**مطالعات جغرافیایی مناطق خشک**

**دوره دهم، شماره سی و نهم، بهار ۱۳۹۹**

**دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۹/۰۷/۰۵**

**صص ۹۷-۸۴**

# ارزیابی وضعیت تکتونیک فعال با استفاده از تحلیل پارامترهای ژئومورفیک و مورفومتریک (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌های غرب استان کرمانشاه)

**منصور پروین** *، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه پیام نور

## چکیده

از دیدگاه زمین‌ساختی، زون زمین‌شناسی زاگرس یک منطقه‌ی فعال تکتونیکی بوده و شواهد ژئومورفیک حرکات نو زمین‌ساختی در این منطقه قابل‌شناسایی و ردیابی است. حوضه‌های غرب استان کرمانشاه در زون زاگرس واقع شده و به نظر می‌رسد به علت قرارگیری گسل زاگرس مرتفع، گسل ذهاب-کرند و گسل قصر شیرین-گیلانغرب در این محدوده، این حوضه‌ها از نظر تکتونیکی فعال باشند؛ بنابراین مطالعه‌ی تکتونیک فعال این محدوده با استفاده از پارامترهای ژئومورفیک و مورفومتریک می‌تواند منجر به شناخت جامع از وضعیت تکتونیک فعال این حوضه‌ها گردد؛ بنابراین هدف این پژوهش، ارزیابی وضعیت تکتونیک فعال حوضه‌های غرب استان کرمانشاه است. بر این اساس ابتدا محدوده‌ی حوضه‌های موردمطالعه، شبکه‌ی زهکشی آن‌ها و ویژگی‌های مورفومتری و توپوگرافی بر اساس DEM سی متر منطقه، استخراج گردید. در ادامه بر اساس شاخص‌های ژئومورفیک (AF، Hi، SL، BS) و شاخص‌های مورفومتری (Hd ،Rr ،R،Dd) وضعیت فعالیت تکتونیکی حوضه‌های موردمطالعه ارزیابی شده و نتایج حاصل از آن‌ها بر اساس ویژگی‌های لیتولوژیکی و ساختاری حوضه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محدوده‌ی غرب استان کرمانشاه بر اساس نتایج پارامترهای مورفومتریک و ژئومورفیک از نظر تکتونیکی فعال بوده، اما میزان این فعالیت با توجه به شرایط لیتولوژیکی و ساختاری حوضه‌ها از شدت و ضعف برخوردار است. در این میان، پارامترهای مورفومتریک به علت استانداردسازی قادر به بازتاب شرایط لیتولوژیکی و ساختاری حوضه‌ها در طبقه‌بندی نهایی فعالیت تکتونیکی بوده و به نظر می‌رسد پارامترهای مورفومتریک در حوضه‌های با تنوع لیتولوژیکی بالا، کارایی بهتری برای ارزیابی وضعیت تکتونیک فعال دارند.

**واژگان کلیدی:** پارامترهای ژئومورفیک، پارامترهای مورفومتریک، تکتونیک فعال، حوضه‌ی آبریز، زاگرس چین-خورده.

نویسنده‌ی مسئول: *Email: mansorparvin@yahoo.com

## ۱- مقدمه

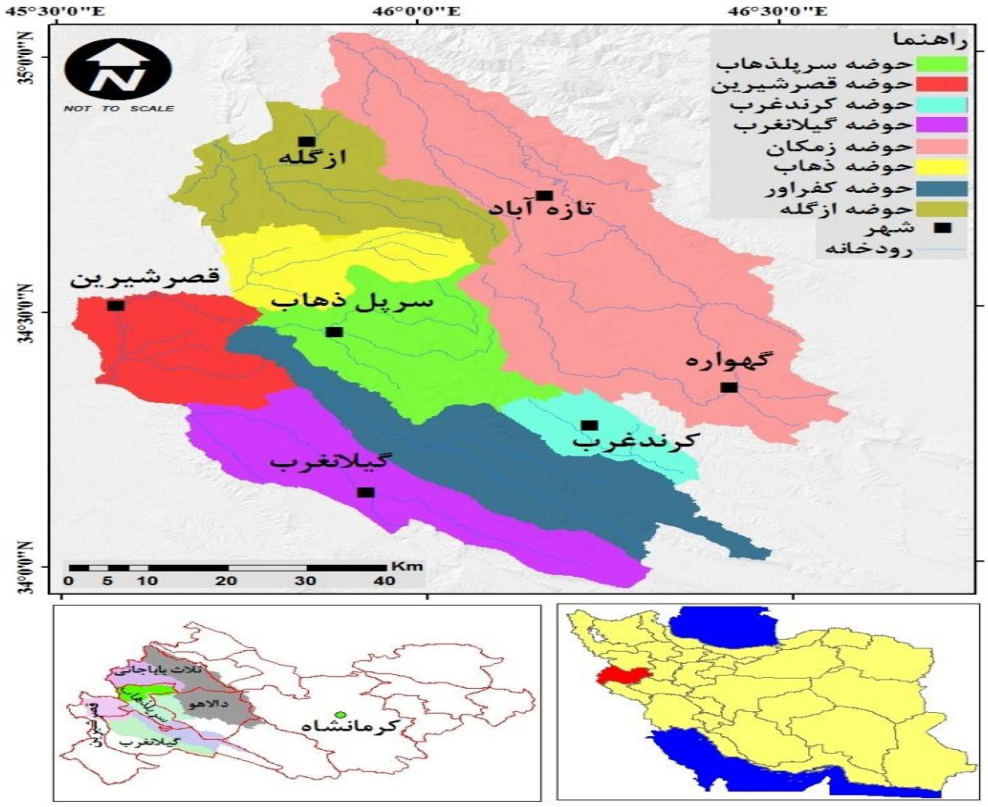
مطالعات تکتونیک فعال از مباحث مهم در علوم زمین بوده و نتایج آن برای ارزیابی مخاطرات طبیعی و برنامه‌های توسعه و مدیریت کاربری اراضی در مناطق پرجمعیت کاربرد زیادی دارد(Pedrera et al., 2009: 220). در این میان، شاخص‌های ژئومورفیک به علت سرعت و دقت بالا در ارزیابی تکتونیک فعال در مناطق وسیع کارآمد بوده( Keller and Pinter, 2002: 154) و برای درک فرآیندهای ژئومورفیک، سرعت بالاآمدگی حوضه و طبقه‌بندی لندفرم‌ها استفاده می‌شوند(Vijith et al., 2017: 42). درواقع، این شاخص‌ها قادر به شناسایی پاسخ لندفرم‌ها به فرآیندهای تکتونیکی فعال بوده و ابزار مناسبی برای شناسایی مناطق با تکتونیک فعال هستند(Chen et al., 2013: 111). در مناطق فعال تکتونیکی، شبکه‌ی زهکشی رابطه‌ی بین فرایندهای سطحی و تغییرات ساختاری را نشان داده(Delcaillau et al., 2006: 244)؛ ازاین‌رو پارامترهای مورفومتریک کارایی بالای در شناسایی مناطق فعال تکتونیکی دارند. چن و همکاران (۲۰۰۳) نواحی با تکتونیک فعال در مناطق مختلف دنیا پژوهش‌های متعددی همچون مالیک[1] و همکاران (۲۰۰۶) در هیمالیای هند، ال‌همدونی و همکاران[2] (۲۰۰۸) در ارتفاعات جنوب اسپانیا، محمود و گلوگاون[3] (۲۰۱۲) در ارتفاعات هندوکش پاکستان- افغانستان، فقیه و همکاران (۲۰۱۵) در ارتفاعات زاگرس مرکزی ایران، چینگ و همکاران[4] (۲۰۱۶) در ارتفاعات اطراف پکن در چین و گورابی و نوحه‌گر (۱۳۸۶) در ارتفاعات البرز، مقصودی و عمادالدین (۱۳۹۰) در محدوده‌ی گسل درونه در ایران مرکزی، سمندر و روستای (۱۳۹۵) در حوضه‌ی اسکوچای در شمال غرب ایران، بازیار و ایزدی کیان (۱۳۹۷) در حوضه‌ی زرین‌رود زنجان و نگهبان و درتاج (۱۳۹۸) در حوضه‌ی سیروان در غرب ایران به ارزیابی تکتونیک فعال با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک پرداختند. نتایج این پژوهش‌ها عمدتاً منجر به ارزیابی میزان و طبقه‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی در این مناطق گردیده است. بهرامی (۲۰۱۳) در حوضه‌های زاگرس، ارگیریوس و همکاران[5] (۲۰۱۷) در حوضه‌های جزیره کرت یونان، آناندا و پرادهان[6] (۲۰۱۹) حوضه‌ی گنگ در هندوستان و آچیوسان[7] (۲۰۱۹) در حوضه‌ی رودخانه‌ی پالار در جنوب هند، بهرامی و همکاران (۱۳۹۳) در حوضه‌های شمال شرق ایران و کرمی و همکاران (۱۳۹۷) به ارزیابی تکتونیک فعال بر اساس پارامترهای مورفومتری پرداختند. نتایج این پژوهش‌ها نیز منجر به ارزیابی تکتونیک فعال در این مناطق گردید. نتایج این پژوهش‌ها نشان می‌دهد که پارامترهای ژئومورفیک و مورفومتریک نتایج قابل‌اطمینانی در ارزیابی و طبقه‌بندی وضعیت تکتونیک فعال دارند. کشور ایران به علت قرارگیری در کمربند همگرای قاره‌ی از نظر تکتونیکی فعال بوده و ۵۰٪ زلزله‌های ثبت‌شده در کشور در زون زاگرس رخ می‌دهد(میرزایی، ۱۹۹۷: ۴۰). بلانک[8] (۲۰۰۳) میزان کوتاه-شدگی در زون زاگرس چین‌خورده را حدود ۱۰ میلی‌متر در سال برآورده نموده و این میزان در زاگرس شمال غربی ۳ تا ۵ میلی‌متر در سال است(Hsami et al, 2006: 143). حوضه‌های قصر شیرین، گیلانغرب، کفراور، کرندغرب، سرپل ذهاب، دشت ذهاب، ازگله و زمکان در غرب استان کرمانشاه در زون زاگرس واقع شده و گسل‌های اصلی و فعال زاگرس مرتفع، گسل ذهاب-کرند و گسل قصر شیرین-گیلانغرب در محدوده‌ی این حوضه‌ها قرار دارند. این گسل‌ها عمدتاً دارای توان لرزه‌ای بوده و شعبانی (۱۳۸۳) گسل کرند را به‌عنوان یک چشمه‌ی زمین‌لرزه‌ای معرفی کرد. زلزله‌ی ۷٫۳ ریشتری ازگله و ده‌ها زلزله با بزرگی بیش از ۵ ریشتر در این محدوده رخ داده که به علت وجود شهرهای گیلانغرب، گهواره، کرندغرب، قصر شیرین، سرپل ذهاب، ازگله، تازه‌آباد و جوانرود و تعداد زیادی روستا در محدوده‌ی این حوضه‌ها

1- Malik et al
2- El Hamdouni et al
3- Mahmood and Gloaguen
4- Cheng et al
5- Argyriou et al
6- Anand, and Pradhan
7- chyuthan et al
8- Blank

ارزیابی وضعیت تکتونیک فعال آن‌ها لازم و ضروری به نظر می‌رسد؛ بنابراین هدف این پژوهش، ارزیابی تکتونیک فعال و طبقه‌بندی آن در حوضه‌های موردمطالعه است.

## ۲- موقعیت منطقه‌ی موردمطالعه

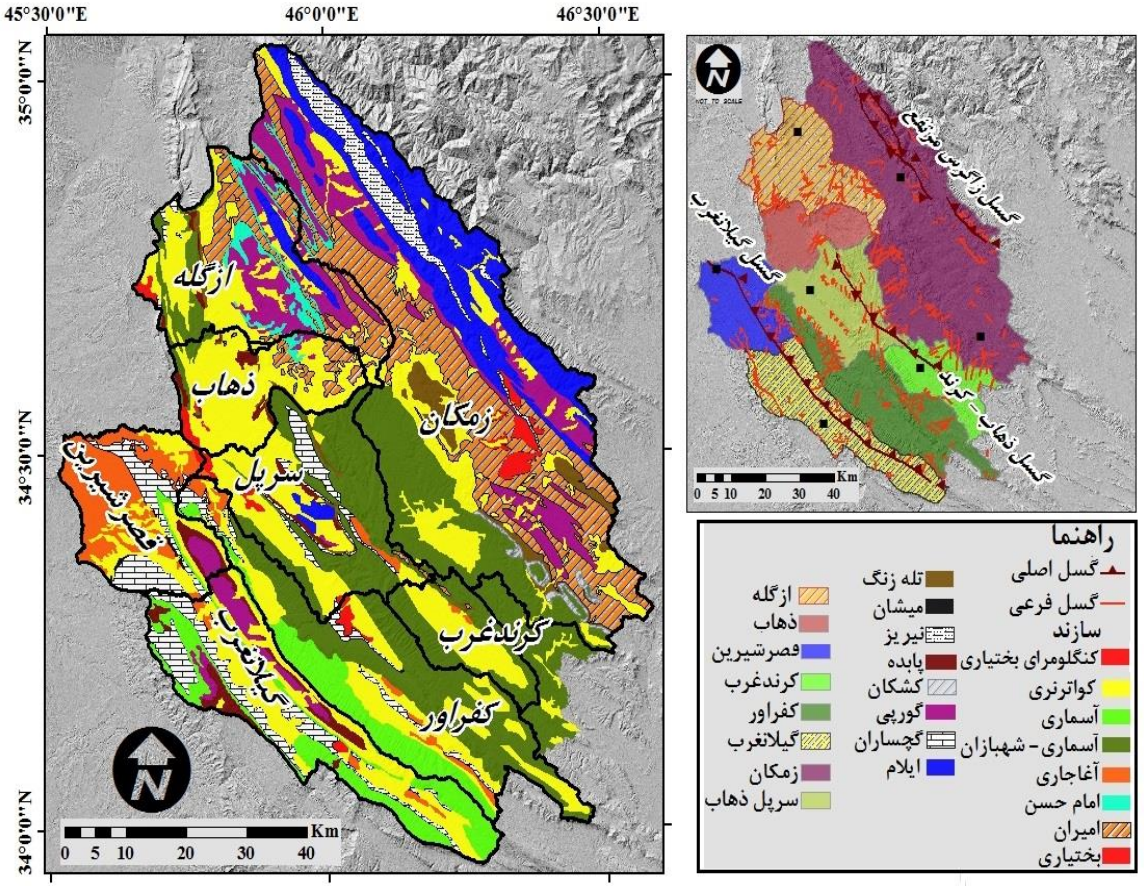
حوضه‌های موردمطالعه در غرب استان کرمانشاه در عرض‌های جغرافیایی ´۰۲ °۳۴ تا ´ ۲۹ °۳۴ شمالی و طول‌های جغرافیایی ´۴۲ °۴۶ تا ´۲۶ °۴۷ شرقی در محدوده‌ی شهرستان‌های گیلانغرب، قصر شیرین، سرپل ذهاب، ثلاث باباجانی، دالاهو و جوانرود واقع شده‌اند (شکل ۱). تمامی این حوضه‌ها به جزء حوضه‌ی کرندغرب، جزء حوضه‌ی مرزی غرب بوده و حوضه‌ی کرندغرب جزء حوضه‌ی کرخه است. زهکش‌های اصلی حوضه‌های موردمطالعه شامل رودخانه‌های گیلانغرب، کفراور، کرندغرب، الوند، قوره‌تیو، شورشیرین و زمکان است.




شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه‌ی موردمطالعه

محدوده‌ی موردمطالعه از نظر زمین‌شناسی در زون زاگرس چین‌خورده واقع شده و گسل‌های اصلی آن از نوع راندگی می‌باشند. گسل زاگرس مرتفع، گسل ذهاب-کرند و گسل قصر شیرین-گیلانغرب، گسل‌های اصلی منطقه بوده و به تبعیت از روند زاگرس دارای روند شمال غرب-جنوب شرق می‌باشند (شکل ۲). گسل‌های فرعی منطقه نیز از نوع گسل‌های نرمال و امتدادلغز هستند و جهت اغلب آن‌ها منطبق بر جهت فشارش صفحه‌ی عربستان، جنوب غرب-شمال شرق است. از نظر لیتولوژی سازندهای با سن ژوراسیک پیشین تا عهد حاضر در منطقه‌ی موردمطالعه رخنمون داشته و از قدیم به جدید عبارت‌اند از: نیریز، ایلام، گورپی، عضو آهکی امام حسن، امیران، تله‌زنگ، پابده، کشکان، آسماری-شهبازان، آسماری، گچساران، میشان، آغاجاری، کنگلومرای بختیاری و نهشته‌های کواترنری. سازندهای نیریز، گورپی، امیران و پابده عمدتاً از شیل تشکیل شده‌اند. سازندهای ایلام، امام حسن، تله‌زنگ، آسماری-شهبازان و شهبازان عمدتاً کربناته بوده و سازند کشکان از سیلتستون، ماسه‌سنگ و کنگلومرا تشکیل شده است. سازندهای گچساران، میشان و

آغاجاری عمدتاً مارنی می‌باشند. سازندهای کربناته آسماری- شهبازان، آسماری و ایلام ارتفاعات منطقه‌ی را تشکیل داده و سازندهای نرم فرسایی گورپی، پابده، امیران، کشکان، گچساران و آغاجاری عمدتاً نواحی تپه ماهوری و فرسایشی را تشکیل داده‌اند (شکل ۲). حوضه‌های گیلانغرب، کفراور، کرندغرب و سرپل ذهاب از نوع ژورائی بوده و ارتفاعات منطبق بر تاقدیس‌های کربناته و ناودیس‌ها منطبق بر دشت‌های پوشیده از رسوبات کواترنری می‌باشند. قسمت اعظم مساحت حوضه‌های قصر شیرین، ذهاب، ازگله و زمکان به علت رخنمون سازندهای شیلی و مارنی فرسایش یافته بوده و دارای مورفولوژی تپه‌ماهوری و در بعضی نواحی بدلندی می‌باشند.




شکل ۲: نقشه‌ی زمین‌شناسی حوضه‌های موردمطالعه در غرب استان کرمانشاه

## ۳- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر مبتنی بر روش‌های توصیفی-تحلیلی، کتابخانه‌ی و محاسبه پارامترهای ژئومورفیک و مورفومتریک است. داده‌های پژوهش شامل DEM سی‌متر SRTM، نقشه‌ی زمین‌شناسی۱:۲۵۰۰۰۰ و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از DEM سی متر منطقه‌ی محدوده و شبکه‌ی زهکشی حوضه‌های موردمطالعه استخراج شده و در ادامه ویژگی‌های توپوگرافی و مورفومتری حوضه‌ها محاسبه گردید. سپس پارمترهای ژئومورفیک SL، Af، Bs و Hi محاسبه شده (جدول ۱) و بر اساس(! Cheng et al, 2016:) طبقه‌بندی گردیدند (جدول ۲). در ادامه، شاخص نسبت تکتونیک فعال (IRAT) بر اساس رابطه‌ی (۱) محاسبه شده و بر اساس مقادیر حاصل از آن فعالیت تکتونیکی حوضه‌های موردمطالعه به پنج طبقه با فعالیت خیلی کم (۰-۱)، فعالیت کم (۱-۲)، فعالیت متوسط (۲-۳)، فعالیت زیاد (۳-۴) و فعالیت خیلی زیاد (۴-۵) تقسیم می‌شود.

معادله‌ی ۱: IRAT=(AF + Hi +Bs +SL)/4 در این معادله IRAT شاخص نسبت تکتونیک فعال بوده و سایر پارامترها شاخص‌ها ژئومورفیک موردمطالعه می‌باشند.

جدول ۱: پارامترهای ژئومورفیک و نحوه‌ی محاسبه‌ی آن‌ها

| پارامتر | فرمول |
|---|---|
| شاخص عدم تقارن حوضه‌ی آبریز Af | Af = (Ar /At) × 100 در این رابطه‌ی Ar مساحت قسمت راست مسیر رود اصلی و At مساحت کل حوضه‌ی زهکشی |
| شاخص شکل حوضه Bs | Bs = Bl / Bw در این رابطه Bl طول حوضه از خروجی تا خط تقسیم آب و Bw پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت حوضه |
| انتگرال هیپسومتریک Hi | Hi=(Hmen - Hmin)/(Hmox - Hmin)، در این رابطه Hmen ارتفاع متوسط حوضه، Hmox ارتفاع حداکثر حوضه و Hmin ارتفاع حداقل حوضه است. |
| شاخص گرادیان طول رودخانه SL | $SL = (\Delta H / \Delta L).L$ در این رابطه Δh اختلاف ارتفاع در یک مقطع مشخص، $\Delta l$ فاصله‌ی افقی در آن مقطع و L طول رودخانه از نقطه‌ی مرکزی مقطع اندازه‌گیری شده تا سرچشمه‌ی رودخانه |

جدول ۲: طبقه‌بندی میزان فعالیت‌های تکتونیکی پارامترهای ژئومورفیک(Cheng et al, 2016: !)

| میزان فعالیت | کلاس | AF | Bs | Hi | SL |
|---|---|---|---|---|---|
| فعالیت خیلی کم | ۱ | <۱ | <۰/۲ | <۰/۳ | <۲۵ |
| فعالیت کم | ۲ | ۱ - ۷/۵ | ۰/۲ - ۰/۴ | ۰/۳۰ - ۰/۳۹ | ۲۵ – ۷۵ |
| فعالیت متوسط | ۳ | ۷/۵ - ۱۵ | ۰/۴ - ۰/۸ | ۰/۰۴ - ۰/۴۹ | ۷۵ -۲۰۰ |
| فعالیت زیاد | ۴ | ۱۵ - ۳۰ | ۰/۸ - ۱/۲ | ۰/۵ - ۰/۵۹ | ۲۰۰ – ۴۰۰ |
| فعالیت خیلی زیاد | ۵ | >۳۰ | >۱/۲ | >۰/۶ | >۴۰۰ |

پارامترهای مورفومتریک مورداستفاده در این پژوهش شامل Dd، R، Rh و Hd است (جدول ۳). درجه‌ی فعالیت تکتونیکی مقادیر پارامترهای مورفومتریک بر اساس رابطه‌ی (۲) ارائه‌شده توسط داویس[9] (۱۹۷۵) محاسبه می‌گردید.

رابطه‌ی ۱: $DTA = \frac{4(X-Xmin)}{(Xmax-Xmin)} + 1$

در این رابطه، DTA درجه‌ی فعالیت تکتونیکی پارامترها، X میزان پارامترهای مورفومتریک، Xmin و Xmox مقادیر حداکثر و حداقل هر یک از پارامترهای مورفومتریک در حوضه‌ها می‌باشند. در ادامه، حاصل جمع پارامترهای مورفومتری پنج‌گانه در هر حوضه محاسبه شده و بر اساس مقادیر آن حوضه‌های موردمطالعه به پنج طبقه با فعالیت تکتونیکی خیلی کم تا خیلی زیاد تقسیم می‌گردد (جدول ۳). درنهایت، بر اساس یافته‌های پژوهش و مدنظر قرار دادن شرایط زمین‌شناسی حوضه‌های موردمطالعه وضعیت تکتونیک فعال در آن‌ها مشخص می‌گردد.

جدول ۳: پارامترهای مورفومتریک و نحوه‌ی محاسبه‌ی آن‌ها و پهنه‌های خطر فعالیت

| پارامتر | فرمول | مقادیر عددی | میزان فعالیت |
|---|---|---|---|
| تراکم زهکشی Dd | Dd: D=Lu/A ؛ در این رابطه Lu مجموع طول آبراهه، A مساحت حوضه | ۴ – ۰ | خیلی کم |
| ناهمواری حوضه R | R=Rmox - Rmin؛ در این رابطه Hmox حداکثر ارتفاع حوضه، Hmin حداقل ارتفاع حوضه | ۸ – ۴ | کم |
| نسبت ناهمواری Rr | Rr=(R)/LB؛ در این رابطه R ناهمواری حوضه، LB | ۱۲ – ۸ | متوسط |

9- Davis

| | | | |
|---|---|---|---|
| | طول حوضه | | |
| عدد ناهمواری Hd | Hd=Dd *(R/1000): در این رابطه R ناهمواری حوضه و Dd تراکم زهکشی حوضه | ۱۲- ۱۶ | زیاد |
| | | ۱۶ - ۲۰ | خیلی زیاد |

## ۴- یافته‌ها

جدول (۱) مساحت و شرایط توپوگرافی حوضه‌های موردمطالعه را نشان داده که بر اساس آن، حوضه‌ی زمکان با مساحت ۲۳۳۹ کیلومترمربع جزء حوضه‌های بزرگ بوده و سایر حوضه‌ها جزء حوضه‌های متوسط می‌باشند. حوضه‌های کرندغرب و زمکان و حوضه‌های قصر شیرین، ازگله و ذهاب از نظر ارتفاع میانگین به ترتیب مرتفع‌ترین و پست‌ترین حوضه‌های موردمطالعه می‌باشند. سازندهای سخت شامل سازندهای کربناته ایلام، آسماری، تله‌زنگ، امام حسن، آسماری شهبازان و کنگلومرا بختیاری بوده و سازندهای سست شامل نهشته‌های کواترنری و سازندهای شیلی و مارنی گورپی، پابده، امیران، کشکان، میشان، گچساران و آغاجاری است که عمدتاً نرم‌فرسا بوده و در مقابل فرسایش آبی حساس می‌باشند. حدود ۳٪ مساحت حوضه‌ی قصر شیرین از سازندهای سخت پوشیده و این حوضه بیش‌ترین میزان رخنمون سازندهای سست (۹۷٪) را داراست. در حوضه‌های ذهاب، ازگله، گیلانغرب و زمکان سازندهای سست و فرسایش‌پذیر به ترتیب ۸۸٪، ۷۵٪، ۶۹٪ و ۵۹٪ مساحت این حوضه‌ها را دربرگرفته‌اند. در حوضه‌های کفراور، کرندغرب و سرپل سازندهای سخت کربناته به ترتیب در حدود ۶۴٪، ۵۶٪ و ۵۴٪ مساحت این حوضه‌ها رخنمون دارند.

جدول ۴: ویژگی‌های توپوگرافی و لیتولوژیکی حوضه‌های موردمطالعه

| حوضه | گیلانغرب | کفراور | کرندغرب | زمکان | ازگله | ذهاب | سرپل | قصر شیرین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مساحت $Km^2$ | ۷۲۶ | ۸۶۸ | ۲۳۶ | ۲۳۳۹ | ۷۲۵ | ۳۹۹ | ۶۵۸ | ۴۸۹ |
| طول حوضه Km | ۸۶ | ۹۳ | ۳۸ | ۱۴۳ | ۵۴ | ۳۶ | ۴۷ | ۴۵ |
| حداکثر ارتفاع m | ۲۳۳۵ | ۲۴۸۲ | ۲۴۸۲ | ۲۵۴۷ | ۲۵۵۱ | ۲۵۶۸ | ۲۵۶۳ | ۱۱۴۶ |
| حداقل ارتفاع m | ۴۲۸ | ۴۶۱ | ۱۳۴۶ | ۵۱۱ | ۳۸۲ | ۴۲۸ | ۴۷۵ | ۲۳۱ |
| ارتفاع میانگین m | ۱۱۵۰ | ۱۲۸۴ | ۱۶۸۹ | ۱۴۹۴ | ۸۲۰ | ۸۵۱ | ۱۱۹۳ | ۴۹۷ |
| درصد سازندهای سست | ٪۶۹ | ٪۳۶ | ٪۴۴ | ٪۵۹ | ٪۷۵ | ٪۸۸ | ٪۴۶ | ٪۹۷ |
| درصد سازندهای سخت | ٪۳۱ | ٪۶۴ | ٪۵۶ | ٪۴۱ | ٪۲۶ | ٪۱۲ | ٪۵۴ | ٪۳ |

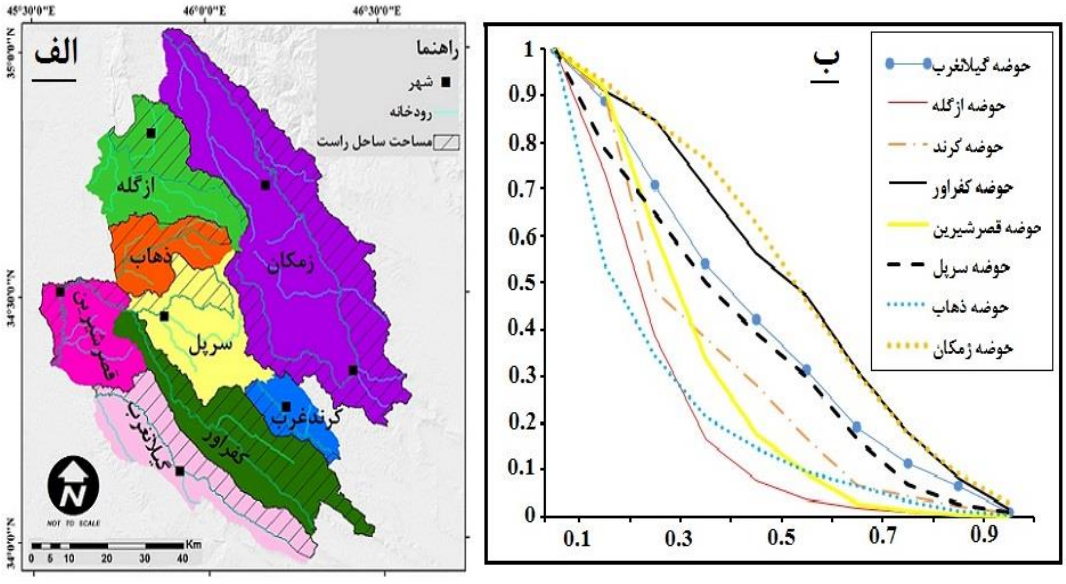
### ۴-۱- پارامترهای ژئومورفیک

شاخص عدم تقارن (Af) به ارزیابی کج‌شدگی حوضه ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی و یا فرسایش تفریقی ناشی از کنترل لیتولوژی در حوضه‌های زهکشی پرداخته و میزان آن در رودخانه‌های در حال تعادل حدود ۵۰٪ است. مقادیر کم‌تر یا بیش‌تر از این مقدار بیانگر تأثیرات تکتونیکی و لیتولوژیکی است. مقادیر بیش از ۵۰٪ بیانگر عمل بالاآمدگی در ساحل راست و کم‌تر از ۵۰٪ بیانگر بالاآمدگی در ساحل چپ آبراهه‌ی اصلی است( El Hamdouni et al, 2008: 156). برای محاسبه‌ی شاخص AF، پارامتر Ar در حوضه‌های موردمطالعه محاسبه گردید (شکل ۳ الف). پارامتر AF در حوضه‌های موردمطالعه دارای مقادیری بین ۲۳٪ تا ۶۳٪ است (جدول ۲). در حوضه‌های گیلانغرب و کفراور، ساحل راست رودخانه دچار بالاآمدگی شده و در سایر حوضه‌ها ساحل چپ رودخانه بالاآمده است(Cheng et al, 2016:!). طبقه‌بندی این شاخص را بر اساس تفریق مقدارAF از ۵۰٪ در نظر گرفته و بر اساس این روش، حوضه‌های گیلانغرب، زمکان، ازگله و ذهاب دارای فعالیت تکتونیکی کم، حوضه‌های کفراور و کرند دارای فعالیت متوسط تکتونیکی و حوضه-های سرپل و قصر شیرین دارای فعالیت تکتونیکی زیاد می‌باشند (جدول ۵).

جدول ۵: مقادیر شاخص Af حوضه‌های موردمطالعه

| حوضه | $Ar(Km^2)$ | $At(Km^2)$ | Af | کلاس |
|---|---|---|---|---|
| گیلانغرب | ۴۱۱ | ۷۲۶ | ٪۵۶ | فعالیت کم تکتونیکی |
| کفراور | ۵۵۳ | ۸۶۸ | ٪۶۳ | فعالیت متوسط تکتونیکی |
| کرندغرب | ۸۸ | ۲۳۶ | ٪۳۷ | فعالیت متوسط تکتونیکی |
| زمکان | ۱۰۵۹ | ۲۳۳۹ | ٪۴۵ | فعالیت کم تکتونیکی |
| ازگله | ۳۱۲ | ۷۲۵ | ٪۴۳ | فعالیت کم تکتونیکی |
| ذهاب | ۱۸۵ | ۳۹۹ | ٪۴۶ | فعالیت کم تکتونیکی |
| سرپل | ۱۷۲ | ۶۵۸ | ٪۲۶ | فعالیت زیاد تکتونیکی |
| قصر شیرین | ۱۱۶ | ۴۸۹ | ٪۲۳ | فعالیت زیاد تکتونیکی |

منحنی‌های هیپسومتریک ترسیم‌شده برای حوضه‌های موردمطالعه، طیف از منحنی‌های محدب و مقعر را نشان می‌دهند (شکل ۳ ب). منحنی هیپسومتری حوضه‌های زمکان و کفراور دارای تحدب نسبتاً زیاد است. حوضه‌های ذهاب و ازگله، دارای منحنی با تعقر زیاد، حوضه‌های قصر شیرین و کرندغرب دارای منحنی با تعقر کم و حوضه‌های گیلانغرب و سرپل نیز دارای منحنی هیپسومتریک خطی می‌باشند. مقادیر بالای انتگرال هیپسومتریک بیانگر تکتونیک فعال و مقادیر کم آن بیانگر حوضه‌های فرسایش یافته با فعالیت کم تکتونیکی است( Mahmood and Gloaguen, 2012:2012). مقادیر این پارامتر در حوضه‌های موردمطالعه بین ۰/۱۹ تا ۰/۴۸ بوده و طبقه‌بندی آن‌ها بر اساس روش چینگ و همکاران (۲۰۰۶) نشان می‌دهد که حوضه‌های کفراور و زمکان دارای فعالیت تکتونیکی متوسط، حوضه‌های گیلانغرب، کرندغرب و سرپل دارای فعالیت تکتونیکی کم و حوضه‌های ازگله، ذهاب و قصر شیرین دارای فعالیت تکتونیکی خیلی کم می‌باشند (جدول ۶).




شکل ۳: الف)- پارامتر ساحل راست رودخانه و ب)- منحنی هیپسومتریک و مقادیر شاخص انتگرال حوضه‌های موردمطالعه

جدول ۶: مقادیر شاخص Hi در حوضه‌های موردمطالعه

| حوضه | گیلانغرب | کفراور | کرندغرب | زمکان | ازگله | ذهاب | سرپل | قصر شیرین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hi | ۰/۳۷ | ۰/۴۰ | ۰/۳۰ | ۰/۴۸ | ۰/۲۰ | ۰/۱۹ | ۰/۳۴ | ۰/۲۹ |

هوک[10] (۱۹۷۳) برای اولین بار شاخص گرادیان رودخانه را برای ارزیابی تأثیرات محیطی همچون تکتونیک، لیتولوژی و اقلیم بر نیمرخ رودخانه ارائه کرد. کلر و پینتر[11] (۲۰۰۲) شاخص SL را یک شاخص مهم برای ارزیابی تکتونیک فعال به شمار آورده و معتقدند که مقادیر بالای این شاخص بر روی سازندهای نرم نشان‌دهنده‌ی فعالیت‌های تکتونیکی اخیر بوده و مقادیر بسیار بالا و غیرعادی این شاخص نیز بیانگر عبور رودخانه از حریم گسل‌های فعال است؛ بنابراین مقادیر بالای شاخص گرادیان رودخانه در هر منطقه، بیانگر تکتونیک فعال آن منطقه است. مقادیر شاخص SL در حوضه‌های موردمطالعه از ۱۲۲ تا ۱۵۶۹ متغیر بوده (جدول ۷) و این مقادیر بیانگر تکتونیک فعال حوضه‌های غرب استان کرمانشاه است. بر اساس طبقه‌بندی چینگ و همکاران (۲۰۱۶) حوضه کرندغرب دارای فعالیت تکتونیکی متوسط، حوضه‌های گیلانغرب و قصر شیرین دارای فعالیت زیاد تکتونیکی و حوضه‌های زمکان، سرپل، ازگله و ذهاب دارای فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد می‌باشند.

جدول ۷: مقادیر شاخص SL در حوضه‌های موردمطالعه

| حوضه | ارتفاع | $\Delta h(m)$ | $\Delta L(m)$ | L(m) | SL | کلاس |
|---|---|---|---|---|---|---|
| گیلانغرب | ۱۳۵۰-۴۵۰ | ۹۰۰ | ۷۷۴۸۷ | ۳۰۶۲۳ | ۳۵۵ | فعالیت زیاد تکتونیکی |
| کفراور | ۱۶۰۰ -۵۰۰ | ۱۱۰۰ | ۸۲۰۲۵ | ۳۵۸۳۰ | ۴۸۰ | فعالیت خیلی زیاد تکتونیکی |
| کرندغرب | ۱۵۵۰ -۱۳۵۰ | ۲۰۰ | ۳۲۹۱۶ | ۲۰۱۷۴ | ۱۲۲ | فعالیت متوسط تکتونیکی |
| زمکان | ۱۸۰۰- ۵۰۰ | ۱۳۰۰ | ۱۰۰۵۷۲ | ۱۲۱۳۸۵ | ۱۵۶۹ | فعالیت خیلی زیاد تکتونیکی |
| ازگله | ۱۴۰۰-۴۰۰ | ۱۰۰۰ | ۴۴۲۷۲ | ۱۸۵۴۸ | ۴۱۸ | فعالیت خیلی زیاد تکتونیکی |
| ذهاب | ۱۳۵۰ – ۴۵۰ | ۹۰۰ | ۲۷۲۸۰ | ۱۸۰۸۶ | ۵۹۶ | فعالیت خیلی زیاد تکتونیکی |
| سرپل | ۲۰۵۰ – ۴۷۵ | ۱۵۷۵ | ۳۵۱۷۱ | ۲۹۴۰۳ | ۱۳۱۶ | فعالیت خیلی زیاد تکتونیکی |
| قصر شیرین | ۵۰۰- ۲۳۰ | ۲۷۰ | ۳۰۳۲۲ | ۴۱۱۷۸ | ۳۶۶ | فعالیت زیاد تکتونیکی |

شاخص نسبت شکل حوضه (Bs) برای ارزیابی میزان فعالیت تکتونیک بکار می‌رود. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده‌ی حوضه‌های زهکشی کشیده و باریک بوده که دارای فعالیت تکتونیکی زیاد بوده و مقادیر کم آن بیانگر حوضه‌های گرد و فعالیت تکتونیکی کم است(El Hamdouni et al, 2008: 158). مقادیر شاخص Bs در حوضه‌های موردمطالعه بین ۰/۸۳ تا ۴/۷۰ متغیر است (جدول ۸). طبقه‌بندی مقادیر این پارامتر بر اساس داده‌های جدول (۲) نشان می‌دهد که حوضه‌ی قصر شیرین دارای فعالیت تکتونیکی زیاد و سایر حوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد می‌باشند.

10- Hack
11- Keller and Pinter

جدول ۸: مقادیر پارامترها و شاخص Bs در حوضه‌های موردمطالعه

| حوضه | گیلانغرب | کفراور | کرندغرب | زمکان | ازگله | ذهاب | سرپل | قصر شیرین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BI | ۶۸۹۰۵ | ۸۳۴۱۱ | ۲۹۳۱۲ | ۱۰۴۷۱۲ | ۴۴۵۰۷ | ۳۱۲۲۱ | ۴۱۷۳۰ | ۲۶۱۱۲ |
| BW | ۱۸۷۹۰ | ۱۷۷۳۰ | ۱۲۵۰۳ | ۳۸۴۷۱ | ۳۰۷۴۰ | ۱۸۴۹۲ | ۳۵۵۶۱ | ۳۲۵۱۸ |
| Bs | ۳/۶۶ | ۴/۷۰ | ۲/۳۴ | ۲/۷۲ | ۱/۴۴ | ۱/۶۸ | ۱/۱۷ | ۰/۸۰ |

پس از محاسبه‌ی پارامترهای ژئومورفیک شاخص IRAT برای حوضه‌های موردمطالعه بر اساس رابطه‌ی (۱) محاسبه گردید. مقادیر این شاخص در حوضه‌های غرب استان کرمانشاه بین ۳/۲۵ تا ۴ بوده و بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی زیاد در حوضه‌های گیلانغرب، کرندغرب، زمکان، ازگله، ذهاب و قصر شیرین و فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد در حوضه‌های کفراور و سرپل است (جدول ۹).

جدول ۹: کلاس‌بندی شاخص‌های ژئومورفیک و مقادیر شاخص IRAT در حوضه‌های موردمطالعه

| شاخص | گیلانغرب | کفراور | کرندغرب | زمکان | ازگله | ذهاب | سرپل | قصر شیرین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AF | ۲ | ۳ | ۳ | ۲ | ۲ | ۲ | ۴ | ۴ |
| Hi | ۲ | ۳ | ۲ | ۳ | ۱ | ۱ | ۲ | ۱ |
| SL | ۴ | ۵ | ۳ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۴ |
| Bs | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۵ | ۴ |
| IRAT | ۳/۲۵ | ۴ | ۳/۲۵ | ۳/۷۵ | ۳/۲۵ | ۳/۲۵ | ۴ | ۳/۲۵ |
| میزان فعالیت | زیاد | خیلی زیاد | زیاد | زیاد | زیاد | زیاد | خیلی زیاد | زیاد |

## ۴-۲- پارامترهای مورفومتریک

مقادیر پارامتر تراکم زهکشی حوضه‌های موردمطالعه بین ۲/۳۲ تا ۴/۲۱ بود و این مقادیر حاکی از تراکم متوسط تا زیاد حوضه‌های موردمطالعه است. حوضه‌های قصر شیرین و ازگله به علت رخنمون سازندهای فرسایش‌پذیر دارای بیش‌ترین مقادیر پارامتر تراکم زهکشی بوده و حوضه‌های کفراور و کرندغرب دارای کم‌ترین میزان این پارامتر می‌باشند (جدول ۱۰). شوکال و همکاران[12] (۲۰۱۳) و آناندا و پرادهان (۲۰۱۹) معتقدند که مقادیر بالای این پارامتر بیانگر تکتویک فعال بوده و بر این اساس حوضه‌های کفراور و کرندغرب دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و سایر حوضه‌های موردمطالعه دارای فعالیت تکتونیکی زیاد می‌باشند. مقادیر پارامتر ناهمواری حوضه‌های موردمطالعه بین ۹۱۵ تا ۲۱۶۹ متر متغیر است (جدول ۱۰). حوضه‌های زمکان، کفراور، ازگله، ذهاب و سرپل دارای مقادیر ناهمواری بیش از ۲۰۰۰ متر بوده و حوضه قصر شیرین با ۹۱۵ متر کم‌ترین میزان این پارامتر را داراست. مقادیر بالای این پارامتر بیانگر پتانسیل فرسایش بالا و فعالیت‌های تکتونیکی زیاد است(Farhan et al, 2014: 469).

آناندا و پرادهان (۲۰۱۹) طبقه‌بندی ارائه داده‌اند که در آن حوضه‌های به ترتیب با مقادیر ناهمواری بالای ۱۶۰۰ متر، بین ۱۶۰۰ تا ۱۳۰۰ متر و کم‌تر از ۱۳۰۰ متر دارای فعالیت زیاد، متوسط و کم تکتونیکی می‌باشند. حوضه‌های قصر شیرین و کرندغرب بر اساس مقادیر ناهمواری به ترتیب دارای فعالیت کم و متوسط تکتونیکی بوده و سایر حوضه-ها دارای فعالیت زیاد تکتونیکی می‌باشند. بررسی میزان مقادیر پارامتر نسبت ناهمواری در حوضه‌های موردمطالعه تفاوت قابل‌توجهی را نشان داده و حوضه‌های زمکان و ذهاب به ترتیب کم‌ترین (۰/۰۱۶) و بیش‌ترین (۰/۰۵۹) میزان این پارامتر را دارا می‌باشند (جدول ۳). شوکال و همکاران (۲۰۱۶) طبقه‌بندی برای پارامتر نسبت ناهمواری ارائه دادند که بر اساس آن به ترتیب حوضه‌های با مقادیر < ۰/۱، با مقادیر بین ۰/۰۵ تا ۰/۱ و مقادیر ۰/۰۵> دارای فعالیت

12- Shukla et al

تکتونیکی زیاد، متوسط و کم بوده و بر این اساس، حوضه‌ی ذهاب دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و سایر حوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی کم می‌باشند. شاخص عدد ناهمواری در حوضه‌های موردمطالعه مقادیری بین ۲/۷۳ تا ۹/۰۲ را نشان می‌دهند (جدول ۱۰). مقادیر بالای این پارامتر جوان‌سازی حوضه‌ها را به دلیل بالاآمدگی تکتونیکی نشان می‌دهد(Farhan et al, 2014: 469). آناندا و پرادهان (۲۰۱۹) مقادیر عدد ناهمواری بالاتر از ۳/۲۵ را بیانگر فعالیت تکتونیکی زیاد دانسته و بر این اساس، حوضه‌ی کرندغرب دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و سایر حوضه‌ها دارای فعالیت تکتونیکی زیاد می‌باشند.

جدول ۱۰: مقادیر پارامترهای مورفومتریک حوضه‌های موردمطالعه

| حوضه | گیلانغرب | کفراور | کرندغرب | زمکان | ازگله | ذهاب | سرپل | قصر شیرین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dd | ۳/۶۲ | ۲/۳۲ | ۲/۴۱ | ۳/۷۱ | ۴/۱۶ | ۳/۸۷ | ۲/۵۱ | ۴/۲۱ |
| R | ۱۹۰۷ | ۲۰۲۱ | ۱۱۳۶ | ۲۰۳۶ | ۲۱۶۹ | ۲۱۴۰ | ۲۰۸۸ | ۹۱۵ |
| Rr | ۰/۰۲۲ | ۰/۰۲۱ | ۰/۰۳۰ | ۰/۰۱۶ | ۰/۰۴۰ | ۰/۰۵۹ | ۰/۰۴۴ | ۰/۰۲۱ |
| Hd | ۶/۹۰ | ۴/۶۸ | ۲/۷۳ | ۷/۵۵ | ۹/۰۲ | ۸/۲۸ | ۵/۲۴ | ۳/۸۵ |

پس از محاسبه‌ی پارامترهای مورفومتریک شاخص، درجه‌ی فعالیت برای حوضه‌های موردمطالعه بر اساس رابطه‌ی (۲) محاسبه گردید. مقادیر شاخص درجه فعالیت در حوضه‌های غرب استان کرمانشاه بین ۶/۱۹ تا ۱۸/۶۱ است. بر این اساس حوضه‌های کرندغرب، کفراور و قصر شیرین دارای فعالیت تکتونیکی متوسط، حوضه‌های گیلانغرب، سرپل و زمکان دارای فعالیت تکتونیکی زیاد و حوضه‌های ازگله و ذهاب دارای فعالیت تکتونیکی خیلی زیاد می‌باشند (جدول ۱۱).

جدول ۱۱: کلاس‌بندی شاخص‌های مورفومتریک و مقادیر شاخص درجه فعالیت در حوضه‌های موردمطالعه

| شاخص | گیلانغرب | کفراور | کرندغرب | زمکان | ازگله | ذهاب | سرپل | قصر شیرین |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Dd | ۳/۷۵ | ۱ | ۱/۹۴ | ۳/۹۴ | ۴/۸۹ | ۴/۲۸ | ۱/۴۲ | ۵ |
| R | ۴/۱۶ | ۴/۵۲ | ۲/۵۴ | ۴/۵۷ | ۵ | ۴/۹۰ | ۴/۷۴ | ۱ |
| Rr | ۱/۵۵ | ۱/۴۶ | ۲/۶۸ | ۱ | ۳/۲۳ | ۵ | ۳/۶ | ۳/۸۵ |
| Hd | ۳/۵۷ | ۲/۲۰ | ۱ | ۳/۹۷ | ۵ | ۴/۴۳ | ۲/۵۵ | ۱/۶۹ |
| DAT | ۱۳/۰۳ | ۹/۱۸ | ۸/۱۶ | ۱۳/۴۸ | ۱۸/۱۲ | ۱۸/۶۱ | ۱۲/۳۱ | ۹/۱۵ |
| میزان فعالیت | زیاد | متوسط | متوسط | زیاد | خیلی زیاد | خیلی زیاد | زیاد | متوسط |

## ۵- بحث و نتایج

شاخص‌های ژئومورفیک به‌کاررفته در این پژوهش علاوه بر انعکاس وضعیت تکتونیک فعال منطقه، تأثیرات عوامل لیتولوژیکی و ساختاری منطقه در مقادیر شاخص‌های ژئومورفیک را نیز بازتاب می‌دهد. ارزیابی نتایج شاخص عدم تقارن رودخانه در حوضه‌های موردمطالعه نشان می‌دهد که برخلاف نتایج سایر شاخص‌های ژئومورفیک این شاخص میزان فعالیت‌های تکتونیکی را در بیش‌تر حوضه‌های موردمطالعه کم برآورد نموده است. مقادیر کم این شاخص در حوضه‌ی زمکان به دلیل جریان سرشاخه‌ی اصلی حوضه‌ی زمکان در دره‌ی گسلی، گسل زاگرس مرتفع بوده و در حوضه‌های ازگله، ذهاب و گیلانغرب دلیل این امر، ژئومورفولوژی فرسایش‌یافته‌ی این حوضه‌هاست. لیتولوژی فرسایش‌پذیر و شرایط ژئومورفولوژیکی ناشی از آن و تعدد سرشاخه‌ها در این حوضه‌ها می‌تواند در مقادیر کم شاخص عدم تقارن رودخانه نقش داشته باشد. ارزیابی شکل منحنی‌های انتگرال هیپسومتریک حوضه‌های موردمطالعه طیفی از اشکال محدب، خطی و معقر با تحدب کم‌وزیاد را نشان می‌دهد. ارزیابی وضعیت لیتولوژیکی و منحنی هیپسومتریک حوضه‌ها نشان می‌دهد که عامل لیتولوژی تنها عامل مؤثر در شکل منحنی هیپسومتریک نیست؛ زیرا حوضه‌های

گیلانغرب و زمکان با رخنمون ۶۹٪ و ۵۹٪ سازندهای سست در سطح حوضه به ترتیب دارای منحنی‌های خطی و محدب می‌باشند؛ بنابراین فعالیت‌های تکتونیکی در شکل منحنی هیپسومتریک در حوضه‌های موردمطالعه نقش دارد.

مقادیر شاخص انتگرال هیپسومتریک نیز تنها بیانگر فعالیت متوسط تکتونیکی در حوضه‌های زمکان و کفراور بوده و سایر حوضه‌ها داری فعالیت تکنویکی کم و خیلی کم می‌باشند. بررسی وضعیت ساختاری منطقه نشان می‌دهد که منحنی هیپسومتریک محدب و مقادیر بالای شاخص انتگرال آن در حوضه‌های زمکان و گیلانغرب به ترتیب ناشی از بالاآمدگی گسل زاگرس مرتفع و راندگی گیلانغرب است. این امر در حوضه‌ی کفراور بیش‌تر ناشی از شرایط لیتولوژیکی (رخنمون ۶۴٪ سازند سخت) است. مقادیر کم انتگرال هیپسومتریک در حوضه‌های ذهاب، ازگله و قصر شیرین نیز تحت تأثیر رخنمون گسترده سازندهای فرسایش‌پذیر است. بر اساس تحقیقات انجام‌گرفته در مناطق مختلف شاخص گرادیان رودخانه به فعالیت‌های تکتونیکی بسیار حساس است. نتایج به‌دست‌آمده از شاخص گرادیان رودخانه علیرغم رخنمون گسترده‌ی سازندهای نرم‌فرسا در حوضه‌های موردمطالعه حاکی از فعالیت زیاد تکتونیکی در محدوده‌ی غرب استان کرمانشاه است. مقادیر بالای شاخص گرادیان رودخانه زمکان و سرپل به علت تأثیرات گسل زاگرس مرتفع و گسل ذهاب است. مقادیر شاخص نسبت شکل حوضه در تمامی حوضه‌ها بیانگر ادامه‌ی فعالیت‌های تکتونیکی با شدت کم‌تر در حوضه‌ی قصر شیرین و شدت بیش‌تر در سایر حوضه‌هاست. بر اساس شاخص IRAT که حاصل کلاس‌بندی و میانگین‌گیری از شاخص‌های ژئومورفیک است، تمامی حوضه‌های موردمطالعه دارای فعالیت تکتونیکی زیاد و خیلی زیاد می‌باشند. پارامترهای مورفومتریک مورداستفاده در این پژوهش نیز بیانگر فعال بودن تکتونیک منطقه و دخالت ویژگی‌های لیتولوژیکی در مقادیر این پارامترهاست.

مقادیر پارامتر تراکم زهکشی در حوضه‌های موردمطالعه تحت تأثیر شرایط لیتولوژیکی بوده و حوضه‌های قصر شیرین، ازگله و ذهاب به علت رخنمون گسترده سازندهای فرسایش‌پذیر دارای بیش‌ترین میزان این پارامتر می‌باشند. مقادیر پارامتر تراکم زهکشی بیانگر فعالیت تکتونیک زیاد و خیلی زیاد در حوضه‌های موردمطالعه است. مقادیر پارامتر ناهمواری در حوضه‌های موردمطالعه بیانگر شدت متغیر فعالیت تکتونیکی در آن‌ها بوده و حوضه‌ی قصر شیرین به علت لیتولوژی فرسایش‌پذیر دارای فعالیت تکتونیکی کم و سایر حوضه‌ها به علت توپوگرافی ناهموار و تنوع لیتولوژیکی و جوان‌سازی ارتفاعات دارای فعالیت تکتونیکی متوسط تا خیلی زیاد می‌باشند. حوضه‌های موردمطالعه عموماً کشیده بوده و دارای طول زیاد می‌باشند؛ به این دلیل، مقادیر پارامتر ناهمواری در تمامی حوضه‌های موردمطالعه دارای مقادیر کم است. مقادیر پارامتر ناهمواری بیانگر فعالیت تکتونیکی کم در حوضه‌های موردمطالعه است. نتایج پارامتر عدد ناهمواری تحت تأثیر مقادیر پارامترهای تراکم زهکشی و ناهمواری حوضه‌هاست. بر اساس مقادیر این پارامتر حوضه‌ی کرند به علت تراکم زهکشی و ناهمواری کم دارای فعالیت تکتونیکی متوسط و سایر حوضه‌ها به علت تراکم بالای زهکشی و ناهمواری بالا دارای فعالیت تکتونیک زیاد می‌باشند. بر اساس شاخصDAT حوضه‌های موردمطالعه دارای فعالیت‌های تکتونیکی متوسط تا خیلی زیاد می‌باشند.

## ۶- نتیجه‌گیری

در این پژوهش متناسب با هدف آن از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک برای ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه‌های غرب استان کرمانشاه استفاده شده است. هر یک از این حوضه‌ها از نظر شرایط لیتولوژیکی، ساختاری و توپوگرافی دارای ویژگی‌های خاص خود می‌باشند. پارامترهای ژئومورفیک علاوه بر تکتونیک تحت تأثیر شرایط لیتولوژیکی و ویژگی‌های ساختاری حوضه قرار دارند. پارامتر شاخص گرادیان رودخانه تأثیرپذیری کمی از شرایط لیتولوژیکی حوضه‌ها داشته و همراه با پارامتر نسبت شکل حوضه در بیش‌تر زیرحوضه‌ها نشانگر تکتونیک فعال بوده‌اند. شاخص انتگرال هیپسومتریک تاثیرپذیری قابل‌توجهی از شرایط لیتولوژیکی داشته و شاخص عدم تقارن نیز از شرایط لیتولوژیکی و ساختاری حوضه‌های موردمطالعه تأثیر پذیرفته است. طبقه‌بندی نهایی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه-های موردمطالعه بر اساس شاخص IRAT بیانگر فعالیت تکتونیکی زیاد تا خیلی زیاد در این حوضه‌هاست. نتایج این

پژوهش با نتایج پژوهش‌های مقصودی و همکاران (۱۳۹۰)، یمانی و همکاران (۱۳۸۰)، علائی و همکاران (۱۳۹۳) همخوانی دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که ویژگی‌های لیتولوژیکی و ساختاری متفاوت حوضه‌ها در نتیجه‌ی نهایی شاخصIRAT بازتاب چندانی نداشته و کلیه‌ی حوضه‌ها دارای شرایط فعالیت تکتونیکی زیاد تا خیلی زیاد می‌باشند. پارامترهای مورفومتری به‌کاررفته در این پژوهش عمدتاً از نوع پارامترهای ناهمواری هستند. پارامترهای مورفومتریک تحت تأثیر ویژگی‌های لیتولوژیکی و مورفومتری حوضه‌ها (طول حوضه) قرار داشته و در این میان پارامتر تراکم زهکشی بیش‌ترین تاثیرپذیری را از شرایط لیتولوژی حوضه‌ها داشته است. در نتایج شاخص DAT تفاوت‌های شرایط لیتولوژیکی و ساختاری حوضه‌ها در نتیجه‌ی نهایی بازتاب یافته است. همچنین بر خلاف نتایج شاخص‌های ژئومورفیک که تمامی حوضه‌ها در دو طبقه فعالیت تکتونیکی قرار گرفته بر اساس شاخص‌های مورفومتری حوضه‌های موردمطالعه در سه طبقه فعالیت تکتونیکی متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. نتایج مطالعات بهرامی و همکاران (۱۳۹۳) بر اساس پارامترهای مورفومتریک در دو زیر حوضه‌ی پیران و پاتاق از زیرحوضه‌های سرپل ذهاب حاکی از وضعیت تکتونیک فعال آن‌ها بوده و نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر در حوضه‌ی سرپل ذهاب همخوانی دارد. درنهایت می‌توان اذعان داشت که محدوده‌ی حوضه‌های موردمطالعه در غرب استان کرمانشاه بر اساس نتایج پارامترهای مورفومتریک و ژئومورفیک از نظر تکتونیکی فعال می‌باشند، اما میزان فعالیت تکتونیکی حوضه‌ها با توجه به شرایط زمین‌شناسی از شدت و ضعف برخوردار بوده و پارامترهای مورفومتریک به علت استانداردسازی قادر به بازتاب شرایط لیتولوژیکی و ساختاری هستند؛ بنابراین به نظر می‌رسد، پارامترهای مورفومتریک در حوضه‌های با تنوع لیتولوژیکی بالا کارایی بهتری برای ارزیابی وضعیت تکتونیک فعال دارند.

## ۷- منابع


۱. بازیار، رزیتا، ایزدی‌کیان، لیلی (۱۳۹۷). ارزیابی فعالیت تکتونیکی جنوب باختر زرین‌رود (جنوب زنجان)، فصلنامه‌ی زمین-ساخت، شماره‌ی ۵، صص ۹۵-۸۱.

۲. بهرامی، شهرام، اکبری، الهه، معتمدی‌راد، الهه (۱۳۹۳). تحلیل ژئومتری حوضه‌های زهکشی با استفاده از شواهد ژئومورفولوژی تکتونیک (مطالعه‌ی موردی: چهار حوضه‌ی زهکشی صدخرو، کلاته‌سادات، فاروب رومان و گلیان)، مجله‌ی فضای جغرافیایی، شماره‌ی ۴۸، صص ۲۲۲-۱۹۹.

۳. بهرامی، شهرام، مقصودی، مهران، بهرامی، کاظم (۱۳۹۳). بررسی نقش تکتونیک در ناهنجاری مورفومتری شبکه‌ی زهکشی در چهار حوضه‌ی آبخیز در زاگرس، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، شماره‌ی ۷۶، صص ۷۱-۵۱.

۴. رحیم‌زاده، زهرا، علایی طالقانی، محمود، رضاپور، علی (۱۳۹۳). ارزیابی کمی فعالیت‌های نئوتکتونیک با تکیه بر شواهد ژئومرفیکی در حوضه‌ی ریجاب، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی ۲۹ (۲)، صص ۲۲۴-۲۱۱.

۵. سمندری، نسرین، روستایی، شهرام (۱۳۹۵). بررسی تکتونیک فعال حوضه‌ی اسکو چای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، مجله‌ی مخاطرات طبیعی، شماره‌ی ۹، صص ۷۵-۵۵.

۶. شعبانی، الهام (۱۳۸۳). برآورد خطر زمین‌لرزه‌ی گستره‌ی کرمانشاه-سنندج به روش احتمالی، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، صص ۱۱۲-۱.

۷. کرمی، فریبا، خطیبی، مریم و اباذری، کلثوم (۱۳۹۷). تحلیل ناهنجاری‌های شبکه‌ی زهکشی و ارتباط آن با تکتونیک فعال در حوضه‌های آبریز شمال تبریز، مجله‌ی ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۱، پیاپی ۲۵، صص ۳۲-۱۴.

۸. گوربی، ابوالقاسم، نوحه‌گر، احمد (۱۳۸۶). شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه‌ی آبخیز درک، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۶۰، صص ۱۹۶-۱۷۷.

۹. مقصودی، مهران، جعفری، مریم، باقری سیدشکری، سجاد و مینایی، سعود (۱۳۹۰). بررسی تکتونیک فعال حوضه‌ی آبخیز کفرآور با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، فصلنامه‌ی توسعه‌ی جغرافیا، شماره‌ی ۲۵، صص ۱۳۶-۱۱.

۱۰. مقصودی، مهران، عمادالدین، سمیه (۱۳۹۰). تحلیل شواهد مورفوتکتونیکی گسل درونه در محدوده‌ی حوضه‌ی آبریز شش - طراز و مخروط‌افکنه‌ی پایین‌دست آن، مجله‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه، شماره‌ی ۱۶، صص ۱۲۴-۱۰۷.
۱۱. نگهبان، سعید، درتاج، دیانا (۱۳۹۸). ارزیابی تکتونیک فعال حوضه‌ی رودخانه‌ی سیروان با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، مجله علمی - پژوهشی هیدرو ژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۹، صص ۲۰۹-۱۸۷.
۱۲. یمانی، مجتبی، کامرانی دلیر، حسن، باقری سیدشکری، سجاد (۱۳۸۹). مورفومتری و ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیکی جهت تعیین میزان فعالیت نو زمین‌ساخت در حوضه‌ی آبریز چله (زاگرس شمال غربی)، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره‌ی پیاپی ۷۹، صص ۲۶ -۱.
13. Achyuthan, H. (2019). Quantitative analysis of the drainage and morphometric characteristics of the Palar River basin, Southern Peninsular India; using bAd calculator (bearing azimuth and drainage) and GIS. Geology, Ecology, and Landscapes, 1-13.
14. Anand, A. K., & Pradhan, S. P. (2019). Assessment of active tectonics from geomorphic indices and morphometric parameters in part of Ganga basin. Journal of Mountain Science, 16(8), 1943-1961.
15. Argyriou, A. V., Teeuw, R. M., Soupios, P., & Sarris, A. (2017). Neotectonic control on drainage systems: GIS-based geomorphometric and morphotectonic assessment for Crete, Greece. Journal of Structural Geology, 104, 93-111.
16. Bahrami Shahram. (2013).Analyzing the drainage system anomaly of Zagros basins: implications for Tectonophysics journal, Vol. 608, Elsevier.
17. Blance,E, Allen,M, Inger,S, Hassani,H. (2003).structural styles in the Zagros simple folded zone Iran, geological society, vol 160.
18. Chen, Y. C., Sung, Q., & Cheng, K. Y. (2003).Along-strike variations of morphotectonic features in the Western Foothills of Taiwan: tectonic implications based on stream-gradient and hypsometric analysis. Geomorphology, 56(1-2), 109-137.
19. Cheng, W., Wang, N., Zhao, M., & Zhao, S. (2016).Relative tectonics and debris flow hazards in the Beijing mountain area from DEM-derived geomorphic indices and drainage analysis. Geomorphology, 257, 134-142.
20. Davis, JC. (1975).Statics and data analysis in geology. Wiley, New York.
21. Delcaillau, B., Carozza, J. M., & Laville, E. (2006).Recent fold growth and drainage development: the Janauri and Chandigarh anticlines in the Siwalik foothills, northwest India. Geomorphology, 76(3-4), 241-256.
22. El Hamdouni, R.El. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, E.A. (2008).Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). Geomorphology. 96. pp: 150-173.
23. Faghih, A., Soudejani, A. E., Nourbakhsh, A., & Rokni, S. (2015).Tectonic geomorphology of High Zagros Ranges, SW Iran: an initiative towards seismic hazard assessment. Environmental earth sciences, 74(4), 3007-3017.
24. Farhan, Y., Elmaji, I., & Khalil, O. (2016).GIS-Based Morphometric Analysis of Fourth-Order Sub-Basins of the Zerqa River (Northern Jordan) Using Multivariate Statistical Techniques of the U.S. Geophys. Surv. 1, 421–429.
25. Hack, J.T., (1973). Stream-profiles analysis and stream-gradient index. Journal of Research
26. Hessami,KH, Nilfoyoushan, Christopher.J, Tablot. (2006).active deformation within the Zagros Mountains deduced GPS measurements, geology society, vol 163, pp: 143-148.
27. Keller, E.A., Pinter, N. (2002).Active Tectonics. Earthquakes, Uplift and Landscape. Prentice Hall, New Jersey, 362.
28. Mahmood, S. A., Gloaguen, R. (2012).Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis, Geosci. Front., 3, 407–428.
29. Mirzaei,N. (1997).seismic zoning of Iran, dissertation for Ph.d degree in Geophysics,Institute of Geophysics, state semi logical Bureau, Beijne, people Republic of china, 134pp.

30. Pedrera, A., Pérez-Peña, J. V., Galindo-Zaldívar, J., Azañón, J. M., & Azor, A. (2009).Testing the sensitivity of geomorphic indices in areas of low-rate active folding (eastern Betic Cordillera, Spain). Geomorphology, 105(3-4), 218-231.
31. Shukla DP, Dubey CS, Ningreichon AS, et al. (2013).GIS-based morpho-tectonic studies of Alaknanda river basin: a precursor for hazard zonation. Natural Hazards 71(3): 1433-1452.
32. Vijith, H., Prasannakumar, V., Sharath Mohan, M. A., Ninu Krishnan, M. V., & Pratheesh, P. (2017).River and basin morphometric indexes to detect tectonic activity: a case study of selected river basins in the South Indian Granulite Terrain (SIGT). Physical Geograp.