

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

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

^۲دانشگاه 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-همالیا است که به دلیل بسته شدن اقیانوس نئو تیس 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 زمین لغزش 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 می‌رسد 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 می‌شود. زمین لغزش سیمره به عنوان نمونه بارز تغییرات زمین شناسی در مقیاس بزرگ است که می‌تواند در نتیجه فعالیت لرزه ای رخ دهد.

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

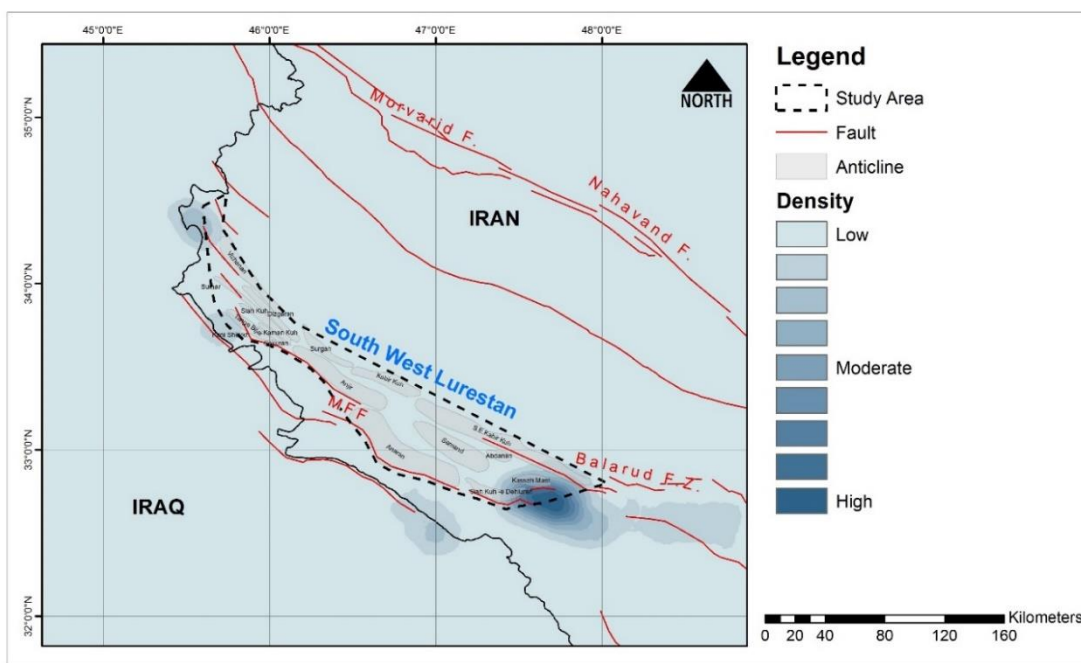
مقدمه

از چندگاه شاهد زمین‌لرزه‌های بزرگ می‌باشد. حدود نود درصد از خاک کشور ما را کمر بند زمین لرزه احاطه کرده به-طوری که ایران ششمین کشور دنیا از لحاظ وقوع زمین لرزه است و همه ساله خسارت مالی و جانی و جبران ناپذیری را متحمل می‌شود (شایان و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین با توجه به

کشور ایران به دلیل واقع شدن در کمر بند کوهزایی آلپ-همالیا و فرارگیری روی یکی از کمر بندهای لرزه خیز دنیا و داشتن گسل های فراوان، کشوری زمین لرزه خیز است که هر

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.

اهمیت این موضوع و وجود شواهد لرزه‌ای و گسل‌های فعال و اصلی در این محدوده، مطالعات ساینموتکتونیک 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 جنبه‌های زمین‌شناسی، زیست‌محیطی و



شکل ۱-

پراکندگی زمین لرزه‌های منطقه مورد مطالعه.

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.

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 روش‌ها، کاربرد روش پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه است.

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 (ابری و جاری و همکاران، ۲۰۱۵) پرداخته است، ارتباط متقابل عوامل محیطی و تأثیر رویدادهای زمین‌شناسی بر اکوسیستم‌ها را روشن کرده است. هدف این پژوهش‌ها، 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 لرزه 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 تأکید بر تاب‌آوری اجتماعی بر ماهیت چندوجهی خطر لرزه‌ای و نیاز به استراتژی‌های جامع آمادگی در برابر بلایا تأکید می‌کند. علاوه بر این، تحقیقاتی 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 (ابری و جاری و همکاران، ۲۰۱۵) پرداخته است، ارتباط متقابل عوامل محیطی و تأثیر رویدادهای زمین‌شناسی بر اکوسیستم‌ها را روشن کرده است.

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 قابل توجهی برای جمعیت و زیرساخت‌ها ایجاد می‌کند. درک جنبه‌های زمین‌شناسی، زیست‌محیطی و اجتماعی این منطقه برای ارزیابی موثر خطر لرزه‌ای 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.

تجزیه و تحلیل ما مقالات تحقیقاتی مربوط به پارامترهای لرزه 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 تأکید بر تاب‌آوری اجتماعی بر ماهیت چندوجهی خطر لرزه‌ای و نیاز به استراتژی‌های جامع آمادگی در برابر بلایا تأکید می‌کند.

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: $I_o = 1.04M_b + 2.6$

رابطه ۲: $I_o = 1.3M_s + 0.09$

روابط مهاجر اشجعی و نوروزی (۱۹۷۸):

روابط ۱: $I_o = 1.7M_s - 2.8$

در مقابل بلایای طبیعی (ملکی، ۱۳۸۶). در گذشته پهنه‌بندی - های زمین ساختی و لرزه زمین ساختی این کشور با استفاده از محدود 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 پدیده‌های مخاطره‌آمیز ناشی از زمین لرزه 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 زمین لرزه باشد در این صورت

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 لرزه‌های موجود در گستره مورد نظر می‌باشد. در این روش، مراکز زمین لرزه‌های گذشته مستقیماً تعیین کننده زلزله خیزی است و احتمال جنبش زمین در آینده برابر با میانگین فراوانی

پهنه بندی خطر زمین لرزه و روش‌های آن

امروزه در راستای مقابله با سوانح طبیعی به ویژه زمین لرزه، ارزیابی خطرپذیری جایگزین تفکر مدیریت پس از سانحه شده است. به عبارتی در یک جامعه زیستی مستعد زمین لرزه 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 مخاطره‌آمیز 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

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 هم‌اوج شتاب را برای دوره بازگشت رویداد معین مطابق با تعاریف مورد نیاز تهیه نمود. در صورتی که 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

۴. مدل Multi-class.maps

۵. 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 تصمیم‌گیری هوشمند (D.S.S) مجموعه‌ای از برنامه‌ها و داده‌های مرتبط به هم است که برای کمک به تحلیل و تصمیم‌گیری طراحی می‌شوند. 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 آگاهی‌دادن 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

- 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 استراتژی‌ها:

در این مرحله استراتژی‌های ممکن مدیریت ریسک در زمینه ریسک لرزه ای توسعه می‌یابند. ابزارهای کاهش ریسک و تنظیمات عوامل هر دو در نظر گرفته شده‌اند.

۴. ارزیابی تطبیقی استراتژی‌ها:

هدف از این مرحله از فرآیند تصمیم‌گیری، مقایسه استراتژی‌های مختلف مدیریت ریسک توسعه یافته می‌باشد.

این مرحله نیازمند مشارکت نمایندگان ذینفعان (به عنوان مثال مقامات سیاسی به نمایندگی از حوزه یا یک سازمان غیر دولتی

محافظ محیط زیست) است. مقایسه براساس معیارها صورت می‌پذیرد. 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 می‌باشند. به عنوان مثال معیارهای اقتصادی، علاوه

بر خسارات اقتصادی مستقیم و غیر مستقیم، هزینه های سرمایه گذاری برای هر استراتژی را نیز در نظر می‌گیرد. 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 استراتژی‌ها را مشخص نماید؛ به عبارت دیگر، این یک مشکل با معیارهای چندگانه می‌باشد. دلیل دیگر این امر آن

است که سهامداران بسیار متفاوت به طور معمول تحت تأثیر مدیریت ریسک لرزه ای قرار گرفته و موجب ایجاد یک

دیدگاه با مشکلات چندگانه می‌گردد. روش‌ها توسعه یافته و برای این نوع وضعیت‌ها در بسیاری از زمینه‌ها مورد

سیستم‌هایی برای آگاهی‌دادن 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.S و سه بعد جانبی تمرکز می‌کند.

اصول تصمیم‌گیری در مدل D.S.S

مراحل فرآیند تصمیم‌گیری 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 می‌گیرد.

کارشناسان نقش غالبی را در این مرحله ایفا می‌نمایند. هدف از تجزیه و تحلیل ریسک تعیین کمیت انواع مختلف

خسارات می‌باشد. در رویکرد کلاسیک تعیین کمیت ریسک سه مولفه اصلی ریسک (خطر لرزه‌ای، آسیب‌پذیری 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 می‌توان 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:

- معمولاً می‌توان آنها را در چهار دسته اصلی طبقه بندی نمود: اقتصادی، اجتماعی، فنی و زیست محیطی.

- ممکن است آنها در فرآیند تصمیم‌گیری نیازمند بررسی باشند، یعنی نیاز به فرصت‌های تکرار و مذاکره وجود دارد.

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

۵. انتخاب استراتژی:

در این مرحله تصمیم‌گیرندگان باید استراتژی اجرایی را انتخاب کنند. حتی اگر ملاحظات دیگر این تصمیم را تحت تأثیر قرار دهند. این انتخاب می‌تواند بر اساس توصیه‌های ارائه شده از یافته‌های فاز ارزیابی مقایسه‌ای بالا باشد. این توصیه‌ها بر اساس مقایسه‌ای است که ریسک‌گرا بوده و معیارها و نقطه نظرات مختلف را در نظر می‌گیرد. این مقایسه اجزای ذهنی مانند خسارات اقتصادی یا مرگ و میر (حتی اگر به صورت نامطمئن) و جنبه‌های ذهنی را از یکدیگر متمایز می‌نماید چرا که نقطه نظرات آنها تأثیرگذار می‌باشد. مطابق نظرانی که Keeny در سال ۱۹۹۲ ارائه نمودند دو حالت کلی در تصمیم‌گیری وجود دارد:

Alternative-focus: 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 اولویت‌بندی 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 آنها 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 تصمیم‌گیری 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 کارایی 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:

فضایی بحران ناشی از زلزله از طریق رایانه داده‌ها با یکدیگر ادغام و همپوش شده و سپس تحلیل می‌شوند 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 صفحه‌عربی و برخورد آن با صفحه‌ایران، در راستای شمال خاوری - جنوب باختری فشرده می‌شود. به همین دلیل، در حال حاضر زاگرس تحت تأثیر دگر شکلی، ناشی از فشارهای زمین‌ساختی با روند NNE-SSW، فرجام همگرایی و برخورد قاره‌ای، قرار دارد. دگرشکلی‌ها هم‌راستای ساختارها و شکستگی‌های 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 می‌شود.

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 می‌دهد که اگر چه ژرفای برخی زمین لرزه‌ها تا حدود ۶۰ کیلومتر می‌رسد، 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، با روند شمال باختری - جنوب خاوری، قرار دارند. شیب صفحه‌ی زیرین منشور حدود ۱۰ تا ۲۰ درجه به سوی شمال خاور است. بدین‌سان دیده می‌شود که، بیشتر زمین لرزه‌های زاگرس در زیر رسوبات چین خورده رخ داده و زمین لرزه‌های ژرفتر و مربوط به زیر پوسته‌ی قاره‌ای به تقریب وجود ندارند.

- محاسبه سریع: کامپیوتر به تصمیم‌گیرنده اجازه می‌دهد مقادیر بسیار زیادی از داده‌ها 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.

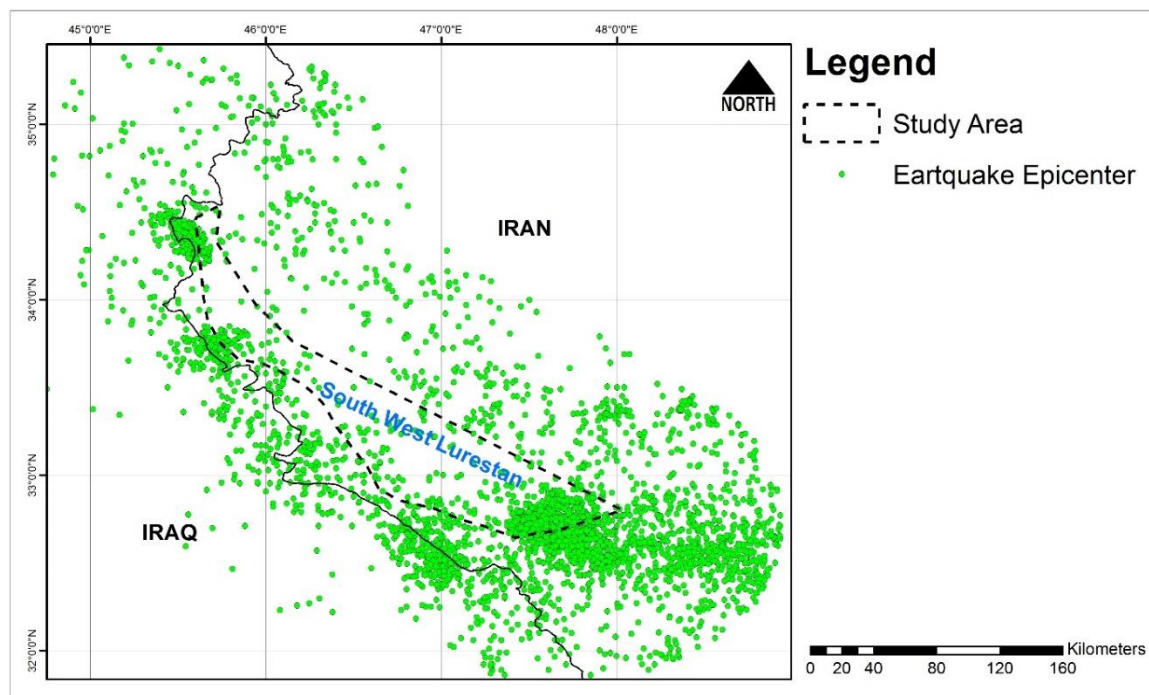
- رقابت: فشار رقابتی تصمیم‌گیری را مشکل می‌کند.

ایجاد پایگاه داده‌های جغرافیایی

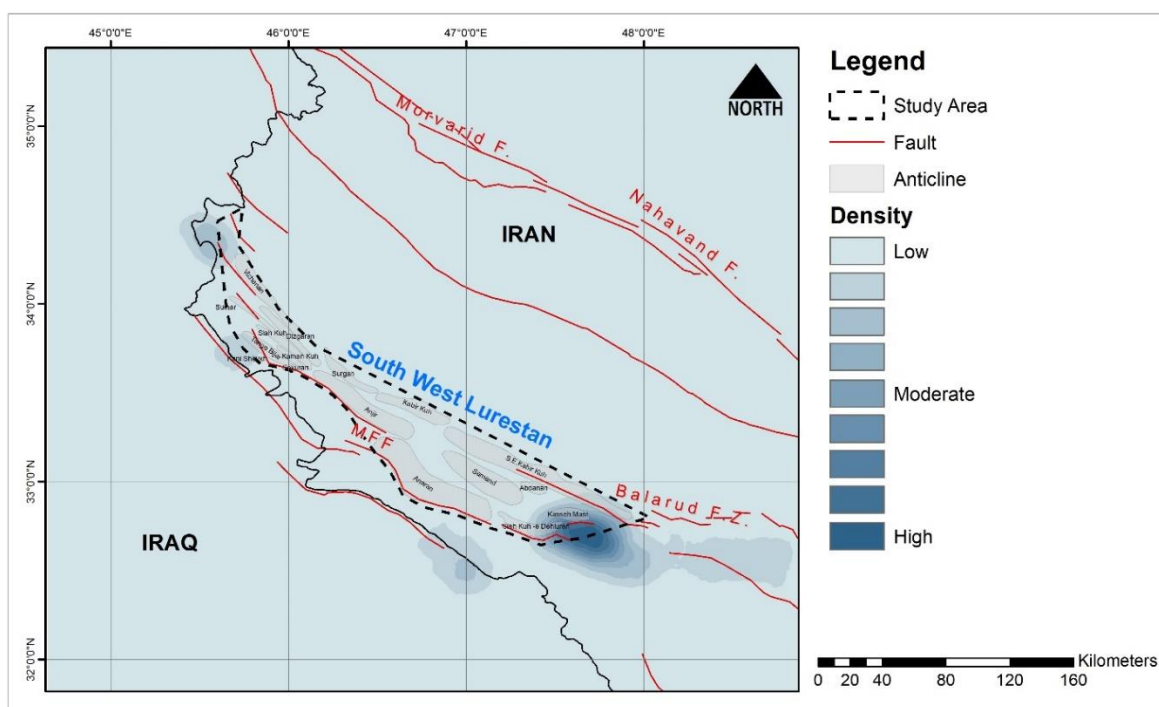
از آغاز مطالعه، داده‌های متنوع زیست محیطی و اجتماعی-اقتصادی بسیاری در گستره مورد مطالعه گردآوری شد. این داده‌ها به عنوان اطلاعات پایه در این مطالعه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. به منظور تحلیل شرایط موجود گستره مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS، تهیه و بر پایه نتایج پایگاه 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 مناسب‌ترین روش برای گردآوری داده‌های فضایی، تحلیل و نمایش آنها شناخته شده است. به منظور ارزیابی میزان آسیب‌پذیری



شکل ۲- نقشه رومرکز زمین لرزه های رخ داده در منطقه مورد مطالعه.



شکل ۳- تراکم زمین لرزه ها در منطقه مورد مطالعه.

سطح زمین جلوگیری می‌کند. افزون بر این، وجود رسوبات گچی - انیدریتی وابسته به سازندهای دالان (پرمین)، دشتک و کنگان (تریاس)، هیت و گوتینا (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 همه پهنه زاگرس چین خورده، در یک رژیم لرزه زمینساختی پیوسته قرار دارد، ولی مطالعه پراکندگی کانون زمین لرزه‌ها نشان می‌دهد 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 می‌توان در زاگرس چین خورده شناسایی کرد.

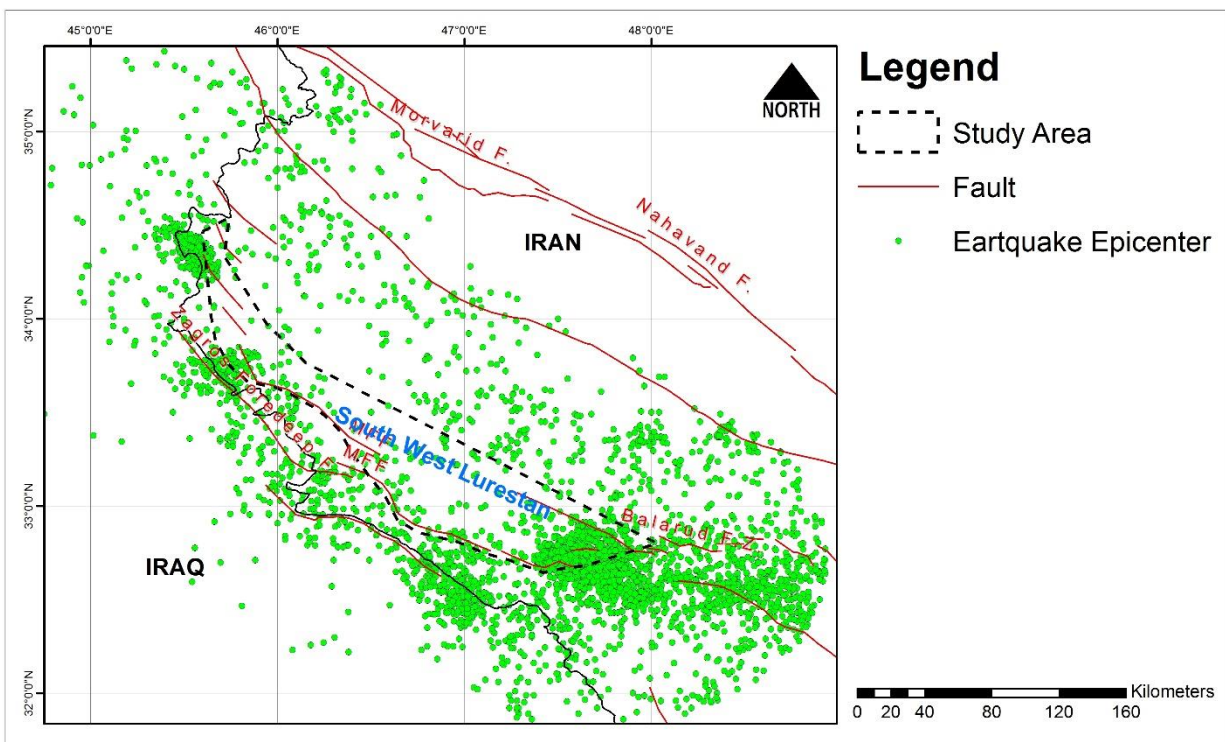
در « شمال خاوری داراب و یا جنوب خاوری نیریز کانون‌هایی پراکنده در راندگی اصلی زاگرس وجود دارند، ولی از این ناحیه تا شمال خط کازرون، در زاگرس مرتفع، در فاصله سال‌های ۱۹۰۰ تا ۱۹۷۶ هیچ کانون زمین لرزه‌ای ثبت نشده و لذا این ناحیه را زون نبود لرزه‌ای نیریز نامیده‌اند. در « جنوب خاوری گسل کازرون » چندین زون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

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

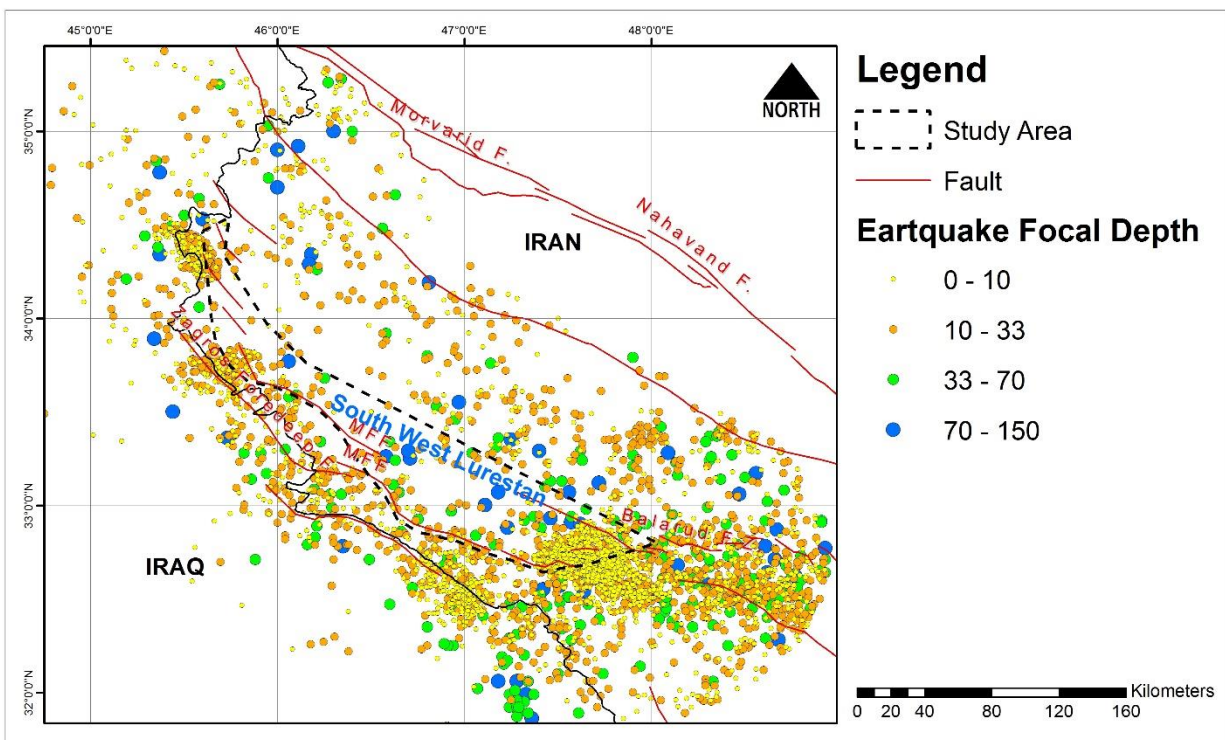
پراکندگی جغرافیایی زمین لرزه‌ها به گونه ای است که گاهی بر روی شکستگی های شناخته شده آلی و یا شکستگی های کهن باز پویا قرار می‌گیرند. ولی بسیاری از زمین لرزه‌ها را نمی‌توان به شکستگی‌های شناخته شده و یا روند گسلهای سطحی ربط داد. و لذا، باید پذیرفت که رابطه میان زمین لرزه و زمین ساخت زاگرس چین خورده بسیار پیچیده است که این موضوع می‌تواند نتیجه کمبود اطلاعات زمین شناختی و لرزه زمینساختی باشد. در باره بالا بودن توان لرزه خیزی زاگرس می‌توان به چهار مورد زیر اشاره کرد.

- فالکن (۱۹۶۹)، با توجه به گسترش گنبد‌های نمکی و عدم تطابق کانون زمین لرزه‌ها با گسلهای مشخص، گنبد‌های نمکی و حرکت آنها را در زمین لرزه های زاگرس مؤثر می‌داند. تنشهای فشارشی وارد بر زاگرس، بر پی سنگ ناحیه اثرگذار است. همین تنش‌ها موجب دگرشکلی ورق عربستان و فراوانی زمین لرزه های زاگرس می‌شود.

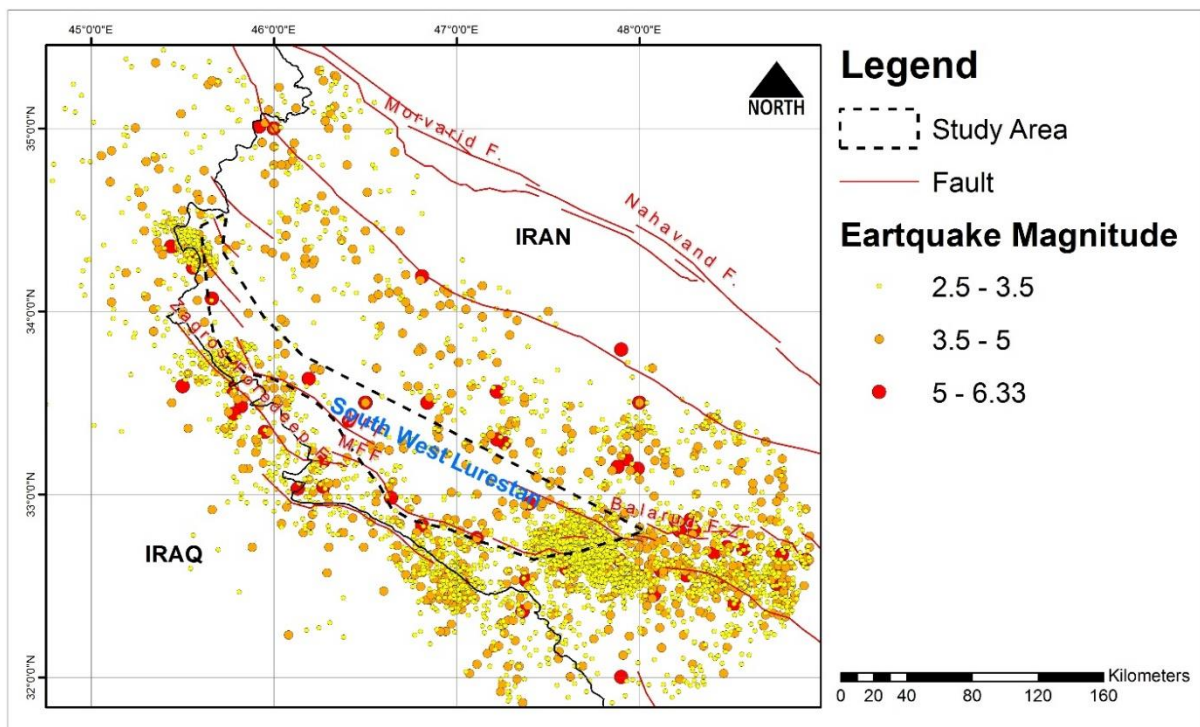
- فراوانی زمین لرزه های زاگرس می‌تواند مدیون حرکت گسلهای شمالی - جنوبی پرکامبرین باشند. ولی، اینگونه گسلها به طور عموم، در سطح، دارای حرکت‌های نرمال و یا امتداد لغزند در حالی که سازو کار زمین لرزه های ژرف زاگرس، گویای حرکت‌هایی از نوع رورانده است. رها شدن بُرشهای باقیمانده از پوسته اقیانوسی به درون گوشته. شواهد روی زمین نشان می‌دهند که فرورانش احتمالی پوسته اقیانوسی در شمال خاوری خطراندگی انجام گرفته و لذا، این نظر نمی‌تواند 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 همه آنها به



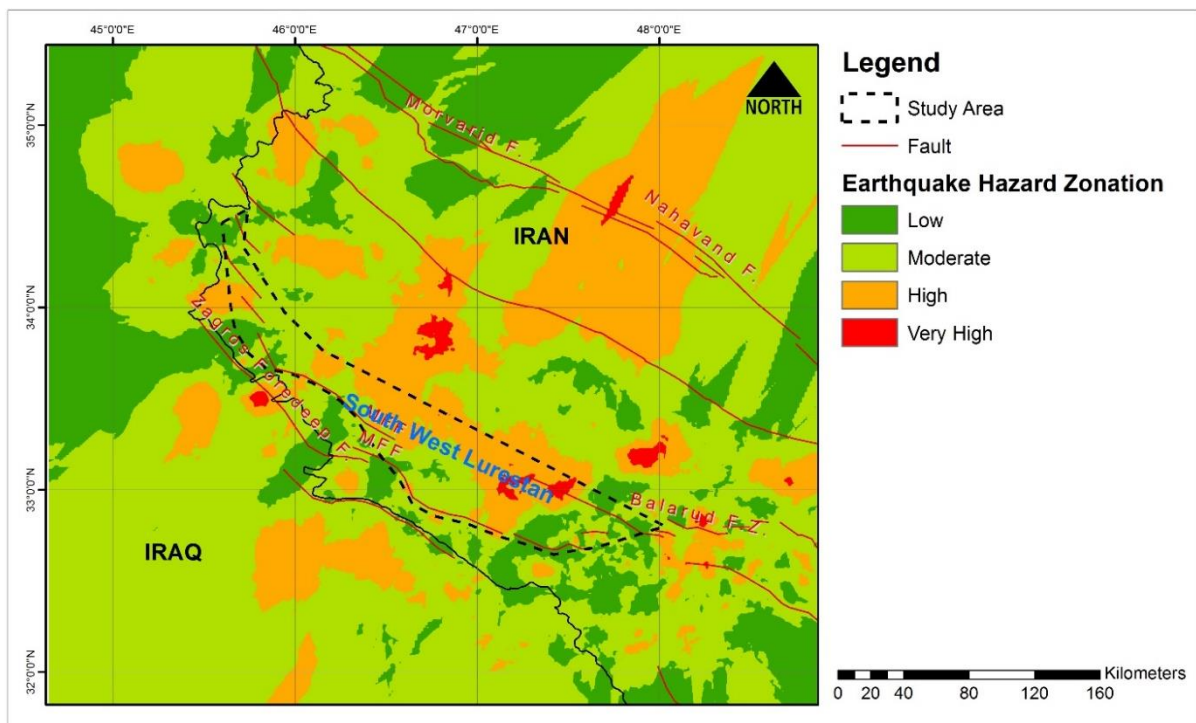
شکل ۴- نقشه رومرکز و گسلهای اصلی زمین لرزه های رخ داده در منطقه مورد مطالعه.



شکل ۵- نقشه عمق کانونی زمین لرزه ها و گسلهای منطقه.



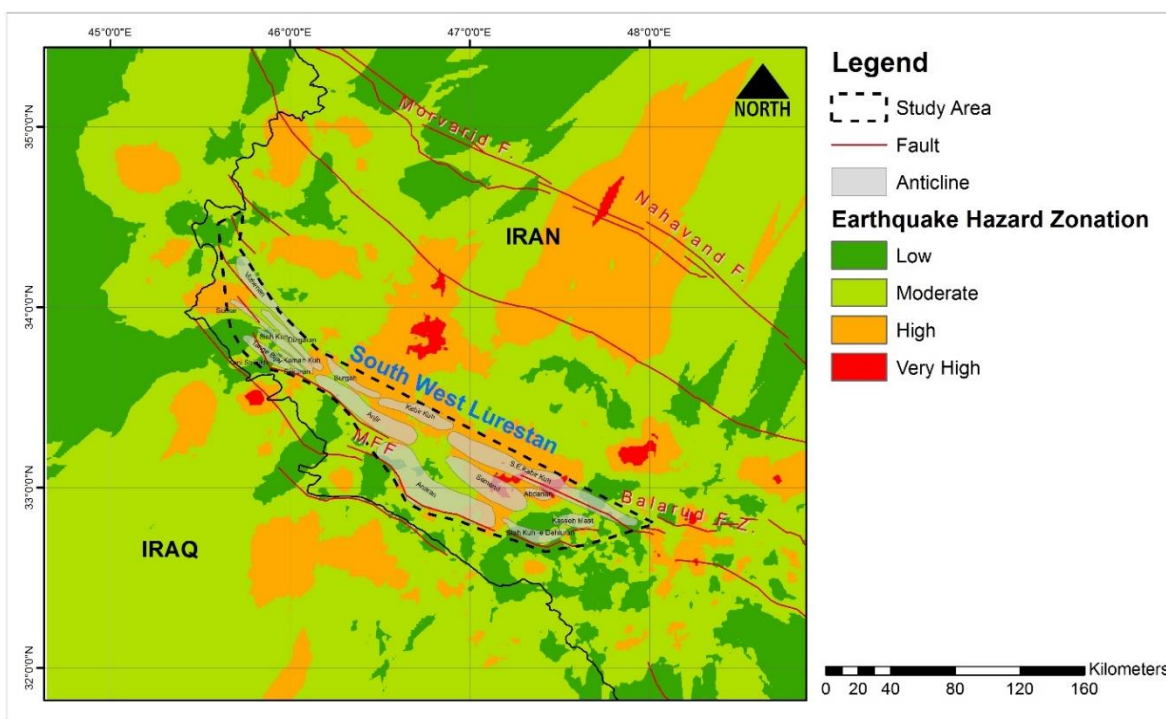
شکل ۶- نقشه بزرگای زمین لرزه ها و گسلهای منطقه.



شکل ۶- نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه و گسلهای منطقه.

مناطق با خطر زمین لرزه بالا دیده می‌شوند.
 ۳. مناطقی با خطر زمین لرزه متوسط (Moderate risk) بیش از نیمی از منطقه را به خود اختصاص می‌دهد و در تمامی جهات دیده می‌شوند.
 ۴. 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.

• به طور کلی منطقه مورد مطالعه دربردارنده ۴ پهنه با خطر نسبی زمین لرزه به شرح ذیل می‌باشد:
 ۱. مناطقی با خطر زمین لرزه بالا 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 محدوده‌هایی از شمال غربی، غرب، شرق و جنوب



شکل ۸- نقشه پهنه بندی خطر زمین لرزه، گسلها و تاقدیسه‌های منطقه مورد مطالعه.

شناسی مانند گسل‌های پنهان، شکستگی‌های 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

حفاظت از زمین‌شناسی 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 می‌بایست انجام شود، شامل بررسی تضعیف امواج لرزه‌ای و اثرات آن بر ویژگی‌های زمین

محاسبه شده از طریق تجزیه و تحلیل مورفومتریک، پتانسیل ایجاد اختلال زیست محیطی قابل توجه ناشی از زلزله در این منطقه را برجسته می‌کند.

یافته‌های این مطالعه بر نیاز به تحقیقات بیشتر در مورد تأثیر متقابل بین فعالیت‌های لرزه‌ای و ویژگی‌های زمین‌شناسی در منطقه زاگرس تاکید می‌کند. 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 لرزه‌ای در منطقه به دلیل ویژگی‌های پیچیده زمین‌شناسی است که منجر به پدیده‌های ناشی از گرانث با پیامدهای قابل توجهی برای مخاطرات طبیعی می‌شود. زمین لغزش سیمره به عنوان نمونه بارز تغییرات زمین‌شناسی در مقیاس بزرگ است که می‌تواند در نتیجه فعالیت لرزه‌ای رخ دهد. علاوه بر این، این مطالعه نشان می‌دهد 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 شده‌اند. 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 یافته‌ها بر نیاز به ارزیابی جامع ریسک لرزه‌ای و استراتژی‌های مدیریتی در منطقه تاکید می‌کند. درجات مختلف خطر در مناطق مختلف، اهمیت رویکردهای خاص مکان را برای کاهش اثرات زیست‌محیطی و زمین‌شناسی زلزله‌ها برجسته می‌کند.

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 زمین‌شناسی 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 تلاش‌های احیای محیط زیست در مناطق آسیب دیده از زلزله. این شامل احیای زمین‌های متاثر از رانش زمین و سایر پدیده‌های ناشی از گرانث است.

تحقیق و توسعه: سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای درک بهتر اثرات زیست محیطی زلزله و توسعه راه حل‌های 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.

نتیجه‌گیری

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

مطالعه زمین لغزش سیمره، یکی از بزرگترین جابجایی‌های توده سنگی روی زمین، نمونه قانع‌کننده‌ای از تغییرات زمین‌شناسی در مقیاس بزرگی است که می‌تواند به دلیل فعالیت لرزه‌ای رخ دهد. حجم عظیم زمین لغزش و نرخ فرسایش

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

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.

Earthquake risk zoning in southwestern Lorestan region and the environmental effects of earthquakes

Mahsa Asghari , Zahra Maleki , Ali Selgi , Mohammad Ali Ganjavian,

Abstract:

Introduction The southwestern region of Lorestan, Zagros in Iran is known for its seismic activity, which is a result of the Arabian and Eurasian plates converging. This region is a part of the Alpine–Himalayan orogenic system, which was formed due to the closure of the Neo-Tethys oceanic during the Cenozoic era.

Purpose This study aims to explore the environmental impact of earthquakes in this region, with a special focus on the effects on geological features such as hidden faults, numerous fractures, a sedimentary layer, the Gachsaran Formation, and Hormuz salt.

Methodology The study involved the analysis of seismic waveforms collected from 2006 to 2019 from a network of 36 seismic stations. The quality factor of seismic body waves was estimated using the extended coda normalization method. Additionally, a quantitative morphometric evaluation was conducted through the Tu index to predict the catchment-scale suspended sediment yield on the scar area and derive the erosion rate affecting the landslide after the cut of the landslide dam by the Seymareh River.

Results The study found that the attenuation of seismic waves in the Zagros area is significant due to geological features such as hidden faults, numerous fractures, a sedimentary layer, the Gachsaran Formation, and Hormuz salt. The spatial variation in Q values reveals that the attenuation is higher in the northern parts of the region than in the southern parts. The Seymareh Landslide, one of the largest rock mass movements on the Earth's surface with an estimated volume of 44 Gm³, is a significant geological event in this region.

Conclusion The study concludes that earthquakes in the southwestern region of Lorestan, Zagros have a significant environmental impact, particularly on geological features. The significant attenuation of seismic waves in the area is due to the complex geological features, leading to gravity-induced phenomena with considerable implications for natural hazards. The Seymareh Landslide serves as a prime example of the large-scale geological changes that can occur as a result of seismic activity.

Keywords: environmental effect, earthquake, southwestern Lorestan region, Zagros.

بررسی خواص معدنی و شیمیایی پسماند مجموعه های سوار کاری و پرورش اسب در راستای کاهش آلودگی محیط زیست

کیارش حسین زاده^۱؛ شهرزاد خرم نژادیان^{۲*}، هادی عبدالهی^۲

۱ گروه محیط زیست، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

۲ گروه تربیت بدنی، واحد دماوند، دانشگاه آزاد اسلامی، دماوند، ایران

چکیده:

صنعت پرورش و نگهداری اسب اشتغال زایی در بسیاری از استانهای کشور شده است. هدف از این تحقیق بررسی پتانسیلهای استفاده از پسماند آلی مجموعه های سوارکاری و پرورش اسب میباشد. پسماند مجموعه های سوارکاری و پرورش اسب عمدتاً آلی بوده و کود و بستر محل نگهداری را شامل میگردد. این پژوهش در بهار و تابستان ۱۴۰۲ انجام شده است. پرسشنامه ای بصورت آنلاین در اختیار افرادی که به نحوی با مراکز سوارکاری و پرورش اسب مرتبط بودند، قرار گرفت. نتایج پرسشنامه توسط نرم افزار SPSS و آزمونهای آماری مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. از پسماند یکی از باشگاههای سوارکاری نمونه برداری انجام گرفت و آزمایشات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی انجام شد. آنالیز فیزیکی کود اسب آنالیز فیزیکی پسماند (کود و بستر)، مقادیر خاکستر ۲۳.۶٪، رطوبت ۶۶٪ و ماده خشک (جامد) ۳۴٪ را نشان میدهد. اندازه گیری نسبت C/N نشان داد که کود اسب دارای مقادیر بالای C/N میباشد. میزان فسفر ۱۹۲ ppm، نیتروژن ۵.۶۳٪، کربن آلی ۴۴.۳٪، نسبت C/N ۷.۸، آمونیاک ۱۲۵.۲ PPM، مواد آلی ۷۶.۴٪، روی ۶۲.۵۰ ppm، آهن ۶۵ ppm مس ۱۱۸۰ ppm در پسماند بستر اسب دیده شده است. خاکستر ۲۳.۶٪، رطوبت ۶۶٪ و ماده خشک (جامد) ۳۴٪ اندازه گیری شد. کود اسبی از لحاظ کلیفرم و پاتوژنها برای انسان خطری ندارد. کود اسبی دارای میزان بالای مواد مغذی بوده و ارزش حرارتی آن نشان داد که بعنوان سوخت نیز میتوان از این پسماند استفاده نمود.

کلمات کلیدی: کمپوست، تولید انرژی، اسب، محیط زیست، سوارکاری

مقدمه

زمینه مدیریت کود اسبی رو در رو شویم (Saunila et al., 2019) با مدیریت صحیح و طراحی درست مجموعه های سوارکاری اثرات نامطلوب به حداقل میرسد و این مجموعه ها همراستا با محیط زیست میگردند. سوارکاری در محیط طبیعی خسارات قابل توجهی به خاک وارد می کند پوشش گیاهی پایمال میشود و در صورت چرا از گیاهان، پوشش گیاهی آسیب مینیند. کندن برگها و افزایش مواد مغذی خاک بدلیل ادرار و مدفوع اسبها میتواند بر محیط اثرگذار باشد (Newsome et al., 2004). اثراتی که سوارکاری بر محیط

بیش از ۳ هزار سال از بومی شدن اسب میگذرد. انسان از دیر باز از اسب برای حمل و نقل استفاده میکرد. در نقاشیهای بجا مانده از دوران پیش از تاریخ اسب از حیوانات محبوب انسان بوده است. قبل از اختراع ماشین حمل و نقل برعهده چارپایان بخصوص اسب بود. با رشد شهرنشینی صنعت اسب و مکان های نگهداری اسب دستخوش تغییراتی شده است (Havukainen et al., 2020). مهاجرت از روستاها به شهرها، سبب انتقال چنین مجموعه هایی به نزدیکی مراکز شهری میگردد. شهرنشینی سبب شده است که با چالشهایی در

* نویسنده مسئول مکاتبات khoramnejad@damavandiau.ac.ir

عوارض ناشی از تخریب محیط زیست از یک سو، و تجدید ناپذیری سوخت‌های فسیلی از سوی دیگر، جوامع بشری را بر آن داشت تا به دنبال راه‌های جدیدی جهت استحصال انرژی مورد نیاز خود باشند. علاوه بر آن نتایج بررسی‌های پژوهشگران حاکی از آن است که در کشورهایی که سطح توسعه آنها در حال افزایش می‌باشد، میزان مصرف انرژی نیز با افزایش چشمگیری رو به رو است و به همین دلیل و با توجه به اینکه منابع انرژی قبلی دیگر جوابگوی این نیاز نخواهند بود، نیاز به ارائه منابع انرژی جدید در دنیا امری ضروری می‌باشد (ثقوری و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از اصلی‌ترین منابعی که امروزه کاربرد بسیاری در تولید انرژی دارد، بهره‌گیری از پسماند‌ها می‌باشد. این روش علاوه بر آنکه در تامین انرژی مورد نیاز بشر تأثیر بسزایی دارد، با بکارگیری مدیریت دقیق خود موجب میشود عوارض زیست محیطی و بهداشتی ناشی از عدم مدیریت صحیح کاهش یافته و به همین سبب به حفاظت هر چه بیشتر محیط زیست نیز کمک میکند. تصفیه و استحصال انرژی از پسماند به طرق مختلفی صورت می‌گیرد که از جمله آن میتوان به روش‌های بیولوژیکی نظیر تولید بیوگاز، کمپوست و ... که با رویکرد امحا پسماندها صورت می‌گیرد و روش‌های ترموشیمیایی از قبیل روش‌های پلاسما، پیرولیز، بهره‌گیری از زباله سوزها و ... که رویکرد تولید انرژی از پسماند دارند، اشاره نمود (عبداله زاده و همکاران، ۱۳۸۹). در طی فرایند سوختن توسط زباله سوزها، موادی از قبیل، پسماندهای کشاورزی، فضولات دامی و ... در بویلرهای مخصوص سوزانده شده و موجب تولید حرارتی میشود که علاوه بر تولید گرما، در تولید الکتریسیته نیز کاربرد دارد. فرایند پیرولیز نیز که در غیاب اکسیژن و در دردمایی بین ۳۰۰ الی ۸۵۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد، گازهایی نظیر متان، اکسیژن، دی‌اکسید کربن و ... را تولید میکند (شاه نظری و همکاران، ۱۳۹۶).

در تحقیقی که در سال ۲۰۲۱ انجام شد بهره برداری موثر از انرژی حاصل از احتراق کود اسب را بررسی نمودند (Lio et al., 2021). ابتدا، تأثیر منشاء و مدیریت زباله (شرایط ذخیره‌سازی) از نظر آنالیز عنصری، محتوای رطوبت، ارزش

مناطق حفاظت شده دارد بیشتر از حرکت بصورت پیاده میباشد (Newsome et al., 2010).

نگهداری اسب فواید اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی زیادی برای جامعه دارد، اما اثرات زیست محیطی را در کل زنجیره از تولید خوراک تا تصفیه کود ایجاد می‌کند (Hadin & Erikson, 2016). مدیریت کود اسب در صورت وجود مقادیر بالا برای مالکین اسبها و مجموعه‌های پرورش و نگهداری اسب هزینه بر میباشد. کود اسب در دسته پسماندهای زیستی میباشد و دو راهکار برای مدیریت آن وجود دارد (۱) تولید کود کمپوست برای افزایش مواد مغذی زمینهای کشاورزی (۲) تولید انرژی (سوزاندن یا بیوگاز). انتخاب هر یک از این روشها نیاز به بررسی زیست محیطی دارد که سبب آسیب به زمین و محیط نشود. تولید کمپوست از کود اسبی میتواند استفاده از کودهای معدنی و شیمیایی را کاهش دهد (Kahiluoto et al., 2014).

اسبها در طبیعت بصورت گروهی زندگی میکنند و در محیط در حال حرکتند. اما نگهداری آنها در محیط محصور میتواند به اثرات منفی زیست محیطی منجر شود. مدیران مجموعه‌ها مسئول رسیدگی به این امر میباشند که مانع از تخریب محیط زیست شوند. تجمع اسبها در مجموعه‌های سوارکاری و پرورش اسب منجر به مواردی از قبیل: آلودگی ناشی از کود دامی، فشار بر مراتع محصور در مجموعه‌ها، اثرات ناشی از تولید و حمل و نقل خوراک و اثرات ناشی از استفاده از آب و انرژی برای مدیریت تاسیسات.

پرورش و نگهداری حیوانات اهلی موجب شده است که اثرات زیست محیطی این مراکز سلامت محیط زیست و جوامع انسانی را مورد تهدید قرار دهد. مواد دفعی موجودات زنده پسماند آلی محسوب میگردد که در صورت عدم مدیریت صحیح سبب آلودگی محیط و نفوذ به خاک و آب میگردد.

ترکیب کود اسب برای اسبهایی که در اسطبل نگهداری میشوند شامل مدفوع، ادرار و مواد تشکیل دهنده بستر میباشد. کود اسب با محتوای مواد مغذی و مواد آلی آن می‌تواند به کوددهی زمین‌های زراعی و تولید انرژی‌های تجدید پذیر با استفاده از سیستم هضم بی‌هوازی کمک کند.

بیوگاز از جمله محصولات حاصل از هضم بی‌هوازی می‌باشد که از آن می‌توان به عنوان یک گاز تجدید پذیر یاد کرد. فضولات دامی نظیر فضولات گاوی، نقش بسزایی در فرایند تولید بیوگاز دارند. همچنین کودهایی که توسط فرایند تخمیر بی‌هوازی حاصل می‌شوند علاوه بر ارزش اقتصادی بالایی که دارند، در جلوگیری از پراکنده شدن تخم علف‌های هرز موجود در فضولات دامی و کمک به حفظ محیط زیست و بهداشت منطقه موثر می‌باشد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد کشور عزیزمان ایران، به سبب تولید مقادیر بالای زیست توده، توانایی بسیاری در تولید بیوگاز دارد (ذاکرتولائی و همکاران، ۱۴۰۰).

هضم بی‌هوازی یکی از تکنولوژی‌هایی می‌باشد که در تولید بیوگاز کاربرد بسیاری دارد و در تولید برق و گرما کاربرد بسیاری دارد. هضم بی‌هوازی در ۲ روش هضم مزوفیلیک که با گرم شدن هاضم تا دمای ۳۵ درجه در حدود ۱۵ الی ۳۰ روز انجام می‌گیرد و روش هضم ترموفیلیک که با گرم شدن هاضم تا دمای ۵۵ درجه سانتیگراد در طول ۱۲ الی ۱۴ روز صورت می‌گیرد. روش ترموفیلیک اگرچه نسبت به روش مزوفیلیک گرانتر است اما به سبب آنکه با نابودی بهتر باکتری‌ها و ویروس‌ها همراه است، موجب می‌شود میزان گاز متان بیشتری نسبت به روش مزوفیلیک تولید گردد (تقوری و همکاران، ۱۳۹۲). هاضم بی‌هوازی به سبب شکستن ساختار اصلی زیست توده، علاوه بر تولید انرژی، نقش مهمی در تولید کمپوست‌های غنی دارد (کشت کار صحن‌سرای و همکاران، ۱۳۹۳). در سیستم‌های تولید بیوگاز پسماندها به دو روش حفر گودال و دفن سطحی در لندفیل‌ها دفن می‌شوند. روش حفر گودال در مناطقی که دارای دره‌ها و یا تنگناهای فراوان است بکار می‌رود. در مکانهایی که عمق خاک تا منابع آبی کم می‌باشد از روش دفن سطحی استفاده می‌شود (احمدپور و همکاران، ۱۳۸۹). در این تحقیق ارزش حرارتی جهت تولید انرژی و میزان مواد غذایی برای تولید کود کمپوست بررسی شده است.

روش تحقیق:

مواد و روشها

حرارتی و دمای ذوب خاکستر مورد ارزیابی قرار دادند. علاوه بر مقداری از دست دادن کربن در طول زمان، منشاء کود اسب و سیاست مدیریتی آن تأثیری بر بهره‌برداری سودآور آن از طریق احتراق ندارد. آزمایش‌های احتراق، عقیده صنعتی فعلی را که احتراق کود به تنهایی، بدون افزودن سوخت کمکی، مانند تراشه‌های چوب، دشوار است، رد کرد. از طریق آزمایش‌های اشتعال نشان داده شده است که محدودیت عمده در احتراق کود فقط رطوبت بالای آن است (تقریباً ۶۰٪ وزن وزن). این مطالعه بر روی مقابله بر اثر مضر محتوای رطوبت زیاد، و به طور خاص راندمان حذف آن متمرکز شد. مورد دوم مستلزم درک نفوذپذیری کود است که توسط مواد بستر و مدیریت پایدار تعیین می‌شود. آزمایشات نشانه‌هایی از تأثیر ترکیب کود و اندازه نمونه آن بر راندمان حذف رطوبت ارائه می‌دهد که تأثیر انرژی آن باید برای بازیابی انرژی مؤثر به حداقل برسد. تراز انرژی نشان داد که حذف رطوبت کل ۶۲٪ wb، ۲۳٪ محتوای انرژی بالقوه کود را کاهش می‌دهد.

در پژوهشی که توسط امینیان و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد تولید انرژی از پسماند کود دام و طیور از طریق سیستم بیوگاز در استان خراسان بررسی گردید. در این تحقیق کود گوسفند، بز، گاو و مرغداری بررسی شده بود. بر اساس نتایج این پژوهش ایجاد تاسیسات زیست انرژی برای تولید انرژی در مناطق دور افتاده مطلوب می‌باشد (امینیان و همکاران، ۱۳۹۲). در تحقیقی که توسط (Weiland et al., 2023) انجام شد کود اسب به عنوان بستری برای تولید بیوگاز استفاده شد که از آن الیاف نانولیگنو سلولز استخراج شد. بازده بیوگاز LN ۲۰۷ kgVS-۱ با غلظت متان ۶۵ درصد به دست آمد. از باقیمانده تخمیر LCNFs، در بازده تا ۴۱ درصد، با محتوای لیگنین بین ۲۳ تا ۲۹ درصد وزنی بسته به زمان تخمیر به دست آمد. در تحقیقی که در استان کردستان صورت پذیرفت مقایسه‌ای مابین پسماندهای روستایی و فضولات دامی در تولید بیوگاز صورت گرفت، بر اساس این تحقیق پسماندهای دامی سهم بیشتری نسبت به دیگر پسماندهای فسادپذیر روستایی دارند (زارعی و ملکی، ۱۳۹۶).

گرفته است. اطلاعات جمعیت شناختی شامل جنسیت، رده سنی، میزان تحصیلات و نوع ارتباط با محیط سوارکاری می‌باشد. بیشترین میزان جنسیت پاسخ دهندگان را آقایان با درصد فراوانی ۵۷٪ تشکیل می‌دهند. بیشترین میزان رده سنی پاسخ دهندگان را سنین ۲۵ تا ۵۰ سال (با فراوانی ۶۹.۶ درصد) تشکیل می‌دهند. بیشترین میزان تحصیلات پاسخ دهندگان را افراد دارای تحصیلات لیسانس (با فراوانی ۳۴.۸٪) و همچنین افراد دارای مدرک دیپلم و پایین تر (با فراوانی ۱۶.۶٪)، کمترین میزان افراد پاسخ دهنده را تشکیل می‌دهند. بیشترین پاسخ در نحوه ارتباط با محیط سوارکاری مربوط به مریان (با فراوانی ۲۵.۷٪) و کمترین مدیران (با فراوانی ۱۶.۶٪) بوده‌اند.

بیشتر افراد مورد مشارکت کننده ساکن تهران، البرز و گلستان هستند، فراوانی برای سایر استانها نیز در نمودار فوق مشخص است که در مجموع ۲۳ استان از ۳۱ استان افراد در تکمیل پرسشنامه مشارکت داشته‌اند.

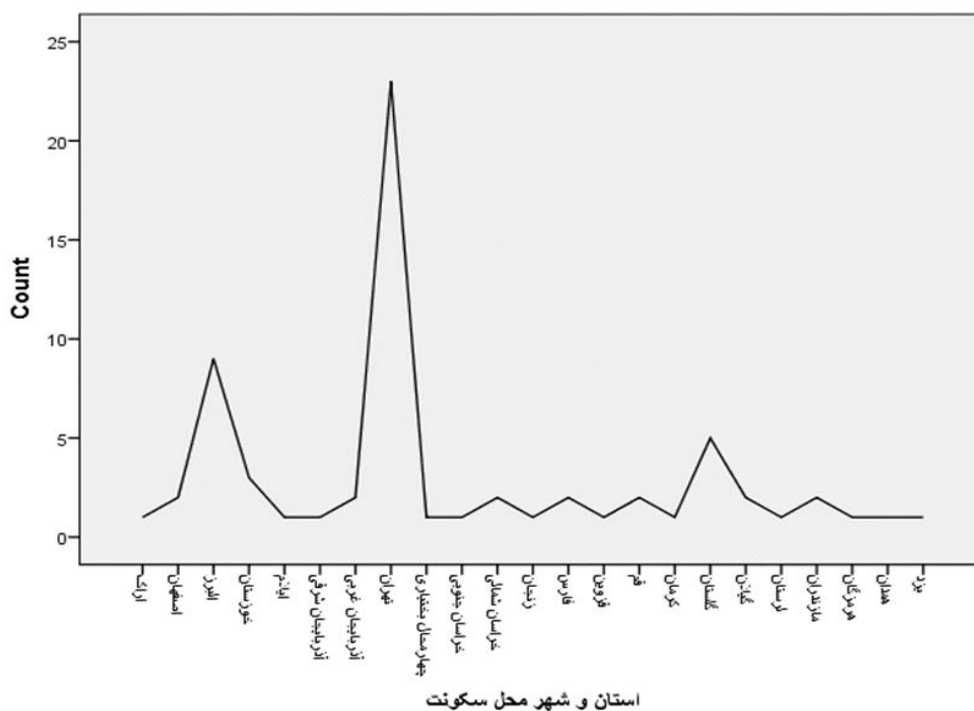
این پژوهش در بهار و تابستان ۱۴۰۲ انجام شده است. بعلت نبود اطلاعات کافی از مجموعه های سوارکاری از برخی مجموعه های سوارکاری بازدید به عمل آمد و پرسشنامه ای طراحی شد که بصورت آنلاین در اختیار افرادی که به نحوی با محیط سوارکاری در ارتباط بودند قرار داده شد.

پرسشنامه مابین سوارکاران و مدیران فدراسیون، هیاتهای سوارکاری استانهای مختلف و... توزیع گردید. جامعه آماری شامل سوارکاران، مربیان، مدیران هیاتها و فدراسیون، دامپزشکان، نعلبندان، مدرسان دانشگاه، باشگاه داران و پرورش دهندگان اسب بودند.

جامعه آماری ۱۰۰ نفر در نظر گرفته شد با استفاده از فرمول کوکران حداقل تعداد پرسشنامه ۷۹ عدد در نظر گرفته شد. آزمون آماری t برای تحلیل در نظر گرفته شد. از نرم افزار SPSS برای تحلیل آماری استفاده شده است.

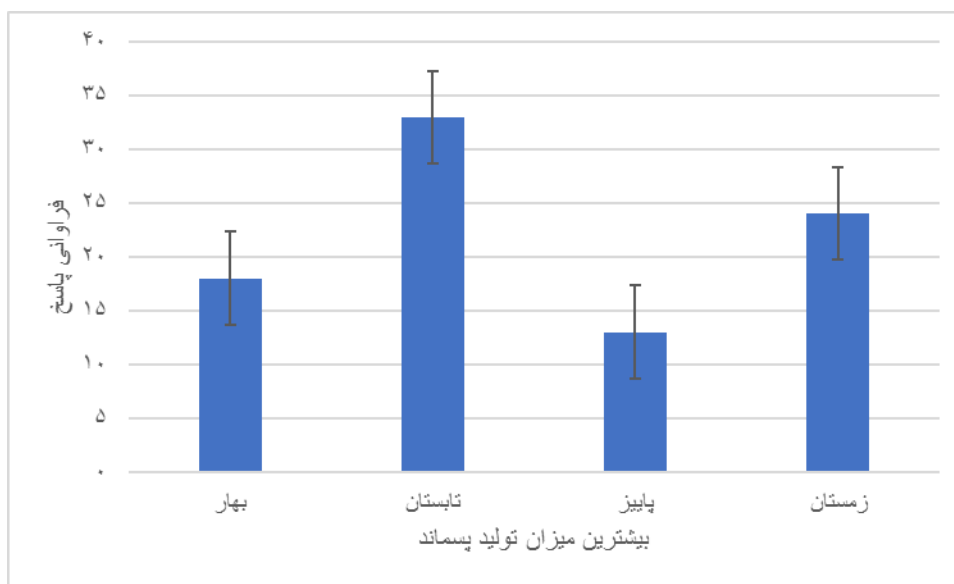
نتایج

داده های بدست آمده از پرسشنامه مورد تجزیه و تحلیل قرار



نمودار (۱) استان محل سکونت مشارکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه

نمودار (۲) میزان تولید پسماند بر حسب فصل



گزینه	فراوانی پاسخ	درصد فراوانی در بین پاسخ‌دهندگان	درصد فراوانی در کل انتخاب‌ها
گرد و غبار	۴۹	٪۷۴.۲	٪۰۰/۵۰
آلاینده‌های محیط شهری	۳۱	٪۴۶.۹	٪۳۱.۶
دود ناشی از سوخت پسماند	۱۸	٪۲۷.۲	٪۱۸.۳
کل انتخاب‌ها	۹۸	٪۱۴۸.۴	
کل پاسخ‌دهندگان	۶۶	٪۰۰/۱۰۰	

جدول (۱) آلاینده‌های محیط سوارکاری از نظر مشارکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه

فصل زمستان بعلت سرما، افراد از رستوران و کافه شاپ بیشتر استفاده میکنند و لذا با افزایش پسماند روبرو میشویم.

جدول (۲) میزان تولید کود در مجموعه‌های مختلف از دیدگاه

مشارکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه

گزینه	فراوانی پاسخ	درصد فراوانی
کمتر از ۵۰۰ کیلو	۹	٪۱۳.۶
بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلو	۱۶	٪۲۴.۲
حدود ۱ تن	۲۵	٪۳۷.۸
بیشتر از ۱ تن	۱۶	٪۲۴.۲
جمع	۶۶	٪۰۰/۱۰۰

جدول (۲) میزان تولید کود در مجموعه‌های مختلف از دیدگاه مشارکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه را نشان میدهد. افراد با

جدول (۱) آلاینده‌های محیط سوارکاری از نظر مشارکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه را بیان میکند. افراد بیشترین میزان آلاینده‌های محیط زیست مجموعه سوارکاری را گردو غبار (٪۷۴.۲) و همچنین بعد از آن آلاینده‌های محیط شهری (با فراوانی ٪۴۶.۹) و در آخر دود ناشی از سوخت پسماند (٪۲۷.۲) میدانند. نمودار (۲) میزان تولید پسماند بر حسب فصل را نشان میدهد. از نظر افراد بیشترین میزان تولید پسماند مربوط به تابستان می باشد و پس از آن به ترتیب زمستان، بهار و در آخر مربوط به پاییز می باشد. تعطیلی مدارس و بیشتر بودن اوقات فراغت در تابستان سبب افزایش بازدید کنندگان و به تبع آن افزایش تولید پسماند میگردد. به نظر میرسد در

با توجه به جدول ۴ ملاحظه می‌شود که مقدار سطح معنی داری برای تمامی متغیرها بیشتر از ۰.۰۵ است بنابراین فرض نرمال بودن را نمی‌توان رد کرد. لذا در ادامه از آزمونهای پارامتری استفاده می‌کنیم.

مفروض است که پسماند مجموعه های سوارکاری و پرورش اسب بر روی محیط زیست اثر دارد.

با توجه به اینکه می‌خواهیم مقدار به دست آمده را با مقدار متوسط پسماند مجموعه های سوارکاری و پرورش اسب مقایسه کنیم بدین منظور از آزمون t تک نمونه ای استفاده میکنیم که در آن نتایج حاصل را با مقدار مورد نظر که در اینجا متوسط پسماند است مقایسه میکنیم.

توجه به مجموعه ای که با آن در ارتباط بوده اند میزان تولید کود اسب را عنوان کرده اند. بیشترین میزان تولید کود حدود ۱ تن (با فراوانی ۳۷.۸٪) مربوط به باشگاههای با تعداد ۱۰۰ تا ۲۰۰ راس اسب میباشد.

ابتدا برای تعیین نوع آزمون (پارامتری / ناپارامتری) نرمال بودن متغیرها را مورد بررسی قرار میدهم.

جدول (۳) بررسی نرمال بودن متغیرها با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف

متغیر	آماره کلموگروف-اسمیرنوف	سطح معنی داری
شاخص تاثیر بر محیط زیست	۰.۱۶۱	۰.۱۰۰
شاخص پسماند خطرناک	۰.۱۵۴	۰.۱۰۸

جدول (۴) جدول آزمون t تک گروهی تاثیر مراکز سوارکاری و پرورش اسب بر محیط زیست از دیدگاه مشارکت کنندگان در تکمیل پرسشنامه

آزمون t برای برابری میانگین‌ها					
تأثیر بر محیط زیست	t	درجه آزادی	سطح معنی داری	میانگین اختلاف	
				پایینی	بالایی
	-۹.۸۰۹	۹۹	۰.۰۰۰	-۲.۷۸	-۳.۳۴
					فاصله اطمینان ۹۵٪ تفاضل

جدول (۵) آنالیز فیزیکی کود اسب آنالیز فیزیکی کود اسب را نشان میدهد. خاکستر ۲۳.۶٪، رطوبت ۶۶٪ و ماده خشک (جامد) ۳۴٪ اندازه گیری شده است. بستر اسبها از مواد مانند تراشه های چوب یا کاه تشکیل شده است که بسترها ارگانیک، هستند، معمولاً به باکس ها اضافه می شوند تا راحتی و تمیزی اسب را افزایش دهند و تخمین زده شده است که روزانه ۳.۶ تا ۶.۸ کیلوگرم به هر اسب بستر تعلق میگیرد.

جدول (۶) آنالیز شیمیایی کود اسب

پارامتر	مقدار
pH	۹.۱۵

بر اساس جدول (۴) مشاهده می‌شود که سطح معنی داری کمتر از ۰.۰۵ است و از طرفی نیز فاصله اطمینان شامل صفر نمی‌شود، لذا می‌توان فرض برابری میانگین شاخص تاثیر بر محیط زیست با مقدار متوسط را رد کرد حال با توجه به اینکه فاصله اطمینان پایینی و بالایی منفی هستند لذا پسماند مجموعه های سوارکاری و پرورش اسب بر روی محیط زیست اثر منفی دارد.

جدول (۵) آنالیز فیزیکی کود اسب

پارامتر	مقدار
خاکستر (%)	۲۳.۶
رطوبت (%)	۶۶
ماده خشک Ts (%)	۳۴

آلاینده های موثر است. میزان باکتری روده ای ارتباط مستقیم با مقدار ماده جامد دارد (زند سلیمی و همکاران، ۱۳۸۵).

محتوای نیتروژن کود اسب تا حد زیادی تحت تاثیر مدیریت اسطبل قرار دارد. بیش از نیمی از مواد مغذی موجود در خوراک به عنوان کود دفع می شوند. مواد مغذی موجود در کود اسب می توانند تحت تأثیر رژیم غذایی و مدیریت تغذیه قرار بگیرند. غالباً سطح مواد مغذی در یک رژیم غذایی استاندارد بالاتر از نیاز است و فرصت هایی را برای برنامه های مدیریتی ایجاد می کند که می تواند از طریق اصلاح رژیم غذایی، مواد مغذی موجود در کود را کاهش دهد. چندین راه برای آماده سازی کود اسبی وجود دارد که ساده ترین آنها این است که حداقل یک ماه (۳۰ روز) قبل از استفاده دپو شوند که عناصر ناخواسته از کود خارج شود که این امر نیاز به تمهیداتی دارد که مانع از آلودگی محیط زیست شوند. نیتروژن موجود در مواد آلی در مدفوع در خاک به آمونیاک و سپس نیترات تبدیل می شود که می تواند توسط گیاهان جذب شود. اگر گیاهان نیترات را جذب نکنند، به راحتی در خاک حرکت می کنند و در نهایت می توانند به آب های زیرزمینی نفوذ کنند، که می تواند یک نگرانی برای بهداشت محیط باشد. نیترات همچنین می تواند تحت فرآیند نیترات زدایی در خاک قرار گیرد و به عنوان نیتروژن گازی (NO، O₂N یا ۲N) در جو از بین برود. نیتروژن دفع شده از اسب ها معمولاً یا به صورت اوره در ادرار وجود دارد که به سرعت به آمونیاک (۳NH) تبدیل می شود یا در ارتباط با مواد آلی در مدفوع باقی می ماند. آمونیاک (۳NH) می تواند در اتمسفر تبخیر شود. اگر ۳NH کود اسب با آب های سطحی تماس پیدا کند، می تواند باعث غنی شدن محیط آبی از مواد مغذی و رشد بیش از حد جلبکها شود. این فرآیند که به عنوان یوتروفیکاسیون شناخته شده است، فرآیند غنی سازی مواد مغذی در دریاچه یا جریان آهسته است که با ورود مواد مغذی اضافی از کود، کود، فاضلاب رخ می دهد. این امر می تواند منجر به افزایش مواد مغذی معدنی و آلی در آب شود که باعث تکثیر حیات گیاهی، به ویژه جلبک ها می شود، که محتوای اکسیژن محلول را

۱۹۲.۲	فسفر (ppm)
۵.۶۳	نیتروژن کل (%)
۴۴.۳	کربن آلی (%)
۷.۸	C/N
۱۲۵.۲	آمونیاک (ppm)
۷۶.۴	مواد آلی (%)
۶۲.۵۰	روی (ppm)
۶۵	آهن (ppm)
۱۱.۸۰	مس (ppm)
۱۴	گوگرد (ppm)

جدول (۶) آنالیز شیمیایی کود اسبی را نشان می دهد. میزان فسفر ۱۹۲ ppm، نیتروژن ۵.۶۳٪، کربن آلی ۴۴.۳٪، نسبت C/N ۷.۸، آمونیاک ۱۲۵.۲ ppm، مواد آلی ۷۶.۴٪، روی ۶۲.۵۰ ppm، آهن ۶۵ ppm و مس ۱۱.۸۰ ppm اندازه گیری شد.

کود اسب توسط میکروارگانیسمهای خاک مصرف می شود و مورد توجه کرمهای خاکی است. بسته به اندازه، سن، و وضعیت تولید (کار، ورزش، تفریح، پرورش، بارداری، شیردهی، بازنشستگی)، اسب حدود ۶۰ درصد از اکثر مواد غذایی را هضم می کند. خوراکی که ۶۰ درصد قابل هضم است نشان می دهد که اگر به اسب ۱۱ کیلوگرم خوراک خشک داده شود، ۶ کیلوگرم هضم و ۴ کیلوگرم به صورت کود (مدفوع) دفع می شود. این بر اساس خوراک متفاوت خواهد بود. خوراک هایی که فیبر بیشتری دارند مانند یونجه و علف ها قابلیت هضم کمتری دارند. برعکس، خوراک های کنسانتره ای که حاوی غلاتی مانند ذرت، جو، و/یا جو هستند، معمولاً کارایی هضم بالاتر و دفع کمتر مدفوع دارند.

کود اسب معمولاً نسبت کربن (C) به N (C:N) بالایی دارد، به این معنی که میکروبهای نیتروژن در حال تجزیه را دوباره وا جذب می کنند تا مواد مورد نیاز رشد خود را فراهم نمایند (Chen et al., 2014). بخاطر همین خاصیت عدم تحرک نیتروژن، کود اسب چندان مطلوب نمیباشد. اما بخاطر وجود کربن بالا و اثرات مفید بر خاک باید کود اسبی مورد توجه قرار گیرد (Sweeten and Mathers, 1985). نوع کود بر انتقال

استفاده از کود اسب مقررات متفاوتی دارند که آیا در دسته سوخت تجدید پذیر است و میتواند از یارانه انرژی تجدید پذیر استفاده نماید یا خیر؟ (Kusch, ۲۰۱۲). ارزش حرارتی کود اسب به تنهایی بدلیل رطوبت بالا مناسب نمیشد و باید با مواد دیگر ترکیب شود. در کشور ایران در برخی مراکز عمدتاً لوکس و مدرن از خاک اره و بعضاً پوشال برای بستر استفاده میشود و در بسیاری از موارد از کود خشک شده اسب بعنوان بستر استفاده میگردد و درصد بسیار کمی به خاک اره و پوشال اختصاص می یابد.

ارزش حرارتی معمولی (دولانگ) $(\text{kJ/kg}) = 337C + 1428$

$$H - (0/8) + S9$$

$C =$ درصد وزنی کربن، $H =$ درصد وزنی هیدروژن، $S =$ درصد وزنی گوگرد

$(\text{kJ/kg}) + (100 \div (100 - \text{رطوبت})) =$ ارزش حرارتی معمولی =

(kJ/kg) ارزش حرارتی مواد خشک

ارزش حرارتی معمولی $= 337 \times 17/72 + 1428 (2/52) - 5.6 \times 9 + (0/8)$

ارزش حرارتی معمولی $= 8477.56 \text{ kJ/kg} = \text{Kcal/ Kg} = 2026.18$

ارزش حرارتی مواد خشک $= 8477.56 + (100 \div (100 - 100)) - 100$

$$66 = 8474.62 \text{ kJ/kg} = 2025.482792 \text{ Kcal/ Kg}$$

ارزش حرارتی مواد خشک بدون خاکستر $= 8477.56 + 100$

$$23.6 \times 34 = 807.56 \text{ kJ/kg} = 212.04 \text{ Kcal/ Kg}$$

اگر کود اسب به درستی مدیریت شود، می تواند منبع ارزشمندی باشد. کود اسبی منبعی ارزشمند از مواد مغذی است که اگر بخوبی استفاده شود برای بهبود کیفیت خاک موثر است.

تنوع مواد غذایی کود اسبی گسترده است

بحث و نتیجه گیری

در این تحقیق که در بهار و تابستان ۱۴۰۲ انجام شده است. افراد از ۲۳ استان کشور در تکمیل پرسشنامه مشارکت داشته اند. بیشترین میزان جنسیت پاسخ دهندگان را آقایان با درصد فراوانی ۵۷٪ تشکیل میدهند. بیشترین میزان رده سنی پاسخ دهندگان را سنین ۲۵ تا ۵۰ سال (با فراوانی ۶۹.۶ درصد) تشکیل میدهند. بیشترین میزان تحصیلات پاسخ دهندگان را

کاهش می دهد و اغلب باعث انقراض سایر موجودات و مرگ محیط آبی میگردد.

فسفر در کود دامی نیز وجود دارد. هنگامی که در زمین پخش می شود مانند نیتروژن شسته نمی شود، مگر اینکه ماتریکس خاک که به آن فسفر متصل می شود بیش از حد از فسفر اشیاع شود. با این حال، اگر فسفر در زمان نامناسبی از سال و یا زمانی که فرسایش خاک اتفاق می افتد استفاده شود، از بین می رود. این می تواند منجر به آلودگی آب های سطحی شود که ممکن است باعث یوتروفیکاسیون شود.

جدول (۷) آنالیز میکروبی کود اسب

پارامتر	مقدار
کلیرم کل (MPN)	۱۵۰

جدول (۷) آنالیز میکروبی کود اسب را نشان میدهد. میزان ۱۵۰ کلیرم در نمونه دیده شده است.

مشکل کودهای دامی وجود پاتوژن ها و عوامل بیماریزا میباشد. پاتوژنهای موجود در کودهای دامی شامل *E. Coli*، *Salmonella* و *Cryptosporidium parvum* میباشد. کود اسب با سایر کودهای دامی از این نظر متفاوت است. فراوانی سالمونلا و کریپتوسپورییدیوم پارووم در مدفوع اسب کم است و هیچ شیوع شناخته شده ای از عفونت *E. coli* در انسان متناسب به اسب وجود نداشته است. کود اسب حاوی انگل میتواند باشد که البته در اسبهای ورزشی بدلیل استفاده مستمر از داروهای انگل کش این مشکل کمتر میباشد.

مگس ها، گرد و غبار، وجود جوندگان و بوی نامطبوع از مشکلات دپو کود در مراکز پرورش و نگهداری اسب است. این مشکلات را می توان با طراحی مناسب محل دپو و نگهداری کود و احتیاط در هنگام زیر و رو کردن، هوادهی یا جابجایی توده های کود به حداقل رساند.

سوزاندن مستقیم کود اسبی برای تولیدگرما یک گزینه است اما زیاد مورد توجه قرار نمیگیرد. کود اسب برخلاف کود گاوی کمتر و یا به ندرت برای تولید گرما استفاده میشود. تولید کود اسب یکپارچه نیست و در اسببله های کوچک و حتی یک یا دو اسب در مزارع تولید میگردد و بسیاری از کشورها در زمینه

امینیان، افسانه، عباسپور فرد، محمدحسین، آق‌خانی، محمدحسین، & عدالت، محمدحسین. (۱۳۹۲). ارزیابی پتانسیل منابع زیست توده در استان خراسان رضوی به منظور تولید زیست انرژی. محیط‌شناسی، ۳۹(۲)، ۷۳-۸۲.

ثقوری، محسن و منصوری، یعقوب و حداد خداپرست، محمدحسین و شیخ داودی، محمدجواد، (۱۳۹۲)، ارزیابی پتانسیل تولید بیوگاز و انرژی از پسماندهای آلی صنایع غذایی مشهد (مطالعه موردی: صنایع فرآوری میوه)، بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، شیراز.

ذاکرتولانی، فاطمه، زهرا سربخشی، ابراهیمی نیک، محمدعلی، (۱۴۰۰)، بررسی تولید بیوگاز از ضایعات چغندر قند به همراه کود گاوی، دوازدهمین همایش ملی و چهارمین همایش بین‌المللی بیوتکنولوژی جمهوری اسلامی ایران.

زارعی، سمیرا، و ملکی، محمدرضا. (۱۳۹۶). بررسی پتانسیل تولید بیوگاز از فضولات دامی و پسماندهای روستایی در استان کردستان با استفاده از GIS. مهندسی بیوسیستم ایران (علوم کشاورزی ایران)، ۴۸(۱)، ۱۷۳-۱۷۸.

زندلسلیمی، ستار، مصدقی، محمدرضا، محبوبی، علی اکبر، رشیدیان، منوچهر، و صفری سنجانی، علی اکبر. (۱۳۸۵). اثر کودهای آلی بر آلودگی زه آب ستون های خاک دست نخورده به باکتری *Escherichia coli* در شرایط جریان غیراشباع ماندگار. پژوهش کشاورزی، ۶(۳)، ۴۷-۵۹.

شاهنظری، آرمان و روحانی، عباس و آق‌خانی، محمدحسین و ابراهیمی نیک، محمدعلی، (۱۳۹۶)، رتبه بندی فرایندهای حرارتی تولید انرژی از زیاله با استفاده از روش مجموع ساده وزنی (SAW)، اولین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی در علوم و مهندسی، مشهد.

عبداله زاده، رضا و شاه علی، عباس علی و واسعی، سمیه، (۱۳۸۹) بررسی روش های استحصال انرژی از پسماند و شناسایی گزینه مناسب برای ایران، پنجمین همایش ملی مدیریت پسماند، مشهد.

کشت کار صحن سرایی، سپیده و رضوانی، مجتبی و برجی، محمدرضا، (۱۳۹۳)، بررسی روند تولید انرژی از بیوماس و ضایعات کشاورزی، چهارمین کنفرانس بین‌المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، تهران.

Da Lio L, Castello P, Gianfelice G, Cavalli R, Canu P. Effective energy exploitation from horse manure combustion. Waste Manag. 2021 Jun 1; 128:243-250.

افراد دارای تحصیلات لیسانس (با فراوانی ۳۴.۸٪) و همچنین افراد دارای مدرک دیپلم و پایین تر (با فراوانی ۱۶.۶٪)، کمترین میزان افراد پاسخ دهنده را تشکیل می‌دهند. بیشترین پاسخ در نحوه ارتباط با محیط سوارکاری مربوط به مریان (با فراوانی ۲۵.۷٪) و کمترین مدیران (با فراوانی ۱۶.۶٪) بوده اند. از کود اسب استفاده های زیادی میتوان کرد. مواد دفعی اسب یک کود مناسب جهت بهبود شرایط خاک و بهبود رشد گیاهان میباشد. این کود شامل نیتروژن، پتاسیم و فسفر است که این سه عنصر برای رشد گیاهان و درختان میوه مناسب میباشد. درختان میوه نیاز به مواد غذایی دارند که به آرامی آزاد میشوند و درختان میوه نیاز به منبعی برای آزاد سازی کم نیتروژن دارند، از این رو کود اسب برای درختان میوه مناسب است.

میزان فسفر ۱۹۲ ppm نیتروژن ۵.۶۳٪، کربن آلی ۴۴.۳٪، نسبت C/N ۷.۸، آمونیاک ۱۲۵.۲ PPM، مواد آلی ۷۶.۴٪، روی ۶۲.۵۰ ppm، آهن ۶۵ ppm و مس ۱۱.۸۰ ppm در پسماند بستر اسب دیده شده است. خاکستر ۲۳.۶٪، رطوبت ۶۶٪ و ماده خشک (جامد) ۳۴٪ اندازه گیری شده است. بررسیهای نشان داد که تولید کمپوست برای کود اسب مناسبتر میباشد. کود اسبی نیاز به زمان ماند دارد و باید کمپوست شود و بهتر است که بصورت تازه استفاده نشود چون دارای مقادیر بالای نیتروژن است و میتواند به درختان و گیاهان آسیب برساند.

محدودیتهای این مطالعه شامل اطلاعاتی در زمینه میزان گاز گلخانه ای تولیدی از تولید کمپوست کود اسبی و تفاوت در بسترهای مختلف میباشد. با بررسی دو راهکار که در زمینه مدیریت کود اسب وجود دارد به نظر میرسد هر دو راهکار قابل استفاده هستند اما تولید کمپوست هزینه کمتری میخواهد و نیاز به تکنولوژی خاصی ندارد. فرایند هضم بیهوازی میتواند میزان نیتروژن محلول را افزایش دهد که میتواند در مزرعه انتشار آمونیاک را بیشتر کند.

منابع

احمدپور، امین و عباسپور، داود و جاویدفر، محمدرضا، (۱۳۸۹)، بررسی تولید و استفاده از بیوگاز با تکیه بر رعایت موارد ایمنی، نخستین همایش بیوانرژی ایران، اسلامشهر.

- Management. 128. 243-250.
10.1016/j.wasman.2021.04.035.
- Manure management based on life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, Nutrient boundaries seriously: Can we feed the people? *Glob. Food Secur.* 3, 16–21.
- Saunila, M., Rantala, T., Ukko, J., Havukainen, J., 2019. Why invest in green technologies? Sustainability engagement among small businesses. *Technol. Anal. Strateg. Manage.* 31, 653–666.
- Sweeten, J.M., Mathers, A.C. 1985. Improving soils with livestock manure. *Journal of Soil and Water Conservation* 40: 206–210. vol. 264
- Hadin S, Eriksson O. Horse manure as feedstock for anaerobic digestion. *Waste Manag* ۲۰۱۶ .Oct ۵۶:۵۰۶-; .۱۸
- Havukainen, J., Väisänen, S., Rantala, T., Saunila, M., Ukko, J. (2020). Environmental impacts of Kahiluoto, H., Kuisma, M., Kuokkanen, A., Mikkilä, M., Linnanen, L., 2014. Taking planetary.
- Kusch, S. (2013). Horse Stall Waste: Amounts, Management, Bioenergy Generation. The 2nd Electronic International Interdisciplinary Conference.
- Lio, L. & Castello, P. & Gianfelice, Gianfranco & Cavalli, R. & Canu, Paolo. (2021). Effective energy exploitation from horse manure combustion. *Waste*

Investigating the mineral and chemical properties of horse riding and breeding complexes in order to reduce environmental pollution

Kiarash hosseinzadeh¹, Shahrzad Khoramnejadian^{1*}, Hadi Abdulahi Far²

¹-Department of Environment, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran

²-Department of Physical Education & Sport management, Damavand Branch, Islamic Azad University, Damavand, Iran

Abstract

The horse breeding and keeping industry has created employment in many provinces of the country. The purpose of this research is to investigate the potential of using organic waste from riding and horse breeding complexes. The waste of equestrian and horse breeding complexes is mainly organic and includes manure and bedding. This research was done in the spring and summer of 2023. To obtain information, an online questionnaire was provided to people who were somehow related to riding and horse breeding centers. The results of the questionnaire were analyzed and analyzed by SPSS software and statistical tests. The waste of one of the equestrian clubs was performed and physical, chemical and biological tests were performed. The physical analysis of the fertilizer of the physical waste (fertilizer and substrate) shows the values of ash 23.6%, 66% moisture and 34% dry matter. The measurement of the C/N ratio showed that horse fertilizer has high values of C/N. The amount of phosphorus 192 ppm, nitrogen 5.63%, organic carbon 44.3%, C/N ratio 7.8, ammonia 125.2 ppm, organic matter 76.4%, zinc 62.50 ppm, iron 65 ppm and copper 11.80 ppm have been seen in horse litter. Ash 23.6%, moisture 66% and dry matter (solid) 34% were measured. horse fertilizer is not dangerous to humans in terms of coliforms and pathogens. The calorific value of horse manure showed that this waste can also be used as fuel.

Keywords :Compost, Energy production, Horse, Environment, Equestrian

اثرات زیست محیطی فعالیت گسل میناب و چالش های زمین ساختی

مهرداد سرهنگی^۱، علی سلگی^{۱*}، مرتضی طالبیان^۲، زهرا ملکی^۱

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

^۲پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور

چکیده:

بر اساس نتایج تحقیقات و شاخص های زمین ساختی، منطقه در وضعیت زمین ساختی متوسط قرار دارد. از عوامل تهدید کننده در منطقه می توان به تاثیر گسل میناب بر بالا آمدگی منطقه اشاره کرد که باعث افزایش شیب منطقه در قسمت های شمالی می شود. این امر به نوبه خود باعث افزایش دبی آب و طغیان رودخانه ها در نواحی پایین دست شده و باعث ناپایداری شیب و رانش زمین در منطقه می شود. هدف از این پژوهش ارائه بینش های ارزشمندی در مورد تأثیر ساختارهای زمین شناسی منطقه بر روی چالش های زمین ساختی و زیست محیطی آینده می باشد. با محاسبه پارامترهای مورفوتکتونیک و شاخص های مورفومتری به منظور برآورد مخاطرات زمین ساختی گسل میناب به نقش آن بر روی مخاطرات زمین ساختی-زیست محیطی پرداخته شده است. بر این اساس تاثیر گسل میناب بر بالا آمدن منطقه می تواند شیب منطقه را در قسمت های شمالی افزایش داده و منجر به افزایش جریان آب و طغیان رودخانه ها در نواحی پایین دست شود. این امر می تواند باعث ناپایداری شیب و رانش زمین در منطقه شود. از نظر خطرات تکتونیک، وجود گسل میناب و فعالیت تکتونیک مرتبط با آن می تواند منجر به خطرات زمین ساختی مختلف از جمله زمین لرزه شود. در نتیجه، در حالی که گسل میناب و فعالیت های زمین ساختی مرتبط با آن می تواند چالش های زیست محیطی قابل توجهی را ایجاد کند، با برنامه ریزی صحیح و درک شرایط زمین ساختی، می توان این چالش ها را کاهش داد و به توسعه پایدار منطقه کمک کرد.

واژه های کلیدی: اثرات زیست محیطی، گسل میناب، چالش های زمین ساختی، مورفومتری.

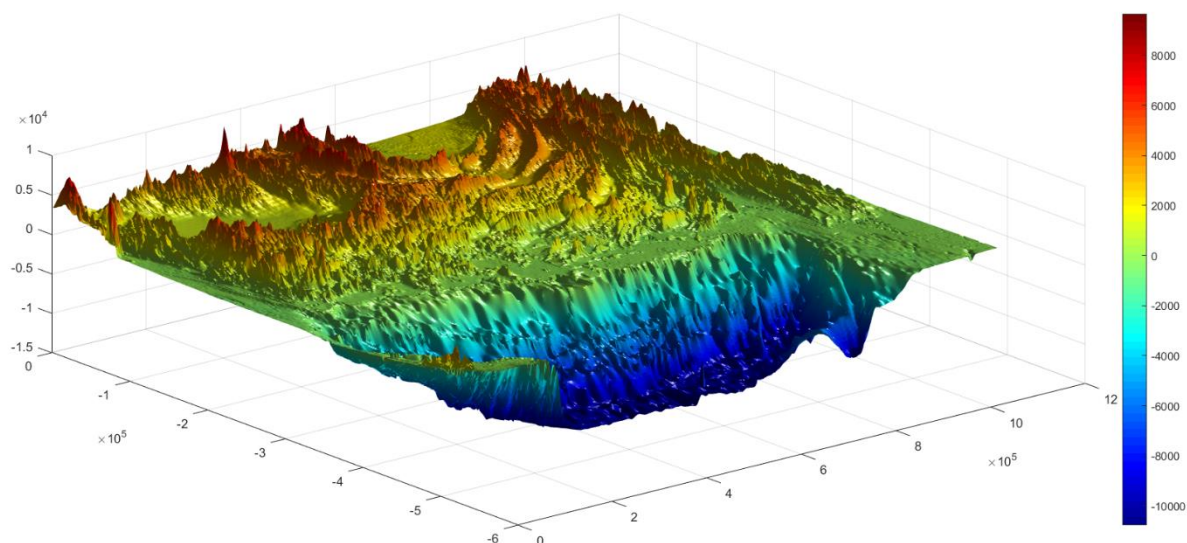
مقدمه:

مکران طول ۱۰۰۰ کیلومتر و عرض ۴۰۰ کیلومتر دارد که دو سوم آن آشکار شده است. این خشکی، بزرگترین منشور برافزایشی در جهان می باشد و از فرورانش مداوم صفحه عربستان به زیر صفحه اوراسیا حاصل می شود که در کرتاسه اولیه با همگرایی واقعی آغاز شد. نرخ های متغیری از ۳۵/۵ تا ۳۶/۵ میلی متر در سال در باختر مکران تا ۳۹ میلی متر در خاور دارد. صفحه فرورانش ۲ درجه تا ۲۷ درجه شمالی به سمت شمال شیب دارد؛ سپس با زاویه شیب ۳۰ درجه به سمت پایین خم می شود. سامانه گسل امتدادلغز میناب-میناب نمایانگر مرز خاوری صفحه عربستان است. در واقع،

مورفوتکتونیک یا ژئومورفولوژی تکتونیک، شاخه ای از ژئومورفولوژی است که چگونگی شکل گیری شکل های زمین یا تحت تاثیر فعالیت های زمین ساختی را مطالعه می کند و به دنبال درک مکانیسم های عمیق زمین در پشت ایجاد فرم های زمین ساختی توسط فرآیندهایی مانند بالا آمدن پوسته، فرونشست، گسلش، یا چین خوردگی است. مورفوتکتونیک بر تحقیقات بین رشته ای متکی است که از زمینه هایی مانند زمین شناسی، لرزه شناسی، جغرافیای فیزیکی، اقلیم شناسی، ژئوکرونولوژی و ژئودزی استخراج میشود. منشور برافزایشی

توسط سامانه گسل امتدادلغز میناب- میناب محدود می‌شود. این گذار را می‌توان به عنوان یک خط خطی ساختاری در نظر گرفت که به «خط عمان» نیز معروف است. گسل میناب- میناب با تکتونیک فشاری راست‌گرد، متشکل از چندین گسل با روند شمالی- جنوبی است و به نظر می‌رسد ادامه گسل راندگی اصلی زاگرس باشد که شامل دنباله‌هایی از فلیش و افیولیت و ملائزهای رنگی است (شکل ۱).

همگرایی طولانی‌مدت و همچنان ادامه‌دار به سمت شمال صفحه عربستان در زیر صفحه اوراسیا قاره‌ای منجر به منطقه برخورد زاگرس در باختر و منطقه فرورائش مکران در خاور می‌شود. همگرایی از قاره- قاره در سمت خلیج فارس به اقیانوسی- اقیانوسی در دریای عمان که توسط تنگه هرمز به هم متصل می‌شوند تغییر می‌کند. از شمال با گسل رانده اصلی زاگرس- ناحیه برخوردی اقیانوس نئوتیس- و از خاور



شکل ۱- نقشه توپوگرافی سه بعدی مکران استخراج شده از GeoMapApp

برای شناسایی گسل‌های امتدادلغز در مقاطع استفاده می‌شود (Ramadan et al., 2014). با این وجود، استفاده از داده‌های لرزه‌ای برای تعیین گسترش آن‌ها با قطعیت بر روی ویژگی لرزه‌ای دوبعدی معمولی بسیار چالش‌برانگیز است.

سامانه گسل امتدادلغز میناب- میناب (ZMFS) نمایانگر مرز خاوری صفحه عربستان است. در واقع، همگرایی طولانی‌مدت و همچنان ادامه‌دار به سمت شمال صفحه عربستان در زیر صفحه اوراسیا قاره‌ای منجر به منطقه برخورد زاگرس در باختر و منطقه فرورائش مکران در خاور می‌شود

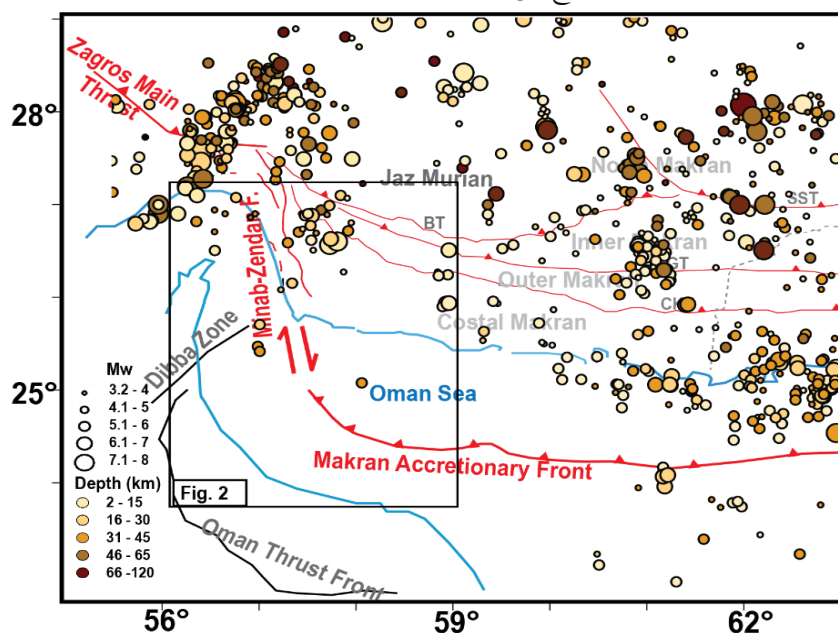
زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه:

تکتونیک امتدادلغز عمدتاً در مقاطع افقی (نمای نقشه) مورد مطالعه قرار گرفته است (Zalan, 1987) و مقاطع عمودی (خطوط لرزه‌ای) هندسه خطی، گسل‌های سطحی، ساختار کششی و لغزش‌های دماسبی، کمتر شاخص‌های سیستم گسل امتدادلغز در نقشه هستند (Moody and Hill, 1956; Harding, 1985; McClay and Bonora, 2001). در حالی که گسل‌های قائم، ساختارهای گل، تغییرات ناگهانی رخساره‌های رسوبی و ضخامت همان واحد چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی و جابه‌جایی متغیر در امتداد گسل‌ها به طور کلی

(Penney et al., 2017). اما به دلیل کمبود ایستگاه‌ها و پیچیدگی‌های ساختاری در منطقه، لرزه‌خیزی آن به طور دقیق مشخص نشده است. امتداد جنوبی ZMFS روی نیمرخ‌های لرزه‌ای دوبعدی دریای عمان دیده شده است (Ravaut et al., 1998). اگرچه، انتقال از منطقه برخورد به منطقه فرورانش، ساختارهای مرتبط و گسترش آن در دریا ناشناخته باقی مانده است. از این رو، پیشنهاد می‌شود که تفسیر پروفایل‌های لرزه‌ای دوبعدی منتشر شده توسط شرکت ملی نفت ایران (NIOC) و نقشه‌های زمان و عمق مهاجرت در امتداد باختر دریای عمان، برای درک بهتر گسترش فراساحل ZMFS و نقش آن در خطر لرزه‌ای منطقه یکپارچه گردد. ابتدا شرح مختصری از زمین‌ساخت مناطق مکران و زاگرس ارائه می‌شود. سپس داده‌ها و روش‌شناسی موجود به دنبال تفسیر و تحلیل توصیف می‌گردد. در بخش آخر نیز ماهیت ZMFS و تکامل آن مورد بحث قرار می‌گیرد.

(شکل ۲). همگرایی از قاره-قاره در سمت خلیج فارس به اقیانوسی-اقیانوسی در دریای عمان-که توسط تنگه هرمز به هم متصل می‌شوند- تغییر می‌کند. از شمال با گسل رانده اصلی زاگرس-ناحیه برخوردی اقیانوس نئوتیس (Ricou, 1977)- و از خاور توسط ZMFS محدود می‌شود (شکل ۲). این گذار را می‌توان به عنوان یک خط خطی ساختاری در نظر گرفت که به «خط عمان» نیز معروف است (Kadinsky, 1982). گسل میناب-میناب (Cade and Barazangi, 1982). گسل میناب-میناب با تکتونیک فشاری راست‌گرد، متشکل از چندین گسل با روند شمالی-جنوبی است (Regard et al., 2010) و به نظر می‌رسد ادامه گسل راندگی اصلی زاگرس باشد (Walker and Jackson, 2002) که شامل دنباله‌هایی از فلیش و افولیت و ملانژهای رنگی است (McCall et al., 1994).

مطالعات GPS نشان داده است که ZMF در حال حاضر یک گسل فعال است و مقداری کرنش الاستیک را جمع می‌کند



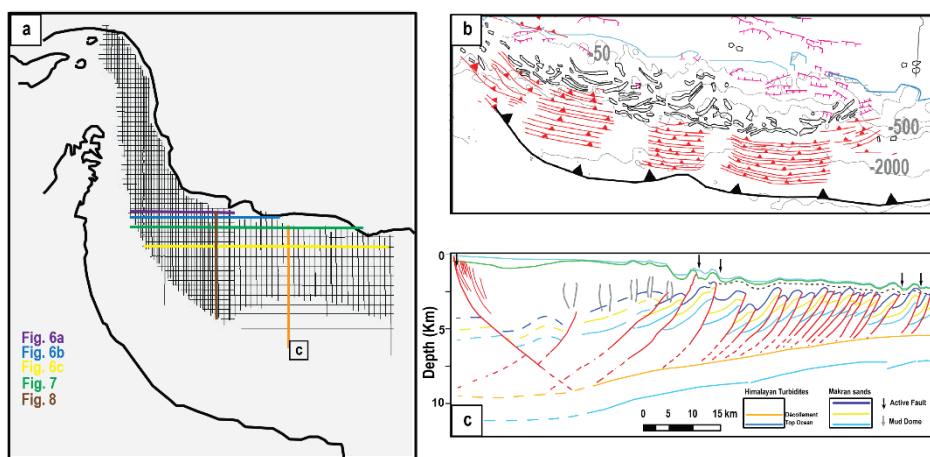
شکل ۲- تنظیم ژئودینامیک انتقال زاگرس- مکران. لرزه‌خیزی، با زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی بیشتر بیش از ۳/۵ از سال ۱۹۴۵ به صورت دایره‌های رنگی نشان داده شده است. CKT: رانش چاه خان، BT: رانش بشاگرد، GGT: قصره رانش قند. De

Mets et al., 2010

تکتونیک منطقه مورد مطالعه

منشور مکران به طور کلاسیک به دو حوزه ساحلی و فراساحلی تقسیم می‌شود که توسط یک کمربند ساحلی باریک (عرض چند کیلومتر) از هم جدا می‌شوند و در امتداد آن گسل‌های معمولی و گلفشانها قرار دارند (Pajang et al., 2021, 2022). نرخ رسوب بالا و شادابی کوهزایی هیمالیا (Rando and McClay, 2007) یکی از ویژگی‌های این منطقه است. گوه هنوز کاملاً زیردریایی می‌باشد و قدمت حدود ۹ تا ۱۲ میلیون سال دارد، که توسط یک اولیستوستروم زیردریایی بزرگ با قدمت تورتونین نشان داده شد که در امتداد بخش خشکی ایران مکران می‌روید (Ruh et al., 2018).

مشخصات لرزه‌ای فراساحلی باختری (Pajang et al., 2021). (شکل ۳- c) خط نزدیک‌تر به منطقه مورد مطالعه است که سه بخش ساختاری مختلف را تعریف می‌کند: (۱) یک منطقه رانش آغشته به شمال در جلو، (۲) یک منطقه دیپایر با منشأ کم عمق، و (۳) گسل‌های نرمال لیستریک فعال واقع در امتداد خطوط ساحلی (شکل ۳- b). که به نظر می‌رسد ریشه در ساختاری جدایش دارند. نمایه ۳ مدل‌های اخیر توموگرافی (Haberland et al. 2020) نزدیک به منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این نشان‌دهنده یک توده ضخیم (بیش از ۱۰ کیلومتر) با سرعت کم موج لرزه‌ای P (VP) در منطقه ساحلی بوده که با پوشش حوضه‌های رسوبی همزمان است.



شکل ۳- a. شبکه لرزه نگاری ۴×۴ کیلومتر در غرب دریای عمان b. نقشه ساختاری فراساحلی Pajang et al. (۲۰۲۱). c. مقطع غربی مهاجرت شده در عمق Pajang et al. (۲۰۲۱) خط نارنجی محل آن را در قسمت a، نشان می‌دهد.

اواخر میوسن (McQuarrie et al., 2003) ادامه داشته است. اندازه‌گیری GPS نرخ کوتاه‌شدگی شمالی- جنوبی، نشان‌دهنده افزایش از ۴ تا ۹ میلی‌متر در سال در شمال باختر (Walpersdorf et al., 2006) به حدود ۲۰ میلی‌متر در سال در فرورانش مکران است؛ بنابراین انتظار می‌رود که روند زاگرس- مکران حداقل ۱۰ میلی‌متر در سال حرکت انتقالی

کوهزایی زاگرس با ۱۵۰۰ کیلومتر طول و ۳۰۰ کیلومتر عرض، بخشی از کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا بوده که ناشی از بسته شدن اقیانوس نتوتیس جنوبی در طول مزوزوییک و اوایل سنوزوییک است (Chiu et al., 2013). برخورد بین صفحات ایران مرکزی و عربستان از اواخر ائوسن (Hessami et al., 2001 Allen and Armstrong, 2008) تا اواسط-

داده‌اند. باربری و جکسون (۲۰۱۳) پهنه ۴۰ کیلومتری از چندین گسل مایل لغز با اجزای رانشی و لغزش را نشان دادند که ماهیت رانش بیشتری به جبهه برافزایشی دارند و روند شمالی-جنوبی ساختارهای شیب‌لغز تأثیر بیشتری بر الگوی تغییر شکل دارد. اما گسترش این گسل و نقش آن در ساختار کلی منطقه نامشخص است.

رابطه مورفوتکتونیک و زمین‌شناسی محیطی

رابطه بین مورفوتکتونیک و زمین‌شناسی محیطی را می‌توان در چگونگی تأثیر فعالیت‌های تکتونیک بر عوامل محیطی مشاهده کرد. به عنوان مثال، مطالعه‌ای در استان کانال سوئز جنوبی (SSCP) در مصر نشان داد که حرکات تکتونیک مربوط به ریفتینگ خلیج سوئز تأثیر قابل توجهی بر منطقه داشته و منجر به مخاطرات آبی زیست محیطی مانند قطع آب و شور شدن خاک می‌شود. این مطالعه نشان داد که توزیع این خطرات بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ به‌طور چشمگیری تغییر کرد و این تغییرات به شدت با گسترش پوشش گیاهی و مناطق شهری مرتبط بود. توزیع ویژگی‌های ثابت آب شناسایی شده در نقشه پوشش زمین، دقیقاً با یک ساختار هورست مدفون که بر بخش میانی منطقه بررسی شده مسلط است، مطابقت دارد.

مورفوتکتونیک، همانطور که توسط Fairbridge توصیف شده است، رشته‌ای است که مطالعه زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی را برای درک چگونگی شکل‌دهی نیروهای زمین‌ساختی به سطح زمین ترکیب می‌کند. این شامل مطالعه شکل‌های زمین مختلف مانند کوه‌ها، دره‌ها و دشت‌ها و درک چگونگی شکل‌گیری و تغییر آن‌ها در اثر فعالیت‌های زمین‌ساختی مانند زمین لرزه، فوران‌های آتشفشانی و حرکت صفحات است. مطالعه El-Rayes et al., 2018 یک مثال کامل از این است که چگونه مورفوتکتونیک می‌تواند پیامدهای دنیای واقعی داشته باشد. آنها در مطالعه خود دریافتند که حرکات زمین

داشته باشد و باید حدود ۱۰ تا ۱۳ میلی‌متر در سال حرکت به سمت راست نیز در نظر گرفت (Peyret et al., 2009).

توپوگرافی، ژئومورفولوژی و چینه‌شناسی نشان می‌دهد که لرزه‌خیزی کوهستان زاگرس به دو حوزه زاگرس مرتفع و کمربند چین‌خورده ساده تقسیم می‌شود. زاگرس مرتفع حاوی برش‌های درهم تنیده از رسوبات مزوزوییک و پالئوزوییک و همچنین افیولیت‌هایی است که در کراتاسه پسین در حاشیه منفعل عربی قرار گرفته‌اند (Stoneley, 1990). کمربند چین‌خورده ساده تحت سلطه چین‌های بزرگ، باز و خطی است (Ramsey, 2008). ساختار زمین‌شناسی بین‌پی‌سنگ عربی و ایران مرکزی با گسل رانده اصلی زاگرس با روند شمال باختری-جنوب خاوری مشخص شده است (Talebian and Jackson, 2004; Alavi, 2007). به نظر می‌رسد انتهای جنوب خاوری رانش اصلی زاگرس با ZMFS، تغییرشکل را از زاگرس به فرورانش مکران منتقل می‌کند یا بیشتر در جنوب، به رانش‌های داخلی مکران در یک الگوی دم اسبی متصل می‌شود (Regard et al., 2005, 2004).

بخشی از ZMFS در خشکی قرار دارد که در آن ساختارهای گسلی سطحی توسط یک سری از گسل‌های فشاری راست‌گرد با روند تقریباً موازی شمالی-جنوبی تشکیل شده است (Mokhtari et al., 2008). چین‌خوردگی در امتداد ساختارهای اصلی در تصویر ماهواره‌ای ماهیت راست‌گرد آن را نشان می‌دهد (Mokhtari et al., 2008). در خاور گسل اصلی، خطواره‌ها نمایانگر پوشش‌های جانبی جوان‌تر در امتداد خط ساحلی جنوبی هستند که نشان‌دهنده مهاجرت به سمت خاور مجموعه گسلی در طول زمان است. چند مطالعه (Burberry and Jackson, 2013; Ravaut et al., 1998) به طور مختصر طولانی شدن ZMFS در فراساحل را نشان

به طور مشابه، مطالعه Kaplay et al., 2017 در مورد تکامل مورفوتکتونیک دشت ساحلی کنکان جنوبی در غرب هند، کاربردهای متنوع مورفوتکتونیک را نشان می‌دهد. آنها از ژئومورفولوژی رودخانه‌ها، که مطالعه نقش رودخانه‌ها در شکل دادن به چشم انداز است، برای استنتاج تاریخ زمین ساختی منطقه استفاده کردند. کار آنها به ما کمک می‌کند تا بفهمیم که چگونه فرآیندهای تکتونیک چشم انداز این منطقه ساحلی را شکل داده اند و چگونه این فرآیندها ممکن است بر محیط زیست در آینده تأثیر بگذارند. در نتیجه، مطالعه مورفوتکتونیک نقش مهمی در زمین‌شناسی محیطی ایفا می‌کند. این به ما کمک می‌کند درک کنیم که چگونه فرآیندهای تکتونیک مناظر ما را شکل می‌دهند و بر محیط ما تأثیر می‌گذارند. آثار ذکر شده نمای کلی گسترده‌ای از این زمینه ارائه می‌دهند و کاربردهای آن را در زمینه‌های مختلف جغرافیایی و ارتباط آن با محیط‌های زمینی و فرازمینی را نشان می‌دهند. این مطالعات اهمیت تحقیقات بین رشته‌ای را در پیشبرد درک ما از زمین و محیط زیست آن برجسته می‌کند. از میان شاخص‌های مورفوتکتونیک محاسبه شده، شاخص Bs نقش مهمتری در تعیین چالش‌های زیست محیطی در اثر فعالیت گسل میناب دارا می‌باشد. بر این اساس بر اساس اصول تقسیم بندی تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیک مناطق بر اساس میزان شاخص Bs (El Hamdouni et al., 2008) و تعیین محدوده با تأثیرات منفی یا مثبت زیست محیطی دارا می‌باشد. بر این اساس شاخص شکل حوضه زهکشی به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

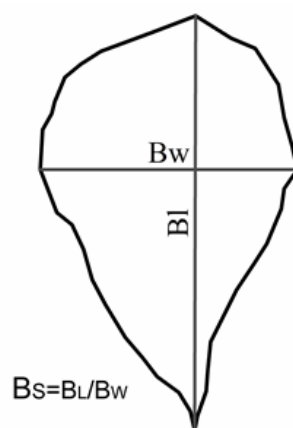
$$Bs = BI/Bw$$

در این رابطه، Bs شاخص شکل حوضه زهکشی، BI طول حوضه زهکشی و Bw عرض حوضه زهکشی می‌باشد (شکل ۴).

ساختی مربوط به خلیج سوئز ریفتینگ منجر به خطرات زیست محیطی قابل توجهی در استان کانال سوئز جنوبی در مصر شده است. این خطرات شامل قطع شدن آب و شور شدن خاک است که می‌تواند اثرات مخربی بر کشاورزی و سایر فعالیت‌های انسانی داشته باشد. با درک فرآیندهای تکتونیک که منجر به این خطرات شده است، می‌توانیم چنین خطراتی را در آینده بهتر پیش بینی و کاهش دهیم.

تحقیقات تیلور و هاوارد (۲۰۰۰) روی Elysium Mons، طور خلاصه، مورفوتکتونیک یک زمینه حیاتی در زمین‌شناسی محیطی است که به ما کمک می‌کند بفهمیم چگونه فرآیندهای تکتونیک مناظر ما را شکل می‌دهند و بر محیط ما تأثیر می‌گذارند. کاربردهایی از کاهش خطرات زیست محیطی روی زمین .

مطالعه ایازی و همکاران. (۲۰۱۰) در رشته کوه‌های زاگرس در ایران نمونه بارز این است که چگونه می‌توان از فناوری مدرن برای ارتقاء درک ما از مورفوتکتونیک استفاده کرد. آن‌ها از ناهنجاری‌های گرانشی ماهواره‌ای استفاده کردند که تغییرات میدان گرانشی زمین ناشی از تفاوت در چگالی و ضخامت پوسته زمین است تا فرآیندهای تکتونیک را استنتاج کنند. این رویکرد به دانشمندان اجازه می‌دهد تا فعالیت‌های تکتونیک مانند گسل شدن و چین‌خوردگی را که مشاهده مستقیم آن‌ها دشوار است، شناسایی و تجزیه و تحلیل کنند. تحلیل مورفوتکتونیک المهدی و محمد (۲۰۱۴) از بخش مرکزی صحرای شرقی مصر نمونه دیگری از کاربرد مورفوتکتونیک در درک محیط ما است. آنها شکل‌های زمین و ساختارهای زمین‌شناسی این منطقه را برای درک فرآیندهای تکتونیک که آن را شکل داده اند مورد مطالعه قرار دادند. کار آنها بینش‌های ارزشمندی را در مورد تاریخ زمین ساختی منطقه و پیامدهای آن برای زمین‌شناسی محیطی ارائه می‌دهد.



شکل ۴: شکل حوضه‌های زهکشی

کوهستانی با فراگیری سریع، حوضه‌های طویل پرشیب دارند و هنگامی که فعالیت تکتونیکی کاهش یابد و یا متوقف شود عریض شدن حوضه‌ها از سمت بالای جبهه کوهستان آغاز می‌شود (Ramirez & Herrera).

مقدار شاخص Bs برای ناحیه مورد مطالعه، بررسی شد و به ترتیب برای حوضه‌های ۱، ۲ و ۳ مقادیر ۷/۹، ۷/۶ و ۳/۷ به دست آمد که نشان از Bs بالا در حوضه ۱ و ۲ و Bs متوسط در حوضه ۳ دارد (شکل ۳ و جدول‌های ۱ و ۲).

حوضه‌های زهکشی نسبتاً جوان در نواحی تکتونیکی فعال که تمایل به طویل شدن در جهت شیب توپوگرافی دارند. اما همسو با تکامل حوضه‌های زهکشی و یا کاهش فعالیت‌های تکتونیکی، حوضه‌ها از حالت طویل

به حالت مدور تغییر شکل پیدا می‌نمایند (Bull & MacFadden, 1977).

این شاخص اختلاف بین حوضه‌های طویل با مقادیر بالا و حوضه‌های مدور با مقادیر پایین را منعکس می‌سازد. حوضه‌های طویل از ویژگی‌های مناطق تکتونیکی فعال است که رودخانه‌های با برش به سمت پایین دارند. جبهه‌های

جدول ۱- تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص Bs (El Hamdouni et al., 2008)

Low tectonic activity	Medium tectonic activity	High tectonic activity	Tectonic activity
Bs < 3	۴ - 3	Bs > 4	Bs

جدول ۲- مقادیر شاخص Bs در حوضه‌ها

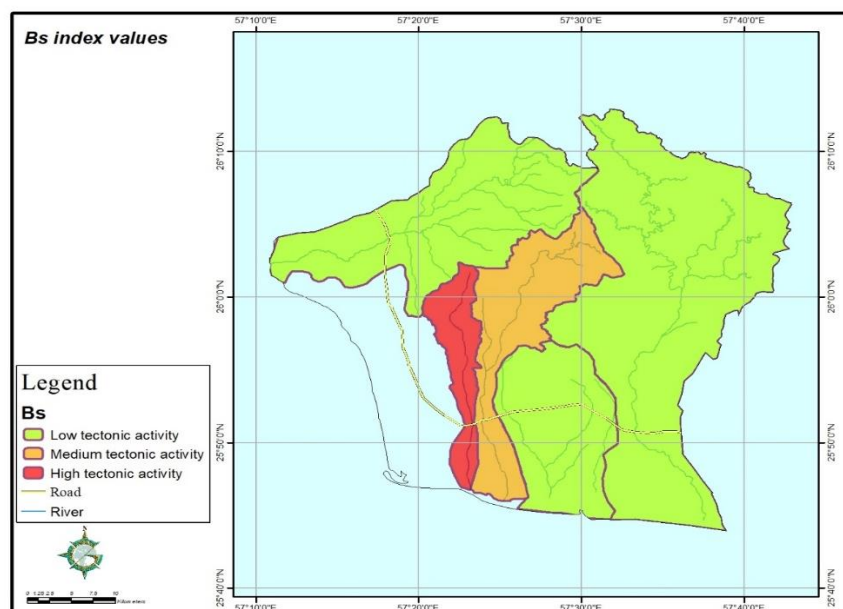
Basic	BL	Rw	Bs	Assessment
River1	38.0	11.3	3.4	Medium tectonic activity
River2	20.6	12.5	1.6	Low tectonic activity
River3	53.8	20.6	2.6	Low tectonic activity
River4	35.8	16.6	2.2	Low tectonic activity
River5	28.8	4.7	6.1	High tectonic activity

زمین‌ساخت پایین (S/n بیشتر از ۲/۵) است. با توجه به این رده‌بندی در منطقه مورد مطالعه نتایج زیر حاصل شد (جدول ۳). با توجه به رده‌بندی بالا، در حوضه‌های ۱، ۲، ۳ و ۵ زمین‌ساخت نسبی در کلاس فعالیت متوسط و در حوضه ۴ در کلاس فعالیت زیاد قرار می‌گیرد. در نهایت با تجمیع کلاس‌ها شاخص Iat مشخص گردید که منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر فعالیت گسل‌های منطقه از جمله گسل میناب و رسوبات و نهشته‌های سست در مرحله زمین‌ساخت و فعالیت تکتونیکی متوسط قرار دارد (جدول‌های ۱، ۲ و ۳).

شاخص‌های مختلف زمین‌ریختی که به آن اشاره شد، در زمین‌ساخت نسبی (Iat) به چهار رده فعالیت خیلی بالا، فعالیت بالا، فعالیت متوسط و فعالیت پایین تقسیم و با محاسبه میانگین رده کلاس‌ها شاخص‌ها (S/n) در هر حوضه و ارزیابی آن با روش شاخص زمین‌ساختی نسبی (Iat) به چهار رده کلاس تقسیم گردید. در این کلاس‌بندی، رده یک فعالیت زمین‌ساخت خیلی بالا (S/n بین ۱/۵ تا ۱)، رده دو فعالیت زمین‌ساخت بالا (S/n بین ۲ تا ۱/۵)، رده سه فعالیت زمین‌ساخت متوسط (S/n بین ۲/۵ تا ۲) و رده چهار فعالیت

جدول ۳: مقدار شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Iat) در منطقه مورد مطالعه

موقعیت	Sl	Smf	Vf	Af	Bs	T	Iat	کلاس
حوضه ۱	۱.۴	۲	۱.۷	۳	۲	۳	۲.۱۸	متوسط
حوضه ۲	۳	۳	-	۱	۳	۲	۲.۴۰	متوسط
حوضه ۳	۱.۲	۳	۱.۹	۳	۳	۲	۲.۳۵	متوسط
حوضه ۴	۱.۵	۱	۲.۴	۲	۳	۲	۱.۹۸	زیاد
حوضه ۵	۲	۳	۱	۲	۱	۳	۲.۰۰	متوسط
کل حوضه							۲.۱۸	متوسط



شکل ۳- مقدار شاخص Bs در حوضه‌ها

(شکل ۵) و نیز وجود سنگ‌های رسوبی نرم فرسا (شکل ۲) قرار گرفته است؛ به طوری که مقدار شاخص Iat نشان‌دهنده فعالیت تکتونیکی متوسط در این منطقه می‌باشد.

پس از بررسی شاخص‌های زمین‌ریخت‌شناسی و محاسبه آنها، منطقه مورد مطالعه به لحاظ زمین‌ساخت فعال نسبی تحت تأثیر سه پدیده زمین‌ساختی بزرگ گسل میناب، بالآمدگی و ایجاد توپوگرافی خشن و فرورانش اقیانوسی



شکل ۴ - تراس‌های تکتونیکی ساحل جاسک و دریای عمان که بیانگر برخاستگی و فعال بودن تکتونیکی منطقه است.

بالقوه آسیب قابل توجهی به زیرساخت‌ها و محیط زیست وارد می‌کند. زمین لرزه سال ۲۰۱۱ در سواحل شرقی ژاپن نمونه‌ای از زمین لرزه‌های مهم ناشی از فعالیت گسل است. کارشناسان محاسبه می‌کنند که این گسل به اندازه ۱۶۴ فوت (۵۰ متر) لغزیده است که باعث ایجاد یک سونامی ویرانگر شده است.

گسیختگی زمین: گسیختگی زمین به جابجایی فیزیکی سطح در امتداد یک گسل در هنگام زمین لرزه اشاره دارد. این می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در چشم انداز، آسیب رساندن به زیرساخت‌ها، تغییر آبراه‌ها و ایجاد خطرات بالقوه برای ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها شود. زمین لرزه ۱۹۹۲

مخاطرات زمین‌شناسی زیست محیطی ناشی از فعالیت گسل

فعالیت گسل‌ها، به‌ویژه در مناطقی با فرآیندهای تکتونیکی فعال، می‌تواند منجر به انواع مخاطرات زمین‌شناسی محیطی شود.

زمین لرزه: فوری‌ترین و آشکارترین خطر ناشی از فعالیت گسل، وقوع زمین لرزه است. این رویدادهای لرزه‌ای زمانی رخ می‌دهند که تنش در امتداد یک گسل بر نیروهایی که آن را در کنار هم نگه می‌دارند غلبه کرده و باعث آزاد شدن ناگهانی انرژی می‌شود. این انرژی به صورت امواج لرزه‌ای به بیرون تابش می‌کند و زمین را تکان می‌دهد و به طور

توالی لرزه خیزی سپتامبر تا اکتبر ۲۰۱۳ در ۲۱ کیلومتری ساحل خلیج والنسیا (اسپانیا) رخ داد، نمونه ای از لرزه خیزی ناشی از عملیات ذخیره سازی زیرزمینی گاز (پروژه کاستور) ۶ است. این مثال‌ها تأثیرات متنوع و قابل توجهی را که فعالیت گسل می‌تواند بر محیط ما داشته باشد را نشان می‌دهد. در نتیجه، فعالیت گسل‌ها می‌تواند منجر به انواع مخاطرات زمین‌شناسی زیست‌محیطی شود که بسیاری از آنها می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر جوامع انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشند. بنابراین، درک و نظارت بر فعالیت خطا برای ارزیابی و کاهش خطر بسیار مهم است.

نتیجه گیری:

با محاسبه پارامترهای مورفوتکتونیک و شاخص‌های مورفومتری به منظور برآورد مخاطرات زمین‌ساختی گسل میناب به نقش آن بر روی مخاطرات زمین‌ساختی-زیست محیطی پرداخته شده است. بر این اساس تأثیر گسل میناب بر بالا آمدن منطقه می‌تواند شیب منطقه را در قسمت‌های شمالی افزایش داده و منجر به افزایش جریان آب و طغیان رودخانه‌ها در نواحی پایین دست شود. این امر می‌تواند باعث ناپایداری شیب و رانش زمین در منطقه شود. از نظر خطرات تکتونیک، وجود گسل میناب و فعالیت تکتونیک مرتبط با آن می‌تواند منجر به خطرات زمین‌ساختی مختلف از جمله زمین لرزه شود. در نتیجه، در حالی که گسل میناب و فعالیت‌های زمین‌ساختی مرتبط با آن می‌تواند چالش‌های زیست محیطی قابل توجهی را ایجاد کند، با برنامه ریزی صحیح و درک شرایط زمین‌ساختی، می‌توان این چالش‌ها را کاهش داد و به توسعه پایدار منطقه کمک کرد.

بر اساس نتایج تحقیقات و شاخص‌های زمین‌ساختی، منطقه در وضعیت زمین‌ساختی متوسط قرار دارد. از عوامل تهدید کننده در منطقه می‌توان به تأثیر گسل میناب بر بالا آمدگی

لندرز در شهرستان سن برناردینو، کالیفرنیا، نمونه ای از گسیختگی زمین قابل توجه ناشی از فعالیت گسل است. یک گسیختگی سطحی حدود ۵۰ مایل گسترش یافت و باعث آسیب قابل توجهی به سازه‌ها و همچنین به زمین شد.

سونامی: زمین لرزه‌های زیر آب که اغلب به دلیل حرکت گسل‌ها در زیر کف اقیانوس ایجاد می‌شوند، می‌توانند سونامی ایجاد کنند. این امواج دریا می‌توانند مسافت‌های زیادی را طی کنند و هنگامی که به مناطق ساحلی می‌رسند خسارات زیادی به بار آورند.

تغییرات در شکل زمین: زمین لرزه‌های مکرر زمین را در طول هزاره‌ها شکل می‌دهند و مناطق گسلی اغلب دارای شکل‌های لندفرم منحصر به فرد و تشخیصی ناشی از فرآیند گسلی هستند. این تغییرات می‌تواند بر اکوسیستم‌ها و سکونتگاه‌های انسانی تأثیر بگذارد.

رانش زمین (زمین لغزش): زمین لرزه‌های ناشی از فعالیت گسل‌ها نیز می‌توانند باعث رانش زمین، به‌ویژه در مناطق تپه‌ای یا کوهستانی شوند. این لغزش‌ها می‌توانند خانه‌ها، جاده‌ها و سایر زیرساخت‌ها را مدفون کنند و همچنین خطرات قابل توجهی برای زندگی انسان ایجاد کنند.

لرزه خیزی القایی: فعالیت‌های انسانی، مانند تزریق فاضلاب به اعماق زیرزمین، می‌تواند با تغییر شرایط تنش بر روی گسل‌های موجود، لرزه خیزی ایجاد کند. این لرزه خیزی ناشی از زمین لرزه می‌تواند منجر به زمین لرزه‌هایی شود که به طور طبیعی رخ نمی‌دادند. در نتیجه، فعالیت گسل‌ها می‌تواند منجر به انواع مخاطرات زمین‌شناسی زیست‌محیطی شود که بسیاری از آنها می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر جوامع انسانی و اکوسیستم‌های طبیعی داشته باشند. بنابراین، درک و نظارت بر فعالیت خطا برای ارزیابی و کاهش خطر بسیار مهم است.

زمین‌ساخت نسبی و پدیده‌های سطحی می‌توان به نسبت فعالیت تکتونیکی منطقه پی برد؛ از جمله تأثیر گسل میناب بر بالا آمدگی منطقه که باعث افزایش شیب منطقه در قسمت‌های شمالی و در نتیجه افزایش سرعت جریان آب و طغیان رودخانه‌ها در مناطق پایین‌دست و ایجاد ناپایداری دامنه‌ای و رانش زمین در منطقه می‌شوند. بنابراین با برنامه‌ریزی درست و آگاهی کامل از شرایط تکتونیکی حاکم بر منطقه می‌توان از توان خطرات و حوادث طبیعی قابل پیش‌بینی کاست.

References:

- Alavi, M., 2007. Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *Am. J. Sci.* 307, 1064–1095. <https://doi.org/10.2475/07.2007.02>
- Al-Mahdi, B., Mohammad, A.A., 2014. Morphotectonic analysis of Wadi Al-Na'aman, northern Iraq. *Arab. J. Geosci.* 7, 1041–1050. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0698-8>
- Ayazi, M.A., Ghassemi, M.R., Talebian, M., 2010. Satellite gravity anomalies and their implications for the morphotectonics of the Zagros Mountains, Iran. *J. Asian Earth Sci.* 39, 196–208. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.02.006>
- Burberry, C.M., Jackson, J.A., 2013. Offshore continuation of the Zagros Main Frontal Thrust in the western Gulf of Oman, from seismic reflection data. *Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.* 372, 27–41. <https://doi.org/10.1144/SP372.10>
- Chiu, H.-Y., Chung, S.-L., Zarrinkoub, M.H., Willett, S.D., Yeh, M.-W., Lin, I.-J., Chen, Y.-G., Lee, T.-Y., He, L., 2013. Zircon U-Pb and Hf isotopic constraints from the Zagros orogen, Iran. *Gondwana Res.* 24, 1092–1106. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2013.02.005>
- El-Rayes, M.M., El-Shazly, A.K., El-Khashab, A.M., 2023. Morphotectonic analysis of the Southern Suez Canal Province, Egypt: A key to mitigate environmental hazards. *Environ. Earth Sci.* 82, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10735-7>
- Haberland, C., Rumpker, G., Giese, P., Farahani, H.R., Hushmandi, A., 2020. Crustal structure of the Zagros orogeny from receiver function analysis and 3-D gravity modeling. *Geophys. J. Int.* 220, 1680–1698. <https://doi.org/10.1093/gji/ggz492>
- Harding, T. P. (1985). Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive

منطقه اشاره کرد که باعث افزایش شیب منطقه در قسمت‌های شمالی می‌شود. این امر به نوبه خود باعث افزایش دبی آب و طغیان رودخانه‌ها در نواحی پایین دست شده و باعث ناپایداری شیب و رانش زمین در منطقه می‌شود. با مشخص شدن اثرات مثبت و منفی زیست محیطی فعالیت گسل میناب با محاسبه پارامترهای مورفوتکتونیکی و شاخص‌های مورفومتری به منظور برآورد مخاطرات زمین‌ساختی گسل میناب به نقش آن بر روی مخاطرات زمین‌ساختی-زیست محیطی پرداخته شده است. بر این اساس:

اثرات مثبت محیطی: نتایج حاصل از پژوهش می‌تواند به درک بهبود یافته از ساختارهای زمین‌شناسی برای تعیین نقش مطالعات زمین‌شناسی و تأثیر آن بر مطالعات زیست محیطی آینده کمک کرده و مفید باشد. همچنین با برنامه‌ریزی صحیح و آگاهی کامل از شرایط زمین‌ساختی حاکم بر منطقه، می‌توان از قدرت مخاطرات طبیعی قابل پیش‌بینی کاست. این امر می‌تواند به توسعه پایدار منطقه کمک کند.

اثرات منفی محیطی: نتایج حاصل از پژوهش افزایش سیلاب و رانش زمین: تأثیر گسل میناب بر بالا آمدن منطقه می‌تواند شیب منطقه را در قسمت‌های شمالی افزایش داده و منجر به افزایش جریان آب و طغیان رودخانه‌ها در نواحی پایین دست شود. این امر می‌تواند باعث ناپایداری شیب و رانش زمین در منطقه شود.

خطرات تکتونیکی: وجود گسل میناب و فعالیت تکتونیکی مرتبط با آن می‌تواند منجر به خطرات زمین‌ساختی مختلف از جمله زمین‌لرزه شود. در نتیجه، در حالی که گسل میناب و فعالیت‌های زمین‌ساختی مرتبط با آن می‌تواند چالش‌های زیست محیطی قابل توجهی را ایجاد کند، با برنامه‌ریزی صحیح و درک شرایط زمین‌ساختی، می‌توان این چالش‌ها را کاهش داد و به توسعه پایدار منطقه کمک کرد. بر اساس نتایج حاصل از بررسی‌های شاخص‌های تکتونیکی و

- tomography. *Geophysical Research Letters*, 44(18), 9294-9302.
- Peyret, G., Walpersdorf, A., Hatzfeld, D., Tavakoli, F., Ghafory-Ashtiany, M., 2009. GPS velocity field of Iran and implications for the motion of the rigid blocks in the Middle East. *Geophys. J. Int.* 177, 1377–1390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04135.x>
- Peyret, G., Walpersdorf, A., Hatzfeld, D., Tavakoli, F., Ghafory-Ashtiany, M., 2009. GPS velocity field of Iran and implications for the motion of the rigid blocks in the Middle East. *Geophys. J. Int.* 177, 1377–1390. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04135.x>
- Ramadan, E. M., El-Sheikh, A. A., & Abdel-Rahman, M. A. (2014). Fault plane solutions of earthquakes in the Gulf of Suez, Egypt: Implications for regional tectonics and stress distribution. *Journal of African Earth Sciences*, 99, 864-875.
- Ramirez, J.M., Herrera, G., Morphotectonic evolution of the Altiplano and adjacent regions in the central Andes. *J. South Am. Earth Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103793>
- Ramsey, L.A., 2008. Structural evolution of the Zagros fold-thrust belt, Iran: New insights from seismic reflection data. *Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.* 301, 1–41. <https://doi.org/10.1144/SP301.1>
- Rando, J. C., & McClay, K. R. (2007). The role of the Himalayan orogeny in the development of the Makran accretionary prism: New insights from the Makran 2005 cruise. *Geophysical Research Letters*, 34(18).
- Ravaut, C., Villemin, T., Cattin, R., Arpe, M., & Bourles, D. (1998). The Oman line: A late Cretaceous-Paleocene suture between the Arabian and Eurasian plates. *Geology*, 26(11), 1035-1038.
- Ravaut, M., Armijo, R., Tapponnier, P., Mercier, J.L., 1998. Quaternary kinematics of the Gobi Altay and Tien Shan in western China from GPS measurements. *Geophys. Res. Lett.* 25, 2179–2182. <https://doi.org/10.1029/98GL01396>
- Regard, V., Bellier, O., Thomas, J. C., & Bourlès, D. L. (2010). Kinematics of the Minab-Zendan fault (Iran) from GPS measurements: Implications for the present-day deformation of the Zagros fold-and-thrust belt. *Geophysical Journal International*, 180(1), 334-346.
- Regard, V., Bellier, O., Thomas, J.C., Bourlès, D.L., Bonnet, C., Mohazzabi, P., Mercier, J.L., Shabaniyan, E., Soleymani, S., 2005. Accommodation of Arabia-Eurasia convergence in the Zagros Mountains of Iran. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 110. <https://doi.org/10.1029/2003JB002923>
- flower structures, and positive structural inversion. *AAPG Bulletin*, 69(4), 582-600.
- Hessami, K., Koyi, H.A., Talbot, C.J., Tabasi, H., Shabaniyan, E., 2001. Progressive unconformities within an evolving foreland fold-and-thrust belt, the Zagros Mountains of Iran. *J. Geol. Soc.* 158, 969–981. <https://doi.org/10.1144/0016-764901-008>
- Kadinsky-Cade, K., & Barazangi, M. (1982). Structural evolution of the Zagros fold-thrust belt, southwestern Iran. *Tectonophysics*, 85(3-4), 269-313.
- Kaplay, R.S., Sheth, H.C., Kumar, R., 2017. Morphotectonic evolution of the western continental margin of India inferred from SRTM data. *Geomorphology* 295, 170–185. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.06.012>
- McCall, G. J., Kidd, W. S., & Molnar, P. (1994). The geophysics of subduction zones: an update. *Reviews of Geophysics*, 32(3), 221-259.
- McClay, K. R., & Bonora, M. (2001). Analogue models of restraining stepovers in strike-slip fault systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 85(4), 601-616.
- McQuarrie, N., Stock, J.M., Verdel, C., Wernicke, B.P., 2003. Cenozoic evolution of Neotethys and implications for the causes of plate motions. *Geophys. Res. Lett.* 30, 1243. <https://doi.org/10.1029/2002GL016622>
- Mokhtari, M., Hessami, K., Koyi, H.A., 2008. Geometry and kinematics of the Zagros Main Frontal Thrust in the Lurestan Province, Iran. *J. Asian Earth Sci.* 32, 407–419. <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2007.11.006>
- Moody, J. D., & Hill, M. J. (1956). Wrench fault tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 67(9), 1207-1246.
- Pajang, A., Mazzotti, S., Vannucchi, P., 2021. Seismic characteristics of the western offshore Oman Sea. *Mar. Geol.* 433, 106435. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2021.106435>
- Pajang, A., Zarei, M., & Dehghani, A. (2021). Distribution and characteristics of mud volcanoes in the Makran accretionary prism, southeastern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 219, 104822.
- Pajang, A., Zarei, M., & Dehghani, A. (2022). Mud volcanoes in the Makran accretionary prism, southeastern Iran: A review of their distribution, characteristics, and implications for hydrocarbon exploration. *Earth-Science Reviews*, 225, 103949.
- Penney, C., Jackson, J. A., & McKenzie, D. (2017). The geometry of the Makran subduction zone: A new subduction interface model from seismic

the Zagros Mountains of Iran. *Geophys. J. Int.* 156, 506–526. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02167.x>

-Taylor, G.J., Howard, K.A., 2000. Structural controls on the evolution of Elysium Mons, Mars. *J. Geophys. Res. Planets* 105, 15047–15065. <https://doi.org/10.1029/1999JE001187>

-Walker, R., & Jackson, J. (2002). Offset and evolution of the Gowk fault, southern Iran: A major intra-continental strike-slip fault. *Journal of Structural Geology*, 24(11), 1677-1698.

-Walpersdorf, A., Hatzfeld, D., Nankali, H., Tavakoli, F., Ghafory-Ashtiani, M., 2006. GPS-derived crustal deformation in Iran. *Geophys. J. Int.* 167, 1128–1138. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2006.03116.x>

-Zalan, P. V. (1987). Geometry and kinematics of the Zagros fold-thrust belt, southwestern Iran. *Tectonics*, 6(3), 323-338.

-Regard, V., Bellier, O., Thomas, J.C., Bourlès, D.L., Bonnet, C., Mohazzabi, P., Mercier, J.L., Shabanian, E., Soleymani, S., 2004. Late Cenozoic evolution of the Zagros folded belt: Insights from a seismic reflection profile in the Dezful Embayment, Iran. *Geology* 32, 649–652. <https://doi.org/10.1130/G20566.1>

-Ricou, L. E. (1977). Origin of the Zagros mountains: active continental collision. *Tectonophysics*, 38(1-2), 1-29.

-Ruh, J., Regard, V., Bellier, O., & Bourlès, D. (2018). The Makran accretionary wedge (SE Iran): New insights into its structural evolution and kinematics from GPS measurements and seismic data. *Tectonics*, 37(12), 4419-4440.

-Stoneley, R., 1990. The geology of the Oman Mountains. *Geol. Soc. Lond., Spec. Publ.* 49, 1–30. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1990.049.01.01>

-Talebian, M., Jackson, J., 2004. A reappraisal of earthquake focal mechanisms and active shortening in

Environmental Effects of the Minab Fault Activity and Tectonic Challenge

Mehrdad Sarhangi , Ali Selgi , Morteza Talebian , Zahra Maleki

:Abstract

Based on the research results and tectonic indicators, the region is in an average tectonic state. One of the threatening factors in the region is the effect of the Minab fault on the rise of the region, which increases the slope of the region in the northern parts. This, in turn, causes an increase in water flow and flooding of rivers in the downstream areas and causes slope instability and landslides in the region. The purpose of this research is to provide valuable insights about the influence of the geological structures of the region on the future geological and environmental challenges. By calculating morphotectonic parameters and morphometric indices in order to estimate the tectonic risks of Minab fault, its role on geological-environmental risks has been discussed. Based on this, the effect of the Minab fault on the rise of the region can increase the slope of the region in the northern parts and lead to an increase in water flow and river flooding in the downstream areas. This can cause slope instability and landslides in the region. In terms of tectonic risks, the existence of the Minab fault and its related tectonic activity can lead to various tectonic risks, including earthquakes. As a result, while the Minab fault and related tectonic activities can create significant environmental challenges, with proper planning and understanding of tectonic conditions, these challenges can be reduced and lead to sustainable development. The area helped

.Keywords: Environmental effects, Minab fault, Tectonic challenges, Morphometry