

بررسی ارتباط فراوانی رخداد زمین لغزش با تکنونیک فعال در منطقه شمال قزوین

- ❖ سعید محمد صبوری؛ دانشجوی دکتری زمین شناسی گرایش تکتونیک، دانشگاه شهید بهشتی
- ❖ حسین حاجی علی بیگی*؛ استادیار گروه حوضه‌های رسوبی و نفت دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
- ❖ مرتضی طالبیان؛ دانشیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- ❖ مرتضی فتاحی؛ دانشیار گروه زمین فیزیک موسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران

چکیده

فعالیت‌های تکتونیکی بوسیله رخداد زمین لرزه و ایجاد نیروی محرک، بالا آمدگی‌های تکتونیکی، شکستگی‌ها و خردشدگی‌های ناشی گسلش، ایجاد درز و شکاف در سنگ‌ها و تسریع فرایند هوازدگی مکانیکی و شیمیایی، ایجاد گوژ گسلی و برش گسلی بعنوان مصالح مستعد لغزش، افزایش نفوذپذیری سنگ‌ها، تغییر در جهت و میزان شیب لایه‌های زمین‌شناسی و ... باعث رخداد زمین‌لغزش‌ها می‌گردد. محدوده مطالعاتی در زون ساختاری البرز مرکزی و ایران مرکزی در بین مختصات ۴۹/۲۲ تا ۵۱/۱۵ طول شرقی و ۳۵/۸۱ و ۳۶/۹ عرض شمالی واقع شده است. در این پژوهش پس از بررسی‌های کتابخانه‌ای و مشاهدات صحرایی، موقعیت مکانی ۲۸۰ زمین‌لغزش با پهنه گسلی گسل‌های منطقه با نرم افزار مربوطه مقایسه گردید و مشخص گردید که ۳۴ درصد از کل زمین‌لغزش‌های شناسایی شده در پهنه گسلی گسل‌های محدوده مطالعاتی واقع شده‌اند. باتوجه به مساحت ۵ درصدی پهنه‌های گسلی، درصد بالای رخداد زمین‌لغزش‌ها نشان از ارتباط فعالیت تکتونیکی و رخداد زمین‌لغزش می‌باشد. لذا می‌توان بیان نمود که فعالیت‌های تکتونیکی باعث رخداد زمین‌لغزش در محدوده مطالعاتی گردیده است و باتوجه به تعداد زیاد زمین‌لغزش‌ها در محدوده می‌توان، منطقه را از نظر تکتونیکی با فعالیت بالا ارزیابی نمود. همچنین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی در جاهایی که در نزدیکی گسل‌های فعال و کواترنری قرار گرفته‌اند بالا است، چونکه علاوه بر امواج لرزه‌ای و گسیختگی سطحی حین زلزله، با مخاطره دیگری بنام زمین‌لغزش روبرو هستند.

واژگان کلیدی: تکنونیک فعال، زمین‌لغزش، شمال قزوین، گسل، آبخیزداری

۱. مقدمه

حرکت‌های توده‌ای شامل همه حرکت‌هایی است که تحت تاثیر وزن توده حادث می‌شوند. زمین‌لغزش عبارت است از لغزش زمین در جهت شیب و یا سقوط یک توده سنگی و یا مخلوطی از خاک و سنگ [۲۴]. عوامل زیادی در وقوع زمین‌لغزش دخالت دارند که یکی از مهمترین آنها فعالیت تکتونیکی است که شامل رخداد زلزله، گسل‌های منفرد، گسل‌های فعال، شکستگی‌ها، چین‌خوردگی‌ها، خردشدگی‌ها و... است [۱۹]. در میان روش‌های زمین‌شناختی برای بررسی زمین‌ساخت فعال، بررسی‌های ژئومورفولوژی و مورفوتکتونیک نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند، چونکه بسیاری از عوارض ژئومورفیک در مقابل حرکات تکتونیکی فعال حساس هستند [۱۵]. در این زمینه شاخص‌های ژئومورفیک ابزار سودمندی برای مطالعه فعالیت‌های تکتونیکی در نواحی مختلف محسوب می‌شوند و بوسیله آن‌ها می‌توان اطلاعاتی در مورد نواحی که در معرض فعالیت تکتونیکی سریع و حتی کند قرار دارند را بدست آورد. استفاده از نوآوری‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی کمک شایانی به ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیک به عنوان ابزارهای پایه و اساسی شناخت تکتونیک فعال در منطقه می‌نماید [۳۱].

در زمینه بررسی زمین‌ساخت فعال و ارتباط زمین‌لغزش با آن تاکنون پژوهش‌های مجزایی در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به این موارد اشاره نمود:

استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در مطالعه فعالیت‌های نوزمین‌ساختی توسط بول و همکاران [۷] آغاز گردید. این شاخص‌ها توسط سایر پژوهشگران همچون راکول و همکاران [۲۱] در جنوب غربی آمریکا، ولز و همکاران [۳۰] در سواحل کاستاریکا، سیلوا و همکاران [۲۷] در سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا، گارنیر و همکاران [۱۲] در شمال شرقی سیسیل مورد استفاده قرار گرفته است. الحمدونی و همکاران [۹] با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی و شاخص نسبی فعالیت زمین‌ساختی،

زمین‌ساخت فعال جنوب اسپانیا را طبقه‌بندی نموده و مناطق فعال آن را مشخص کردند. وی‌دونگ و همکاران [۲۹] با استفاده از تئوری فازی اقدام به ارزیابی حساسیت حرکات توده‌ای در اطراف استان کوئیزو چین کردند و نتایج حاصله نشان دادند که مدل بکار رفته روش کارآمدی برای پهنه‌بندی حرکات توده‌ای در منطقه مورد مطالعه است. سانچز و همکاران [۲۳] به بررسی ارتباط بین تکتونیک فعال و زمین‌لغزش و تغییرات آب‌وهوایی در جنوب غربی آلپ پرداختند و رخداد زمین‌لغزش‌ها را با تکتونیک فعال منطقه بررسی نمودند. عبدالله و همکاران [۱] با استفاده از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای خطواره‌های جنوب‌غربی بخشی از منطقه تازیمین را شناسایی و با بررسی‌های میدانی نتایج را کنترل نموده و نشان دادند که روش بکار گرفته شده دقت زیادی دارد. گالو و همکاران [۱۱] با استفاده از تحلیل فضایی شاخص گرادیان طولی رودخانه به بررسی زمین‌لغزش‌های منطقه کوهپایه‌ای بخش جنوب شرقی املیا رومانیا در شمال اپنی ایتالیا پرداختند و کارایی شاخص مورد استفاده را ارزیابی نمودند. دانی و همکاران [۸] به بررسی نقش عوامل مورفولوژیکی و ساختاری در زمین‌لغزش‌هایی که در پی زلزله منطقه پادنگ در سوماترای غربی در سال ۲۰۰۹ اتفاق افتاد پرداختند و نتایج حاصله حاکی از آن بوده است که زمین‌لغزش‌های رخ داده در منطقه با فعالیت متوسط تکتونیکی بوده است. شارما و سارما [۲۶] به تحلیل مورفوتکتونیکی قسمت‌هایی از شمال هندوستان پرداختند و نشان دادند که منطقه از نظر تکتونیکی نسبتاً فعال است.

شریفی و همکاران [۲۵] با بررسی ارتباط تکتونیک فعال و پهنه‌های لغزشی در قالب شاخص‌های مربوطه پهنه‌بندی تکتونیکی را ارائه نمودند. عزتی و آق‌آتابای [۱۰] با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی به تحلیل زمین‌ساخت حوضه فعال بجنورد پرداختند. آنها با استفاده از شاخص‌های مختلف نشان دادند که بخش شرقی حوضه تکتونیک فعال تری دارد. میرنظری و همکاران [۱۸] با

شیمیایی، ایجاد گوژ گسلی و برش گسلی بعنوان مصالح مستعد لغزش، افزایش نفوذپذیری سنگ‌ها، تغییر در جهت و میزان شیب لایه‌های زمین‌شناسی و... باعث رخداد زمین‌لغزش‌ها می‌گردد. لذا با بررسی زمین‌لغزش‌های رخداده در یک منطقه و فراوانی آنها می‌توان نسبت به فعالیت تکتونیکی منطقه اظهارنظر نمود. هدف از این پژوهش اثبات فعالیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه با بررسی زمین‌لغزش‌های رخداده و فراوانی آنها و مقایسه موقعیت مکانی آنها با گسل‌های منطقه می‌باشد.

۲. روش شناسی

محدوده مطالعاتی مورد بررسی در زون ساختاری البرز مرکزی در استان‌های البرز، قزوین، مازندران و گیلان در بین مختصات ۴۹/۲۲ تا ۵۱/۱۵ طول شرقی و ۳۵/۸۱ و ۳۶/۹ عرض شمالی واقع شده است. مساحت محدوده مورد بررسی ۴۰۶۶۰ (۱۷۸ * ۵۷ کیلومتر) کیلومتر مربع است (شکل شماره ۱).

روش تحقیق در پژوهش حاضر مبتنی بر بررسی‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای و مشاهدات میدانی می‌باشد. در این خصوص اطلاعات مربوط به وضعیت زمین‌شناسی، زمین‌ساختی منطقه بصورت کتابخانه‌ای و میدانی مورد بررسی قرار می‌گیرد و در ادامه اطلاعات زمین‌لغزش‌های رخداده قبلی جمع‌آوری گردیده و نسبت به بررسی میدانی لغزش‌های قدیمی و جدید چرخیده می‌شود. پس از تکمیل اطلاعات زمین‌شناسی، گسل‌های منطقه، زمین‌لغزش‌های رخداده و موقعیت مکانی آنها، به تجزیه و تحلیل داده پرداخته و بوسیله نرم افزار Arc Gis تحلیل و مقایسه موقعیت مکانی زمین‌لغزش‌ها با گسل‌های منطقه انجام می‌گیرد. در نهایت با تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از مقایسه رخداد زمین‌لغزش‌ها با موقعیت گسل‌ها نسبت به ارزیابی زمین‌ساخت فعال اقدام می‌گردد.

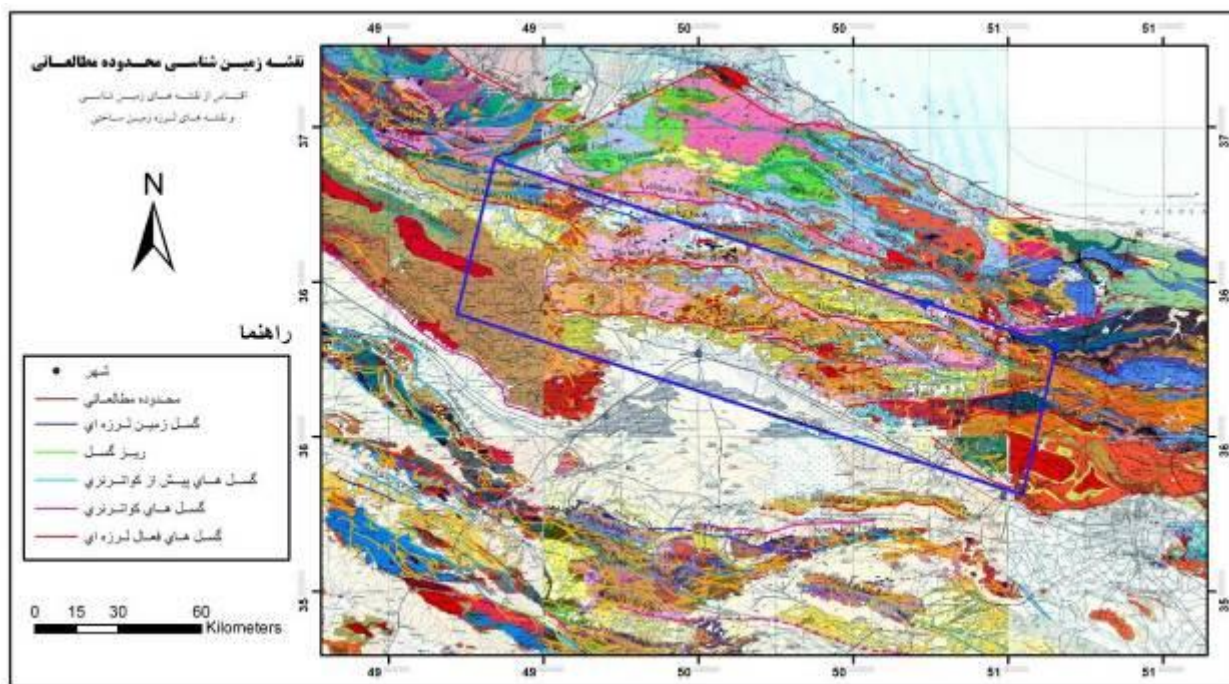
سوال‌های تحقیق به شرح زیر می‌باشد:

استفاده از مدل سلسله مراتبی به ارزیابی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز پشت تنگ در سرپل‌ذهاب پرداختند. حبیبی [۱۳] برای بررسی زمین‌لغزش‌های رخداده و ارتباط آن با وضعیت تکتونیکی در حوضه‌های ایذه، مرغاب، دشت ملک، صیدون، دالون - میداوود، جایزان و بهبهان در استان خوزستان از شاخص‌های مورفوتکتونیکی استفاده کرده و فعالیت بالای تکتونیکی منطقه را نشان داده است. جمال‌آبادی و همکاران [۱۶] به بررسی عوامل موثر در تکامل مخروط افکنه‌های دامنه‌های جنوبی جغتای با تاکید بر نقش تکتونیک پرداختند و نشان دادند که منطقه بررسی شده به لحاظ نیروهای تکتونیکی در وضعیت فعال و نیمه فعال قرار دارد. بهاروند و همکاران [۵] به بررسی ارتباط تکتونیک فعال و زمین‌لغزش‌ها در حوضه وارک لرستان پرداختند و نشان دادند که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌های گسلی و رخداد زمین‌لغزش‌ها وجود دارد. افشاری و همکاران [۲] به بررسی کاربردهای شاخص‌های مورفوتکتونیکی در تحلیل مخاطرات زمین‌لغزش در محدوده راه آهن لرستان پرداختند و نشان دادند که بیش از ۸۰ درصد زمین‌لغزش‌های رخداده در بین ایستگاه دورود تا تنگ‌هفت، در محدوده تکتونیکی با فعالیت زیاد تا نسبتاً زیاد واقع شده است و تاثیر زمین‌ساخت بر فراوانی رخداد زمین‌لغزش در این منطقه را اثبات نمودند. کیانی و همکاران [۱۷] به بررسی زمین‌ساخت فعال در محدوده رودبار با تکیه بر زمین‌لغزش‌ها پرداختند و نشان دادند که زمین‌لغزش‌های شناسایی و بررسی شده در محدوده‌های تکتونیکی با فعالیت متوسط و بالا قرار گرفته‌اند.

همانطور که در بالا بیان گردید ارتباط بین رخداد زمین‌لغزش و فراوانی رخداد آن و تکتونیک فعال در بررسی‌ها و پژوهش‌های زیادی در مناطق مختلف به اثبات رسیده است. فعالیت‌های تکتونیکی بوسیله رخداد زمین‌لرزه و ایجاد نیروی محرک، بالآمدگی‌های تکتونیکی، شکستگی‌ها و خردشدگی‌های ناشی گسلش، ایجاد و درزه و شکاف در سنگ‌ها و تسریع فرایند هوازدگی مکانیکی و

محدوده مطالعاتی شده است؟
 - میزان آسیب‌پذیری برای سکونتگاه‌ها و توسعه آتی
 روستاهای باتوجه به فعالیت تکتونیکی چگونه است؟

- ارتباط بین فراوانی رخداد زمین‌لغزش‌ها و فعالیت
 تکتونیکی چگونه است؟
 - آیا فعالیت زمین‌ساختی باعث رخداد زمین‌لغزش در



شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده مطالعاتی و نقشه زمین‌شناسی

۱.۲. زمین‌شناسی

است که به سمت جنوب رانده شده‌اند. شدت دگرریختی در حد کوه و دشت در بیشترین مقدار بوده و بلندی‌های کوهپایه‌ای را دارد که به تدریج به پهنه مسطح دشت قزوین می‌رسد که با نهشته‌های آبرفتی جوان و گاهی با ریخت‌های کویری چون پوسته نمکی، کفه رسی و تپه‌های ماسه‌ای پوشیده شده است. حد جنوبی استان فیزیوگرافی کوهستانی دارد که در ساخت آن سنگهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک بویژه ولکانیک‌های سنوزوئیک نقش اساسی دارند.

واحدهای تکتونواستراتیگرافی بخش شمالی (البرز) و بخش جنوبی (ایران مرکزی) محدوده تفاوت آشکاری ندارند و در همه جا توالی‌های سنگی با نهشته‌های پلاتفرمی پرکامبرین پسین (سازند سلطانیه) آغاز میشود که کم و بیش با چند ایست رسوبی کوچک و بزرگ تا

از نگاه زمین‌شناسی، محدوده مورد مطالعه در فصل مشترک البرز و لبه شمالی ایران مرکزی قرار دارد به گفته دیگر بلندی‌های شمال محدوده در حاشیه جنوبی البرز و بخشی از محدوده که شامل قسمتی از دشت قزوین و ارتفاعات جنوب است به پهنه ساختاری - رسوبی ایران مرکزی تعلق دارد و به نظر می‌رسد که مرز این دو پهنه بر راندگی شمال قزوین منطبق باشد که ارتفاعات شمال را از دشت قزوین جدا می‌کند. ولی، این مرز به یقین برآوردی است بطوریکه تعیین یک خط جدایش واقعی بین البرز و ایران مرکزی نشدنی است و ایندو (البرز - ایر آن مرکزی) دو پیکره از یک حوضه‌اند.

از دیدگاه ریخت‌شناسی، کوه‌های شمال قزوین، از یک سری چین‌ها و راندگی‌های خاوری - باختری ساخته شده

زبارت، کرج، قرمز زیرین، قرمز بالایی، قم، هزاردره و آبرفت‌های جوان دیده می‌شوند.

۲.۲. زمین ساخت محدوده مطالعاتی

قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه در زون ساختاری البرز واقع شده است. البرز به صورت سلسله کوه‌هایی در حاشیه جنوبی حوضه کاسپین واقع شده است. گرچه علوی [۳] ساختار البرز را در قالب ساختارهای دوپلکس از نوع Antiformal stack بر اساس مشاهدات خود در نظر گرفته است، اما دیگر زمین‌شناسان همچون اشتوکلین [۲۸]، آلن [۴]، ریتز و نظری [۲۰] برای این پهنه ساختاری در شمال ایران، معتقد به مدلی چون ساختارهای گل اخت هستند و بر همین اساس، تاکنون برش‌های ساختاری گوناگونی با اندکی تغییرات نسبت به مدل اولیه [۲۸] بازسازی و ارائه شده است.

بر این اساس، این سلسله کوه‌ها متشکل از چین‌ها و گسل‌های راندگی با دو سوی حرکتی است (به سوی حوضه کاسپین جنوبی در شمال و به سوی بلوک ایران مرکزی در جنوب). بر این اساس، گسل‌های راندگی موجود در بخش شمالی به سوی جنوب شیب دارند و برعکس، گسل‌های موجود در بخش جنوبی دارای شیب به سوی شمال هستند که بیانگر یک ساختمان گل مثبت است.

این گسل‌ها بیشتر به موازات سلسله کوه‌ها هستند و بیشتر چین‌ها نیز با فعالیت دوباره این گسل‌ها شکل گرفته‌اند. گسل‌های اصلی راندگی و امتداد لغز روند خاوری-باختری تا شمال خاوری-جنوب باختری دارند که به ترتیب در بخش‌های باختری-مرکزی و خاوری سلسله جبال قرار گرفته‌اند. این گسل‌های موازی با سلسله جبال، شیب تندی دارند. این شیب زیاد بیانگر آن است که بیشتر گسل‌های راندگی، همان گسل‌های عادی کهن هستند که در زمان نفوژن و کواترنری دوباره فعال شده‌اند.

قسمت کوچکی از محدوده مطالعاتی در زون ایران مرکزی واقع شده است. ایران مرکزی در منطقه مورد مطالعه به دو قسمت کاملاً متفاوت تقسیم می‌شود:

تریاس میانی ادامه می‌یابد. ردیف‌های تریاس بالا - ژوراسیک میانی یک واحد تکتونواستراتیگرافی محدود به دو رویداد کوهزایی سیمرین پیشین (تریاس بالا) و سیمرین میانی (ژوراسیک میانی) است که عمدتاً متشکل از شیل و ماسه سنگ (سازند شمشک) بوده و رسوب‌های زغال‌دار ایران هستند که در پیش بوم‌های سیمرین پیشین انباشته شده‌اند. در اکثر جاهای محدوده سنگ‌های ژوراسیک میانی - کرتاسه بالا ردیف‌های فلات قاره‌ای مارنی کربناتی هستند که رخنمون‌های کوچکی در محدوده دارند. سنگ‌های سنوزوئیک با مجموعه‌های آذرین آواری ائوسن (سازند کرج) آغاز می‌شود که گاهی نفوذی‌های گرانیتی وابسته به رویداد کوهزایی پیرننن به درون آنها تزریق شده است. بخش بیشتر سنگ‌های سنوزوئیک استان قزوین ردیف‌های همزمان با کوهزایی سنوزوئیک هستند که عمدتاً در حوضه‌های بین کوهی انباشته شده‌اند و رخنمون‌های محدودی در پای ارتفاعات دارند.

در محدوده مورد مطالعه نهشته‌های آبرفتی کواترنری گستره‌هایی را زیرپوشش دارند. دگرریختی‌های رسوبات کواترنری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است بطوریکه در گستره مطالعاتی، گسل‌های شمال قزوین، طالقان، اشتهارد، شاهرود رسوب‌های کواترنری را بریده و دارای پیشینه لرزه‌خیزی می‌باشند. در اواخر کرتاسه جنبش‌های کوهزایی فاز لارامید سبب چین خوردگی و بالا آمدگی می‌گردد و در پی آمد این فاز فرسایش و فعالیت شدید آغاز شده و در نتیجه نهشته‌های ترسیر با سرآغاز کنگلومرای بصورت ناهمساز بر روی رسوبات کهن تر بر جای گذاشته می‌شود. بخش عمده نهشته‌های ترسیر مربوط به ائوسن می‌باشد که شامل سنگ‌های گدازه‌ای پیروکلاستی و رسوبی است، که ردیف یاد شده بر روی کنگلومرای قرمز رنگ پلی‌ژنیک و سنگ آهک‌های آواری نومولیت‌دار پالتوسن-ائوسن زیرین قرار دارد. در محدوده مطالعاتی سازندهای زمین شناسی کهر، سلطانیه، باروت، زایگون، لالون، میلا، درود، روته، شمشک، تیزکوه، فجن،

نتیجه این گسل‌های فعال پتانسیل فعالیت مجدد در آینده را دارند.

گسل‌های لرزه‌زا: گسل‌های زیر سطحی هستند که زمین‌لرزه تولید می‌کنند اما گسیختگی بر روی سطح زمین ایجاد نمی‌کنند این گسل‌ها را گسل‌های لرزه‌زا می‌نامند.

گسل‌های کوتاه‌تری: این نوع از گسل‌ها براساس مشاهدات جابجایی لندفرم‌های کوتاه‌تر به عنوان گسل فعال شناخته می‌شوند، با این حال، آنها به عنوان فعال لرزه‌ای شناخته نمی‌شوند و این ممکن است به علت یک دوره بازگشت بسیار طولانی در امتداد این گسل باشد و یا در نتیجه حرکت خزانده، که به طور مداوم و به آرامی بدون اینکه لزوماً باعث زمین‌لرزه شود حرکت می‌کند. گسل‌هایی که برخوردار از یک یا چند ویژگی زیر باشند، گسل‌های جنبی یا گسل‌هایی با توانایی جنبش به حساب می‌آیند [۶]:

* کانون‌یابی رو مرکز زمین‌لرزه‌های بزرگ در مکانی از

درازای گسل و یا در فرادیواره آن

* گسلش در نهشته‌های کوتاه‌تری پسین

* داشتن دیواره حفظ شده

* داشتن ریزلرزه‌های زیاد که با شبکه کامل و بسته

لرزه‌نگاری محلی با خطای کم در کانون‌یابی روی زمین و ژرفی و زمان‌گیری یکنواخت برداشت می‌شوند.

* داشتن وابستگی به یک گسل شناخته شده جنبی.

گسل‌های محدوده مطالعاتی عبارتند از بخشی از گسل‌های زمین‌لرزه‌ای کباره، چرازه و زردگلی، گسل‌های فعال لرزه‌ای شاهرود، قزل‌اوزن، شمال‌قزوین، شمال شکرنا، الموترود، شهرک طالقان، طالقان، بخشی از مشاء، فشنند، بخشی از کندوان و بخشی از گسل کوتاه‌تری کلیشم و گسل‌های پیش از کوتاه‌ترز گیشکان، آرنک، پارچین و حصارچال و سایر ریز گسل‌های محدوده که در شکل شماره (۲) تصاویر مشاهدات صحرائی از برخی گسل‌ها و در شکل شماره (۳) نقشه گسل‌های منطقه نشان داده شده است.

منطقه آبگرم (ایران مرکزی) با روند ساختاری نزدیک به شمال‌باختری- جنوب‌خاوری که در قسمت جنوبی رشته کوه البرز واقع شده است و منطقه رزن (سنندج- سیرجان) که در قسمت جنوب‌باختری ایران مرکزی واقع شده و دارای خصوصیات ویژه ای است.

۳. نتایج

۱.۳. گسل‌های محدوده مطالعاتی

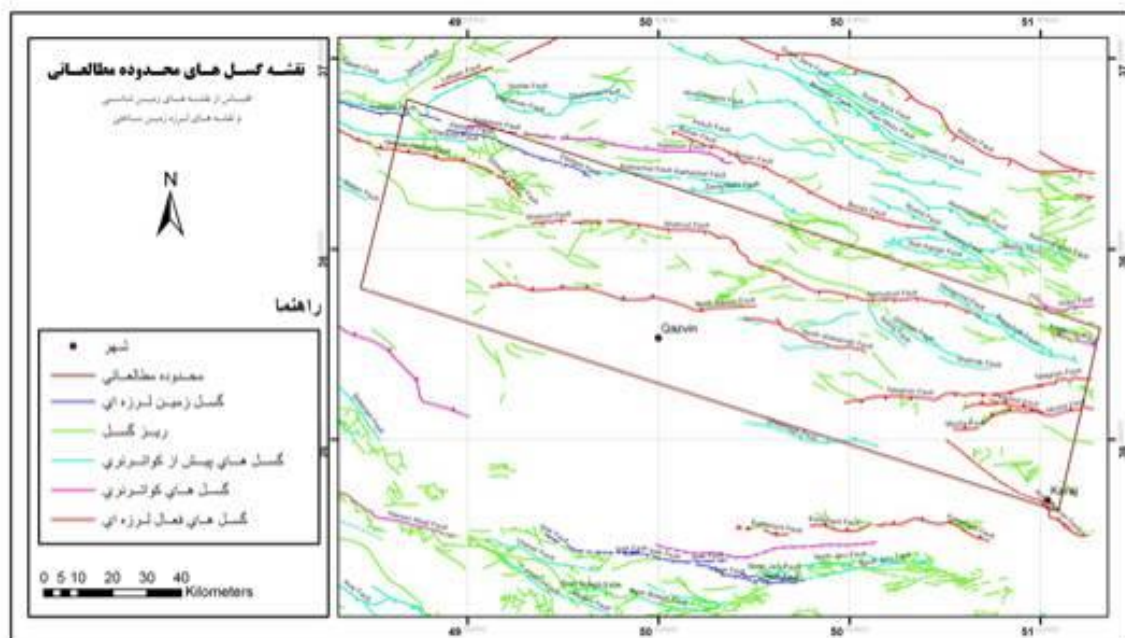
شکستگی‌های پوسته جامد زمین که در امتداد آنها جابجاشدگی نسبی روی می‌دهد گسل نامیده می‌شود. حرکت برشی در دو سوی گسل که از رویه زمین تا ژرفای زیاد (گاهی تا ۳۰ کیلومتر و یا بیشتر) ادامه می‌یابد، به سبب انباشتگی تنش‌های ناشی از جنبش قاره‌ها نسبت به یکدیگر و جنبش‌های درون گوشته بالایی زمین روی می‌دهد. بسیاری از گسل‌های شناخته شده، در طول سالیان دور جنبش داشته و ممکن است امروزه فعال نباشند. در حالی که دسته‌ای دیگر از گسل‌ها در کوتاه‌ترین نیز جنبش دارند.

بنا بر تعریف، گسل فعال گسلی است که بارها و بارها در زمان زمین‌شناسی عصر حاضر حرکت کرده باشد و پتانسیل فعال شدن مجدد در آینده را دارد. تقریباً همه گسل‌های اصلی در ایران فعال هستند و به این ترتیب پتانسیل لرزه‌ای زیادی وجود دارد. از آنجا که مطالعه گسل‌های فعال به اندازه کافی در ایران با جزئیات انجام نشده است، ما نمی‌توانیم مطمئن باشیم که یک منطقه بدون گسل‌های فعال به طور کامل از خطر زلزله مصون است. گسل‌های فعال را می‌توان در سه نوع زیر طبقه‌بندی کرد [۱۴]:

گسل‌های زمین‌لرزه‌ای: در طول ۵۰۰ سال گذشته، گسیختگی سطحی مرتبط با زمین‌لرزه‌های بزرگ پدیدار شده و در مکان‌های مختلف در ایران مستند شده باشند. بسیاری از این گسیختگی‌ها در امتداد گسل‌های فعال که بارها و بارها در کوتاه‌ترین حرکت کرده‌اند رخ داده است، در



شکل ۲. تصاویری از مشاهدات صحرایی گسل‌های بررسی شده در محدوده مطالعاتی



شکل ۳. نقشه گسل‌های محدوده مطالعاتی

۲.۳. زمین لغزش‌های محدوده مطالعاتی

زمین لغزش‌های بررسی شده در محدوده مطالعاتی شامل زمین لغزش‌هایی است که از بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور که توسط سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور دریافت شده است. همچنین زمین

لغزش‌هایی که در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ در محدوده مطالعاتی بوقوع پیوسته و بصورت مشاهدات صحرایی اطلاعات آنها جمع آوری شده است که تصاویر برخی زمین لغزش‌های بازدید شده در شکل شماره (۴) نشان داده شده است.



بخش‌هایی از دامنه مشرف به رودخانه که دچار ریزش و حرکات لغزشی انتقالی شده است (بخش‌های شمال شرقی روستای زردآباد) (دید به غرب)



نمایی از زمین لغزش جدید دربر روی پهنه زمین لغزش قدیمی و فعال شدن مجدد آن در جنوب روستای زردآباد



نمایی از زمین لغزش در جنوب روستا فاصله این زمین لغزش تا بافت مسکونی روستای زردآباد حدود ۱۵۰ متر است.



ناپایداری‌های ایجاد شده در محل ورودی روستا و در دامنه‌های آبراهه در پایین دست روستای اوانک



موقعیت زمین لغزش رخ داده در محدوده شمال شرقی بافت مسکونی روستای زردآباد که تقریباً در بلافاصل روستا قرار دارد



موقعیت زمین لغزش‌های رخ داده در محدوده پیرامونی روستای زردآباد و محل تجمع آب در بالادست جاده بر روی تصویر برگرفته از Google Earth



موقعیت زمین لغزش رخ داده در دامنه آبراهه ای که از میانه روستای اوانک عبور می‌کند بر روی تصویر برگرفته از Google Earth



موقعیت زمین لغزش رخ داده در دامنه آبراهه ای که از میانه روستای اوانک عبور می‌کند



آسیب‌های وارد شده به معبر ورودی روستای اوانک در اثر لغزش رخ داده در دامنه غربی آبراهه

شکل ۴. تصاویر زمین لغزش‌های جدید بررسی شده در محدوده مطالعاتی

زمین لغزش روستای زرآباد

در مناطق جنوب و جنوب شرقی روستا زمین لغزش قدیمی وجود دارد که به صورت پله ای از محل رودخانه تا نزدیکی بافت روستا دچار زمین لغزش گردیده است و سبب تخریب باغات و مزارع روستا شده است. در جنوب شرق روستا فاصله زمین لغزش قدیمی تا روستا به کمتر از ۵۰ متر می‌رسد. در محل این زمین لغزش قدیمی به طور موضعی و محلی زمین لغزش‌های جدید در سال ۹۹ رخ داده است و این زمین لغزش قدیمی مجدد در بخش‌هایی از آن فعال گردیده است.

در بخش‌های جنوب غربی دامنه مشرف به رودخانه که عمق دره رودخانه نیز بیشتر شده است لغزش‌های چرخی بزرگ قدیمی دیده می‌شود که می‌تواند به دلیل زیرشویی دامنه توسط رودخانه و یا اشباع دامنه در اثر نفوذ آب از بالادست تحریک شده باشد. در بازدید انجام شده در محل ورودی روستا زمینی مشاهده شد که آب حاصل از بارش‌ها در آن جمع شده بود. همانطور که در تصویر برگرفته از Google Earth مشاهده می‌شود آبراهه ای هرچند کوچک به این زمین ختم می‌شود. در واقع احتمالاً در گذشته آب این آبراهه به پایین دست و به داخل رودخانه زه کش می‌شده است و با گذشت زمان و ساخت و سازهای انجام شده و احداث جاده مسیر زه کشی کور شده است. شاید این موضوع در زمان‌های خشکسالی ایجاد مشکل نکند، ولی در دوره‌های ترسالی که میزان نزولات جوی افزایش پیدا می‌کند باعث تجمع آب در بالادست جاده، نفوذ حداکثری به دامنه، اشباع و ایجاد ناپایداری می‌شود.

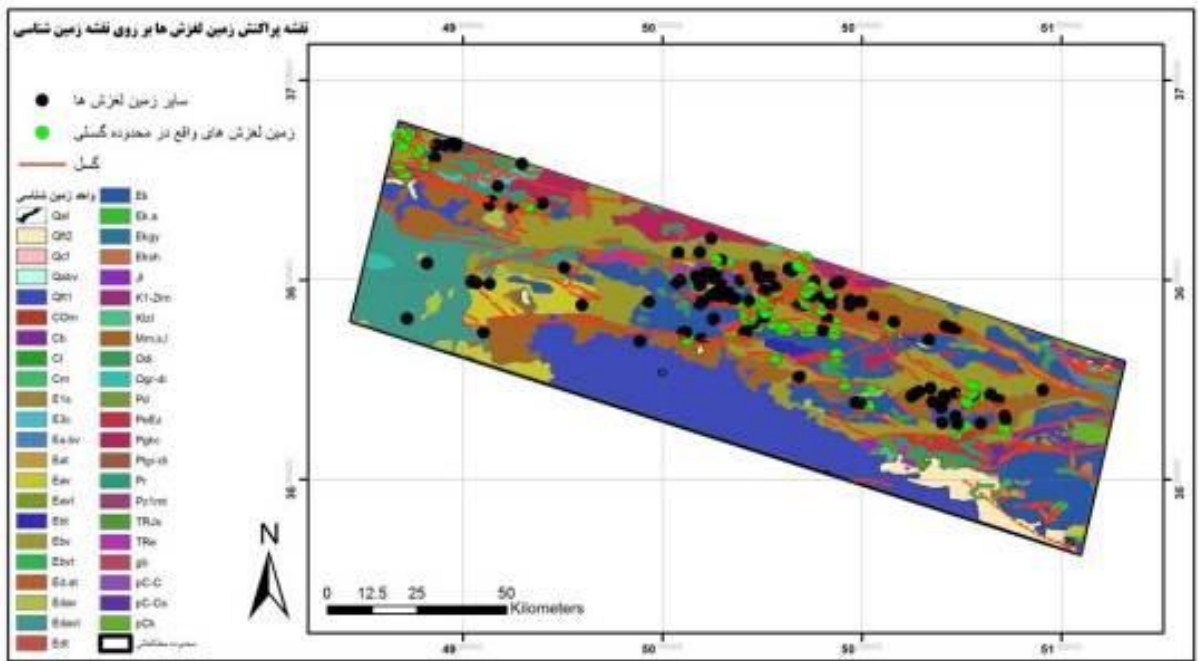
زمین لغزش روستای اوانک

روستای اوانک بر روی واحدهای گلسنگی به سن میوسن که پتانسیل فرسایش و وقوع زمین لغزش بر روی آن بالا است و بر روی دامنه ای پرشیب واقع شده است. این موضوع به صورت پیش فرض روستا را در معرض وقوع زمین لغزش قرار می‌دهد. در محل ورودی روستا آبراهه‌های وجود دارد که آب‌های سطحی بستر روستا از

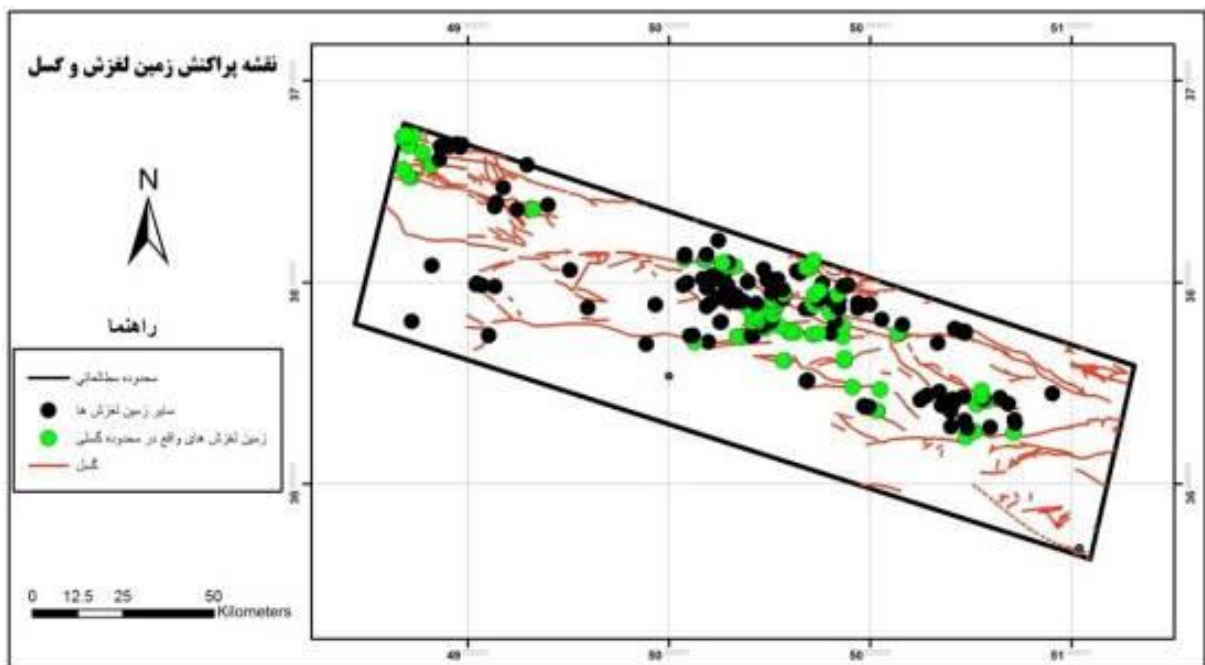
طریق آن به سمت پایین دست هدایت می‌شود. در سال‌های اخیر با افزایش سرعت فرسایش در آبراهه فوق الذکر و عمیقتر شدن بستر آن، دامنه‌های آبراهه شروع به ریزش کرده و توسعه این ریزش‌ها منجر به تخریب معبر اصلی ورودی روستا شده است. در صورت عدم چاره اندیشی در این راستا، توسعه فرسایش در آبراهه منجر به از بین رفتن معبر اصلی روستا و همچنین واحدهای مسکونی مشرف به آن خواهد شد.

تعداد کل زمین لغزش‌های بررسی شده در محدوده مطالعاتی شامل ۲۸۰ مورد زمین لغزش قدیمی دریافت شده از بانک اطلاعات زمین لغزش‌های کشور و زمین لغزش‌های جدید بررسی شده در محدوده مطالعاتی می‌باشد. در شکل شماره (۴) تصاویر زمین لغزش‌های جدید بررسی شده در محدوده مطالعاتی نشان داده شده است. با استفاده از نرم افزار ArcGIS موقعیت مکانی زمین لغزش‌ها را بر روی نقشه زمین شناسی پردازش نموده و همچنین موقعیت مکانی زمین لغزش‌ها را با موقعیت مکانی گسل‌های محدوده مطالعاتی مقایسه نموده و زمین لغزش‌های مربوط به پهنه‌های گسلی که به احتمال زیاد رخداد زمین لغزش مربوط به فعالیت گسل و تکنونیک فعال بوده است مشخص شده اند. لذا نقشه پراکنش زمین لغزش‌های بررسی شده در محدوده مطالعاتی در شکل شماره (۵) و نقشه مقایسه موقعیت مکانی زمین لغزش‌ها با موقعیت گسل‌های منطقه در شکل شماره (۶) نمایش داده شده است.

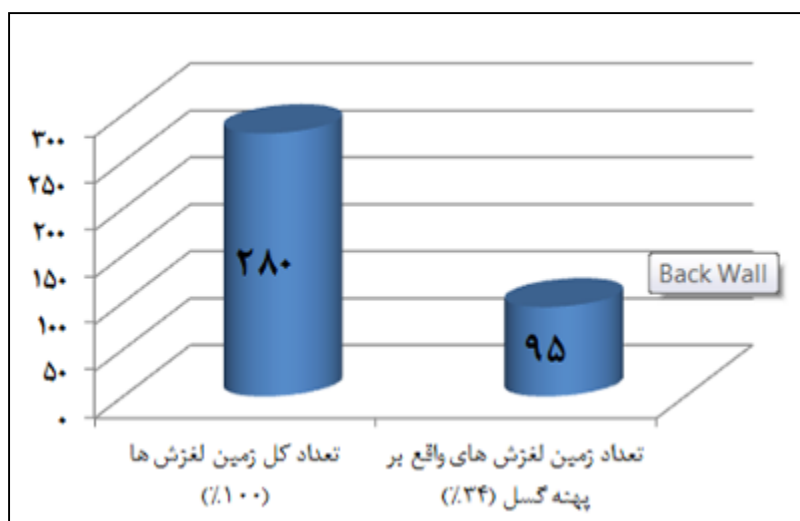
باتوجه به تحلیل‌های صورت گرفته از کل ۲۸۰ مورد زمین لغزش بررسی شده در محدوده مطالعاتی تعداد ۹۵ مورد در پهنه فعالیت گسل‌های منطقه واقع شده‌اند. مساحت کل محدوده مطالعاتی ۱۰۶۶۰ کیلومتر مربع است. مساحت آن بخشی که باتوجه به مطالعات و شناسایی‌های انجام شده به عنوان زون گسلی تحت تاثیر از فعالیت گسل شناسایی شده است به میزان ۵۳۰ کیلومتر مربع است که در حدود ۵ درصد مساحت محدوده مورد مطالعه می‌باشد که در شکل‌های (۷) و (۸) نشان داده شده است.



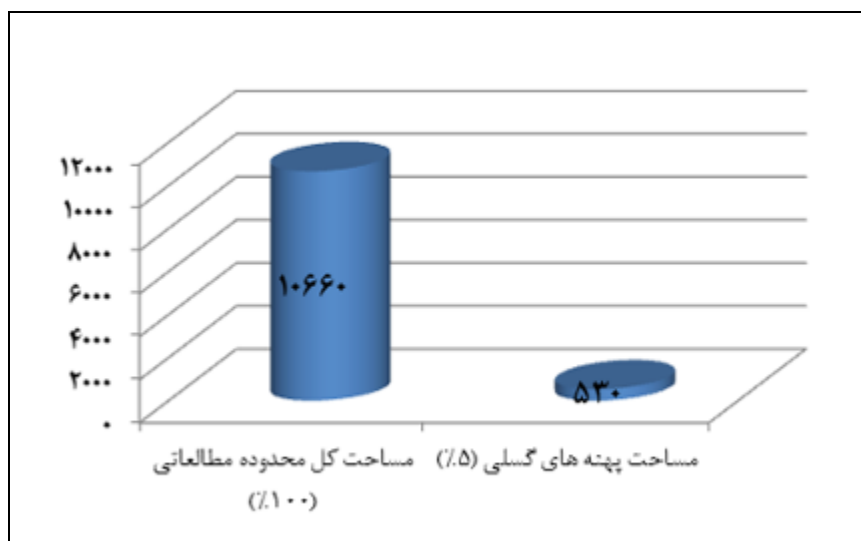
شکل ۵. نقشه پراکنش زمین لغزش‌های بررسی شده در محدوده مطالعاتی



شکل ۶. نقشه مقایسه موقعیت مکانی زمین لغزش‌ها با موقعیت گسل‌های منطقه



شکل ۷. نمودار تعداد و درصد زمین لغزش های واقع بر پهنه گسلی در محدوده مطالعاتی



شکل ۸. نمودار مساحت (بر حسب کیلومتر مربع) و درصد مساحت پهنه های گسلی نسبت به مساحت کل محدوده مطالعاتی

۴. بحث و نتیجه گیری

شکستگی ها و خردشدگی های ناشی گسلش، ایجاد و درزه و شکاف در سنگ ها و تسریع فرایند هوازدگی مکانیکی و شیمیایی، ایجاد گورژ گسلی و برش گسلی بعنوان مصالح مستعد لغزش، افزایش نفوذپذیری سنگ ها، تغییر در جهت و میزان شیب لایه های زمین شناسی و ... باعث رخداد زمین لغزش ها می گردند، ارتباط فعالیت تکتونیکی

همانطور که بالا شرح داده شد ارتباط بین فعالیت های تکتونیکی و رخداد زمین لغزش ها توسط محققین مختلف بررسی و در مناطق مختلف مورد تأیید قرار گرفته است. لذا با توجه به اینکه فعالیت تکتونیکی بوسیله رخداد زمین لرزه و ایجاد نیروی محرک، بالا آمدگی های تکتونیکی،

محدوده مطالعاتی نشان از ارتباط فعالیت تکتونیکی و وقوع زمین لغزش‌ها می‌باشد. لذا می‌توان رخداد زمین لغزش‌ها و فراوانی وقوع آنها را در محدوده مطالعاتی بعنوان یک فاکتور موثر در ارزیابی تکتونیک فعال در این منطقه معرفی نمود. بعبارت دیگر می‌توان بیان نمود که فعالیت‌های تکتونیکی باعث رخداد زمین لغزش در محدوده مطالعاتی گردیده است. به لحاظ آسیب پذیری مناطق مسکونی واقع در محدوده مطالعاتی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که در جاهایی که در نزدیکی گسل‌های فعال و کواترنری قرار گرفته‌اند با مخاطره دیگری علاوه بر امواج لرزه‌ای و گسیختگی سطحی حین زلزله، رخداد زمین لغزش نیز مناطق مسکونی را تهدید می‌کند. لذا اتخاذ تمهیدات مهندسی در ساخت و ساز منازل واقع در پهنه‌های گسلی برای جلوگیری از ایجاد خسارت ناشی از رخداد زمین لغزش و همچنین عدم ساخت و ساز در زمین‌های شیبدار و دوری از حریم گسیختگی گسل برای ساخت و ساز لازم و ضروری است.

با رخداد زمین لغزش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در منطقه مورد مطالعه براساس مشاهدات صحرایی گسل‌های فعال زیادی از جمله گسل شمال قزوین، شمال شکرنا، الموترود، شاهرود، طالقان و... وجود دارد و باعث ایجاد پهنه‌های خردشده و مستعد حرکات دامنه‌ای شده است. براساس بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی زمین لغزش‌های زیادی در محدوده مطالعاتی شناسایی شده‌اند که زمین لغزش‌های قدیمی ثبت شده در بانک اطلاعاتی زمین لغزش‌های کشور و زمین لغزش‌های محدوده روستاهای زردآباد و اوانک (که بصورت مشاهدات میدانی شناسایی شده‌اند) از جمله آنها هستند که باتوجه به مقایسه موقعیت مکانی زمین لغزش‌های موجود در منطقه مطالعاتی با پهنه‌های گسلی گسل‌های محدوده؛ مشخص گردید که ۳۴ درصد از کل زمین لغزش‌های شناسایی شده در پهنه گسلی گسل‌های محدوده مطالعاتی واقع شده‌اند. از آنجا که پهنه‌های گسلی تنها ۵ درصد از مساحت کل محدوده مطالعاتی را شامل می‌گردد، درصد بالای رخداد زمین لغزش‌ها در این مساحت اندک از

References

- [1] Abdullah. A., Nasser. S., and Ghaleeb. A. (2013). Landsat ETM-7 for Lineament Mapping using Automatic Extraction Technique in the SW part of Taiz area, Yemen. *Global Journal of HUMAN SOCIAL SCIENCE Geography, Geo Sciences, Environmental & Disaster Management*, 13(3), 34-38.
- [2] Afshari. A., Ghohroudi Tali. M., Sadough. S.H., and Ehteshami Moin Abadi. M. (2019). Application of Morphotectonic Indices in Landslide Hazard Evaluation of Lorestan Railway. *Environmental Hazard Management*, 6(1), 51-66.
- [3] Alavi, M., (1996). Tectonostratigraphic synthesis and style of the Alborz Mountain system in northern Iran. *Journal of Geodynamics*, 21, 1-33.
- [4] Allen, M.B., M.R. Ghassemi, M. Shahrabi, and M. Qorashi (2003). Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran, *J. Struct. Geol.*, 25(5) 659-672.
- [5] Baharvand. S., Soori. S., RahnamaRad. J., and Joudaki. M. (2018). Tectonic Activity Analysis and Relation with Lineaments and the Risk of Landslide (A Case Study: Vark Basin, Lorestan). *JEG*, 12 (2): 237-258.
- [6] Berberian.M., Ghorashi. M., Arzhangraves. B., and Moajerashjaei. A. (1986). Research and study of the newest structure, seismicity and seismic hazard-fault in Greater Qazvin and surrounding. Geological Survey of Iran. Report 56. Tehran.

- [7] Bull, W. B., and McFadden, L. D., (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In *Geomorphology in arid regions. Proceedings of the eighth annual geomorphology symposium*. State University of New York, Binghamton. 115-138.
- [8] Donny, R.W., Hidayati, S., Muslim, D., and Sulaksana, N. (2015). Control morphology to the landslide Induced Earthquake: Case Study Padang Pariaman, Sumatra. 10th Asian Regional Conference of IAEG. doi: 10.13140/RG.2.1.4268.8487.
- [9] El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., and Keller, E. A. (2008). Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 96(1), 150-17.
- [10] Ezzati, M., and Agatabay, M., (2014). Analysis of active tectonics in Bojnourd basin with the help of morphotectonic indices. *Quantitative geomorphological research*, 4. 130-144.
- [11] Galve, J. P., Piacentini, D., Troian, F., and Della Seta, M. (2014). Stream length-gradient index mapping as a tool for landslides identification. In *Mathematics of Planet Earth*, Springer, Berlin, Heidelberg. 343-346.
- [12] Guarnieri, P., and Pirrotta, C. (2008). The response of drainage basins to the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95(3), 260-273.
- [13] Habibi, A. (2015). Investigation of landslides using morphotectonic indices. *Journal of Watershed and Engineering*, 7(1), 98-108.
- [14] Hessami, Kh., Jamali, F. and Tabassi, H. (2003), Major Active Faults of Iran, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, IRAN. (In Persian).
- [15] Jabbari, N., Servati, M.R., and Hosienzadeh, M.M., (2012) Active morphotectonics of Hesarak catchment using Morphometric indices. *Quantitative geomorphological research*, 2, 17-34.
- [16] Jamalabadi, J., Zanganeh Asadi, M.A., and Amirahmadi, A. (2018). Investigating the effective factors in the formation and evolution of alluvial fans of the southern slopes of Jaghtai heights with emphasis on the role of tectonics (in the western part of Sabzevar). *Geography and development*, 47, 69-88.
- [17] Kiani, T., Hydrad, N., and Parastoo, G. A. (2020). Active tectonics of the Roudbar region: with special reference to the landslides of the area. *Journal of Spatial Analysis Environmental hazards*, 7 (1), 65-88.
- [18] Mirnazari, J., Shahabi, H., and Khezri, S. (2015). Landslide risk assessment and zoning using AHP model and fuzzy logic operators in the catchment area behind Tang Sarpol-e Zahab (Kermanshah province). *Geography and development*, 37, 53-70.
- [19] Ramazani, B., and Ebrahimi, H. (2009). Identifying the effective factors of landslides in the watershed of Ghaemshahr rice field dam. *New Attitudes in Human Geography (Human Geography)*, 1(4), 127-136.
- [20] Ritz, J.F., Nazari, H., Ghassemi, A., Salamati, R., Shafei, A., Soleymani, S., and Vernant, P., (2006). Active transtension inside central Alborz; a new insight into northern Iran-southern Caspian geodynamics, *Geology (Boulder)*, 34(6), 477-480.
- [21] Rockwell, T. K., Johnson, D. L., Keller, E. A., and Dembroff, G. R. 1985. Late Pleistocene-Holocene soil chronosequence in the Ventura basin, southern California, USA. In *Geomorphology and soils*/edited by KS Richards, RR Arnett, and S. Ellis; published in association with a conference of the British Geomorphological Research Group, University of Hull, 28-30 September 1984. London: G. Allen & Unwin.
- [22] Sabouri, S.M. (1399). Active Tectonics in the Southern Part of Central Alborz (from Karaj to Qazvin) ", PhD Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran.
- [23] Sanchez, G., Rolland, R., Corsini, M., Braucher, R., Bourlès, D., Arnold, M., and Aumaître, G. (2010). Relationships between tectonics, slope instability and climate change: Cosmic ray exposure dating of active faults, landslides and glacial surfaces in the SW Alps. *Geomorphology*, 117(1-2), 1-13.
- [24] Shariatjafari, M. (1997). *Landslide*, 1ed Edition, Sazeh press. Tehran.
- [25] Sharifi, R., Solgi, A., and Pourkermani, M. (2013). A Study of the Relationship between Landslide and Active Tectonic Zones: A Case Study in Karaj Watershed Management, *open journal of Geology*, 3, 233-239.
- [26] Sharma, S., and Sarma, N. J. (2017). Application of drainage basin morphotectonic analysis for assessment of tectonic activities over two regional structures of the northeast India, *Journal of the Geological Society of India*, 89 (3) 271-280.

- [27]Silva, P. G., Goy, J. L., Zazo, C., and Bardaji. T. (2003). Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology*, 50(1), 203- 225.
- [28]Stocklin, J., (1974). Possible Ancient Continental Margins in Iran, In the *Geology of Continental Margin*, Edited by C.A.Burk and C.L.Dark. Springer, New York, pp. 837-887.
- [29]Wei dong, W., Cui-ming, X., and Xiang-gang, D. (2009). Landslides susceptibility mapping in Guizhou province based on fuzzy theory", *Mining Science and Technology*, 19, 0399-0404.
- [30]Wells, S. G., Bullard, T. F., Menges, C. M., Drake, P. G., Karas, P. A., Kelson, K. I., and Wesling, J. R. (1988). Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary pacific coast of Costa Rica. *Geomorphology*, 1(3), 239-265.
- [31]Zargarzadeh, M., Rangzan, K., Charchi, A., and Abshirini, E., (2009). Application of GIS and geomorphic indices in active tectonic zoning of Zagros zon. *Geomatics Conference*, 20/5/Spring, Tehran, Iran. COI: GEO88_083, <https://civilica.com/doc/69781/>