

## Investigating the Tectonic Function on Alluvial Fans: Emphasizing the Faults Seismic Potential in Construction Units of Kermanshah

Amjad Maleki <sup>1\*</sup>, Nasrin Heidari <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor of Geomorphology, Razi University, Kermanshah, Iran

<sup>2</sup> MSc. of Hydrogeomorphology, Razi University, Kermanshah, Iran

### Abstract

The purpose of this study is investigating the influence of tectonic activity and the potential of seismic creation of faults on alluvial fans in different structural zones in Kermanshah as well as zoning fault risk on alluvial fans using spatial analysis of Barbarian. First, by using geomorphic indicators (VF, B, SMF, FCI), the tectonic activity was investigated in the region. Then, the potential of seismic creation of faults was calculated in the surface and adjacent of alluvial fans by means of Zare, Ashjaee, Meloye and Smith. Finally, using spatial analysis Barbarian, fault risk on alluvial fans and variety of human uses on their surface was checked and the rate of uses density in the fault area was calculated. Findings of the research indicated that the influence of tectonics activity (fault) on the zone of broken Zagros is more than the Sanandaj-Sirjan zone and in the Sanandaj-Sirjan zone is more than folded Zagros. Also the results of investigating the potential seismic of faults indicated that most of the faults have a high seismic potential. The results of fault risk zonation on alluvial fans indicated that 0.54 of residential areas, 0.52 of agricultural land, 0.59 of springs and 0.46 of communication lines located on the studied alluvial fans (West Country) are located in 1000 meters of fault (areas with high risk).

**Key words:** Tectonics, Alluvial Fans, Risks, Geomorphic Indicators, Kermanshah.

\* amjad\_maleki@yahoo.com

## بررسی عملکرد تکتونیک بر مخروط‌افکنه‌ها با تأکید بر توان لرزه‌ای گسل‌ها در واحدهای ساختمانی استان کرمانشاه

امجد ملکی<sup>\*</sup>: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

نسرین حیدری: کارشناسی ارشد هیدرو-ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

وصول: ۱۳۹۴/۰۲/۱۴ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۶، صص ۱۳۲-۱۱۷

### چکیده

هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر فعالیت تکتونیک و توان لرزه‌زایی گسل‌ها روی مخروط‌افکنه‌های موجود در پهنه‌های ساختمانی متفاوت استان کرمانشاه و پهنه‌بندی خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها با روش تحلیل فضایی بربریان است. ابتدا با شاخص‌های ژئومورفیک (SMF, B, VF) و FCI میزان فعالیت تکتونیک در منطقه بررسی و سپس توان لرزه‌زایی گسل‌های موجود در سطح و مجاورت مخروط‌افکنه‌ها با روش‌های زارع، اشجعی، ملویل و اسمیت محاسبه شد. در نهایت، میزان خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها و کاربری‌های مختلف انسانی موجود بر سطح آنها با روش تحلیل فضایی بربریان بررسی و درصد تراکم کاربری‌ها در حریم گسل محاسبه شد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند تأثیر فعالیت تکتونیک (گسل) در پهنه زاگرس شکسته بیشتر از پهنه سنندج - سیرجان و در پهنه سنندج - سیرجان بیشتر از پهنه زاگرس چین‌خورده است. همچنین نتایج بررسی توان لرزه‌زایی گسل‌ها نشان می‌دهند بیشتر گسل‌های مطالعه‌شده، توان لرزه‌زایی زیادی دارند. نتایج پهنه‌بندی خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها نیز نشان می‌دهند ۰/۵۴ مناطق مسکونی، ۰/۵۲ زمین زراعی، ۰/۵۹ چشمه‌ها و ۰/۴۶ خطوط ارتباطی واقع روی مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده (در غرب کشور) در حریم ۱۰۰۰ متری گسل (محدوده با خطر زیاد) قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: تکتونیک، مخروط‌افکنه، مخاطرات، شاخص‌های ژئومورفیک، کرمانشاه

## مقدمه

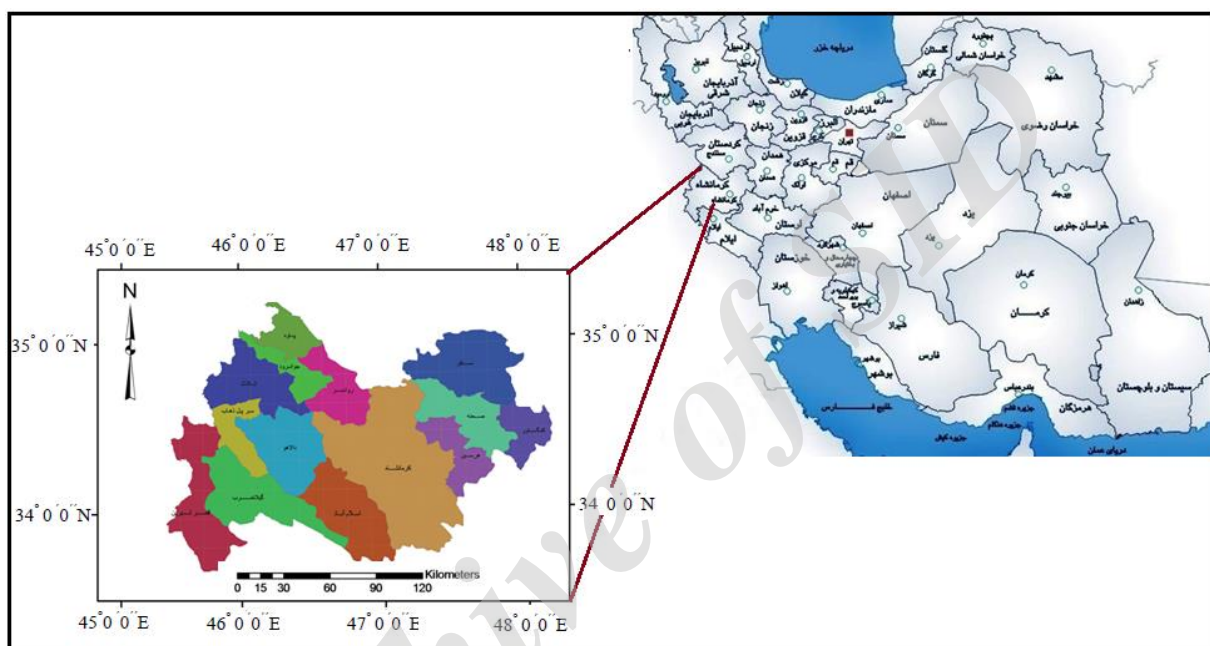
اطلاعات مفیدی دربارهٔ فعالیت‌های تکتونیکی منطقه‌ای که در آن شکل گرفته‌اند، در اختیار پژوهشگران قرار می‌دهد. افراد بسیاری تأثیر فعالیت تکتونیکی بر مخروط‌افکنه‌ها را بررسی کرده‌اند، از جمله Chadwick و Abrams (۱۹۹۴)، Viseras و Fernandez (۱۹۹۴)، Kumar و همکاران (۲۰۰۷)، Calvache و همکاران (۱۹۹۷)، Sorriso-Valvo و همکاران (۱۹۹۸)، Li و همکاران (۱۹۹۹)، Malik و همکاران (۲۰۰۱)، Pope و Wilkinson و Robustelli، همکاران (۲۰۰۵)، Goswami، همکاران (۲۰۰۹)، مختاری کشکی و خیام (۱۳۸۲)، عابدینی و رجایی (۱۳۸۵)، روستایی و همکاران (۱۳۸۸)، مقصودی (۱۳۸۷)، مقصودی و همکاران (۱۳۸۸)، رامشت و همکاران (۱۳۸۸)، کریمی و گورابی (۱۳۹۱). بیشتر مساحت منطقه مطالعه‌شده در محدودهٔ گسل بزرگ زاگرس واقع و فعالیت حال حاضر این گسل موجب ایجاد گسل‌های متعددی شده است که بسیاری از آنها روی مخروط‌افکنه‌ها یا در مجاورت آنها قرار گرفته‌اند و بسیاری از مکان‌های روستایی و پروژه‌های انسانی نیز روی مخروط‌افکنه‌های این محدوده ساخته شده‌اند؛ از این رو، در پژوهش حاضر کوشش شده است مخروط‌افکنه‌های متأثر از تکتونیک در واحدهای ساختمانی مختلف محدودهٔ مطالعه‌شده شناسایی شوند و پس از محاسبهٔ توان لرزه‌زایی گسل‌های موجود در سطح و مجاورت مخروط‌افکنه‌ها، میزان و شدت مخاطره‌آمیزی و خطرآفرینی فعالیت آنها (گسل‌ها) روی مخروط‌افکنه‌ها و فعالیت‌های انسانی در هر واحد ساختمانی با پهنه‌بندی مشخص شود. به عبارتی،

بیشتر مخاطرات طبیعی با عوامل یا فرایندهای جوی، هیدرولوژیکی، زمین‌شناسی، بیولوژیکی و تکنولوژیکی همراه هستند. بیشتر زمین‌لرزه‌ها با حرکت توده‌های سنگ در سطح گسل رخ می‌دهند و چنین حرکت‌های لرزه‌ای در پهنهٔ ژئومورفولوژیکی مخروط‌افکنه‌ها به علت شرایط ویژه (تکرار و توالی) خطرآفرین هستند (شایان و زارع، ۱۳۹۲: ۹۵). فلات ایران از نظر زمین‌ساختی یکی از فعال‌ترین مناطق جهان و بخشی از کمربند آلپ - هیمالیاست که همه‌ساله زمین‌لرزه‌های متعددی در آن رخ می‌دهد؛ بنابراین، زمین‌لرزه در فلات ایران یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که خسارت‌های مالی و جانی بسیاری بر جای می‌گذارد (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۵؛ Hollingsworth et al., 2008: 763). مخروط‌افکنه‌ها از لندفرم‌های معمول جبههٔ کوهستان هستند که بر اثر کاهش ناگهانی قدرت رودخانه در نتیجهٔ تغییر شیب توپوگرافیک به وجود می‌آیند (Bull., 1977: 222). عوامل درونی و بیرونی متعددی در شکل‌گیری و گسترش این اشکال دخالت دارند؛ در بین عوامل درونی، فعالیت تکتونیک (گسل) نقش تعیین‌کننده‌ای در مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها و زندگی انسان‌های ساکن روی این عوارض داشته است. مخروط‌افکنه‌ها از جمله اشکالی هستند که به علت موقعیت و شرایط مناسب طبیعی از دیرباز بستر فعالیت‌های متنوع عمرانی، کشاورزی و سکونتگاهی بوده‌اند و در عین حال متأثر از فرایندهای مخاطره‌آمیز به‌ویژه فعالیت‌های زمین‌لرزه‌ای هستند (رجبی و آقاجانی، ۱۳۸۹: ۱)؛ از این رو، بررسی مخروط‌افکنه‌ها

### معرفی منطقه

استان کرمانشاه با مساحت ۲۵۰۰۰ کیلومترمربع، تقریباً ۱/۵ درصد مساحت ایران را به خود اختصاص داده است و بین  $32^{\circ}36'$  تا  $35^{\circ}15'$  عرض شمالی و  $45^{\circ}24'$  تا  $48^{\circ}30'$  طول شرقی قرار دارد (شکل ۱).

هدف پژوهش حاضر بررسی و مقایسه توان لرزه‌زایی ناشی از فعالیت گسل روی مخروط‌افکنه‌ها و کاربری‌های موجود در سطح آنها در واحدهای ساختمانی مختلف استان کرمانشاه است.

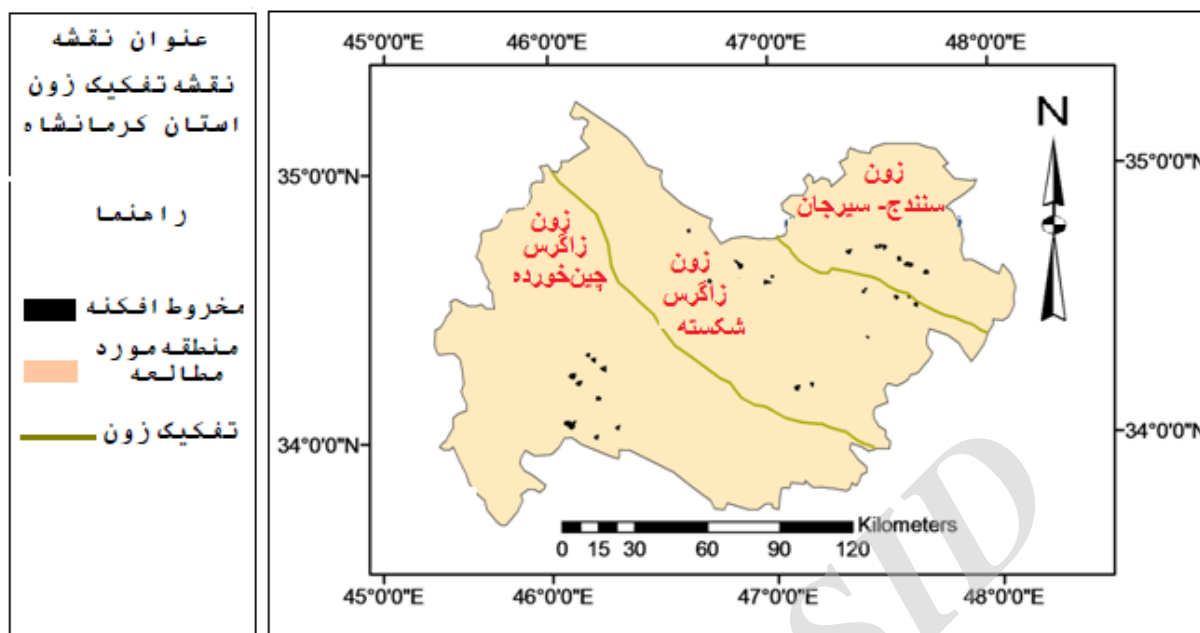


شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه شده

### مواد و روش‌ها

برای بررسی نقش تکتونیک بر مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها، ابتدا نقشه پهنه‌های ساختمانی منطقه با استفاده از نقشه توپوگرافی، عکس هوایی و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد (شکل ۲). با توجه به اهداف پژوهش و با کمک نقشه توپوگرافی استان و نرم‌افزار گوگل ارث (Google Earth)، ۳۴ مخروط‌افکنه شاخص در پهنه‌های ساختمانی متفاوت منطقه (۱۱ مخروط‌افکنه در پهنه سنندج- سیرجان،

۱۳ مخروط‌افکنه در پهنه زاگرس شکسته و ۱۰ مخروط‌افکنه در پهنه زاگرس چین‌خورده) انتخاب شدند. سپس برای برآورد میزان فعالیت تکتونیک در هر پهنه ساختمانی از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی مانند شاخص نسبت عرض دره به ارتفاع آن (رابطه ۱)، شاخص خمیدگی (رابطه ۲)، شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (رابطه ۳) و شاخص ضریب مخروط‌گرایی (رابطه ۴) استفاده شد (شکل ۳).



شکل ۲. نقشه تفکیک پهنه‌های ساختمانی منطقه مطالعه شده و موقعیت مخروط افکنه‌ها

$$(SMF)^2 = Lmf / Ls$$

رابطه (۳)

SMF: شاخص پیچ‌وخم جبهه کوهستان

Lmf: طول پیچ‌وخم جبهه کوهستان بر حسب متر

Ls: طول خط مستقیم جبهه کوهستان بر حسب متر

$$(FCI)^2 = AIF / ATF$$

رابطه (۴)

FCI: ضریب مخروط‌گرایی

AIF: مساحت مخروط افکنه

ATF: مساحت مخروط افکنه ایده‌آل

معادل  $\pi/14$

$\Gamma$ : شعاع یا طول مخروط از رأس تا قاعده بر حسب

کیلومتر

a: زاویه بین دو حاشیه مخروط که در محل رأس

اندازه‌گیری می‌شود.

$$(VF)^2 = 2 vfw / [(EId - Esc) + (Erd - Esc)]$$

رابطه (۱)

VF: پهنای کف دره به ارتفاع آن

vfw: پهنای کف دره بر حسب متر

EId: ارتفاع خط تقسیم آب بین دو دره در سمت

راست بر حسب متر

Erd: ارتفاع خط تقسیم آب بین دو دره در سمت چپ

بر حسب متر

Esc: ارتفاع کف دره از سطح دریا بر حسب متر

$$(B)^2 = \arccos((b/a)^2 \sin^2 a + \cos^2 a^{0.5})$$

رابطه (۲)

B: مقدار خمیدگی مخروط افکنه

a: شیب مخروط در طول محور کوتاه بیضی

a: طول قطر بزرگ بیضی بر حسب متر

b: طول قطر کوچک بیضی بر حسب متر

<sup>3</sup> Mountain front sinuosity index

<sup>4</sup> Fanconically Index

<sup>1</sup> Valley Floor width to height

<sup>2</sup> Bend index



شکل ۳. فلوچارت پژوهش

$$MS = \ln(L) * 0.91 + 3.6$$

رابطه (۷)

$$MS = \log L + 5.4$$

رابطه (۸)

MS: بزرگی زلزله در مقیاس ریشتر

L: طول گسل بر حسب کیلومتر

- شدت نسبی زلزله در کانون زلزله با استفاده از رابطه ریشتر - گوتنبرگ (رابطه ۹):

$$I_0 = 1.7 MS - 2.8$$

رابطه (۹)

شدت نسبی زلزله بر حسب مقیاس مرکالی  $I_0$ :

- برآورد شتاب (رابطه ۱۰)، سرعت (رابطه ۱۱) و جابه‌جایی (رابطه ۱۲) از رابطه‌های تریفوناک و بریدی:

$$\log A_h = -0.014 + 0.3$$

رابطه (۱۰)

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

$$\log V_h = 0.63 + 0.25 I_0$$

رابطه (۱۱)

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

برای بررسی گسل‌ها و محاسبه توان لرزه‌زایی آنها،

ابتدا نقشه گسل‌های منطقه مطالعه شده با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ استان و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد و با تعیین موقعیت دقیق مخروط‌افکنه‌ها نسبت به گسل‌ها، گسل‌های موجود روی مخروط‌افکنه‌ها و نزدیک آنها شناسایی و رقومی شدند. طول آنها اندازه‌گیری و توان لرزه‌ای، شتاب، سرعت و جابه‌جایی گسل‌ها با روش‌های کمی محاسبه شدند.

- بزرگی زلزله

بزرگی زلزله با روش‌های امبرسزو و ملویل (رابطه ۵)،

ولز و اسمیت (رابطه ۶)، زارع (رابطه ۷)، اشجعی

(رابطه ۸) برآورد شد.

$$MS = 1.429 \log L + 4.62$$

رابطه (۵)

$$MS = 5.16 + 1.12 \log L$$

رابطه (۶)

موقعیت مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده نسبت به گسل با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، نرم‌افزار گوگل‌ارث (Google Earth) و عملیات میدانی مشخص و عملیات تعیین حریم روی گسل‌ها بر اساس الگوی بربریان انجام شد. باتوجه‌به اینکه بخشی از مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متری و بخشی در حریم ۳۰۰۰ متری گسل‌ها قرار داشت، مساحت مخروط‌افکنه‌ها در هر یک از حریم‌ها محاسبه شد. به این منظور، ابتدا مساحت هر مخروط‌افکنه و سپس مساحت بخشی از مخروط‌افکنه در حریم ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ متری گسل‌ها به شکل جداگانه محاسبه شد. پس از انجام این عمل برای تمام مخروط‌افکنه‌ها، مجموع مساحت و درصد مساحت مخروط‌افکنه‌ها در هر حریم محاسبه شد. باتوجه‌به کثرت مخروط‌افکنه‌ها، نحوه محاسبه مساحت مخروط‌افکنه شماره ۳۳ در حریم گسل صحنه برای نمونه ذکر شده است (شکل ۴ و جدول ۱).

$$\text{Log Dh} = -0.53 + 0.19 \text{ Io}$$

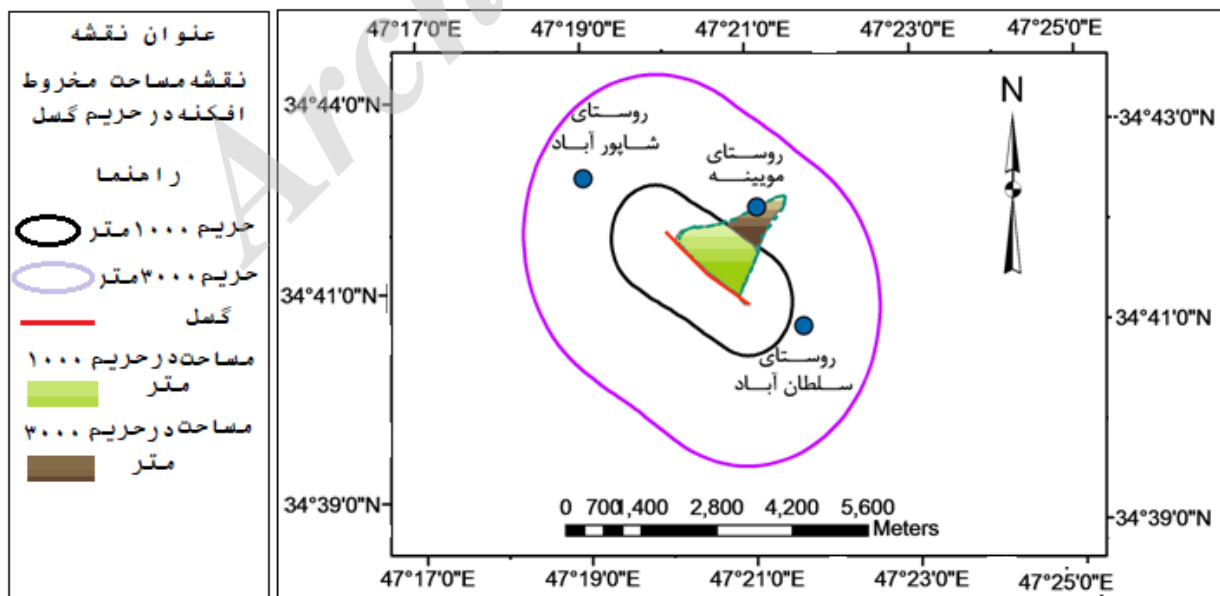
رابطه (۱۲)

$$\text{Log Dv} = -1.13 + 0.24 \text{ Io}$$

از روش تحلیل فضایی بربریان برای تعیین میزان خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها استفاده شد. در این روش، محدوده‌های خطر در چهار ناحیه قرار می‌گیرند:

- فاصله ۱۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه حریم گسل؛
- فاصله ۳۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه ویرانی شدید؛
- فاصله ۷۰۰۰ متری اطراف گسل با عنوان پهنه تکان شدید یا ویرانی گسترده؛
- فاصله ۱۰۰۰۰ متری گسل با عنوان پهنه حرکت تند یا خسارت زیاد.

برای تعیین میزان خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها، ابتدا نقشه گسل‌های منطقه مطالعه‌شده با استفاده از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استان کرمانشاه و نرم‌افزار گوگل‌ارث (Google Earth) تهیه شد. سپس



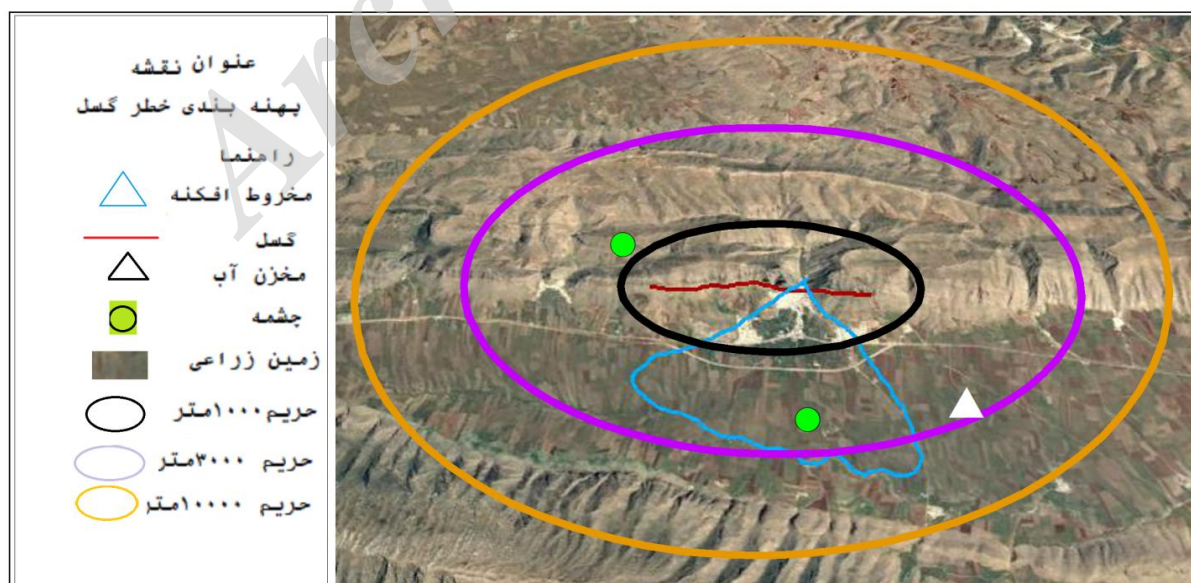
شکل ۴. مساحت مخروط‌افکنه شماره ۳۳ در حریم گسل

جدول ۱. مساحت مخروط‌افکنه شماره ۳۳ در حریم گسل

مخروط‌افکنه	مساحت کل $Km^2$	مساحت در حریم ۱۰۰۰ متر $Km^2$	مساحت در حریم ۳۰۰۰ متر $Km^2$
۳۳	۱/۲۸	۱/۰۶	۰/۲۲
درصد مساحت	۰/۱۰۰	۰/۸۲	۰/۱۸

مخروط‌افکنه‌ها با استفاده از نرم‌افزار گوگل‌ارث (Google Earth) و برداشت با GPS مشخص و مساحت زمین‌های زراعی در هر حریم محاسبه شد. سپس مجموع مساحت و درصد تراکم زمین زراعی در هر حریم مشخص شد. با توجه به زیادی لایه‌های کاربری مطالعه‌شده در پژوهش حاضر، به ذکر نمونه‌ای از مخروط‌افکنه‌های مهم اکتفا شده است که شهر کرندغرب روی آن استقرار یافته است و سایر کاربری‌ها نیز روی آن قرار دارند. گفتنی است کاربری‌های موجود روی تمام مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده با نقشه توپوگرافی و عملیات میدانی نیز بررسی و کنترل شده‌اند و کاربری‌های یادشده در شکل زیر مطابق کاربری‌های موجود در عملیات میدانی هستند (شکل ۵ و جدول ۲).

پس از بررسی وضعیت مخروط‌افکنه‌ها نسبت به گسل، به انطباق کاربری‌های مختلف در سطح مخروط‌افکنه‌ها با حریم‌های موجود روی گسل‌ها پرداخته شد. به این منظور، ابتدا لایه‌های رقوم لازم شامل مناطق مسکونی، زمین‌های زراعی، خطوط ارتباطی و چشمه‌ها با استفاده از نقشه توپوگرافی، مراجعه‌های میدانی و نرم‌افزار گوگل‌ارث (Google Earth) تهیه و هریک از لایه‌ها با لایه حریم‌های موجود روی گسل‌ها منطبق شد. سپس تعداد هریک از کاربری‌ها در هر حریم شمارش شد تا مجموع آن حاصل شود. در نهایت، درصد تراکم هر کاربری در هر حریم محاسبه شد. برای بررسی وضعیت زمین‌های زراعی نسبت به گسل نیز ابتدا محدوده زمین‌های زراعی موجود روی تمام



شکل ۵. پهنه‌بندی خطر گسل روی مخروط‌افکنه شماره ۳۴ و کاربری‌های انسانی موجود بر سطح آن



جدول ۲. تراکم کاربری‌های موجود روی مخروطافکنه شماره ۳۴ در حریم گسل کرد

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

ردیف	کاربری	مساحت کل Km <sup>۲</sup>	مساحت در حریم ۱۰۰۰ متر	مساحت در حریم ۳۰۰۰ متر	درصد کاربری حریم ۱۰۰۰ متر	درصد کاربری حریم ۳۰۰۰ متر
۱	زمین زراعی	۲/۶۹	۰	۲/۶۹	۰	۰/۱۰۰

### یافته‌های پژوهش

باتوجه به اهداف پژوهش حاضر، نتایج مطابق با فلوچارت پژوهش (شکل ۳) در سه بخش شامل بررسی عملکرد تکتونیک بر مخروطافکنه‌ها با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، ارزیابی توان لرزه‌زایی گسل با روش‌های مختلف و پهنه‌بندی خطر گسل بر مخروطافکنه‌ها و کاربری‌های انسانی به شرح زیر است:

**الف- بررسی میزان تأثیر فعالیت تکتونیک بر مخروطافکنه‌ها با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک:**

محاسبه شاخص نسبت عرض دره به ارتفاع آن (Vf) روی مخروطافکنه‌های مطالعه‌شده نشان می‌دهد مقدار شاخص تنها در دو مخروطافکنه ۲۷ و ۲۸ (پهنه زاگرس چین‌خورده) بین ۱ تا ۲ قرار دارد و سایر مخروطافکنه‌ها دارای مقدار شاخص کمتر از ۱ هستند (جدول ۳).

نتایج محاسبه شاخص خمیدگی (B) روی مخروطافکنه‌ها نیز نشان می‌دهند مخروطافکنه‌های ۴، ۹ و ۲۲ (در پهنه زاگرس شکسته) و مخروطافکنه ۳۳ (در پهنه سندانج - سیرجان) کمترین مقدار ضریب خمیدگی و مخروطافکنه‌های ۲۷، ۲۸ و ۳۴ (در پهنه زاگرس چین‌خورده) بیشترین مقدار ضریب را دارند (جدول ۳).

نتایج محاسبه شاخص ضریب مخروط‌گرایی (FCI) روی مخروطافکنه‌های مطالعه‌شده نیز نشان می‌دهند همه مخروطافکنه‌ها دارای مقدار شاخص کمتر از ۱ (بین ۰/۳۰ تا ۰/۹۸) هستند. کمترین مقدار این شاخص در مخروطافکنه ۴ (در پهنه زاگرس شکسته) برابر ۰/۳۰ و نزدیک‌ترین مقدار به مخروط شاخص، ۰/۹۸، در مخروطافکنه‌های ۳۲ و ۳۴ (در پهنه زاگرس چین‌خورده) است (جدول ۳).

نتایج محاسبه شاخص سینوزیته جبهه کوهستان روی مخروطافکنه‌ها نشان می‌دهند تنها دو مخروطافکنه ۲۷ و ۲۸ (در پهنه زاگرس چین‌خورده) مقدار شاخص بیشتر از ۱/۶ دارند و مقدار شاخص در سایر مخروطافکنه‌ها بین ۱ تا ۱/۶ (رده فعال) است (جدول ۳).

نتایج محاسبه شاخص‌ها گویای اینست که:

- تکتونیک (گسل) روی تمام مخروطافکنه‌های مطالعه‌شده اثرگذار است.

- میزان عملکرد تکتونیک در پهنه‌های ساختمانی منطقه متفاوت است و همه شاخص‌های مطالعه‌شده در پهنه زاگرس شکسته کمترین مقدار ضریب و در پهنه زاگرس چین‌خورده بیشترین مقدار ضریب را

دارند. این امر گویای تأثیر بیشتر فعالیت تکتونیک در په‌نه‌ زاگرس شکسته نسبت به په‌نه‌ سنندج - سیرجان نسبت به په‌نه‌ زاگرس چین‌خورده است.

جدول ۳. نتایج محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک روی مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده

مخروط‌افکنه	په‌نه	شاخص VF	شاخص B	شاخص SMF	شاخص FCI
۱	سنندج - سیرجان	۰/۱۲	۴/۵۷	۱/۰۲	۰/۵۱
۲	سنندج - سیرجان	۰/۲۲	۴/۶۷	۱/۱	۰/۷۵
۳	زاگرس شکسته	۰/۳۴	۴/۹	۱/۳	۰/۸۲
۴	زاگرس شکسته	۰/۴۱	۳/۵۱	۱/۳	۰/۳۰
۵	سنندج - سیرجان	۰/۴۴	۴/۸۳	۱/۱	۰/۵۶
۶	زاگرس شکسته	۰/۴۷	۴/۵۰	۱/۱	۰/۳۸
۷	زاگرس شکسته	۰/۴۸	۴/۷۵	۱/۱	۰/۷۰
۸	سنندج - سیرجان	۰/۳۷	۴/۹۱	۱/۳	۰/۵۸
۹	زاگرس شکسته	۰/۶۴	۳/۸۸	۱/۲	۰/۳۷
۱۰	زاگرس شکسته	۰/۵۴	۴/۳۹	۱/۲	۰/۴۵
۱۱	زاگرس شکسته	۰/۵۴	۴/۳	۱/۳	۰/۵۸
۱۲	سنندج - سیرجان	۰/۲۷	۴/۶۸	۱/۱	۰/۷۲
۱۳	سنندج - سیرجان	۰/۳۴	۴/۰۴	۱/۲	۰/۶۸
۱۴	سنندج - سیرجان	۰/۳۳	۴/۸۵	۱/۲	۰/۶۶
۱۵	سنندج - سیرجان	۰/۳۸	۴/۸۸	۱/۳	۰/۶۰
۱۶	سنندج - سیرجان	۰/۲۳	۴/۰	۱/۱	۰/۶۷
۱۷	زاگرس چین‌خورده	۰/۴۱	۴/۴۱	۱/۱	۰/۸۵
۱۸	زاگرس شکسته	۰/۶۴	۴/۸۷	۱/۴	۰/۷۸
۱۹	سنندج - سیرجان	۰/۳۶	۴/۸۹	۱/۲	۰/۸۳
۲۰	سنندج - سیرجان	۰/۳۷	۴/۸۱	۱/۱	۰/۸۰
۲۱	سنندج - سیرجان	۰/۵۱	۴/۰۵	۱/۲	۰/۷۵
۲۲	زاگرس شکسته	۰/۵۴	۳/۶۱	۱/۳	۰/۶۵
۲۳	زاگرس شکسته	۰/۴۵	۴/۷	۱/۲	۰/۸۳
۲۴	زاگرس چین‌خورده	۰/۶۷	۴/۹۳	۱/۰۷	۰/۹۲
۲۵	زاگرس چین‌خورده	۰/۶۴	۴/۹۱	۱/۴	۰/۹۲
۲۶	زاگرس چین‌خورده	۰/۵۰	۴/۶۱	۱/۴	۰/۸۷
۲۷	زاگرس چین‌خورده	۱/۶	۵/۲	۱/۷	۰/۸۰
۲۸	زاگرس چین‌خورده	۱/۵	۵/۱	۱/۷	۰/۸۸
۲۹	زاگرس شکسته	۰/۶۸	۴/۳۷	۱/۲	۰/۴۸
۳۰	زاگرس چین‌خورده	۰/۸۵	۴/۹۷	۱/۴	۰/۹۴
۳۱	زاگرس چین‌خورده	۰/۶۰	۴/۶۲	۱/۱	۰/۶۷
۳۲	زاگرس چین‌خورده	۰/۶۵	۴/۸۱	۱/۲	۰/۹۸
۳۳	سنندج - سیرجان	۰/۶۵	۳/۷۵	۱/۲	۰/۸۳
۳۴	زاگرس چین‌خورده	۰/۵۸	۵/۱	۱/۲۴	۰/۹۸

بزرگی ۷/۴۷ ریشتر و کمترین توان لرزه‌خیزی به گسل شماره ۱۲ با بزرگی ۵/۱ ریشتر تعلق دارد. بررسی شتاب، سرعت و جابه‌جایی نیز در گسل ۱ بیشترین و در گسل ۱۲ کمترین میزان را دارد (جدول ۴).

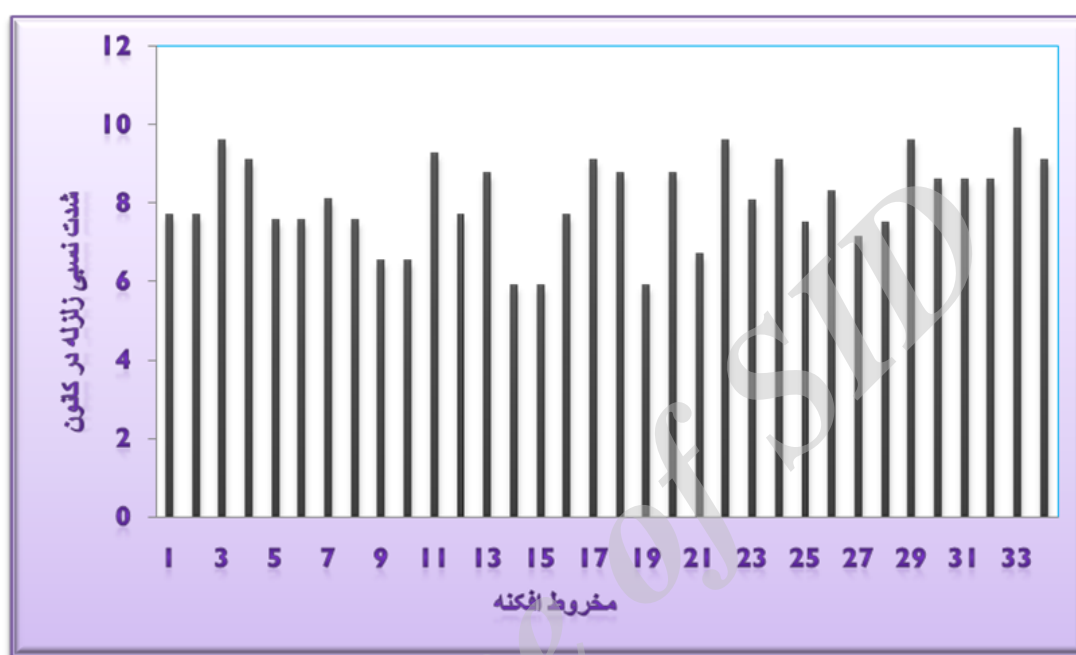
ب- بررسی توان لرزه‌زایی گسل روی مخروط‌افکنه‌ها: محاسبه بزرگی زلزله با استفاده از روش‌های امبرسز و ملویل، ولز و اسمیت، زارع و اشجعی نشان می‌دهد بیشترین توان لرزه‌خیزی به گسل شماره ۱ با

جدول ۴. نتایج محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌های مطالعه‌شده

گسل	طول کیلومتر	بزرگی زلزله با رابطه اشجعی	بزرگی زلزله با رابطه زارع	بزرگی زلزله با رابطه امبرسز	بزرگی زلزله با رابطه اسمیت	میانگین	شدت زلزله بر حسب مرکالی	حد اکثر شتاب افقی و قائم (cm/sec <sup>2</sup> )	حد اکثر جابه‌جایی افقی و قائم (cm)	حد اکثر سرعت افقی و قائم (cm/sec)
۱	۱۰۰	۷/۴	۷/۶	۷/۵	۷/۴	۷/۴۷	۹/۹	۰/۴۴-۰/۴۷	۱/۲۴-۱/۳۵	۱/۶-۳/۱۱
۲	۴۵	۷/۰۵	۶/۹۸	۶/۹۹	۷/۰۱	۷	۹/۱	۰/۴۰-۰/۴۳	۱/۰۵-۱/۱۹	۱/۴۴-۲/۹
۳	۳۰	۶/۹	۶/۶	۶/۷	۶/۸	۶/۷	۸/۶	۰/۳۸-۰/۴۱	۰/۹۳-۱/۱۰	۱/۳۰-۲/۸
۴	۵۰	۷/۰۹	۷/۰۶	۷/۰۵	۷/۰۶	۷/۰۶	۹/۱	۰/۴۰-۰/۴۳	۱/۰۵-۱/۱۹	۱/۴۴-۲/۹
۵	۷۰	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۹/۶۱	۰/۴۳-۰/۴۶	۱/۱۷-۱/۲۹	۱/۵۹-۳
۶	۱۷	۶/۶	۶/۱	۶/۴	۶/۵	۶/۴	۸/۰۸	۰/۳۵-۰/۳۸	۰/۸۰-۱	۱/۱۶-۲/۶۵
۷	۲۱	۶/۷	۶/۳	۶/۵	۶/۶	۶/۵	۸/۳	۰/۳۶-۰/۳۹	۰/۸۶-۱/۰۴	۱/۲۲-۲/۷۰
۸	۳۴	۶/۹	۶/۷	۶/۸	۶/۸	۶/۸	۸/۷۶	۰/۳۸-۰/۴۱	۰/۹۷-۱/۱۳	۱/۳۵-۲/۸۲
۹	۷۴	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۷/۳	۹/۶	۰/۴۳-۰/۴۶	۱/۱۷-۱/۲۹	۱/۵۹-۳
۱۰	۵	۶	۵/۲	۵/۶	۵/۹	۵/۷	۶/۹	۰/۲۶-۰/۳۰	۰/۴۸-۰/۷۴	۰/۷۸-۲/۳۱
۱۱	۱۲	۶/۵	۵/۹	۶/۲	۶/۴	۶/۲	۷/۷	۰/۳۶-۰/۳۹	۰/۸۶-۱/۰۴	۱/۲۲-۲/۷
۱۲	۲	۵/۷	۴/۳	۵/۵	۵/۵	۵/۱	۵/۹	۰/۲۰-۰/۲۴	۰/۲۸-۰/۵۹	۰/۵۵-۲/۱۰
۱۳	۴	۶	۵	۵/۵	۵/۸	۵/۶	۶/۷	۰/۲۶-۰/۳۰	۰/۵۰-۰/۷۴	۰/۷۷-۲/۳۰
۱۴	۱۰/۳	۶/۴	۵/۸	۶/۰۷	۶/۳	۶/۱	۷/۵	۰/۳۲-۰/۳۵	۰/۶۸-۰/۹۰	۱/۰۱-۲/۵۳
۱۵	۳/۸	۶	۴/۹	۵/۴	۵/۸	۵/۵	۶/۵	۰/۲۸-۰/۲۹	۰/۴۴-۰/۷۰	۰/۷۳-۲/۲۱
۱۶	۳۴	۶/۹	۶/۷	۶/۸	۶/۹	۶/۸	۸/۷	۰/۳۸-۰/۴۱	۰/۹۷-۱/۱۳	۱/۳۵-۲/۸۲
۱۷	۸/۷	۶/۴	۵/۶	۶	۶/۴	۶/۱	۷/۵	۰/۳۲-۰/۳۵	۰/۶۸-۰/۹۰	۱/۰۱-۲/۵۳
۱۸	۱۶/۴	۶/۶	۶/۲	۶/۳	۶/۵	۶/۴	۸	۰/۳۵-۰/۳۸	۰/۸۰-۱	۱/۱۶-۲/۶۵
۱۹	۷/۲	۶/۲	۵/۴	۵/۸	۶/۱	۵/۸۷	۷/۲	۰/۲۹-۰/۳۳	۰/۵۶-۰/۸۱	۰/۹۰-۲/۴
۲۰	۶/۹	۶/۲	۵/۳	۵/۸	۶	۵/۸۴	۷/۱	۰/۲۹-۰/۳۲	۰/۵۶-۰/۸۱	۰/۸۷-۲/۳۹
۲۱	۱۰/۱	۶/۴	۵/۷	۶/۰۶	۶/۱	۶/۰۶	۷/۵	۰/۳۱-۰/۳۴	۰/۶۶-۰/۸۹	۰/۹۹-۲/۵
۲۲	۱۰/۳	۶/۴	۵/۷	۶/۰۷	۶/۳	۶/۱	۷/۶	۰/۳۲-۰/۳۵	۰/۶۸-۰/۹۰	۱/۴۹-۲/۹۵
۲۳	۵۸	۷/۱	۷/۱	۷/۱	۷/۱	۷/۱	۹/۳	۰/۴۱-۰/۴۴	۱/۰۹-۱/۲۳	۵/۱-۹/۲
۲۴	۶۳	۷/۲	۷/۲	۷/۲	۷/۲	۷/۲	۹/۴	۰/۴۲-۰/۴۵	۱/۱۳-۱/۲۶	۱/۵۴-۲/۹۹
۲۵	۱۸	۶/۶	۶/۲	۶/۴	۶/۶	۶/۴	۸/۱	۰/۳۵-۰/۳۸	۰/۸۱-۱	۱/۱۶-۲/۶۵

- مخروط‌افکنه‌های ۳، ۴، ۱۱، ۱۷، ۲۲، ۲۴، ۲۹، ۳۳ و ۳۴ روی گسل‌های دارای بیشترین شدت نسبی زلزله (بیشتر از ۹ مرکالی) قرار دارند (شکل ۶).

نتایج بررسی شدت زلزله در کانون آن نیز نشان می‌دهند:  
- گسل‌های ۱، ۲، ۵، ۹، ۲۳ و ۲۴ شدت نسبی زلزله بیشتر از ۹ مرکالی دارند.



شکل ۶. نمودار شدت نسبی زلزله گسل‌های مطالعه‌شده و تأثیر آن بر مخروط‌افکنه‌ها

- مناطق مسکونی: ۵۴ درصد در حریم ۱۰۰۰ متری و ۴۶ درصد در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارند.  
- زمین‌های زراعی: ۵۲ درصد در حریم ۱۰۰۰ متری و ۴۸ درصد در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارند.  
- چشمه: ۵۹ درصد در حریم ۱۰۰۰ متری و ۴۱ درصد در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارند.  
- خطوط ارتباطی: ۴۶ درصد در حریم ۱۰۰۰ متری و ۵۴ درصد در حریم ۳۰۰۰ متری گسل قرار دارند (جدول‌های ۶ و ۷).

ج: تعیین محدوده خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها:  
مساحت کل مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده ۳۲/۶۶ کیلومترمربع است. ۱۷/۸۵ کیلومترمربع از مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متری و ۱۴/۸۱ کیلومترمربع در حریم ۳۰۰۰ متری گسل‌ها قرار دارد. به عبارتی، ۵۴ درصد مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متری گسل و ۴۶ درصد در حریم ۳۰۰۰ متری قرار دارد (جدول ۵).  
نتایج حاصل از پهنه‌بندی محدوده خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها به روش بربریان و انطباق آن با کاربری‌های مختلف گویای اینست که:

## جدول ۵. نتایج محاسبه مساحت مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده در حریم گسل

مساحت کل مخروط‌افکنه‌ها (Km <sup>2</sup> )	مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۱۰۰۰ متر (Km <sup>2</sup> )	مساحت مخروط‌افکنه‌ها در حریم ۳۰۰۰ متر (Km <sup>2</sup> )
۳۲/۶۶	۱۷/۸۵	۱۴/۸۱

## جدول ۶. نتایج محاسبه مساحت زمین زراعی در حریم گسل

مساحت کل زمین‌های زراعی (Km <sup>2</sup> )	مساحت زمین‌های زراعی در حریم ۱۰۰۰ متر (Km <sup>2</sup> )	مساحت زمین‌های زراعی در حریم ۳۰۰۰ متر (Km <sup>2</sup> )
۲۵/۰۱	۱۳/۰۸	۱۱/۹۲

## جدول ۷. نتایج پهنه‌بندی خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها و کاربری‌های انسانی

ردیف	کاربری	تعداد	حریم ۱۰۰۰ متر	حریم ۳۰۰۰ متر
۱	مناطق مسکونی	۴۱	۲۲	۱۹
۲	زمین زراعی	-	-	-
۳	خطوط ارتباطی	۲۲	۱۰	۱۲
۴	چشمه	۱۷	۱۰	۷

## بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی پژوهش حاضر، شناسایی مخروط‌افکنه‌های متأثر از تکنونیک در پهنه‌های ساختمانی متفاوت از یک‌سو و محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌های موجود در سطح و مجاورت مخروط‌افکنه‌ها از سوی دیگر و پهنه‌بندی خطرگسل روی مخروط‌افکنه‌ها و کاربری‌های مستقر روی این اشکال ژئومورفیک است. در پژوهش حاضر تلاش شد با شاخص‌های ژئومورفیک، میزان فعالیت تکنونیک (گسل) در هر پهنه مشخص شود. از بررسی مقادیر حاصل برای هر شاخص در پهنه‌های ساختمانی مختلف مشخص شد نقش فعالیت تکنونیک در پهنه زاگرس شکسته بیشتر از پهنه سنندج - سیرجان و در پهنه سنندج - سیرجان بیشتر از پهنه زاگرس چین‌خورده است. دلیل تأثیر بیشتر فعالیت تکنونیک روی مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده در پهنه سنندج -

سیرجان نسبت به پهنه زاگرس چین‌خورده شاید نزدیک‌بودن مخروط‌افکنه‌های مطالعه‌شده در پهنه سنندج - سیرجان به گسل بزرگ صحنه باشد. قرارگیری منطقه مطالعه‌شده در محدوده گسل بزرگ زاگرس و فعالیت حال حاضر آن موجب ایجاد گسل‌های متعددی در منطقه شده است که بسیاری از آنها روی مخروط‌افکنه‌ها یا در مجاورت آنها قرار دارند. نتایج محاسبه توان لرزه‌زایی گسل‌ها نیز نشان می‌دهند از ۲۵ گسل مطالعه‌شده، ۱۹ گسل توان لرزه‌زایی بیش از ۶ ریشتر دارند. توان لرزه‌زایی گسل با طول و میزان جابه‌جایی آن ارتباط دارد، به این معنا که امکان فعالیت گسل‌های طویل بیشتر و فعالیت آنها با رهایی انرژی و جابه‌جایی بسیار زیاد همراه است و در نتیجه، باعث رخ‌دادن زمین‌لرزه بزرگ و ویرانگری می‌شود؛ برای نمونه، گسل‌های صحنه، بیستون و کرند به‌ترتیب با طول ۱۰۰، ۷۰ و ۴۵ کیلومتر از مهم‌ترین

بیشتر مناطق فعال تکتونیک رخ می‌دهند و خسارت‌های فراوانی به جوامع انسانی وارد می‌کنند؛ از این رو، بررسی و محاسبه میزان لرزه‌خیزی گسل‌ها و آثار آنها روی مخروط‌افکنه‌ها لازم و ضروری است. نتایج بررسی وضعیت فعالیت تکتونیک (گسل) در سطح مخروط‌افکنه‌ها گویای فعال بودن آنها و همچنین توان لرزه‌ای زیاد گسل‌ها گویای مخاطره‌آمیز بودن فعالیت گسل‌ها در سطح مخروط‌افکنه‌های منطقه است. باتوجه به اینکه مخروط‌افکنه‌های مطالعه شده، مخروط‌افکنه‌های شاخص در پهنه‌های ساختمانی استان کرمانشاه هستند، امکان تعمیم نتایج بررسی آنها به کل استان وجود دارد و بنابراین هر فعالیتی در سطح مخروط‌افکنه‌های منطقه (ساخت سکونتگاه، خطوط ارتباطی، پروژه‌های عمرانی و ...) نیازمند تمهیدات و ملاحظه‌های ویژه‌ای است تا خسارت‌های هنگام بهره‌برداری از آن به حداقل برسند.

#### منابع

رامشت، محمدحسین؛ سیف، عبدالله؛ شاه‌زیدی، سمیه سادات؛ مژگان انتظاری، (۱۳۸۸). تأثیر تکتونیک جنبا بر مورفولوژی مخروط‌افکنه درختنگان در منطقه شهداد کرمان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص ۲۹-۴۶.

روستایی، شهرام؛ زمردیان، محمدجعفر؛ رجبی، معصومه؛ غلامرضا مقامی مقیم، (۱۳۸۸). نقش فعالیت‌های تکتونیک در شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه‌های دامنه جنوبی ال‌داغ، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۳، صص ۱۵۶-۱۳۷.

رجبی، معصومه و کامیلا آقاجانی، (۱۳۸۹). بررسی

گسل‌های منطقه هستند که با داشتن بیشترین توان لرزه‌ای و شدت زلزله، شهرهای مهمی از جمله کرمانشاه، روانسر، صحنه، کرندغرب و تعداد بسیاری روستا در منطقه مطالعه شده را با جمعیت درخور توجهی در معرض تهدید و ویرانی شدید قرار می‌دهند (شکل ۶). نتایج بررسی وضعیت مخروط‌افکنه‌ها نسبت به گسل نشان می‌دهند ۵۴ درصد مساحت مخروط‌افکنه‌ها در محدوده ۱۰۰۰ متری گسل (پهنه حریم گسل) و ۴۶ درصد در محدوده ۳۰۰۰ متری گسل (پهنه ویرانی شدید) قرار دارند. همچنین پهنه‌بندی خطر گسل روی مخروط‌افکنه‌ها و کاربری‌های مستقر روی آنها مبین آنست که بیشتر کاربری‌های انسانی اعم از مناطق مسکونی، زمین‌های زراعی، خطوط ارتباطی، چشمه و... در محدوده ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متری گسل واقع شده‌اند. باتوجه به مبانی نظری الگو، این ناحیه (محدوده ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متری گسل‌ها)، پهنه با ویرانی شدید است؛ برای نمونه، پهنه‌بندی خطر گسل روی مخروط‌افکنه شماره ۳۴ نشان می‌دهد شهر کرندغرب و خطوط ارتباطی (جاده) در حریم ۱۰۰۰ متری گسل (پهنه حریم گسل) و کاربری‌های دیگر از جمله خطوط تلفن، مخزن آب، چشمه و زمین زراعی در حریم ۳۰۰۰ متری گسل (پهنه ویرانی شدید) قرار دارند (شکل ۵). مخروط‌افکنه‌ها به علت شرایط مساعد طبیعی خود مانند خاک حاصلخیز، فراوانی نسبی آب و اقلیم مناسب، از دیرباز بستر فعالیت‌های متنوع بشری و متأثر از فرایندهای مختلف به ویژه فعالیت‌های زمین‌لرزه‌ای بوده‌اند که عوامل تهدیدکننده اشکال مختلف فعالیت‌های انسانی به شمار می‌آیند. زمین‌لرزه‌ها از جمله مخاطرات محیطی هستند که در

تحول مخروط‌افکنه‌های دامنه تاق‌دیس قلاجه،  
مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۱۲، صص  
۹۹-۱۲۴.

مقصودی، مهران، (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر در  
تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها (مطالعه  
موردی: مخروط‌افکنه جاجرود)، فصلنامه پژوهش  
جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۷۳-۹۲.

مختاری کشکی، داود و مقصود خیام، (۱۳۸۲).  
ارزیابی عملکرد فعالیت تکتونیکی بر اساس  
مرفولوژی مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی  
میشوداغ، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره  
۴۴، صص ۱-۱۰.

Abrams, M.J and Chadwick, O.H. (1994),  
Tectonic and climatic implications of  
alluvial fan sequences along the Batinah  
coast, Oman. Journal of the Geological  
Society, 151: 51-58.

Bull, W.B. (1977), The Alluvial- fan  
environment. Pro- gress in physical  
geography, 1: 222-270.

Calvache, M.L., Viseras, C. and Ferná ndez, J.,  
(1997), Controls on fan development-  
evidence from fan morpho- metry and  
sedimentology, Sierra Nevada, SE Spain.  
Geo- morphology, 21: 69-84.

Goswami, P.K., Pant C.C. and Pandey, S.,  
(2009), Tectonic controls on the  
geomorphic evolution of alluvial fans in the  
Piedmont Zone of Ganga Plain,  
Uttarakhand, India. Journal of Earth System  
Science, 118(3): 245-259.

Hollingsworth, J., J. Jackson, R. Walker and H.  
Nazari (2008), Extrusion tectonics and  
subduction in the Eastern South Caspian  
Region since 10Ma. Geology, 36(10): 763-  
766.

Kumar, R., Suresh, N., Sangode, S.J. and  
Kumarave l, V. (2007), Evolution of the  
Quaternary alluvial fan system in the

گسل‌ها، توان لرزه‌زایی و خطر زمین‌لرزه در  
مخروط‌افکنه‌های شمال‌شرق دریاچه ارومیه،  
فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۷،  
صص ۱-۱۴.

شایان، سیاوش و غلامرضا زارع، (۱۳۹۲). تعیین  
محدوده خطر زمین‌لرزه در مخروط‌افکنه‌های فعال  
با روش تحلیل فضایی بربریان (مطالعه موردی:  
مخروط‌افکنه گرمسار)، مدرس علوم انسانی-  
برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۷، شماره ۲،  
پیاپی ۸۰، صص ۹۳-۱۲۰.

عابدینی، موسی و عبدالحمید رجایی، (۱۳۸۵). بررسی  
نقش عوامل مؤثر در گسترش و تکامل  
مخروط‌افکنه‌های ارتفاعات دره دیز- دیوان داغی  
با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های جدید،  
فصلنامه پژوهش جغرافیایی، شماره ۵۵، صص  
۷۳-۸۹.

فتاحی، مرتضی؛ رستمی مهربان، سمیه؛ طالبیان،  
مرتضی؛ بحرودی، عباس؛ هالینکورت، جیمز؛  
ریچارد والکر، (۱۳۹۰). بررسی فعالیت گسل  
نیشابور در استان خراسان، فصلنامه علوم زمین،  
شماره ۷۹، صص ۵۵-۶۰.

کریمی، مصطفی و ابوالقاسم گورابی، (۱۳۹۱). بررسی  
تأثیر تکتونیک فعال و تغییرات اقلیمی در تحول  
مخروط‌افکنه مروست، ایران مرکزی، نشریه  
تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال  
دوازدهم، شماره ۲۷، صص ۷-۳۰.

مقصودی، مهران؛ باقری، سجاد؛ مسعود مینایی،  
(۱۳۸۸). بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و

- Geomorphology, sedimentology, dynamics, A. M. Harvey, A. E. Mather and M. Stokes (eds.), Geological Society Special Publications 251, London, 133-152.
- Robustelli, G., Muto, F., Scarciglia, F., Spina, V. and Critelli, S. (2005), Eustatic and tectonic control on Late Quaternary alluvial fans along the Tyrrhenian Sea coast of Calabria (South Italy). *Quaternary Science Reviews*, 24: 2101-2119.
- Sorriso-Valvo, M., Antronico, L. and Le Pera, E. (1998), Controls on modern fan morphology in Calabria, Southern Italy. *Geomorphology*, 24: 169-187.
- Viseras, C. and Fernandez, J., (1994), Channel migration patterns and related sequences in some alluvial fan systems. *Sedimentary Geology*, 88: 201-217.
- Himalayan foreland basin: Implications for tectonic and climatic decoupling. *Quaternary International*, 159: 6-20.
- Li, Y.L., Yang, J.C., Tan, L. and Duan, F., (1999), Impact of tectonics on alluvial landforms in the Hexi Corridor, Northwest China. *Geomorphology*, 28: 299-308.
- Malik, J.N., Sohoni, P.S., Merh, S.S., and Karanth, R.V., (2001), Active tectonic control on alluvial fan architecture along Kachh mainland Hill Range, Western India. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.* 45(1): 81-100.
- Pope, R. J. J. and Wilkinson, K. N. (2005), Reconciling the roles of climate and tectonics in Late Quaternary fan development on the Spartan piedmont, Greece. In: *Alluvial fans:*

Archive of SID