فصلنامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط‌زیست
سال هفدهم، شماره ۶۵، زمستان ۱۴۰۲

پهنه بندی خطر زمین لرزه منطقه جنوب غربی لرستان و تأثیرات زیست محیطی زمین لرزه ها

مهسا اصغری[۱]، زهرا ملکی[۱*]، علی سلگی[۱]، محمدعلی گنجویان[۲]

[۱]دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم پایه و فناوریهای همگرا

[۲]دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود، دانشکده علوم پایه

چکیده

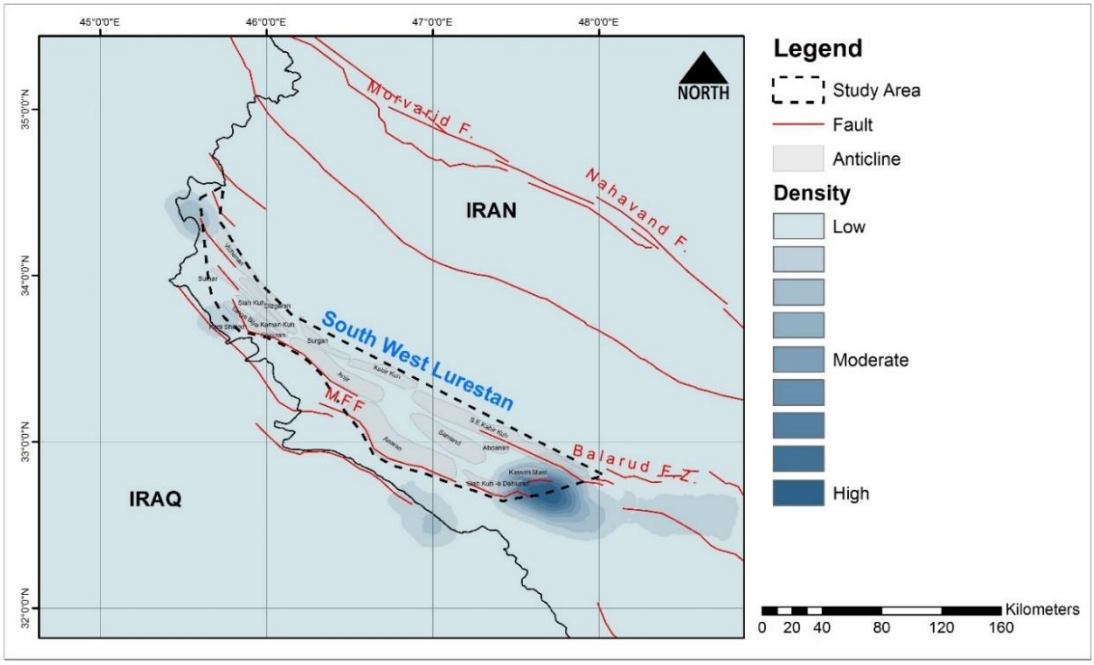
مقدمه منطقه جنوب غربی لرستان، زاگرس در ایران به دلیل فعالیت لرزه‌ای خود که در نتیجه همگرایی صفحات عربی و اوراسیا است، شناخته شده است. این منطقه بخشی از سیستم کوهزایی آلپ-هیمالیا است که به دلیل بسته شدن اقیانوس نئو تتیس در دوران سنوزوئیک شکل گرفته است. هدف این پژوهش بررسی اثرات زیست محیطی زمین لرزه در این منطقه با تمرکز ویژه بر اثرات زمین شناسی مانند گسل های پنهان، شکستگی های متعدد، لایه رسوبی، سازند گچساران و نمک هرمز می باشد. روش شامل تجزیه و تحلیل شکل موج های لرزه ای جمع آوری شده از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۳ از شبکه ای از ۳۶ ایستگاه لرزه ای بود. ضریب کیفیت امواج بدنه لرزه ای با استفاده از روش نرمال سازی کدای توسعه یافته برآورد شد. علاوه بر این، یک ارزیابی مورفومتریک کمی از طریق شاخص Tu برای پیش‌بینی بازده رسوب معلق در مقیاس حوضه در ناحیه اسکار و استخراج نرخ فرسایش مؤثر بر لغزش پس از برش سد زمین‌لغزش توسط رودخانه سیمره انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که تضعیف امواج لرزه ای در ناحیه زاگرس به دلیل ویژگی های زمین شناسی مانند گسل های پنهان، شکستگی های متعدد، لایه رسوبی، سازند گچساران و نمک هرمز قابل توجه است. تغییرات فضایی در مقادیر Q نشان می‌دهد که میرایی در بخش‌های شمالی منطقه بیشتر از بخش‌های جنوبی است. زمین لغزش سیمره، یکی از بزرگترین جابجایی های توده سنگ در سطح زمین با حجم تخمینی ۴۴ گرم متر مکعب، یک رویداد زمین شناسی مهم در این منطقه است. نتیجه گیری این مطالعه به این نتیجه می رسد که زمین لرزه در منطقه جنوب غربی لرستان، زاگرس، اثرات زیست محیطی قابل توجهی به ویژه بر ویژگی های زمین شناسی دارد. کاهش قابل توجه امواج لرزه ای در منطقه به دلیل ویژگی های پیچیده زمین شناسی است که منجر به پدیده های ناشی از گرانش با پیامدهای قابل توجهی برای مخاطرات طبیعی می شود. زمین لغزش سیمره به عنوان نمونه بارز تغییرات زمین شناسی در مقیاس بزرگ است که می تواند در نتیجه فعالیت لرزه ای رخ دهد.

واژه های کلیدی: تأثیر زیست محیطی، زمین لرزه، منطقه جنوب غربی لرستان، زاگرس

مقدمه

کشور ایران به دلیل واقع شدن در کمربند کوهزایی آلپ-هیمالیا و قرارگیری روی یکی از کمربندهای لرزه‌خیز دنیا و داشتن گسل‌های فراوان، کشوری زمین‌لرزه‌خیز است که هر از چندگاه شاهد زمین‌لرزه‌های بزرگ می‌باشد. حدود نود درصد از خاک کشور ما را کمربند زمین‌لرزه احاطه کرده به-طوری که ایران ششمین کشور دنیا از لحاظ وقوع زمین‌لرزه است و همه ساله خسارت مالی و جانی و جبران ناپذیری را متحمل می‌شود (شایان و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین با توجه به

اهمیت این موضوع و وجود شواهد لرزه‌ای و گسل‌های فعال و اصلی در این محدوده، مطالعات سایزموتکتونیکی و پهنه-بندی لرزه‌ای امری ضروری می‌باشد. رشته‌کوه‌های زاگرس ایران منطقه‌ای با فعالیت‌های لرزه‌خیزی قابل توجه بوده و خطرات قابل‌توجهی برای جمعیت و زیرساخت‌ها ایجاد می‌کند. درک جنبه های زمین شناسی، زیست محیطی و اجتماعی این منطقه برای ارزیابی موثر خطر لرزه ای و کاهش خطر حیاتی شده است. این مقاله مروری طیف متنوعی از مطالعات با تمرکز بر جنبه‌های مختلف منطقه زاگرس، از جمله فعالیت‌های لرزه‌ای، ساختارهای زمین‌شناسی، آسیب‌پذیری‌های زیست‌محیطی و اثرات اجتماعی زلزله را بررسی می‌کند.



شکل ۱- پراکندگی زمین لرزه های منطقه مورد مطالعه.

هرچند با گذشت قرن‌ها هنوز دانش بشری به جایی نرسیده است که بتواند زمان و مکان دقیق زمین‌لرزه‌های بزرگ را پیش‌گویی کند، ولی با بهره‌گیری از برخی مطالعات تخصصی می‌توان مناطق دارای توان لرزه‌زایی را شناسایی کند و قبل از ساخت و ساز مراکز مسکونی، تجاری، صنعتی و ایجاد زیرساخت‌های گوناگون ملاحظاتی را که برای مقاوم‌سازی سازه‌ها، ایمن‌سازی و کاهش زیان‌های مادی و تلفات جانی ناشی از وقوع زلزله رعایت نماید. از طرفی، بدلیل وجود عدم قطعیت و نبود داده‌های کافی، استفاده از روش‌های مناسب در بررسی خطر زمین‌لرزه ضروری است. از جمله این روش-ها، کاربرد روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه است.

در سطح جهانی، پهنه‌بندی زمین لرزه تحقیقاتی، همچون پهنه‌بندی لرزه‌ای در آلبانی (Muco et al., 2002)، پهنه‌بندی و تحلیل مخاطره لرزه‌ای پاکستان، کشمیر(PMD, 2007)، مخاطره و میکرو پهنه‌بندی زمین لرزه در شمال هند (Nath et al, 2008) انجام شده است. در ایران نیز تحقیقاتی صورت گرفته است که از جمله می‌توان به پهنه‌بندی زلزله در استان کردستان (ملکی، ۱۳۸۶)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه‌ای استان ایلام (سپهوند و همکاران، ۱۳۸۷)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در خراسان جنوبی (سلطانی و ریاضی راد، ۱۳۹۳)، پهنه‌بندی خطر زلزله در شهرستان تبریز (ولیزاده کامران، ۱۳۸۰، روستایی، ۱۳۹۰) اشاره کرد.

در بعضی از نواحی ایران مرکزی نظیر نائین تا پایان سده بیستم هیچ زمین لرزه ای گزارش نشده است. این موضوع علاوه بر احتمال مرتبط بودن با دوره بازگشت طولانی مورد نیاز و یا آزاد شدن انرژی به صورت بی‌لرزه (به صورت خزش) از دیدگاه نبودهای لرزه ای نیز باید مورد توجه واقع شود. چرا که در جنوب نائین گسل کواترنری بافران عبور می نماید. لذا گزارش نشدن زمین لرزه ها در چنین ناحیه هایی در ایران مرکزی با دیدی محافظه کارانه، بیشتر باید به عنوان یک نبود لرزه ای و با احتمال رویداد یک زلزله مهم، نظیر زلزله طبس در این ناحیه تلقی گردد.

رشته‌کوه‌های زاگرس ایران منطقه‌ای با فعالیت‌های لرزه‌خیزی قابل توجه بوده و خطرات قابل‌توجهی برای جمعیت و زیرساخت‌ها ایجاد می‌کند. درک جنبه های زمین شناسی، زیست محیطی و اجتماعی این منطقه برای ارزیابی موثر خطر لرزه ای و کاهش خطر حیاتی شده است. این مقاله مروری طیف متنوعی از مطالعات با تمرکز بر جنبه‌های مختلف منطقه زاگرس، از جمله فعالیت‌های لرزه‌ای، ساختارهای زمین شناسی، آسیب‌پذیری‌های زیست‌محیطی و اثرات اجتماعی زلزله را بررسی می‌کند.

تجزیه و تحلیل ما مقالات تحقیقاتی مربوط به پارامترهای زلزله و حرکت زمین در مکان‌های خاص مانند شهرستان بروجرد در استان لرستان را پوشش داده است (یگان و همکاران، ۲۰۱۸). ما همچنین به اهمیت در نظر گرفتن عوامل زمین‌شناسی در توسعه زیرساختی پرداخته‌ایم که نمونه آن طراحی سد رودبار لرستان است (مهدویان عباس، ۱۳۹۳). فراتر از خطرات فوری، این بررسی تأثیر اجتماعی گسترده‌تر زلزله‌ها را بررسی کرده است و نیازهای روانی اجتماعی بازماندگان را برجسته می‌کند (فروزان و همکاران، ۲۰۱۳؛ استادیار دکتر دلشاد ا. مارف زاموا، ۲۰۱۴). این تاکید بر تاب آوری اجتماعی بر ماهیت چندوجهی خطر لرزه ای و نیاز به استراتژی های جامع آمادگی در برابر بلایا تاکید می کند.

علاوه بر این، ما مورد بررسی قرار گرفته است که آسیب‌پذیری‌های اکولوژیکی منطقه را بررسی می‌کند. مطالعاتی که به بررسی مناطق خشکیدگی در جنگل‌های بلوط زاگرس (شیرانوند و حسینی، ۲۰۱۸) و گونه‌های گیاهی بومی (ابراری وجاری و همکاران، ۲۰۱۵) پرداخته است، ارتباط متقابل عوامل محیطی و تأثیر رویدادهای زمین‌شناسی بر اکوسیستم‌ها را روشن کرده است. هدف این پژوهش ها، ترکیب این دیدگاه‌های متنوع و ارائه یک نمای کلی از چشم‌انداز تحقیقاتی پیرامون خطر لرزه‌ای، فعالیت‌های زمین‌شناسی، اثرات زیست‌محیطی و آسیب‌پذیری اجتماعی در منطقه زاگرس است. این دانش برای توسعه استراتژی‌های کاهش قوی و ارتقای انعطاف‌پذیری در مواجهه با رویدادهای لرزه‌ای آتی ضروری است. تجزیه و تحلیل ما مقالات تحقیقاتی مربوط به پارامترهای زلزله و حرکت زمین در مکان‌های خاص مانند شهرستان بروجرد در استان لرستان را پوشش داده است (یگان و همکاران، ۲۰۱۸). ما همچنین به اهمیت در نظر گرفتن عوامل زمین‌شناسی در توسعه زیرساختی پرداخته‌ایم که نمونه آن طراحی سد رودبار لرستان است (مهدویان عباس، ۱۳۹۳).

فراتر از خطرات فوری، این بررسی تأثیر اجتماعی گسترده‌تر زلزله‌ها را بررسی کرده است و نیازهای روانی اجتماعی بازماندگان را برجسته می‌کند (فروزان و همکاران، ۲۰۱۳؛ دلشاد و مارف زاموا، ۲۰۱۴). این تاکید بر تاب آوری اجتماعی بر ماهیت چندوجهی خطر لرزه ای و نیاز به استراتژی های جامع آمادگی در برابر بلایا تاکید می کند. علاوه بر این، تحقیقاتی مورد بررسی قرارگرفته است که آسیب‌پذیری‌های اکولوژیکی منطقه را بررسی می‌کند. مطالعاتی که به بررسی مناطق خشکیدگی در جنگل‌های بلوط زاگرس (شیرانوند و حسینی، ۲۰۱۸) و گونه‌های گیاهی بومی (ابراری وجاری و همکاران، ۲۰۱۵) پرداخته است، ارتباط متقابل عوامل محیطی و تأثیر رویدادهای زمین‌شناسی بر اکوسیستم‌ها را روشن کرده است.

هدف این بررسی، ترکیب این دیدگاه‌های متنوع و ارائه یک نمای کلی از چشم‌انداز تحقیقاتی پیرامون خطر لرزه‌ای، فعالیت‌های زمین‌شناسی، اثرات زیست‌محیطی و آسیب‌پذیری اجتماعی در منطقه زاگرس است. این دانش برای توسعه استراتژی‌های کاهش قوی و ارتقای انعطاف‌پذیری در مواجهه با رویدادهای لرزه‌ای آینده ضروری است.

برآورد خطر زمین لرزه

روش‌های برآورد خطر زمین لرزه را می‌توان به سه دسته روش تجربی- آماری، روش احتمالاتی و روش قطعی تقسیم کرد. ساده‌ترین روش برای ارزیابی برآورد خطر زمین لرزه به روش تجربی- آماری است که اساس آن آمار زمین لرزه های موجود در گستره مورد نظر می‌باشد. در این روش، مراکز زمین لرزه های گذشته مستقیما تعیین کننده زلزله خیزی است و احتمال جنبش زمین در آینده برابر با میانگین فراوانی رویداد زمین لرزه های گذشته می‌باشد. فرض بنیادی در این روش این است که زمین لرزه ها در مکان‌هایی اتفاق خواهند افتاد که قبلا رخداد زمین لرزه را تجربه کرده است، بنابراین رویداد زمین لرزه ای با بزرگی قابل توجه در مکانی جدید ارزیابی های انجام شده قبلی را مختل خواهد کرد. برای ارزیابی بزرگترین زلزله قابل انتظار در هر چشمه لرزه‌ای فاصله گسل از ساختگاه مورد نظر را با توجه به نقشه های زمین شناسی تعیین کرده و سپس با داشتن طول گسیختگی گسل(LR)، بزرگترین زلزله قابل انتظار را مشخص کنیم.

روابط آمبرسیز و ملویل(۱۹۸۲)

رابطه ۱: $Io=1.04Mb+2.6$

رابطه ۲: $Io=1.3Ms+0.09$

روابط مهاجر اشجعی و نوروزی (۱۹۷۸):

روابط ۱: $Io=1.7Ms-2.8$

پهنه بندی خطر زمین‌لرزه و روش‌های آن

امروزه در راستای مقابله با سوانح طبیعی به ویژه زمین‌لرزه، ارزیابی خطرپذیری جایگزین تفکر مدیریت پس از سانحه شده است. به عبارتی در یک جامعه زیستی مستعد زمین‌لرزه بهتر است قبل از رخداد زلزله از یک طرف ساختار زمین- شناختی منطقه در جهت بررسی پهنه‌بندی لرزه‌ای مورد مطالعه قرار گیرد و از طرف دیگر نقاط آسیب‌پذیر منطقه با مطالعات میدانی مشخص گردد(وجدانی‌نوذر و طالبی، ۱۳۹۰). برای مقابله با خطرات زمین لرزه و تامین ایمنی تاسیسات و سازه‌ها، برخی از کوشش‌های مختلف در جهت ارزیابی این خطرات، به تدوین نقشه‌های پهنه‌بندی متمرکز شده است. پهنه‌بندی خطرات زمین‌شناختی مرتبط با زمین لرزه، تعیین محدوده‌های وقوع پدیده‌های مخاطره آمیز ناشی از زمین لرزه با میزان احتمالات مختلف یا مقایسه‌ی نسبی میزان این خطر در پهنه‌های مختلف می‌باشد. بنابراین پهنه‌بندی مناطق براساس نقش عوامل مخرب محیطی عبارت است از تقسیم کردن نواحی جغرافیایی به درجات مختلف بر حسب واکنش در مقابل بلایای طبیعی (ملکی، ۱۳۸۶). در گذشته پهنه‌بندی- های زمین ساختی و لرزه زمین ساختی این کشور با استفاده از معدود داده‌های سطحی شامل: مشاهدات صحرایی، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و... انجام شده است. افزایش حجم داده‌ها، و لزوم پهنه‌بندی دقیق و به دور از قضاوت‌های شخصی باعث شده که در سال‌های اخیر با استفاده از طیف وسیعی از داده‌های سطحی و زیر سطحی و کاربرد روش‌های آماری چند متغیره، اقدام به تهیه نقشه‌های رقومی خود سامانده شود (زمانی و فراحی قصر ابونصر، ۱۳۹۰). پهنه بندی خطرات زمین شناختی مرتبط با زمین لرزه، تعیین محدوده‌های وقوع پدیدهای مخاطره‌آمیز ناشی از زمین‌لرزه با میزان احتمالات مختلف یا مقایسه‌ی نسبی میزان این خطر در پهنه‌های مختلف می‌باشد (میر محمد حسینی، ۱۳۸۱). پهنه‌بندی لرزه‌ای با توجه به کاربرد آن می‌تواند از دقت متفاوتی برخوردار باشد. برای مثال اگر هدف از مطالعات لرزه‌خیزی تهیه نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای کشور بر طبق آیین نامه‌های ساختمانی مقاوم‌سازی در برابر زمین‌لرزه باشد در این صورت

نمی‌توان شرایط ساختگاهی را در پارامترهای جنبش نیرومند زمین لحاظ نمود و صرفاً می‌توان پارامترهای جنبش نیرومند زمین را برای پی‌سنگ لرزه‌ای برآورد نمود و مقیاس کاربردی آن می‌تواند نقشه‌های در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰ یا ۱:۱۰۰۰۰۰۰ و نهایتاً ۱:۲۵۰۰۰۰ باشد و به ترتیب برای نقاطی با فاصله ۵۰، ۲۵ و یا ۱۰ کیلومتر از یکدیگر پارامترهای نظیر شتاب جنبش نیرومند زمین را برای پی‌سنگ لرزه‌ای تهیه نمود و سپس خم‌های هم اوج شتاب را برای دوره بازگشت رویداد معین مطابق با تعاریف مورد نیاز تهیه نمود. در صورتی‌که پهنه‌بندی لرزه‌ای برای گستره یک شهر یا شریان‌های حیاتی آن تهیه می‌شود ضرورت دارد که در فاصله نقاطی برابر با ۵، ۲/۵ و ۱ کیلومتر پارامترهای نظیر شتاب جنبش نیرومند زمین را برای شالوده ساختمان یا سامانه شریان‌های حیاتی شهری تهیه نمود (مالکی، ۱۳۸۳).

به طور کلی نقشه‌های پهنه‌بندی براساس مساحت، مقیاس، نوع، دقت و کاربری داده‌های موجود به دو سطح کلان پهنه‌بندی(macrozonation)و ریزپهنه‌بندی(microzonation) تقسیم می‌شوند. کلان پهنه‌بندی نتیجه‌ی برآورد عمومی و کوچک مقیاس از توزیع مکانی فاکتورها و پارامترهای اساسی مرتبط با رویداد پدیده‌های مختلف ناشی از زمین لرزه است و ریزپهنه‌بندی به ارزیابی دقیق این مخاطرات بصورت بزرگ مقیاس می‌پردازد (میر محمد حسینی، ۱۳۸۱).

پهنه‌بندی لرزه‌ای در هر گستره‌ای بر پایه متغیرهای مختلفی از حرکت جنبش نیرومند زمین مانند بیشینه مقادیر بیشینه شتاب جنبش زمین (PGA) یا سرعت و تغییر مکان، دامنه طیف پاسخ شتاب یا طیف فوریه، تعریف و از دید مهندسی معنی‌دار می‌شود. در روش‌های استاتیکی که معمول‌ترین و ساده‌ترین شیوه طراحی لرزه‌ای است متغیر PGA که معرف بیشینه دامنه مطلق جنبش نیرومند زمین است مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر چه برای شناخت پاسخ دینامیکی سازه باید تا مقادیر دامنه امواج در دوره‌های مختلف نیز در ارتباط با طراحی سازه مد نظر گیرد. بنابراین در این موارد از مقادیر پاسخ شتاب نیز استفاده می‌شود. در محاسبه متغیرهای جنبش زمین از روش‌های تعیینی، احتمالی و آماری که هم‌اکنون مناسب‌ترین روش‌های تحلیل خطر زمین‌لرزه در جهان هستند استفاده می‌شود. در این مطالعات با استفاده از روش احتمالاتی نقشه پهنه‌بندی لرزه‌ای بر پایه متغیر شتاب جنبش نیرومند زمین و برای دوره بازگشت‌های مختلف تهیه و ارائه می‌شود (مهدویان، ۱۳۹۲). روش احتمالاتی رایج‌ترین و برترین راهکار برای برآورد خطر زمین‌لرزه است (میرزایی، ۱۳۸۵). جهت انجام پروژه‌های زمین‌شناسی از جمله پهنه‌بندی خطر زمین لرزه از مدل‌هایی از جمله مدل‌های زیر استفاده می‌نماییم:

۱. مدل D.S.S
۲. مدل Boolean And
۳. مدل Index Overlay maps
٤. مدلMulti-class.maps
٥. مدل منطق Fuzzy

که در این پژوهش به پهنه‌بندی خطر زمین لرزه با استفاده از مدل سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری (D.S.S) خواهیم پرداخت.

مدل سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری D.S.S)):

سیستم تصمیم گیری هوشمند (D.S.S) مجموعه‌ای از برنامه-ها و داده‌های مرتبط به هم است که برای کمک به تحلیل و تصمیم‌گیری طراحی می شوند. کمک این گونه سیستم‌ها در تصمیم‌گیری بیش از سیستم‌های مدیریت اطلاعات (MIS) یا سیستم‌های اطلاعات اجرایی (EIS) است.

سیستم‌های D.S.S را می‌توان به عنوان دسته‌ای کلی از سیستم‌های اطلاعات مورد استفاده در زمینه اگاهی‌دادن و پشتیبانی از تصمیم‌گیران تعریف کرد. D.S.S تلاش می‌کند تا فرآیندهای بین افراد تصمیم‌گیرنده یا مرتبط با تصمیم‌گیران را بهبود و سرعت بخشد. برای مدیران و طراحان D.S.S ضروری است که از دسته‌بندی سیستم‌های پشتیبان تصمیم آگاهی داشته باشند. سپس می‌توانند ارتباطات را برای استقرار

سیستم‌هایی برای اگاهی‌دادن و پشتیبانی از تصمیم‌ها بهبود بخشند. حجم زیادی از چارچوب‌ها برای دسته‌بندی سیستم‌های پشتیبان تصمیم وجود دارد. سیستم‌های پشتیبان تصمیم در مواردی گوناگون به کار می‌روند. تاکید این سیستم‌ها بر داده، مدل و ارتباطات است. همچنین آن‌ها در حوزه عمل با هم فرق دارند. بعضی برای کاربران اولیه طراحی می‌شوند و در تجزیه و تحلیل خوداتکا هستند و بعضی دیگر برای کاربران زیادی در سازمان اختصاص می‌یابند. چارچوب مورد بحث بر یک بعد اصلی با پنج نوع D.S.Sو سه بعد جانبی تمرکز می‌کند .

اصول تصمیم گیری در مدل D.S.S

مراحل فرآیند تصمیم گیری برای انتخاب یک استراتژی مدیریت خطر عبارتند از:

۱. تجزیه و تحلیل ریسک:

تجزیه و تحلیل ریسک نیازمند ایجاد پروفایل خطر برای سیستمی است که مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. کارشناسان نقش غالبی را در این مرحله ایفا می نمایند. هدف از تجزیه و تحلیل ریسک تعیین کمیت انواع مختلف خسارات می باشد. در رویکرد کلاسیک تعیین کمیت ریسک سه مولفه اصلی ریسک (خطر لرزه‌ای، آسیب پذیری و پتانسیل خسارات) با یکدیگر تلفیق می‌گردند.

۲. اهداف و معیارهای ارزیابی:

بسط، ارزیابی و انتخاب یک استراتژی مدیریت ریسک باید بر محور اهداف باشد. اهداف خاص را می توان بر اساس هدف عمده بنیادین مدیریت ریسک در طول زمان و فضا در یک مدل بهینه تعریف نمود. نظرات زیر بر اهداف معیارهای ارزیابی اعمال می‌گردد:

– معمولا می توان آن‌ها را در چهار دسته اصلی طبقه بندی نمود: اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی.

– ممکن است آن‌ها در فرایند تصمیم گیری نیازمند بررسی باشند، یعنی نیاز به فرصت های تکرار و مذاکره وجود دارد.

– تحقق این اهداف بر اساس معیارهای ارزیابی خواهد شد که بر این اساس تعریف شده باشند.

– اهداف و معیارهای ارزیابی آن‌ها بایستی توسط سهامداران اصلی در معرض ریسک اعتبار سنجی گردد.

۳. بسط استراتژی ها:

در این مرحله استراتژی‌های ممکن مدیریت ریسک در زمینه ریسک لرزه ای توسعه می یابند. ابزارهای کاهش ریسک و تنظیمات عوامل هر دو در نظر گرفته شده اند.

۴. ارزیابی تطبیقی استراتژی ها :

هدف از این مرحله از فرآیند تصمیم گیری، مقایسه استراتژی‌های مختلف مدیریت ریسک توسعه یافته می‌باشد. این مرحله نیازمند مشارکت نمایندگان ذینفعان (به عنوان مثال مقامات سیاسی به نمایندگی ازحوزه یا یک سازمان غیر دولتی محافظ محیط زیست) است. مقایسه براساس معیارها صورت می پذیرد. در برخی موارد ممکن است یک معیار واحد (به عنوان مثال، اقتصادی) کافی باشد. اغلب با این حال، چندین معیار باید در نظر گرفته شوند. این معیارها بسیار مرتبط با انواع خسارات تشریح شده در بخش پتانسیل خسارات و گسترده تر می باشند. به عنوان مثال معیارهای اقتصادی، علاوه برخسارات اقتصادی مستقیم و غیر مستقیم، هزینه های سرمایه گذاری برای هر استراتژی را نیز در نظر می گیرد. این معیارها به طور مستقیم مرتبط با اهدافی می‌باشند که استراتژی مدیریت ریسک باید به انجام برساند. مشکل رتبه بندی استراتژی‌ها چالش برانگیز است چرا که معمولاً هیچ معیار واحدی وجود ندارد که به اندازه کافی اثر و یا تأثیر هر یک از استراتژی ها را مشخص نماید؛ به عبارت دیگر، این یک مشکل با معیارهای چندگانه می باشد. دلیل دیگر این امر آن است که سهامداران بسیار متفاوت به طور معمول تحت تاثیر مدیریت ریسک لرزه ای قرار گرفته و موجب ایجاد یک دیدگاه با مشکلات چندگانه می گردد.روش ها توسعه یافته و برای این نوع وضعیت ها در بسیاری از زمینه ها مورد

استفاده قرار می گیرند. دو روش مقایسه شامل روش تجمع کامل و روش تجمع جزئی جهت انتخاب راهبردهای مدیریت ریسک وجود دارد.

۵. انتخاب استراتژی:

در این مرحله تصمیم گیرندگان باید استراتژی اجرایی را انتخاب کنند. حتی اگر ملاحظات دیگر این تصمیم را تحت تأثیر قرار دهند. این انتخاب می تواند بر اساس توصیه های ارائه شده از یافته های فاز ارزیابی مقایسه ای بالا باشد. این توصیه ها بر اساس مقایسه ای است که ریسک گرا بوده و معیارها و نقطه نظرات مختلف را در نظر می گیرد. این مقایسه اجزای ذهنی مانند خسارات اقتصادی یا مرگ و میر (حتی اگر به صورت نامطمئن) و جنبه های ذهنی را از یکدیگر متمایز می نماید چرا که نقطه نظرات آنها تاثیر گذار می باشد. مطابق نظراتی که Keeny در سال ۱۹۹۲ ارائه نمودند دو حالت کلی در تصمیم‌گیری وجود دارد:

Alternative-focu : در این حالت تعدادی گزینه و راهکار مشخص وجود دارد. هدف اصلی در این روش، مشخص کردن معیارهای دخیل در انتخاب راهکار مناسب و وزن‌دهی به این معیارها است که در ادامه، گزینه‌های مورد نظر را براساس همین معیارها و وزن‌ها ارزیابی کرده و گزینه‌های مناسب را پیشنهاد و اولویت‌بندی می‌کنیم.

Value-focused: در این حالت، راهکارهای مشخص نیستند و ما باید بتوانیم راهکار مناسب را پیشنهاد کنیم. گزینه‌هایی برای ارزیابی و اولویت بندی نسبت به هم وجود ندارد و ما باید از بین بینهایت راهکاری که وجود دارد یکی را در نهایت ارائه دهیم. در این روش نیز باید مانند روش اول، ابتدا تمامی معیارهای دخیل در راهکار مورد نظر و وزن‌های آناه مشخص گردند. سپس تمامی این معیارها را به شکل ارزش‌های عددی در لایه‌های جداگانه برای کل سیستم تعریف کرده و در ادامه پس از تلفیق این لایه‌های اطلاعاتی به راهکار مناسب در منطقه مورد بررسی می‌رسیم.

اجزای سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری

سیستم D.S.S دارای یک بانک اطلاعاتی متشکل از دانش موجود درباره‌ی موضوع و یک زبان که برای فرموله کردن مسائل و پرسش بکار می‌رود و یک برنامه مدلسازی برای آزمایش تصمیمات ممکن است.

هر سیستم پشتیبان تصمیم گیری دستیابی به سه هدف اصلی را دنبال می‌کند:

۱) کمک به مدیر برای تصمیم‌گیری در مورد مسائل نیمه ساخت یافته

۲) پشتیبانی تصمیم‌گیری انجام شده توسط مدیر و نه جایگزینی آن

۳) بهبود کارائی تصمیم‌گیری و توجه بیشتر به اثر بخشی آن

به طور کلی اجزای سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری عبارتند از:

۱- بانک مدل‌ها

۲- بانک اطلاعاتی (داده‌های خارجی و داده‌های داخلی)

۳- سیستم مدیریت بانک اطلاعاتی

۶- سیستم مدیریت مدل‌ها

۵- نرم افزار مدیریت

ویژگی‌های سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری

- یک سیستم پشتیبان تصمیم، با کنار هم قرار دادن افکار انسانی و اطلاعات رایانه‌ای، از تصمیم‌گیرندگان حمایت و پشتیبانی می‌کند.
- در این سیستم برای پشتیبانی سطوح گوناگون مدیریت، از مدیران ارشد تا عملیاتی ارائه می‌شود.
- انعطاف پذیر است.
- قدرت ریسک را بالا می‌برد.
- سبب بهبود بخشیدن دقت، کیفیت، بروز بودن تصمیمات در تصمیم‌گیری می‌شود.

دلایل استفاده از سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری:

بطور کلی دلایل استفاده از سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری عبارتند از:

- محاسبه سریع: کامپیوتر به تصمیم گیرنده اجازه می‌دهد مقادیر بسیار زیادی از داده را در مدت زمان کوتاه و با هزینه کمی پردازش کند.
- غلبه بر محدودیت‌های انسانی محاسبات و ذخیره‌سازی: مغز انسان در تجزیه و تحلیل اطلاعات و همچنین یادآوری آن‌ها دارای محدودیت است.
- محدودیت‌های انسانی: قدرت حل مسئله یک فرد دارای محدودیت است.
- کاهش هزینه: کنار هم آوردن گروهی از تصمیم‌گیران مخصوصاً کارشناسان ممکن است هزینه زیادی داشته باشد.
- پشتیبانی فنی: بسیاری از تصمیمات محاسبات پیچیده‌ای را می‌طلبند.
- پشتیبانی کیفیت: سیستم‌های کامپیوتری تصمیم‌گیرا می‌توانند کیفیت تصمیمات را بهبود بخشند.
- رقابت: فشار رقابتی تصمیم‌گیری را مشکل می‌کند.

ایجاد پایگاه داده‌های جغرافیایی

از آغاز مطالعه، داده‌های متنوع زیست محیطی و اجتماعی- اقتصادی بسیاری در گستره مورد مطالعه گردآوری شد. این داده‌ها به عنوان اطلاعات پایه در این مطالعه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. به منظور تحلیل شرایط موجود گستره مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS ، تهیه و بر پایه نتایج پایگاه داده‌ای GIS شرایط موجود گستره مورد مطالعه قرار گرفت. توابع تحلیلی GIS دارای توان بالایی در پهنه‌بندی خطر زلزله می‌باشد که شناخت پهنه- های خطر سبب حفظ سرمایه‌های انسانی و در درجه دوم منابع مالی می‌شود (ولیزاده کامران، ۱۳۸۰).

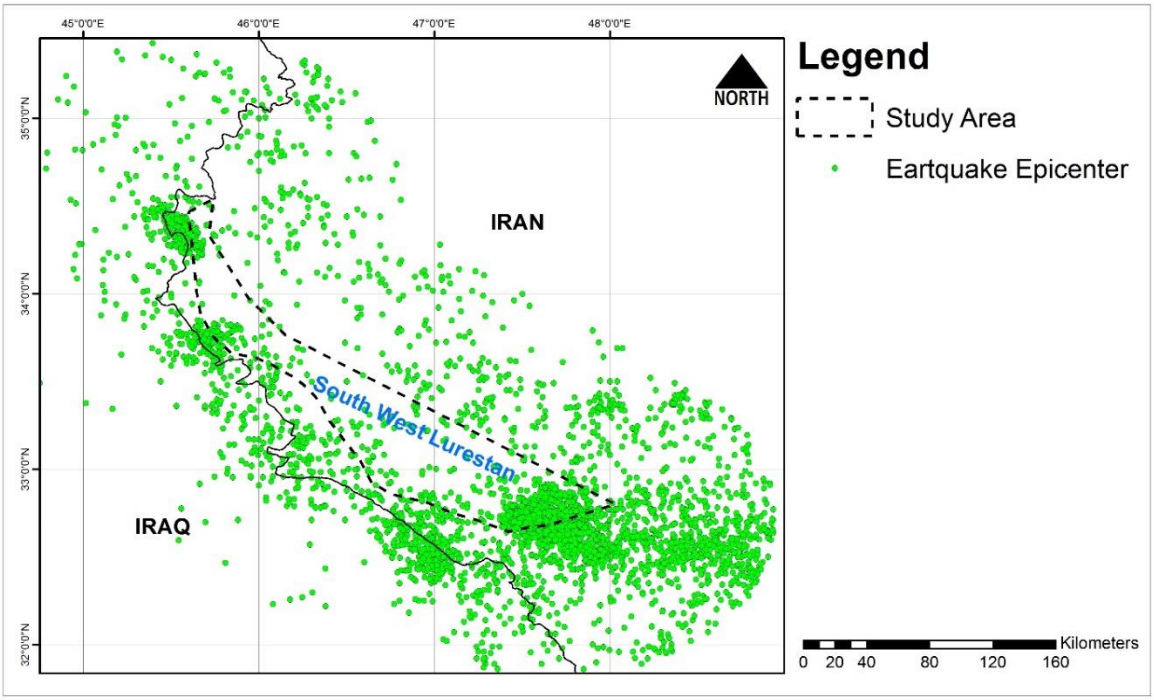
هدف از ایجاد پایگاه داده‌های جغرافیایی

سامانه اطلاعات جغرافیایی به عنوان عملی‌ترین و مناسب ترین روش برای گردآوری داده‌های فضایی، تحلیل و نمایش آنها شناخته شده است. به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری فضایی بحران ناشی از زلزله از طریق رایانه داده ها با یکدیگر ادغام و همپوش شده و سپس تحلیل می شوند تا میزان پراکندگی فضایی آسیب‌پذیری بحران ناشی از زلزله را ارائه نمایند. حاصل این تحلیل در قالب مجموعه‌ای از نقشه‌ها و جدولها، به منظور نشان دادن شاخص‌های مهم برای طرح کاهش بحران ناشی از زلزله تدوین می‌شود.

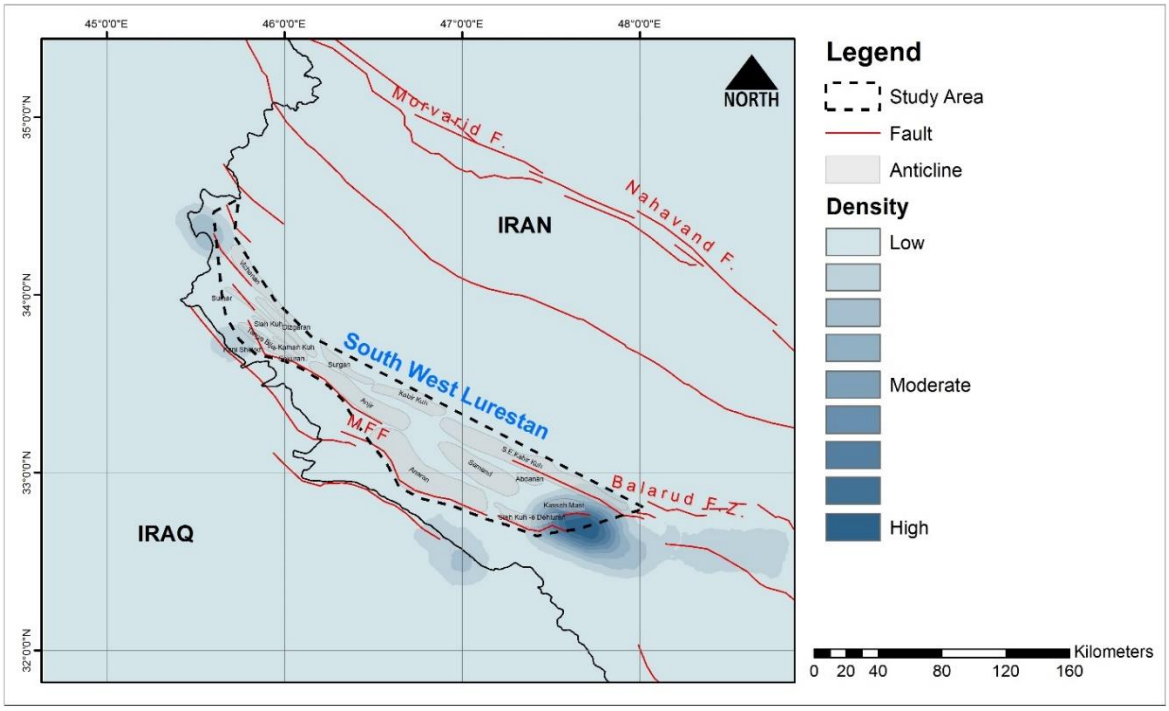
لرزه خیزی منطقه

از نظر نو زمین‌ساختی، زاگرس چین خورده، در اثر حرکت رو به شمال صفحهٔ عربی و برخورد آن با صفحهٔ ایران، در راستای شمال خاوری – جنوب باختری فشرده می شود. به همین دلیل، در حال حاضر زاگرس تحت تأثیر دگر شکلی، ناشی از فشارهای زمین‌ساختی با روند NNE- SSW ، فرجام همگرایی و برخورد قاره ای، قرار دارد. دگرشکلی‌ها هم‌راستای ساختارها و شکستگی های آلپی، (NW-SE)، و پیش از آلپی، (N-S)، هستند. از این رو، عملکرد مشترک این دو، با هم، باعث برآیند نوزمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی و در نتیجه لرزه خیزی کنونی زاگرس می شود.

عموم بزرگی کمتر از ۷ دارند و به ندرت بزرگی زمین لرزه ها از آن بالاتر است. زمین لرزه های زاگرس کم ژرفایند. مقاطع توزیع زمین لرزه ها در عمق نشان می دهد که اگر چه ژرفای برخی زمین لرزه ها 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 ژرفای۶۰ کیلومتـر، با روند شمال باختری – جنوب خاوری، قرار دارند. شیب صفحهٔ زیرین منشور حدود ۱۰ تا ۲۰ درجه به سوی شمال خاور است. بدین‌سان دیده می شود که، بیشتر زمین لرزه های زاگرس در زیر رسوبات چین خورده رخ داده و زمین لرزه های ژرفتر و مربوط به زیر پوستهٔ قاره ای به تقریب وجود ندارند.



شکل۲- نقشه رومرکز زمین لرزه های رخداده در منطقه مورد مطالعه.



شکل۳-تراکم زمین لرزه ها در منطقه مورد مطالعه.

پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه ها به گونه ای است که گاهی بر روی شکستگی های شناخته شده آلپی و یا شکستگی های کهن باز پویا قرار می گیرند. ولی بسیاری از زمین لرزه ها را نمی توان به شکستگیهای شناخته شده و یا روند گسلهای سطحی ربط داد. و لذا، باید پذیرفت که رابطهٔ میان زمین لرزه و زمین‌ساخت زاگرس چین خورده بسیار پیچیده است که این موضوع می تواند نتیجهٔ کمبود اطلاعات زمین شناختی و لرزه زمینساختی باشد. در بارهٔ بالا بودن توان لرزه خیزی زاگرس می توان به چهار مورد زیر اشاره کرد.

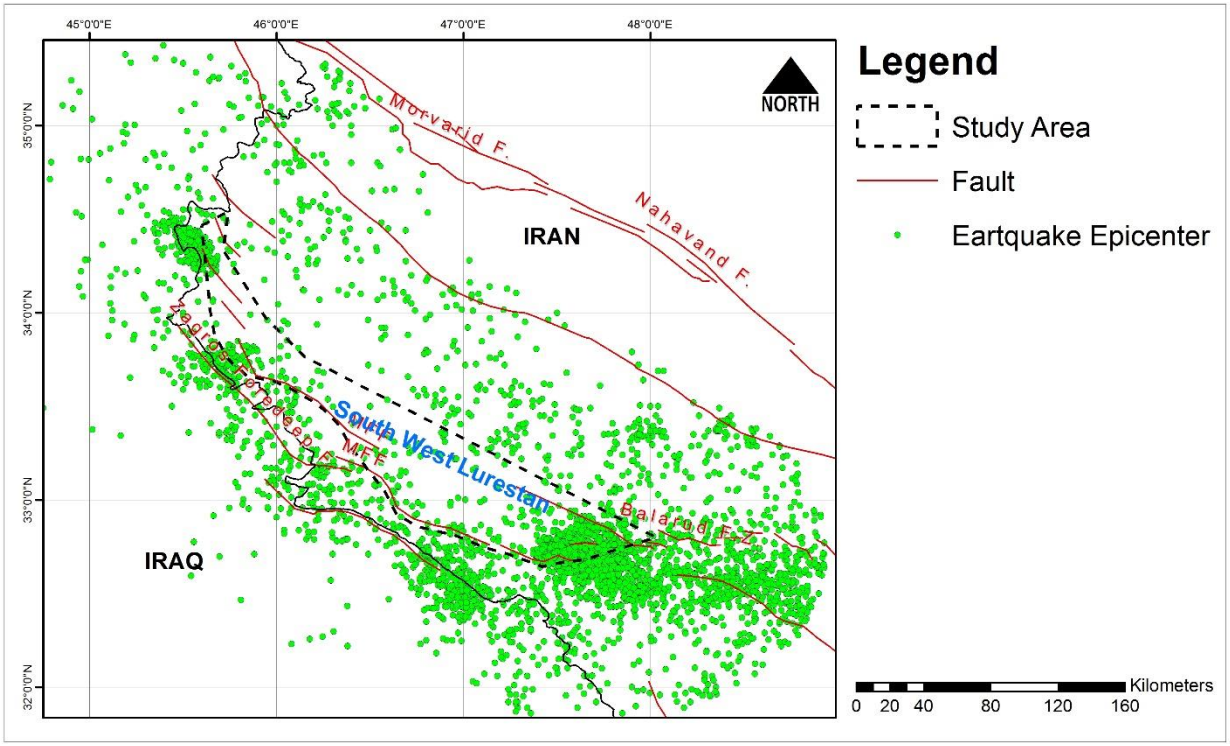
– فالکن (۱۹۶۹)، با توجه به گسترش گنبدهای نمکی و عدم تطابق کانون زمین لرزه ها با گسلهای مشخص، گنبدهای نمکی و حرکت آنها را در زمین لرزه های زاگرس مؤثر می داند. تنشهای فشارشی وارد بر زاگرس، بر پی سنگ ناحیه اثرگذار است. همین تنش ها موجب دگرشکلی ورق عربستان و فراوانی زمین لرزه های زاگرس می شود.

– فراوانی زمین لرزه های زاگرس می‌تواند مدیون حرکت گسلهای شمالی – جنوبی پرکامبرین باشند. ولی، اینگونه گسلها به طور عموم، در سطح، دارای حرکتهای نرمال و یا امتداد لغزند در حالی که سازو کار زمین لرزه های ژرف زاگرس، گویای حرکتهایی از نوع رورانده است. رها شدن بُرشهای باقیمانده از پوستهٔ اقیانوسی به درون گوشته. شواهد روی زمین نشان می دهند که فرورانش احتمالی پوستهٔ اقیانوسی در شمال خاوری خطراندگی انجام گرفته و لذا، این نظر نمی تواند دلیلی بر توان لرزه خیزی امروز زاگرس باشد.گفتنی است که بیشتر زمین لرزه های زاگرس بدون گسلش سطحی هستند. این امر می‌تواند به دلیل وجود لایه های نمکی سری هرمز در مرز پی سنگ و پوشش رسوبی رویی باشد که ضمن تعدیل انرژی‌ها از رسیدن همهٔ آنها به سطح زمین جلوگیری می کند. افزون بر این، وجود رسوبات گچی – انیدریتی وابسته به سازندهای دالان (پرمین)، دشتک و کنگان (تریاس)، هیت و گوتنیا (ژوراسیک بالا)، به ویژه سازند تبخیری گچساران (میوسن)، از عوامل مؤثر در کاهش انرژی و جلوگیری از گسلش سطحی هستند. بنابراین، برای داشتن گسلش سطحی به یکی از دو عامل، زمین لرزه های کم ژرفا و یا زمین لرزه با بزرگی بیشتر از ۷ نیاز است (بربریان، ۱۹۷۶).

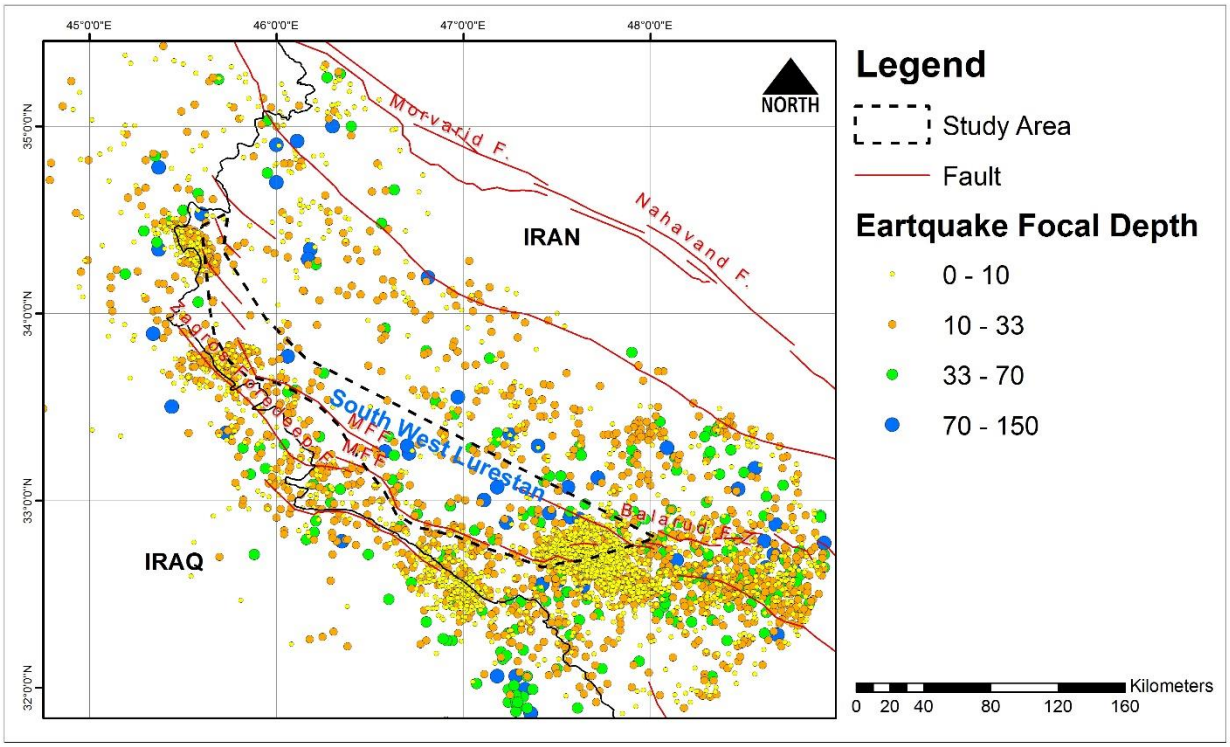
اگرچه همهٔ پهنهٔ زاگرس چین خورده، در یک رژیم لرزه زمینساختی پیوسته قرار دارد، ولی مطالعهٔ پراکندگی کانون زمین‌لرزه‌ها نشان می دهد که تمرکز کانونها در همه جا یکسان نیست و در بعضی نواحی، ویژگی لرزه زمین ساختی از اهمیت بیشتری برخوردار است. به باور بربریان (۱۹۷۶)، پهنه‌ها و یا نواحی لرزه خیز زیر را می توان در زاگرس چین خورده شناسایی کرد.

در « شمال خاوری داراب و یا جنوب خاوری نیریز کانون‌هایی پراکنده در راندگی اصلی زاگرس وجود دارند، ولی از این ناحیه تا شمال خط کازرون، در زاگرس مرتفع، در فاصلهٔ سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۷۶ هیچ کانون زمین‌لرزه‌ای ثبت نشده و لذا این ناحیه را زون نبود لرزه‌ای نیریز نامیده‌اند. در « جنوب خاوری گسل کازرون » چندین زون لرزه‌خیز وجود دارند که عمده‌ترین آنها عبارتند از: لار، بستک، قیر و طاهری در « شمال خاوری گسل کازرون» زون‌های لرزه‌خیز عمده عبارتند از میشان، گچساران، دزفول.

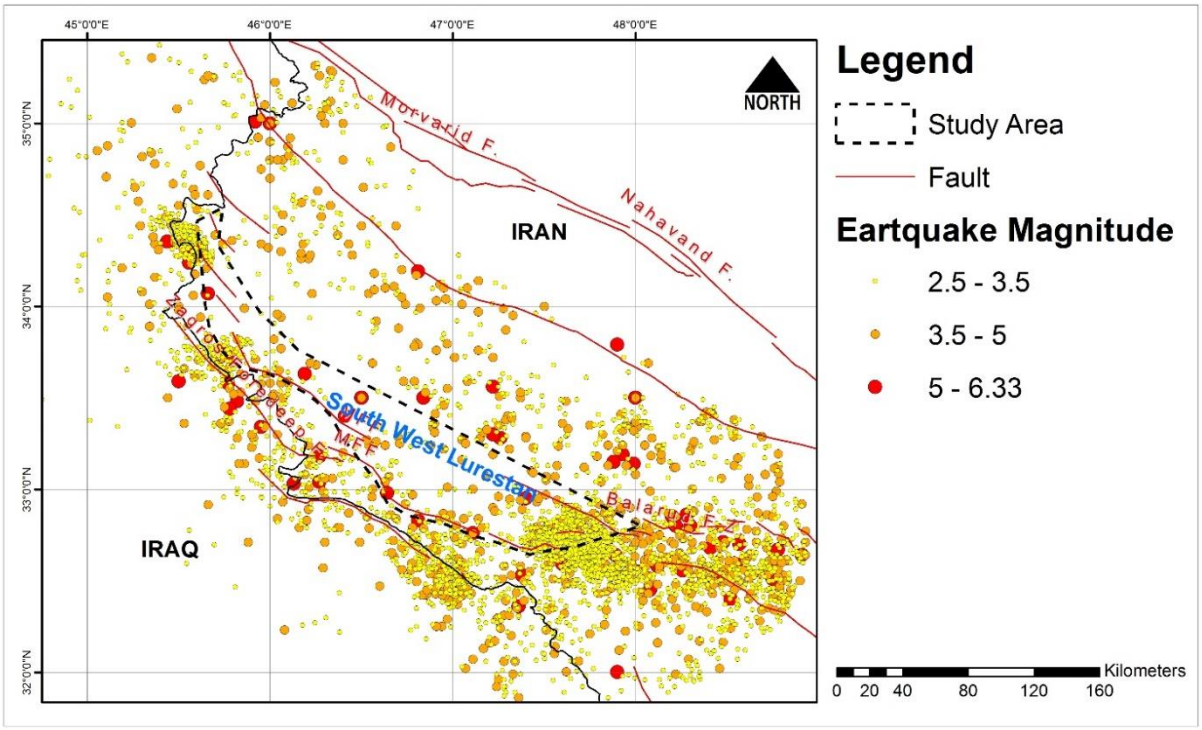
زون لرزه‌خیز صحنه – کنگاور : در محل به هم پیوستن زاگرس رورانده و پهنهٔ سنندج – سیرجان و در بخش شمال باختری زاگرس قرار دارد. در این زون که از پهنهٔ رورانده تا ایران مرکزی ادامه دارد، زمین لرزه‌ها بزرگ و ویرانگر بوده‌اند.



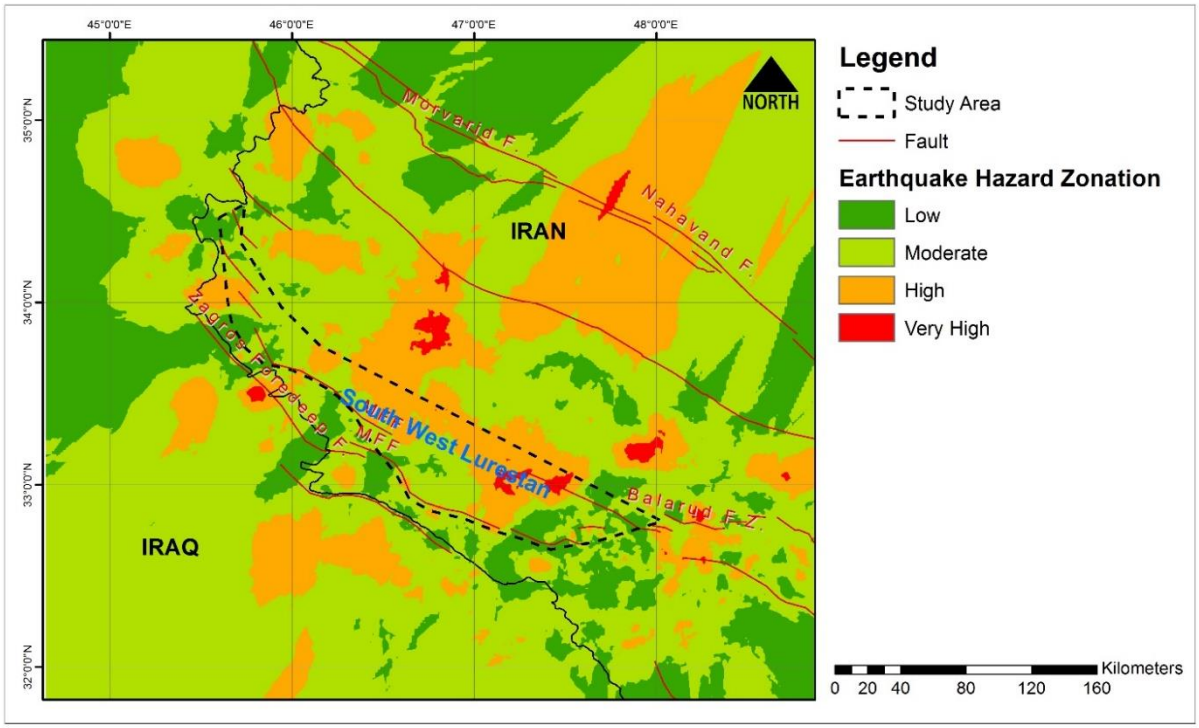
شکل۴- نقشه رومرکز و گسلهای اصلی زمین لرزه های رخداده در منطقه مورد مطالعه.



شکل۵-نقشه عمق کانونی زمین لرزه ها و گسلهای منطقه.



شکل۶-نقشه بزرگای زمین لرزه ها و گسلهای منطقه.



شکل۶-نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه و گسلهای منطقه.

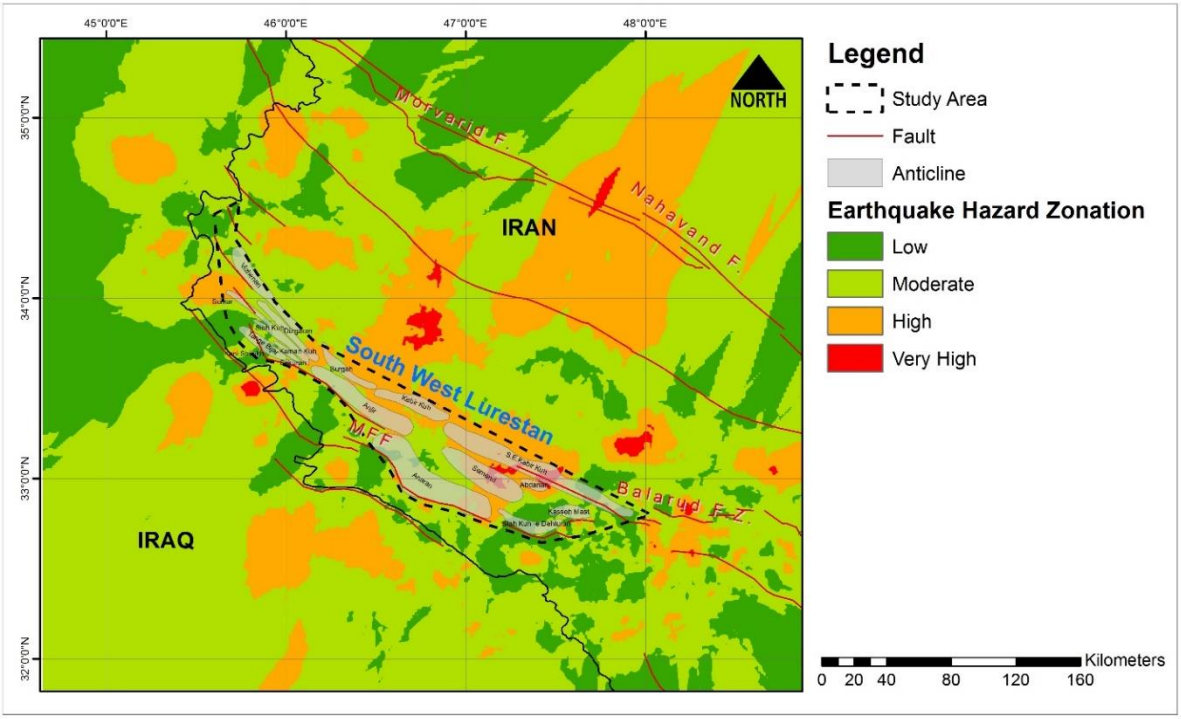
- به طور کلی منطقه مورد مطالعه دربردارنده ۴ پهنه با خطر نسبی زمین لرزه به شرح ذیل می باشد:

۱. مناطقی با خطر زمین لرزه باال تا بسیار بالا (High and very high risk)این محدوده در بخش شمالی که کمی به سمت شرق نیز متمایل شده، قرار گرفته است.

۲. مناطقی با خطر زمین لرزه بالا(High risk)در محدوده هایی از شمال غربی،غرب،شرق و جنوب مناطقی با خطر زمین لرزه بالا دیده می شوند.

۳. مناطقی با خطر زمین لرزه متوسط(Moderate risk)بیش از نیمی از منطقه را به خود اختصاص می دهد و در تمامی جهات دیده می شوند.

٤. مناطقی با خطر زمین لرزه کم(Low risk)مناطقی از جنوب غربی تا جنوب شرقی و همچنین از غرب تا شرق را در بر میگیرد.



شکل۸- نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه، گسلها و تاقدیسهای منطقه مورد مطالعه.

حفاظت از زمین شناسی محیطی در منطقه مورد مطالعه

ارزیابی خطر لرزه‌ای: ارزیابی‌های منظم و جامع خطر لرزه‌ای را برای درک تأثیر احتمالی زمین‌لرزه‌ها بر محیط‌زیست و ویژگی‌های زمین‌شناسی می بایست انجام شود، شامل بررسی تضعیف امواج لرزه ای و اثرات آن بر ویژگی های زمین شناسی مانند گسل های پنهان، شکستگی های متعدد، یک لایه رسوبی، سازند گچساران و نمک هرمز است.

استراتژی‌های خاص مکان: استراتژی‌های مکانی خاص را بر اساس درجات مختلف خطر زلزله در مناطق مختلف توسعه دهید. این شامل اجرای قوانین سخت‌گیرانه‌تر

ساختمانی و سیاست‌های کاربری زمین در مناطق با خطر زلزله بالا تا بسیار بالا و ترویج شیوه‌های پایدار در مناطق با خطر متوسط تا کم است.

آگاهی و آمادگی عمومی: افزایش آگاهی عمومی در مورد اثرات زیست محیطی و زمین شناسی زلزله. این شامل آموزش مردم در مورد خطرات مرتبط با زلزله و ارائه راهنمایی در مورد نحوه واکنش در هنگام زلزله است.

احیای محیط زیست: اجرای تلاش های احیای محیط زیست در مناطق آسیب دیده از زلزله. این شامل احیای زمین های متاثر از رانش زمین و سایر پدیده های ناشی از گرانش است.

تحقیق و توسعه: سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه برای درک بهتر اثرات زیست محیطی زلزله و توسعه راه حل های نوآورانه برای کاهش این اثرات. این شامل مطالعه تغییرات زمین‌شناسی در مقیاس بزرگ مانند زمین لغزش سیمره و بررسی راه‌هایی برای جلوگیری یا به حداقل رساندن چنین رویدادهایی در آینده است.

نتیجه گیری

این مطالعه اثرات زیست محیطی قابل توجه زمین لرزه ها در منطقه جنوب غربی لرستان، زاگرس، ایران را برجسته می کند. یافته‌های ما نشان می‌دهد که ویژگی‌های پیچیده زمین‌شناسی این منطقه شامل گسل‌های پنهان، شکستگی‌ها، لایه‌های رسوبی، سازند گچساران و نمک هرمز به طور قابل‌توجهی امواج لرزه‌ای را تضعیف می‌کنند. این تضعیف، به ویژه در بخش‌های شمالی منطقه، منجر به پدیده‌های ناشی از گرانش، با پیامدهای عمیق برای مخاطرات طبیعی می‌شود.

مطالعه زمین لغزش سیمره، یکی از بزرگترین جابجایی های توده سنگی روی زمین، نمونه قانع کننده ای از تغییرات زمین شناسی در مقیاس بزرگی است که می تواند به دلیل فعالیت لرزه ای رخ دهد. حجم عظیم زمین لغزش و نرخ فرسایش محاسبه شده از طریق تجزیه و تحلیل مورفومتریک، پتانسیل ایجاد اختلال زیست محیطی قابل توجه ناشی از زلزله در این منطقه را برجسته می کند.

یافته های این مطالعه بر نیاز به تحقیقات بیشتر در مورد تأثیر متقابل بین فعالیت های لرزه ای و ویژگی های زمین شناسی در منطقه زاگرس تاکید می کند. درک این روابط برای ارزیابی دقیق خطرات لرزه‌ای، پیش‌بینی مکان‌های بالقوه و بزرگی زمین‌لرزه‌های آینده، و توسعه استراتژی‌های کاهش مؤثر برای حفاظت از محیط زیست و جمعیت در برابر پیامدهای ویرانگر زمین‌لرزه بسیار مهم است.

این مطالعه نتیجه‌گیری می‌کند که زمین‌لرزه‌های منطقه جنوب غربی لرستان، زاگرس، اثرات زیست‌محیطی قابل توجهی به‌ویژه بر ویژگی‌های زمین‌شناسی دارند. کاهش قابل توجه امواج لرزه ای در منطقه به دلیل ویژگی های پیچیده زمین شناسی است که منجر به پدیده های ناشی از گرانش با پیامدهای قابل توجهی برای مخاطرات طبیعی می شود. زمین لغزش سیمره به عنوان نمونه بارز تغییرات زمین شناسی در مقیاس بزرگ است که می تواند در نتیجه فعالیت لرزه ای رخ دهد. علاوه بر این، این مطالعه نشان می دهد که این منطقه شامل چهار منطقه با درجات مختلف خطر زلزله است:

قسمت شمالی که کمی به سمت شرق متمایل است دارای خطر زلزله بالا تا بسیار زیاد است. مناطق شمال غرب، غرب، شرق و جنوب به عنوان مناطق دارای خطر زلزله بالا شناخته شده اند. مناطق با خطر متوسط بیش از نیمی از منطقه را اشغال کرده و در همه جهات قابل مشاهده است. مناطق با خطر زلزله کم شامل مناطق جنوب غربی به جنوب شرقی و همچنین از غرب به شرق است. این یافته ها بر نیاز به ارزیابی جامع ریسک لرزه ای و استراتژی های مدیریتی در منطقه تاکید می کند. درجات مختلف خطر در مناطق مختلف، اهمیت رویکردهای خاص مکان را برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و زمین‌شناسی زلزله‌ها برجسته می‌کند.

References:

-Yegane, A. G., Solgi, A., Uromeie, A., Maleki, Z., & Nezafati, N. (2018). Calculation of seismicity parameters and strong ground movement in Lorestan province (Boroujerd city) based on seismic data. Arabian Journal of Geosciences, 11(1), 1-14.

-Mahdavian Abbas, A. (2014). Rudbar Lorestan Dam Design and local Faults. Retrieved from http://www.civilica.com/Paper-120233.html

- Advances in seismic hazard and risk assessments (2019). Frontiers, 2(3).

- Department of Engineering Seismology, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (2014). Inception of activity and slip rate on the Main Recent Fault of Zagros Mountains, Iran. Retrieved from http://www.iiees.ac.ir/en/research/research-projects/2014/05/02/11541/

- Forouzan, A., Baradaran Eftekhari, M., Falahat, K., Dejman, M., Heidari, N., & Habibi, E. (2013). Psychosocial Needs Assessment among Earthquake Survivors in Lorestan Province with an Emphasis on the Vulnerable Groups. Social Determinants of Health Research Center, Welfare and Rehabilitation University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

- Assist. Prof. Dr. Dlshad A. Marf Zamua (2014). Psychosocial Needs Assessment among Earthquake Survivors in Lorestan Province with an Emphasis on the Vulnerable Groups. Global Journal of Health Science, 6(5), 15-25.

- Shiranvand, H., & Hosseini, S. A. (2018). An analysis of dieback areas of Zagros oak forests using remote sensing data case study: Lorestan oak forest, Iran. Modeling Earth Systems and Environment, 4(1), 87-97.

- Abrari Vajari, K., Veiskarami, G., & Attar, F. (2015). Recognition of Endemic Plants in Zagros Region (Case Study: Lorestan Province, Iran). ECOLOGIA BALKANICA, 25(1), 121-131.

- Assist. Prof. Dr. Dlshad A. Marf Zamua (2016). Earthquakes, Archaeology and the ancient records in Mesopotamia and the Zagros. 3rd International Scientific Conference Archaeology and Heritage of Kurdistan.

- Nissen, E., Tatar, M., Jackson, J. A., & Allen, M. B. (2012). New views on earthquake faulting in the Zagros fold-and-thrust belt of Iran. Geophysical Journal International, 190(3), 1379-1402.

- Khademi, M., Amini, A., and Amini, A. (2016). Seismic wave attenuation in the Zagros region, southwest Iran, estimated using the empirical Green's function method. Journal of Geophysics and Engineering, 13(5), 1007–1020.

- Khademi, M., Amini, A., and Amini, A. (2017). Sediment yield and erosion rate estimation in the Seymareh landslide area using the Tu index, southwest Iran. International Journal of Sediment Research, 32(2), 107–117.

- Masson, F., Chery, J., Hatzfeld, D., Martiond, J., Vernant, P., Tavakoli, F. & Ghafory-Ashtiani, M. (2005). Seismic versus aseismic deformation in Iran inferred from earthquakes and geodetic data. Geophys. J. Int 160: 217-226. McClay, K. R. (1992). Glossary of thrust tectonics terms. In: McClaly, K. R. (Ed.), Thrust Tectonics, London, Chapman & Hall, 419-433.

- McClay, K. R. (2000). Advanced structural geology for petroleum exploration, training course pamphlet, 503 (Unpublished booklet). McConnell, D. A. (1994). Fixed-hinge, basement-involved fault-propagation folds, Wyoming. Geological Society of America Bulletin 106: 1583-1593.

- McQuillan, H. (1968). Surface Asmari anticline fracture patterns at airphotograph scale, Acomparision with small scale fracture systems. Iranian Oil Operating Companies, Report No. 1134 (Unpublished).

- McQurrie, N. (2004). Crustal scale geometry of the Zagros fold-thrust belt, Iran. Journal of Structural Geology 26: 519-535.