بررسی شواهد تکتونیک فعال و ویژگی‌های حریم گسل کوشک و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی، استان قزوین

سعیدمحمد صبوری*، حسین حاجی علی بیگی**

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۲۶

چکیده

در این مقاله به بررسی فعالیت گسل کوشک از طریق مشاهدات صحرایی زمین‌لغزش‌های مرتبط با فعالیت گسل کوشک و سایر شواهد فعالیت آن و تحلیل موقعیت مکانی سکونتگاه‌های روستایی محدوده‌ی مطالعاتی گسل کوشک پرداخته شده است. منطقه‌ی موردبررسی در محدوده‌ی استان قزوین و در زون ساختاری البرز و در امتداد گسل کوشک بین مختصات طول جغرافیایی ۵۰/۲۵ تا ۵۰/۵۰ واقع شده است. در مقاطع انتخاب‌شده برای بررسی فعالیت گسل شواهدی از خردشدگی سنگ‌ها، چشمه‌های متعدد و زمین‌لغزش‌های قدیمی و جدید فراوانی مشاهده گردید که مشخص‌کننده‌ی فعالیت گسل است. با توجه به بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی پهنه گسلی گسل کوشک در مقاطع بررسی‌شده، به میزان ۲۶۰ متر در طرفین گسل اندازه‌گیری شد. ازآنجایی‌که در محدوده‌ی گسل کوشک تعدادی روستا وجود دارد که از بین آن‌ها کل بافت کالبدی روستای علی‌آباد بر روی پهنه گسل و بخشی از روستاهای کوشک، زرآباد، گرمارود بالا، سیمیاردشت و حسن‌آباد بر روی پهنه گسیختگی گسل واقع شده‌اند. برای روستای علی‌آباد که کل بافت کالبدی آن واقع بر روی گسل کوشک است و همچنین برای روستاهای کوشک، زرآباد، گرمارود بالا، سیمیاردشت و حسن‌آباد که بخشی از بافت کالبدی آن‌ها بر روی پهنه‌ی گسل کوشک واقع شده است، برای جلوگیری از مرگ‌ومیر ناشی از گسیختگی سطحی حین زلزله و یا رخداد زمین‌لغزش ناشی از فعالیت گسل به‌منظور حفظ جان انسان‌ها، جابه‌جایی روستا به نقطه‌ی دیگر و یا اصلاح سمت توسعه‌ی آتی روستا به خارج از حریم گسیختگی گسل کوشک ضروری است. بدین منظور می‌توان در تهیه و یا بازنگری طرح هادی این روستاها، زون برشی تعیین‌شده برای گسل کوشک را ملاک توسعه‌ی آتی روستاها قرار داده و در تعیین سمت توسعه آتی این روستاها ساخت‌وساز جدید بر روی پهنه‌ی زون برشی گسل کوشک را ممنوع اعلام کرد و در نقشه‌ی طرح هادی روستا گنجانده شود.

کلمات کلیدی: حریم گسیختگی، گسل کوشک، زمین‌لغزش، آسیب‌پذیری، سکونتگاه روستایی.

* استادیار پژوهشکده‌ی سوانح طبیعی و دکتری زمین‌شناسی گرایش تکتونیک، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
saeedsabouri@yahoo.com
** استادیار گروه حوضه‌های رسوبی و نفت دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]

[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

مقدمه

ساخت‌وساز در مکان‌های ایمن جهت توسعه‌ی سکونتگاه‌های شهری و روستایی جزء الزامات اساسی برای تعیین این مکان‌ها و یا جابه‌جایی آن‌ها است. در این خصوص بررسی فعالیت گسل و رعایت حریم گسیختگی سطحی گسل موضوعی است که در مکان‌یابی سکونتگاه‌ها مغفول مانده است. به همین دلیل در هنگام رخداد زلزله منازل بسیار زیادی براثر جابه‌جایی گسل و گسیختگی سطحی گسل تخریب می‌شوند. همچنین بررسی‌های تکتونیک فعال نشان می‌دهد که فعالیت‌های تکتونیکی به‌وسیله‌ی رخداد زمین‌لرزه و ایجاد نیروی محرک، بالاآمدگی‌های 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 به‌عنوان مصالح مستعد لغزش، افزایش نفوذپذیری سنگ‌ها، تغییر در جهت و میزان شیب لایه‌های زمین‌شناسی باعث رخداد زمین‌لغزش‌ها می‌گردد. منطقه‌ی موردبررسی بخشی از محدوده‌ی استان قزوین است که از دیدگاه تکتونیکی در زون ساختاری البرز باختری و در مختصات طول جغرافیایی ۵۰/۲۵ تا ۵۰/۵۰ واقع شده است، این محدوده مشتمل بر گسل کوشک و پیرامون آن است (تصویر شماره‌ی a۱). آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی به‌وسیله‌ی گسیختگی سطحی ناشی از فعالیت گسل موضوعی است که در مکان‌یابی و توسعه‌ی سکونتگاه‌ها مغفول مانده است و باعث خساراتی در حین رخداد زلزله‌ها شده است؛ لذا نیاز است که به موضوع حریم گسلش و آسیب‌پذیری ناشی از آن به‌صورت جدی پرداخته شود.

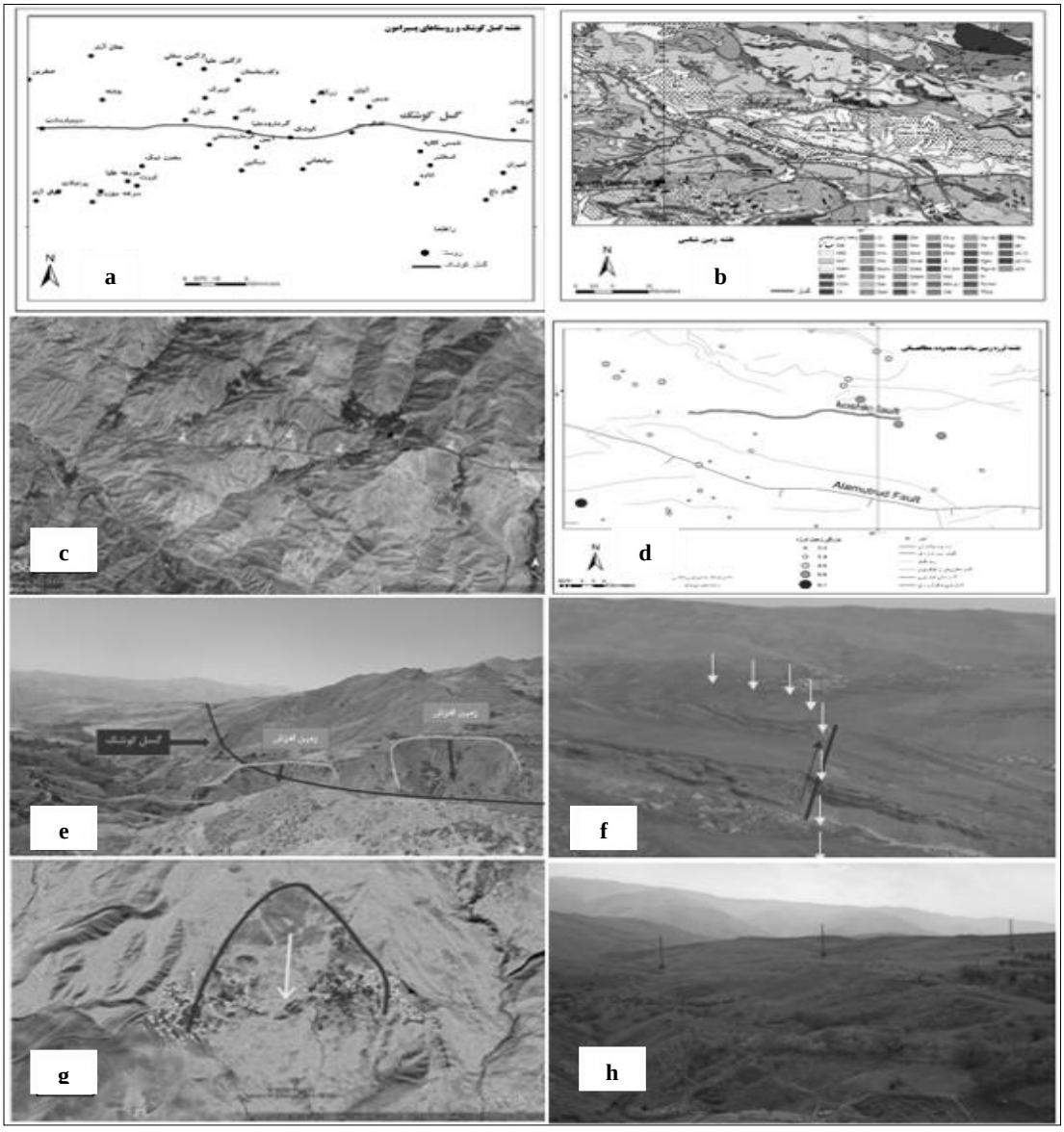
ادبیات موضوع

مبحث تکتونیک فعال در موضوع علوم زمین تحت عنوان حرکات نئوتکتونیکی که احتمال وقوع آن‌ها در زمان‌های آتی وجود داشته و جوامع بشری را تهدید می‌نماید، تعریف شده است (Burbank et al., 2001). پدررا[1] و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که مطالعات تکتونیک فعال از مباحث مهم در علوم زمین بوده و نتایج آن برای ارزیابی مخاطرات طبیعی و برنامه‌های توسعه و مدیریت کاربری اراضی در مناطق پرجمعیت کاربرد زیادی دارد. تکتونیک فعال به‌عنوان یک فرایند طبیعی، مخاطرات زیادی را برای جوامع انسانی ایجاد می‌کند (پروین، ۱۳۹۹). همچنین حرکات توده‌ای شامل همه‌ی حرکت‌هایی است که تحت تأثیر وزن توده حادث می‌شوند. زمین‌لغزش که یک نوع از این حرکات است، عبارت از لغزش زمین در جهت شیب دامنه و یا سقوط یک توده‌ی سنگی و یا مخلوطی از خاک و سنگ است (شریعت جعفری، ۱۳۷۶). در طول دامنه‌ها 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 و خردشدگی‌ها است (رمضانی و ابراهیمی، ۱۳۸۸). در میان روش‌های زمین‌شناختی برای بررسی زمین‌ساخت فعال، بررسی‌های ژئوموفولوژی و مطالعات مورفوتکتونیک نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کنند، چون‌که بسیاری از عوارض ژئومورفیک در مقابل حرکات تکتونیکی فعال حساس هستند (جباری و همکاران، ۱۳۹۱).

شاخص‌های ژئومورفیک ابزار سودمندی برای مطالعه‌ی فعالیت‌های تکتونیکی در نواحی مختلف

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

محسوب می‌شوند و به‌وسیله‌ی آن‌ها می‌توان اطلاعـاتی در مورد نواحی که در معرض فعالیت تکتـونیکی سـریع و حتی کند قرار دارند را بـه دسـت آورد (زرگـرزاده و همکاران، ۱۳۸۸).



ت ۱. a: موقعیت گسل کوشک و موقعیت روستای پیرامون، b: نقشه‌ی زمین‌شناسی، c: نقشه‌ی موقعیت گسل کوشک و موقعیت مقاطع برداشت صحرایی، d: نقشه‌ی لرزه‌زمین‌ساخت، e: موقعیت گسل کوشک در نزدیکی روستای علی‌آباد (دید به سمت غرب)، f: جابه‌جایی ایجادشده در شرق روستای علی‌آباد براثر فعالیت گسل کوشک پیکان‌های زردرنگ امتداد گسل و پیکان قرمزرنگ جهت جابه‌جایی را نشان می‌دهد (دید به سمت شرق)، g: موقعیت و محدوده‌ی زمین‌لغزشی قدیمی روستای علی‌آباد، h: چشمه‌های موجود در نزدیکی روستای علی‌آباد دید به سمت جنوب، (صبوری، ۱۴۰۰).

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]

[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

در ایران با توجه به کمبود اطلاعات از موقعیت دقیق گسل‌ها در مناطق شهری، اغلب به‌جای انجام مطالعات دقیق ساختگاهی جهت تعیین موقعیت گسل و گسل‌های همراه، پیشنهادهایی برای انتخاب فواصلی تا دو هزار متر به‌عنوان حریم ذکر می‌شود که با مقاومت مالکان روبه‌رو می‌گردد. درصورتی‌که انجام مطالعات ساختگاهی ضمن کمک به شناسایی دقیق موقعیت گسل، منجر به انتخاب حریم طبق معیارهای معتبر علمی و همچنین موقعیت دقیق گسل، قابل‌قبول برای سرمایه‌گذاران و صاحبان املاک خواهد بود (شفیعی بافتی و همکاران، ۱۳۸۹).

درزمینه‌ی بررسی زمین‌ساخت فعال و ارتباط زمین‌لغزش با آن تاکنون پژوهش‌های متعددی در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است که ازجمله‌ی آن‌ها می‌توان به این موارد اشاره نمود:

استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در مطالعه‌ی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی توسط بول[۲] و همکاران (۱۹۷۷) آغاز گردید. این شاخص‌ها توسط سایر پژوهشگرانی همچون راک‌ول[۳] و همکاران (۱۹۸۵) در جنوب غربی آمریکا، ولز[۴] و همکاران (۱۹۸۸) در سواحل کاستاریکا، سیلوا[۵] و همکاران (۲۰۰۳) در سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا، گارنیر و پیرروتتا[۶] (۲۰۰۸) در شمال شرقی سیسیل مورداستفاده قرار گرفته است. الحمدونی[۷] و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شاخص نسبی فعالیت زمین‌ساختی، زمین‌ساخت فعال جنوب اسپانیا را طبقه‌بندی نموده و مناطق فعال آن را مشخص کردند. وی‌دونگ[۸] و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تئوری فازی اقدام به ارزیابی میزان حساسیت حرکات توده‌ای انجام‌شده در استان کوئیژو در چین کردند. نتایج نشان دادند که مدل به‌کاررفته روش کارآمدی برای پهنه‌بندی حرکات توده‌ای در منطقه‌ی موردمطالعه است. سانچز[۹] و همکاران (۲۰۱۰) 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[۱۰] و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از پردازش‌های تصاویر ماهواره‌ای خطواره‌های جنوب غربی بخشی از منطقه‌ی تایز یمن را شناسایی و با بررسی‌های صحرایی نتایج را کنترل نموده و نشان دادند که روش به‌کارگرفته‌شده دقت زیادی دارد. گالو[۱۱] و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تحلیل فضایی شاخص گرادیان طولی رودخانه، به بررسی زمین‌لغزش‌های منطقه‌ی کوهپایه‌ای بخش جنوب شرقی املیا رومانیا در شمال منطقه‌ی اپنی در ایتالیا پرداختند. دانی[۱۲] و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی نقش عوامل مورفولوژیکی و ساختاری در زمین‌لغزش‌هایی که در پی زلزله‌ی منطقه‌ی پادنگ در سوماترای غربی که در سال ۲۰۰۹ اتفاق افتاد پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در منطقه با فعالیت متوسط تکتونیکی بوده است. شارما و سارما[۱۳] (۲۰۱۷) به تحلیل مورفوتکتونیکی قسمت‌هایی از شمال هندوستان پرداختند. آن‌ها نشان دادند که منطقه ازنظر تکتونیکی نسبتاً فعال است.

شریفی و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی ارتباط تکتونیک فعال و پهنه‌های لغزشی در قالب شاخص‌های مربوطه، پهنه‌بندی تکتونیکی را در حوضه‌ی آبریز رودخانه کرج ارائه نمودند. عزتی و آق‌آتابای (۱۳۹۴) با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی به تحلیل زمین‌ساخت حوضه‌ی فعال بجنورد پرداختند. آن‌ها با استفاده از شاخص‌های مختلف نشان دادند که بخش شرقی حوضه، فعالیت تکتونیکی نسبتاً بیشتری دارد. میرنظری و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از مدل سلسله مراتبی به

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

ارزیابی خطر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز پشت تنگ، در منطقه‌ی سرپل ذهاب پرداختند. حبیبی (۱۳۹۴) برای بررسی زمین‌لغزش‌های رخ‌داده و تعیین 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 (۱۳۹۶) به بررسی عوامل مؤثر در تکامل مخروط افکنه‌های دامنه‌های جنوبی منطقه‌ی جغتای با تأکید بر نقش تکتونیک پرداختند. آن‌ها نشان دادند که منطقه‌ی بررسی‌شده به لحاظ نیروهای تکتونیکی در وضعیت فعال و نیمه فعال قرار دارد. بهاروند و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی ارتباط تکتونیک فعال و رخداد زمین‌لغزش‌ها در حوضه وارک منطقه لرستان پرداختند. آن‌ها نشان دادند که ارتباط نزدیکی بین خطواره‌های گسلی و رخداد زمین‌لغزش‌ها وجود دارد. کیانی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی زمین‌ساخت فعال در محدوده‌ی رودبار با تکیه بر زمین‌لغزش‌ها پرداختند. آن‌ها نشان دادند که زمین‌لغزش‌های شناسایی و بررسی‌شده در محدوده‌های تکتونیکی با فعالیت متوسط و بالا قرار گرفته‌اند.

پروین (۱۳۹۹) تکتونیک فعال حوضه‌ی کرند غرب در شمال غربی زون فعال زاگرس چین‌خورده و گسل فعال کرند در این محدوده را با استفاده از پارامترهای مورفومتری بررسی نموده است و بر اساس نتایج این بررسی‌ها کلاس فعالیت تکتونیکی حوضه‌ی کرند غرب مشخص شده و نتایج آن با شواهد ژئومورفیک موجود در حوضه تطبیق داده شده است.

ایران بدی و زارع (۱۳۹۳)، با تلفیق روش‌های بر پایه نوع گسل و مشاهدات صحرایی (بربریان و همکاران، ۱۳۶۴) و یا بر پایه‌ی کد بین‌المللی ساختمان (IBC) که شامل شیب گسل، میزان جابه‌جایی، عوامل نوع سازه و پی ساختمان و حساسیت سازه و با در نظر گرفتن مباحث ژئوتکنیکی، حریم ساخت‌وساز را با دقت طراحی کرده‌اند. آن‌ها برای تعیین حریم ساخت‌وساز در مجاورت مناطق زلزله‌خیز، ابتدا نقشه‌ی گسلش فعال و نقشه‌ی نوع خاک منطقه بر پایه‌ی مطالعات ژئوتکنیک با مقیاس ۱:۵۰۰ تهیه و رسم شده و بر پایه‌ی فرمول‌های محاسباتی ژرفا، شکل و اهمیت سازه مشخص شده است. در انتها با در نظر گرفتن نتایج به‌دست‌آمده، ساختمان‌ها ساخته شده‌اند.

با توجه به اینکه روند ساخت‌وساز در حریم گسل شمال تهران رو به افزایش است، یکی از مهم‌ترین مطالعات مقدماتی برای جلوگیری از آسیب‌پذیری لرزه‌ای رعایت حریم گسل است. اثر حوزه‌ی نزدیک در مناطق کوهستانی و دارای شیب، باعث پدیده‌هایی چون زمین‌لغزش و سنگ افت می‌شود. در مناطق حوزه‌ی نزدیک گسل، ساخت‌وساز اهمیت ویژه‌ای دارد و باید برای ساخت‌وساز، حریمی ایمن نسبت به گسل لرزه‌زا در نظر گرفته شود. منظور از حریم مهندسی گسلش، حریمی است که برای یک گسل لرزه‌زا در نظر گرفته می‌شود تا سازه‌ها از آثار حوزه‌ی نزدیک گسل مانند گسیختگی سطحی، جنبش شدید زمین، جابه‌جایی و زمین‌لغزش در مناطق با توپوگرافی و شیب زیاد، کمتر تأثیر بپذیرند (مجرب و زارع، ۱۳۸۸).

زارع (۱۳۸۰)، با مطالعه‌ی گسل شمال تبریز به بررسی وضع ساخت‌وساز در حریم این گسل پرداخت. در بررسی انجام‌شده بر روی پهنه گسل شمال تبریز مشخص شده است که بسیاری از ساخت‌وسازهای کنونی در شمال و شمال شرقی شهر تبریز بر روی پهنه‌ی گسل قرار گرفته است.

همان‌طور که در بالا بیان گردید ارتباط بین رخداد

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

زمین‌لغزش و فراوانی رخداد آن و تکتونیک فعال در بررسی‌ها و پژوهش‌های زیادی در مناطق مختلف به اثبات رسیده است. فعالیت‌های تکتونیکی به‌وسیله‌ی رخداد زمین‌لرزه و ایجاد نیروی محرک، بالاآمدگی‌های تکتونیکی، شکستگی‌ها و خردشدگی‌های ناشی گسلش، ایجاد و درز و شکاف در سنگ‌ها و تسریع فرایند هوازدگی مکانیکی و شیمیایی، ایجاد گوژ گسلی و برش گسلی به‌عنوان مصالح مستعد لغزش، افزایش نفوذپذیری سنگ‌ها، تغییر در جهت و میزان شیب لایه‌های زمین‌شناسی 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 بررسی و تعیین زون برشی گسل کوشک و تعیین میزان آسیب‌پذیری روستاهای واقع در حریم گسل و اثبات فعالیت تکتونیکی گسل کوشک با بررسی زمین‌لغزش‌های رخ‌داده و فراوانی آن‌ها و مقایسه موقعیت مکانی آن‌ها با گسل کوشک در منطقه است.

روش تحقیق

روش تحقیق در پژوهش حاضر مبتنی بر بررسی‌ها و مطالعات کتابخانه‌ای و مشاهدات و برداشت‌های صحرایی است. در این خصوص اطلاعات مربوط به وضعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساختی منطقه به‌صورت کتابخانه‌ای و صحرایی موردبررسی قرار گرفت. در ادامه، اطلاعات و شواهد فعالیت‌های تکتونیک فعال ازجمله زمین‌لغزش‌های رخ‌داده جمع‌آوری گردید و نسبت به بررسی صحرایی لغزش‌های قدیمی و جدید اقدام شد. پس از تکمیل اطلاعات زمین‌شناسی، زمین‌لغزش‌های رخ‌داده و موقعیت مکانی آن‌ها، به تجزیه‌وتحلیل داده‌ها پرداخته شد. برای انجام این تحلیل‌ها از نرم‌افزار ArcGis استفاده شد. مقایسه‌ی موقعیت مکانی زمین‌لغزش‌ها با گسل اصلی و شکستگی‌های مرتبط با آن در منطقه نیز انجام شد. درنهایت با تلفیق نتایج حاصل از مقایسه‌ی رخداد زمین‌لغزش‌ها با موقعیت گسل‌ها نسبت به ارزیابی زمین‌ساخت فعال اقدام گردید.

در این مقاله به بررسی فعالیت گسل کوشک از طریق بررسی تکتونیک فعال مشتمل بر شواهد فعالیت گسلی ازجمله رخداد زمین‌لغزش‌ها و مقایسه‌ی موقعیت مکانی سکونتگاه‌های واقع در محدوده‌ی این گسل پرداخته شده و میزان فعالیت تکتونیکی آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این پژوهش سعی شده است به چند سؤال در همین زمینه پاسخ داده شود. برخی از این سؤالات عبارت‌اند از: چه تعداد سکونتگاه در پهنه‌ی گسلی گسل کوشک واقع شده‌اند؟ ارتباط بین فراوانی رخداد زمین‌لغزش‌ها و فعالیت تکتونیکی چگونه است؟ آیا فعالیت زمین‌ساختی باعث رخداد زمین‌لغزش در محدوده‌ی مطالعاتی شده است؟ میزان آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها و توسعه‌ی آتی روستاها با توجه به فعالیت تکتونیکی چگونه است؟

زمین‌شناسی منطقه‌ی موردمطالعه

از دیدگاه زمین‌شناسی، منطقه‌ی موردمطالعه در محدوده‌ی البرز باختری قرار دارد. ازنظر مورفولوژیکی، کوه‌های این محدوده از یک سری چین‌ها و راندگی‌های خاوری- باختری ساخته شده است که به سمت جنوب رانده شده‌اند. البرز به‌صورت سلسله کوه‌هایی به شکل V باز در حاشیه‌ی جنوبی حوضه‌ی کاسپین واقع شده است. گسل‌ها بیشتر به‌موازات سلسله کوه‌ها و بیشتر چین‌ها نیز با فعالیت دوباره‌ی این گسل‌ها شکل گرفته‌اند. گسل‌های اصلی راندگی و امتدادلغز روند خاوری- باختری تا شمال خاوری- جنوب باختری دارند. این گسل‌های موازی با سلسله جبال شیب تندی

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

دارند. این شیب زیاد بیانگر آن است که بیشتر گسل‌های راندگی، همان گسل‌های عادی کهن هستند که در زمان نئوژن و کواترنری دوباره فعال شده‌اند. مشاهدات و مطالعات زمین‌شناسی صحرایی (تصویر b۱) مبتنی بر بررسی‌های جزئی‌تر در محدوده‌ی پیرامون گسل کوشک نشان می‌دهد ازنظر چینه‌شناسی بیشتر شامل تراس‌ها و پادگانه‌های آبرفتی به‌علاوه واحدهای سنگی شامل بازالت خاکستری، تراکی بازالت و آندزیت بازالت، مارن‌های قرمزرنگ با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی و توالی ماسه‌سنگ و کنگلومرای قرمزرنگ و آبرفت کواترنر است. بستر سنگی در بخش آبرفتی از کنگلومرا و ماسه‌سنگ تشکیل شده است. جنس رسوبات آبرفتی کواترنر نسبتاً قدیمی (Qt1) عمدتاً ریزدانه تا متوسط و بعضاً درشت‌دانه (رس و شن و ماسه و قلوه‌سنگ و قطعات سنگی) است.

گسل کوشک

این گسل با امتداد تقریبی خاوری- باختری و شیب نزدیک به ۳۰ درجه به‌سوی شمال، درازایی بالغبر ۲۲ کیلومتر دارد -در درازا دارای خمش است- و در شمال شرقی استان قزوین و در مجاورت روستای کوشک، در فاصله‌ی ۳۵ کیلومتری شمال غربی شهر قزوین واقع شده است. سازوکار این گسل راندگی بوده و بیشتر طول آن در داخل واحد کنگلومرایی نئوژن است، اما در بخش خاوری سبب رانده شدن سنگ‌های آتش‌فشانی ائوسن بر روی کنگلومرای میوسن گشته است. در مقطع روستای علی‌آباد مرز واحدهای مارنی در بخش‌های جنوبی‌تر و توالی کنگلومرا و ماسه‌سنگ یک مرز گسلی با سازوکار راندگی با شیب به‌سوی شمال است. در اثر این راندگی واحدهای متشکل از توالی ماسه‌سنگ و کنگلومرا بر روی واحدهای مارنی رانده شده است. در نقشه و تصویر هوایی، عبور گسل در این مقطع از میانه دو بخش روستا به‌خوبی قابل‌مشاهده است (تصویر شماره‌ی ۱ c,d,f,e,g). بخش‌های شرقی و غربی روستا به ترتیب بر روی بستری کنگلومرایی و مارنی به سن میوسن واقع شده و قسمت‌های میانی روستا بر روی واحدهای کواترنری حاصل از زمین‌لغزشی قدیمی توسعه یافته است. در مقطع روستای کوشک (تصویر شماره‌ی b۶)، فعالیت این گسل باعث رانده شدن واحدهای کنگلومرای ضخیم لایه تا توده‌ای خاکستری تیره با سخت‌شدگی خوب و ماسه‌سنگ‌ها بر روی مارن‌های قرمزرنگ با بین لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، کنگلومرا و گچ شده است و در بخش‌هایی نیز واحدهای کنگلومرای ضخیم لایه تا توده‌ای خاکستری تیره با سخت‌شدگی خوب و ماسه‌سنگ‌ها بر روی مارن سبز - قرمزرنگ با عدسی‌هایی از گچ رانده است.

از نکات قابل‌توجه، وجود شواهد و پدیده‌های تکتونیک فعال مشتمل بر قطع‌شدگی آبرفت‌های کواترنر، زمین‌لغزش‌های فراوان در مقاطع مختلف ازجمله مقطع روستای علی‌آباد، مقطع شرق روستای علی‌آباد، مقطع جنوب روستای زرآباد، مقطع شمال شهر معلم کلایه و مقطع جنوب روستای وشته در پیرامون این گسل است. همچنین چشمه‌های گسلی مرتبط با فعالیت گسل در مقطع روستای علی‌آباد و نزدیک روستای کوشک وجود دارد که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شده است.

بحث و نتایج

با توجه به اینکه گسل کوشک دارای طولی حدود ۲۲ کیلومتر بوده، بررسی شواهد تکتونیک فعال و مطالعه‌ی پیرامون حریم گسل اهمیت ویژه‌ای دارد. ازآنجایی‌که پیرامون طول گسل سکونتگاه‌های زیادی وجود دارند که احتمال می‌رود روی پهنه‌ی گسل واقع شده باشند، اهمیت گسل کوشک را از دیدگاه تکتونیک فعال

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

دوچندان می‌کند. روستاهای علی‌آباد، کوشک، اوان، گرمارود بالا و پایین ازجمله روستاهایی هستند که در نزدیکی گسل واقع شده‌اند. برای بررسی فعالیت گسل و تعیین ویژگی‌های پهنه‌ی زون گسلی در چندین نقطه اقدام به انجام مطالعات زمین‌شناسی صحرایی گردید. این مطالعات شامل بررسی شواهد گسلی مانند خردشدگی‌ها و تعیین شواهد تکتونیک فعال، وجود چشمه‌ها، تغییرات لیتولوژی و رخداد زمین‌لغزش هستند. به‌دلیل رخداد تعداد بسیار زیاد زمین‌لغزش در محدوده‌ی گسل کوشک، بررسی این زمین‌لغزش‌ها به‌صورت ویژه‌ای انجام شده است.

زمین‌لغزش‌های رخ‌داده در محدوده‌ی روستای علی‌آباد (مقطع D)

این مقطع در مختصات جغرافیایی ۵۰/۳۷ طول شرقی و ۳۶/۴۷ عرض شمالی در محل روستای علی‌آباد برداشت شده است. بخش‌های مختلف روستای علی‌آباد بر روی توالی کنگلومرا و ماسه‌سنگ، مارن با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی و واحدهای کواترنر که خود از مصالح زمین‌لغزشی قدیمی تشکیل شده، واقع شده است. آثار حرکات دامنه‌ای در محدوده‌ی روستای علی‌آباد از سال ۱۳۸۰ مشاهده شده است اما بر اساس گفت‌وگوهای شفاهی با اهالی روستا در اوایل سال ۱۳۹۹ این حرکات سرعت بیشتری پیدا کرده و منجر به ایجاد درز و ترک در ساختمان‌های واقع در بخش میانی روستا شده است (تصاویر شماره‌ی ۳ و ۴). در بخش‌های شرقی و غربی روستا که در حاشیه‌ی محدوده‌ی زمین‌لغزشی قدیمی واقع شده، از این حرکات مصون مانده‌اند. در این محدوده تعداد زیادی زمین‌لغزش منفرد وجود دارد که در زمان‌های مختلف فعالیت کرده و باعث شکل‌گیری مورفولوژی پلکانی در آن محدوده شده است. فعالیت این زمین‌لغزش‌ها در سال‌های اخیر و به‌خصوص در سال ۱۳۹۹ باعث آسیب به منازل مسکونی و سایر سازه‌ها در محل روستای علی‌آباد شده است.

روستای علی‌آباد دارای دو بخش است. بخش قابل‌توجهی از روستای علی‌آباد از بخش شرقی و غربی روستا بر روی واحدهای کواترنری که از مصالح زمین‌لغزشی تشکیل شده‌اند، واقع شده است (تصویر شماره‌ی ۲).

با توجه به سابقه‌ی زمین‌لغزش، مشاهده می‌شود عوامل ایجادکننده پتانسیل رخداد زمین‌لغزش در گذشته نیز این محدوده وجود داشته‌اند. این عوامل می‌توانند نوع مصالح تشکیل‌دهنده‌ی دامنه و وجود مخازن آب زیرزمینی و یا گسل راندگی کوشک باشد که به روند شرقی- غربی از بخش میانی بافت مسکونی روستا عبور کرده است. این گسل راندگی می‌تواند نقش کریدور انتقال آب به زیر دامنه را ایفا کند و یا با حرکت خزشی موجبات تحریک نهشته‌های دامنه‌ای را ایجاد کند.

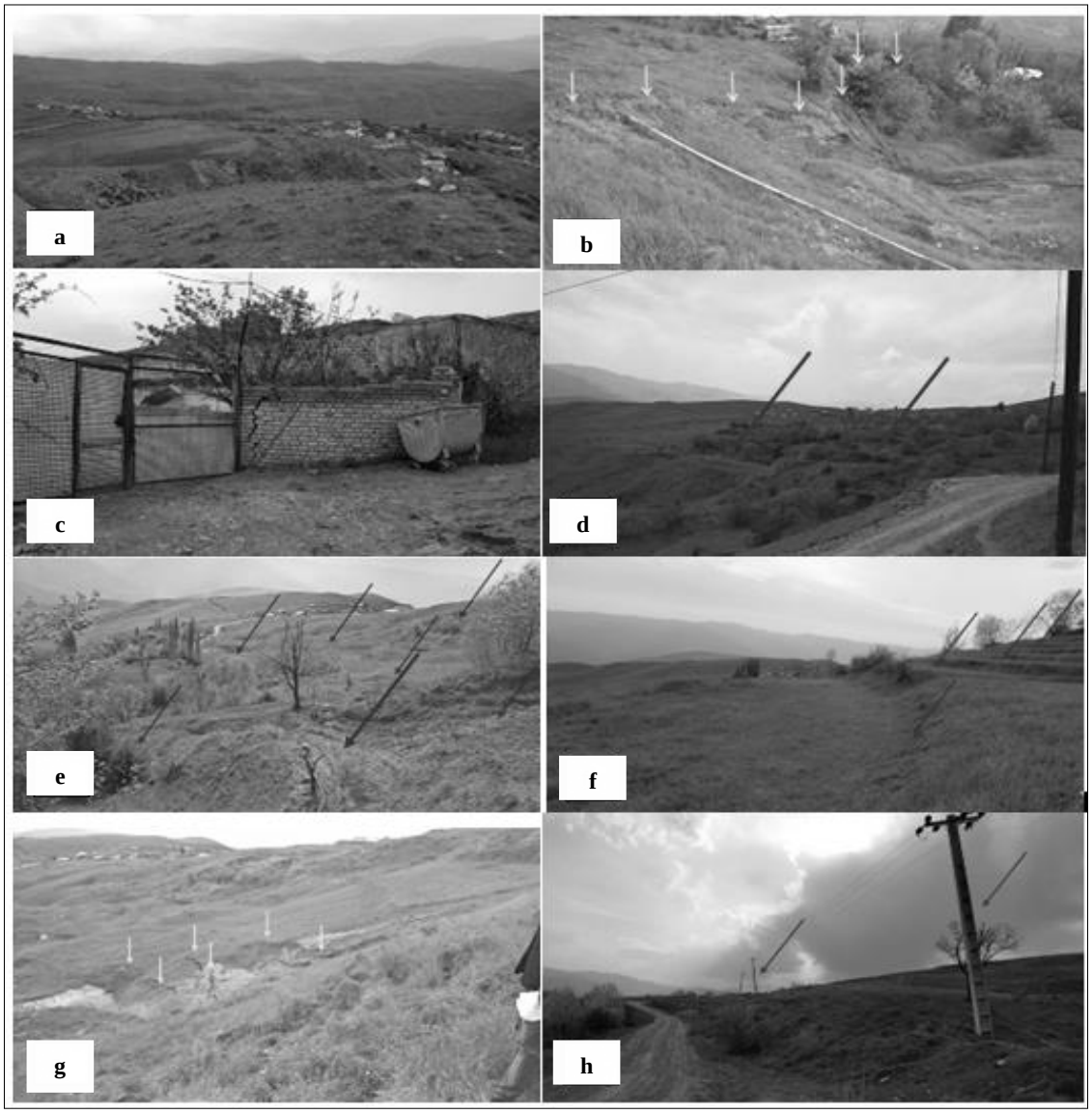
به‌هرحال، به دلیل عملکرد هر یک از عوامل مذکور، یکسری حرکات بطئی در نهشته‌های دامنه‌ای که روستای علی‌آباد بر روی آن قرار دارد، وجود دارد که رخداد زمین‌لغزش‌های متعدد در محدوده‌ی بالادست، پایین‌دست و مجاورت روستا را ایجاد کرده است.

زمین‌لغزش‌های بررسی‌شده در مقطع C

این مقطع در مختصات جغرافیایی ۵۰/۴۱ طول شرقی و ۳۶/۴۷ عرض شمالی در شرق روستای علی‌آباد برداشت شده است. در این قسمت عملکرد گسل کوشک، باعث ایجاد سطوح ضعف، شکستگی‌ها و به‌هم‌ریختگی دامنه‌ای شده است؛ درنتیجه باعث افزایش تعداد زمین‌لغزش‌ها در این محدوده شده است. لذا تعداد زمین‌لغزش‌های رخ‌داده به‌صورت منفرد بسیار زیاد بوده به‌طوری‌که کل این محدوده به‌صورت

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

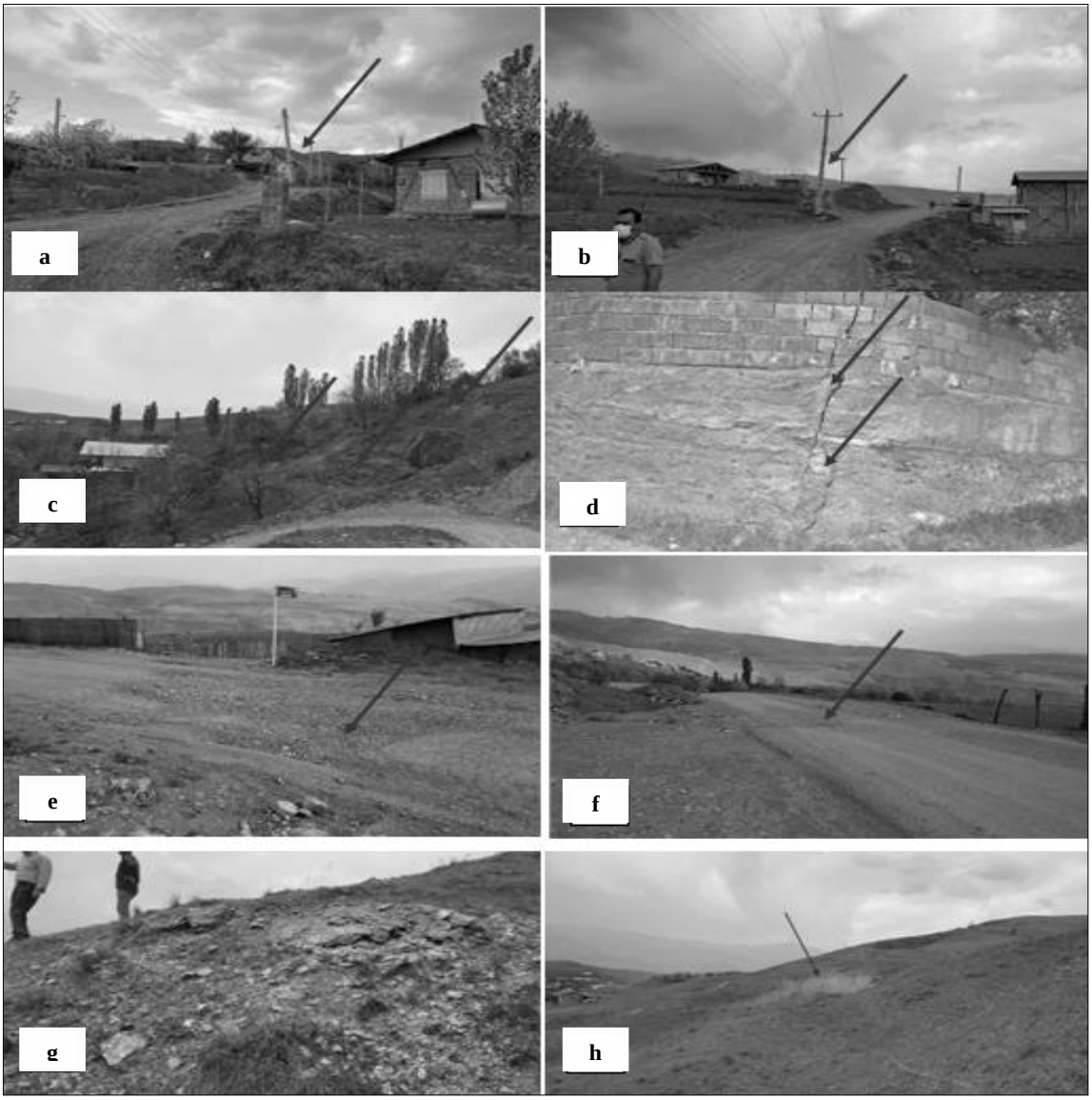
یک پهنه‌ی بزرگ لغزشی در نظر گرفته شـد (تصـویر شماره‌ی ۵ f,h).



ت ۲. a: به‌هم‌ریختگی دامنه و اسکارپ‌های لغزش، b: تراس‌های ایجادشده توسط زمین‌لغزش (دید به سمت شرق)، c: گسیختگی ایجادشده در دیوار حیاط در بخش غربی روستای علی‌آباد، d: تراس‌های ایجادشده در محدوده‌ی روستای علی‌آباد براثر رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت گسل (دید به سمت غرب)، e: به‌هم‌ریختگی دامنه در روستای علی‌آباد در اثر رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت گسل (دید به سمت غرب)، f: تراس‌بندی‌های انجام‌شده جهت کشاورزی در دامنه‌ی بالادست روستا در بخش شرقی که می‌تواند باعث نفوذ بیشتر آب به دامنه و تشدید رخداد زمین‌لغزش شود (دید به سمت غرب)، g: زمین‌لغزش در دامنه‌ی مجاور بخش شرقی و بین دو بخش روستا که اخیراً در سال ۱۳۹۹ رخ داده و منجر به روانه گلی شده است. فلش‌های زردرنگ ترک‌های کششی ناشی از زمین‌لغزش را نشان می‌دهد (دید به سمت غرب)، h: کج‌شدگی تیر برق، دید به سمت غرب، (صبوری، ۱۴۰۰).

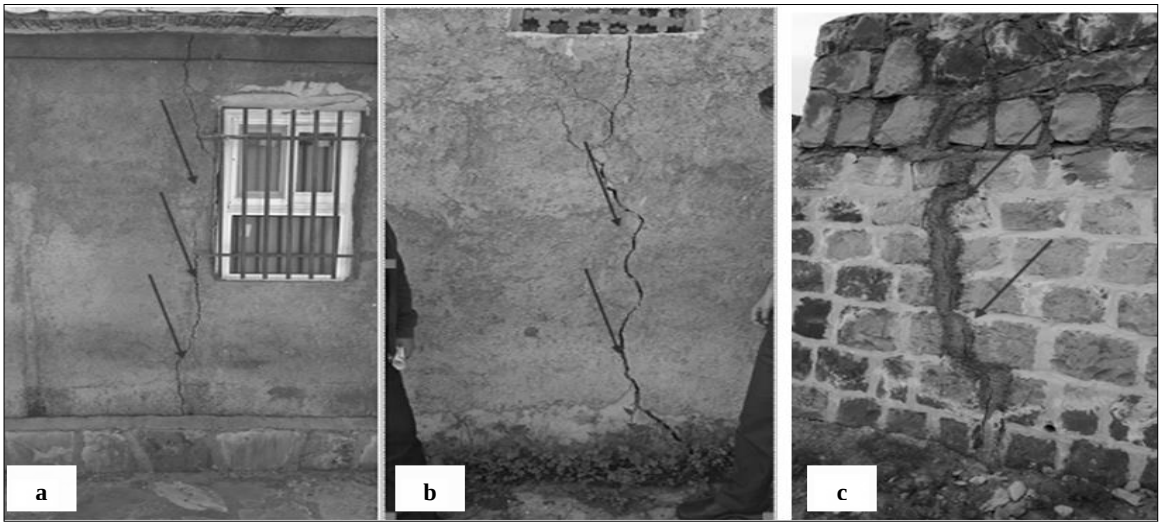
[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

همان‌طور که ذکر شد ناپایداری دامنه‌ای روستای زرآباد بیشتر مربوط به بخش‌های حاشیه‌ای و لبه‌های پرتگاه پادگانه در بخش‌های شرقی که مشرف به رودخانه‌ی زرآباد است. ارتفاع دیواره‌ی پادگانه از محل رودخانه تا لبه‌ی پادگانه بیش از ۱۰۰ متر است. جنس پادگانه آبرفتی عمدتاً ریزدانه‌ی رسی سیلتی و بیشتر از فرسایش واحدهای آهکی و رسوبی بالادست روستا است که طی دوره‌ی کواترنر فرسایش پیدا کرده و تشکیل پادگانه داده‌اند.



ت ۳. آثار رخداد زمین‌لغزش در روستای علی‌آباد. a و b: کج شدگی تیر برق، c: به‌هم‌ریختگی دامنه و اسکارپ‌های لغزش، d: ترک در دیوار ساختمان، e و f: تخریب جاده توسط زمین‌لغزش، g: رخنمون گچ و گلسنگ، h: چشمه (صبوری، ۱۴۰۰).

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]



ت ۴. a و b: وجود ترک بر روی دیواره‌ی ابنیه‌ی روستا، c: ترک‌خوردگی دیوار سنگی در اثر حرکت خزشی زمین‌لغزش روستای علی‌آباد در بخش غربی روستا (صبوری، ۱۴۰۰).

زمین‌لغزش‌های بررسی‌شده در مقطع A

این مقطع در مختصات جغرافیایی ۵۰/۴۷ طول شرقی و ۳۶/۴۷ عرض شمالی در شمال شهر معلم کلایه برداشت شده است. زمین‌لغزش معلم کلایه یک زمین‌لغزش قدیمی است که احتمالاً طی رخداد لرزه‌ای فعال شده است. این زمین‌لغزش در سازند متشکل از کنگلومرای ضخیم لایه تا توده‌ای خاکستری تیره با سخت‌شدگی خوب و ماسه‌سنگ رخ داده، به‌صورت بهمن سنگی به سمت پایین حرکت کرده و تا مسافت بیش از چهار کیلومتر مصالح لغزش به پایین‌دست حرکت نموده است. محدوده‌ی تحت تأثیر آن حدود ۶۰۰ هکتار بوده و از تاج لغزش با پنجه لغزش حدود ۴/۵ کیلومتر و در عرض حدود ۱/۵ کیلومتر است. تاج لغزش در ارتفاع ۲۳۰۰ متری از سطح دریا و پنجه لغزش در ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا واقع شده و اختلاف ارتفاع تاج با پاشنه‌ی لغزش حدود ۷۰۰ متر است (تصویر شماره‌ی ۶ d,e).

زمین‌لغزش‌های بررسی‌شده در مقطع E

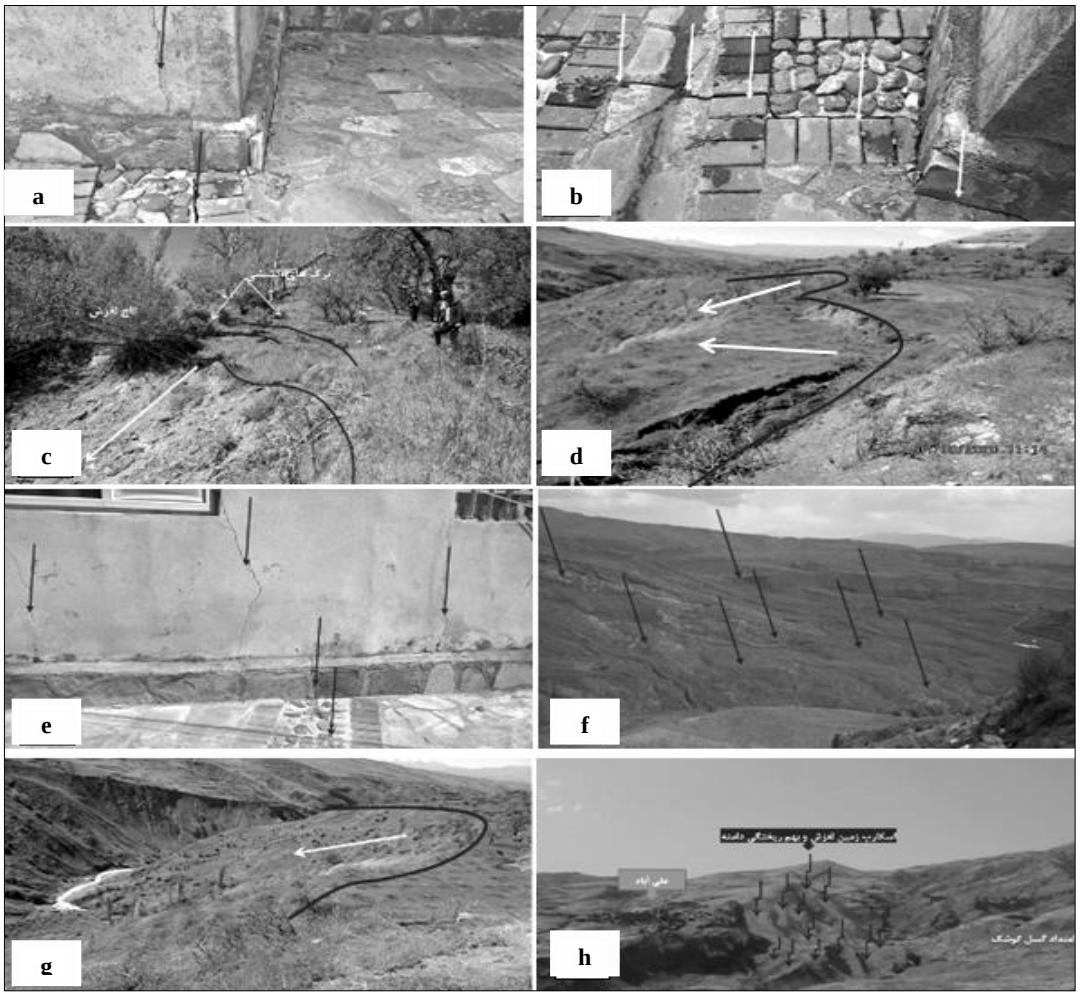
این مقطع در مختصات جغرافیایی ۵۰/۳۳ طول شرقی و ۳۶/۴۷ عرض شمالی در جنوب روستای وشته برداشت شده است. در این قسمت نیز همانند مقطع C عملکرد گسل کوشک، باعث ایجاد سطوح ضعیف، شکستگی‌ها و به‌هم‌ریختگی دامنه‌ای و درنتیجه باعث افزایش تعداد زمین‌لغزش‌ها در این محدوده شده است. تعداد زمین‌لغزش‌های رخ‌داده به‌صورت منفرد بسیار زیاد بوده به‌طوری‌که کل این محدوده به‌صورت یک پهنه‌ی بزرگ لغزشی در نظر گرفته شد (تصویر شماره‌ی ۶ f,g).

چشمه‌های موجود در محدوده‌ی گسل کوشک

طی بررسی‌های صحرایی در محدوده‌ی گسل کوشک، چندین چشمه در نزدیکی روستاهای پیرامون این گسل (ازجمله روستاهای کوشک، زرآباد، علی‌آباد، گرمارود پایین) مشاهده شد. سازوکار شکل‌گیری این چشمه‌ها را می‌توان به فعالیت گسل کوشک مرتبط نمود.

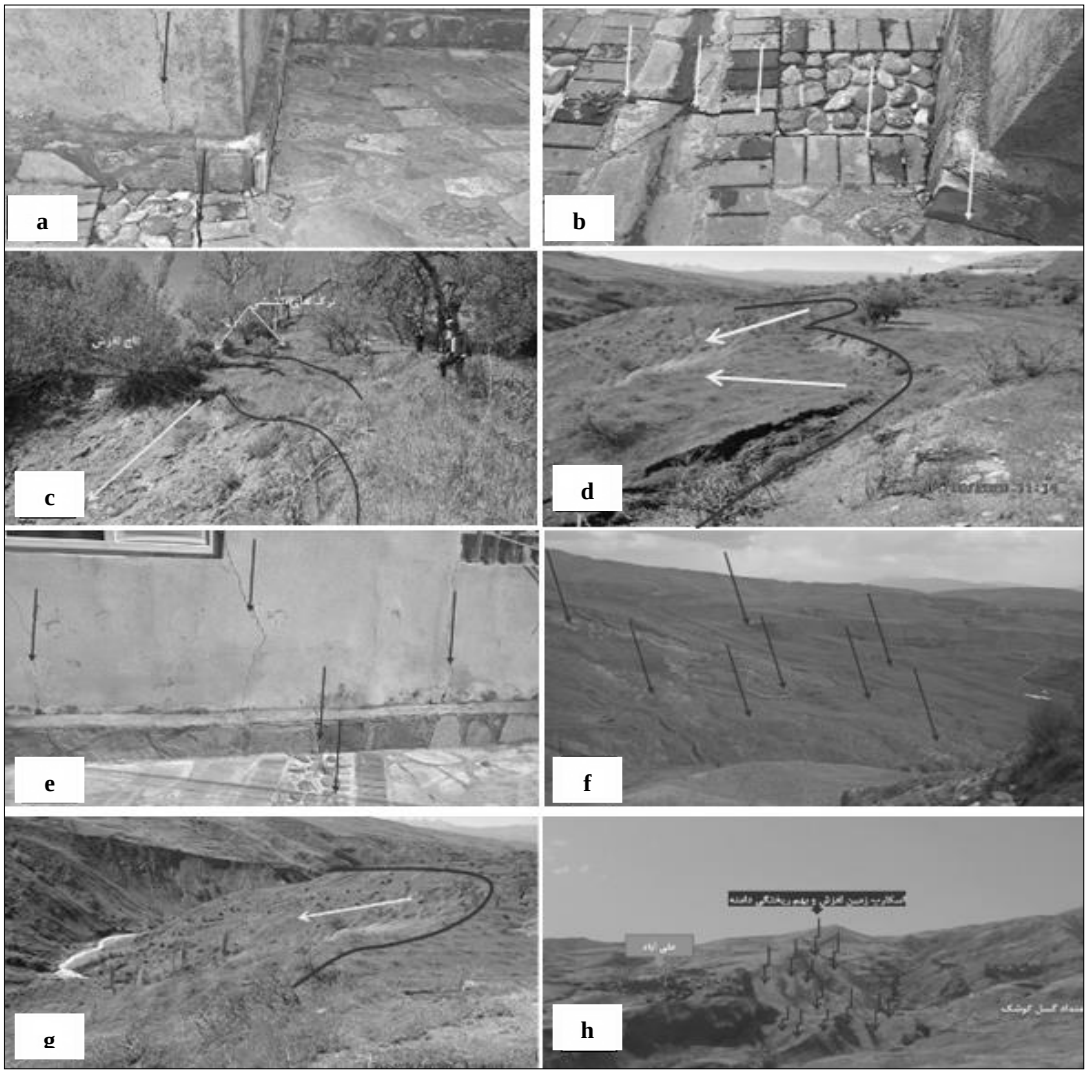
[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

به‌این‌ترتیب اغلب این چشمه‌ها از نوع چشمه‌های گسلی محسوب می‌شوند. چشمه‌های موجود در منطقه‌ی مطالعاتی در محدوده‌ی طول گسل کوشک دارای فراوانی بیشتری هستند. احتمالاً این فراوانی نشان‌دهنده‌ی این است که شکل‌گیری شکستگی‌های ناشی از فعالیت گسل کوشک و توسعه و تحول بعدی آن‌ها برای خروج آب زیرزمینی از طریق این چشمه‌ها مؤثر بوده است (تصویر شماره‌ی h۱ و h۳ و h۶).



ت ۵. a: وجود ترک‌های کششی در کف جدول معابر روستا و برخی منازل مسکونی، b: وجود ترک‌های کششی در کف جدول معابر روستا و برخی منازل مسکونی، c: موقعیت زمین‌لغزش رخ‌داده در محدوده‌ی شمال شرقی بافت مسکونی روستا که در مجاورت روستای زرآباد قرار دارد (دید به سمت غرب)، d: نمایی از زمین‌لغزش جدید دربر روی پهنه‌ی زمین‌لغزش قدیمی در جنوب روستای زرآباد (دید به سمت غرب)، e: ترک‌های کششی ایجادشده در کف معبر دیوار واحد مسکونی، f: پهنه‌ی زمین‌لغزشی و تراس‌های زمین‌لغزش ایجادشده در محدوده‌ی شرقی روستای علی‌آباد براثر رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت گسل کوشک (دید به سمت شرق)، g: نمایی از زمین‌لغزش قدیمی در جنوب روستای زرآباد (دید به سمت غرب)، h: نمایی از زمین‌لغزش‌های شرق روستای علی‌آباد، دید به سمت شمال، شمال غرب (صبوری، ۱۴۰۰).

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]



ت ۶. a: پهنه لغزشی در شرق روستای علی‌آباد، b: نمایی از جهت حرکت گسل کوشک در شرق روستای علی‌آباد (دید به سمت شمال غرب)، c: نمایی از به‌هم‌ریختگی دامنه در روستای علی‌آباد براثر رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت گسل (دید به سمت شمال)، d: محدوده‌ی زمین‌لغزش معلم کلایه، e: زمین‌لغزش معلم کلایه (دید به سمت شمال، شمال غرب)، f: پهنه‌ی لغزشی در جنوب روستای وشته، g: پهنه‌ی زمین‌لغزشی و تراس‌های زمین‌لغزش ایجادشده در محدوده‌ی جنوب روستای وشته براثر رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت گسل کوشک (دید به سمت شمال غربی)، h: وجود چشمه در محدوده‌ی زون گسلی کوشک در نزدیک روستای کوشک، دید به سمت جنوب (صبوری، ۱۴۰۰).

با توجه بـه بررسـی شـواهد زمـین‌شناسـی صـحرایی صورت‌گرفته در مقاطع مختلف گسل کوشک و وجـود چشمه‌ها، سنگ‌ها و زون خردشده، پهنه‌هـای لغزشـی و تأثیرگذاری گسل کوشک برای رخداد زمـین‌لغـزش‌هـا، پهنه‌ی زون برشی گسل کوشک بـه میـزان ۲۶۰ متـر از طرفین گسل اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]
[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

با توجه به تعیین پهنه‌ی زون برشی گسل کوشک و با استفاده از نرم‌افزار ArcGis موقعیت مکانی روستاهای محدوده‌ی مطالعاتی با پهنه‌ی زون برشی گسل مقایسه گردید و روستای علی‌آباد به‌صورت کامل در پهنه‌ی گسلی قرار گرفته و بخشی از روستاهای کوشک، زرآباد، گرمارود بالا، سیمیاردشت و حسن‌آباد بر روی پهنه‌ی گسیختگی گسل واقع شده‌اند.

لذا با توجه به فعالیت گسل کوشک و تحریک زمین‌لغزش‌ها، روستای علی‌آباد در معرض خطر رخداد زمین‌لغزش بوده و با توجه به وسعت محدوده‌ی لغزشی کنترل زمین‌لغزش هزینه‌بر و سخت خواهد بود. ازاین‌رو منازل مسکونی این روستا در معرض خطر جدی زمین‌لغزش هستند. روستاهای دیگری که بخشی از آن‌ها در محدوده‌ی پهنه‌ی گسلی کوشک واقع شده‌اند، به‌صورت موردی و مقطعی ممکن است در معرض خطر رخداد زمین‌لغزش قرار بگیرند، بنابراین اتخاذ تمهیدات مهندسی در ساخت‌وساز منازل حائز اهمیت است.

نتیجه

با توجه به بررسی‌ها و مشاهدات صحرایی انجام‌شده بر روی مقاطع برداشت پنج‌گانه در محدوده‌ی پیرامونی گسل کوشک و مناطق پیرامون طول آن، شواهد فعالیت گسل شامل خردشدگی در سنگ‌ها، وجود چشمه‌ها، زمین‌لغزش‌های فراوان رخ‌داده در محدوده‌ی گسلی ثبت و مشخص گردید. با عنایت به این مطالعات و مشاهدات، چشمه‌های گسلی، به‌هم‌ریختگی‌های دامنه‌ای، پهنه‌ی گسلی گسل کوشک در مقاطع بررسی‌شده، به میزان میانگین حدود ۲۶۰ متر در طرفین گسل اندازه‌گیری گردید. در محدوده‌ی گسل کوشک تعداد زیادی روستا وجود دارد که برخی از آن‌ها ازجمله روستای علی‌آباد کاملاً بر روی بر روی پهنه‌ی گسل واقع شده‌اند. همچنین بخشی از بافت کالبدی تعدادی از روستاها ازجمله روستاهای کوشک، زرآباد، گرمارود بالا، سیمیاردشت و حسن‌آباد، بر روی پهنه‌ی گسلی واقع شده است. برای روستای علی‌آباد که کل بافت کالبدی آن واقع بر روی گسل کوشک واقع شده و برای روستاهای کوشک، زرآباد، گرمارود بالا، سیمیاردشت و حسن‌آباد که بخشی از بافت کالبدی آن‌ها بر روی پهنه‌ی گسل کوشک واقع شده است، به‌منظور جلوگیری از مرگ‌ومیر ناشی از گسیختگی سطحی حین زلزله و یا رخداد زمین‌لغزش‌های ناشی از فعالیت گسل و کاهش آسیب‌پذیری، جابه‌جایی روستا به نقطه‌ی دیگر و یا اصلاح سمت توسعه‌ی آتی روستا به خارج از حریم گسیختگی گسل کوشک ضروری است. بدین منظور می‌توان در تهیه‌ی و یا بازنگری طرح هادی این روستاها، زون برشی تعیین‌شده برای گسل کوشک را ملاک توسعه‌ی آتی روستاها قرار داده و در تعیین سمت توسعه‌ی آتی این روستاها ساخت‌وساز جدید بر روی پهنه‌ی زون برشی گسل کوشک را ممنوع اعلام نمود.

پی‌نوشت

1. Pedrera
2. Bull
3. Rockwell
4. Wells
5. Silva
6. Guarnieri and Pirrotta
7. El Hamdouni
8. Wei dong
9. Sanchez
10. Abdullah
11. Galve
12. Donny
13. Sharma & Sarma

فهرست منابع

– ایران بدی، دی‌ناز؛ زارع، مهدی. (۱۳۹۳). حریم ساخت‌وساز روی گسل‌های شیب‌لغز، مطالعه‌ی گسل پیشوا در جنوب تهران. فصلنامه‌ی علوم زمین، شماره‌ی ۹۴.

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]

[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

– بربریان، مانوئل؛ قریشی، منوچهر؛ ارژنگ روش، بهرام؛ مهاجراشجعی، ارسلان. (۱۳۶۴). پژوهش و بررسی نوزمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه- گسلش در گستره‌ی تهران بزرگ و پیرامون، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره‌ی ۵۶.

– بهاروند، سیامک؛ سوری، سلمان؛ رهنماراد، جعفر؛ جودکی، مسعود. (۱۳۹۷). تحلیل فعالیت زمین‌ساختی و ارتباط خطواره‌ها با خطر زمین‌لغزش (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی وارک، لرستان). نشریهٔ زمین‌شناسی مهندسی. ۱۲ (۲) :۲۳۷-۲۵۸.

– پروین، منصور. (۱۳۹۹). ارزیابی تکتونیک فعال با استفاده از تحلیل پارامترهای مورفومتری و ژئومورفیک (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی کرندغرب). فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی. ۱۰ (۲) :۷۵-۹۲

– حبیبی، علیرضا. (۱۳۹۴). بررسی زمین‌لغزش‌ها با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک. مهندسی و مدیریت آبخیز, ۷ (۱), ۹۸-۱۰۸.

– جمال‌آبادی، جواد؛ زنگنه اسدی، محمدعلی؛ امیراحمدی، ابوالقاسم. (۱۳۹۶). بررسی عوامل مؤثر در پیدایش و تکامل مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی ارتفاعات جغتای با تأکید بر نقش تکتونیک (در محدوده‌ی غرب سبزوار)، نشریه‌ی جغرافیا و توسعه، (۴۷)۸۸-۶۹.

– جباری، ندا؛ حسین‌زاده، محمدمهدی؛ ثروتی، محمدرضا؛ حسین‌زاده، محمدمهدی. (۱۳۹۱). مطالعه‌ی مورفوتکتونیک فعّال حوضه‌ی آبخیز حصارک) شمال‌غرب تهران (با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی.۳۴-۱۷، (۲)۱.

– رمضانی، بهمن؛ ابراهیمی، هدی. (۱۳۸۸) شناخت عوامل مؤثر زمین‌لغزش در حوضه‌ی آبخیز سد برنجستانک قائمشهر. فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی (۴)۱۲۷ -۱۳۶.

– زارع، م. (۱۳۸۰). خطر زمین‌لرزه و ساخت‌وساز در حریم گسل شمال تبریز و حریم گسلش گسل‌های زمین‌لرزه‌ای ایران. پژوهشنامه‌ی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، سال چهارم، شماره‌ی دوم و سوم.

– زرگرزاده، مرضیه؛ رنگزن، کاظم؛ چرچی، عباس؛ آبشیرینی، احسان. (۱۳۸۸). کاربرد GIS و شاخص‌های ژئومورفیک در پهنه‌بندی تکتونیک فعال زون زاگرس، همایش و نمایشگاه ژئوتوماتیک، تهران.

– شریعت جعفری، محسن. (۱۳۷۶). زمین‌لغزش، انتشارات سازه. تهران.

– شفیعی بافتی، امیر؛ شاکر اردکانی، علیرضا؛ الهی، علی؛ تراز، حمید؛ ایرانمنش، مهدی (۱۳۸۹). بررسی زون مخرب گسل‌های امتدادلغز با نگرشی جدید در تعیین حریم گسل و نقش آن در تعیین ضریب ایمنی جهت احداث سازه‌های مهندسی، کنفرانس بین‌المللی سبک‌سازی و زلزله، کرمان.

– صبوری، سعیدمحمد. (۱۴۰۰). زمین ساخت جنبا در نیمه جنوبی البرز مرکزی (از کرج تا قزوین) رساله دکتری زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی. تهران.

– عزتی، مریم؛ آق آتابای، مریم. (۱۳۹۴). تحلیل زمین‌ساخت فعال حوضه‌ی بجنورد با کمک شاخص‌های مورفوتکتونیکی، نشریه‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، (۲) ۷۱۱-۷۹۰.

– کیانی، طیبه؛ هیراد، ندیم؛ غفورپور عنبران، پرستو. (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های زمین‌ساخت فعال در گستره‌ی رودبار با نگرش ویژه بر زمین‌لغزش‌های منطقه‌ی. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۷ (۱) :۶۵-۸۸

– مجرب، مسعود؛ زارع، مهدی. (۱۳۸۸). تعیین حریم مهندسی گسل شمال تهران. جهاد دانشگاهی، سال چهارم، شماره‌ی ۱.

– میرنظری، جواد؛ شهابی، هیمن؛ خضری، سعید. (۱۳۹۳). ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل AHP و عملگرهای منطق فازی در حوضه‌ی آبریز پشت تنگ سرپل ذهاب (استان کرمانشاه)، نشریه‌ی جغرافیا و توسعه، ۱۲(۳۷) ۵۳-۷۰.

- 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.

- 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,

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]

[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]

Binghamton. 115-138.
- Burbank, D., Anderson, R., 2001. Geomorphic markers. Burbank, DW & Anderson, RS, Tectonic Geomorpholgy. Malden:(ed.) Blackwell Publishing, 13-32.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Pedrera, A., Pérez-Peña, J. V., Galindo-Zaldívar, J., Azañón, J. M., & Azor, A. 2009.
- Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low-rate active folding (eastern Betic Cordillera, Spain). Geomorphology, 105(3-4), 218-231.
- https://doi.org/ 10.22034/41.177.29

[Downloaded from jhre.ir on 2025-03-18]

[DOI: DOI: 10.22034/41.177.29]