

جغرافیا و توسعه شماره ۴۸ پاییز ۱۳۹۶
وصول مقاله : ۱۳۹۵/۰۵/۲۶
تأیید نهایی : ۱۳۹۶/۰۲/۱۴
صفحات : ۷۸-۵۹

نقش زون گسله منطقه‌ی خضرآباد یزد در ایجاد حرکت‌های توده‌ای

دکتر احمدعلی زارع مهرجردی^۱

چکیده

یکی از عوامل ایجادکننده‌ی حرکت‌های توده‌ای وجود گسل می‌باشد. حوضه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق، حوضه‌ی خضرآباد بوده که یکی از زیر حوضه‌های دشت یزد- اردکان در دامنه‌ی شمالی رشته‌کوه‌های شیرکوه یزد بین 30° - 41° تا 12° - 54° طول شرقی و 31° - 46° تا 32° - 06° عرض شمالی واقع گردیده است و بالغ بر ۴۱۸ کیلومتر گسل در این حوضه وجود دارد. این حوضه بخشی از شهرستان صدوق بوده و در جنوب این شهرستان واقع شده است. همچنین مساحت حوضه برابر ۱۰۵۹۹۵ هکتار می‌باشد. در این پژوهش زون گسله از طریق شاخص‌های ژئومورفیک مورد شناسایی قرار گرفته و برای اثبات فعال بودن منطقه از شاخص سینوزیته جبهه کوهستان و با تشخیص خطواری سازندهای سنگی از طریق عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای (سنجش از دور) و نقشه‌های زمین‌شناسی اقدام شد که این شاخص در پهنه‌ی شرقی $1/2$ و در پهنه‌ی غربی $1/3$ شد که نشان از فعال بودن حوضه از نظر مورفوتکتونیک می‌باشد. سپس با شناسایی زون گسله در منطقه و شناخت گسل‌های اصلی و فرعی و تهیه نقشه‌ی گسل‌ها در محیط Arc GIS تأثیر زون گسله در ایجاد حرکت‌های توده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین با تهیه نقشه DEM منطقه و تلفیق آن با لایه‌های دیگر و تهیه نقشه‌های شیب و جهت در نهایت تعداد ۴۴ مورد ریزش سنگی و ۱۲ مورد ریزش بلوکی که همگی در نزدیکی گسل‌های منطقه می‌باشد شناسایی شده که نشان از نقش زون‌های گسله و گسله‌ی اصلی در ایجاد حرکت‌های توده‌ای می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: حرکت‌های توده‌ای، گسل، ریزش سنگی، ریزش بلوکی، حوضه‌ی خضرآباد.

مقدمه

لغزش عبارت است از پایین افتادن یا حرکت یکپارچه و اغلب سریع حجمی از مواد رسوبی در امتداد دامنه‌ها (محمودی، ۱۳۸۲: ۷۰). بنا به تعریف انجمن زمین‌شناسی مهندسی، زمین‌لغزش عبارت است از جابجایی به سمت پایین توده‌ای از مواد بر روی یک شیب (نصیری، ۱۳۸۳: ۴۵)؛ و بنا به تعریفی دیگر حرکت‌های توده‌ای مواد، فرآیند ژئومورفیک طبیعی هستند که بر اساس ویژگی‌های خاص محیطی یک محل اتفاق می‌افتند (Glade, 2003: 56). این پدیده‌ها که بخشی از فرآیندهای فرسایش دامنه‌ای هستند، سبب انتقال حجم زیادی از مواد دامنه‌ای، مانند سنگریزه‌ها، واریزه‌ها و غیره به دره‌ها می‌شوند (Larsen & Parkes, 1997: 836) بر اساس یک برآورد اولیه، سالیانه ۵۰۰ میلیارد ریال خسارت مالی از طریق لغزش‌ها بر کشور تحمیل می‌شود و این در صورتی است که از بین رفتن منابع طبیعی غیر قابل بازگشت به حساب آورده نشوند (نصیری، ۱۳۸۳: ۳۳). آمار ثبت شده توسط وزارت جهاد کشاورزی نشان می‌دهد که تا اوایل سال ۱۳۷۸، وقوع حدود ۲۵۹۰ حرکت توده‌ای و لغزش در کشور باعث مرگ ۱۶۲ نفر، تخریب ۱۷۶ خانه، ایجاد خسارات مالی به میزان ۱۸۶۶ میلیارد ریال، تخریب ۶۷۶ هکتار جنگل و تخریب ۱۷۰ کیلومتر راه ارتباطی شده است (صالحی‌پور، ۱۳۸۰: ۳۸۰-۲۲۱).

از جمله عواملی که در ایجاد حرکت‌های توده‌ای مؤثر است وجود گسل‌ها می‌باشد. وجود انواع متفاوت گسل و نوع سازندهای هر منطقه می‌تواند تأثیرات متفاوتی را بر روی زمین ایجاد نموده و در صورتی که گسل‌ها فعال باشند باعث تکتونیزه بودن منطقه شده و موجب خردشدگی و فرو ریزش قطعات سنگی در نزدیکی خود گردیده که می‌تواند موجب خسارات مالی و جانی فراوان شود. لذا با بررسی نقشه‌های

زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی و همچنین مشاهدات پیمایش صحرایی در منطقه، نسبت به وجود حرکت‌های توده‌ای و میزان خطرپذیری و تعیین محدوده‌ی خطر، به واسطه‌ی وجود گسل‌های فراوانی که در منطقه‌ی مورد مطالعه وجود دارد پی برده و راهکارهای مناسبی برای به حداقل رسیدن خسارات ارائه شده‌است (زارع‌مهرجردی، ۱۳۷۳: ۱۰۷-۹۵).

طرح مسأله

منطقه‌ی خضراباد یکی از زیر حوضه‌های دشت یزد- اردکان در دامنه‌ی رشته‌کوه‌های شیرکوه، از جمله مناطقی است که زمین‌لغزش در آن به وقوع می‌پیوندد. در منطقه‌ی خضراباد به‌دلیل وجود چندین گسل اصلی و فرعی هر ساله حرکات توده‌ای که عمدتاً به صورت ریزش می‌باشد رخ می‌دهد که جاده‌ها، راه‌های کوهستانی منطقه، زمین‌های زراعی و خصوصاً محل‌های مسکونی مردم، همچنین مردمی که به صورت گذرا از منطقه عبور می‌نمایند را مورد تهدید قرار می‌دهد (فیض‌نیا، ۱۳۸۰: ۲۱۹-۲۰۷). بنابراین شناخت و شناسایی این گسل‌ها و اثر آنها بر روی زمین‌لغزش در سطح منطقه‌ی مورد مطالعه قرار گرفت و سپس راهکارهای اساسی ارائه گردید.

اهداف تحقیق

در این پژوهش اهداف متعددی دنبال می‌گردد که مهمترین آنها به شرح ذیل می‌باشد:

۱. شناسایی زون گسله و ارزیابی مکانیسم آن و ارتباط آن با نوع، میزان، پراکنش و توسعه‌ی حرکت‌های توده‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه.
۲. بررسی عوامل ایجاد کننده حرکت‌های توده‌ای در منطقه‌ی مورد مطالعه.
۳. ارائه‌ی راهکارها و پیشنهادات برای جلوگیری، کنترل و کاهش خسارات وارده در منطقه‌ی مورد مطالعه.

پیشینه‌ی تحقیق

عبدالخانی و جمالی (۱۳۸۸: ۲۳) در پژوهش خود برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز منشاد یزد به روش سلسله‌مراتبی، عوامل مختلفی را در ایجاد زمین‌لغزش در منطقه‌ی مورد بررسی قرار داده و پس از وزن‌دهی به آنها، به این نتیجه دست یافتند که عامل فاصله از گسل، پس از شیب، سنگ‌شناسی و کاربری اراضی در ایجاد زمین‌لغزش در حوضه‌ی مورد مطالعه مؤثر بوده است.

زارع مهرجردی (۱۳۸۹: ۱۷۲) در تحقیق خود در حوضه‌ی البرز باختری در محدوده‌ی دو گسل منجیل و قزل‌اوزن و برای پهنه‌بندی این منطقه و بررسی فعالیت این دو گسل با استفاده از شاخص سینوزیته جبهه‌ی کوهستان و همچنین شاخص گرادیان رودخانه نسبت به اثبات فعال بوده دو گسل اقدام نموده که این دو شاخص، فعال بودن منطقه را از نظر جنبایی و زلزله‌خیزی اثبات نموده و با توجه به فعال بودن منطقه در اثر عبور گسل‌های ذکر شده، زمینه‌ی مناسبی برای خردشدگی سازنده‌های نزدیک آنها شده و موجبات زلزله‌خیزی و در نهایت ایجاد زمین‌لغزش‌ها و حرکت‌های توده‌ای را فراهم آورده است (پورحسن، ۱۳۸۹؛ پورحسین، ۱۳۸۸).

حسن‌زاده نفوتی و همکاران (۱۳۹۰: ۱۰۶) در پژوهش خود در حوضه‌ی آبخیز سلمان‌رود در استان گیلان با توجه به اینکه حوضه‌ی مذکور دارای استعداد زیاد زمین‌لغزش می‌باشد به روش ارزیابی چندمعیاره مکانی و در محیط SMCE^۱ و با وزن‌دهی، عواملی چون جهت دامنه، شیب منطقه، نوع کاربری اراضی، واحدهای زمین‌شناسی، بارندگی و فاصله از گسل، جاده و رودخانه را مورد ارزیابی قرار داده که عامل گسل از لحاظ عامل ایجادکننده زمین‌لغزش پس از کاربری اراضی، زمین‌شناسی و شیب قرار گرفت (Cacon, 2009: 331-338; Cooper, 2007: 348-377; Evans, 2007: 89-101).

سؤال تحقیق

چه ارتباطی بین حرکت‌های توده‌ای و گسلش در سطح منطقه وجود دارد؟

فرضیات

- ۱- حرکت‌های توده‌ای در سطح منطقه از مکانیسم گسلش و نوع حرکت گسل‌ها تبعیت می‌کند.
- ۲- گسل‌های منطقه باعث خردشدگی سنگ‌ها در محل سطوح گسلش شده و این پدیده زمینه‌ی ایجاد حرکت‌های توده‌ای را فراهم می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی خضرآباد یکی از زیرحوضه‌های دشت یزد- اردکان در دامنه‌ی شمالی رشته‌کوه‌های شیرکوه بین ۳۰°-۴۱°-۵۳° درجه تا ۰۰°-۱۲°-۵۴° درجه طول شرقی و ۰۰°-۴۶°-۳۱° درجه تا ۰۰°-۰۶°-۳۲° درجه عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱). این منطقه بخشی از شهرستان صدوق بوده و در جنوب این شهرستان واقع شده و مساحت آن برابر ۱۰۵۹۹۵ هکتار می‌باشد. در این پژوهش زون گسله از طریق شاخص‌های ژئومورفیک مورد شناسایی قرار گرفته و برای اثبات فعال بودن منطقه، از شاخص سینوزیته جبهه کوهستان و با تشخیص خطواره‌ی سازنده‌های سنگی از طریق عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی خصوصاً نقشه‌ی رقومی زمین‌شناسی اقدام شد. پس از شناسایی زون گسله در منطقه و شناخت گسل‌های اصلی و فرعی و تهیه‌ی نقشه‌ی تکتونیک یا گسل‌ها در محیط ArcGIS به ارزیابی حرکت‌های توده‌ای ایجاد شده توسط گسل‌ها پرداخته، سپس تأثیر زون گسله در ایجاد حرکت‌های توده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت (مرتضوی چمچالی، ۱۳۸۸: ۱۰۳-۱۷). لذا ابتدا نقشه‌های توپوگرافی

بازدیدهای میدانی مشخص و مناطقی که ریزش‌های سنگی در آن اتفاق افتاده مشخص و با استفاده از دستگاه GPS طول و عرض نقاط برداشت شده و ورود کلیه‌ی این نقاط به نرم‌افزار ArcGIS، لایه‌هایی چون، ریزش‌های سنگی، محدوده‌ی پتانسیل زمین-لغزش و محدوده‌ی خطر گسل‌های اصلی حوضه ایجاد شده بررسی و نهایتاً با تلفیق لایه‌های ایجاد شده و گرفتن خروجی به صورت نقشه و جدول و گراف، نسبت به تفسیر و ارائه نتایج اقدام شده است (Blachowski, 2010: 349-354)

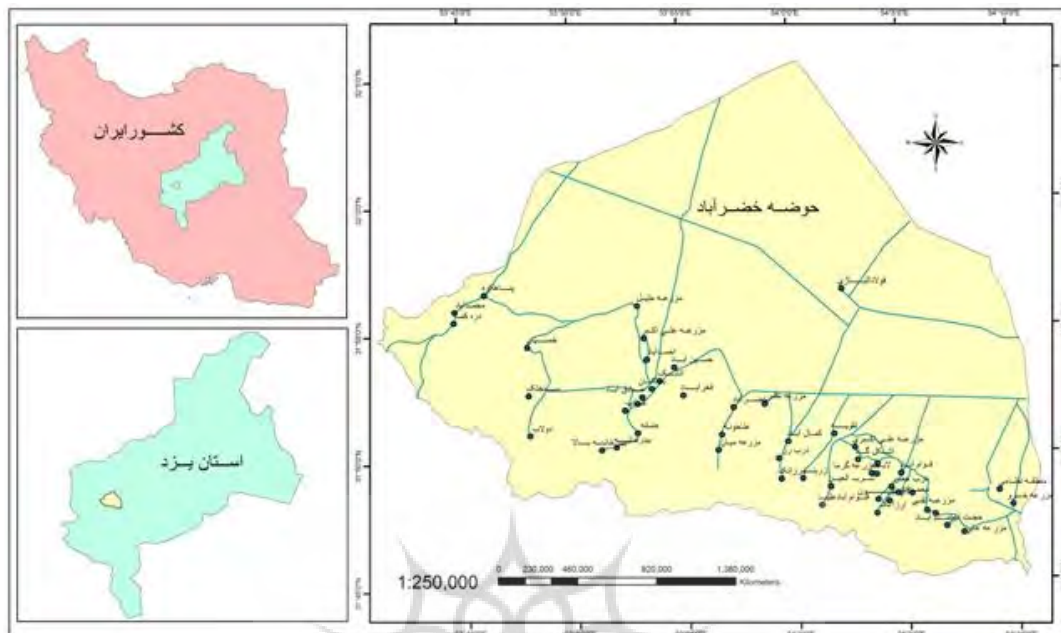
شاخص سینوزیته جبهه کوهستان

این شاخص به ارتباط میان قدرت رودخانه و نشیب جبهه کوهستان می‌پردازد. بدین ترتیب که جبهه‌های کوهستانی که در پیشانی آنها گسل‌های فعال وجود داشته و دائماً در حال بالآمدگی است، شکل مستقیمی داشته که به صورت خطواره در تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی کاملاً مشخص است. در پهنه‌هایی که میزان بالآمدگی و جنبایی ناچیز باشد، فرسایش اثر کرده و جبهه کوهستانی شکل سینوسی به خود می‌گیرد. بر پایه‌ی این دیدگاه شاخص سینوزیته به صورت زیر تعریف شده است

$$Smf = \frac{Lmf}{Ls} \quad \text{در این رابطه:}$$

حوضه‌ی مورد مطالعه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه و اسکن شده و توسط نرم‌افزار ArcGIS با مختصات UTM ژئورفرنس و رقومی گردید. سپس مرز حوضه‌ی مورد مطالعه، بر اساس خطوط توپوگرافی، خط‌الرأس ارتفاعات و آبراهه‌ها ترسیم شده و برای اطمینان از صحت مرز ترسیمی، آن را به صورت فرمت kmz بر روی گوگل ارث منتقل گردید. سپس با ترسیم توپوگرافی، لایه‌هایی چون DEM (مدل رقومی ارتفاع)، شیب و جهت تهیه شد. مدل رقومی ارتفاع این امکان را می‌دهد که با توجه به مختصات، بتوان عکس‌های هوایی منطقه را به سهولت با مختصات زمینی بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژی، تطبیق داد (Bouissou, 2011: 157-166).

برای جهت دید مناسب‌تر، تصویر سنجنده ETM+ یا لندست ۷ نیز تهیه و استفاده شد (مطهری‌نیا، ۱۳۹۰). پس از آن لایه‌هایی چون آبادی‌ها و راه‌ها و با رقومی نمودن نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه لایه‌هایی چون زمین‌شناسی حوضه و گسل‌ها ایجاد شده تا فاصله‌ی روستاها و راه‌ها از گسل‌های اصلی و فرعی مشخص و میزان آسیب‌پذیری هر کدام در برابر حرکت‌های توده‌ای ایجاد شده توسط گسل‌های منطقه‌ی مورد ارزیابی قرار گیرد. سپس با توجه به اطلاعات به دست آمده از تصاویر گوگل ارث، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه، نسبت به شناسایی مناطق مستعد زمین‌لغزش و سنگ‌افت که اغلب در نزدیکی گسل‌های اصلی بوده، اقدام شد. همچنین با



شکل ۱: موقعیت حوضه‌ی مورد مطالعه نسبت به استان یزد و ایران

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

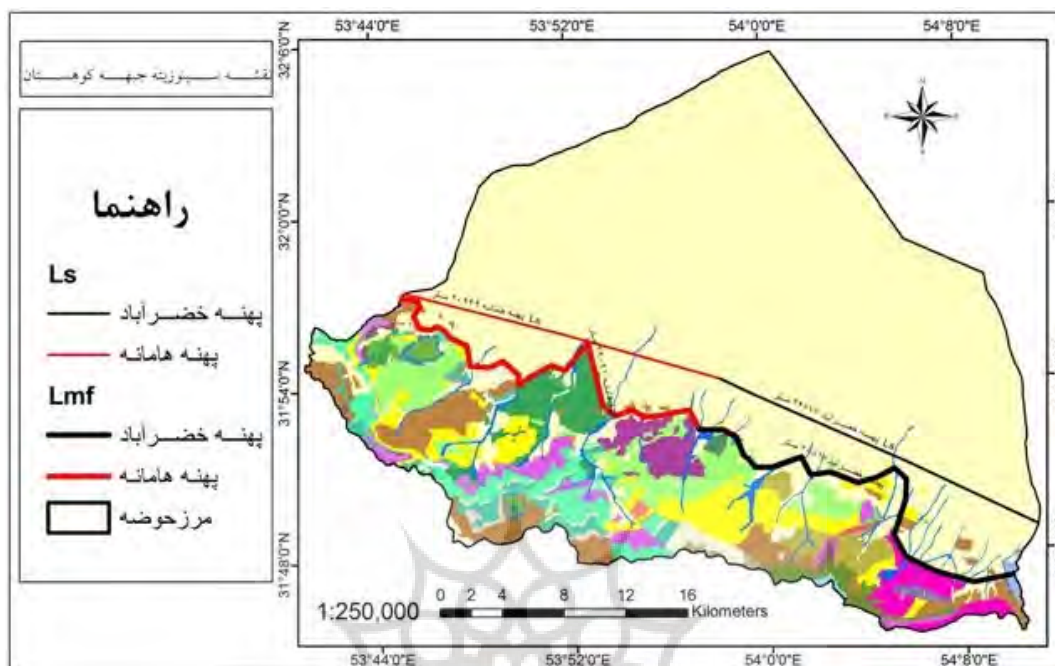
مطالعه به دو جبهه‌ی شرقی و غربی تقسیم و شاخص سینوزیته جبهه‌ی کوهستان در آن اندازه‌گیری شده که در جدول شماره‌ی ۱ آمده است.

L_{mf} طول جبهه‌ی کوهستان در فاصله بین کوهستان و کوهپایه و L_s که طول مستقیم جبهه کوهستان است (شکل ۲ و ۳). پهنه‌ی حوضه‌ی مورد



شکل ۲: نمایی شماتیک از طول جبهه کوهستان (L_{mf}) و طول مستقیم جبهه کوهستان (L_s)

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



شکل ۳: نقشه سینوزیته جبهه کوهستان در حوضه مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

جدول ۱: نتایج اندازه‌گیری شاخص Smf در پهنه‌های حوضه مورد مطالعه

Smf	Ls (متر)	Lmf (متر)	نام پهنه
۱/۲	۲۲۶۷۷	۲۸۸۱۷	پهنه خضراآباد (شرقی)
۱/۳	۲۰۹۶۹	۲۹۰۹۱	پهنه هامانه (غربی)

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۴

مورد مطالعه از نظر فعالیت‌های زمین‌شناسی و زمین‌لغزش‌ها می‌باشد (Sumerfield, 1999: 56).

گسل‌های حوضه

در حوضه مورد مطالعه گسل‌های فراوان دیده می‌شود که همگان از دو روند مخالف پیروی می‌نمایند. گسل‌هایی با راستای شمال غربی، جنوب شرقی از نوع امتداد لغز راست گرد و گسل‌هایی با راستای شمال شرقی، جنوب غربی که جوان‌تر از گسل‌های نوع اول است و دارای حرکات چپ‌لغز هستند. گسل‌ها یکی از عوامل مؤثر در ایجاد زمین‌لغزش‌های

بر اساس نظریه سامرفیلد که در کتاب Global Geomorphology آورده شده رابطه بین Smf و وضعیت حوضه از نظر فعالیت زمین‌ساخت به صورت زیر می‌باشد: اگر Smf برابر ۱ باشد منطقه بسیار فعال، Smf بین ۱ تا ۱/۵ باشد منطقه فعال، Smf بین ۱/۵ تا ۲ احتمال فعالیت، Smf بیش از ۲ باشد غیر فعال. بنابراین با توجه به این که شاخص سینوزیته جبهه کوهستان در پهنه خضراآباد (شرقی) برابر ۱/۲ و برای پهنه هامانه (غربی) برابر ۱/۳ شده است پس نشان‌دهنده فعال بودن منطقه‌ی

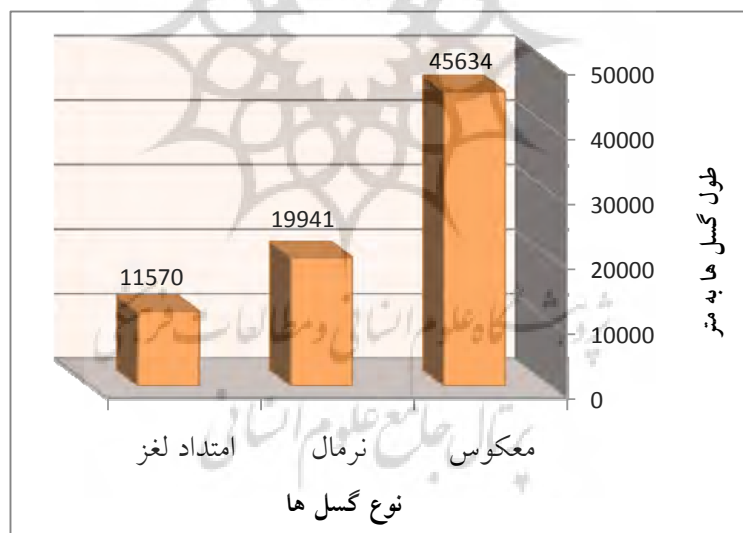
است. لذا با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS، لایه‌های گسل‌های معکوس و نرمال را در محدوده‌ی تنش هر یک از گسل‌های اصلی ایجاد نموده و طول هر یک از گسل‌ها را محاسبه و به صورت نمودار نشان داده است.

- گسل‌های اصلی حوضه

- گسل اصلی تفت

این گسل در بخش‌های جنوب شرقی حوضه مستقر و بالغ بر ۱۸۴۲۰ متر طول دارد ولی طول آن در حوضه‌ی مورد مطالعه ۱۱۵۷۰ متر بوده و مابقی آن در حوضه‌ی مجاور یعنی حوضه‌ی تفت می‌باشد. این گسل بر روی سازندهای نایبند، باروت، تناوب کنگلومرا و ماسه‌سنگ و سازند تفت اثر می‌گذارد.

ایجاد شده در حوضه‌ی مورد مطالعه می‌باشد از این رو به بررسی دقیق آن پرداخته شده است. (شکل ۱۱) بر اساس نظر برخی محققان در صورتی که مجموع طول گسل‌های معکوس (گسل‌هایی که با گسل اصلی زاویه‌ای بین ۳۰ تا ۸۹ درجه دارد) در حوضه تنش گسل اصلی، بیشتر از مجموع طول گسل‌های نرمال (گسل‌هایی که زاویه‌ی آن‌ها با گسل اصلی بین ۰ تا ۲۹ درجه است) باشد، نشان‌دهنده‌ی این است که منطقه از لحاظ تکتونیکی فعال بوده و در حال بالا آمدن می‌باشد و این بالاآمدگی زمینه‌ی حرکت‌های توده‌ای خصوصاً ریزش‌های سنگی و بلوکی را فراهم می‌سازد. علاوه بر این، شاخص سینوزیته جبهه‌ی کوهستان نیز بر این مدعا که منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی فعال می‌باشد، صحت گذاشته



نمودار ۱: طول گسل اصلی تفت و گسل‌های فرعی آن - گسل اصلی خضرآباد

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

سلطانیه و سازند کهر در حوضه عملکرد این گسل قرار دارند.

این گسل که در جنوب روستای خضرآباد واقع گردیده و بالغ بر ۱۰۴۵۵ متر طول دارد دارای روند جنوب شرقی- شمال غربی و سازندهای نایبند،



شکل ۴: نمای قسمتی از گسل اصلی خضرآباد
تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

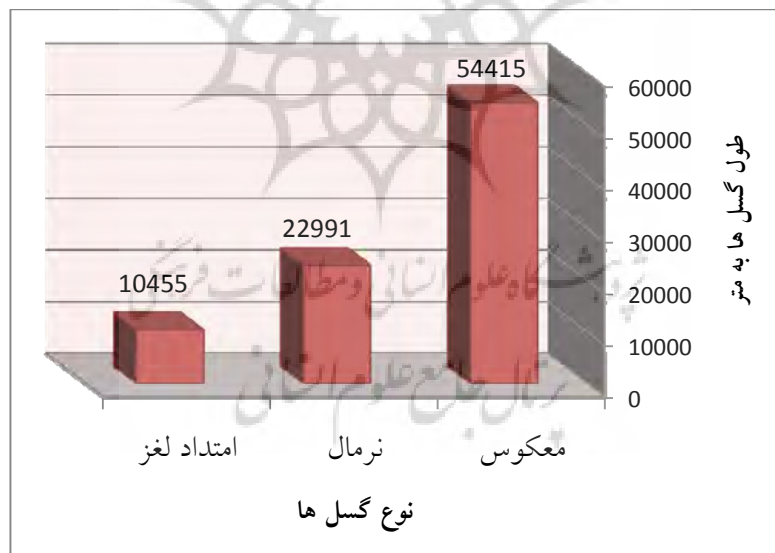


شکل ۵: نمایی از ریزش‌های سنگی در زمین‌های کشاورزی روستای درب رز نزدیک گسل فرعی خضرآباد
تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



شکل ۶: نمای گسل معکوس و واریزه‌های سنگی و بلوکی اطراف آن در حوضه تنش گسل خضرآباد
تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

طول گسل‌های معکوس بالغ بر ۵۴۴۱۵ متر و طول گسل‌های نرمال برابر ۲۲۹۹۱ متر می‌باشد (نمودار ۲).



نمودار ۲: طول گسل اصلی خضرآباد و گسل‌های فرعی آن

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

دولومیتی، سازند نایبند، سازند شتری، شیل ماسه سنگ کوارتزیتی و سازند سلطانیه را تحت تأثیر و تنش خود قرار می‌دهد.

– گسل هامانه

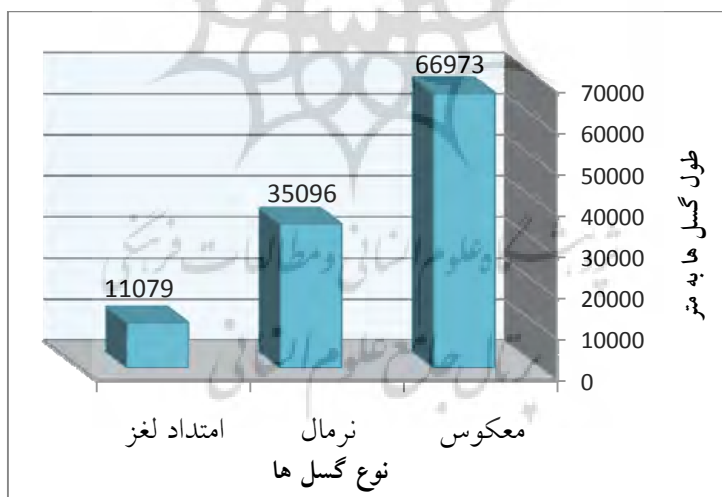
این گسل در بخش‌های جنوبی حوضه قرار داشته و از دره هامانه تا جنوب روستای خضرآباد ادامه دارد و بالغ بر ۱۱۰۷۹ متر طول و سازندهای آهک و آهک



شکل ۷: نمای قسمتی از گسل اصلی هامانه نزدیک روستای هامانه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

طول گسل‌های معکوس در حوضه‌ی تنش گسل اصلی هامانه برابر ۶۶۹۷۳ متر و طول گسل‌های نرمال برابر ۳۵۰۹۶ متر می‌باشد (نمودار ۳).



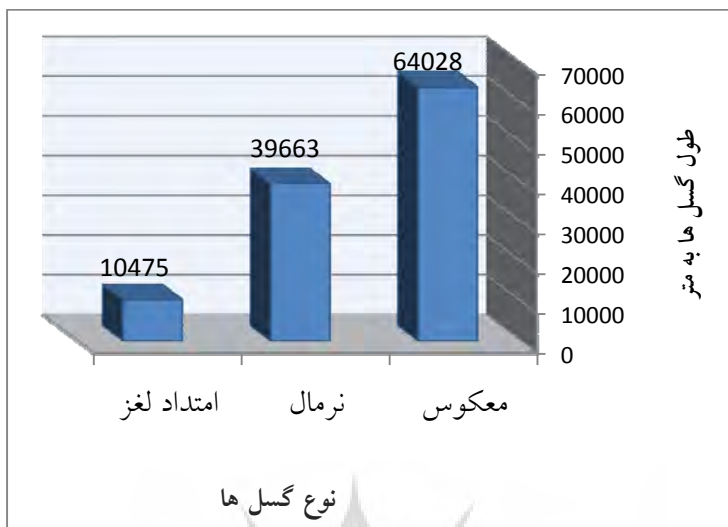
نمودار ۳: طول گسل اصلی هامانه و گسل‌های فرعی آن

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

آهک و آهک دولومیتی و سازند ناپیند را تحت تأثیر و تنش خود قرار می‌دهد. طول گسل اصلی میل سفید ۱۰۴۷۵ متر و طول گسل‌های معکوس برابر ۶۴۰۲۸ متر و طول گسل‌های نرمال برابر ۳۹۶۶۳ متر می‌باشد (نمودار ۴).

– گسل میل سفید

این گسل در غرب حوضه قرار دارد و طول آن ۱۰۴۷۵ متر می‌باشد و سازندهای شتری، سنگ‌های آتشفشانی داسیت، سنگ‌های آتشفشانی توف داسیت، تراس‌های بلند و قدیمی، سازند سلطانیه، سازند لالون،



نمودار ۴: طول گسل اصلی میل سفید و گسل‌های فرعی آن

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



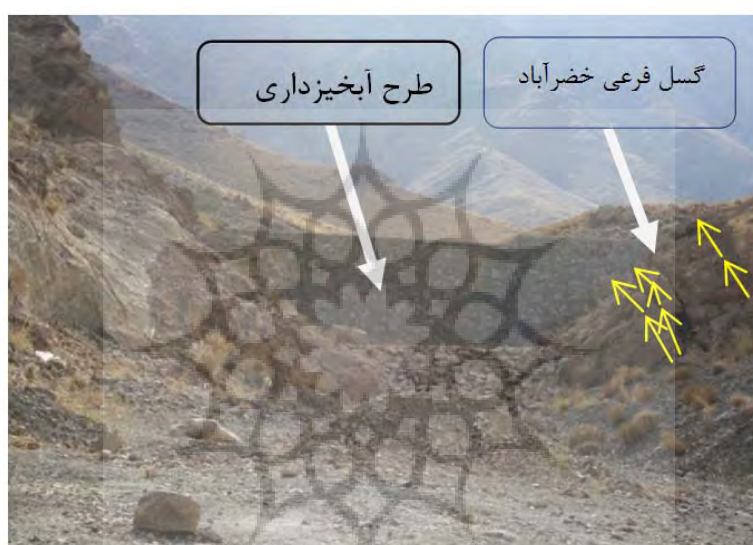
شکل ۸: قسمتی از گسل میل سفید

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

- گسل‌های فرعی

این گسل‌ها بالغ بر ۳۴۸ کیلومتر طول دارند و سازندهای زاگون ولالون، سازند تفت، شیل ماسه سنگ کوارتزیتی با میان لایه‌های آهک ماسه‌ای، سازند کهر و مراد-شیل و ماسه‌سنگ، سازند سلطانیه- دولومیت با گروهک‌های چرتی شیل‌دار و سازند نایبند را تحت تأثیر قرار می‌دهند که خود به

دو دسته گسل‌های نرمال و گسل‌های معکوس تقسیم‌بندی می‌شوند. سازندهای مستقر در محل‌های عبوری گسل‌های معکوس معمولاً از خردشدگی بیشتری برخوردارند لذا انجام عملیات سازه‌ای و آبخیزداری در این مناطق بایستی از دقت و ملاحظات بیشتری برخوردار باشد.



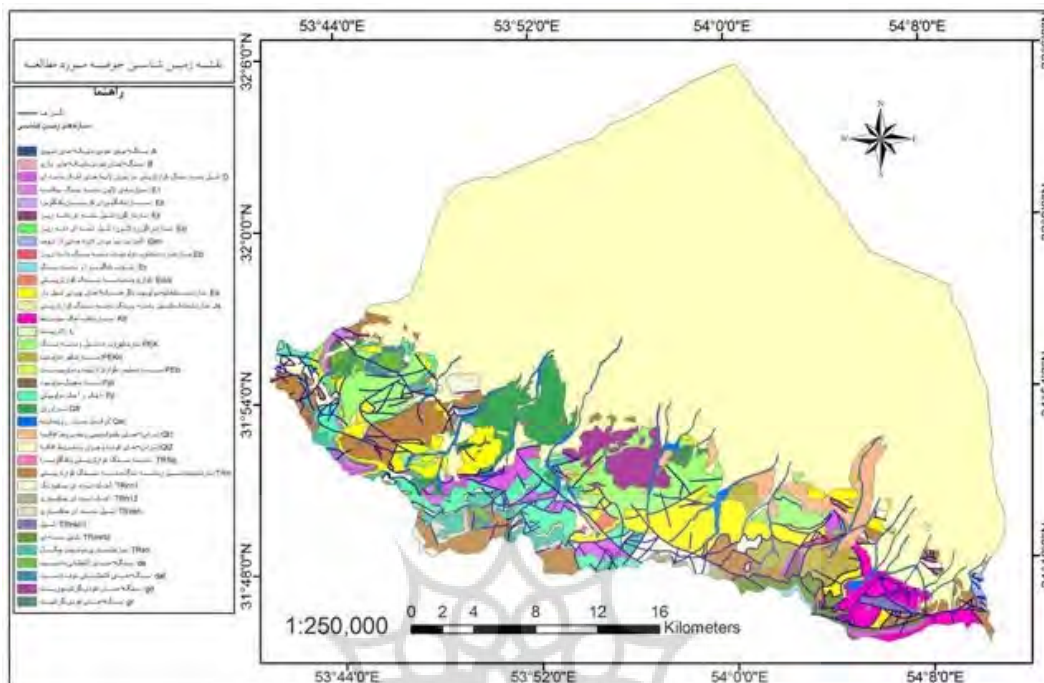
شکل ۹: نمای طرح آبخیزداری در نزدیکی گسل فرعی خضرآباد

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

- گسل‌های رانندگی

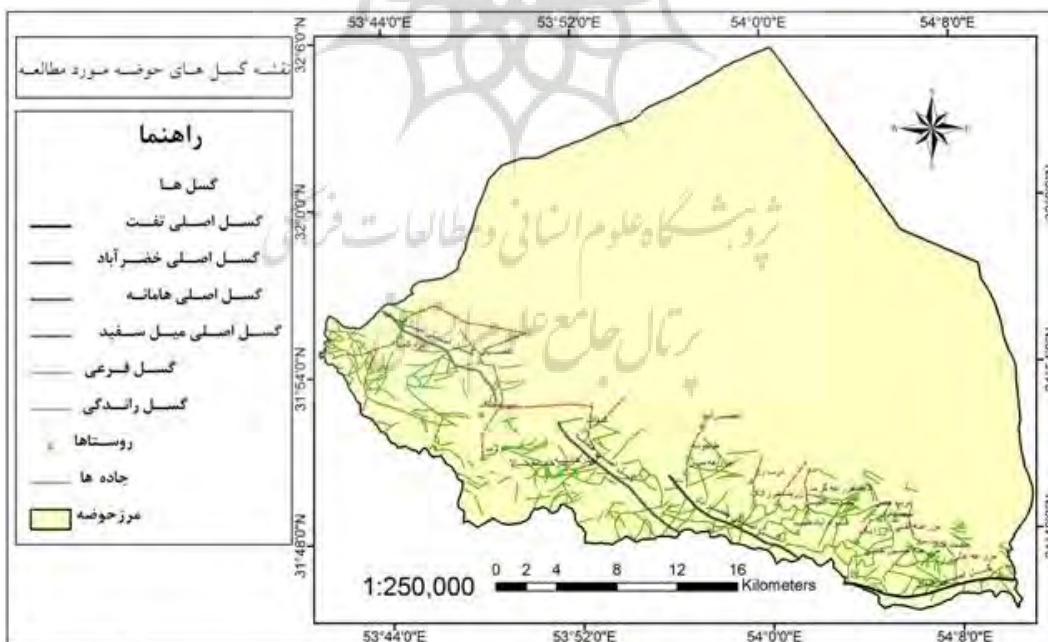
طول این گسل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه بالغ بر ۲۹ کیلومتر بوده که دارای شیب حدود ۶۵-۷۰ درجه می‌باشد و سازندهای کهن (باروت) و جوان (آواری‌های ائوسن) را روی سنگ‌های پالئوزوئیک و مزوزوئیک رانده است.

در هر منطقه بسته به شرایط محیطی یک یا چند عامل نقش اصلی را در وقوع ناپایداری و گسیختگی شیب دارند و عوامل دیگر وجودشان می‌تواند تسریع-کننده ناپایداری باشد. عواملی که به دست انسان و در طبیعت اعمال می‌شود و باعث ایجاد زمین‌لغزش می‌گردد، عوامل مصنوعی نام دارند.



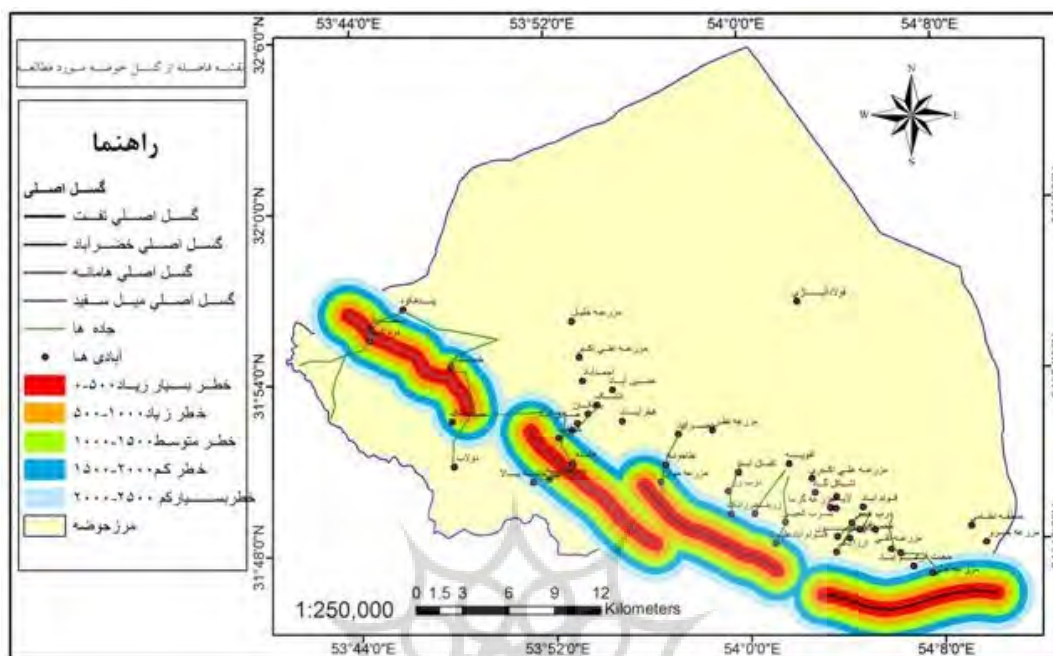
شکل ۱۰: نقشه زمین‌شناسی حوضه‌ی مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



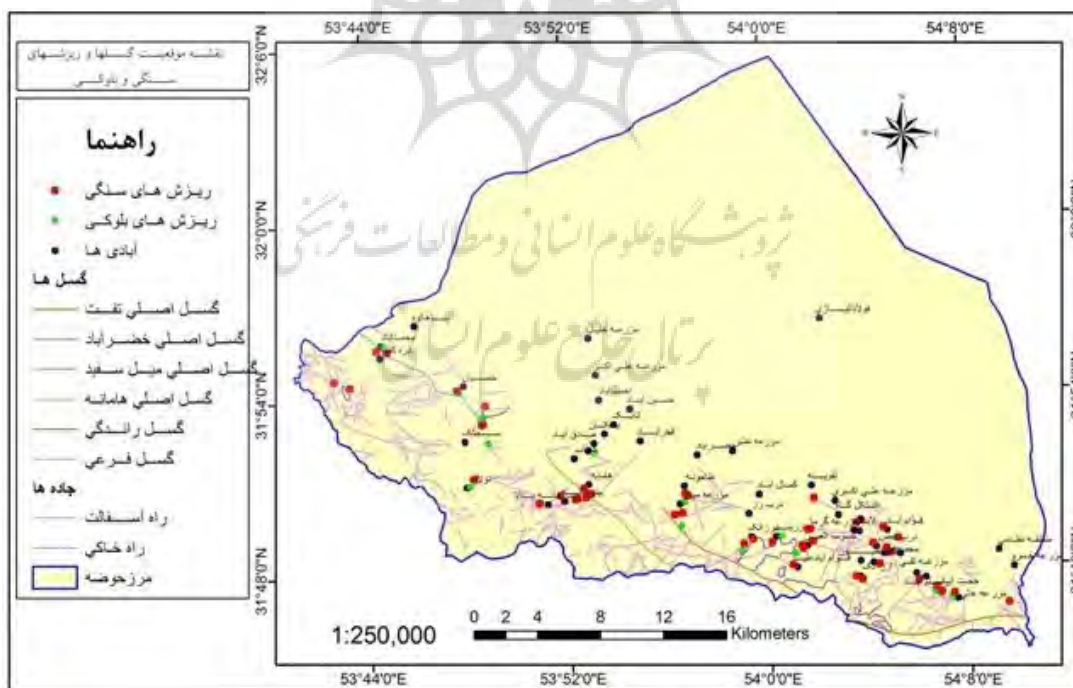
شکل ۱۱: نقشه گسل‌های حوضه‌ی مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



شکل ۱۲: نقشه فاصله از گسل (محدوده تحت تنش گسل‌های اصلی) حوضه مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



شکل ۱۳: نقشه موقعیت گسل‌ها و ریزش‌های سنگی و بلوکی

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

شیب دامنه موجب افزایش نیروهای مخرب و ناپایداری و گسیختگی شیب‌ها می‌گردد. بر این اساس زمین لغزش‌ها بر روی شیب‌های کمتر از ۲۵ درجه پدید نمی‌آیند و ۹۰ درصد لغزش‌ها بر روی دامنه‌هایی با شیب ۳۰-۵۰ درجه اتفاق افتاده‌اند. بیش از ۶۶/۳ کیلومتر مربع که بالغ بر ۶/۲۶ درصد از حوضه می‌باشد، دارای شیب ۳۰-۵۰ درجه است.

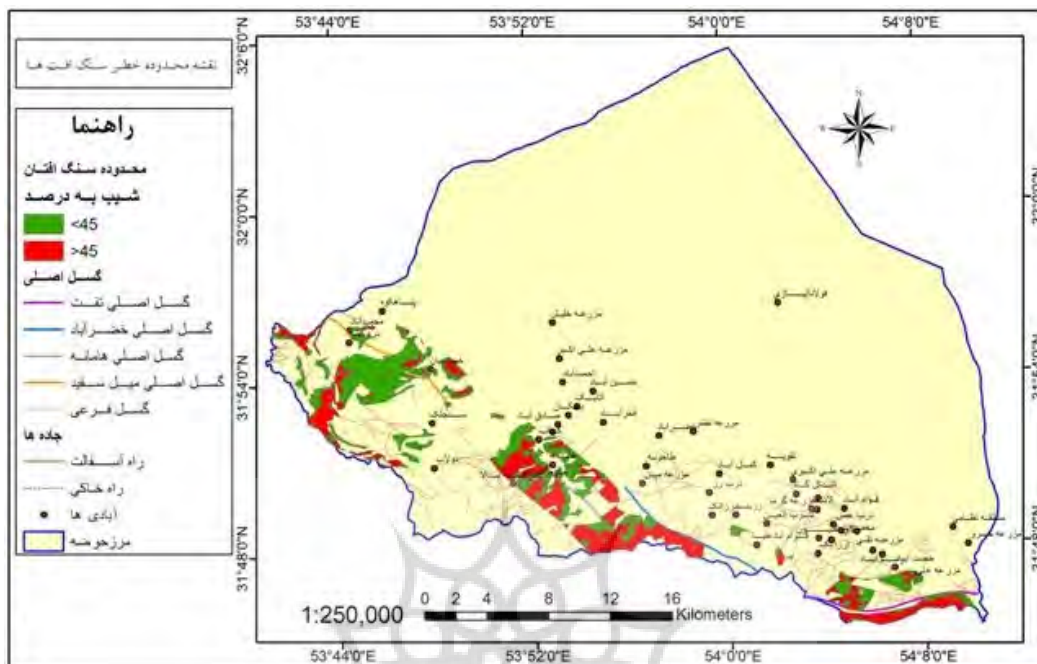
در شیب‌های بسیار بالا (معمولاً بالاتر از ۴۵ درجه) بیشتر احتمال وقوع نوعی ناپایداری سنگی به نام سنگ‌افتان است. مساحت تشکیل‌دهنده‌ی شیب‌های بالای ۴۵ درجه بالغ بر ۱۲۳/۲۵ کیلومترمربع می‌باشد که ۱۱/۶ درصد از حوضه را می‌پوشاند. بنابراین شرایط وقوع سنگ‌افت در حوضه‌ی مورد مطالعه کاملاً مهیاست که منجر به ریزش‌های سنگی گردیده است. این پدیده معمولاً در سنگ‌های سخت آهکی که دارای شکستگی فراوان هستند و در شیب‌های تند واقع شده‌اند، اتفاق می‌افتد. بدیهی است پارامتر زلزله نیز می‌تواند به عنوان عامل تحریک کننده سبب تشدید و تسریع وقوع این پدیده شود. البته قابل ذکر است که پارامترهای دیگر علاوه بر آن چه ذکر شد ممکن است در وقوع سنگ‌افت تأثیر داشته باشند، مثلاً ضعیف بودن و یا فرسایش یافتن لایه‌های زیرین طبقات سنگی و هوازدهی و یخبندان را در این رابطه می‌توان برشمرد. به هر حال با توجه به ریزشی بودن حوضه نقش پارامترهای مؤثر در پدیده‌ی سنگ‌افتان‌ها، می‌توان با تلفیق نقش پارامترهای لیتولوژی، شیب، زلزله و حضور گسل‌های اصلی و فرعی، پهنه‌های مستعد ریزش‌های سنگی را شناسایی کرد.

- سایر عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری و لغزش - تأثیر شرایط لیتولوژیکی در گسیختگی و لغزش منطقه

پارامترهای مقاومت برشی مواد تشکیل‌دهنده‌ی شیب‌ها شامل چسبندگی و ضریب اصطکاک داخلی ($\phi-C$) نشان داده می‌شود، ارتباط بسیار نزدیک با نوع لیتولوژی مواد دارند. در دو شیب تحت شرایط تنش‌ی مشابه شیبی که مقاومت برشی کمتر دارد زودتر و سریع‌تر گسیخته می‌شود و میزان هوازدهی می‌تواند نقش تعیین کننده در تغییر این پارامترها داشته باشد. از طرف دیگر پارامترهای فیزیکی خاک همانند وزن، حجم (V) میزان تخلخل و پوکی نیز که به نحوی از لیتولوژی و بافت تبعیت می‌کنند، نقش مؤثری در پایداری شیب دارند. شدت هوازدهی رابطه‌ی معکوس با مقدار C یا چسبندگی مواد تشکیل‌دهنده‌ی شیب دارد. هر چه C کمتر باشد سنگ یا خاک سست‌تر و کم مقاومت‌تر، تأثیر هوازدهی که باعث فرسایش و ناپایداری سطحی و عمقی توده می‌شوند، بیشتر خواهد بود. آن چه مسلم است تجارب علمی و عملی نشان می‌دهد که سنگ‌های رسوبی و تبخیری به دلیل شرایط خاص تشکیل بافت و ساخت نسبت به اغلب سنگ‌های دگرگونی و آذرین سست‌تر و کم مقاومت‌تر هستند و گستره مقاومت برشی آن‌ها نسبتاً پایین است و لذا برای گسیختگی و لغزش با فرض ثابت گرفتن دیگر شرایط مؤثر در ناپایداری، مستعدتر می‌باشد.

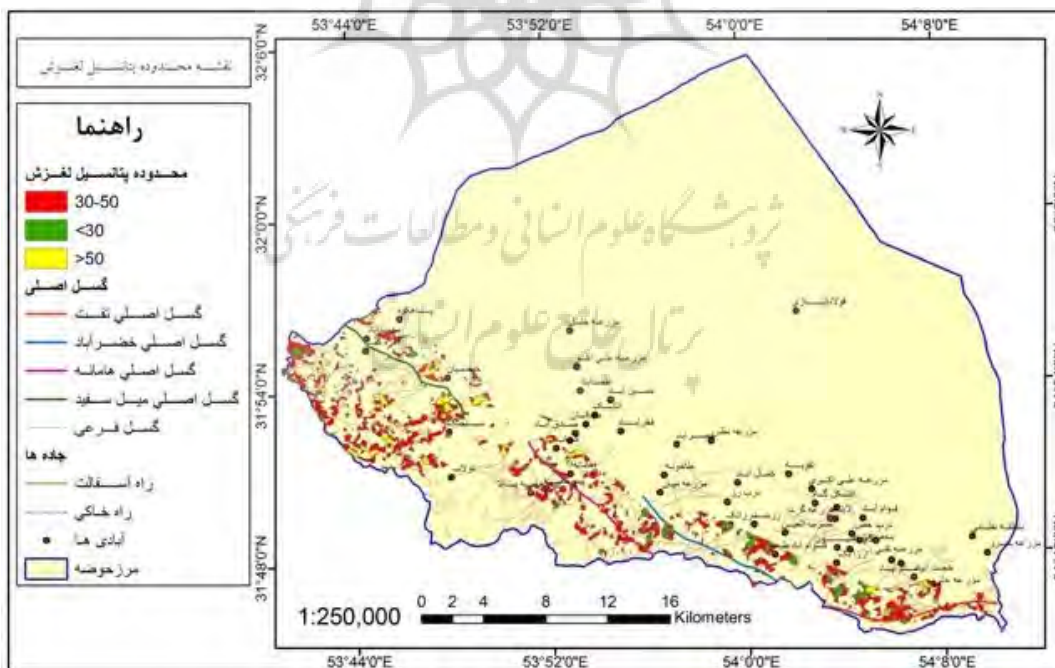
- عامل میزان شیب و تأثیر آن در بروز ناپایداری

عامل شیب نیز از عوامل مؤثر عمده در بروز ناپایداری‌ها در حوضه‌ی مورد مطالعه می‌باشد. افزایش



شکل ۱۴: نقشه‌ی محدوده‌ی خطر سنگ‌افته‌های حوضه‌ی مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴



شکل ۱۵: نقشه محدوده‌ی پتانسیل زمین لغزش حوضه‌ی مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۴

شرایط وقوع سنگ افت در حوضه

این شرایط در حوضه کاملاً مهیاست که منجر به ریزش‌های سنگی گردیده است. این پدیده معمولاً در سنگ‌های سخت آهکی که دارای شکستگی فراوان هستند و در شیب‌های تند واقع شده‌اند، اتفاق می‌افتد. بدیهی است پارامتر زلزله نیز می‌تواند به عنوان عامل تحریک‌کننده‌ی سبب تشدید و تسریع وقوع این پدیده شود. البته قابل ذکر است که پارامترهای دیگر علاوه بر آنچه ذکر شد ممکن است در وقوع سنگ افت تأثیر داشته باشند، مثلاً ضعیف بودن و یا فرسایش یافتن لایه‌های زیرین طبقات سنگی و هوازدگی و آلتراسیون و غیره را در این رابطه می‌توان برشمرد. به هر حال با توجه به ریزشی بودن حوضه نقش پارامترهای مؤثر در پدیده سنگ افت‌ها می‌توان با تلفیق نقش پارامترهای لیتولوژی، شیب، زلزله و حضور گسل‌های اصلی، پهنه‌های مستعد ریزش‌های سنگی را شناسایی کرد (شکل ۱۴).

دخالت دیگر عوامل مؤثر در فرسایش و هوازدگی سنگ‌ها و خاک‌ها می‌تواند به شدت بر روی مقاومت برشی یک توده سنگ یا خاک تأثیر جدی بگذارد. شدت درزه‌داری و حضور خردشدگی‌های تکتونیکی که عامل اصلی نفوذ آب به داخل توده‌هاست می‌تواند به شدت، مقاومت برشی یک سنگ یا خاک را کاهش دهند

نتایج حاصل از عامل زلزله و تأثیر آن در وقوع زمین لغزش

سرعت وقوع ناپایداری و لغزش دامنه‌ها بستگی به سرعت و میزان بار اعمال شده و اختلاف آن با نیروهای مقاومت سطح لغزش دارد. زمین لغزش‌های زلزله‌ای دارای سرعت وقوع بسیار بالا هستند که علت اعمال نیروهای ناگهانی ناشی از شتاب زلزله و ایجاد اختلاف زیاد بین میزان بار اعمال شده و نیروهای مقاومت سطح لغزش می‌باشد. بر اساس تغییر پتانسیل

لرزه‌زایی و با استفاده از فرمول‌های ذکر شده در فصل قبل، بزرگی زمین لرزه، شدت تخریب، شتاب در محل کانون زلزله و میزان جابه‌جایی در اثر حرکت احتمالی گسل‌های محدوده‌ی مورد مطالعه، دوره تناوب و مدت نوسان زمین لرزه محاسبه شده و با توجه به اینکه عمر مفید سازه‌های آبخیزداری کمتر از ۵۰ سال (۳۰ سال) در نظر گرفته می‌شود مقادیر شدت و شتاب ثقل زمین در حوضه به شرح جدول ذیل می‌باشد (جدول ۱).

فرمول‌های مورد استفاده در برآورد زلزله

$$Ms=5.4+\text{Log } L$$

(Mohajer Ashjai & Norouzi, 1978)

L = طول گسلش زمین لرزه بر حسب کیلومتر و برابر با ۵۰ درصد طول گسل فرض شده است.

$$Ms=1.259+1.244\text{Log } L \quad (\text{Norouzi, 1978})$$

L = طول گسلش بر حسب متر

توان لرزه‌ای گسل‌های اساسی گستره طرح که بر اساس دو فرمول فوق محاسبه شده اختلاف کمی با یکدیگر دارند (Ambraseys, 1974: 85) که در این جا از فرمول اولی استفاده گردیده است. بین بزرگی و شدت زمین لرزه سه رابطه زیر را می‌توان نام برد:

$$Io=1.7Ms-2.8 \quad (\text{Norouzi, 1978})$$

$$M=0.77Io-0.07 \quad (\text{Ambraseys, 1982})$$

$$I=Io+3.44-0.002D-3.10\text{Log } D$$

نتیجه

بر اساس شاخص سینوزیته جبهه کوهستان که در دو پهنه خضرآباد و هامانه با توجه به اندازه‌گیری دو کمیت Lmf و Ls مقادیر Smf برای پهنه‌ی خضرآباد برابر ۱/۲ و پهنه‌ی هامانه برابر ۱/۳ مشخص گردید که

منابع

- پورحسن، علی؛ حسن حاجی حسینلو (۱۳۸۹). بررسی پدیده زمین لغزش در جنوب غربی خوی، شمال باختری ایران، چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین. دانشگاه ارومیه.
- پورحسین، سپیده؛ مرضیه قاسمی؛ عاطفه منتظم (۱۳۸۸). ارزیابی کارایی مدل پهنه بندی خطر زمین لغزش حائری- سمیعی در حوزه ی آبخیز قورچای رامیان. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- حسن زاده نفوتی، محمد؛ مسلم چابک؛ زهره ابراهیمی خوسفی (۱۳۹۰). پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره مکانی (SMCE) (مطالعه موردی: حوزه ی آبخیز سلمان رود)، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک. جلد نوزدهم. شماره اول. صفحات ۹۹-۱۱۶.
- زارع مهرجردی، احمدعلی (۱۳۷۳). تحلیل دگر شکلی گسل دهشیر- بافت در عرض جغرافیایی ۳۰-۳۲/۳۰. پایان نامه کارشناسی ارشد. صفحات ۱۰۷-۹۵.
- زارع مهرجردی، احمدعلی (۱۳۸۹). پهنه بندی ناحیه البرز باختری براساس شاخص های ریخت زمین ساخت. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. شماره ۱. صفحات ۱۸۷-۱۶۷.
- صالحی پور، علیرضا (۱۳۸۰). بررسی پارامترهای هیدرومورفیک مؤثر در حرکات دامنه ای حوضه ی آبریز قوری چای با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.
- عبدالخانی، علی؛ علی اکبر جمالی (۱۳۸۸). کاربرد GIS و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطر زمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل مؤثر در ایجاد لغزش (مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشد یزد)، همایش و نمایشگاه ژئوماتیک.

این منطقه از نظر شاخص مزبور به عنوان منطقه ی فعال تقسیم بندی گردید

با توجه به خطوارگی ساختارهای زمین شناسی و عملکرد گسل ها که از طریق عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای و نقشه ی توپوگرافی و زمین شناسی کاملاً مورد ارزیابی قرار گرفت مشخص گردید که پهنه های خضرآباد و هامانه از این نظر نیز جزء پهنه های فعال مطرح می باشد و حرکت های توده ای اتفاق افتاده رابطه ی مستقیمی با گسلش در سطح منطقه دارد.

با عنایت به کوهستانی بودن حوضه ی مورد مطالعه و وجود گسل های فراوان که با توجه به نقشه ی مدل ارتفاعی یا DEM^۱ حوضه، ارتفاع بین ۱۸۵۰ تا ۲۷۵۰ متر معادل ۲۷۸ کیلومترمربع بوده که ۲۶ درصد مساحت حوضه ی مورد مطالعه را در بر می گیرد و بالغ بر ۹۵ درصد گسل ها قرار داشته و اغلب حرکت های توده ای حادث شده در این ارتفاعات رخ داده است و با توجه به وجود گسل های معکوس بیشتر نسبت به گسل های نرمال در حوضه ی عملکرد گسل های اصلی، فعال بودن منطقه و در نتیجه ی آن ایجاد حرکت های توده ای را باعث گردیده است. بر اساس نظر ریدل^۲ (۱۹۲۹) در این مورد که بیشتر بودن گسل های معکوس نسبت به گسل های نرمال نشان از فعال بودن منطقه دارد این نظریه را به اثبات می رساند که حوضه ی مورد مطالعه فعال بوده و حرکت های توده ای اتفاق افتاده در این حوضه، از مکانسیم گسلش نشأت می گیرد و این گسل ها باعث خرد شدن سنگ های سطوح خود شده و زمینه ی ایجاد حرکت های توده ای را در سطح منطقه باعث گردیده است.

- Blachowski J, Milczark W, and Cacon S (2010). Project of a rock mass surface deformation monitoring system in the Walbrzych coal basin. *Acta Geodyn, Geomater*, Vol 7, No.3, 349-354.
- Bouissou S, Darnault R, Chemenda A, Rolland Y (2011). Evolution of gravity-driven rock slope failure and associated fracturing: Geological analysis and numerical modeling. *Journal Tectonophysics*, 526, 157-166.
- Cacon S, Wojewoda J, and Kaplon J (2009). Geodynamic studies in the gory stolowe national park area. *Acta Geodyn, Geomater*, Vol 6, No 3, 331- 338.
- Cooper R.G (2007). Mass Movements in Great Britain. *Geological Conservation Review Series*. No.33, 348-377.
- Evans S.G. , Guthrie R. H. , Roberts N. J., and Bishop N.F (2007). The disastrous 17 February 2007 rockslide-debris avalanche on Leyte Island, Philippines: a catastrophic landslide in tropical mountain terrain. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 7, 89-101.
- Glade T (2003). Vulnerability assessment in landslide risk analysis. *DIE ERDE* 134, 123-146.
- Larsen M.G, Parkes J.E (1997). The association of roads and mass wasting in a forested mountain, *Ear. Sur, Pro & Abstract: Landforms*, Vol. 22, 836.
- فیض‌نیا، سادات؛ حسن احمدی؛ محمد حسن زاده‌نوفتی (۱۳۸۰). پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه‌ی آبخیز سلمان‌رود در استان گیلان، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۴، شماره ۴. صفحات ۲۱۹-۲۰۷.
- محمودی، فرج ا... (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات دانشگاه تهران.
- مرتضوی چمچالی، منوچهر؛ شهروز حق‌نظر (۱۳۸۸). بررسی خطر حرکات دامنه‌ای و زمین‌شناسی مهندسی روستای دولت‌آباد در شمال‌شرق رودبار، فصلنامه تخصصی زمین و منابع. پیش شماره ۲. صفحات ۱۰۳-۸۷.
- مطهری‌نیا، محمدمهدی (۱۳۹۰). بررسی وضعیت و عوامل مؤثر در ایجاد حرکت‌های توده‌ای در منطقه سانج یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد.
- نصیری، شهرام (۱۳۸۳). نگرشی بر زمین‌لغزش‌های ایران (بررسی موردی ناپایداری شیب‌ها در جاده هراز)، پایگاه ملی علوم زمین کشور. آدرس سایت: www.ngdir.com.
- Ambraseys N. N (1974). Historical seismicity of North-Central Iran. In materials for the study of seismotectonics of Iran: North-Central Iran *Geol, Surv, Iran*, Rep.29. PP:47-95.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی