

بررسی عملکرد نئوتکتونیک بر مخروط افکنه‌ها با تاکید بر توان لرزه‌خیزی گسل‌ها

(منطقه مورد مطالعه: دامنه‌های شمالغرب سهند)

عقیل مددی^۱ - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

داود مختاری - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

حمديه شیرزادی - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

ارسلان مهرورز - دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۳ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۲/۱۳

چکیده

مخروطه‌افکنه‌ها یکی از اشکال ژئومورفولوژی پايكوهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشند که با وجود موقعیت مناسب برای اجرای برنامه‌های عمران و توسعه سکونتگاهی، نسبت به فرایندهای مخاطره-آمیز ژئومورفیک از جمله رخداد زمین‌لرزه حساس هستند. در پژوهش حاضر سعی بر این است که با بررسی مخروطه‌افکنه‌های واقع در دامنه‌های شمالغرب سهند، توان لرزه‌زایی گسل‌ها و پهنه‌بندی خطرات ناشی از آن را روی مخروطه‌افکنه‌ها به‌خوبی نشان داده شود. مخروطه‌افکنه‌های منطقه یکی از مراکز مهم تأمین‌کننده نیازهای زراعی و کشاورزی سکونتگاه‌های اطراف به‌شمار می‌آیند. نتایج حاصل از بررسی مخروطه‌افکنه‌های منطقه مورد مطالعه حاکی از آن است که این مناطق به‌دلایلی چند از جمله نزدیکی به گسل‌ها و دارا بودن سازنده‌های سست و متخلخل (آبرفت‌های کوتاه‌تر)، در معرض خطرات ناشی از زلزله هستند. توان لرزه‌زایی گسل‌ها و پهنه‌بندی خطر آن‌ها بر روی مخروطه‌افکنه‌ها با استفاده از روش تحلیل فضایی بربریان می‌باشد. ابتدا با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک (FCI, SMF, B, VF) میزان فعالیت تکتونیک در منطقه مورد بررسی قرار گرفت. سپس توان لرزه‌زایی گسل‌های موجود در سطح و مجاورت مخروطه‌افکنه‌ها با روش‌های زارع، مهاجر - اشجعی، ملویل و اسمیت محاسبه گردید، در نهایت با استفاده از روش تحلیل فضایی بربریان میزان خطر گسل بر روی مخروطه‌افکنه‌ها و کاربری‌های مختلف انسانی موجود بر سطح آن‌ها و درصد تراکم کاربری‌ها در حریم گسل محاسبه گردید، و همچنین نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر گسل بر روی مخروطه‌افکنه‌ها نیز بیانگر آن است که ۵۸٪ مناطق مسکونی، ۶۹٪ زمین زراعی، ۶۱٪ چشمه‌ها و ۳۹٪ خطوط ارتباطی در حریم ۱۰۰۰ متری گسل (محدوده با خطر بالا) قرار دارند و قابلیت لرزه‌زایی گسل‌ها با طول گسل ارتباط مستقیم وجود دارد.

کلیدواژه‌ها: تکتونیک، مخروط افکنه، توان لرزه‌زایی، دامنه‌های کوه سهند.

۱. مقدمه

سطح زمین متشکل از عارضه‌ها و اشکال مختلفی است، که این اشکال دائماً در حال تغییر و تحول می‌باشند، در تغییر و تحول این اشکال دو دسته عوامل بیرونی و درونی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (روستایی و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۲۳). عوامل درونی سبب شکل‌گیری ساختار اولیه و عوامل بیرونی سبب فرسایش، تغییر شکل و تخریب این اشکال می‌گردند (موسوی حرمی، ۱۳۸۱: ۲۲۵). مناطقی که تحت تأثیر این فعالیت‌ها قرار گرفته اشکال گوناگون ژئومورفولوژیکی مختلفی در آن شکل می‌گیرد، مخروطه‌افکنه‌ها از جمله اشکالی هستند که در اثر عوامل گوناگونی در این ارتفاعات شکل گرفته‌اند (عابدینی و رجایی، ۱۳۸۵: ۸۱). مخروطه‌افکنه‌ها به دلیل استقرار پاره‌ای سکونتگاه‌ها، مراکز اقتصادی و عبور راه‌های ارتباطی تجاری نقش مهمی در زندگی انسان‌های ساکن در آن مناطق دارند. در شکل‌گیری و گسترش این مخروطه‌افکنه‌ها عواملی دخالت دارند که در گذشته سبب شکل‌گیری و در شرایط کنونی سبب گسترش آن‌ها شده‌اند (هاگت^۱، ۲۰۰۳: ۱۹۶). فعالیت این عوامل تأثیر مثبت و منفی زیادی در زندگی انسان‌های ساکن در مخروطه‌افکنه‌های منطقه داشته و در آینده خواهد داشت. در بین این عوامل فعالیت نتوتکتونیک نقش تعیین‌کننده‌ای در این زمینه داشته است (عباس نژاد، ۱۳۷۶: ۱۹۰) اغلب زمین‌لرزه‌ها با حرکت توده‌های سنگ در سطح گسل رخ می‌دهند. چنین حرکات لرزه‌ای در پهنه ژئومورفولوژیکی مخروطه‌افکنه‌ها به سبب شرایط خاص آن‌ها (تکرار و توالی) خطرآفرین است (شایان و زارع، ۱۳۹۲: ۹۵). فلات ایران از نظر زمین‌ساختی یکی از فعال‌ترین مناطق جهان است و به‌عنوان بخشی از کمربند آلپ - هیمالیا همه‌ساله زمین‌لرزه‌های متعددی در آن رخ می‌دهد. به همین علت زمین‌لرزه در فلات ایران یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی بوده و در اثر آن خسارت‌های مالی و جانی زیادی بر جای مانده است.

از لندفرم‌های معمول در جبهه کوهستان، مخروطه‌افکنه‌ها هستند، که در اثر کاهش ناگهانی قدرت رودخانه در نتیجه تغییر شیب توپوگرافیک به وجود می‌آیند (بول و مک فادن^۲، ۱۹۷۷: ۲۶۱). مخروطه‌افکنه‌ها از جمله اشکال ژئومورفولوژیکی هستند که به دلیل موقعیت و شرایط مناسب طبیعی از دیرباز بستر فعالیت‌های متنوع عمرانی، کشاورزی و سکونتگاهی بوده‌اند. در عین حال متأثر از فرایندهای مخاطره‌آمیز مختلف، خصوصاً فعالیت‌های زمین‌لرزه‌ای می‌باشند (رجبی و آقاجانی، ۱۳۸۹: ۱۲)، در حقیقت فعالیت‌های تکتونیک در منطقه شرایط شکل‌گیری مخروطه‌افکنه‌های بزرگی را فراهم نموده است. در زمینه نقش فعالیت‌های تکتونیک در شکل‌گیری و گسترش مخروطه‌افکنه‌ها محققانی نظیر رامیرز (۱۹۹۸: ۳۶۸-۳۱۷)،

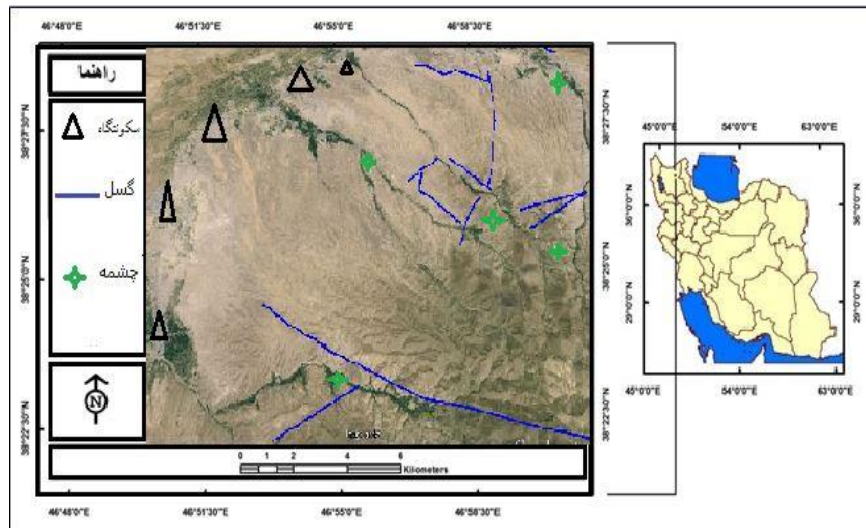
1 Haget

2 Bull & Mcfadden

هوک^۱ (۱۹۷۲: ۸۳)، روک ول^۲ (۱۹۸۴: ۳۲۰)، دریو^۳ (۱۸۷۳: ۱۲۶)، مکفرسن^۴ (۱۹۷۲: ۱۶۱) و آندرنچکوف^۵ (۲۰۰۴: ۲۲۰) مطالعات گسترده‌ای را انجام داده و به نتایج ارزشمندی رسیده‌اند. دربین محققان و پژوهشگران ایرانی نیز رضایی مقدم (۱۳۷۴: ۱۷۶-۱۱۷) در دامنه‌های جنوبی میشوداغ، مختاری و خیام (۱۳۸۲) در دامنه‌های شمالی میشوداغ و عباس نژاد (۱۳۷۵: ۱۴۰) در منطقه رفسنجان مطالعات ارزشمندی انجام داده‌اند، در این پژوهش سعی بر این است با مطالعه تأثیر تکتونیک در شکل‌گیری و گسترش مخروطه‌افکنه‌های دامنه‌های شمالغرب سهند و محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌ها با پهنه‌بندی میزان خطر ناشی از موقعیت گسل بر مخروطه‌افکنه‌ها و فعالیت‌های انسانی بررسی و ارزشیابی قرار گیرد.

۲. منطقه مورد مطالعه

کوهستان سهند با مختصات جغرافیایی $37^{\circ}07'$ الی $38^{\circ}02'$ شمالی و $45^{\circ}53'$ الی $47^{\circ}00'$ شرقی در شمالغرب ایران واقع است. مساحت کل مخروطه‌افکنه‌های مورد مطالعه $29,874,297$ کیلومتر مربع می‌باشد. این توده کوهستانی وسعت زمینی معادل 8000 کیلومترمربع را دربر می‌گیرد و متشکل از تعداد زیادی دره-های اصلی و فرعی است که با توجه به ساختار، دره‌ها به شکل شعاعی هستند. منطقه مورد مطالعه در دامنه‌های شمالغربی کوه سهند در 45 کیلومتری جنوب تبریز واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه واقع در شمالغرب ایران

- 1 Hooke
- 2 Rockwell
- 3 Derew
- 4 Macferson
- 5 AndrevKorienkoy

۳. مواد و روش‌ها

در این پژوهش، نخست نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری به‌عنوان نقشه‌های پایه در شناسایی واحدهای توپوگرافی و موقعیت مخروطه‌افکنه‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. سپس نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه نیز برای شناسایی گسل‌ها و سازندهای زمین‌شناسی منطقه مورد استفاده قرار گرفته شد. عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰، ۱:۲۰۰۰۰، ۱:۴۰۰۰۰، منطقه همچنین تصاویر ماهواره‌ای نیز در تکمیل مطالعات مورد استفاده قرار گرفت. بعد از شناسایی مخروطه‌افکنه‌ها و بررسی اولیه آن‌ها از روی اسناد، اقدام به جمع‌آوری داده‌های زمین‌لرزه منطقه شده است. با بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، گسل‌های منطقه شناسایی و مهمترین آن‌ها در روی زمینه تصویر ماهواره‌ای ترسیم شده (شریفی کیا و افضلی، ۱۳۹۱: ۷۳)، سپس به بررسی ویژگی‌های لرزه‌خیزی منطقه پرداخته و فهرست زمین‌لرزه‌ها در گسترش شعاعی ۳۰۰ کیلومتری جمع‌آوری اطلاعات شد. همچنین از پارامترهای اولیه مربوط به برآورد خطر زلزله (پورکرمانی، ۱۳۷۶: ۶۷)، یعنی توان لرزه‌ای گسل‌های فعال منطقه با استفاده از فرمول‌های زارع (۱)، اشجعی و نوروزی (۲) محاسبه گردید.

$$M_w = \ln(L) * 0.91 + 3.6 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$M = \log L + 5.4 \quad \text{رابطه (۲)}$$

شدت نسبی زلزله در کانون زلزله با استفاده از فرمول ریشتر - گوتنبرگ^۱ (۳):

$$\log = 1.7 M_S - 2.8 \quad \text{رابطه (۳)}$$

شدت نسبی زلزله برحسب مقیاس مرکالی I_0 :

برآورد شتاب (۴)، سرعت (۵) و جابجایی (۶) از فرمول‌های تریفوناک و بریدی^۲

$$\log A_h = -0.014 + 0.3 I_0 \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\log A_v = -0.18 + 0.3 I_0$$

$$\log V_h = 0.63 + 0.25 I_0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$\log V_v = -1.1 + 0.28 I_0$$

$$\log D_h = -0.53 + 0.19 I_0 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$\log D_v = -1.13 + 0.24 I_0$$

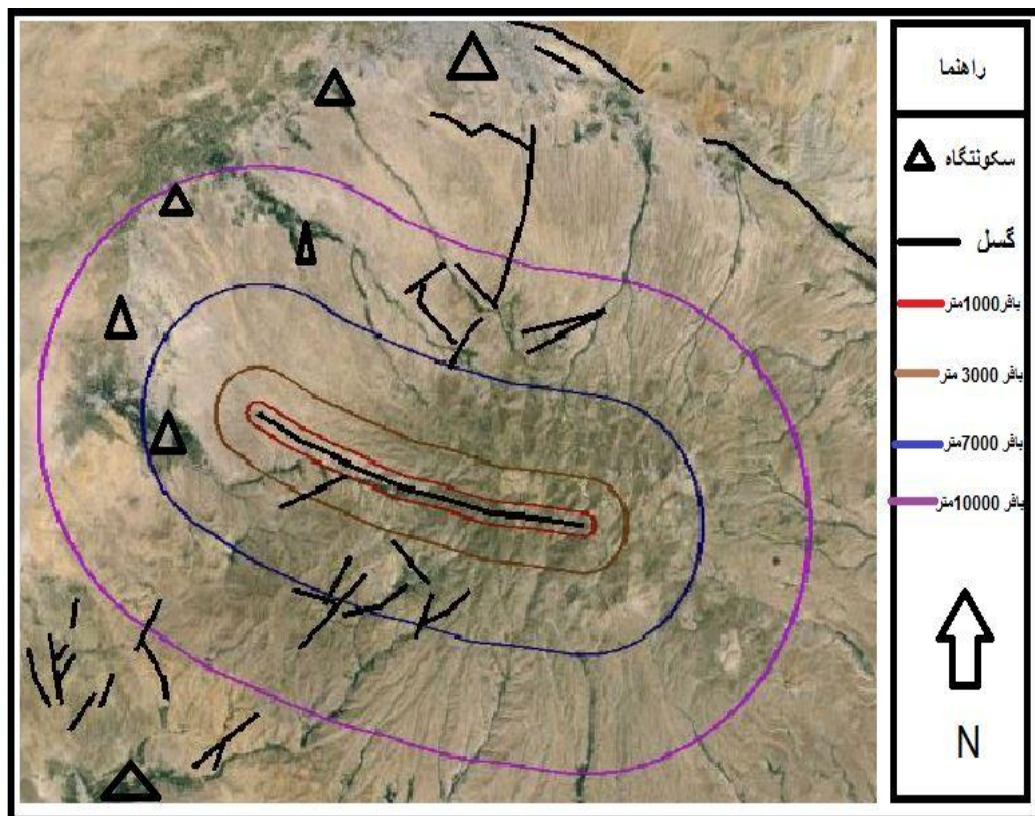
1 Richter - Gutenberg

2 Trifunac and Brady

به منظور تعیین میزان خطر گسل‌ها بر روی مخروط‌افکنه‌ها از روش تحلیل فضایی بربریان استفاده شده است. در این روش محدوده‌های خطر در چهار ناحیه قرار می‌گیرند:

- ۱- با فاصله ۱۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه حریم گسل
- ۲- با فاصله ۳۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه ویرانی شدید
- ۳- با فاصله ۷۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه تکان شدید یا ویرانی گسترده
- ۴- با فاصله ۱۰۰۰۰ متری گسل با عنوان پهنه حرکت تند یا خسارت زیاد

جهت تعیین میزان خطر گسل بر روی مخروط‌افکنه‌ها ابتدا نقشه گسل‌های منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه و نرم‌افزار گوگل ارث تهیه شد. سپس حریم بندی ۱۰۰۰۰، ۷۰۰۰، ۳۰۰۰، ۱۰۰۰ متر روی گسل اصلی انجام گرفت.



شکل ۲ مساحت مخروط‌افکنه در حریم گسل بزرگ منطقه

پس از بررسی وضعیت مخروط‌افکنه‌ها نسبت به گسل، به انطباق کاربری‌های مختلف در سطح مخروط-افکنه‌ها با حریم‌های موجود بر روی گسل‌ها پرداخته شد. برای این منظور ابتدا لایه‌های رقومی مورد نیاز

شامل مناطق مسکونی، زمین‌های زراعی، خطوط ارتباطی و چشمه‌ها با استفاده از نقشه توپوگرافی، مراجعات میدانی و نرم‌افزار گوگل ارث تهیه و هریک از لایه‌ها با لایه حریم‌های موجود بر روی گسل‌ها منطبق گردید. سپس تعداد هریک از کاربری‌ها در هر حریم شمارش شده تا مجموع آن به دست آید. در نهایت با استفاده از تناسب درصد تراکم هر کاربری در هر حریم محاسبه گردیده و مناطق مسکونی در هریک از حریم‌ها نیز محاسبه شد. برای سایر کاربری‌ها (چشمه و خطوط ارتباطی) نیز با منطبق کردن لایه کاربری مورد نظر با لایه حریم‌ها، مجموع هر کاربری در هریک از حریم‌ها به دست آمده و درصد تراکم آن بیان شده است. جهت بررسی وضعیت زمین‌های زراعی موجود بر روی مخروط‌افکنه‌ها نسبت به گسل، ابتدا محدوده زمین‌های زراعی موجود بر روی مخروط‌افکنه‌ها با استفاده از نرم‌افزار گوگل ارث و برداشت با GPS مشخص و مساحت زمین‌های زراعی در هریک از حریم‌ها محاسبه شد. (همانند روش محاسبه مساحت مخروط‌افکنه‌ها که پیش از این به شرح آن پرداختیم)، سپس مجموع مساحت زمین زراعی در هر حریم به دست آمده و درصد تراکم زمین زراعی در هر حریم نیز مشخص شد. با توجه به کثرت لایه‌های کاربری مورد مطالعه در این پژوهش به ذکر یک نمونه از مخروط‌افکنه‌ها که سایر کاربری‌های مورد مطالعه بر روی آن قرار دارد اکتفا شده است (جدول ۱ و ۲).

جدول ۱: تراکم کاربری‌های موجود بر روی مخروط افکنه در حریم گسل

ردیف	کاربری	تعداد	حریم ۱۰۰۰ متر	حریم ۳۰۰۰ متر	درصد کاربری	درصد کاربری
۱	مناطق مسکونی	۱	۰	۱	۱۰۰/۰	۰
۲	خطوط ارتباطی	۱	۰	۱	۱۰۰/۰	۰
۳	مخزن آب	۱	۰	۱	۱۰۰/۰	۰

جدول ۲: تراکم کاربری زمین زراعی بر روی مخروط افکنه در حریم گسل

ردیف	کاربر	مساحت	مساحت در حریم ۱۰۰۰ متر	مساحت در حریم ۳۰۰۰ متر	درصد کاربری	درصد کاربری
۱	زمین زراعی	۰۸۷۴۶۱/۱	۰۸۷۴۶۱/۱	۰	۱۰۰/۰	۰

۴. بحث و نتایج

تأثیر فعالیت تکتونیک بر شکل مخروط‌افکنه‌ها با استفاده از این شاخص‌ها مورد تحلیل قرار گرفت: بررسی تأثیر تکتونیک بر مخروط‌افکنه‌ها با استفاده از شاخص Vf : محاسبه شاخص Vf بر روی مخروط‌افکنه‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تنها دو مخروط افکنه شماره ۶ و ۷ از مقدار شاخص بین ۲-

اقرار دارد و سایر مخروط افکنه‌های منطقه دارای شاخصی کوچک‌تر از ۱ می‌باشد (جدول ۳). بررسی تأثیر تکتونیک بر مخروط افکنه‌ها با استفاده از این شاخص: نتایج محاسبه شاخص خمیدگی بر روی مخروط افکنه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که مخروط افکنه‌های شماره ۲، ۳، ۵، ۹ کوچک‌ترین مقدار ضریب خمیدگی و مخروط افکنه‌های شماره ۶، ۷ و ۱۰ بزرگ‌ترین مقدار ضریب خمیدگی را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۳). روش بعدی بررسی تأثیر تکتونیک بر روی مخروط افکنه‌ها با استفاده از شاخص شکل مخروط FCI هستش که نشان می‌دهد، که همه مخروط افکنه‌ها دارای مقدار کمتر از یک (بین ۰/۹۸-۰/۳۰) می‌باشند. کمترین مقدار این شاخص در مخروط افکنه شماره ۲ در برابر ۳۰/۰ هست و نزدیک‌ترین مقدار به مخروط تیپیک ۹۸/۰ در مخروط افکنه شماره ۸ و ۱۰ می‌باشد (جدول ۳). در شاخص بعدی تأثیر تکتونیک بر روی مخروط افکنه‌ها با استفاده از شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از محاسبه شاخص سینوزیته جبهه کوهستان بر روی مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که تنها دو مخروط افکنه شماره ۶ و ۷ مقدار شاخص ۴/۰ را دارند و در سایر مخروط افکنه‌ها مقدار شاخص فوق بین ۱ تا ۶/۱ قرار دارد. نتایج به دست آمده از محاسبه شاخص‌ها نشان‌دهنده این نکته است که:

۱. تکتونیک (گسل) بر روی تمامی مخروط افکنه‌های مورد مطالعه اثر گذار است.

۲. میزان عملکرد تکتونیک در زون‌های ساختمانی منطقه متفاوت می‌باشد.

جدول ۳ نتایج محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک بر روی مخروط افکنه‌های مورد مطالعه

مخروط افکنه	شاخص VF	شاخص β	شاخص SMF	شاخص FCI
۱	۱۲,۰	۴,۵۷	۱,۰۲	۰,۵۱
۲	۰,۴۱	۳,۷۵	۱,۳۵	۰,۳۰
۳	۰,۶۴	۳,۸۸	۱,۲	۰,۳۷
۴	۰,۲۷	۴,۶۸	۱,۱	۰,۷۲
۵	۰,۵۴	۳,۶۱	۱,۳	۰,۶۵
۶	۱,۶	۵,۲	۱,۷	۰,۸۰
۷	۱,۵	۵,۱	۱,۷	۰,۸۸
۸	۰,۶۵	۴,۸۱	۱,۲	۰,۹۸
۹	۰,۶۵	۳,۵۱	۱,۲	۰,۸۳
۱۰	۰,۵۸	۵,۱	۱,۲۴	۰,۹۸

محاسبه بزرگی زلزله با استفاده از روش‌های امبر سز و ملویل، ولز و اسمیت، زارع و اشجعی نشان دهنده این است که بیشترین توان لرزه‌خیزی مربوط به گسل شماره ۱ با بزرگی ۷/۴۷ ریشتر و کمترین توان لرزه‌خیزی مربوط به گسل شماره ۱۰ با بزرگی ۵ ریشتر می‌باشد. بررسی شتاب، سرعت و جابجایی نیز در گسل

شماره ایبشترین و در گسل شماره ۱۰ کمترین میزان را دارد. نتایج حاصل از بررسی شدت زلزله در کانون آن نشان‌دهنده آن است که:

۱. گسل‌های شماره ۱، ۴، ۸ شدت نسبی زلزله بالاتر از ۹ مرکالی را دارند
۲. مخروط‌افکنه‌های شماره ۲، ۹، ۱۰ و ۵ بر روی گسل‌های با بالاترین شدت نسبی زلزله (بالاتر از ۹ مرکالی) قرار دارند (جدول ۴).

جدول ۴ نتایج محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌های مورد مطالعه

گسل	طول (km)	بزرگی زلزله با فرمول اشجعی	بزرگی زلزله با فرمول امبرسنز	بزرگی زلزله با فرمول اسمیت	میانگین	شدت زلزله برحسب مرکالی	حداکثر شتاب افقی و قائم (cm/sec ²)	حداکثر جابجایی افقی و قائم (cm)	حداکثر سرعت افقی و قائم (cm/sec)
۱	۹۰	۷,۴	۷,۶	۷,۴	۷,۴۷	۹,۸۹	۰,۴۴-۰,۴۷	۱,۲۴-۱,۳۴	۱,۶۸-۳,۱۱
۲	۵۵	۷,۰۵	۶,۹۸	۶,۹۹	۷	۹,۱	۰,۴۰-۰,۴۳	۱,۰۵-۱,۱۹	۱,۴۴-۲,۹
۳	۵۰	۷,۰۹	۷,۰۶	۷,۰۵	۷,۰۶	۹,۱	۰,۴۰-۰,۴۳	۱,۰۵-۱,۱۹	۱,۴۴-۲,۹
۴	۷۸	۷,۳	۷,۳	۷,۲۶	۷,۳	۹,۶۱	۰,۴۳-۰,۴۶	۱,۱۷-۱,۲۹	۱,۵۹-۳
۵	۱۶	۶,۶	۶,۱	۶,۴	۶,۴	۸,۰۸	۰,۳۵-۰,۳۸	۰,۸۰-۱	۱,۱۶-۲,۶۵
۶	۲۱	۶,۷	۶,۳	۶,۵	۶,۵	۸,۳	۰,۳۶-۰,۳۹	۰,۸۶-۱,۰۴	۱,۲۲-۲,۷۰
۷	۲۲	۶,۹	۶,۷	۶,۸	۶,۸	۸,۷۶	۰,۳۸-۰,۴۱	۰,۹۷-۱,۱۳	۱,۳۵-۲,۸۲
۸	۷۴	۷,۳	۷,۳	۷,۳	۷,۳	۹,۶۱	۰,۴۳-۰,۴۶	۱,۱۷-۱,۲۹	۱,۵۹-۳
۹	۵	۶	۵,۲	۵,۶	۵,۷	۶,۹	۰,۲۶-۰,۳۰	۰,۴۸-۰,۷۴	۰,۷۸-۲,۳۱
۱۰	۴	۶	۵	۵,۵	۵,۶	۶,۷	۰,۲۶-۰,۳۰	۰,۵۰-۰,۷۴	۰,۷۷-۲,۳۰

مساحت کل مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه ۲۹,۸۷۴۲۹۷ کیلومتر مربع می‌باشد. ۱۷,۸۰۵۶۱۸ کیلومترمربع از مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متری و ۱۲,۰۶۸۶۷۹ کیلومترمربع در حریم ۳۰۰۰ متری گسل‌ها قرار دارد؛ به عبارت دیگر ۵۶ درصد مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متر گسل و ۴۴ درصد در حریم ۳۰۰۰ متری می‌باشد. (جدول ۵). نتایج حاصل از پهنه‌بندی محدوده خطر گسل بر روی مخروط‌افکنه‌ها به روش بربریان و انطباق آن با کاربری‌های مختلف بیانگر این است که:

- مناطق مسکونی: ۵۸٪ مناطق مسکونی در حریم ۱۰۰۰ متری و ۴۲٪ در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارند.

- زمین‌های زراعی: ۶۹٪ زمین زراعی در حریم ۱۰۰۰ متری و ۳۱٪ در حریم ۳۰۰۰ متری قرار دارد.

- چشمه‌ها: ۶۱٪ چشمه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متری و ۳۹٪ در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارد.

- خطوط ارتباطی: ۰/۳۹ خطوط ارتباطی در حریم ۱۰۰۰ متری و ۰/۶۱ در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارد (جدول ۶ و ۷).

جدول ۵ نتایج محاسبه مساحت مخروط افکنه‌های مورد مطالعه در حریم گسل

مساحت کل مخروط افکنه ها (Km ^۲)	مساحت مخروط افکنه ها در حریم ۱۰۰۰ متر (Km ^۲)	مساحت مخروط افکنه ها در حریم ۳۰۰۰ متر (Km ^۲)
۲۹,۸۷۴۲۹۷	۱۷,۸۰۵۶۱۸	۱۲,۰۶۸۶۷۹

جدول ۶ نتایج محاسبه مساحت زمین زراعی در حریم گسل

مساحت کل زمین‌های زراعی (Km ^۲)	مساحت زمین‌های زراعی در حریم ۱۰۰۰ متر (Km ^۲)	مساحت زمین‌های زراعی در حریم ۳۰۰۰ متر (Km ^۲)
۲۱,۲۳۶۵۰۱	۱۲,۶۹۰۲۳۱	۸,۵۴۶۲۷

جدول ۷ نتایج حاصل از پهنه‌بندی خطر گسل بر مخروط افکنه و کاربری‌های انسانی

ردیف	کاربری	تعداد	حریم ۱۰۰۰ متر	حریم ۳۰۰۰ متر
۱	مناطق مسکونی	۳۳	۲۴	۹
۲	زمین زراعی	۵۲	۵۲	-
۳	خطوط ارتباطی	۲۲	۱۰	۱۲
۴	چشمه	۱۶	۱۱	۵

۵. نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، وضعیت فعالیت تکتونیک (گسل) در سطح مخروط افکنه‌ها است. همچنین توان لرزه‌ای بالای گسل‌ها بیانگر مخاطره‌آمیز بودن فعالیت گسل‌ها در سطح مخروط-افکنه‌های منطقه می‌باشد؛ بنابراین هرگونه فعالیت در سطح مخروط افکنه‌های منطقه (ساخت سکونتگاه، خطوط ارتباطی، پروژه‌های عمرانی و...) نیازمند تمهیدات و ملاحظات خاصی است تا هنگام بهره‌برداری از آن خسارات به حداقل ممکن تقلیل یابد. بررسی مقادیر به دست آمده نشان داد که نقش فعالیت تکتونیک در منطقه بر روی مخروطه افکنه‌ها بیشتر بوده است و علت این نزدیک بودن مخروط افکنه‌های مورد مطالعه به گسل‌های بزرگ می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه ۲ گسل دارای بیشترین طول بودن که خطرات این گسل شهرهای تبریز و خسرو شهر را با ویرانی گسترده تهدید می‌کند. نتایج به دست آمده از محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌ها نیز مشخص شد. تعداد ۱۰ گسل مورد مطالعه توان لرزه‌زایی بالاتر از ۶ ریشتر را دارند. توان لرزه‌زایی گسل با طول آن و میزان جابجایی آن در ارتباط است؛ به این معنا که

امکان فعالیت گسل‌های طویل بیشتر و فعالیت آن‌ها با رهایی انرژی و جابجایی بسیار زیاد همراه است و در نتیجه باعث رخداد زمین لرزه بزرگ و ویرانگر شدید می‌شود. بیشترین مناطق مسکونی در حریم ۳۰۰۰ متر تا ۱۰۰۰۰ متر از گسل قرار داشته‌اند. در این بین شهرستان‌های خسروشهر، ایلخچی، آذرشهر، ممقان و قسمت‌هایی از تبریز در معرض ویرانی شدید و خسارت شدید قرار گرفته است. باتوجه به بررسی سکونتگاه‌های مستقر بر روی مخروطه‌افکنه‌های مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که روستاهایی معدودی در حریم یعنی زیر ۳۰۰۰ متر گسل قرار گرفته‌اند و دارای پتانسیل ویرانی شدید هستند و در نتیجه در معرض خطر بالاتری نسبت به بقیه روستاهای منطقه نسبت با ۳۰۰۰ متر به بالاست.

کتابنامه

- پورکرمانی، محسن؛ آرین، مهران؛ ۱۳۷۶. سایزمو تکتونیک، شرکت مهندسی مشاور در آب. شماره ۶۳. صص ۶۹-۵۵.
- رجبی، معصومه؛ آقاجانی، کامیلا؛ ۱۳۸۹. بررسی گسل‌ها، توان لرزه‌زایی و خطر زمین‌لرزه در مخروط افکنه‌های شمال شرق دریاچه ارومیه. فصلنامه جغرافیای طبیعی. سال سوم. شماره ۷. صص ۱۴-۱.
- رضایی مقدم، محمدحسین؛ ۱۳۷۴. پژوهشی در تشکیل کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه جنوبی میشو داغ. پایان نامه دکتری. استاد راهنما: مقصود خیام، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز. صص ۱۸۰-۱.
- روستایی، شهرام؛ زمردیان، محمدجعفر؛ رجبی، معصومه؛ مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۸۸. نقش فعالیت‌های تکتونیکی در شکل‌گیری و گسترش مخروط افکنه‌های دامنه جنوبی ال‌داغ. مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۳. صص ۱۵۶-۱۳۷.
- شایان، سیاوش؛ زارع، غلامرضا؛ ۱۳۹۲. تعیین محدوده خطر زمین لرزه در مخروط افکنه‌های فعال با روش تحلیل فضایی بربریان (مطالعه موردی مخروط افکنه گرمسار. مدرس علوم انسانی - برنامه ریزی و آمایش فضا. دوره هفدهم. شماره ۲. صص ۱۲۰-۹۳.
- شرکت صحراکاو؛ ۱۳۸۰. مطالعات ژئوالکترونیک دشت هادیشهر. سازمان منابع آب استان آذربایجان شرقی، طرح مطالعاتی سازمان آب و فاضلاب استان آذربایجان شرقی. شماره ۳۴. صص ۳۳-۲۳.
- شریفی کیا، محمد؛ افضل، عباسعلی؛ عباسعلی؛ ۱۳۹۱. پایش و تحلیل روند افزایش شوری خاک در مخروط افکنه دامغان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دوری و داده‌های پیمایش. مجله مخاطرات مشهد. سال اول. شماره ۳. صص ۸۷-۷۳.
- عابدینی، موسی؛ رجایی، عبدالحمید؛ ۱۳۸۵. بررسی نقش عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه‌های ارتفاعات دره دیز-دیوان داغی با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های جدید. فصلنامه پژوهش جغرافیایی. شماره ۵۵. صص ۸۹-۷۳.
- عباس نژاد، احمد؛ ۱۳۷۶. بررسی نوزمین ساختی مخروطه افکنه‌های ناحیه کرمان، علوم زمین، شماره ۲۶-۲۵.
- مختاری، داود؛ خیام، مقصود؛ ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد فعالیت تکتونیکی بر اساس مرفولوژی مخروط افکنه‌ها دامنه شمالی میشو داغ. فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۴. صص ۱۰-۱.

موسوی حرمی، رضا؛ ۱۳۷۷. رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ پنجم. صص ۱-۴۷۴.

- Andrey Korjenkov., 2004. Morphological response through competing of thrusting and erosion, at basin foothills, the northern Tien Shan, Kyrghyzstan. 268, 50-70.
- Bull W. B. and L. D. McFadden., 1977. Tectonic geomorphology of north fault, California in: Doehring, geomorphology of arid regions. Allen and Unwin. London.
- Drew, f., 1873. Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the upper Indus basin, Quarterly Journal of the Geological Society of London, 29, 441-471.
- Hooke, R. L., 1972. Geomorphic evidence for late Wisconsin and Holocene tectonic deformation in Death valley, California. Geological Society of America Bulletin, 83, 2073-2098.
- Huggett, r. j., 2003. Fundamentals of geomorphology. Routledge.
- McPherson, H. J. AND Hirst, F (1972. Sediment changes on two Alluvial fans in the Canadian Cordillera British Columbia, 14, 161-172.
- Mukerji, A. B., 1976. Terminal fans of inland streams in Sutlej-Yamuna plain, India, Zeitschrift für Geomorphologie, 20, 190-204.
- Ramirez-Herrera, M. T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambaygarban, Mexican Volcanic belt. Earth surface process and landforms. 23, 452. pp 317-322.
- Rockwell, T. k. et. Al., 1984. Late Pleistocene- Holocene soil chronosequence in the Ventura basin southern California U.S. Allen and Unwin, 16. 476. 309-327.