

**پیامدهای ژئومورفولوژیکی دامنه‌ای متأثر از زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل ذهاب-از گله****امجدملکی\***

دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

**علی عبدالملکی**

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۲۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۳

**چکیده**

هدف اصلی این پژوهش مطالعه پیامدهای ژئومورفولوژیکی دامنه‌ای حاصل از زلزله سرپل ذهاب- از گله با استفاده از مطالعات میدانی، تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و ترسیم موقعیت مکانی آن‌ها بروی تصاویر با استفاده از نرم افزار Arc GIS می‌باشد. زمین‌لرزه‌ها به‌عنوان یکی از مخاطرات طبیعی مخرب و درعین‌حال ناگهانی‌ترین نیروی طبیعی به‌شمار می‌رود که در نتیجه شکست و تغییر مکان سنگ‌های زیر سطح زمین ایجاد می‌گردد. به دنبال وقوع زمین‌لرزه‌ها بسیاری از مخاطرات ژئومورفولوژیکی و پیامدهای محیطی به وقوع می‌پیوندد که موجب ایجاد خسارت زیادی به نواحی مستعد می‌شود. منطقه مورد پژوهش بالقوه بسیار مستعد وقوع انواع حرکات و ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی است. در اثر زمین‌لرزه از گله و سرپل ذهاب ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی فراوانی در مناطق تحت پوشش ایجاد شده است. وقوع زمین‌لرزه‌ها و تکان‌های ناشی از آن، وجود ساختمان زمین‌شناسی شکننده با لایه‌بندی سخت و سست، شیب زیاد و سابقه وقوع ناپایداری در گذشته از عوامل تشدیدکننده ایجاد و فعال شدن فرآیندهای ژئومورفولوژیک در منطقه شده است. قرار گرفتن لایه‌های سخت آهک آسماری بر روی لایه‌های سست مارن و شیل پابده با خاصیت خمیری شدن متأثر از لرزش‌های ناشی از زمین‌لرزه از عوامل ذاتی و اصلی وقوع زمین‌لغزش‌های بزرگ همچون زمین‌لغزش قورچی باشی-مله کبود و پهنه‌های لغزشی بزرگ در شمال فلات دالاهو است. وقوع جریان واریزه‌ای، نشست زمین و گسترش جانبی، بهمن‌های سنگی و سایر ناپایداری‌های دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه از دیگر فرآیندهای ژئومورفولوژیک ناشی از زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ است که در نتیجه نزدیکی به کانون سطحی زمین‌لرزه، رخدادهای لغزش‌های قدیمی، توپوگرافی منطقه و شرایط سخت کوهستانی شرایط مساعدی را برای تشدید لغزش و سایر فرایندها و پیامدهای ژئومورفولوژیکی ایجاد کرده است. مطالعات نشان داد که حداکثر ناپایداری ژئومورفولوژیکی در بخش‌های شمالی منطقه در محدوده شهرهای تازه‌آباد، از گله، پاهو، جوانرود و سرپل ذهاب قرار دارد که دلیل عمده آن ساختار زمین‌شناسی که بیشتر از تشکیلات آهکی و شیل پوشیده شده‌اند، همچنین وجود گسل‌های اصلی و فعال، ساختمان توپوگرافی نسبتاً مرتفع و خشن در منطقه از دلایل دیگر ناپایداری در منطقه است. از نتایج کاربردی حاصل از پژوهش تهیه و ترسیم نقشه پهنه‌بندی تغییرات ژئومورفولوژیکی و پیامدهای محیطی ناشی از زمین‌لرزه است که در آن تمامی

رخدادهای ژئومورفولوژیکی ناشی از زمین‌لرزه ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۶ از گله سرپل ذهاب با مقیاس مشخصی ترسیم شده است که می‌تواند کمک بسیار زیادی در راستای کاهش خسارت جانی و مالی در طی زمین‌لرزه‌های آتی در منطقه ارائه دهد.

**واژگان کلیدی:** زلزله سرپل ذهاب-از گله، ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی، چین خوردگی جوان زاگرس، فرایندهای دامنه‌ای، پیامدهای محیطی

## مقدمه

زمین‌لرزه به‌عنوان یکی از مخاطرات طبیعی مخرب و در عین حال ناگهانی‌ترین نیروی طبیعی به شمار می‌رود که بستر مناسبی برای رخداد بسیاری از فرایندهای زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی می‌شوند (عبدالملکی و همکاران، ۱۴۰۰). مخاطرات ثانویه زمین‌لرزه‌ها بستگی به موقعیت و شدت آن‌ها دارد و به‌طور عمده شامل لرزش زمین، گسیختگی زمین، وقوع انواع حرکات توده‌ای مواد دامنه‌ای (مانند انواع لغزش، ریزش، جریان‌های واریزه‌ای، بهمن سنگی، روانگرایی، ریزش و فرونشست سطوح زیرزمینی غارها و ... می‌شود (فرتی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). ایران یکی از مناطق فعال و لرزه خیز جهان است که همواره وقوع زلزله‌های بزرگ و مخرب باعث بروز خسارات مالی و جانی فراوانی شده است. موقعیت خاص زمین‌شناسی منطقه (قرارگیری در کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا و تکتونیک فعال آن که با توپوگرافی مرتفع، آتش‌فشان‌های زنده و گسل‌های فعال شاخص، باعث گشته که این منطقه همواره مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد. زلزله ناشی از حرکات مداوم صفحات تکتونیک و گسیختگی ناگهانی سنگ‌ها در اعماق است. شدت خسارات و تلفات ناشی از زلزله به میزان توسعه‌یافتگی و تراکم جمعیت، ایمنی ساختمان‌های شهرها و روستاها در برابر زلزله و آگاهی و آمادگی افراد جامعه برای رعایت نکات ایمنی بستگی دارد (نادری و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به‌قرار گرفتن ایران در یکی از مناطق لرزه‌خیز جهان و احتمال وقوع زلزله‌های مخرب در همه نقاط کشور، اهمیت مطالعات لرزه‌خیزی و لرزه زمین‌ساختی را دوچندان کرده است (تبر زرد و ملکی، ۱۳۹۸). در همین راستا پژوهش‌های بسیاری در سطح جهان و ایران انجام گردیده که به مواردی از آن‌ها در ذیل پرداخته می‌شود. پین (۱۹۷۲)، در مورد تأثیر زمین‌لرزه بر وقوع فرایندهای ژئومورفیک ناحیه آلبرت گینه‌نو، اشاره کرد و مشاهدات او نشان داد که با وقوع زمین‌لرزه بسیاری از فرایندهای ژئومورفولوژیکی از جمله لغزش‌ها، روانگرایی، ریزش‌های بزرگ می‌تواند وقوع پیدا کنند. او در مطالعاتش به سه نوع جریان آواری ناشی از وقوع زمین‌لرزه توجه کرده است که شامل بهمن‌های سنگی، ریزش‌های بزرگ و لغزش‌های انتقالی است، همچنین او در مطالعاتش به نقش سیستم ریشه‌ای پوشش گیاهی، شیب و ناهمواری، خاک کم‌عمق و شرایط خاص آب و هوایی در تشدید یا کاهش چنین فرایندهایی اشاره کرده است. در ادامه چن و همکاران (۲۰۰۳)، با مطالعه زمین‌لرزه جنوب شرقی چین و با بهره‌گیری از مشاهدات میدانی و نقشه‌برداری، به مطالعه فرایندهای ژئومورفولوژیکی ناشی از این زمین‌لرزه پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان‌دهنده ارتباط تنگاتنگ وضعیت توپوگرافی و وسعت منطقه با بروز

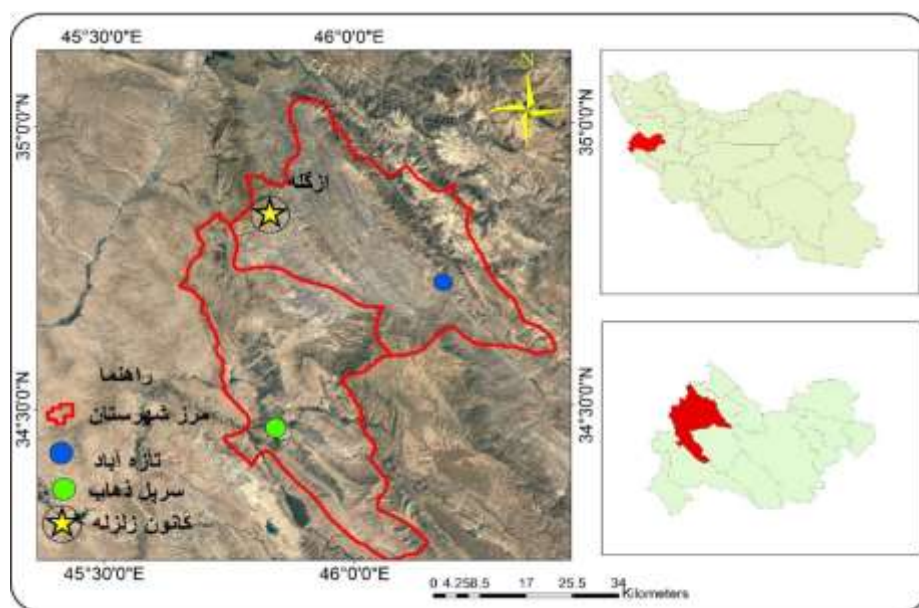
<sup>1</sup> Ferretti

فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناسی در ارتباط با وقوع زمین‌لرزه‌ها است. کرگل و همکاران (۲۰۱۵)، با انجام پژوهشی بر روی زمین‌لرزه گورکای نپال با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، اطلاعات فضایی و عکس‌های هوایی به تأثیرات زمین‌لرزه‌ها بر روی ناپایداری دامنه‌ها و وقوع فرآیندهای طبیعی پرداختند، در نهایت تلاش‌های آن‌ها منجر به شناسایی تیپ‌های گسترده‌ای از حرکات دامنه‌ای و تهیه نقشه‌های پتانسیل خطر این حرکات در مناطق مورد مطالعه خود شدند. کرمی و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای با عنوان بررسی مخاطرات ناشی از زمین‌لرزه اهر ورزقان، به مطالعه لرزه‌خیزی منطقه و همچنین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدید میدانی به بررسی مخاطرات ناشی از زمین‌لرزه منطقه پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد، انواع زمین‌لغزش‌ها اعم از سنگ لغزش، سنگ‌ریزش، لغزش‌های بلوکی و انتقالی، جریان‌های واریزه‌ای، گسیختگی زمین و تشکیل فرو چاله‌ها از مخاطرات ژئومورفولوژیکی ایجادشده در اثر زمین‌لرزه بوده است. نقشه پهنه‌بندی نیز نشان‌دهنده این است که با وقوع زمین‌لرزه‌ای به قدرت ۶.۴ ریشتر ۷ درصد منطقه در پهنه با خطر خیلی زیاد، ۳۵ درصد در پهنه خطر زیاد و ۷ درصد در پهنه خطر کم از نظر وقوع زمین‌لغزش‌ها قرار دارد. در پژوهشی دیگر عبدالملکی و همکاران (۱۴۰۰)، با استفاده از تداخل سنجی راداری، میدان تغییر شکل ناشی از حرکات بعد لرزه‌ای شهرستان سرپل ذهاب در بازه زمانی ۷ روزه ۲۰۱۷/۱۱/۱۱ تا ۲۰۱۷/۱۱/۱۷ با استفاده از داده‌های راداری (S\_1A - IW - SLC)، با بیس لاین مکانی ۱۰۰ متر به پایش جابجایی ارتفاعی زمین و تحلیل اثرات ژئومورفولوژیکی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد بیشترین میزان فرونشست زمین در شمال، شمال شرق، شمال غرب شهر سرپل ذهاب (حدود ۹۰ سانتی‌متر جابه‌جایی عمودی پوسته زمین) به سمت غرب و بالآمدگی زمین در اطراف کانون زلزله (شمال از گله)، حدود ۳۰ سانتی‌متر جابه‌جایی عمودی پوسته زمین (به طرف دربندی خان) به وقوع پیوسته است. فرونشست و بالآمدگی پوسته زمین ناشی از زلزله در محدوده مورد مطالعه علاوه بر تغییرات مورفولوژیکی در سطح منطقه بر روی هیدرولوژی منابع آب منطقه مورد مطالعه نیز اثرگذار بوده است. اساساً تغییر شکل الاستیک و رویداد زمین‌لرزه‌های بزرگ در امتداد زون‌های گسلی اصلی در منطقه زاگرس به فوقانی‌ترین بخش پی‌سنگ (ژرفای ۸ تا ۱۲ کیلومتر) محدود گردیده و به دلیل وجود لایه‌های تبخیری که در افق‌های مختلف پوشش رسوبی وجود دارد، شکستگی به سطح زمین نمی‌رسد. کانون سطحی و سازوکار کانونی زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ سرپل ذهاب حکایت از این دارد که گسل مسبب این زمین‌لرزه یکی از قطعه‌های با راستای شمال-شمال غرب گسل جبهه کوهستان (MFF) است که با زاویه بسیار کم (۱۵-۱۰ درجه) به سمت شرق شیب‌دار (حق‌شناس و همکاران، ۱۳۹۶). با توجه به اینکه ایران و استان کرمانشاه دارای موقعیت زلزله‌خیز است توجه و بررسی به این امر که بعد از رخداد هر زلزله چه تغییراتی ژئومورفولوژیکی در سطح دامنه‌ها اتفاق می‌افتد در امر برنامه‌ریزی بسیار ضروری و حیاتی است. تهیه نقشه‌های موقعیت مکانی تغییرات ژئومورفولوژیکی مستلزم وجود اطلاعات پایه مانند تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی و وضوح بسیار بالا در تفکیک تصاویر دریافتی با سطح گسترده است. بر همین اساس در این پژوهش به صورت گسترده به منظور شناسایی و تفکیک فرآیندهای ژئومورفولوژیک از تصاویر

ماهواره‌ای گوگل ارث، سیستم اطلاعات جغرافیایی و مشاهدات میدانی پیامدهای ژئومورفولوژیکی دامنه‌ای متأثر از زمین‌لرزه سال ۱۳۹۶ سرپل ذهاب-از گله پرداخته شده است.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل دو شهرستان ثلاث باباجانی و سرپل ذهاب است. شهرستان سرپل ذهاب با موقعیت ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۶ درجه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۵ درجه عرض جغرافیایی بوده و دارای پنج دهستان است که شامل: ۱- قره‌بلاغ ۲- بز میرآباد ۳- قلعه شاهین ۴- دشت ذهاب ۵- پا طاق (به شیوه). شهرستان ثلاث باباجانی در موقعیت ۴۵ درجه و ۳۸ دقیقه و حداقل ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه حداکثر طول شرقی و ۳۴ درجه و ۳۴ دقیقه حداقل ۳۵ درجه و ۲ دقیقه حداکثر عرض شمالی در غرب و شمال غرب استان کرمانشاه واقع شده است که از شمال و شرق به شهرستان جوانرود، از جنوب به شهرستان‌های دالاهو و سرپل ذهاب و از غرب به شهرستان قصر شیرین و کشور عراق با مرز مشترک ۷۵ کیلومتر محدود شده است. مساحت این شهرستان ۱۹۲۰ کیلومترمربع است. مناطق مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده و در بخش شمال باختری و باختر استان کرمانشاه قرار گرفته است (شکل ۱).

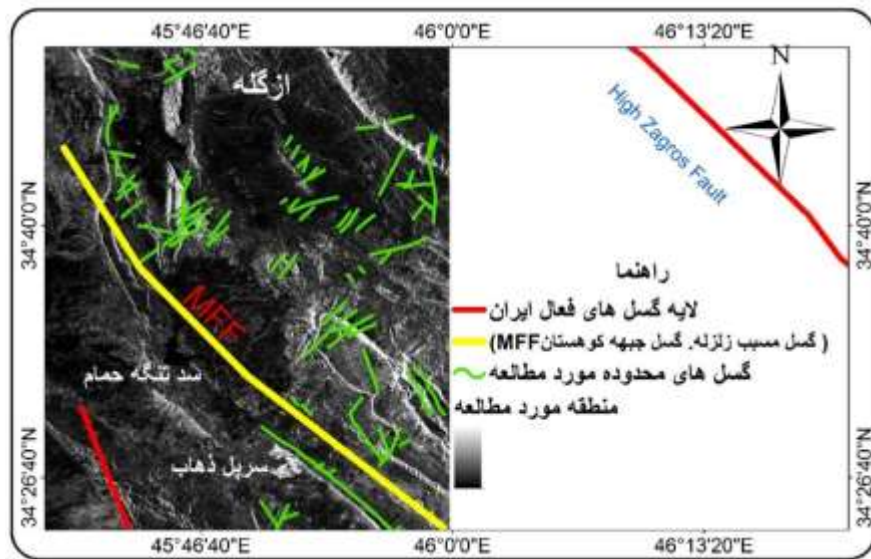


مأخذ: نگارندگان

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

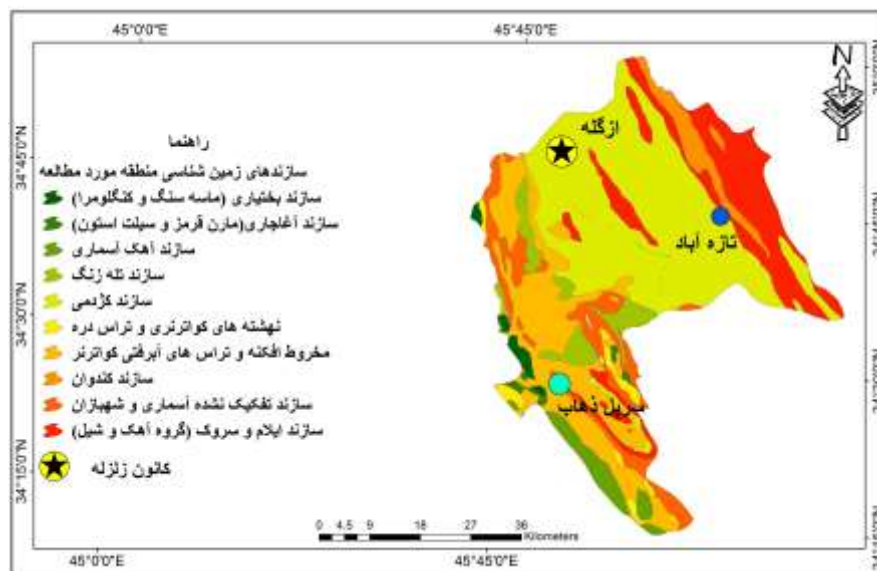
از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. روند عمومی این زون، تقریباً شمال غربی- جنوب شرقی بوده و جنس رسوبات آن عمدتاً کربنات است (علایی و همکاران، ۱۳۸۸). ساخت زمین‌شناسی این منطقه دارای ساخت‌های چین‌های منظم، ساده و در بعضی نواحی معکوس است (آرین و هاشمی، ۱۳۸۷). مسیر لایه‌ها در راستای زاگرس چین‌خورده و با همان روند اصلی زاگرس امتداد یافته‌اند. در این میان اغلب شیب لایه‌ها بین ۱۰ درجه در ساخت‌های هم‌شیب و ملایم نواحی شمال منطقه مورد مطالعه تا ۵۰ درجه در ساخت‌های تک‌شیب (هوک بک پا طاق و

ناودیس معلق ریجاب)، متغیر است. به طور کلی از میان سنگ‌های تشکیل دهنده سطح زمین یعنی مجموعه آذرین، دگرگونی و رسوبی فقط نهشته‌های تخریبی و رسوبی به خصوص انواع سنگ‌های آهکی، مارن، شیل و سایر سازندهای سخت و سست در سطح منطقه برون‌زد یافته‌اند. زمین‌شناسی منطقه تحت تأثیر فعالیت‌های تک‌تونیکی نسبتاً شدید قرار گرفته است (عبدالملکی و همکاران، ۱۴۰۰). از دیدگاه ژئومورفولوژی سازندهای زمین‌شناسی و به طور کلی سنگ‌های تشکیل دهنده سطح زمین به دو قسمت سنگ‌های سست و سخت تقسیم می‌شوند (مقیمی، ۱۳۹۲: ۵۶). ملاک این تقسیم‌بندی وجود شرایط مهیا برای ایجاد فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناسی در محیط است. گسل‌ها در پوسته زمین در مقیاس‌های مختلفی تشکیل می‌شوند. عملکرد گسل‌ها، ترتیب قرارگیری واحدهای سنگی را برهم زده و مسائل پیچیده‌ای را به وجود می‌آورد. گسل‌ها می‌توانند توپوگرافی سطح زمین را تغییر داده و بر نحوه توزیع منابع طبیعی همچون آب‌های سطحی تأثیرگذار باشند. گسل‌ها گاهی موجب تغییر مسیر رودها، ایجاد آبراهه‌ها، پدید آمدن چشمه‌های مختلف و ایجاد اشکال مختلف هیدروژئولوژیکی گوناگونی می‌شوند. گسل‌های اصلی منطقه از دو گروه امتدادلغز و روانده بوده که در شکل‌گیری ساختاری منطقه و تغییرات رخساره‌ای نقش اساسی ایفا نموده‌اند (تورکر و همکاران، ۱۹۹۹). در جدیدترین تقسیم‌بندی، کوه‌های زاگرس از شمال شرق به جنوب غرب، به چند قسمت اصلی تقسیم‌بندی شده‌اند که شامل پهنه‌های زاگرس مرتفع، زاگرس چین‌خورده، فروبار دزفول و منطقه پیش‌ژرفای زاگرس و حاشیه شمالی پلتفرم عربستان است. (علائی طالقانی و رحیم زاده، ۱۳۹۱) این پهنه‌های ساختاری توسط گسل‌های مهم از هم جدا شده‌اند. (با توجه به شکل ۲)، مرز بین زاگرس مرتفع و زاگرس چین‌خورده ساده، گسلی است؛ که تحت عنوان گسل تراستی اصلی زاگرس نام‌گذاری شده است. این گسل در حاشیه شمالی گستره مورد مطالعه قرار دارد. در ساعت ۲۱ و ۴۸ دقیقه (به وقت محلی) روز ۲۱ آبان ماه ۹۶ هجری شمسی، زمین‌لرزه‌ای با بزرگی گشتاوری  $7/3$  در فاصله ۱۰ کیلومتری از گله و حدود ۳۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان سرپل ذهاب از استان کرمانشاه، واقع در مرز ایران و عراق به وقوع پیوست. شبکه لرزه‌نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، با توجه به استفاده از ایستگاه‌های محلی، به‌ویژه قرائت‌های فاز سه ایستگاه واقع در کشور عراق، کانون زمین‌لرزه را در مختصات  $34/77$  درجه عرض شمالی و  $45/76$  درجه طول خاوری مکان‌یابی نمود که از دقت مطلوب‌تری برخوردار است. بر اساس آخرین مکان‌یابی صورت گرفته، عمق کانونی زمین‌لرزه حدود ۱۸ کیلومتر برآورد شده است (گزارش زمین‌لرزه ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۶ سرپل ذهاب استان کرمانشاه (ویرایش پنجم) جلد اول، جنبه‌های زلزله‌شناسی). کانون سطحی و سازوکار کانونی زمین‌لرزه ۲۱ آبان سرپل ذهاب حکایت از این دارد که گسل مسبب این زمین‌لرزه یکی از قطعه‌های با راستای شمال-شمال غرب گسل جبهه کوهستان (MFF) است که با زاویه بسیار کم (۱۵ - ۱۰) به سمت شرق شیب دارد. (شکل ۳) زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲. موقعیت گسل‌های منطقه مورد مطالعه و گسل جبهه کوهستان (MFF).



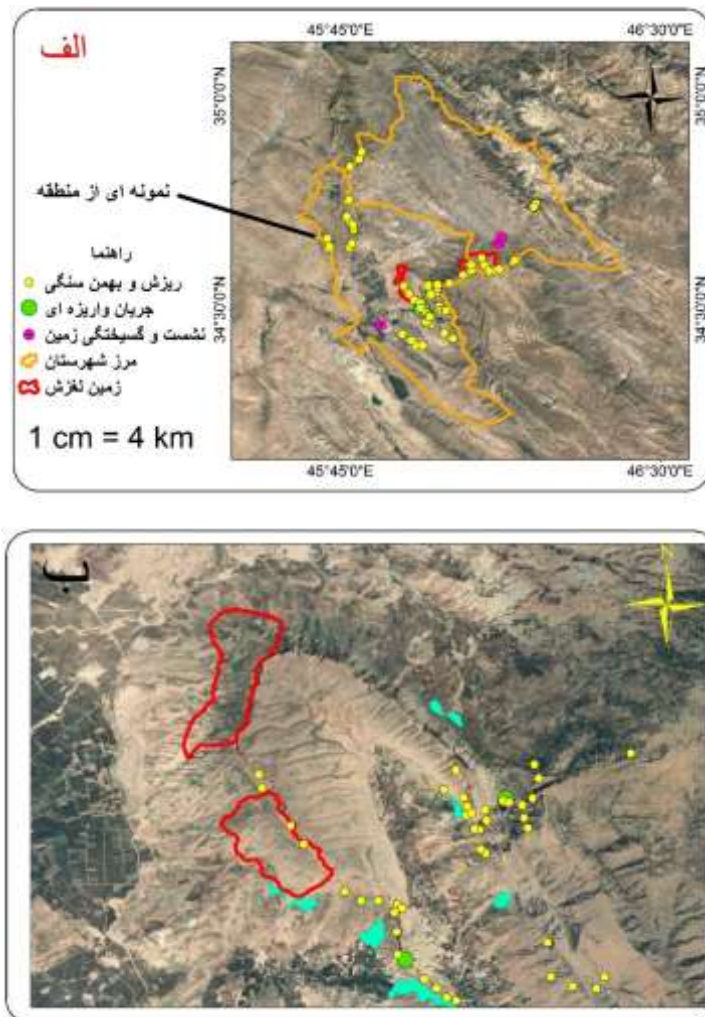
مأخذ: نگارندگان

شکل ۳. سازندهای زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

## روش پژوهش

با توجه به اینکه پس از وقوع زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ بخش بزرگ فرایندهای ژئومورفولوژیک و پیامدهای محیطی در گستره فضای سیاسی دو شهرستان ثلاث باباجانی و سرپل ذهاب به وقوع پیوسته بودند، فضای جغرافیایی دو شهرستان نامبرده به‌عنوان منطقه مورد مطالعه این پژوهش انتخاب گردید. در گام بعدی جهت بررسی مقدماتی از وضعیت منطقه و شناسایی و بررسی مناطق تحت تأثیر زمین‌لرزه از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث بهره گرفته شد. تهیه نقشه‌های موقعیت مکانی مستلزم وجود اطلاعات پایه مانند تصاویر ماهواره‌ای با دقت مکانی و وضوح بسیار بالا در تفکیک تصاویر دریافتی

با سطح گسترده است. بر همین اساس در این پژوهش به صورت گسترده به منظور شناسایی و تفکیک فرآیندهای ژئومورفولوژیک از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث استفاده شده است. سپس به منظور صحت و درک واقعی از مناطق وقوع فرآیندهای ژئومورفولوژیک از روش‌ها و بازدیدهای میدانی بهره‌گیری شد. در این مرحله تمامی نقاط و عوارض شناسایی شده متأثر از زمین‌لرزه در تصویر ماهواره‌ای با نقاط زمینی وقوع تطبیق و پس از انجام تهیه لایه‌های اولیه، تمامی نقاطی که به صورت فایل (KML)، بودند را برای تهیه نقشه‌های موقعیت مکانی به نرم‌افزار (GIS)، انتقال داده شدند. جهت استفاده از این داده‌ها در محیط نرم‌افزار Arc GIS به دو صورت فایل (KML) و (shap file)، آماده و سپس تمامی نقاط بر روی نقشه محدوده‌هایی با مقیاس مشخص از منطقه هم‌پوشانی شدند. در نهایت نقشه‌های موقعیت مکانی عوارض متأثر از زمین‌لرزه با مقیاس مشخص تهیه و ترسیم گردید (شکل ۴).

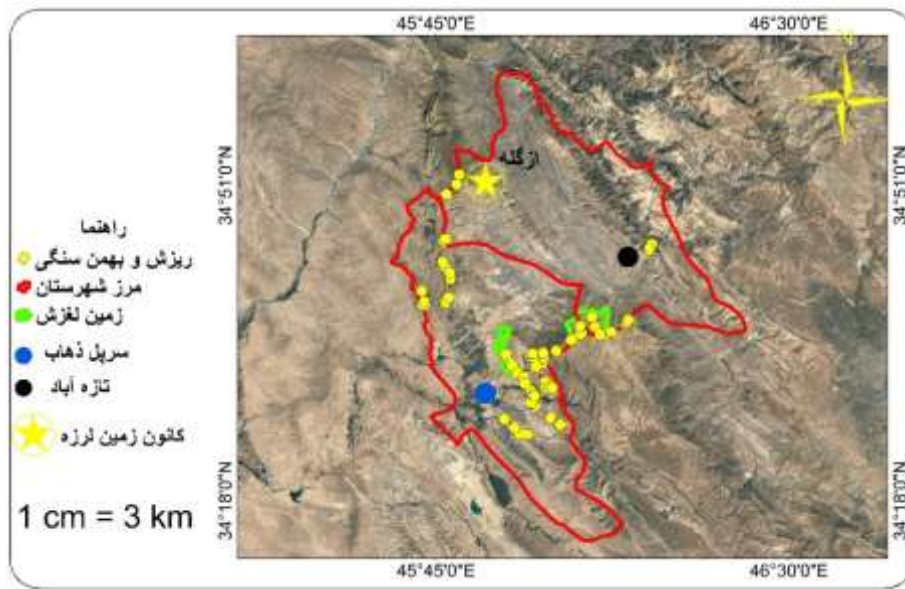


مأخذ: نگارندگان

**شکل ۴.** (الف) تهیه نقشه موقعیت (نمونه‌ای از) عوارض ژئومورفولوژیک ناشی از زمین‌لرزه. (ب) شناسایی و تعیین موقعیت عوارض ژئومورفولوژیک بر روی تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث.

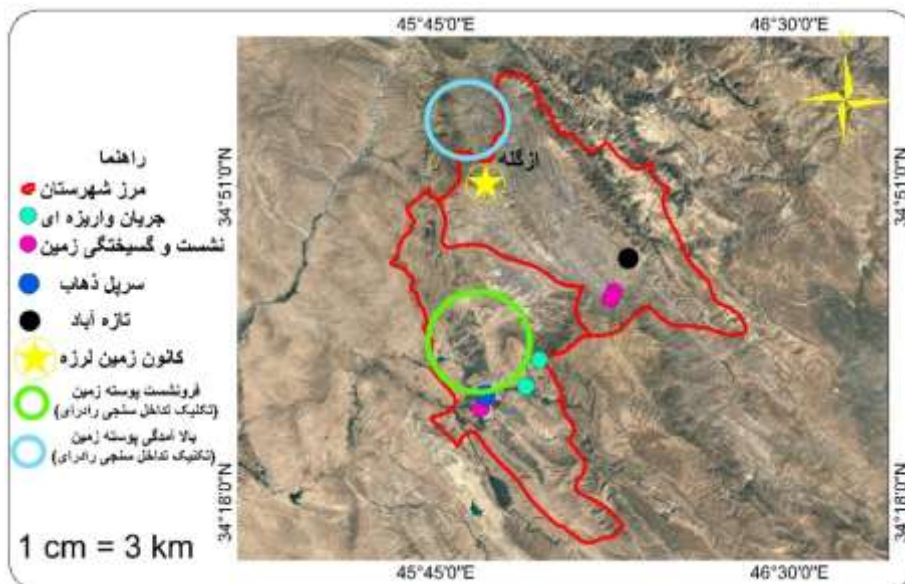
### بحث و یافته‌ها

در اثر زمین‌لرزه از گله ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی بسیاری مانند ریزش‌های سنگی متعدد، لغزش‌های خاکی و سنگی، جریان واریزه‌ای و گل روانه، فرونشست غارهای آهکی، روان‌گرایی و روی‌داده است که در این بخش به آن‌ها اشاره خواهد شد. (شکل ۵ و ۶)، موقعیت فرآیندهای دامنه‌ای به تفکیک نمایش داده شده است.



مآخذ: نگارندگان

**شکل ۵.** نقشه موقعیت فرآیندهای ژئومورفولوژیک بر روی تصاویر ماهواره‌ای. موقعیت لغزش‌ها، ریزش‌ها و بهمن‌های سنگی ناشی از زمین‌لرزه.



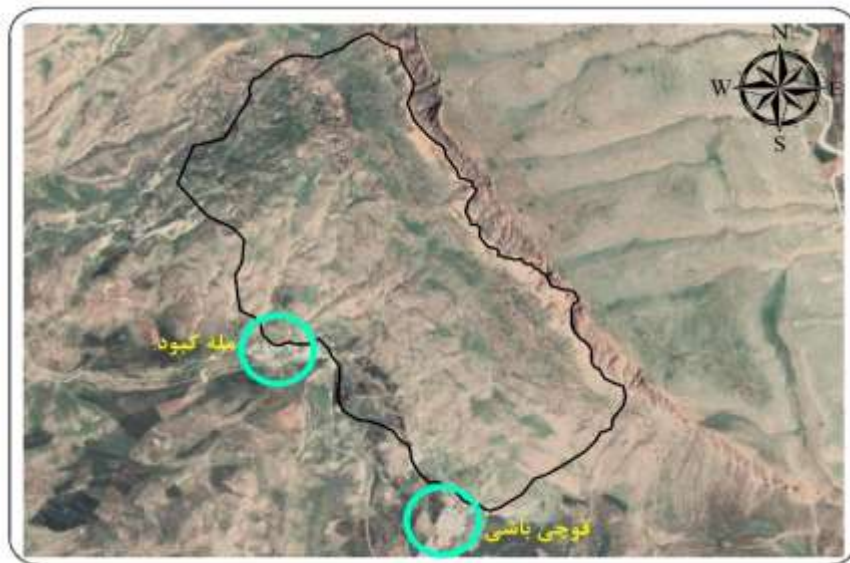
مآخذ: نگارندگان

**شکل ۶.** نقشه موقعیت مکانی وقوع گسترش جانبی، جریان‌های واریزه‌ای، نشست و بالاآمدگی پوسته زمین بعد از زلزله.



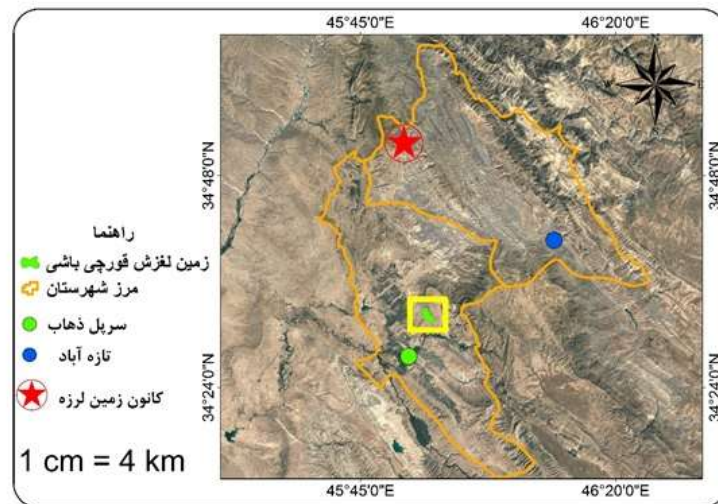
### زمین لغزش قورچی باشی - مله کبود

این زمین لغزش در دامنه‌های بالادست دو روستای مله کبود و قورچی باشی در ارتفاعات شمالی شهر سرپل ذهاب و بر روی دامنه‌های جنوبی کوه شاه‌نشین به مساحت ۴/۶ هکتار به وقوع پیوسته است. از نظر ساختاری کوه شاه‌نشین تشکیل‌دهنده یال جنوبی یک ناودیس معلق ساخته‌شده از لایه‌های آهکی سازند آسماری بر روی سازند شیلی و آهک‌رسی پابده است. تفاوت مقاومت لایه‌های مقاوم سازند آسماری بر روی سازند ضعیف پابده به همراه ساختاری تکتونیکی این سازند تنوعی از پدیده‌های زمین‌شناسی را به وجود آورده است که در بروز مخاطرات زمین‌شناختی همراه با زمین‌لرزه اخیر مؤثر بوده‌اند. این پدیده‌ها شامل زمین‌لغزش‌های متعدد قدیمی به هم‌پیوسته در دامنه‌های پیرامونی این ناودیس و دره‌های عرضی با قائم در بخش داخلی شده است. این دو پدیده زمین‌ریختی پتانسیل بالای زمین‌لغزش در دامنه‌های پیرامونی و ریزش سنگی در دره‌های عرضی داخلی را ایجاد کرده است که اتفاقاً مهم‌ترین مخاطرات زمین‌شناختی همراه با زمین‌لرزه اخیر را ایجاد کرده‌اند. این زمین‌لغزش بزرگ‌ترین زمین‌لغزش منفرد روی داده در چند دهه اخیر در کشور است. همچنین بر اساس مشاهدات میدانی این زمین‌لغزش فعال بوده و خطرات جدی را متوجه مناطق مسکونی مستقر در دامنه‌های ناپایدار پایین‌دست به‌خصوص در مواقع وقوع بارش‌ها، زیاده‌تر کرده است (شکل ۷ و ۸).



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۷.** نمای از محل وقوع زمین‌لغزش قورچی باشی و موقعیت دو روستا که بارنگ آبی نمایش داده شده است.



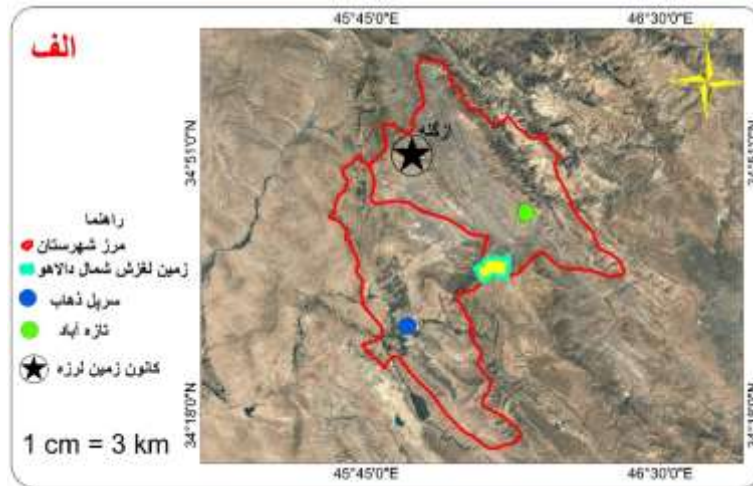
مأخذ: نگارندگان

**شکل ۸.** موقعیت زمین لغزش قورچی باشی مله کبود در منطقه و تصاویر پایین شکاف‌ها و ترک‌های بسیار بزرگ ناشی از فعالیت این زمین لغزش

### زمین لغزش‌های شمال فلات دالاهو (پالان علیا)

پهنه لغزشی شمال دالاهو، پهنه‌ای به وسعت ۳۰ کیلومتر مربع شکل گرفته بر روی یک پهنه لغزشی قدیمی وسیع‌تر است. در این منطقه درز و شکاف‌های زیادی ناشی از حرکت لایه‌های مختلف زمین در محل زمین لغزش قدیمی دالاهو ایجاد شده است که چون امکان تعیین مرز برای آن‌ها میسر نیست، بنابراین از واژه پهنه لغزشی در این پژوهش نام برده شده است. بیشتر درز و شکاف‌های ناشی از زمین لغزش شمال فلات دالاهو در جهت شیب طبقات زمین و به سمت مسیر ارتباطی سرپل ذهاب تازه‌آباد بعد از روستای بز میرآباد تا بعد از روستای پالان علیا به صورت عرضی جاده را قطع کرده است و در بعضی قسمت‌ها با طول قابل ملاحظه‌ای (۵۰۰-۸۰۰) متر در جهت شیب توپوگرافی عمود بر جاده گسترش یافته‌اند. هم‌چنین در طول مسیر زمین لغزش‌های کوچک‌تری شکل گرفته‌اند که با یک پرتگاه کوچک یک متری مشخص شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از منطقه، می‌توان چنین پنداشت که وقوع زمین لغزش‌های قدیمی منطقه ارتباط مستقیمی با شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی، شیب لایه‌ها، الگوی بارش در گذشته و پوشش گیاهی داشته است. با توجه به تحلیل تصاویر و مشاهدات میدانی، می‌توان گفت تمامی زمین لغزش‌های ایجاد شده در منطقه حاصل فعالیت

مجدد زمین لغزش‌های قدیمی می‌باشند و در این راستا وجود سازندهایی با درجه متناوب سختی و سستی، شرایط را برای فعالیت دوباره آن‌ها مهیا کرده است (شکل ۹).



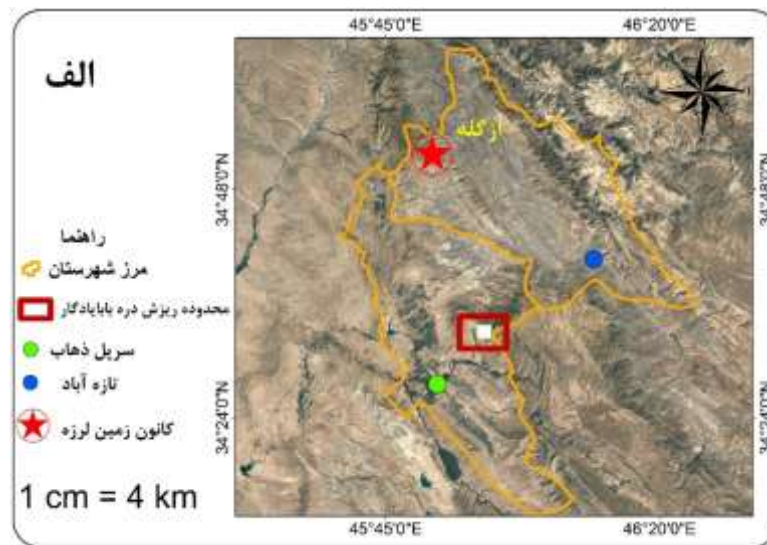
مأخذ: حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۶)

**شکل ۹:** تصویر (الف) موقعیت زمین لغزش پالان علیا بر روی نقشه. تصویر (ب) سمت راست، اختلاف ارتفاع و تاج لغزش ناشی از فعالیت مجدد لغزش قدیمی دالاهو در روستای پالان علیا. تصویر سمت (چپ) شکاف و ترک‌های عرضی ناشی از فعالیت زمین لغزش دالاهو در مسیر ارتباطی تازه‌آباد سرپل ذهاب به روستاهای بز میرآباد و حسن سلیمان

## ریزش دره بابا یادگار

یکی از مهم‌ترین پهنه‌های ریزشی سنگی متأثر از زمین‌لرزه، پهنه ریزشی دره بابا یادگار در شمال روستای بان زرده واقع در انتهای غربی بخش داخلی ناودیس ریجاب است. در دامنه‌های دو طرف این دره به طول بیش از ۲ کیلومتر ریزش‌های سنگی متعددی روی داده است که اغلب حجم آن‌ها بیشتر از ۱۰۰-۵۰ تن برآورد شده است. این ریزش‌ها منجر به مسدود شدن ورودی دره و تخریب گسترده جاده خطوط انتقال برق و تلفن شده است. تصویر ماهواره‌ای از این دره به‌خوبی نشان‌دهنده وجود یک زمین لغزش قدیمی است که کل بخش انتهایی دره را دربر گرفته است. در دهانه ورودی این دره عملکرد دو گسل معکوس باعث ایجاد شیب بسیار تند لایه‌بندی و لایه‌بندی از نوع معکوس در جناح شرقی گردیده است.

وجود این زمین‌لغزش قدیمی در انتهای دره شیب تند دامنه‌ها به خصوص در بخش ورودی دره به‌علاوه نوع تقاطع لایه‌بندی با شیب دامنه (تقاطع مورب) عوامل مستعد کننده این منطقه برای ایجاد چنین پهنه ریزشی گسترده‌ای بوده‌اند. (شکل ۱۰). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده به دلیل وجود سیستم درز و شکاف موجود بر روی سازندهای ضعیف زمین‌شناسی و نزدیک بودن به کانون ارتعاشات زمین‌لرزه سبب وقوع پدیده ریزش گسترده‌ای در داخل دره مذکور شده است؛ بنابراین ارائه نقشه دقیق و شناسایی عوامل مؤثر در وقوع این‌گونه پدیده‌های ژئومورفیکی در زمان زمین‌لرزه‌های آتی سبب کاهش خسارت به نواحی پایین‌دست می‌گردد (شکل ۱۱).



مأخذ: نگارندگان

**شکل ۱۰.** تصویر (الف) محل و موقعیت توده ریزشی و لغزشی دره بابا یادگار بر روی نقشه و تصویر (ب) محل وقوع توده ریزشی جدید در محل توده ریزشی قدیمی در انتهای دره را نمایش می‌دهد.

وقوع توده‌های ریزشی گسترده در دره بابا یادگار نشان از فعالیت مجدد توده ریزشی قدیمی در این منطقه دارد که در تصویر به‌صورت خراش‌ها و ریزش‌های سفید حاصل از جدا شدن توده‌ها و بلوک‌های سنگی از دامنه‌ها مشاهده شده است.

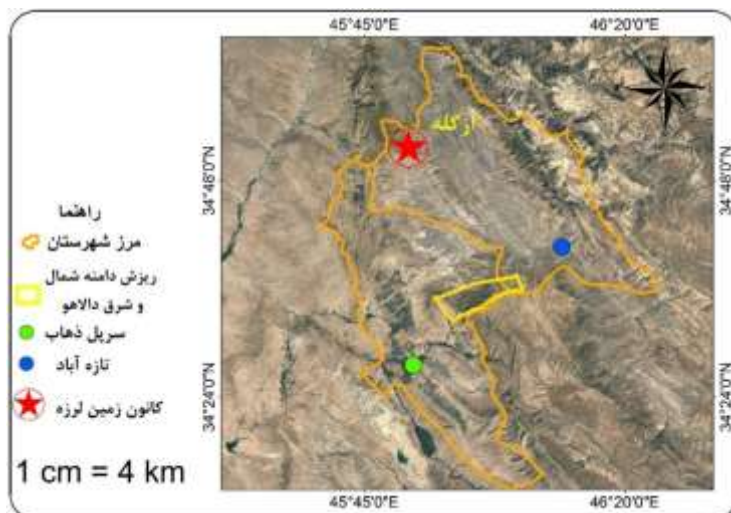


مأخذ: نگارندگان

**شکل ۱۱.** تصاویری از ریزش سنگ در دیواره‌های شرقی و غربی دره بابا یادگار و مسدود شدن مسیر ارتباطی دره و تصویر پایین دخالت سیستم درز و شکافدار در ایجاد توده ریزشی ناشی از زمین‌لرزه را نشان می‌دهد

### پهنه ریزشی شمال و شمال شرق دالاهو

یکی دیگر از پهنه‌های ریزشی بعد از رخداد زلزله، در منطقه شمال دالاهو در مجاورت روستاهای پالان، بز میرآباد و حسن سلیمان است. این توده ریزشی به دلیل وجود مورفولوژی پرتگاهی با ارتفاع زیاد (بیش از ۱۰۰۰ متر) ناشی از وقوع یک زمین‌لغزش عظیم قدیمی در یال شمالی کوه‌های دالاهو به همراه خردشدگی بسیار شدید توده‌های سنگی ناشی از عملکرد تکتونیک و سیستم درز و شکاف در سازند آهک آسماری خط‌الرأس کوهستان است، مناطق مستعدی را برای ریزش‌های بلوکی و بهمن سنگ پدید آورده است. بسیاری از بلوک‌های سنگی که از دامنه‌های این پرتگاه‌ها سقوط کرده‌اند وزنی بیشتر از ۵۰ تن را دارا هستند که موجب مسدود شدن راه دسترسی به روستاهای نامبرده شده است. نتایج حاصل از مشاهدات میدانی و تصاویر گوگل ارث نشان‌دهنده این امر است که منطقه به لحاظ تاریخی دارای ریزش‌های بسیار بزرگی می‌باشند که موجب تهدید مناطق مسکونی پایین‌دست شده است. موقعیت این منطقه در شکل‌های (۱۲) و (۱۳)، نمایش داده شده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۲. نمایی از موقعیت پهنه ریزشی شمال و شمال شرق دالاهو بر روی تصویر ماهواره‌ای.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۳. تصویر (بالا) نمای ماهواره‌ای از محل وقوع ریزش شمال فلات دالاهو. تصویر سمت چپ سقوط بلوک‌های سنگی در دامنه‌های شمالی دالاهو در مجاورت روستای پالان علیا و تصویر سمت راست مسدود شدن راه ارتباطی زیارتگاه بهلول دانا در دامنه شمالی فلات دالاهو را نمایش می‌دهد.

### ریزش‌ها و بهمن‌های سنگ پیران و کل داوود

بزرگ‌ترین بهمن سنگی در شمال روستای پیران واقع در طول جاده گردشگری دسترسی به آبشار پیران روی داده است. این ناپایداری به طولی در حدود ۱/۸ کیلومتر جاده دسترسی به آبشار و تمامی مسیر سنگچین جاده گردشگری را مسدود

نموده و همچنین سبب ایجاد سد و دریاچه طبیعی در پای آبشار گردیده است. ابعاد بلوک‌های فروریخته تا هشتاد مترمکعب و وزن بیش از ۱۵۰ تن برآورد گردید. پهنه ریزشی کل داوود نیز در مسیر ارتباطی سرپل ذهاب\_کرنند غرب نیز از مهم‌ترین ناپایداری‌ها در منطقه هستند. دیواره‌های آهکی درز و شکافدار با شیب بسیار تند ناشی از بالآمدگی ناودیس معلق ریجاب همراه با شیب لایه‌بندی مخالف با شیب دامنه نسبت داد که از مهم‌ترین عوامل مستعد ذاتی وقوع ناپایداری در این منطقه بوده است که در ترکیب ارتعاشات با عامل زمین‌لرزه این بهمن‌ها و ریزش‌های سنگی را به وجود آورده است (شکل‌های ۱۴ و ۱۵). در جدول شماره (۱) مهم‌ترین ریزش‌ها و بهمن‌های سنگی منطقه آورده شده است. شکل (۱۶)، نقشه نهایی مخاطرات و پیامدهای ژئومورفولوژیک ناشی از زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ از گله سرپل ذهاب با مقیاس مشخصی ترسیم شده است.



مأخذ: حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۶)

**شکل ۱۴.** نمایی از محل توده ریزشی و بهمن سنگی و ایجاد دریاچه طبیعی در پای آبشار پیران



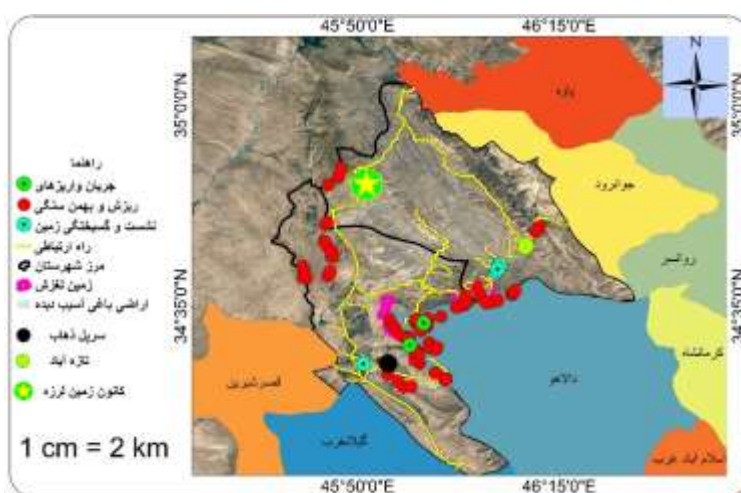
مأخذ: حق‌شناس و همکاران (۱۳۹۶)

**شکل ۱۵.** ریزش بهمن سنگ در مسیر پیاده‌رو گردشگری آبشار پیران

**جدول ۱. مهم‌ترین مناطق وقوع ناپایداری (ریزش و بهمن سنگی) و عوامل مؤثر در وقوع آن‌ها**

نوع فرآیند	منطقه وقوع فرآیند	مهم‌ترین عوامل مؤثر در وقوع
ریزش و بهمن سنگی	۱- پهنه ریزشی دره بابا یادگار	۱- شرایط زمین‌شناسی مساعد لغزش (پرتگاهی)
	۲- پهنه ریزشی شمال و شمال شرق دالاهو	۲- سیستم درزه و شکاف در توده‌های سنگی (آهکی)
	۳- پهنه ریزشی پیران	۳- تکنونیک و آبدارشدن توده‌های سنگی
	۴- پهنه ریزشی ریجاب	۴- وجود لغزش‌های قدیمی و فعالیت مجدد آن‌ها
	۵- بهمن سنگی گردنه پا طاق	۵- شیب تند لایه‌ها و متقاطع لایه‌بندی
	۶- پهنه ریزشی شمال فلات دالاهو	۶- شیب تند دامنه و ارتفاع زیاد دامنه‌های ریزش
	۷- ریزش‌های منفرد کل داود، دانه خشک و...	۷- نزدیکی به کانون سطحی زمین‌لرزه
	۸- پهنه‌های ریزشی سیا طاهر ثلاث	۸- فعالیت ژئودینامیک بیرونی (هوازدگی و یخبندان)
	۹- پهنه ریزشی کوه‌های از گله و بمو	۹- وجود ناهمواری‌های معکوس با شیب معکوس لایه‌بندی

مأخذ: نگارندگان



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۶. نقشه نهایی مخاطرات و پیامدهای ژئومورفولوژیکی زمین‌لرزه ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۶ از گله-سرپل ذهاب.

**نتیجه‌گیری**

زمین‌لرزه‌ها از گذشته تا به حال یکی از نیروهای بسیار قوی و مخرب در طول حیات چند میلیارد ساله این کره خاکی بوده است و همواره طیف گسترده‌ای از عوارض سطح زمین و تغییرات چشم‌انداز در یک منطقه را موجب شده است. در اثر زمین‌لرزه از گله در سرپل ذهاب ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی فراوانی در مناطق تحت پوشش ایجاد شد. وجود زمین‌لرزه‌ها و تکان‌های ناشی از آن، وجود ساختمان زمین‌شناسی شکننده با لایه‌بندی سخت و سست، شیب زیاد و سابقه وقوع ناپایداری در گذشته از عوامل تشدیدکننده ایجاد فرآیندهای ژئومورفولوژیکی در منطقه بوده است. به طوری که وجود زمین‌لغزش‌های قدیمی در منطقه مورد مطالعه و ریزش بلوک‌های سنگی بزرگ در نواحی کوهستانی با شیب زیاد از عوامل مستعد کننده مجدد فرآیندهای دامنه‌ای ناشی از وقوع زمین‌لرزه بوده است. همچنین نقش زمین‌شناسی منطقه، مورفولوژی خاص دامنه‌ها و قرار گرفتن لایه‌های سخت آهک آسماری بر روی لایه‌های سست مارن و شیل پایده که خاصیت خمیری شدن را دارد و تکان‌های ناشی از زمین‌لرزه از عوامل ذاتی اصلی وقوع زمین‌لغزش‌های بزرگ همچون زمین‌لغزش قورچی باشی- مله کبود و پهنه‌های لغزشی بزرگ در شمال فلات دالاهو است که در تحقیقات افرادی



همچون (سیف و همکاران، ۱۳۹۵)، نیز به خوبی دخالت عوامل نامبرده مشهود است. وقوع جریان واریزه‌ای، نشست زمین و گسترش جانبی، بهمن‌های سنگی و سایر ناپایداری‌های دامنه‌ای در منطقه مورد مطالعه از دیگر فرآیندهای ژئومورفولوژیک ناشی از زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۱۳۹۶ است که در نتیجه نزدیکی به کانون سطحی زمین‌لرزه، بررسی رخدادهای لغزش‌های قدیمی، توپوگرافی منطقه و شرایط سخت کوهستانی شرایط مساعدی را برای لغزش و سایر فرایندها و پیامدهای ژئومورفولوژیک ایجاد کرده است. این نتایج با مطالعات افرادی همچون (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۹۳، عوضیان و ملکی، ۱۳۹۶، هارپ و آنتونی، ۲۰۰۵. ساجیت داسگپتا، ۲۰۱۱. شیوا کنت دوب، ۲۰۱۵) مطابقت دارد که اکثر آن‌ها در مورد نقش زمین‌لرزه‌ها در پیدایش فرآیندهای ژئومورفولوژیک پژوهش‌های را انجام داده‌اند و نتایج مشابهی را کسب کرده‌اند. با توجه به مطالعات صورت گرفته، پژوهش حاضر در منطقه مورد مطالعه نتایج قابل توجهی به دست آمده است که نشان از پتانسیل بالای منطقه در ایجاد انواع فرآیندها و ناپایداری‌های دامنه‌ای است و از جمله این عوامل می‌توان به وضعیت خاص تکتونیکی به لحاظ قرار گرفتن در منطقه فعال لرزه‌خیز زاگرس و گسل‌های فعال و رو رانده، لغزش‌های متعدد در سطح منطقه، ریزش‌های بسیار زیاد، شیب زیاد، شرایط اقلیمی خشک منطقه، دامنه‌های فعال نشان‌دهنده وجود منطقه شکننده برای ایجاد تغییرات مورفولوژی در سطح منطقه اشاره کرد. چنانکه نتایج حاصل از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث و عملیات صحرائی در منطقه مورد مطالعه وقوع زمین‌لغزش‌ها و ریزش‌های بزرگ در محل فعلی فرآیندها مؤید توان مورفولوژیک بالای منطقه مورد مطالعه در ایجاد انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای است. از نتایج بسیار کاربردی حاصل از پژوهش تهیه و ترسیم نقشه پهنه‌بندی تغییرات مورفولوژیک و پیامدهای محیطی ناشی از زمین‌لرزه است که در آن تمامی رخدادهای ژئومورفولوژیک ناشی از زمین‌لرزه ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۶ از گله سرپل ذهاب با مقیاس مشخصی ترسیم شده است؛ بنابراین با استفاده از نقشه مذکور می‌توان نواحی پرخطر و کم‌خطر را طی زمین‌لرزه‌های آتی شناسایی کرده و همچنین می‌توان نواحی با پتانسیل زیاد وقوع فرآیندهای ژئومورفولوژیک را مورد مطالعه قرار داده و اقدامات حفاظتی و مدیریتی مناسب را جهت کاهش مخاطرات حاصل از وقوع انواع ناپایداری‌های دامنه‌ای و سایر فرآیندهای زمین‌ریخت‌شناسی لحاظ نمود؛ بنابراین نتایج به دست آمده با نتایج حاصل از مطالعات افرادی همچون (کرمی و همکاران، ۱۳۹۶ و کلانتری و همکاران، ۱۳۹۱)، مطابقت دارد. مطالعات نشان داد که حداکثر ناپایداری ژئومورفولوژیک در بخش‌های شمالی منطقه در محدوده شهرهای تازه آباد، از گله، پاره، جوانرود و سرپل ذهاب قرار دارد که دلیل عمده آن ساختار زمین‌شناسی که بیشتر از تشکیلات آهکی و شیل پوشیده شده‌اند، همچنین وجود گسل‌های اصلی و لرزه‌زا، ساختمان توپوگرافی نسبتاً مرتفع و خشن در منطقه از دلایل دیگر ناپایداری در منطقه است. این با نتایج تحقیقات (شین جانگ و وینگ لئو، ۲۰۰۸) که حداکثر لغزش را در کمترین پوشش رسوبی یا بالاترین سطح گسل جبهه کوهستان تشخیص دادند مطابقت دارد.

## منابع

- ۱- آرین، مهران. سیداحمد. هاشمی (۱۳۸۷): پهنه‌بندی لرزه زمین ساختی زاگرس"، مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۸ (۶۹)، ۶۳-۷۶.
- ۲- تبرزد، فیروز. ملکی، امجد (۱۳۹۸): بررسی فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و پیامدهای محیطی متأثر از زلزله از گله سرپل ذهاب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۳- حق‌شناس، ابراهیم. عشایری، ایمان. موسوی، سید مجتبی. بیگلری، مهنوش (۱۳۹۶): گزارش زمین‌لرزه ۲۱ آبان ماه ۱۳۹۶ سرپل ذهاب استان کرمانشاه، ویرایش پنجم. جلد دوم پدیده‌های ژئوتکنیکی.
- ۴- سیف، عبدالله. انتظاری، مژگان. بیرانوند، حجتا... (۱۳۹۵): برآورد شاخص‌های مورفومتری زمین‌لغزش کبیر کوه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۵، تابستان ۱۳۹۵.
- ۵- عبدالملکی، علی. ملکی، امجد، خزایی، علی (۱۴۰۰): پایش جابجایی ارتفاعی زمین و تحلیل اثرات ژئومورفولوژیکی آن با استفاده از داده‌های دورسنجی. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال دوازدهم / شماره چهارم) زمستان ۱۴۰۰.
- ۶- عبدالملکی، علی. ملکی، امجد. خزایی، علی (۱۳۹۹): پایش تغییرات کمی و کیفی منابع آب سطحی متأثر از زلزله با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی سرپل ذهاب. زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶). پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیا، گرایش ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیای دانشگاه رازی، سال ۱۳۹۹.
- ۷- عوضیان، فرشاد. ملکی، امجد (۱۳۹۶): پهنه‌بندی پتانسیل زمین‌لغزش در روستاهای اسلام‌آباد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه رازی کرمانشاه.
- ۸- علایی طالقانی، محمود. رحیم زاده، زهرا (۱۳۹۱): نقش گسل کرد در تحول شکل چین‌ها در شمال غرب (مطالعه موردی ناودیس معلق ریجاب)، جغرافیا و توسعه شماره ۳۰ بهار ۱۳۹۲.
- ۹- علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۸): ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قومس، چاپ هفتم، ۱۳۹۱.
- ۱۰- فاطمی عقدا، سید محمود. مهدویفر، محمدرضا (۱۳۹۳): پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش‌های ناشی از زمین‌لرزه ۱۳۷۵ سرعین، ایران با استفاده از روش‌های کیفی و کمی، نشریه زمین‌شناسی مهندسی جلد هفتم، شماره ۱ بهار و تابستان ۱۳۹۲.
- ۱۱- کرمی، فریبا. بیاتی خطیبی، مریم. ملکی، شهرام (۱۳۹۶): بررسی مخاطرات ناشی از زلزله اهر ورزقان در حوضه سردن چای و پیرامونان. مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ششم، شماره ۱۴، زمستان ۱۳۹۶.
- ۱۲- کلانتری، افشین. داودی، محمد (۱۳۹۱): مروری بر مخاطرات ژئوتکنیکی و آسیب‌های سازه‌ای در زلزله‌های ۲۱ مرداد ۱۳۹۱ اهر ورزقان، پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.
- ۱۳- گزارش زمین‌لرزه ۲۱ آبان ماه (۱۳۹۶): سرپل ذهاب استان کرمانشاه (ویرایش پنجم)، جلد اول جنبه‌های زلزله‌شناسی. پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله. ۵ دی‌ماه ۱۳۹۶.
- ۱۴- مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۲): ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه تهران، تهران، چاپ دوم.
- ۱۵- نادری، فتح‌الله. فتوحی، صمد. نگارش، حسین. خلیلی، مرضیه (۱۳۹۹): تحلیل و پهنه‌بندی ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی ناشی از زلزله از گله (۲۱ آبان ۱۳۹۶،  $M_w=7.3$ )، در استان‌های ایلام و کرمانشاه. فصل‌نامه علمی پژوهشی زمین‌شناسی محیط‌زیست سال چهاردهم، شماره ۵۲، پاییز ۹۹.

- 16- Arif, Ismul,H, Kirbani Sri,B, Subagyo, Pramumijoyo And Hary Christade, H(2018): Regional Landslide Potential Mapping In The Earthquake- Prone Areas Of The Kepahiang Regencu, Bengkulu Pronic, Indonesia, Published Of Geos Ciencias Jornal 2018.
- 17- Chi-Yuen Wang, Doglas S. Dreger, CHANG- Ho Wang,Deniel. Mayeri, (2003): Field Relations Among Cosmic Ground Motion, Water Level Change And Liquefaction For The 1999 Chi-Chi ( $M_w=7.5$ ) Earthquake,Taiwan.
- 18- Cheng-Shin Jang, Cheng-Wiung Liu (2008): Hydro Geological Proprtise Of The Rivwter Choushiu Allvial Fan Aquifer Due The 1999 Chi-Chi Earthquake.TAIWAN. Hydro Geological Journal.
- 19- Ferretti A, Monti A, Prati C, Rocca F, Massonet D. (2007): Insar Principles: Guidelines Forsar Inter Ferometry Processingand Inter Pretation. <https://Www.Researchg Ate. Net/Publication/234226330> Insar Principles Guidelines For SAR Inter Ferometry Processing And Interpretation.
- 20- Harp L. And Anthony J. Crone (2005): Landslides Triggered By The Octocber Y.8.2005 Pakistan Earthquake And Associted Land Slide- Dammed Resernors, U.S Geologic Survey.

- 21- Kargel, J. S. G. J. Leonard, Dan H. Shugar (2015): Geomorphic And Geologic Controls Of Geohazards Induced By Nepal's 2015 Gorkha Earthquake.
- 22- Pain. C.F. (1972): Characteristics And Geomorphic Effects Of Earthquake Initiated Land Slides In The ADELBERT Range PAPUA New GUINEA, Engineering Geology, Elsevier Publishing Company, Amsterdam- Printed In The Netherland.
- 23- Shiva, C, (2015): Earthquake In Nepal: A Misrabale Environmental Hazard Visited By Nature. Academic Voices 2015.
- 24- Sujit, D, (2011): Earthquake Geology, Geomorphology And Scenario In North East India: An Appraisal. National Workshop On earthquake Risk Mitigation Strategy In North East Ke Risk Mitigation Strategy In North East February 24-25, 2011, Guwahati, Assam.
- 25- Turker, M. San, B.T, Detection Of Collapsed Buildings Caused By The (1999): Izmit, Turkey Earthquake Through Digital Analysis Of Post-Event Aerial Photographs". International Journal Of Remote Sensing. Pages 4701-4714 | Published Online: 26 Nov 2010. <https://doi.org/10.1080/01431160410001709976>.