

## برآورد تکتونیک فعال نسبی مخروط‌افکنه‌های دامنه شرقی زیرکوه، شرق ایران

مسعود حیدری آفاگل<sup>۱\*</sup>، محمدمهدی خطیب<sup>۱</sup>، سید مرتضی موسوی<sup>۱</sup> و رضوانه حمیدی<sup>۱</sup>

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بیرجند، بیرجند

نویسنده مسئول: heydarimasoud8@gmail.com

دریافت: ۹۴/۳/۳ پذیرش: ۹۴/۶/۳۱

## چکیده

حوضه زیرکوه در بخش شمالی زمین‌درز سیستان در خاور ایران قرار دارد. در بخش خاوری این حوضه گسل اردکول رخنمون دارد که از شش قطعه اصلی (کریزان ۲۸، بهن‌آباد ۸.۸، آبیژ ۳۲، گازکون ۲۰، معین‌آباد ۳۰.۴، قال ماران ۱۲ (کیلومتر)) و دو قطعه فرعی تشکیل شده است. حوضه زیرکوه در بخش شمالی گسل اردکول قرار دارد. بررسی شاخص‌های مورفولوژی بر روی ۲۰ مخروط‌افکنه و ۳۳ حوضه آبریز که از آن جمله می‌توان به: ۱- شاخص‌های در ارتباط با حوضه آبریز مانند شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) (کریزان: ۰/۴، بهن‌آباد: ۰/۵ و آبیژ: ۰/۴۵)، عدم تقارن حوضه زهکشی (AF) (کریزان: ۱۱/۲۷، بهن‌آباد: ۱۰/۶ و آبیژ: ۱۴/۶۳)، شاخص شکل حوضه (Bs) (کریزان: ۳/۹۸، بهن‌آباد: ۴/۸ و آبیژ: ۵/۲۵)، تراکم سطحی آبراهه‌ها (P)، عامل شکل حوضه، فرم حوضه، ضریب فشردگی و نسبت کشیدگی. ۲- شاخص‌های در ارتباط با مخروط‌افکنه‌های منطقه مورد مطالعه از جمله خمیدگی مخروط‌افکنه‌ها ( $\beta$ ) (کریزان: ۱۵/۹۳، بهن‌آباد: ۱۴/۶ و آبیژ: ۱۴/۷)؛ ضریب مخروط‌گرایی (کریزان: ۰/۸۴، بهن‌آباد: ۰/۹ و آبیژ: ۰/۸) و تغییرات ارتفاعی (قطعات گسلی کریزان، بهن‌آباد و آبیژ به ترتیب ۱۱۹۳/۵، ۱۲۰۵/۷۵ و ۱۲۱۴/۶ متر) و نیمرخ‌های طولی مخروط‌افکنه‌ها. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از بررسی شاخص‌ها، منطقه در کلاس ۱ فعالیت تکتونیکی (فعالیت بالای تکتونیکی) قرار می‌گیرد. به‌طورکلی نتایج حاصله نشان داد اگرچه در مقادیر به‌دست‌آمده تفاوت‌هایی است اما به‌طورکلی از سمت شمال (قطعه کریزان) به سمت جنوب (قطعه آبیژ) میزان فعالیت تکتونیکی افزایش یافته (شاخص ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی (Iat) برای سه قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیژ به ترتیب ۱/۴، ۱/۳ و ۱/۱). با توجه به نمودار ارتفاعی و نیمرخ‌های طولی مخروط‌افکنه‌ها، نرخ فعالیت قطعات گسل اردکول با هم متفاوت و این میزان از بخش میانی هر قطعه به سمت حاشیه آن کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: زیرکوه، شاخص مورفومتری، شاخص  $\beta$ ، گسل اردکول، مخروط‌افکنه

## ۱- مقدمه

بخش جنوبی در حال افزایش است. هم‌چنین برآورد نرخ گشتاور لرزه‌ای، زمین‌شناسی و ژئودتیک گسل اردکول نشان‌دهنده‌ی کاهش نرخ گشتاور به سمت بخش‌های جنوبی است این بدان معنا است از سمت بخش شمالی به جنوبی میزان انرژی آزاد شده صرف کاهش و بر روی قطعات جنوبی بارگذاری می‌شود. این بارگذاری سبب افزایش دگرشکلی (فعالیت نوزمین‌ساختی) در بخش‌های جنوبی می‌شود [۳].

حوضه زیرکوه در بخش شمالی زمین‌درز سیستان در خاور ایران قرار دارد. در بخش خاوری این حوضه گسل اردکول رخنمون دارد که از شش قطعه اصلی (کریزان ۲۸، بهن‌آباد ۸/۸، آبیژ ۳۲، گازکون ۲۰، معین‌آباد ۳۰/۴، قال ماران ۱۲ (کیلومتر)) و دو قطعه فرعی (اولنگ مرغ ۱۲/۸ و سه پستان ۹/۶ (کیلومتر)) تشکیل شده است [۵]. حوضه زیرکوه در بخش شمالی گسل اردکول قرار دارد (شکل ۱). بروز زمین‌لرزه سال ۱۳۷۶ با چهار کانون لرزه‌ای (مه‌اجرت کانون از شمال به جنوب) بر روی گسل اردکول نشان از فعالیت بالای این گسل دارد و از آنجاکه که این کانون‌های سطحی بر روی چهار قطعه مختلف قرار داشتند نشان از فعالیت جداگانه این قطعات دارد [۵]. بررسی فرکتال لرزه‌ای، شکستگی و آبراهه بر روی گسل اردکول و نشان داد، نرخ فعالیت گسل اردکول از بخش شمالی به سمت

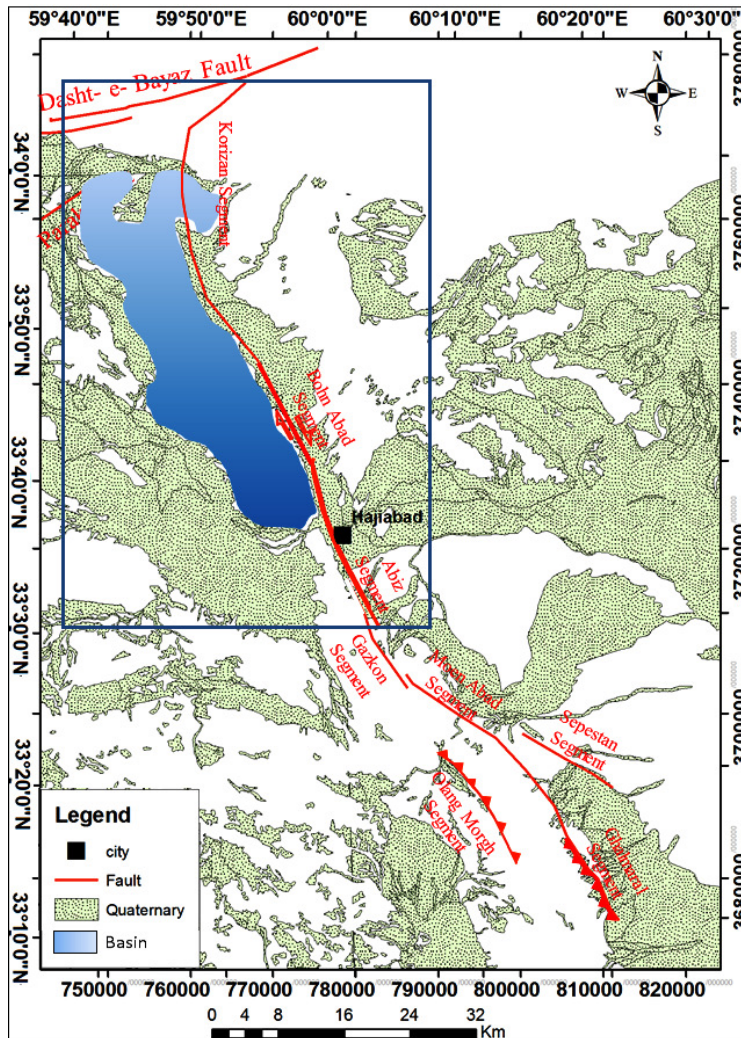
## ۲- موقعیت زمین‌شناسی و زمین‌ساختی منطقه

## مورد مطالعه

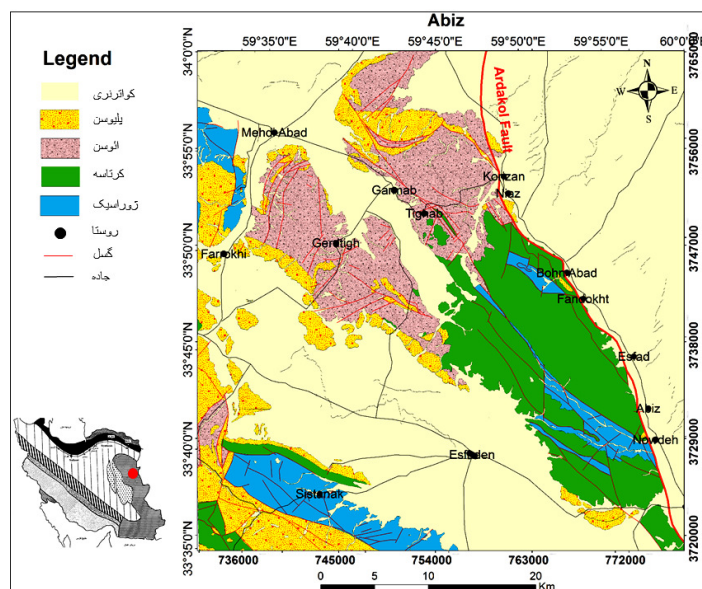
زون ساختاری سیستان که شرقی‌ترین زون ساختاری ایران محسوب می‌شود، طبق تقسیم‌بندی زمین‌ساختی-رسوبی که توسط [۳۳] ارائه شده این منطقه به نام پهنه

گسل اردکول در بخش شمالی زون ساختاری سیستان در خاور ایران قرار دارد و موقعیت زمین‌شناسی آن بین  $59^{\circ}45'$  تا  $60^{\circ}00'$  طول شرقی و  $33^{\circ}30'$  تا  $34^{\circ}00'$  طول شمالی قرار دارد. بررسی‌های کلی صورت گرفته بر روی گسل اردکول حاکی از تغییر نرخ فعالیت در قطعات آن و افزایش میزان فعالیت از سمت شمال به سمت جنوب است [۵]. در این مطالعه، برآورد تکتونیک فعال نسبی مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های دامنه شرقی زیرکوه بر اساس شاخص‌های نوزمین‌ساختی مورد ارزیابی قرار گرفت.

زمین‌درز سیستان معرفی گردید. ایالت ساختاری سیستان در شرق ایران دارای روند شمال-جنوبی است که نشان از زمین‌درز برخوردی قطعه لوت و افغان است سیستم گسلی نهپندان در مرز بین این ایالت ساختاری و پهنه لوت موجب دگرشکلی واحدهای سنگی در حاشیه و درون ایالت ساختاری سیستان شده است. بخش بالایی نهپندان دارای یک چرخش به سمت شمال باختر است که این سبب چرخش پادساعت‌گرد بلوک لوت شده است که این امر سبب دگرشکلی زیادی در منطقه شده است [۳۳]. لیتولوژی منطقه مورد مطالعه بیشتر از واحدهای کواترنری (مناطق دشت) و آهک‌های کرتاسه بالایی و ژوراسیک بالایی (ارتفاعات زیرکوه) و ماسه‌سنگ قرمز ائوسن (بخش شمالی حوضه) تشکیل شده است [۱] (شکل ۲).



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی گسل اردکول



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

تکتونیک کنترل می‌شود. ویژگی مورفولوژیکی سطح مخروط‌افکنه‌ها می‌تواند، به‌عنوان شاهد فعالیت‌های تکتونیک به شمار روند [۱۷]. قطع‌شدگی، جابه‌جایی و بالاآمدگی در این ساختارها توسط گسل‌ها نشان‌دهنده فعال بودن منطقه از نظر تکتونیک است [۱۲]. تشکیل مخروط در مجاورت کوهستان نشان‌دهنده فعالیت تکتونیک منطقه است و ته‌نشست و تشکیل مخروط‌افکنه‌ها در فاصله بیش‌تری از جبهه کوهستان نشان از عدم فعالیت تکتونیک منطقه دارد [۲۸ و ۲۷].

#### ۴- روش کار

هدف این مطالعه بررسی مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز دامنه شرقی زیرکوه که در مجاورت قطعات شمالی گسل اردکول هستند به‌منظور بررسی فعالیت تکتونیک بر اساس شاخص‌های مورفولوژی است. بدین منظور ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی تعداد ۲۰ مخروط‌افکنه و ۳۳ حوضه آبریز که در ارتباط با کوه زیرکوه و گسل اردکول بود، مشخص گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis 9.3 رقومی گردید. داده‌های کمی مثل شیب، مساحت، ارتفاع متوسط، نیم‌رخ طولی و عرضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدید میدانی تهیه گردید. در نهایت داده‌های به دست آمده با روش‌های کمی و توصیفی، مقایسه و سپس تجزیه و تحلیل شدند و میزان تأثیرگذاری

#### ۳- مخروط‌افکنه

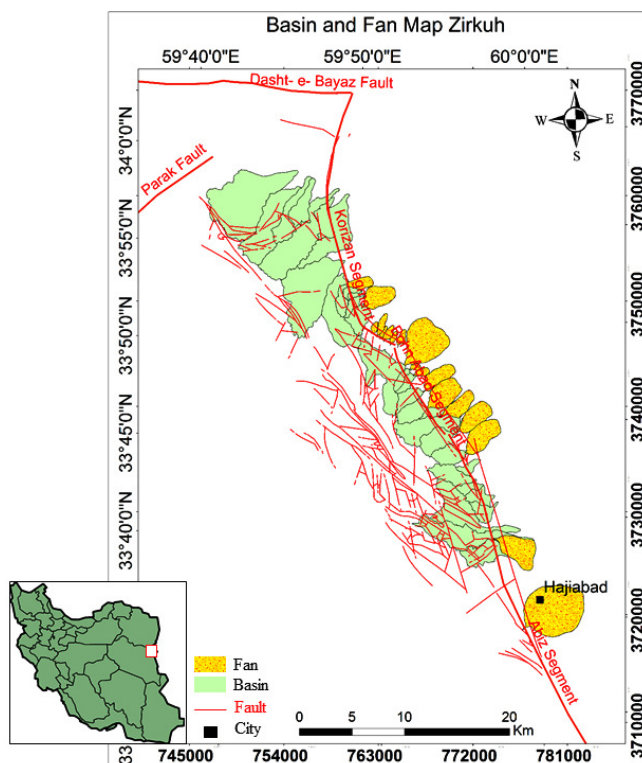
پیشانی کوهستان در مناطق خشک و نیمه‌خشک همواره با توسعه و گسترش مخروط‌افکنه‌ها مشخص می‌شود [۲۴ و ۱۴]. زمانی که جریان رودخانه از منطقه‌ی پرشیب کوهستانی خارج و به دشت به‌شدت کم‌شیب وارد می‌شود، نیروی حمل آن کاسته شده و رسوب‌گذاری صورت می‌گیرد، بدین ترتیب مخروط‌افکنه‌ها شکل می‌گیرند. مخروط‌افکنه‌ها تحت تأثیر متغیرهای مختلفی قرار گرفته و تغییر می‌کنند. حداقل پنج عامل اصلی فرآیندهای مخروط‌افکنه‌ای را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۴]. این عوامل عبارتند از: سنگ‌شناسی حوضه آبریز، شکل حوضه، شرایط محیط‌های مجاور مخروط‌افکنه‌ها، اقلیم و فعالیت‌های تکتونیک. در این میان فعالیت‌های تکتونیک نقش بسیار بارزی در تغییر مخروط‌افکنه‌ها دارند و در واقع اثر شرایط دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بدون وجود فعالیت تکتونیک دائمی، مخروط‌افکنه‌ها به اشکال کوچک و با عمر کوتاه تبدیل می‌شوند [۳۱]، بالاآمدگی بخش کوهستان، سبب فراهمی مواد رسوبی جدید به سطح مخروط‌افکنه‌ها می‌شود [۱۳]. متغیرهای تکتونیک، بافت و موقعیت مخروط‌افکنه‌ها را متأثر می‌سازند [۲۴ و ۱۸]. جابه‌جایی‌های راستا لغز در محل تشکیل مخروط‌افکنه‌ها، موجب جابه‌جایی مخروط‌افکنه‌ها و جریان‌های سطحی آن‌ها می‌شود. شیب سطح مخروط‌افکنه‌ها نیز تا حد زیادی به‌وسیله‌ی

تکتونیک فعال در متغیرهای مورد بررسی تعیین شده است.

#### ۵- بحث

گسل اردکول معرف یک گسل کوتاه‌تری است. بر اساس مطالعات انجام شده، این گسل یک گسل امتدادلغز با مؤلفه‌ی راست‌گرد است که با شیب  $88^\circ$  به سمت باختر است. طول این گسل در حدود ۱۲۵ کیلومتر و دارای امتداد NNW- EES است. که منطقه مورد مطالعه در بخش شمالی گسل اردکول و شامل سه قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیز است.

به دلیل اینکه با مطالعه شاخص‌های مورفولوژی می‌توان فعالیت‌های جوان تکتونیک منطقه را به صورت نسبی مشخص کرد در نتیجه می‌تواند به‌عنوان یکی از روش‌ها جهت بررسی میزان فعالیت‌های نسبی گسل‌های پویا و تکتونیک منطقه به شمار رود. به‌منظور ارزیابی کمی حوضه‌ای آبریز از شاخص‌های شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)، شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)، شکل حوضه (Bs)، شاخص تراکم سطحی آبراهه‌ها (P)، عامل شکل حوضه، فرم حوضه، ضریب کشیدگی و نسبت کشیدگی و از شاخص‌های خمیدگی مخروط‌افکنه‌ها ( $\beta$ )، ضریب مخروط‌گرایی و نیمرخ‌های طولی جهت بررسی مخروط‌افکنه‌ها استفاده شد.



شکل ۳. نقشه مخروط‌افکنه‌ها، حوضه‌ها و گسل‌ها منطقه مورد مطالعه

#### ۵-۱- شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T)

مقدار T برداری با جهت‌گیری خاص و با مقادیری از صفر تا یک می‌باشد هر چه این اندیس به عدد یک نزدیک‌تر شود نشان‌دهنده‌ی فعالیت مورفودینامیکی و فرسایش منطقه است. نحوه محاسبه این شاخص به صورت زیر است (شکل ۴) [۲۱ و ۲۶].

در حوضه‌های کاملاً متقارن مقدار عددی شاخص T صفر می‌باشد و با کاهش تقارن حوضه، مقادیر عددی T

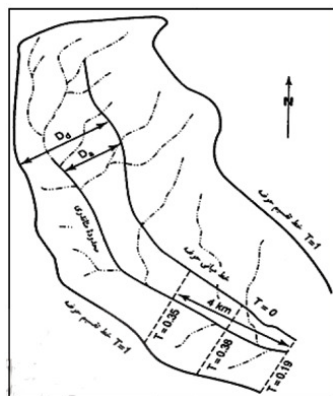
افزایش یافته و به عدد یک نزدیک می‌شود [۲۶] (جدول ۱).

#### ۵-۲- شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)

طول آبراهه و زهکشی‌های فرعی در دو سوی آبراهه اصلی نیز می‌تواند برای ارزیابی میزان بالآمدگی<sup>۱</sup> فعال مورد استفاده قرار گیرند. در مناطق دارای بالآمدگی فعال

<sup>۱</sup> uplift

چپ آبراهه اصلی است) که نشان‌دهنده کج‌شدگی حوضه زهکشی می‌باشد [۲۶]. با توجه به داده‌های به‌دست آمده و رسم نمودار مربوط به آن می‌تواند دریافت که این مقادیر در قطعه آبیض دارای فاصله بیش‌تری از میانگین ۵۰ است که نشان‌دهنده فعالیت بیش‌تر این قطعه نسبت به قطعات بهن‌آباد و کریزان است. برای سهولت درک مقادیر این شاخص، اختلاف نتایج به‌دست‌آمده با میزان عدد میانگین (۵۰) محاسبه شد (هرچه شاخص محاسبه شده دارای مقادیر بیش‌تری باشد، میزان فعالیت نسبی حوضه مورد نظر بیش‌تر است) (جدول ۱).



شکل ۴. نقشه شماتیک از یک حوضه آبریز به همراه پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه شاخص T. [۲۶]

$$T = D_a / D_d$$

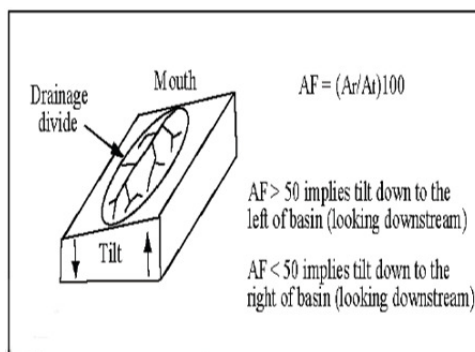
T = شاخص تقارن توپوگرافی عرضی

Dd = فاصله خط میانی حوضه

زهکشی تا خط تقسیم آب

Da = فاصله خط میانی حوضه

زهکشی تا مسیر رود اصلی



شکل ۵. نمایش نحوه محاسبه شاخص عدم تقارن توسط نمودار مکعبی [۲۹]

$$AF = 100(A_r/A_t)$$

AF = عرض حوضه

Ar = مساحت حوضه دربرگیرنده زهکشی‌های

فرعی در سمت راست (یا چپ) آبراهه

اصلی

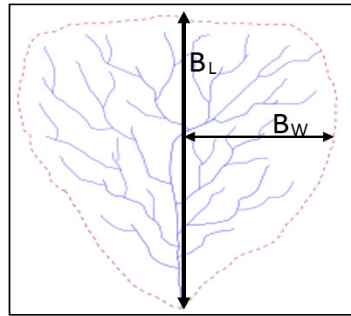
At = عرض حوضه

تکتونیکی هستند [۶]. بررسی نسبت طول به عرض حوضه‌های منطقه نشان از فعالیت تکتونیکی در این حوضه‌ها می‌باشد، که تمام حوضه‌ها به صورت کشیده هستند. میانگین مقدار شاخص Bs برای حوضه‌های محدوده‌ی سه قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیض به ترتیب: ۳/۹۸۸، ۴/۸۱۵ و ۵/۵۲۵ می‌باشد (جدول ۱).

### ۵-۳- شاخص شکل حوضه (Bs)

با استفاده از این شاخص می‌توان شکل حوضه را به یک شاخص کمی تبدیل کرد [۲۰].  
 $B_L$  طول حوضه، از مجرای خروجی تا بالاترین نقطه آن و  
 $B_W$  عرض حوضه، که در عریض‌ترین بخش آن اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۶). حوضه‌های با  $B_s$  بالای ۲ از نظر تکتونیکی فعال و پایین‌تر از ۲ دارای آرامش





$$B_s = B_L / B_W$$

- $B_s$  = شاخص شکل حوضه
- $B_L$  = طول حوضه
- $B_W$  = عرض حوضه

شکل ۶. فرمول شاخص شکل حوضه به همراه پارامترهای مورد نیاز [۲۰].

جدول ۱. نحوه محاسبه شاخص‌های عامل شکل حوضه، فرم حوضه، ضریب فشردگی و نسبت کشیدگی، به همراه پارامترهای مورد نیاز [۴]

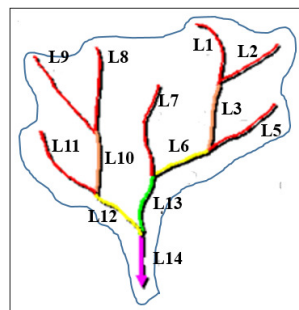
پارامترها	رابطه	شکل	توضیح
عامل شکل حوضه	$\frac{\text{مجدور طول حوضه}}{\text{مساحت حوضه}}$		۱ برای حوضه‌های دایره‌ای شکل و بیشتر از آن در حوضه‌های کشیده
عامل فرم حوضه	$\frac{\text{محیط حوضه}}{\text{مجدور طول حوضه}}$		حوضه‌های دایره‌ای برابر ۱ و بیشتر از آن برای حوضه‌های کشیده
ضریب فشردگی	$\frac{\text{محیط} \times 0.28}{\text{جذر مساحت حوضه}}$		حوضه‌های دایره‌ای برابر با ۱ و بیشتر از آن در حوضه‌های کشیده
نسبت کشیدگی	$\frac{\text{قطر دایره هم مساحت}}{\text{طول حوضه}}$		هرچه حوضه کشیده‌تر باشد نسبت شاخص کوچکتر است

در نتیجه تفاوت جنس سازند در مقادیر به دست آمده تاثیر کمتری داشته است و تغییرات بیشتر تر فعالیت تکتونیکی منطقه را نشان می‌دهند. هرچه میزان تراکم آبراهه‌ها بالاتر باشد، میزان فعالیت نسبی تکتونیکی منطقه بالاتر است (مقادیر ۱ نشان از فعالیت کم و هرچه این مقدار بالاتر باشد فعالیت نسبی تکتونیکی منطقه بیشتر است) [۱۱].

نحوه محاسبه‌ی پارامترهای نسبت شکل حوضه، عامل شکل حوضه، عامل فرم حوضه، ضریب فشردگی و نسبت کشیدگی در جدول (۱) آمده است [۹].

#### ۴-۵- شاخص تراکم سطحی آبراهه‌ها (P)

این عامل از تقسیم طول شبکه‌ی هیدروگرافی حوضه (شامل شبکه‌های اصلی و فرعی) به مساحت حوضه به دست می‌آید و شاخص مفیدی برای ارزیابی و شناسایی نفوذتکتونیک در حوضه‌های زهکشی به شمار می‌رود (شکل ۷). در این شاخص هرچه ضریب تراکم بیشتر باشد، بیانگر تکتونیک فعال و حساسیت زیاد سازندها زمین‌شناسی موجود در حوضه است. همچنین نشان از جوان بودن و نرسیدن به مرحله‌ی تعادل حوضه‌ی زهکشی دارد [۴]. از آنجا که جنس لایه‌های تشکیل‌دهنده حوضه‌ای منطقه یکسان بوده‌اند (شکل ۲)



$$P = \frac{\sum li}{A}$$

- $\sum li$  = طول شبکه‌ی هیدروگرافی
- $(\sum li = L1 + L2 + \dots + L14)$
- $A$  = مساحت شبکه‌ی هیدروگرافی

شکل ۷. پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه شاخص تراکم آبراهه [۴]

قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیز به ترتیب ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۴۵ است. به‌طور کل نتایج حاصل (جدول ۲) نشان می‌دهد اگرچه مقادیر حاصله دارای تغییرات مختلفی هستند اما به‌طور کلی نرخ تغییرات (شکل ۸، خطوط سبز میانگین) از بخش شمالی (قطعه کریزان) به سمت بخش جنوبی (قطعه آبیز) در حال افزایش است.

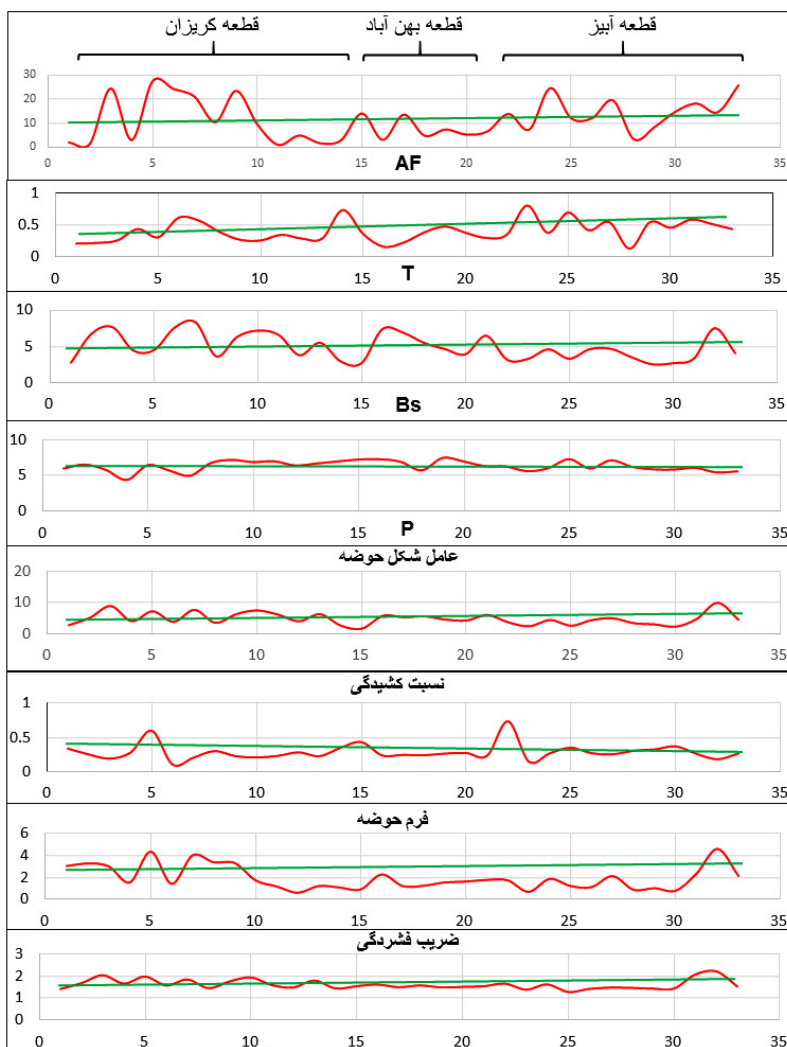
بررسی میانگین تغییرات شاخص‌های در ارتباط با حوضه‌ها (شکل ۸، خط سبزنگ) نشان می‌دهد در تمام شاخص‌ها این خط به صورت صعودی بوده که نشان دهنده تأثیر تکتونیک فعال و تأثیر تغییرات این فعالیت که ناشی از تغییر در عملکرد فعالیت قطعات مختلف گسل اردکول است، بر روی حوضه‌های منطقه است (شکل ۸).

با توجه به جدول (۲) و نمودارهای شکل (۸) می‌توان دریافت: تغییرات شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی (AF) دارای تغییرات بین ۱ تا ۲۷/۵ است. که نشان از حوضه‌های فعال تا خیلی فعال دارد. خط میانگین (خط سبز، شکل ۸) این شاخص یک افزایش از سمت قطعه کریزان (بخش شمالی) به سمت قطعه آبیز (بخش جنوبی) را نشان می‌دهد. میانگین این شاخص برای سه قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیز به ترتیب ۱۱/۲۷، ۱۰/۶ و ۱۴/۶۳ است.

مقایسه بین نتایج شاخص عدم تقارن حوضه (AF) با شاخص توپوگرافی عرضی (T) دارای هماهنگی خوبی است. نرخ تغییرات این شاخص نیز از بخش شمالی به جنوبی در حال افزایش است که نشان از افزایش فعالیت در بخش جنوبی دارد. میانگین این شاخص برای سه

جدول ۲. شاخص‌های محاسبه شده برای حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

قطعه	حوضه	Af	T	نسبت کشیدگی	ضریب فشردگی	فرم حوضه	عامل شکل حوضه	P	Bs
کریزان	۱	۲	۰/۲۹	۰/۳۲	۱/۴	۳/۰۴	۲/۷۷	۵/۹۸	۲/۷۳۵
	۲	۱/۴	۰/۳۴	۰/۳۵	۱/۶۷	۳/۲۷	۵/۰۵	۶/۵۳	۶/۷۱۸
	۳	۲۴/۵	۰/۸	۰/۱۹	۲/۰۳	۳	۸/۷۴	۵/۷۹	۷/۵۹
	۴	۳	۰/۳۷	۰/۲۸	۱/۶۴	۱/۵۴	۴/۰۱	۴/۳۹	۴/۳۹
	۵	۲۷/۵	۰/۶۹	۰/۳	۱/۹۷	۴/۳۵	۷/۱۱	۶/۴۵	۴/۴۵۴
	۶	۲۴/۳	۰/۵۱	۰/۱	۱/۵۶	۱/۴	۳/۷۹	۵/۷۲	۷/۵۵۲
	۷	۲۱/۱	۰/۵۴	۰/۲	۱/۸۳	۴/۰۲	۷/۵۷	۴/۹۸	۸/۲۴
	۸	۱۰/۵	۰/۱۲	۰/۳	۱/۴۴	۳/۳۸	۳/۴۹	۶/۷۵	۳/۶
	۹	۲۳/۵	۰/۵۴	۰/۲۲	۱/۷۵	۳/۳۱	۶/۲۱	۷/۱۷	۶/۲۶
	۱۰	۹/۶	۰/۲۶	۰/۲۰۷	۱/۹۲	۱/۷۲	۷/۳۸	۶/۸۷	۷/۱۲
آبیز	۱۱	۱	۰/۲۸	۰/۳۲۹	۱/۸۵	۱/۱۶	۶/۰۴	۶/۹۸	۶/۵۳
	۱۲	۴/۹	۰/۳۱	۰/۲۸۲	۱/۴۷	۰/۵۹	۳/۹۸	۶/۴	۳/۷۵
	۱۳	۱/۷	۰/۲۳	۰/۲۲۶	۱/۷۸	۱/۲	۶/۶۷	۶/۶۷	۵/۴۶
	۱۴	۲/۹	۰/۳۵	۰/۳۴۸	۱/۴۳	۱/۰۷	۲/۶۲	۶/۹۶	۵/۸۸
	۱۵	۱۴/۱	۰/۱۵	۰/۴۳۴	۱/۵۳	۰/۹	۱/۶۸	۷/۲۲	۲/۶۸
	۱۶	۳/۱	۰/۲۲	۰/۲۳۶	۱/۶	۲/۲۷	۵/۶۸	۷/۲۷	۷/۳۴
	۱۷	۱۳/۶	۰/۳۸	۰/۲۴	۱/۴۸	۱/۲۶	۵/۲۶	۶/۹۲	۶/۸۴
	۱۸	۴/۸	۰/۴۷	۰/۲۳	۱/۵۶	۱/۲۳	۵/۵۳	۵/۷۳	۵/۴۵
	۱۹	۷/۴	۰/۳۷	۰/۲۶۵	۱/۴۷	۱/۵۴	۴/۵۲	۷/۴۵	۴/۶
	۲۰	۵/۳	۰/۲	۰/۲۷۴	۱/۵	۱/۶۱	۴/۲۳	۶/۹۵	۳/۸۸
بهن‌آباد	۲۱	۶/۶	۰/۳۱	۰/۲۳۱	۱/۵۲	۱/۷۶	۵/۹۴	۶/۳۲	۶/۴۲
	۲۲	۱۳/۹	۰/۲۵	۰/۷۴	۱/۶۴	۱/۷۳	۳/۶۴	۶/۲۷	۳/۱۳
	۲۳	۷/۴	۰/۴۲	۰/۱۴۴	۱/۳۷	۰/۶۷	۲/۴۲	۵/۶۲	۳/۲۳
	۲۴	۲۴/۶	۰/۶۳	۰/۲۶۹	۱/۶۱	۱/۸۵	۴/۳۷	۶/۰۱	۴/۵۵
	۲۵	۱۲/۱	۰/۴۱	۰/۳۵	۱/۲۶	۱/۲۱	۲/۵۸	۷/۲۸	۳/۲۷
	۲۶	۱۲/۱	۰/۴۵	۰/۲۶	۱/۴۱	۱/۱	۴/۳۸	۵/۹۹	۴/۵۹
	۲۷	۱۹/۵	۰/۵۸	۰/۳۵۴	۱/۴۶	۲/۱۲	۴/۹۱	۷/۱۲	۴/۶۲
	۲۸	۳/۳	۰/۲۶	۰/۳۰۶	۱/۴۵	۰/۸۶	۳/۳۹	۶/۲	۳/۴۷
	۲۹	۸/۵	۰/۲۵	۰/۳۲۵	۱/۴۱	۱/۰۱	۳/۰۱	۵/۸۷	۲/۴۹
	۳۰	۱۴/۹	۰/۳۴	۰/۳۷۱	۱/۴۲	۰/۷۸	۲/۳۱	۵/۸۳	۲/۶۶
	۳۱	۱۸/۲	۰/۳۸	۰/۲۶	۲/۰۵	۲/۳۴	۴/۶۸	۶/۰۷	۳/۲۸
	۳۲	۱۴/۶	۰/۲۸	۰/۱۸	۲/۲	۴/۶	۹/۷۶	۵/۴۵	۷/۴۴
	۳۳	۲۵/۸	۰/۷۳	۰/۲۶۶	۱/۵۱	۲/۱۳	۴/۴۸	۵/۶	۴/۰۲



شکل ۸. نمودارهای مربوط به شاخص‌های در ارتباط با حوضه‌های منطقه مورد مطالعه

#### ۵-۵- خمیدگی مخروط‌افکنه‌ها ( $\beta$ )

با توجه به اینکه مخروط‌افکنه‌ها، مخروطی شکل هستند، خطوط منحنی میزان روی مخروط‌افکنه‌های ساده، که تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی قرار نگرفته‌اند، بخشی از دایره را تشکیل می‌دهند. اما منحنی میزان در سطح مخروط‌افکنه‌هایی که تحت تأثیر حرکات تکتونیکی قرار گرفته‌اند، سطوح بیضی شکل را تشکیل می‌دهند، که نشان‌دهنده تأثیر تکتونیک بر مخروط‌افکنه‌هاست. هرچه خمیدگی مخروط‌افکنه‌ها در اثر فعالیت تکتونیکی زیاد باشد ضریب خمیدگی مخروط‌افکنه ( $\beta$ ) عدد کوچکی را نشان می‌دهد [۲۶]. جدول (۳) نتایج حاصل از تطبیق منحنی‌های میزان سطح مخروط‌افکنه‌های منطقه با دایره و بیضی و محاسبه ضریب ( $\beta$ ) را نشان می‌دهد. با استفاده

از داده‌های جدول (۳) می‌توان دریافت که تمامی مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه بیضی شکل هستند.  

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

$$\beta = \text{ضریب خمیدگی مخروط‌افکنه، } a = \text{طول قطر بزرگ،}$$

$$b = \text{طول قطر کوچک، } \alpha = \text{شیب مخروط‌افکنه.}$$

#### ۵-۶- ضریب مخروط‌گرایی

ضریب مخروط‌گرایی از دیگر شاخص‌ها در بررسی‌های تکتونیک جوان می‌باشد. از آنجایی که شکل یک مخروط‌افکنه ساده شبیه یک مخروط است، فاصله گرفتن از این حالت نشان تغییرات محیطی و مخصوصاً تکتونیک منطقه می‌باشد [۸].

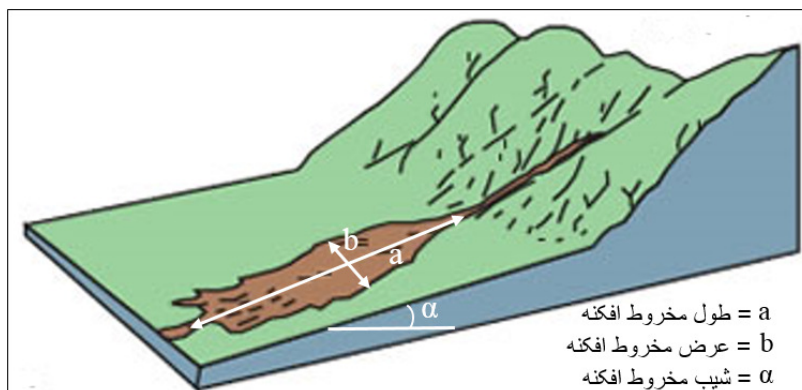
$$\text{ضریب مخروط‌گرایی} = \frac{\text{مساحت محیط افکنه}}{\text{مساحت مخروط افکنه}}$$

ضریب مخروط‌گرایی برای یک مخروط‌افکنه ساده برابر با ۱ می‌باشد به عبارتی این مخروط‌افکنه کمتر تحت تأثیر



برای بررسی بهتر خصوصیات مخروط‌افکنه‌ها شاخص‌هایی چون شیب مخروط‌افکنه، ارتفاع مخروط‌افکنه، شعاع مخروط‌افکنه و مساحت مخروط‌افکنه محاسبه گردید (جدول ۳).

عوامل مخرب و محدودکننده قرار گرفته است و هرچه این میزان کمتر شود نشان‌دهنده‌ی افزایش میزان تأثیر فرآیند فرسایش بر مخروط‌افکنه است که این امر خود در ارتباط با تکتونیک منطقه است [۸].



شکل ۹. پارامترهای مورد نیاز جهت محاسبه حمیدگی مخروط‌افکنه (β) (ترسیم مجدد، منبع [۲۶])

جدول ۳. مقادیر محاسبه شده برای شاخص‌ها و مربوط به مخروط‌افکنه‌های حوضه زیرکوه

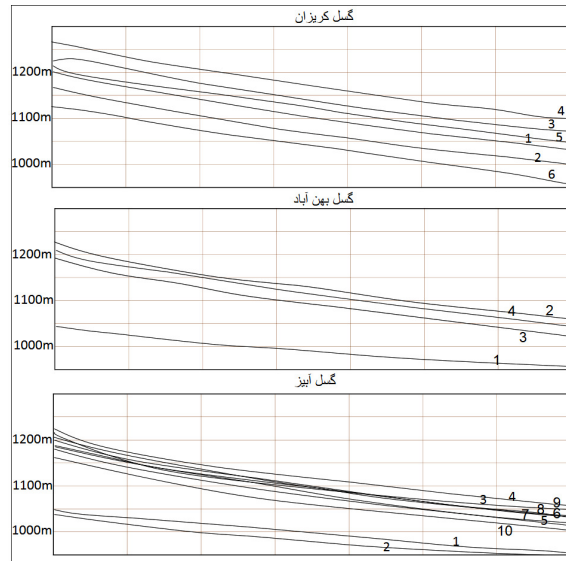
گسل	شماره مخروط	مساحت Km <sup>2</sup>	محیط km	شیب متوسط	ضریب مخروط‌گرایی	شعاع km	h	β
کریزان	۱	۸۶۵۲	۱۲۰۲۳	٪۵۰۵۵	٪۸۷	۱۰۲	۱۱۸۰	۱۳/۰۴
	۲	۵۶۸۵	۹۶	٪۵۸۵	٪۸۴	۱۰۴۸	۱۱۷۸	۱۹/۶
	۳	۰۰۹	۱۰۴۲۶	٪۶۸۵	٪۸۱	-۰۰۲۳۹	۱۱۹۴	۱۸/۴
	۴	-۰۲۴۸	۲۰۴۸۱	٪۸۰۴	٪۸۱	-۰۴۲۰	۱۲۰۷	۱۷/۲۸
	۵	-۰۴۸۳	۳۰۳۵۶	٪۱۰۰۸	٪۷۸	-۰۴۸۴	۱۲۲۱	۱۷/۵
	۶	۱۰۰۲۹	۴۰۴۸۰	٪۵۰۹۵	٪۸۳	-۰۶۶۱	۱۲۱۸	۱۵/۸
	۷	-۰۱۵۹	۲۰۰۸۷	٪۱۴۰۳۵	٪۸۲	-۰۳۵۷	۱۱۸۶	۱۸
	۸	-۰۹۸۱	۴۰۰۳۰	٪۱۲۰۳	٪۸۸	-۰۷۶۱	۱۱۹۴	۱۳/۵۶
	۹	-۰۳۹۶	۳۰۰۹۹	٪۱۳۰۲	٪۹۲	-۰۵۴۰	۱۱۷۷	۱۵/۷۷
	۱۰	-۰۷۵۲	۳۰۷۲۴	٪۹۰۴۵	٪۸۹	-۰۷۴۰	۱۱۸۰	۱۱/۳۵
بهن آباد	۱۱	۲۰۵۸۰	۱۷۸۳۰	٪۸۰۴۵	٪۹۶	۲۷۰۱	۱۱۸۵	۱۳/۸۳
	۱۲	۱۸۶۸۰	۱۶۷۸۷	٪۱۰۰۷	٪۹۱	-۰۵۲۴	۱۲۲۷	۱۵/۲۴
	۱۳	۱۵۲۷۰	۱۴۳۴۸	٪۱۲۰۴	٪۸۳	-۰۸۲۸	۱۲۱۳	۱۳/۵۶
	۱۴	۱۳۹۸۹	۱۵۷۸۰	٪۱۴۰۴	٪۹۷	-۰۹۷	۱۱۹۸	۱۵/۸۹
ابیر	۱۵	۶۰۲۲۴	۱۲۰۵۹۴	٪۷۰۰۵	٪۸۶	۱۵۲۱	۱۱۹۶	۱۷/۸۲
	۱۶	۶۸۹۳	۱۲۰۰۳۳	٪۹۰۷	٪۸۷	۱۵۳۵	۱۱۸۸	۱۷/۲
	۱۷	۶۰۵۴۶	۱۰۰۸۲۵	٪۷۰۴۵	٪۸۴	۱۰۹۷۲	۱۲۶۸	۱۲/۲۷
	۱۸	۱۸۰۹۱۳	۱۷۰۱۰۹	٪۷۰۰۴	٪۸۲	۳۰۴۶۵	۱۲۳۰	۹/۴۶
	۱۹	۷۰۰۸	۱۱۶۷۹	٪۴۶	٪۹۰	۱۸۹۶	۱۲۰۵	۱۳/۸۱
	۲۰	۱۹۰۱۴۴	۱۷۰۱۰۶	٪۶۰۴	٪۹۱	۲۰۱۰۲	۱۲۰۱	۱۷/۴۹

محور کشیدگی مخروط‌افکنه‌ها منطقه تهیه شد. بر اساس نیمرخ طولی می‌توان مشاهده کرد که مخروط‌افکنه‌ها در نزدیک پیشانی کوهستان به علت افزایش فعالیت تکتونیک ناشی از گسل اردکول دارای بالآمدگی بیش‌تری هستند (مقعر بودن نیمرخ مخروط‌افکنه گویای فعالیت کواترنری ناشی از عملکرد گسل اردکول است)،

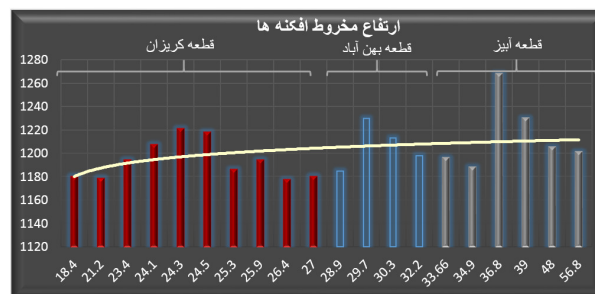
در مناطق فعال از نظر تکتونیک به علت بالآمدگی ناشی از حرکات تکتونیک، مخروط‌افکنه‌ها نیز تحت تأثیر فعالیت قرار می‌گیرند و دچار بالآمدگی می‌شوند. تغییرات نرخ بالآمدگی در مخروط‌افکنه‌ها می‌تواند نشان‌دهنده‌ی میزان تغییرات فعالیت تکتونیک (گسل) در منطقه باشد [۷]. در این میان نیمرخ‌هایی به موازات

قطعه میزان بالاآمدگی بیش‌تر از بخش‌های حاشیه آن است. خط میانگین ارتفاعی کشیده شده برای این ستون‌های ارتفاعی نشان می‌دهد که میزان این بالاآمدگی از قطعه کریزان (بخش شمالی) به سمت قطعه آبیژ (بخش جنوبی) در حال افزایش است.

هم‌چنین با توجه به شماره مخروط‌افکنه‌های شکل (۹) می‌توان نتیجه گرفت که در مخروط‌افکنه‌های بخش‌های میانی هر قطعه دارای ارتفاع بیش‌تری نسبت به بخش‌های حاشیه آن است (شکل ۱۰) در نمودار ستونی مربوط به ارتفاع میانگین مخروط‌افکنه‌های هر قطعه می‌توان به‌خوبی مشاهده کرد که در بخش میانی هر



شکل ۹. نیم‌رخ‌های طولی به موازات محور بزرگ مخروط‌افکنه‌های منطقه مورد مطالعه (اعداد مربوط به شماره مخروط‌افکنه است)



شکل ۱۰. نمودار ستونی مربوط به ارتفاع مخروط‌افکنه‌های منطقه مطالعاتی (محور عمودی ارتفاع مخروط‌افکنه‌ها، محور افقی فاصله مخروط‌افکنه‌ها از هم و نسبت به پایانه بخش شمالی گسل)

شاخص مخروط‌گرایی با توجه به نمودار یک کاهش کلی از بخش شمالی به سمت بخش جنوبی را نشان می‌دهد. برای تعیین میزان فعالیت تکتونیکی منطقه مورد مطالعه از شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی (IAT) استفاده شد [۲۵] در این شاخص ابتدا طبق کلاس‌بندی ارائه شده، شاخص‌های مورد استفاده در منطقه را در کلاس‌های مورد نظر قرار داده سپس با استفاده از فرمول زیر شاخص Iat را برای منطقه محاسبه می‌کنیم.

نمودارهای مربوط به شاخص‌های  $\beta$  و  $\beta$  و ضریب مخروط‌گرایی شکل (۱۱) نشان می‌دهد که میزان تغییر شاخص  $\beta$  از سمت قطعه کریزان به سمت قطعه آبیژ دارای نرخ تغییرات بیش‌تری است اما خط میانگین تغییرات این شاخص کاهش مقدار کلی را از سمت بخش کریزان به سمت بخش آبیژ نشان می‌دهد. نمودار تغییرات شاخص مخروط‌گرایی تغییرات کمتری نسبت به شاخص  $\beta$  را نشان می‌دهد. میانگین نتایج حاصل از محاسبه

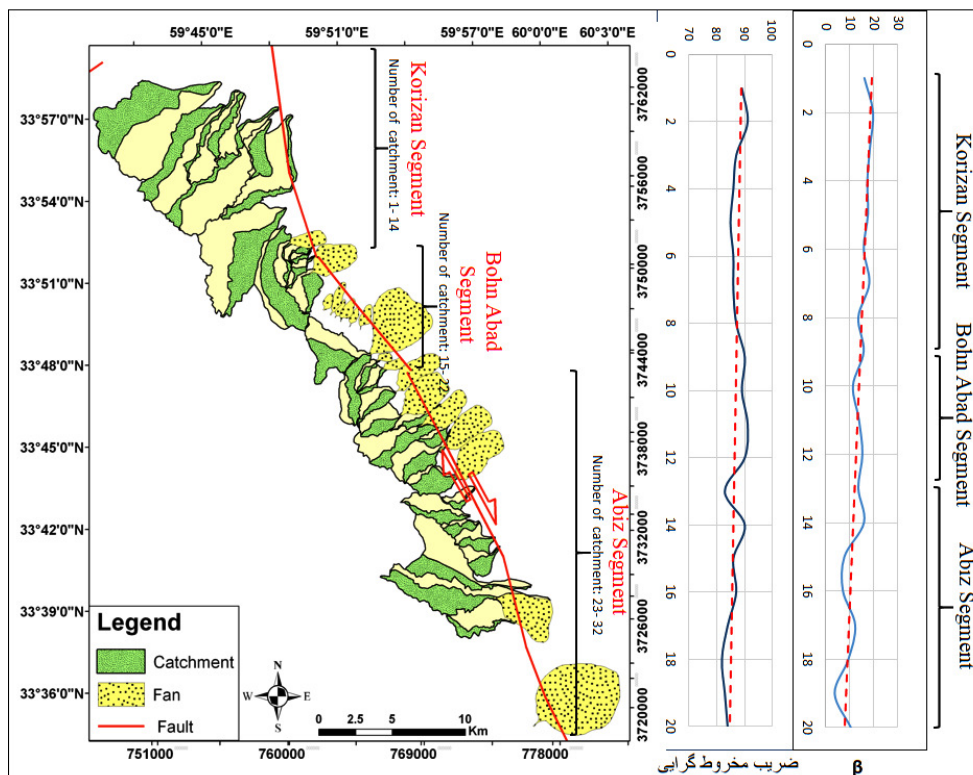
با توجه به جدول (۴)، منطقه مورد مطالعه در کلاس ۱ (فعالیت زمین‌ساختی شدید). هم‌چنین میزان فعالیت تکتونیکی از قطعه کریزان (بخش شمالی) به سمت قطعه آبیز (بخش جنوبی) در حال افزایش است.

$$Iat = \frac{S}{N}$$

S = مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده، N = تعداد شاخص‌های محاسبه شده.

۱/۵ < Iat < ۲ = فعالیت زمین‌ساختی شدید، ۱/۵ < Iat < ۲

فعالیت تکتونیکی زیاد، ۲ < Iat < ۲/۵ = فعالیت زمین‌ساختی متوسط، Iat < ۲/۵ = فعالیت‌های کم و ناچیز.



شکل ۱۱. نقشه مربوط به مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های منطقه به همراه نمودارهای مربوط به شاخص‌های  $\beta$  و ضریب مخروط‌گرایی

جدول ۴. شاخص Iat محاسبه شده برای شاخص‌های مورفوتکتونیکی برای سه قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیز

شاخص	$\beta$	ضریب مخروط‌گرایی	Af	T	نسبت کشیدگی	ضریب فشردگی	فرم حوضه	عامل شکل حوضه	P	Bs	Iat
کریزان	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۱.۴
بهن‌آباد	۱	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۱.۳
آبیز	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱.۱

### نتیجه‌گیری

آبیز: (۰/۲۷) شده‌اند. بررسی شاخص‌های مورفولوژی در ارتباط با مخروط‌افکنه‌ها نشان داد که این ساختارها نیز تحت تأثیر فعالیت تکتونیک منطقه بوده‌اند و دچار خمیدگی (خمیدگی مخروط‌افکنه‌ها ( $\beta$ ) (کریزان: ۱۵/۹۳، بهن‌آباد: ۱۴/۶ و آبیز: ۱۴/۷))، کشیدگی (ضریب مخروط‌گرایی (کریزان: ۰/۸۴، بهن‌آباد: ۰/۹ و آبیز: ۰/۸)) و بالآمدگی (تغییرات ارتفاعی (قطعات گسلی کریزان، بهن‌آباد و آبیز به ترتیب ۱۱۹۳/۵، ۱۲۰۵/۷۵ و ۱۲۱۴/۶

نتایج حاصل از بررسی‌های شاخص‌های نوزمین‌ساختی در ارتباط با حوضه‌های آبریز و مخروط‌افکنه‌ها نشان می‌دهد در اثر عملکرد غسل امتداد لغز اردکول حوضه‌های آبریز دچار کج‌شدگی (شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) (کریزان: ۰/۴، بهن‌آباد: ۰/۵ و آبیز: ۰/۴۵)، عدم تقارن حوضه زهکشی (AF) (کریزان: ۱۱/۲۷، بهن‌آباد: ۱۰/۶ و آبیز: ۱۴/۶۳)) کشیدگی (کریزان: ۰/۲۳، بهن‌آباد: ۰/۳۳ و

- [۵] خطیب، م.م.، غلامی، ا. (۱۳۸۵) قطعه‌بندی گسل اردکول، دانشگاه بیرجند، جلد ۱، صفحه ۱۹ تا ۳۶.
- [۶] رجیبی، م.، شیرازی طرزم، ع. (۱۳۸۸) نئوتکتونیک آثار ژئومورفولوژیکی گسل اصلی تبریز و گسل‌های فرعی با آن، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، تابستان ۸۷، شماره مقاله ۷۶۶، صفحه ۶۷-۹۶.
- [۷] رکتی، ج.، قاسمی، م.ر.، بهنیا، الف.، زمردیان، م.ج. (۱۳۹۱) بررسی مخروط‌افکنه‌ها و ارزیابی زمین‌ساخت فعال در دامنه جنوبی بینالود، سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی، صفحه ۳.
- [۸] عباس‌نژاد، الف. (۱۳۷۶) پژوهش‌های ژئومورفولوژی در دشت رفسنجان، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تبریز.
- [۹] گورابی، ا. (۱۳۸۷) تأثیر نو زمین‌ساخت بر تحول لندفرم‌های کوآترنری در ایران مرکزی مورد مطالعه گسل‌های انار و دهشیر، تهران، دانشگاه تهران، رساله‌ی دکتری.
- [۱۰] نوگل سادات، م.ع.ه. (۱۹۷۸) نقشه تقسیم‌بندی بر اساس ویژگی‌های عناصر ساختاری و روند آن‌ها. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۱۱] یمانی، م.، مقصودی، م.، قاسمی، ک.ر.، محمدنژاد (۱۳۹۰) شواهد مورفولوژیکی و مورفومتریکی تأثیر تکتونیک فعال بر مخروط‌افکنه‌های شمال دامغان، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲ (پیاپی ۸۰)، صفحه ۱-۱۸.
- [12] Amerson, B.E., Montgomery, D.R., Meyer, G (2007) Relative size of Fluvial and Glaciated Valleys in Central Idaho, *Geomorphology*, Vol. 50, pp. 20- 32.
- [13] Beaty, C.B (1963) ORIGIN OF ALLUVIAL FANS, WHITE MOUNTAINS, CALIFORNIA AND NEVADA, *Annals of the Association of American Geographers*, Volume 53, Issue 4, pages 516-535,
- [14] Burbank, W.D., Anderson. R.S (2001) *Tectonic Geomorphology, Progress in Physical Geography*, Vol. 1, pp. 205- 506.
- [15] Berberian, M., et al (1999) The 1997 May 10 Zirkuh (Qaenat) earthquake (Mw 7.2): faulting along the Sistan suture zone of eastern Iran, *Geophys. J. Int.* Vol. 136, pp. 671- 694.
- [16] Blair, C., McPherson, G (1994) *Alluvial Fan Processes and Forms, Geomorphology of Desert Environments*, Vol. 5, pp. 354- 402.
- [17] Bull, W.B (2009) *Tectonically Active Landscape*, John Wiley and Sons Publication, New york.
- [18] Bull, W.B (1977) the Alluvial Fan Environment, *Progress in Physical Geography*, Vol. 1, pp. 222- 270.

(متر) ناشی از این فعالیت شده‌اند. بررسی نیمرخ‌های طولی (موازات قطر بزرگ مخروط‌افکنه نشان داد که این نیمرخ‌ها به‌صورت مقعر بوده که نشان فعالیت تکتونیکی قطعات گسل اردکول دارد هم‌چنین بخش‌های میانی هر قطعه دارای مقادیر ارتفاعی بالاتری نسبت حاشیه آن است. بررسی شاخص ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی (Iat) (برای سه قطعه کریزان، بهن‌آباد و آبیز به ترتیب ۱/۴، ۱/۳ و ۱/۱) نشان داد که منطقه در کلاس ۱ فعالیت تکتونیکی (فعالیت نوزمین‌ساختی شدید) قرار می‌گیرد. در مجموع به طور کل نتایج حاصل از بررسی شاخص‌ها در ارتباط با حوضه، مخروط‌افکنه، شاخص ارزیابی نسبی فعالیت تکتونیکی (Iat)، نیمرخ‌های طولی و نمودار ارتفاعی نشان داد، اگرچه مقادیر به‌دست‌آمده از بررسی این داده‌ها دارای مقادیر مختلفی هستند اما به‌طور کل می‌توان دریافت که استهلاک انرژی بر روی گسل اردکول به‌صورت خطی انجام شده، اگرچه این استهلاک دارای مقادیر مختلفی است اما به‌طور کلی دارای یک توزیع خطی از سمت جنوب به شمال می‌باشد. به عبارتی نرخ فعالیت تکتونیکی از بخش شمالی (قطعه کریزان) به سمت بخش جنوبی (قطعه آبیز) در حال افزایش است. هم‌چنین نتایج حاصله نشان داد نرخ فعالیت نسبی قطعات گسل اردکول با یکدیگر متفاوت است و این مقدار از شمال به جنوب در حال افزایش و بر روی هر قطعه از بخش میانی به حاشیه آن کاهش می‌یابد.

## منابع

- [۱] اسلامی، س.ع.ر. (۱۳۸۷) مهاجرت پرتگاه‌های گسلی در پهنه‌های گسلی امتداد لغز مطالعه‌ی موردی پهنه گسلی امتداد لغز اردکول- شرق ایران، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه دامغان، دانشکده علوم.
- [۲] چایچی، ز. (۱۳۸۴) نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ آبیز، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۳] حیدری، م.، خطیب، م.م.، موسوی، س.م. (۱۳۹۴) بررسی ساختاری شاهکوه با نگرشی بر لرزه‌خیزی منطقه (حاجی آباد- خاور ایران)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بیرجند، دانشکده علوم.
- [۴] خبازی، م. (۱۳۹۱) روابط کمی بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک فعال، فصلنامه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، پاییز ۱۳۹۱، شماره ۲، صفحه ۱۰۳-۱۲۶.

- [32] Rachocki, A (1981) Alluvial Fans, an Attempt at an Empirical Approach, John Wiley Publications, New York.
- [33] Tirrule, R., Bell, L.R., Griffins, R.J., and Camp, V.E (1983) The Sistan Suture zone of eastern Iran. *G.S.A V. 94...*, P. 134- 150.
- [34] Welles S.G., Bullard, T.F (1988) Regional Variation in tectonic geomorphology along a segmented convergent. Plate boundary Pacific coast of Costa Rica, *Geomorphology. V. 1*, pp. 239- 265.
- [19] Bull, W.B (1972) Recognition of Alluvial Fan Environment, *Progress in Physical Geography*, Vol. 1, pp. 222- 270.
- [20] Cannon, W.F (1976) Bedrock geologic map of the Greenwood, quadrangle, Marquette County, Michigan: U.S. Geological Survey Geologic Quadrangle Map GQ-1168, scale 1:24,000.
- [21] Cox, R.T (1994) Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment, *Geological Society of America Bulletin*, May, 1994, v. 106, no. 5, p. 571-581,
- [22] Hack, T (1989) Fractal Diminution of fault system in Hapan: Fractal structure in Rake fracture Geometry at various scales, *Pageoph*, Vol. 131, No. 1, pp. 157- 170.
- [23] Hancock, D.L (1994) The Bactroceradorsalis complex of fruit flies in Asia. *Bulletin of Entomological Research: Supplement Series. Supplement No. 2*. CAB International, Wallingford, UK.
- [24] Harvey, A.M (1987) Alluvial Fan Dissection: Relationship between Morphology and Sedimentation, In: Frostik, L., Reid, I. (Eds.), *Desert Sediments: Ancient and Modern*, Geological Society of London Special Publication, Vol. 35, pp. 87- 103.
- [25] Hamdouni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A (2008) Assessment of relative active tectonic, south west border of the Sierra Nevada. *Geomorphology*, 1996, pp. 150-173.
- [26] Keller, E.A., Pinter, N (1996) *Active tectonic (Earthquake, Uplift and landscape)*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. p. 338.
- [27] Keller, E.A (1986) *Investigation of active: use of surficial earth processes*. Active tectonic National Academy press Washington. D.C.
- [28] Lees, G.M. and Falcon, N.L (1952) The geographical history of the Mesopotamian plains. *Geographical journal*, 118, p. 24- 39.
- [29] Molin, P., Pazzaglia, F.J., Dramis, F (2003) Geomorphic expression of active tectonics in a rapidly-deforming forearc, Sila massif, Calabria, southern Italy, *Am J Sci* September 2004 304:559-589.
- [30] Nathan. W., Harkins., J. David., Anastasia., J. Frank., Pazzaglia (2005) Tectonic geomorphology of the Red Rock fault, insights into segmentation and landscape evolution of a developing range front normal fault, *Journal of Structural Geology* 27 (2005). pp. 1925- 1939.
- [31] Parsons. B., Walters. R.J (2009) The 2009 L'Aquila earthquake (central Italy): A source mechanism and implications for seismic hazard, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 36. Pp. 1-6.

## Estimation of relative active tectonic of alluvial fans in Eastern flanks of Zirkouh (E Iran)

M. Heydari Aghagol<sup>1</sup>, M. M. Khatib<sup>1</sup>, S.M. Mossavi<sup>1</sup> and R. Hamidi<sup>1</sup>

1- Dept. of Geology, Faculty of Science, Birjand University, Birjand

\*heydarimasoud8@gmail.com

Received: 2015/5/23 Accepted: 2015/9/21

### Abstract

Zirkouh basin standed in the northern segment of Sistan cuts ground in Easter Iran. Ardakul fault exposed in the eastern segment of this basin, which made of six basic segment (Korizan 28 Km, Bohn Abad 8.8 Km, Abiz 32 Km, Gazkun 20 Km, Moein Abad 30.4 Km, GhalMaral 12 Km, 10 Km and two sub-segment. Evaluating of morphology indexes on twenty alluvial fans and thirty three drainage basin, including topography symmetry index (T) (Korizan: 0.4, Bohn Abad: 0.5 and Abiz: 0.45), asymmetrical drainage environment (Af) (Korizan: 11.27, Bohn Abad: 4.8 and Abiz: 5.25), surface density of drainage (P) were calculated. The activity of basin shape, basin shape, compression factor, elongation factor were also calculated, Indicators associated with alluvial fans of studied region including: alluvial fans curvature (B) (Korizan: 15.93, Bohn Abad: 14.6 and Abiz: 14.7), spire factor (Korizan: 0.84, Bohn Abad: 0.9 and Abiz: 0.8) and elevation differences (Korizan faults segments, Bohn Abad and Abiz respectively, 1193.5, 1205.74 and 1214.6) and longitudinal profiles of alluvial fans. According to the results of the surveying of indicators, the region is in tectonic activity class 1 (high tectonic activity). Overall (generally) the obtained results showed that although there are differences in obtained values but generally, tectonic activity increased from the north (Korizan piece) to the south (Abiz segment) (relative evaluation index of tectonic activity (Iat) for three pieces of Korizan, Bohn Abad and Abiz to respectively 1.4, 1.3 and 1.1). According to the height chart and longitudinal profiler of alluvial fans, the rate of Ardakul fault segments are different and the amount reduced from the middle of each side to the its border.

**Keywords:** Zirkouh, Morphometric index,  $\beta$  index, Ardakol Fault, Alluvial fan.