of earthquake engineering, Spain, P225-302.
- 12- Shah, Hemant, Boyle Richard, Dong Weimin,(1995), Geographic Information System and Artificial Intelligence and application for seismic hazard, Proceeding of earthquake engineering, Spain, P487-517.