نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹
صفحات ۶۵ تا۸۸

بررسی ویژگی های زمین ساخت فعال در گستره رودبار با نگرش ویژه بر زمین لغزش های منطقه

طیبه کیانی،[1] استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
هیراد ندیم، کارشناس ارشد زمین‌شناسی محیط‌زیست، گرایش مخاطرات زمین‌شناسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
پرستو غفورپور عنبران، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

دریافت مقاله : ۱۳۹۶/۱۲/۰۲ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۱۱/۰۶

چکیده

منطقه پرجمعیت رودبار درشمال ایران، بدلیل شیب های تندتوپوگرافی، مصالح سست پوشاننده شیب‌ها، فازهای تکتونیکی فعال، فعالیت‌های بشری نظیر ساخت وساز جاده و راه آهن، ازمناطق مستعد رخداد زمین‌لغزش است. در این پژوهش، درفاز اول براساس پیمایش‌های زمینی، نقشه زمین‌شناسی درمقیاس۱:۲۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای منطقه رودبار، محدوده و وضعیت پایداری زمین‌لغزش‌های منطقه شناسایی شد؛ براساس مشاهدات میدانی، عوامل ساختاری و وزنی(باربرداری شیب) بیشترین تاثیر در وقوع این رخداد را داشته ومحرک اصلی در بیشترآنها، عامل ساختاری است. این مهم نیاز به تعیین و چگونگی فعالیت‌های تکتونیکی برای پیش‌بینی و کنترل پدیده زمین‌لغزش در زیرساخت‌های عمرانی و زیست‌محیطی منطقه رودبار را ضروری مینماید. از اینرو درفاز دوم پژوهش، از شاخص‌های ژئومورفیک سینوزیته جبهه کوهستان(Smf)، نسبت پهنای دره به ارتفاع دره(Vf)، شیب طولی رودخانه(SL)، شکل حوضه(Bs) و عدم تقارن حوضه زهکشی(Af) استفاده شد. سپس نتایج شاخص‌ها، به صورت شاخص فعالیت تکتونیک نسبی(LAT) نشان داد که بیشتر زیرحوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی شدید و متوسط است.از نظر گستردگی، طبقه شدید با مساحت ۱۹۵/۰۵ کیلومتر مربع (۶۷/۲۱ درصد) ازکل مساحت منطقه را دربر می‌گیرد. تلفیق مکانی پهنه‌های زمین‌لغزش های شناسایی شده در بخش اول پژوهش با پهنه‌های تکتونیکی استخراج شده در بخش دوم پژوهش، انطباق این پهنه‌هادردو طبقه نشان می‌دهد. پهنه‌های رخداد زمین‌لغزش‌های فتلک، لویه، رودبار، فیلده، در پهنه‌هایی با فعالیت تکتونیکی شدید قرار گرفته و زمین‌لغزش‌های دشتگان، طلابر، تکلیم، نصفی، دولت‌آباد، هرزویل در پهنه‌های فعال تکتونیکی متوسط واقع شده است.برای جلوگیری ازخسارات آتی رخداد زمین لغزش و ارایه گزارش‌های دقیق تر برای هرگونه فعالیت عمرانی و زیست‌محیطی درمنطقه رودبار باید مطالعات تفصیلی مهندسی و زمین‌شناسی درمقیاس‌های بزرگ‌تر انجام گیرد.

واژه های کلیدی: زمین‌لغزش، زمین‌ساخت فعال، سیستم اطلاعات جغرافیایی، شاخص‌ژئومورفیک،منطقه رودبار.

[1] . نویسنده مسئول: Email: tayebeh.kiani@Gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

مقدمه

زمین‌لغزش، نتیجه حرکت مواد در روی دامنه است که در اثر عمل آب و نیروی ثقل ایجاد می‌گردد، سازندی که پدیده لغزش را به وجود می‌آورد دانه درشت‌تر از مواد خاک سره[۱] است. وسعت فعالیت پدیده زمین‌لغزش بسیار وسیع بوده و همراه خود مواد کوهرفتی را به پایین دامنه منتقل می‌نماید(احمدی، ۱۳۹۱: ۲۳۰). عوامل زیادی در وقوع زمین‌لغزش موثرند که مهم‌ترین آنها عبارتند از : اثرات تکتونیکی (که شامل زمین لرزه، گسل‌های منفرد، گسل‌های قابل تحریک، گسل‌های فعال، چین‌خوردگی و نواحی خرد شده و آماده لغزش و ...)که این اثر بیش‌تر در نواحی البرز و زاگرس سبب می‌شود؛ خواص ژئوتکتونیکی (خواص زمین‌ساخت)؛ آب‌های زیرزمینی و سطحی؛ فعالیت‌های عمرانی(رمضانی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۳۱). یکی از پدیده‌هایی که همزمان با زمین لرزه اتفاق می‌افتد، رانش زمین می‌باشد و موجب بالارفتن خسارات زمین لرزه می‌شود. با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک می‌توان با ارایه نقشه‌ها در پیش‌بینی مکان‌هایی که در اثر زمین لرزه‌های آتی دچار ناپایداری می‌شوند، برنامه‌ریزان را یاری داد. با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری و بهره‌گیری از شاخص‌های ژئومورفیک و پارامترهای رتبه‌ای زهکشی می‌توان، تکتونیک فعال یک منطقه را بررسی کرد (حبیبی، ۱۳۹۴).

در این زمینه شاخص‌های ژئومورفیک ابزار سودمندی برای مطالعه فعالیت‌های تکتونیکی در نواحی مختلف محسوب شده و به وسیله آنها می‌توان اطلاعاتی در مورد نواحی خاصی از یک منطقه در معرض فعالیت تکتونیکی نسبتاً سریع و حتی کند قرار دارند، بدست آورد. استفاده از نوآوری‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، کمک شایانی به ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیک به عنوان ابزارهای پایه و اساسی به منظور شناخت تکتونیک فعال و نشان دادن تاثیر آنها بر فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه می‌نماید (زرگرزاده و همکاران، ۱۳۸۸).

استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در مطالعه‌ی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی توسط بول و همکاران (Bull and et al، ۱۹۷۷) آغاز گردید. این شاخص‌ها به دست محققان دیگری همچون راک ول و همکاران (Rockwll and et al، ۱۹۸۵) در جنوب غربی آمریکا، ولز و همکاران (wells and et al، ۱۹۸۸) در سواحل کاستاریکا، سیلوا و همکاران (Silva and et al، ۲۰۰۳) در سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا، (گارنیر و همکاران (Garnier and et al، ۲۰۰۸)در شمال شرقی سیسیلی مورد استفاده قرار گرفته است. همدونی و همکاران(Hamdoni and et al, ۲۰۰۸) به منظور ارزیابی تکتونیک منطقه سیرانودا (جنوب اسپانیا)، از شاخص‌های ژئومورفیک استفاده کردند که نتایج حاصل از شاخص‌ها به صورت شاخص تکتونیک فعال نسبی (LAT) نشان از فعال بودن منطقه می‌باشد. .(گالو و همکاران، ۲۰۱۴) در تحقیقی با استفاده از تحلیل‌های فضایی بر روی شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL)، به بررسی زمین‌لغزش‌های منطقه کوهپایه‌ای بخش جنوب شرقی امیلیا رومانیا (شمال اپنی ایتالیا) پرداختند تا کارایی شاخص SL را به عنوان ابزاری جهت بررسی زمین لغزش بیازمایند. (دونای و همکاران، ۲۰۱۵)، در مقاله‌ای نقش عوامل مورفولوژیکی و ساختاری را در زمین‌لغزش‌هایی که در پی زمین لرزه‌ی منطقه پادنگ در سوماترای غربی در سال ۲۰۰۹ اتفاق افتاد را بررسی کردند. در این مقاله علاوه بر اشاره به عوامل کنترل‌کننده همچون شیب، لیتولوژی به نقش عوامل ساختاری در زمین‌لغزش پرداخته است. جهت بررسی ارتباط زمین‌لغزش با فعالیت تکتونیکی در این پژوهش از شاخص‌های SL، Af، Vf، Dd، Smf استفاده کرده‌اند. نتایج شاخص‌های ژئومورفیک حاکی از آن بوده است که زمین‌لغزش رخداده در پی زمین لرزه‌ی سال ۲۰۰۹ در پادنگ

[۱]. Solifluction

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

در پهنه متوسط از نظر فعالیت تکتونیکی واقع شده است. هم‌چنین عوامل شیب، لیتولوژی از فاکتورهای دیگر دخیل در زمین‌لغزش مورد مطالعه بوده است. در داخل کشور ایران مطالعاتی در زمینه بررسی فعالیت تکتونیکی با استفاده از شاخص‌های ژئورفیک توسط محققانی همچون(یمانی و همکاران، ۱۳۸۹)، در حوضه آبخیز رودخانه چله (علیپور و همکاران، ۲۰۱۱)، درمنطقه سد رودبار لرستان در کمربند گسلی زاگرس صورت گرفته است. (شریفی و همکاران، ۲۰۱۳)، با بررسی ارتباط تکتونیک فعال و پهنه‌های لغزشی در قالب شاخص‌های Vfو Smf نقشه پهنه‌بندی تکتونیکی را در سه طبقه (I) پهنه فعال تکتونیکی، (II) پهنه با فعالیت متوسط، (III) پهنه غیر فعال تکتونیکی تهیه نموده‌اند. آنها هم‌چنین نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را در پنج طبقه تهیه نمودند مقایسه و انطباق نقشه پهنه‌بندی تکتونیک فعال حاصل از شاخص‌های Vf و Smf به ترتیب نشان می‌دهد که حدود ۶۸ و ۵۳ درصد از پهنه‌های با خطر بالای تکتونیک فعال حاصل از ارزیابی دو شاخص مذکور با پهنه‌های حساسیت بالا و خیلی بالا حاصل از نقشه پهنه خطر زمین‌لغزش منطقه انطباق دارند (حبیبی، ۱۳۹۴)، برای بررسی زمین‌لغزش‌های رخ داده و ارتباط آن با وضعیت تکتونیکی در حوضه‌های ایذه، مرغاب، باغ ملک، صیدون، دالون- میداوود، جایزان، بهبهان در استان خوزستان از شاخص‌های مورفوتکتونیکی استفاده کرده است نتایج تحقیق حاکی از آن است که به طور کلی حوضه از لحاظ فعالیت‌های تکتونیکی جز مناطق فعال است. در ادامه تحقیق نشان داده است که اکثریت زمین‌لغزش‌ها در طبقه خیلی شدید و شدید از لحاظ شاخص‌های تکتونیکی واقع شده است.

منطقه رودبار بدلیل مورفولوژی خاص خود و فعالیت های گسترده تکتونیکی همواره آبستن مخاطرات متنوع زمین شناختی از قبیل زمین لرزه، سیل، آلودگی‌های زیستی و رانش زمین می‌باشد بطوریکه از میان آنها، رانش زمین یکی از فعالترین پدیده های موجود در محدوده این منطقه گسترده و کوهستانی می باشد. در محدوده برگه رودبار ۱۱ زمین لغزش بزرگ و کوچک با عملکرد و خواص مختلف به ثبت رسیده که برخی از آنها عواقب فاجعه باری نیز به همراه داشته است از جمله آن می‌توان به زمین‌لغزش‌های رودبار و فتلک اشاره کرد که در اثر وقوع زمین‌لرزه ۳۱ خرداد سال ۱۳۶۹ موجب بروز حوادث مخرب در منطقه رودبار گردید و تلفات جانی و مالی را در پی داشت. عملکرد شدید فازهای تکتونیکی که به عنوان محرک اصلی لغزشها نقش ایفا می‌کنند، عوامل ساخت و ساز، جاده و راه‌آهن، شیب‌های تند توپوگرافی و مصالح سست پوشاننده شیب‌ها، عوامل متنوعی در بروز این‌گونه زمین‌لغزشها می‌باشند. با توجه به اینکه زمین لغزش، قابلیت پیش‌بینی، پیشگیری و پایداری را دارند شناسایی و پهنه‌بندی در سطح کشور و استان، انجام مطالعات اولیه زمین‌شناسی در مناطق مستعد زمین‌لغزش با مقیاس بزرگ حایز اهمیت است. به دلیل پتانسیل بسیار بالای منطقه برای لغزش‌های بعدی و هم خواص بودن مناطق دست نخورده با مناطق رانشی قدیمی، در پژوهش حاضر سعی می‌گردد، مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در رخداد زمین‌لغزش‌ها منطقه رودبار مشخص گردد و براساس آن، جهت کنترل پدیده زمین‌لغزش برنامه‌های مدیریتی صورت گیرد. در نهایت، با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، وضعیت فعالیت تکتونیکی منطقه رودبار تعیین و با انطباق موقعیت زمین‌لغزش‌ها و گسل‌ها با نقشه پهنه‌های فعالیت تکتونیکی، ارتباط تکتونیک و پدیده زمین‌لغزش مورد بررسی قرار گیرد و محدوده خطر که احتمال ناپایداری زمین‌لغزش در آن وجود دارد نیز تعیین گردد(ندیم، ۱۳۹۵) .

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

داده‌ها و روش کار

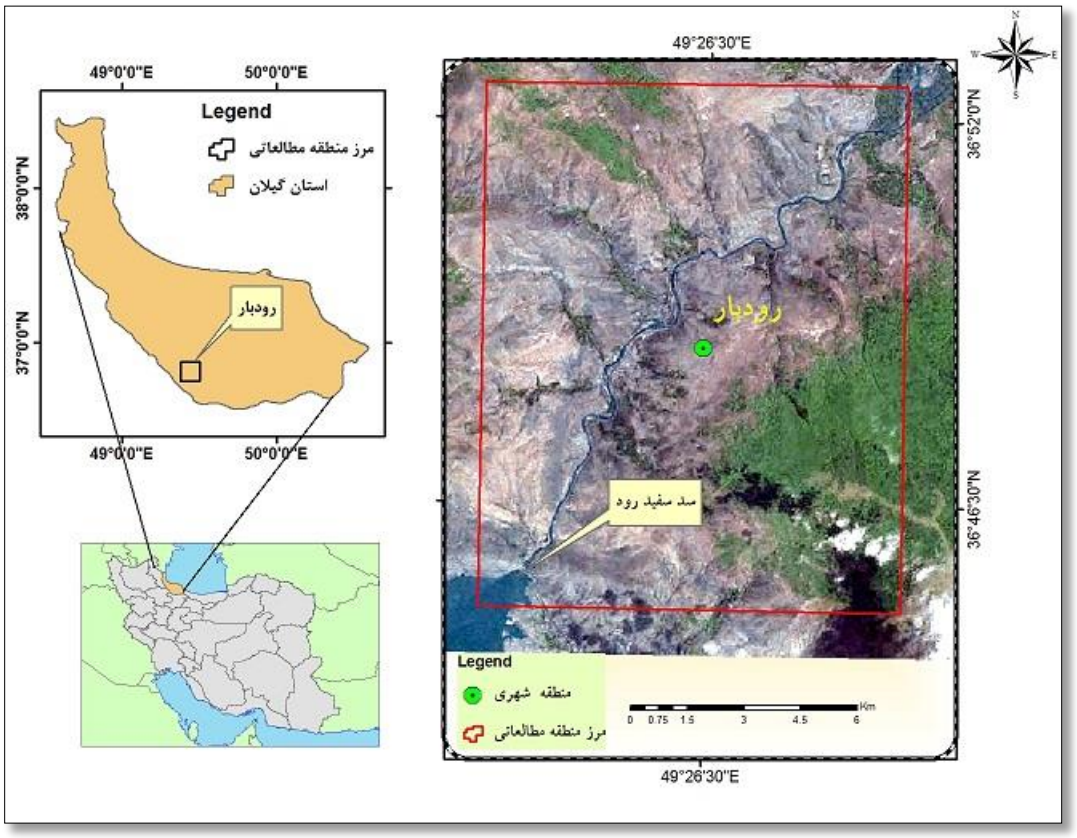
الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه '۴۵ °۳۶ تا "۳۰ '۴۵ °۳۶عرض شمالی و "۳۰ ′۲۲ °۴۹ تا ′۳۰ °۴۹ طول خاوری واقع شده است. شهرستان رودبار از شهرستان‌های جنوبی استان گیلان می‌باشد که به خاطر داشتن باغهای زیتون شهرت خاصی دارد و نامگذاری این شهر به سبب جاری بودن رودهای فصلی و دایمی آن است. شهرستان رودبار از شمال به شهرستان رشت، از جنوب به شهرستان رودبار الموت (از استان قزوین)، از خاور به شهرستان لاهیجان و از باختر به شهرستان فومن منتهی می‌گردد (شکل۱و۲). در مورد ژئومورفولوژی، برگه رودبار از سمت جنوب به شمال در واقع به شکل یک دره حاصل از عملکرد فرسایشی رودخانه سفیدرود شکل گرفته که هرچه از سمت جنوب به سمت شمال حرکت می‌کنیم عمق این دره کمتر و شیب توپوگرافی در دو سمت رودخانه ملایم‌تر می‌گردد (شکل۳). این امر می‌تواند در ارتباط با واحدهای سنگی تشکیل‌دهنده منطقه باشد به نحوی که در بخش جنوبی که بیش‌تر از واحدهای کربناته و ماسه سنگی پرارتفاع تشکیل شده دره عمیق‌تر و زاویه شیب توپوگرافی بیش‌تر و در بخش‌های شمالی که عموما واحدهای سنگی توفی و آتشفشانی ائوسن تشکیل شده با کاهش ارتفاع دره کم‌عمق‌تر و و زاویه شیب توپوگرافی ملایم‌تر می‌شود. شکل‌گیری ارتفاعات و عوارض ساختاری منطقه تماما از دگریختی پویای پهنه البرز نشات می‌گیرد به صورتی که رژیم فشارشی حاکم بر منطقه در شکل‌گیری تاقدیس بزرگ رودبار نقش داشته و در واقع توپوگرافی حاصل نتیجه عملکرد همین رژیم در منطقه می‌باشد. از نظر زمین شناسی واحدهای سنگی تشکیل دهنده این پهنه، از پالئوزوییک فوقانی- پرمین با سنگ های کربناته سازند روته آغاز شده و با توالی واحدهای سنگ چینه‌ای شمشک در ژوراسیک تحتانی، سنگ‌های کربناته کرتاسه زیرین تا بالایی در مزوزوییک و هم چنین توالی سنگ‌های آتشفشانی ائوسن در سنوزوییک ادامه و در نهایت با رسوبات عهد حاضر، خاتمه می‌یابد. با توجه به اینکه منطقه مورد بررسی تحت تاثیر فازهای شدید تکتونیکی بوده، مجموعه نهشته‌های سنگی منطقه، مدل یک تاقدیس عظیم پلانژدار را با روند جنوب خاور- شمال باختر شکل داده است که البته وجود گسل‌های امتدادلغز مانند گسل رودبار نشانه‌ای از عملکرد ثانویه تکتونیک فعال در منطقه می‌باشد. از دیگر شاخصه‌های بارز منطقه وجود زمین‌لغزش‌های فراوانی است که به نظر می‌رسد نتیجه تکتونیک فعال منطقه می‌باشد. از نظر لرزه‌خیزی، آمار داده‌های زمین‌لرزه‌های دستگاهی و تاریخی این منطقه نشان‌دهنده توان لرزه‌خیزی بالای آن و وجود چشمه‌های لرزه‌ای و گسله‌های پویا می‌باشد رویداد زمین‌لرزه ۳۱ خرداد سال ۱۳۶۹ با بزرگی ۷/۳ MW رودبار گواه بر این موضوع است که موجب کشته شدن حدود ۴۰ هزار نفر، ویران شدن شهر رودبار و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

منجیل و آسیب دیدن بیش از ۷۰۰ روستا گردیده است (ندیم،۱۳۹۵).



شکل۱: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

ب) روش کار

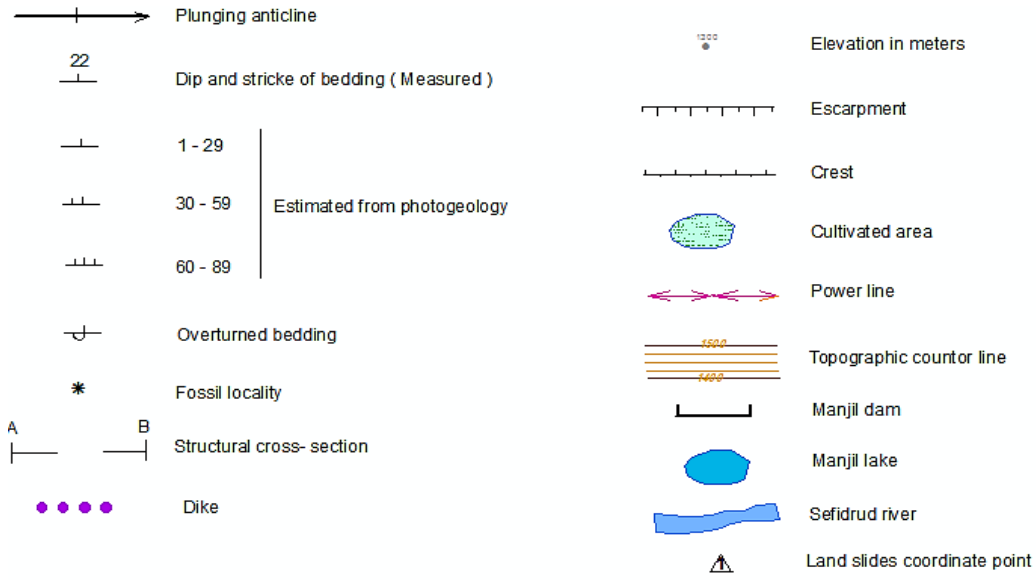
- **مشاهده و برداشت داده‌های زمین لغزش ها:**

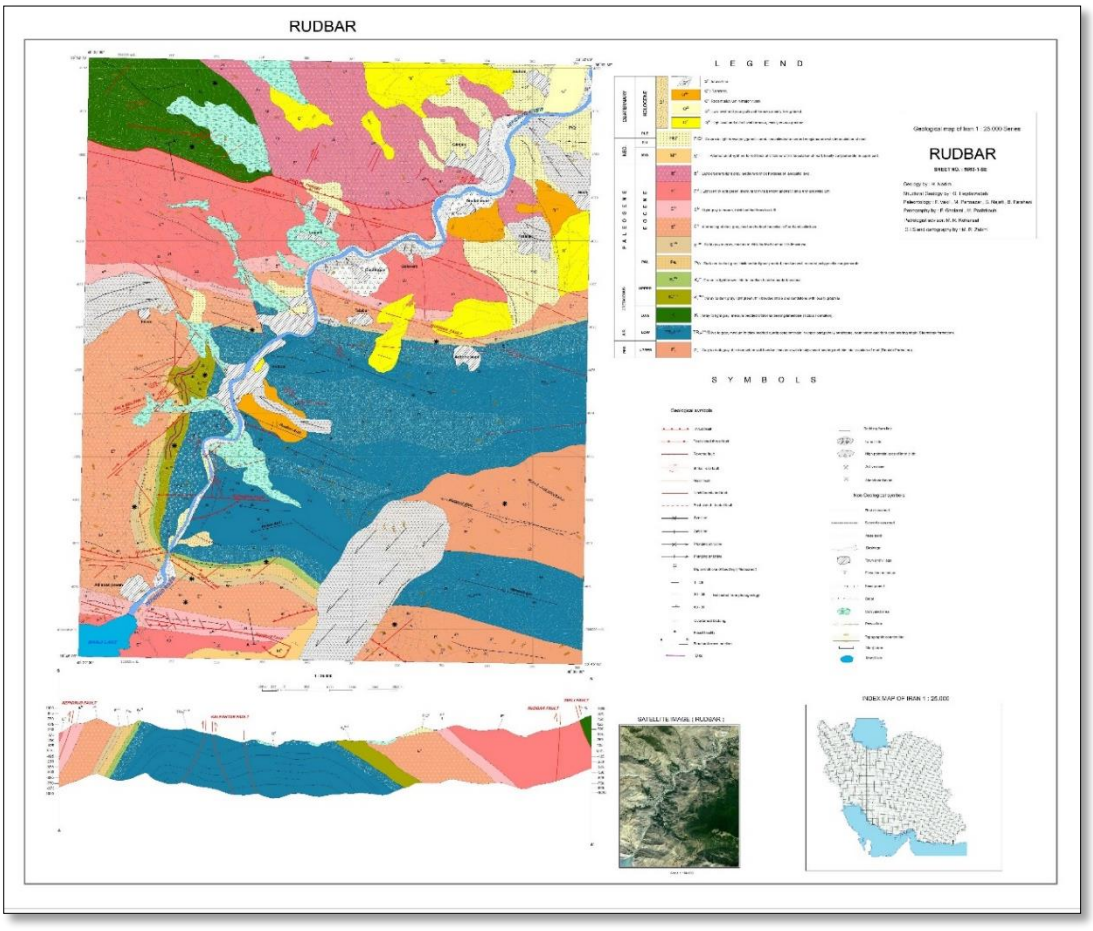
روش تحقیق در پژوهش موردنظر، مبتنی بر مطالعات و پیمایش‌های میدانی می‌باشد. برداشت‌های میدانی در چارچوب برگه ۱:۲۵۰۰۰ رودبار طی پنج نوبت ۲۰ روزه با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ زنجان و ۱:۱۰۰۰۰۰ رودبار ، عکس‌های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ ، نقشه‌های توپوگرافی رقومی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از سازمان نقشه برداری کشور، تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM^+ سال ۲۰۱۴ در سطح منطقه انجام شده است.

لازم به ذکر است همزمان با برداشت های مورد نیاز برای زمین لغزش‌های منطقه، کارشناسان ارشد سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، نقشه زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ منطقه با عنوان رودبار و شماره برگه ۵۸۶۳-SE-۱ را تهیه کردند که از اطلاعات دقیق و کاربردی آن در پژوهش کنونی استفاده شده است (شکل ۴).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]





شکل۴: نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰برگه رودبار (Nadim et al, ۲۰۱۶)

در عملیات صحرایی در سراسر منطقه، با انجام پیمایش‌های عرضی و یا طولی (نسبت به عوارض زمین شناسی، زمین ساخت و ژئومورفولوژی)، با فاصله ۲۵۰ متر، اندازه‌گیری و نمونه برداری انجام گرفت. فاصله گذر پیمایش در برداشت

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

های منطقه مورد مطالعه ، وابسته به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، تعیین شده است. در عملیات صحرایی در مناطق حساس و پیچیده، بیشترین چگالی برداشت[۱] یعنی فاصله کمتر از ۲۵۰ متر صورت گرفت (جدول ۱). براساس بررسی‌های یاد شده، اطلاعات موردنیاز در مورد زمین‌لغزش‌ها شامل نام منطقه، مساحت، نوع لغزش، عامل لغزش، شیب توپوگرافی، وضعیت پایداری زمین لغزش، سنگ بستر و نوع مصالح، از یازده رخداد زمین لغزش موجود در منطقه استخراج شده است.

جدول ۱: مشخصات چگالی برداشت در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰

روش برداشت زمینی	حداکثر فواصل پیمایش (متر)	تعداد نقاط برداشت صحرایی در ۱۰۰ هکتار	درصد کنترل دقیق چند ضلعی‌ها	مساحت چند ضلعی (هکتار)	مقیاس برداشت
پیمایش پیاده	۲۵۰	۴	۷۵-۵۰	۲۵	۱:۲۵۰۰۰

(منبع: برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن، وزارت صنایع و معادن، ۱۳۸۹)

- **پهنه‌های فعال تکتونیکی:**

در این پژوهش، منطقه مورد مطالعه از نظر مورفوتکتونیک نیز بررسی شده است و نتایج آن به صورت نقشه‌های پهنه بندی مناطق مستعد فعالیت‌های تکتونیکی ارایه شده است. این پهنه بندی به منظور انطباق زمین لغزش‌های شناسایی شده در بخش اول پژوهش، پهنه‌های مستعد زمین لغزش دارای منشا تکتونیکی و وضعیت تکتونیک منطقه انجام شده است. برای این منظور در کنار مطالعات صحرایی، چندین شاخص مورفوتکتونیکی شامل شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شاخص شیب طولی رودخانه (SL)، شاخص شکل حوضه (Bs)، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af) بررسی و از نتایج تلفیق آنها استفاده شده است. در ابتدا با استفاده از توابع مدلسازی هیدرولیکی (Archydro Tools) و مدل ارتفاعی رقومی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر (ASTER) در نرم‌افزار ARC GIS امکان تعیین زیرحوضه‌های یک حوضه و شبکه رودخانه امکان‌پذیر شد و منطقه مورد مطالعه به ۲۳ زیر حوضه تقسیم گردید. در ادامه، جهت افزایش دقت نتایج، مرز زیرحوضه براساس تصاویر Google Erath مطابقت داده شد. سپس شاخص‌های سینوزیته جبهه کوهستان (Smf)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf)، شیب طولی رودخانه (SL)، شکل حوضه (Bs)، عدم تقارن حوضه زهکشی (Af) به عنوان پارامترهایی که تحت‌تاثیر نوزمین‌ساخت قرار می‌گیرند، برای هریک از زیرحوضه‌ها محاسبه و نتایج شاخص‌ها، به صورت نقشه، جدول ارایه می‌شود. در نهایت با استفاده از شاخص فعالیت نسبی تکتونیکی (LAT) و داده‌های کمی بدست آمده از شاخص‌های مورفوتکتونیک، میزان فعالیت تکتونیکی منطقه تعیین گردید.

شاخص سینوزیته جبهه کوهستان(Smf)[۲]: یکی از شاخص‌هایی که با ارزیابی شکل‌سنجی، بررسی تغییرات مورفولوژی جبهه‌های کوهستانی و سپس میزان نسبی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی را امکان‌پذیر ساخته است. شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf) می‌باشد این شاخص از رابطه‌ی زیر حاصل می‌شود:

$$Smf = Lmf/Ls$$ رابطه ۱

[۱]= Specification of survey intensity
[۱]= the mountain front sinuosity index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

در این رابطه، Lmf=طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکست شیب

Ls= طول خط مستقیم جبهه کوهستان

طبقه (۱) دارای مقدار کمتر از ۱/۳ (وضعیت خیلی فعال) ، طبقه (۲) با مقدار ۱/۶-۱/۳ (وضعیت فعال) و طبقه (۳) مقدار ۱/۶-۱/۸ (فعالیت نیمه فعال) و طبقه (۴) مقدار بیشتر از ۱/۸ (وضعیت غیرفعال) را شامل می‌شود (شایان و همکاران، ۱۳۹۰).

شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع عمق آن (Vf)[۱]: با استفاده از این شاخص می‌توان فهمید که رود در چه وضعیتی می‌باشد. ممکن است که رود در حال حفر بسترش باشد یا به فرسایش کناری مشغول بوده و اقدام به توسعه بستر خود کند. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده بالاآمدگی کم نوزمین‌ساختی می‌باشد(شایان و همکاران،۱۳۹۰)..

$$Vf = ۲vfw/(Eld - Esc) + (Erd - Esc)$$ رابطه۲

در این رابطه.

Vfw= پهنای کف دره Esc= ارتفاع کف دره Erd= ارتفاع دیواره سمت راست دره Eld= ارتفاع دیواره سمت چپ دره (شایان و همکاران،۱۳۹۰). طبقه (۱) دارای مقدار کمتر از ۰/۵ (وضعیت فعال) ، طبقه (۲) با مقدار ۰/۵-۱ (وضعیت نیمه فعال) و طبقه (۳) مقدار بیشتر از ۱ (فعالیت کم) را شامل می‌شود.

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)[۲]: شاخص عدم تقارن روشی برای تشخیص وجود کج شدگی ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های زهکشی است. این شاخص به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Af = (Ar/At) \times ۱۰۰$$

در این رابطه، Af عدم تقارن حوضه زهکشی، Ar مساحت قسمت راست مسیر رود اصلی، At مساحت کل حوضه.برای رودخانه‌های در حال تعادل که تداوم جریان در حالت ثابتی وجود دارد. Af برابر ۵۰ است که بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم کج شدگی بر اثر بالاآمدگی خواهد بود. مقادیر بیش از ۵۰ بیانگر عمل بالاآمدگی در ساحل راست و کمتر از ۵۰ بیانگر بالاامدگی در ساحل چپ آبراهه اصلی است (Hamdoni et al, ۲۰۰۸).

شاخص شکل حوضه (Bs)[۳]: معمولا حوضه‌هایی که از نظر زمین‌ساختی فعال هستند شکل کشیده دارند. با توقف فعالیت یا غلبه فرآیندهای فرسایشی، شکل حوضه به تدریج در طی زمان دایره‌ای می‌شود و شاخص کاهش می‌یابد. این شاخص از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Bs = Bl/Bw$$

در این رابطه BL، طول حوضه آبریز بوده که از خروجی تا انتهایی ترین بخش حوضه را در بر گرفته و Bw عرض حوضه آبریز است. مقادیر بالای Bs نشان‌دهنده فعال بودن نو زمین‌ساخت حوضه آبریز است (رامشت و همکاران، ۱۳۹۱: ۶۱).

[۱]=the ratio of width to depth valley floor
[۲]=Asymmetry Factor
[۳]=Drainage Basin Shape Ratio

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL)[۱]: شاخص گرادیان طولی رودخانه توسط هاک (۱۹۷۳) به شکل زیر توصیف شد (

$$Sl = (\Delta H/\Delta L) \times L$$

در این رابطه، SL شاخص گرادیان طولی رودخانه، ΔH/ΔL بیانگر شیب محلی رود، ΔH اختلاف ارتفاع بین دو نقطه‌ی اندازه‌گیری شده، ΔL طول بازه و L طول کل کانال از خط تقسیم اب تا مرکز بخشی که شیب آن محاسبه شده است. (خاوری و همکاران، ۱۳۸۹: ۲۹).

در نهایت، پس از طبقه‌بندی هر یک از شاخص‌ها، شاخص نسبی فعالیت تکتونیکی (LAT) به وسیله‌ی میانگین کلاس‌های مختلف شاخص‌های ژئومورفیک (s/n) بدست می‌آید و براساس مقدار بدست آمده از (s/n) به چهار کلاس تقسیم می‌گردد،که در این تقسیم‌بندی کلاس ۱ به فعالیت تکتونیکی بسیار بالا، کلاس ۲ با فعالیت تکتونیکی بالا، کلاس۳با فعالیت تکتونیکی متوسط و کلاس ۴ با فعالیت تکتونیکی کمی فعال مشخص می‌شوند.

شرح و تفسیر نتایج

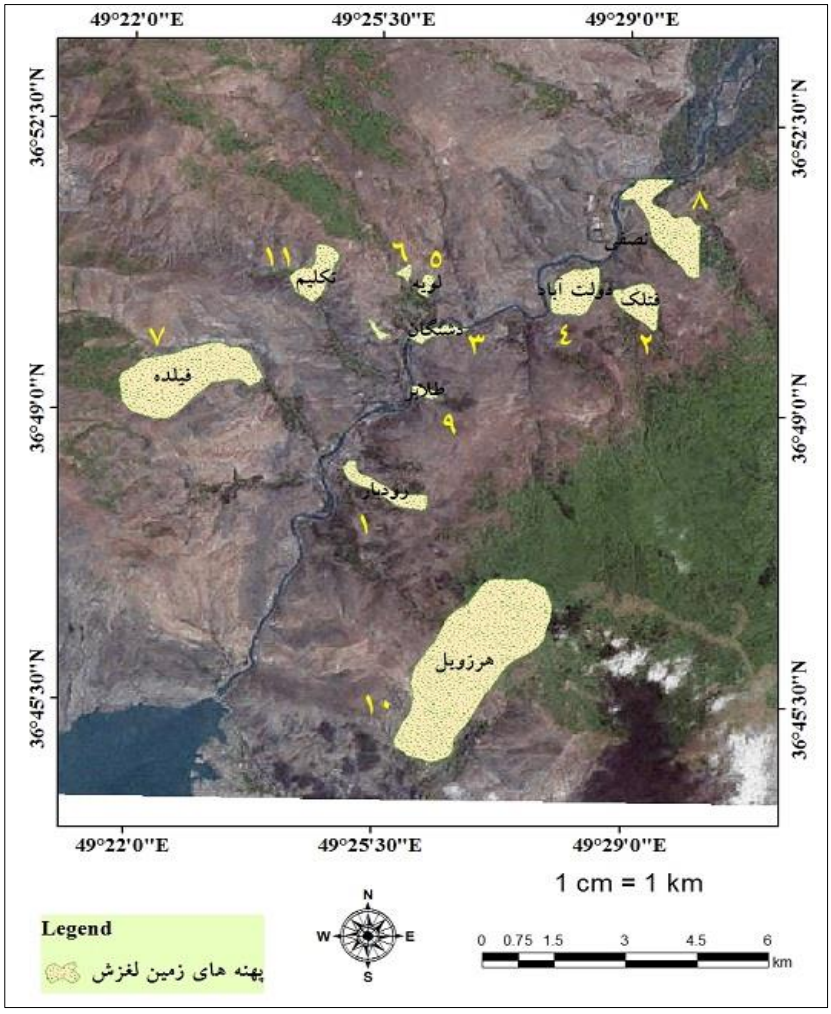
- **نتایج مشاهده و برداشت داده‌های زمین لغزش‌ها:**

در محدوده مورد مطالعه ۱۱ زمین لغزش بزرگ و کوچک با عملکرد و خواص مختلف طی پیمایش‌های زمینی مشاهده و اندازه گیری شد(شکل ۶ تا ۱۵) و (جدول۲). وضعیت پراکندگی زمین لغزش منطقه رودبار در شکل شماره (۵) نشان داده شده است.

[۱]=Stream Length- Gradient Index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]



شکل ۵: وضعیت پراکندگی زمین لغزش های منطقه مورد مطالعه

مشخصات این زمین لغزش ها به همراه محدوده مشخص شده در گوگل ارث در زیر آورده شده است:

-زمین‌لغزش (شماره ۱) رودبار: این زمین لغزش در مختصات جغرافیایی"۰۱ '۲۵ °٤۹۰ طول خاوری و "۲۲ '٤۸ °۳٦۰ عرض شمالی، با راستای حرکت خاور- شمال باختر در خاور آبادی رودبار قابل مشاهده است. زمین لغزش رودبار، یکی از معروف‌ترین زمین‌لغزشهای منطقه و با همین نام می‌باشد که در اثر تحریک زمین‌لرزه فاجعه‌بار ۳۱ خرداد سال۱۳۶۹ بصورت بطئی در طی ۱۰ روز پس از وقوع زلزله حاصل شد. این زمین‌لغزش خود در دل یک زمین‌لغزش بزرگتر و قدیمی تر صورت گرفته که با توجه به مورفولوژی منطقه و وضعیت این زمین لغزش کلیه سازه های جانبی خود را در معرض خطر جدی قرار داده و وضعیت کنونی آن بالقوه دارای ریسک لغزش است (شکل ۶، ردیف ۱جدول ۲).

-زمین لغزش (شماره۲) فتلک: زمین لغزش فتلک دارای مختصات جغرافیایی "۶۰ '۴۲ °۴۹ طول خاوری و "۶۰ '۶۰ °۳۶ عرض شمالی می باشد. بی گمان یکی از فاجعه‌بارترین رانش‌های اخیر کشورمان به این زمین‌لغزش اختصاص دارد چرا که اندکی پس از زلزله رودبار تنها در عرض چند ثانیه حدود ۵۰۰ نفر از هموطنانمان در این روستا در زیر توده لغزیده مدفون شدند (شکل ۷، ردیف ۲ جدول ۲).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

-زمین‌لغزش (شماره ۳) دشتگان: این زمین لغزش در موقعیت "۶۰ '۴۱ °۴۹ طول خاوری و "۰۷ '۴۹ °۳۶ عرض شمالی در محدوده شمال آبادی دشتگان قرار دارد که بخش پایه آنرا بصورت تراس‌بندی و مهار شده، در مسیر جاده آزاد راه قزوین- رشت می توان بخوبی مشاهده نمود. این بخش در طی سال‌های قبل یکی از بخشهای به شدت ناپایدار محل بوده که در اثر باربرداری پایه شیب هنگام احداث جاده آزاد راه بارها لغزیده بود و حتی کماکان هم اثراتی از زمین‌لغزش‌های بیش و کم کوچک را می‌توان در اطراف آن مشاهده نمود (شکل ۸، ردیف ۳ جدول ۲).

-زمین‌لغزش (شماره ۴) دولت‌آباد: این محدوده با مساحت ۱/۲۴ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی "۶۰ '۲۸ °۴۹ طول خاوری و "۶۰ '۵۱ °۳۶ عرض شمالی قرار دارد و در واقع یکی از نقاطی است که دارای پتانسیل لغزش، و بالقوه ریسک لغزش در آن بالا است. چنانچه در محدوده آبادی دولت آباد رانش های کوچک حاشیه‌ای و گسستگی‌های پراکنده خود شاهدی براین ادعاست. ماهیت این منطقه بسیار مشابه با رانشی است که در رودبار اتفاق افتاده است (شکل ۹، ردیف ۴ جدول ۲).

-زمین لغزش (شماره ۵ و ۶) لویه A , B: این زمین لغزش در موقعیت جغرافیایی "۴۲ '۲۴ °۴۹ طول خاوری و °۳۶ "۴۹ '۵۰ عرض شمالی واقع شده است. عامل زمین‌لغزش در این محدوده به ظاهر ساختاری در بخشهای کنار جاده در اثر باربرداری از پایه شیب می‌باشد (شکل ۱۰، ردیف ۵و ۶ جدول ۲).

-زمین لغزش (شماره ۷) فیلده : زمین لغزش فیلده دارای مختصات جغرافیایی "۰۱ '۲۵ °۴۹ طول خاوری و '۴۸ °۳۶ "۲۲ عرض شمالی است. این زمین لغزش، یکی دیگر از انواع زمین‌لغزش‌های بزرگ در محدوده شمال باختر برگه یک بیست و پنج هزارم رودبار، در جوار آبادی فیلده می‌باشد همچنین زمین لغزش فیلده، یکی از زمین‌لغزشهای قدیمی منطقه است که هیچ گزارشی از شاهدان در مورد این زمین‌لغزش در دست نیست. راستای زمین‌لغزش فیلده باختر – خاوری است (شکل ۱۱، ردیف ۷ جدول ۲).

-زمین لغزش (شماره ۸) نصفی: زمین لغزش نصفی در موقعیت جغرافیایی "۴۲ '۲۹ °۴۹ طول خاوری و "۴۳ '۵۱ °۳۵ عرض شمالی قرار دارد. مجموعه زمین‌لغزشهای پراکنده نصفی از سری لغزشهای قدیمی می باشند که اکثر مصالح آن از کنگلومراهای پلیستوسن تا رسوبات هولوسن می باشد که بصورت خزشی عملکردی آهسته دارند. عامل زمین‌لغزش در این محدوده به ظاهر ساختاری در بخشهای کنار جاده در اثر باربرداری از پایه شیب است (شکل ۱۲، ردیف ۸ جدول ۲).

-زمین‌لغزش (شماره ۹) طلابر: این زمین لغزش دارای موقعیت جغرافیایی "۴۹ '۲۶ °۴۹ طول خاوری و "۶۰ '۵۴ °۳۶ عرض شمالی است. زمین لغزش طلابر همراه با شکافهای کششی عمیق تازه (Tension crack) بخصوص در منطقه پنجه آن می‌باشد که این خود شاهد بارزی از فعالیت این زمین لغزش در حال حاضر است. یکی از عواملی که موجب تحریک این زمین لغزش شده را می توان باربرداری پایه شیب برای ایجاد دهانه تونل راه آهن مسیر قزوین- رشت عنوان نمود که کماکان شرکت پیمانکار با این معضل روبرو است (شکل ۱۳، ردیف ۹ جدول ۲) .

-زمین‌لغزش (شماره ۱۰) هرزویل: زمین لغزش هرزویل در موقعیت جغرافیایی "۵۱ '۲۶ ° ٤۹ طول خاوری و '۴۵ °۳۶ "۴۵ عرض شمالی واقع شده است. این زمین‌لغزش با راستای حرکت شمال خاور به جنوب باختر، یک لغزش بسیار قدیمی است. سنگ بستر توده عمدتاً از سازندهای جانبی آن یعنی ردیف های سنگها نهشته های سازند کرج و سازند شمشک تشکیل گردیده از عوامل زمین‌لغزش آن بدلیل قدیمی بودن و فقدان شواهد اطلاعات خاصی در دست نیست

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

اما با توجه به رژیم تنش‌زای ساختاری منطقه احتمال تحریک ساختاری آن زیاد بوده است. وضعیت کنونی آن ثابت بوده و محدوده مورد خطر آن آبادی هرزویل می‌باشد (شکل ۱۴، ردیف ۱۰ جدول ۲).

-زمین لغزش (شماره ۱۱) تکلیم: این زمین لغزش در موقعیت جغرافیایی "۴۹ '۵۰ °۴۹ طول خاوری و "۴۲ '۲۴ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. در باختر برگه رودبار با طول لغزش ۸۶۹ متر و مساحت تقریبی ۴۷۰۰۰۰ مترمربع و شیب لغزش ۲۸ درجه مشخص می‌گردد (شکل ۱۵، ردیف ۱۱ جدول ۲).

سایر خصوصیات کمی و کیفی مرتبط با زمین‌لغزش‌های منطقه از قبیل نام زمین لغزش، مساحت، نوع لغزش، عامل لغزش، شیب توپوگرافی، وضعیت پایداری زمین لغزش، سنگ بستر و نوع مصالح هر ۱۱ محدوده زمین‌لغزش بررسی در این پژوهش، براساس مشاهدات و اندازه گیری های میدانی و اطلاعات کتابخانه ای در جدول شماره دو ارایه شده است. تصویر هر یک از زمین لغزش ها بر اساس شماره گذاری جدول شماره دو آورده شده است.

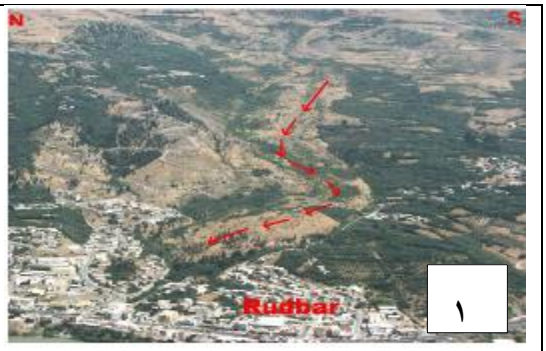
جدول ۲: زمین‌لغزش‌های منطقه رودبار و مشخصات آن

ردیف	اسامی زمین لغزش‌ها	مساحت (مترمربع)	نوع زمین لغزش	عامل زمین لغزش	شیب توپوگرافی	وضعیت پایداری زمین‌لغزش	سنگ بستر	نوع مصالح زمین لغزش
۱	رودبار	۴۸۴۰۰۰	خزشی - انتقالی	ساختاری	۱۲ درجه	بالقوه دارای ریسک لغزش در منطقه پنجه	سازند شمشک	رسوبات کواترنر پسین، هولوسن (سیلت، ماسه، گراول)
۲	فتلک	۴۶۷۰۰۰	چرخشی	ساختاری	۲۰ درجه	وضعیت ثابت	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	کنگلومرای پلیستوسن
۳	دشتگان	۲۲۵۰۰۰	خزشی	باربرداری دامنه شیب	۱۰- ۱۴ درجه	به ظاهر ثابت	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	رسوبات کواترنر پسین، هولوسن (سیلت، کنگلومرا، ماسه و گراول)
۴	دولت‌آباد	۱/۲۴ (کیلومترمربع)	خزشی	وزن توده و شیب	۱۰ – ۱۵ درجه	بالقوه دارای ریسک لغزش	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	رسوبات کواترنر پسین، هولوسن (سیلت، ماسه و گراول)
۵	لویه A	۸۱۰۰۰	انتقالی	ساختاری	۲۴ درجه	ثابت	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	کنگلومرای پلیستوسن
۶	لویه B	۷۸۸۰۰	انتقالی	ساختاری	۲۴ درجه	ثابت	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	کنگلومرای پلیستوسن
۷	فیلده	۴۸۴۰۰۰	روانه مصالح	ساختاری	۱۹ درجه	لغزش در پنجه	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	رسوبات کواترنر پسین، هولوسن (سیلت، ماسه، گراول)
۸	نصفی	۱/۲۵(کیلومتر مربع)	چرخشی - انتقالی	ساختاری، باربرداری از پایه شیب	۱۸ درجه	دارای ریسک لغزش	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	کنگلومرای پلیستوسن تا رسوبات هولوسن

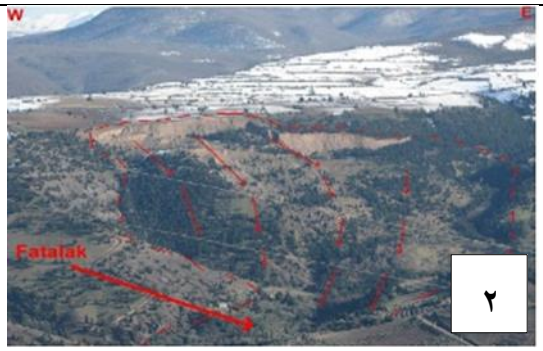
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

۹	طلابر	۹۹۰۰۰۰	انتقالی	باربرداری پایه شیب	۱۹ درجه	درحال لغزش با سرعت کم	سازند شمشک	رسوبات کواترنری(کنگلومرا، سیلت، ماسه، گراول)
۱۰	هرزویل	۸۶۶۷۸۳۰	انتقالی	فاقد اطلاعات به دلیل قدیمی بودن	۱۴ درجه	ثابت	سازند شمشک	مواد سازندهای شمشک و سنگ نهشته‌های سازند کرج
۱۱	تکلیم	۴۷۰۰۰۰	انتقالی	ساختاری	۲۸ درجه	ثابت	سنگ‌های آتشفشانی و آذرآواری ائوسن	رسوبات هولوسن(سیلت، ماسه، گراول)



شکل۶:تصویر زمین لغزش رودبار



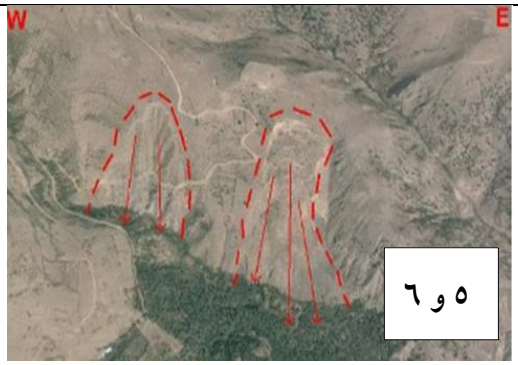
شکل۷:تصویر زمین لغزش فتلک



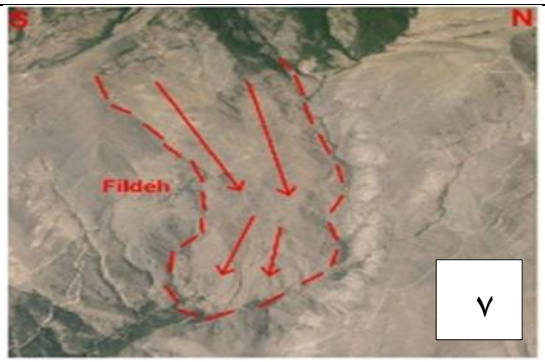
شکل۸:تصویر زمین لغزش دشتگان



شکل۹:تصویر زمین لغزش دولت آباد



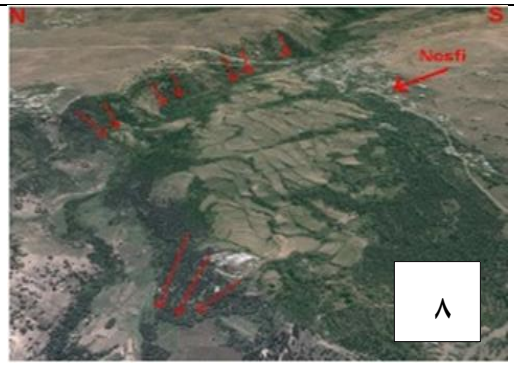
شکل۱۰:تصویر زمین لغزش لویه A و B



شکل۱۱:تصویر زمین لغزش فیلده

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

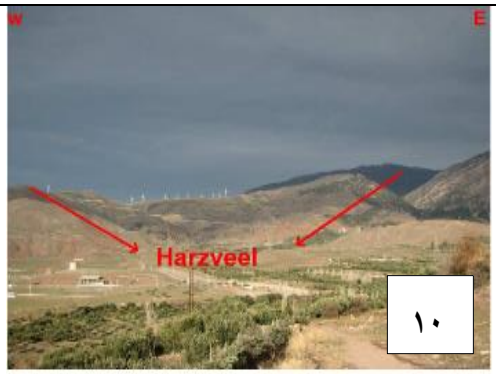
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]



شکل۱۲:تصویر زمین لغزش نصفی



شکل۱۳:تصویر زمین لغزش طلابر



شکل۱۴:تصویر زمین لغزش هرزویل



شکل۱۵:تصویر زمین لغزش تکلیم

- **پهنه‌های فعال تکتونیکی:**

شـواهد حاصـل از بررسـی های میدانی در گسـتره منطقه رودبار از جمله وجود گسـل‌های امتداد لغز، فازهای شـدید تکتونیکی، زمین‌لغزش‌های ساختاری متعدد، گسیختگی‌های سطحی همراه با زمین‌لرزش‌ها نشان از تکتونیک فعال در منطقه می دهد (شکل ۱۶).



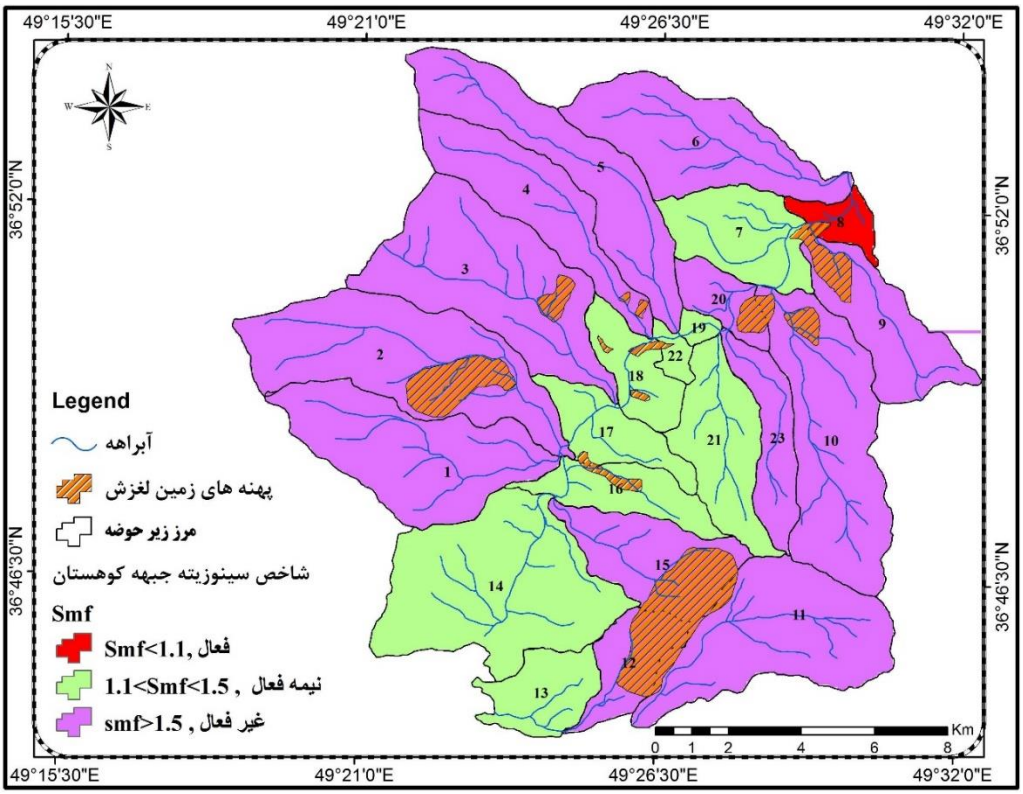
شکل ۱۶: اثر سطحی گسل سپیدرود در نهشته‌های آتشفشانی ائوسن، دید به سمت باختر

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

از این رو برای ارزیابی میزان فعالیت تکتونیکی منطقه رودبار اقدام به محاسبه شاخص‌های مورفوتکتونیک در گستره مورد مطالعه شد.

میزان شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf) برای زیرحوضه شماره ۸ که در شمال شرقی منطقه مطالعاتی واقع شده است دارای تکتونیک فعال بوده که نشان‌دهنده‌ی بالاآمدگی حوضه و عدم وجود فرسایش قهقرایی جهت ایجاد جبهه‌ی سینوسی در کوهستان می‌باشد زیرحوضه‌های ۷، ۱۳، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹،۲۱، ۲۲ دارای فعالیت تکتونیکی نیمه فعال است. سایر زیرحوضه‌های مطالعاتی در رده‌های تکتونیکی غیرفعال می‌باشند که نشان‌دهنده وجود جبهه‌ی سینوسی و غلبه فرسایش قهقرایی در کوهستان توسط رودخانه می‌باشد و جبهه کوهستان را به صورت نامنظم و پیچ و خم‌دار شکل داده است (شکل۱۷).

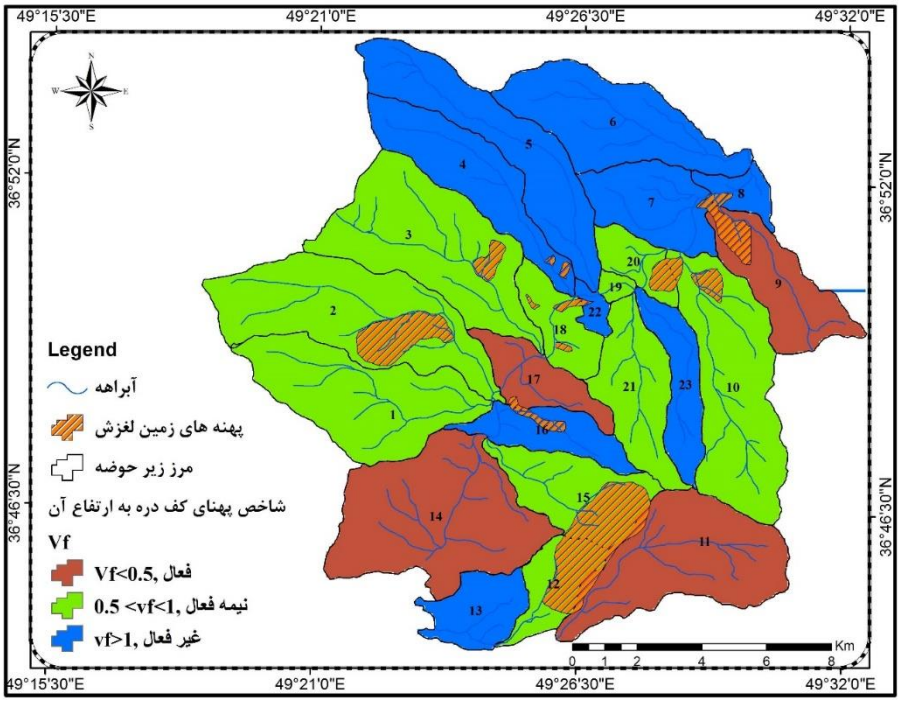


شکل ۱۷: نقشه وضعیت تکتونیکی شاخص سینوزیته جبهه کوهستان(Smf)

مقادیر Vf، برای زیرحوضه‌های ۹، ۱۱، ۱۴، ۱۷ نشان‌دهنده‌ی عملکرد تکتونیک فعال و دارای رده اول تکتونیکی و زیرحوضه‌های ۱، ۲، ۳، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱ دارای وضعیت تکتونیکی نسبتا فعال داشته و در رده دوم از نظر تکتونیکی قرار می‌گیرند (شکل۱۸). پروفیل عرضی بدست آمده برای هر زیرحوضه نیز نشان از عملکرد وضعیت تکتونیکی فعال برای زیرحوضه‌های ۹، ۱۱، ۱۴، ۱۷ است که دارای بسترهای Vشکل همراه با بالاآمدگی دیواره دره‌های دربرگیرنده رودخانه می‌باشد. در زیرحوضه‌های نسبتا فعال تکتونیکی، دارای بستری Vشکل اما تمایل به فرسایش در کناره‌های دره مشاهده می‌شود که شکل دره حدفاصل دره‌های Vشکل و U شکل می‌باشد.

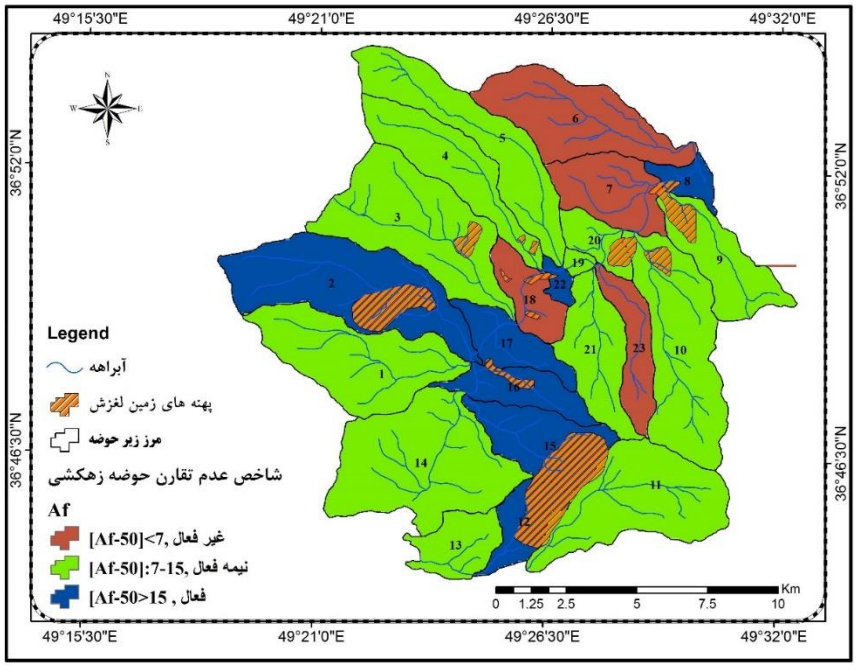
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]



شکل۱۸: نقشه وضعیت تکتونیکی شاخص نسبت پهنای دره به عمق کف آن(Vf)

نتایج شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی نشان می‌دهد که زیرحوضه‌های ۲، ۸، ۱۲،۱۵، ۱۶،۱۷، ۲۲ از نظر زمین‌ساخت فعال بوده و کج‌شدگی و عدم تقارن در زیرحوضه را نشان می‌دهد. در این زیرحوضه‌ها، کناره‌های سمت راست دارای آبراهه‌های طولانی‌تر و در نتیجه کج‌شدگی به سمت غرب حوضه یعنی ساحل راست رود می‌باشد. زیرحوضه‌های ۶، ۷، ۱۸، ۲۳ دارای فعالیت تکتونیکی کم یا غیر فعال است که نشان‌دهنده تقارن و عدم کج‌شدگی در زیرحوضه‌های موردنظر می‌باشد (شکل۱۹).

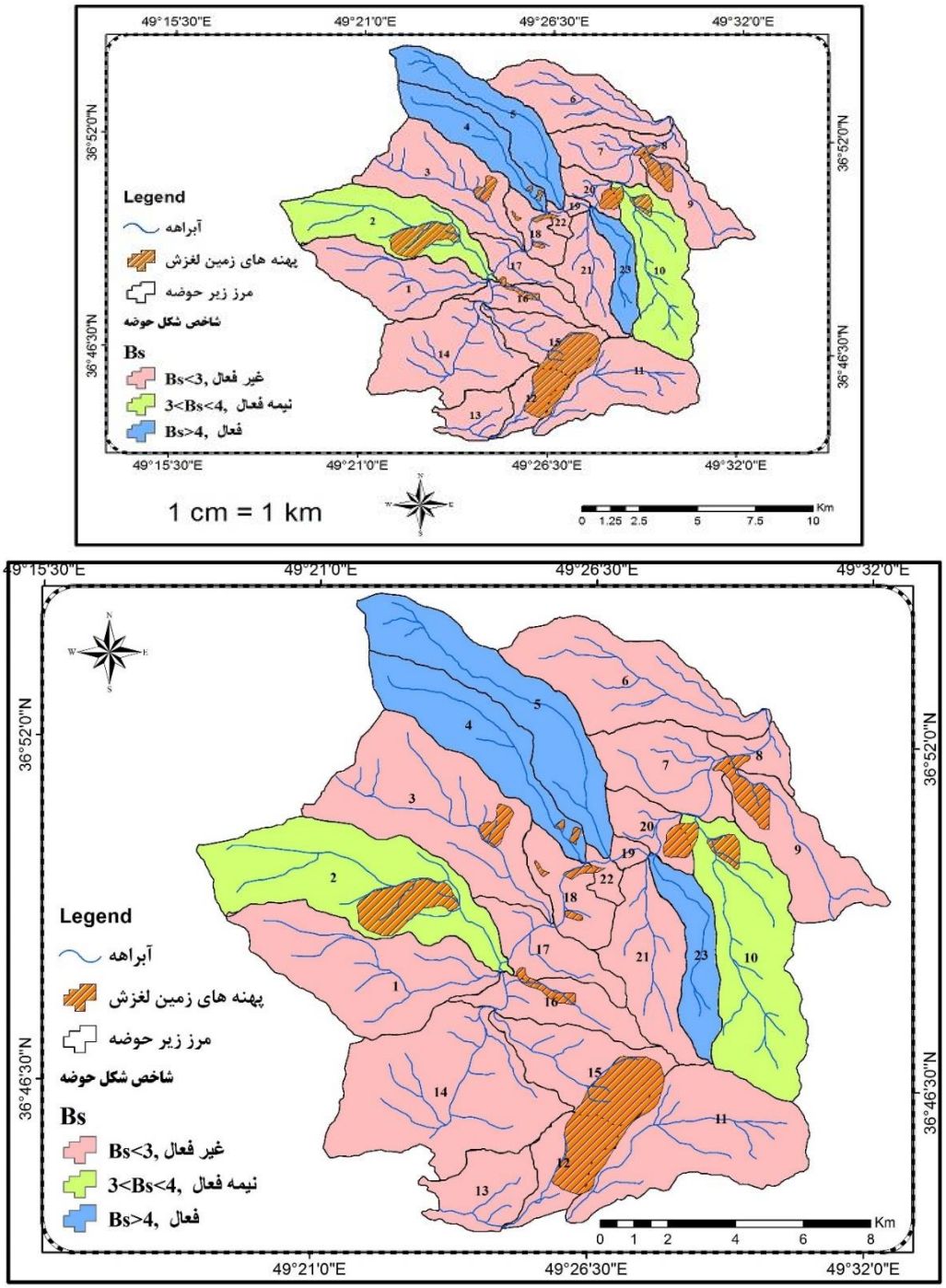


شکل۱۹: نقشه وضعیت تکتونیکی شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی(Af)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

در حوضه مطالعاتی حداکثر میزان شاخص شکل حوضه (Bs)، مربوط به زیرحوضه ۴، ۵ و ۲۳ با وضعیت تکتونیکی فعال می‌باشد (شکل۲۰). علاوه براین حوضه‌های مذکور، دارای شکل کشیده‌ای هستند. هم‌چنین زیرحوضه‌های شماره ۲و ۱۰ که به ترتیب در دامنه غربی و شرقی منطقه مطالعاتی قرار دارند دارای وضعیت تکتونیکی متوسط و شکل کشیده است.

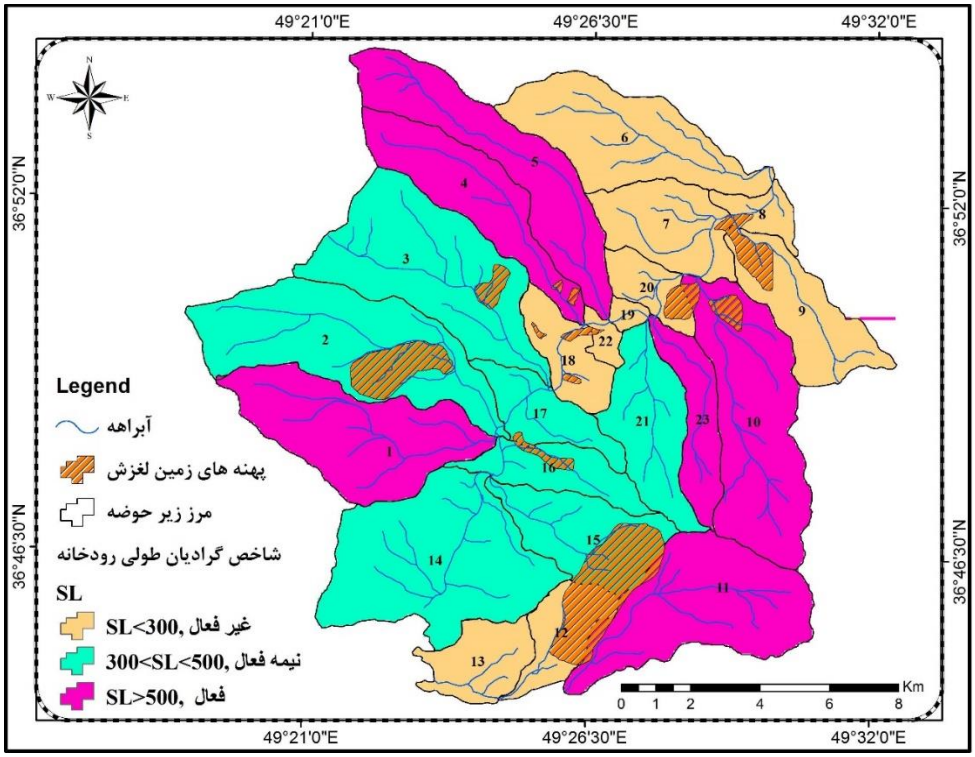


شکل۲۰: نقشه وضعیت تکتونیکی شاخص شکل حوضه (Bs)

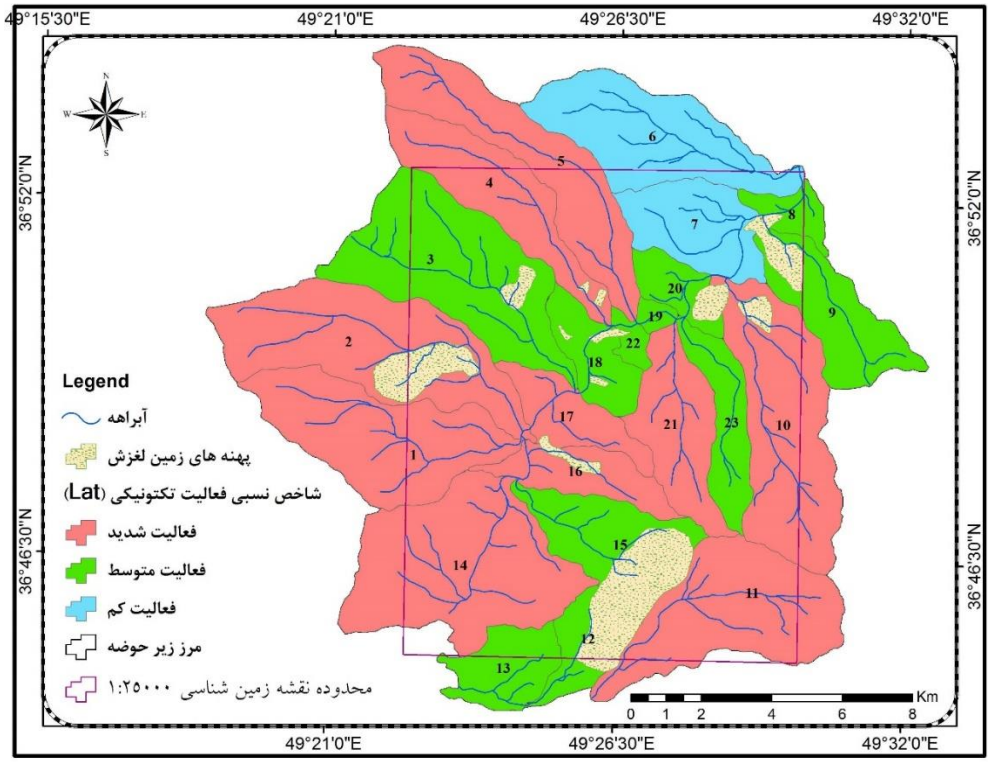
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

در منطقه رودبار برای ۲۳ زیر حوضه مقدار شاخص گرادیان طولی رودخانه محاسبه گردید نتایج حاصل از محاسبات، نشان داد که زیر حوضه‌های ۱، ۴، ۵، ۱۰، ۱۱، ۲۳ از نظر تکتونیک دارای وضعیت فعال می‌باشند (شکل۲۱).



شکل۲۱: نقشه وضعیت تکتونیکی شاخص گرادیان طولی رودخانه (SL)



شکل۲۲: نقشه شاخص نسبی فعالیت تکتونیکی (LAT) و موقعیت زمین‌لغزش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

جدول۳: نتایج محاسبه شاخص‌های تکتونیکی و ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (LAT)

شماره زیرحوضه	(Smf)	(Vf)	(Af)	(Bs)	(SL)	(LAT)	طبقه بندی
۱	۱/۷۷	۰/۷۳	۱۴/۴۸	۲/۶۸	۹۹۵/۳۹	۲	شدید
۲	۱/۷۲	۰/۷۰	۱۵/۷۱	۳/۱۲	۴۲۷/۳۸	۱/۸	شدید
۳	۳/۶۵	۰/۵۵	۱۰/۰۲	۱/۹۰	۳۰۵/۵۸	۲/۴	متوسط
۴	۲/۴۰	۳/۱۱	۱۲/۸۲	۴/۴۳	۶۰۴/۸۹	۱/۸	شدید
۵	۱/۹۷	۱/۷۶	۱۰/۸۷	۵/۸۷	۵۹۸/۳۷	۱/۸	شدید
۶	۲/۵۱	۳/۳۷	۶/۸۶	۲/۷۲	۲۹۹/۳۱	۳	کم
۷	۱/۴۹	۲/۱۱	۴/۰۴	۰/۷۴	۱۰۵/۳۰	۲/۶	کم
۸	۱/۰۳	۲/۶۰	۱۶/۴۹	۰/۵۴	۹۴/۴۹	۲/۲	متوسط
۹	۲/۶۵	۰/۳۹	۹/۶۹	۲/۵۰	۲۱۴/۳۲	۲/۴	متوسط
۱۰	۱/۸۰	۱	۱۱/۹۲	۳/۱۶	۸۳۶/۱۶	۱/۸	شدید
۱۱	۱/۷۷	۰/۴۷	۹/۵۶	۲/۴۴	۸۵۸/۴۵	۱/۸	شدید
۱۲	۱/۷۹	۰/۶۶	۱۶/۴۳	۲/۳۷	۱۵۱/۹۸	۲/۲	متوسط
۱۳	۱/۱۹	۹/۹۲	۹/۰۸	۱/۲۲	۸۷/۶۷	۲/۴	متوسط
۱۴	۱/۴۲	۰/۱۲	۹/۱۶	۱/۰۹	۳۶۲/۸۹	۱/۸	شدید
۱۵	۲/۱۲	۰/۵۷	۱۶/۰۱	۲/۰۱	۲۳۲/۴۶	۲/۴	متوسط
۱۶	۱/۴۹	۳/۸۱	۳۶/۹۲	۰/۲۳	۳۱۴/۰۶	۲	شدید
۱۷	۱/۴۴	۰/۲۶	۱۸/۱۵	۰/۳۳	۳۰۵/۶۲	۱/۶	شدید
۱۸	۱/۴۸	۰/۵۵	۴/۵۶	۰/۴۴	۲۷۹/۷۸	۲/۴	متوسط
۱۹	۱/۱۴	۰/۹۲	۷/۰۲	۱/۱۰	۸۵/۷۹	۲/۲	متوسط
۲۰	۱/۹۳	۰/۹۹	۱۳/۳۳	۰/۴۱	۱۰۳/۰۵	۲/۴	متوسط
۲۱	۱/۳۱	۰/۷۵	۹/۰۶	۲/۴۹	۴۶۴/۲۳	۲	شدید
۲۲	۱/۱۱	۱/۱۵	۳۰/۵۱	۰/۵۷	۱۳۶/۷۹	۲/۲	متوسط
۲۳	۳/۳۵	۲/۴۳	۰/۱۸	۵/۲۴	۷۳۷/۰۳	۲/۲	متوسط

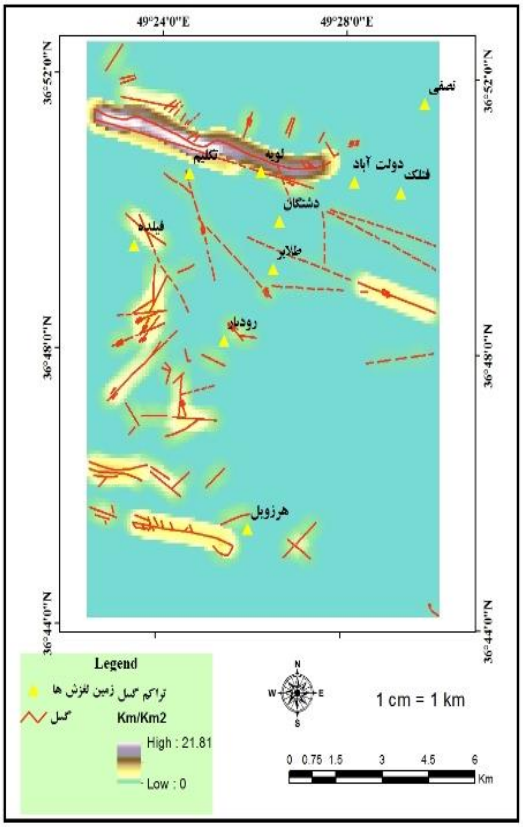
براساس نتایج شاخص نسبی فعالیت تکتونیکی (LAT)، بیشتر زیرحوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی شدید و متوسط هستند و زیرحوضه شماره ۷ و ۶ در رده تکتونیکی فعالیت کم می‌باشد (شکل۲۲). از نظر گستردگی، طبقه شدید با مساحت ۱۹۵/۰۵ کیلومتر مربع (۶۷/۲۱ درصد) از کل مساحت منطقه را دربر می‌گیرد. نتایج کلی حاکی از فعالیت شدید نو زمین‌ساخت در محدوده رودبار است. در ادامه، پراکنش زمین‌لغزش‌ها و نتایج شاخص‌های ژئومورفیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از هم‌پوشانی موقعیت زمین‌لغزش‌ها و نقشه شاخص نسبی فعالیت تکتونیکی (LAT) نشان می‌دهد که زمین‌لغزش‌های فتلک، لویه، رودبار، فیلده، در پهنه‌های تکتونیکی شدید قرار گرفته و زمین‌لغزش‌های دشتگان، طلابر، تکلیم، نصفی، دولت‌آباد، هرزویل در پهنه‌های تکتونیکی متوسط واقع شده است (جدول۴). در ادامه تحقیق، گسل‌های منطقه رودبار با زمین‌لغزش‌های منطقه انطباق داده شد که نتیجه حاصل از این انطباق نشان داده است که اکثر زمین‌لغزش‌های در مجاورت گسل‌های منطقه واقع شده است (شکل۲۳). مجموع طول گسل‌ها در سطح منطقه مورد مطالعه برابر با ۱۰۵/۷۵ کیلومتر می‌باشد در پهنه‌ی لرزه زمین‌ساختی البرز به ویژه در منطقه رودبارگسل‌های مهم، عموماً روند خاوری ـ باختری با اندکی تمایل به سوی شمال باختری دارند و اکثراً از نوع گسل‌های فشاری می‌باشند. به منظور محاسبه تراکم گسل‌ها لازم است تا طول گسل بر مساحت آن تقسیم گردد. نتایج این محاسبه نشان داده است که تراکم گسل در سطح منطقه بین صفر تا ۸۱.۲۱ کیلومتر بر کیلومتر مربع می‌باشد که بیشترین تراکم را در بخش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

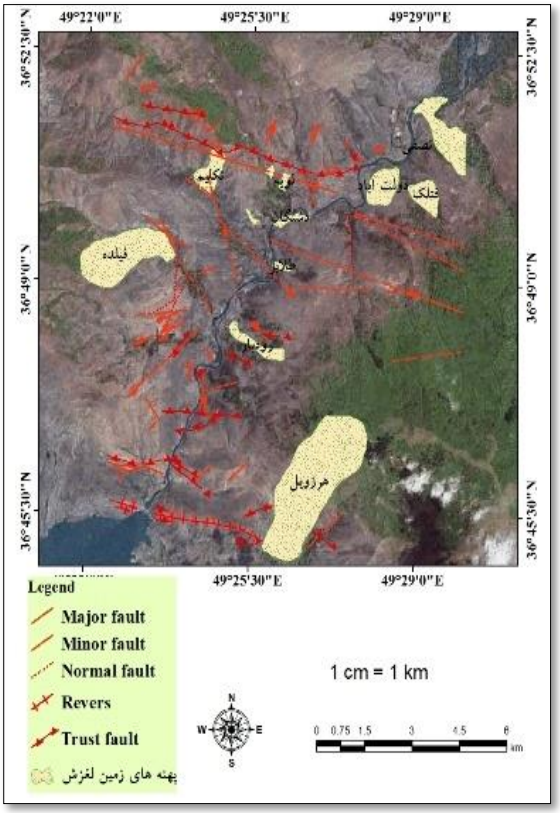
شمالی می‌توان رویت نمود که گسل امتداد لغز رودبار در این قسمت واقع شده است (شکل۲۴). همانطور که بیان شد براساس مطالعات میدانی مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه روبار، عامل ساختاری بوده است از جمله می‌توان به زمین‌لغزش‌های رودبار، فتلک، لویه، فیلده، نصفی، تکلیم اشاره کرد. نمونه بارز زمین‌لغزش‌هایی که با فعال شدن گسل و زمین‌لرزه به وقوع پیوست می‌توان به زمین‌لغزش رودبار و فتلک اشاره کرد. بنابر توضیحات فوق و وضعیت تکتونیکی شدید منطقه رودبار، می‌توان از طریق شاخص‌های ژئومورفیک جهت شناسایی وضعیت نوزمین‌ساخت، مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر بالا لغزش در اثر عامل ساختاری را شناسایی کرد و با ارایه راه‌حل مناسب، تا حدی از وقوع زمین‌لغزش در محدوده‌های با فعال زیاد تکتونیکی، جلوگیری کرد.

جدول۴: مساحت طبقه‌های فعالیت نسبی تکتونیکی (LAT) و تعداد زمین لغزش‌های مشاهده شده

طبقه بندی	مساحت طبقه‌ها (km۲)	مساحت(درصد)	تعداد زمین لغزش‌های مشاهده شده	اسامی زمین لغزشها
شدید	۱۵۹/۰۵	۶۷/۲۱	۵	رودبار، فیلده، لویهA و B، فتلک
متوسط	۶۸/۹۹	۲۹/۱۵	۶	نصفی، دولت آباد، دشتگان، طلابر، هرزویل، تکلیم
فعالیت کم	۸/۶۰	۳/۶۳	۰	-------



شکل ۲۴: نقشه تراکم گسل منطقه مورد مطالعه



شکل ۲۳: محدوده ی زمین لغزش‌ها بر روی تصاویر ماهواره‌ای (برگرفته از Google Earth)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

نتیجه‌گیری

یکی از پدیده‌هایی که همزمان با زمین لرزه اتفاق می‌افتد، رانش زمین می‌باشد و موجب بالارفتن خسارات زمین لرزه می‌شود. شواهد حاصل از بررسی‌های صحرایی در سطح منطقه رودبار از جمله وجود گسل‌های امتداد لغز، فازهای شدید تکتونیکی، زمین‌لغزش‌های ساختاری متعدد و... نشان از تکتونیک فعال در منطقه بوده است. از زمین‌لغزش‌های معروف در منطقه که عامل ساختاری در وقوع آن نقش بسزایی داشته می‌توان به زمین‌لغزش رودبار و فتلک اشاره کرد که بعد از زمین لرزه فاجعه بار رودبار ۳۱ خرداد سال ۱۳۶۹ به وقوع پیوست که خسارات مالی و جانی عظیمی را در پی داشت و روستای فتلک در اثر زمین‌لغزش مدفون گردید. در این پژوهش، ۱۱ پهنه زمین لغزش مشاهده و اندازه گیری شد. نتایج پیمایش های زمینی جهت شناسایی زمین لغزش های رخ داده و بررسی مشخصات هر یک از آنها حاکی از آن است که عامل ساختاری از عوامل موثر در وقوع زمین‌لغزش‌های منطقه رودبار می‌باشد، بنابراین جهت بررسی وضعیت تکتونیک فعال و انطباق آن با زمین لغزش‌های رخداده از شاخص‌های مورفوتکتونیک استفاده شد. نتایج حاصل از شاخص فعالیت تکتونیکی نسبی نشان داده است که بیش‌تر حوضه‌های مورد مطالعه در منطقه رودبار در وضعیت تکتونیکی فعال شدید و متوسط واقع شده است. طبقه فعالیت شدید مساحتی برابر ۱۵۹/۰۵ کیلومتر مربع (۶۷/۲۱ درصد) از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود که نشان از فعالیت تکتونیکی منطقه دارد. نتیجه هم‌پوشانی پهنه‌های زمین لغزش‌ها و پهنه بندی تکتونیکی نشان داده است که زمین‌لغزش‌های فتلک، لویه، رودبار، فیلده، در پهنه‌های تکتونیکی با فعالیت شدید قرار گرفته و زمین‌لغزش‌های دشتگان، طلابر، تکلیم، نصفی، دولت‌آباد، هرزویل در پهنه‌های تکتونیکی با فعالیت متوسط واقع شده است هم‌چنین در ادامه کار، موقعیت زمین‌لغزش‌ها با گسل‌های منطقه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاکی از آن است که بیشتر زمین‌لغزش‌ها در مجاورت گسل‌های فعال منطقه رودبار واقع شده است. مجموع طول گسل ها در منطقه ۱۰۵/۷۵ کیلومتر بر کیلو متر مربع می‌باشد. در پهنه‌ی لرزه زمین‌ساختی البرز به ویژه در منطقه رودبار گسل های مهم، عموماً روند خاوری ـ باختری با اندکی تمایل به سوی شمال باختری دارند و اکثراً از نوع گسل‌های فشاری می‌باشند. می‌توان گفت که ارتباط نزدیکی بین جنبش گسل ها و رخداد زمین‌لغزش های منطقه رودبار وجود دارد. با توجه به گریز ناپذیر بودن فعالیت گسل ها و مخاطرات ناشی از آن، پیشنهاد می شود در راستای بهبود زیر ساخت های عمرانی کشور، بررسی های دقیق‌تر و با مقیاس های بزرگ تر بر روی ساز وکار زمین لغزش های معرفی شده در این پژوهش (شامل تعیین فاکتورهای ایمنی (FS) شیب، محاسبه میزان ریسک زمین لغزش های منطقه و به کارگیری روش های پایداری و ایمن سازی شیب ها و ...)، به صورت سیمستماتیک و با هماهنگی سازمان ها و بخش های مرتبط انجام شود.

منابع

احمدی، حسن. ۱۳۹۱. *ژئومورفولوژی کاربردی*، جلد اول(فرسایش آبی). چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران.

برنامه تهیه ضوابط معیارهای معدن، وزارت صنایع و معادن، زمستان ۱۳۸۹. *دستورالعمل تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی – اکتشافی بزرگ مقیاس (مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ و رقومی کردن آنها)*. چاپ اول. *امور انتشارات سازمان نظام مهندسی معدن*، **۵۳۲**.

حبیبی، علیرضا. ۱۳۹۴. بررسی زمین‌لغزشها با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک. نشریه *علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز*، **۷(۱)**: ۹۸-۱۰۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

خاوری، رضوان؛ منوچهر قرشی، مهران آرین و خسرو خسروتهرانی. ۲۰۱۰. نشانه‌های زمین‌ریختی زمین ساخت فعال حوضه رودخانه کرج در دامنه جنوبی البرز مرکزی، شمال ایران. *فصلنامه علمی-پژوهشی علوم زمین*, *۱۹*(۷۵), ۶۷-۷۴.

رمضانی، بهمن و هدی ابراهیمی. پاییز ۱۳۸۸. شناخت عوامل موثر زمین لغزش در حوضه آبخیز سد برنجستانک قائمشهر. *فصلنامه علمی- پژوهشی نگرش های نو در جغرافیای انسانی(جغرافیایی انسانی)*، **۴**: ۱۲۷- ۱۳۶.

رامشت، محمدحسین؛ هایده آراء، سیاوش شایان و مجتبی یمانی. تابستان ۱۳۹۱.ارزیابی دقت و صحت شاخص‌های ژئومورفولوژیکی با استفاده از داده‌های ژئودینامیکی (مطالعه موردی حوضه آبریز جاجرود در شمال شرق تهران). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، **پیاپی۴۶(۲)**.

زرگرزاده، مرضیه؛کاظم رنگزن، عباس چرچی و احسان آبشیرینی. ۱۳۸۸. کاربرد GIS و شاخص‌های ژئومورفیک در پهنه‌بندی تکتونیک فعال. *همایش و نمایشگاه ژئوماتیک*.

سیف، عبدالله و قاسم خسروی. زمستان ۱۳۸۹. بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارسان. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، **۷۴**: ۱۲۵- ۱۴۶.

شایان، سیاووش؛ محمد شریفی‌کیا، غلامرضا زارع و شهرام امیری. پاییز ۱۳۹۰. ارزیابی فعالیت‌های نوزمین‌ساختی حوضه‌های آبریز با شاخص‌های ژئومورفولوژیک مطالعه موردی (حوضه آبریز پاسخن استان فارس). *فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین*، **۱**: ۳۷-۵۲.

شریفی، رحمان؛ حسین گلبابایی و معصومه شیری. آذرماه ۱۳۹۲. بررسی ارتباط تکتونیک فعال و پهنه‌های لغزشی بر مبنای شاخص‌های تکتونیک فعال. *همایش ملی زمین ساخت ایران*. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

کرمی، فریبا؛ معصومه رجبی و مریم عسگری. تابستان ۱۳۹۲. تحلیل فعالیت های نئوتکتونیکی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با استفاده از روش های ژئومورفولوژیکی. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، **۲(پیاپی ۱۰۹)**: ۱۴۱- ۱۵۸.

کیانی، طیبه؛ یوسفی زهرا، زمستان ۱۳۹۶. نقش گسل فعال در سطح تراز آب زیرزمینی حوضه شهرچای ارومیه. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، **۴۷**: ۶۱-۷۵.

مقیمی، ابراهیم؛ مجتبی یمانی و سعید رحیمی هرآبادی. بهار ۱۳۹۲. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش شهر رودبار با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، **۴**: ۱۰۳- ۱۱۸.

ندیم، هیراد. دی ماه ۱۳۹۵. گزارش نقشه ۱:۲۵۰۰۰ رودبار. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

نظری، حمید و رضا سلامتی. ۱۳۷۷. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رودبار. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

یمانی، مجتبی؛ سجاد باقری و مریم جعفری اقدم. ۲۰۰۱. تاثیر نو زمین ساخت در مورفولوژی آبراهه های حوضه آبریز رودخانه چله (زاگرس شمال غربی). *مجله محیط جغرافیایی*، **۱**(۱).

Alipoor, R.; M. Poorkermani, M. Zare, &R.El Hamdouni. ۲۰۱۱. Active tectonic assessment around Roudbar Lorestan dam site, High Zagros Belt (SW of Iran). *Geomorphology*, **۱۲۸(۱):** ۱-۱٤.doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.geomorph.۲۰۱۰,۱۰,۰۱٤.

-Bhakuni, S. S.; K. H .Luirei &G. C .Kothyari. ۲۰۱۳. Neotectonic fault in the middle part of Lesser Himalaya, Arunachal Pradesh: a study based on structural and morphotectonic analyses. *Himalayan Geology*, **۳٤(۱)**: ٥۷-٦٤.

Bull, W. B.;L. D .McFadden. ۱۹۷۷. 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*: ۱۱٥-۱۳۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

Donny R.W.; S.Hidayati, D .Muslim, N .Sulaksana. ۲۰۱۵. Control morphology to the landslide Induced Earthquake: Case Study Padang Pariaman, Sumatra.*10th Asian Regional Conference of IAEG*. doi: ۱۰,۱۳۱٤۰/RG.۲,۱,٤۲٦۸,۸٤۸۷.

El Hamdouni, R.; C. Irigaray, T. Fernández, J. Chacón, E. A. Keller. ۲۰۰۸. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain).*Geomorphology*,***96*(۱)**,۱۵۰-۱۷.doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.geomorph .۲۰۰۷,۰۸,۰۰٤.

ESRI, ۲۰۱۲. ArcGIS ۱۰: The Complete Geographic Information System. Environmental Systems Research Institute, http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/arcgis۱۰.pdf, last accessed September ۲۰۱۲.

Galve, J. P.; D. Piacentini, F .Troian, M. Della Seta. ۲۰۱٤. Stream length-gradient index mapping as a tool for landslides identification. In *Mathematics of Planet Earth* : ۳٤۳-۳٤٦. Springer, Berlin, Heidelberg .

Google Earth, ۲۰۱۸. https://earth.google.com/web/

Guarnieri, P.; C .Pirrotta. ۲۰۰۸. The response of drainage basins to the late Quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily). *Geomorphology*, **۹۵(۳):** ۲٦۰-۲۷۳. doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.geomorph.۲۰۰۷,۰٦,۰۱۳.

Hack, J. T. (۱۹۷۳). Stream-profile analysis and stream-gradient index. *Journal of Research of the us Geological Survey, 1*(٤), ٤۲۱-٤۲۹.

Hajian, J.; M. Zahhedi, M. Alavi, J.Eftekharnezhad, J. Stocklin, M.H.Nabavi, M. Samimi, K. Hirayama, A. Hushmandzadeh, N. Valeh, A. Haghipour. ۱۹٦۹. Geology Map ۱:۲۵۰۰۰۰, Zanjan.

Nadim, H.; G .Heydarzadeh, M .Partoazar, S .Najafi, M .Poshtkhouhi, B .Farahani, M.R. Kohansal, P. Cholami, M.R. Zabihi.۲۰۱٦. Geology Map ۱:۲۵۰۰۰, Roudbar, Sheet **:۵۸٦۳-۱-SE**.

Rockwell, T. K.; D. L .Johnson, E. A. Keller, G. R. Dembroff. ۱۹۸۵. late PleistoceneHolocene 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.

Silva, P. G.; J. L .Goy, C. Zazo, T. Bardajı. ۲۰۰۳. Fault-generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology*, **۵۰(۱):** ۲۰۳-۲۲۵.doi.org/۱۰,۱۰۱٦/S۰۱٦۹-۵۵۵X(۰۲)۰۰۲۱۵-۵.

Sharifi, R.; A. Solgi, M. Pourkermani. ۲۰۱۳. A Study of the Relationship between Landslide and Active Tectonic Zones: A Case Study in Karaj Watershed Management, *open journal of Geology*, **۳**: ۲۳۳-۲۳۹. doi**:** ۱۰,٤۲۳٦/ojg.۲۰۱۳,۳۳۰۲۷.

Wells, S. G.; T. F .Bullard, C. M . Menges, P. G .Drake, P. A .Karas, K. I. Kelson, J. R. Wesling, ۱۹۸۸. Regional variations in tectonic geomorphology along a segmented convergent plate boundary pacific coast of Costa Rica. *Geomorphology*, **۱(۳)**: ۲۳۹-۲٦۵. doi.org/۱۰,۱۰۱٦/۰۱٦۹-۵۵۵X(۸۸)۹۰۰۱٦-۵.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.6]