



فصلنامه زمین ساخت  
بهار 1397، سال دوم، شماره 5

## ارزیابی فعالیت تکتونیکی جنوب باختر زرین رود (جنوب زنجان)

رزیتا بازیار<sup>1</sup>، لیلی ایزدی کیان<sup>2\*</sup>

1. دانشجوی کارشناسی ارشد تکتونیک، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا

2. استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا

تاریخ دریافت: 1396/09/18

تاریخ پذیرش: 1397/02/30

### چکیده

منطقه مورد مطالعه حوضه‌ی جنوب باختر زرین رود در جنوب استان زنجان می‌باشد. در این مطالعه شاخص‌های مختلف شامل نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره ( $Vf$ )، طول گرادیان رود ( $SL$ )، انتگرال ارتفاع سنجی ( $Hi$ )، شکل حوضه ( $BS$ ) و عدم تقارن حوضه زهکشی ( $AF$ ) و الگوی آبراهه‌ها محاسبه گردید. از ترکیب این شاخص‌ها با یکدیگر می‌توان رابطه شاخص فعالیت تکتونیکی ( $Iat$ ) (Active tectonics index) را بدست آورد. در این مطالعه برای محاسبه شاخص‌های مورفومتریک از نقشه‌های توپوگرافی و DEM منطقه در محیط نرم افزار Arc GIS 10.5 استفاده گردید. الگوی آبراهه‌های این منطقه از نوع آبراهه‌ی درختی می‌باشد. براساس مطالعات انجام شده منطقه مورد مطالعه از نظر فعالیت تکتونیکی به دو ناحیه با فعالیت متوسط و کم تقسیم‌بندی می‌شود.

**واژگان کلیدی:** شاخص‌های زمین ریختی، زمین ساخت فعال، جنوب باختر زرین رود، زنجان، الگوی آبراهه.

\* نویسنده مسئول، [Lizadi\\_kian@gmail.com](mailto:Lizadi_kian@gmail.com)

## مقدمه

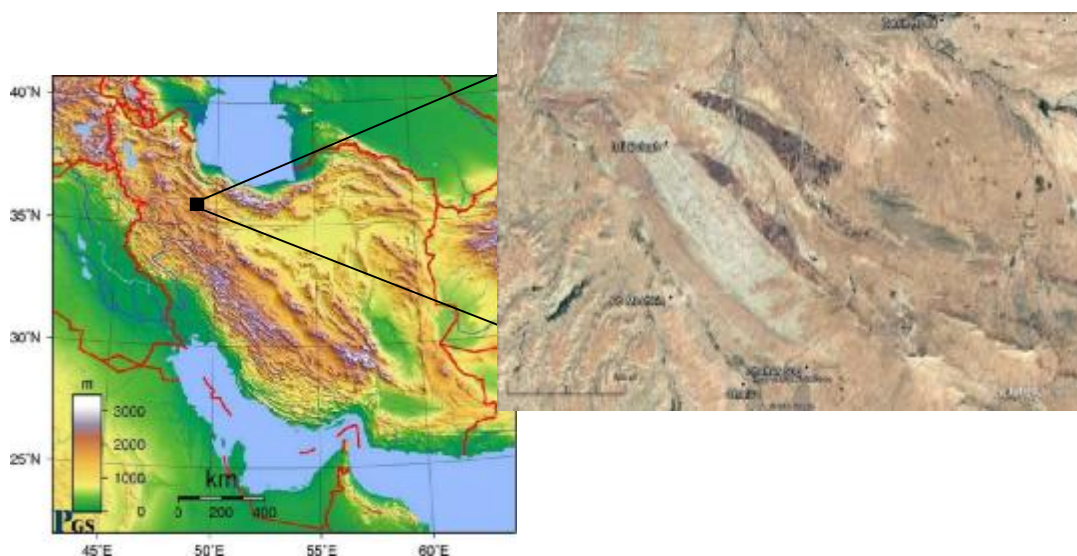
فعالیت‌های تکتونیکی را برای هر منطقه به دست می‌آورند. این نتایج در سطح گسترده برای تخمین درجه‌ی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در یک ناحیه مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌توان منطقه را به نواحی خیلی فعال، نیمه فعال یا غیرفعال رده بندی نمود (keller and pinter, 2002). هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر تکتونیک فعال در تحول لندفرم‌های منطقه جنوب باختر زرین رود در زنجان است که با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، تحلیل داده‌های و مطالعه شواهد ژئومورفولوژیک متأثر از تکتونیک فعال صورت می‌گیرد.

شمال به رشته کوه‌های البرز و از جنوب به زون سندج - سیرجان و از خاور به بلوک لوت محدود می‌شود. به طور کلی رخنمون سنگی در محدوده منطقه مورد مطالعه شامل شیل‌ها آهک‌ها، کنگلومرا، و لکانیک‌های کرتاسه، ماسه ائوسن، مارن و کنگلومرای سازند قرمزیرین، مارن و آهک‌های سازند قم، نهشته‌های جوان کواترنر و پادگانه‌های آبرفتی است.

مورفومتری به عنوان یک اندازه‌گیری کمی از شکل مناظر سطح زمین تعریف می‌شود. لندفرم‌ها با روابطی از اندازه، ارتفاع (حداکثر، حداقل یا میانگین) و شیب آنها شناخته می‌شوند. شاخص‌های ژئومورفیکی بخصوص جهت مطالعات زمین ساختی مفید هستند زیرا برای ارزیابی سریع یک منطقه خاص استفاده می‌شوند. اطلاعات لازم برای بدست آوردن شاخص‌های زمین ریخت شناسی اغلب از روی عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی بدست می‌آید (keller and pinter, 2002) نتایج چندین شاخص را با یکدیگر ترکیب کرده و در نتیجه رده‌ی

## موقعیت جغرافیایی منطقه

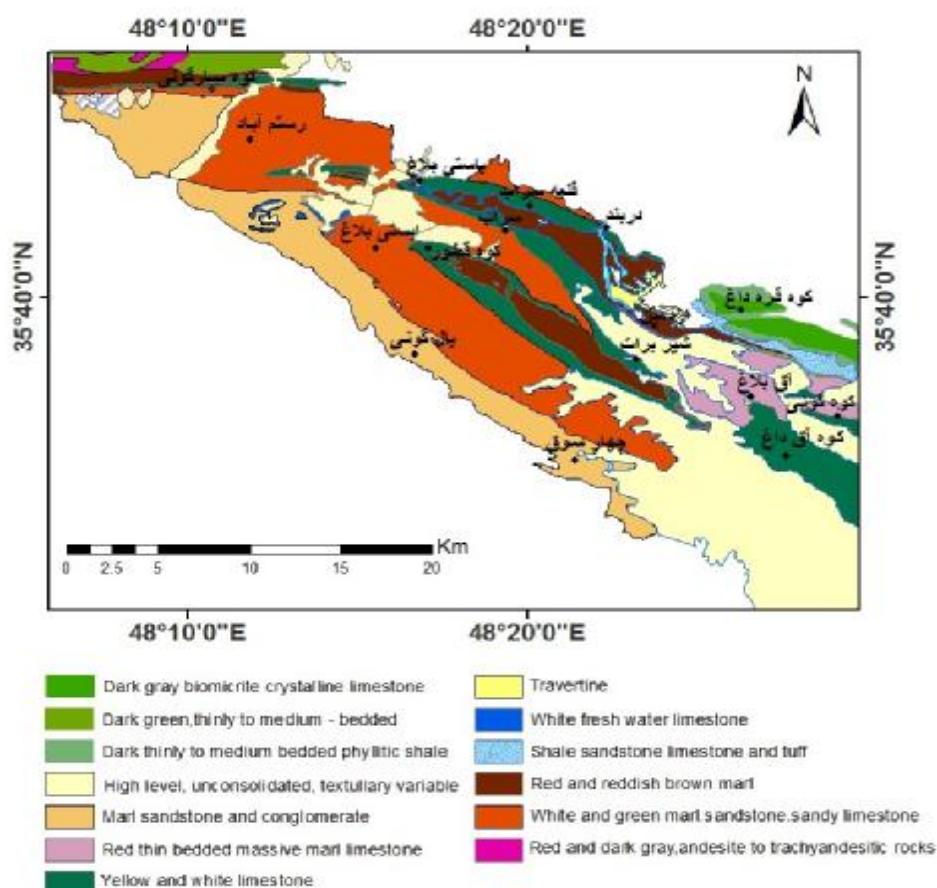
منطقه مورد مطالعه در جنوب باختر شهر زرین رود و جنوب استان زنجان قرار دارد. مختصات جغرافیایی منطقه  $35/30^{\circ}$  تا  $36^{\circ}$  عرض‌های شمالی و  $48^{\circ}$  تا  $48/30^{\circ}$  طول‌های خاوری می‌باشد. این منطقه از نظر تقسیمات زمین ساختاری (آقانباتی، 1383) در زون ایران مرکزی قرار دارد. زون ایران مرکزی بزرگ‌ترین و قدیمی‌ترین زون ساختمانی - رسوبی ایران است که به شکل مثلث از



شکل 1. موقعیت منطقه زرین رود در ایران و تصویر ماهواره‌ای از منطقه

بلاق به 1000 متر می‌رسد. راستای لایه‌های مارنی - آهکی یاد شده به تقریب باختری - خاوری است. در بررسی‌های سنگ شناختی نام سنگ‌های این واحد بیومیکرواسپارایت؛ بیومیکرایست و بیومیکرواسپارایت ماسه‌ای تعیین شده است. براساس مطالعات میکروپالئونتولوژی و براساس وجود فسیل‌هایی سن این واحد الیگوسن - میوسن آغازین مشخص شده است.

به همراه این مجموعه سنگ‌های دگرگونی شامل اسلیت، فیلیت، توف در منطقه وجود دارد. واحد مارنی - آهکی در دامنه شمال گونی در پیرامون روستای آق بلاق و در جنوب باختر روستای زینل دیده می‌شود. این واحد شامل تناوبی از سنگ آهک با لایه‌های نازک تا ضخیم لایه کرم رنگ و مارن‌های قرمز تا سبزی تونی است که در آن میان لایه‌های مارنی ستبرای بیشتری دارند. ستبرای مجموع این واحد در نزدیکی روستای آق



شکل 2. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

### ساختارهای زمین‌شناسی منطقه

در این منطقه ساختارهای تکتونیکی مختلف همچون چین خوردگی و گسلس مشاهده کرد. جهت چین خوردگی‌های منطقه شمال باختر - جنوب خاور است که به طور عمده با روند کمربند چین خوردگی زاگرس

(N14E) هم سو است. کوهزایی لارامین یکی از مهم ترین فازهای منطقه است که باعث چین خوردگی و گسلس خوردگی در این ناحیه شده است. حرکات الیگوسن - میوسن و پلیستوسن نه فقط باعث چین خوردگی و گسلس در منطقه شده است بلکه باعث پیدایش

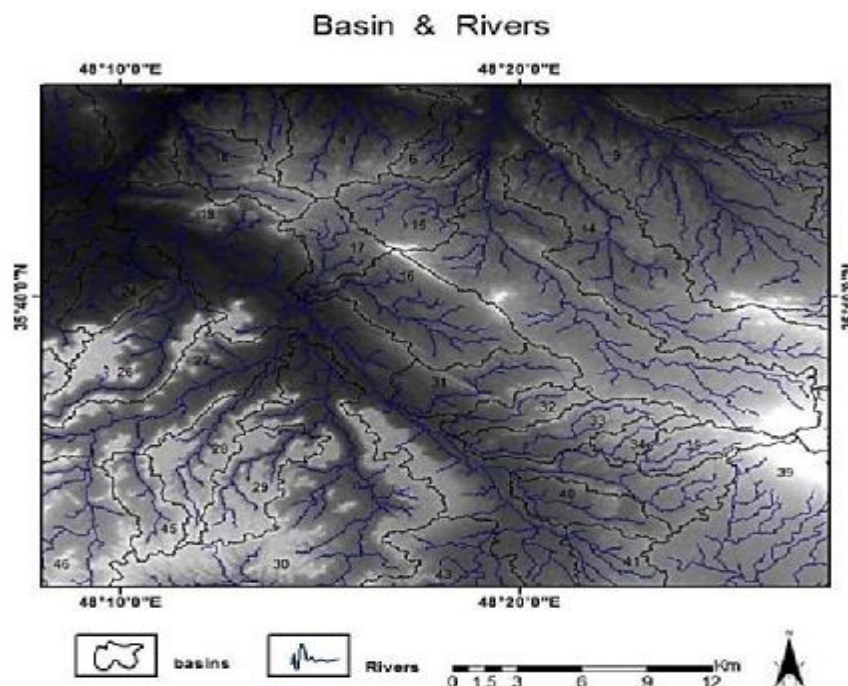
باختری - جنوب خاوری و باختری خاوری است که به طور عمده از میان آن‌ها به گسل امتدادلغز چپ بر حوالی روستاهای قوشاچا و گسل جنوب کوه سارگونی اشاره کرد.

ارزیابی میزان فعالیت تکتونیکی شاخص‌های مختلف شامل نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره (Vf)، طول گرادیان رود (SL)، انتگرال ارتفاع سنجی (Hi)، شکل حوضه (Bs) و عدم تقارن حوضه زهکشی (AF) و زمین ساخت فعال نسبی (Iat) محاسبه گردید، نحوه‌ی محاسبه‌ی شاخص‌ها در زیر آورده شده است.

مورفولوژی کنونی شده است. از جمله چین خوردگی‌های منطقه مطالعه می‌توان به ناودیس جنوب سراب اشاره کرد و از تاقدیس‌های مهم منطقه می‌توان از یاستی بلاق - کوه قوشاچا و تاقدیس برگشته کوه سارگونی نام برد. روند عمومی گسله‌های منطقه شمال

### مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی به 48 زیر حوضه (Sub basin) تقسیم شده در همین راستا، داده‌های نقشه‌های توپوگرافی 1/100000 به عنوان داده‌ی پایه‌ی نرم افزار ArcGIS و در قالب سیستم مختصات UTM انتقال داده شده اند. پس از آن، اندازه‌گیری‌های لازم انجام شد و سپس نقشه‌ها و نمودارهای لازم ترسیم گردید. برای



شکل 3. حوضه زرين رود، زیر حوضه‌ها و آبراهه‌های آن

الگو و شکل مشخص دارد. شاخص عدم تقارن آبراهه با این فرمول محاسبه می‌شود:

$$Af = 100(Ar/At) \text{ (رابطه 1)}$$

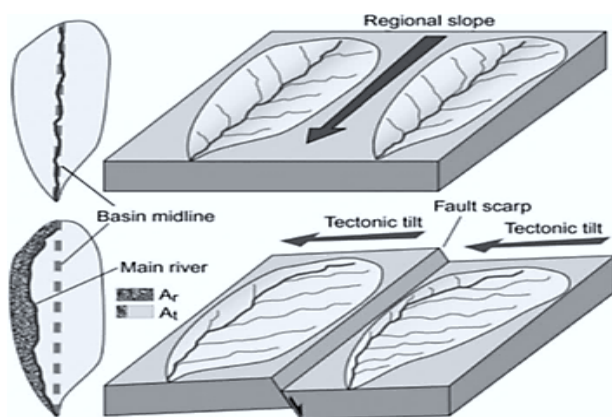
در رابطه فوق Af شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها، Ar مساحت حوضه دربرگیرنده زهکش‌های فرعی در سمت

شاخص عدم تقارن حوضه‌ی زهکشی (AF)

### Drainage basin Asymmetry

شکل هندسی شبکه رودها را می‌توان از نظر کمی و کیفی با روش‌های متعددی توصیف کرد. وقتی زهکشی در مناطق فعال تکتونیکی توسعه پیدا می‌کند شبکه زهکشی یک

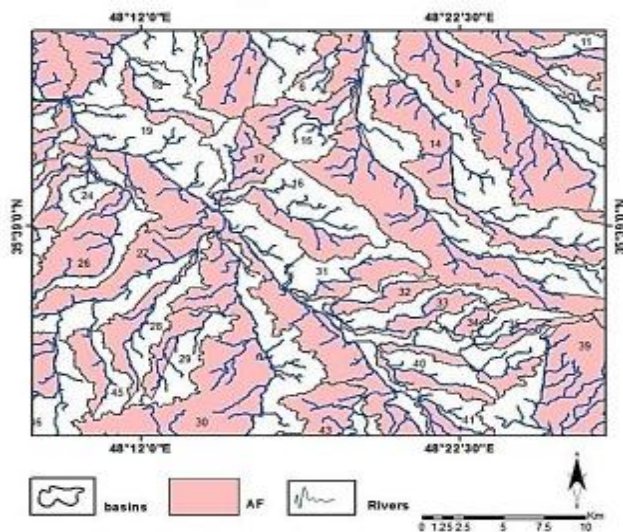
سمت چپ و راست آبراهه اصلی اند. راست آبراهه اصلی (دید به سمت پایین آبراهه اصلی) و At مساحت کل حوضه دربرگیرنده زهکش های فرعی در



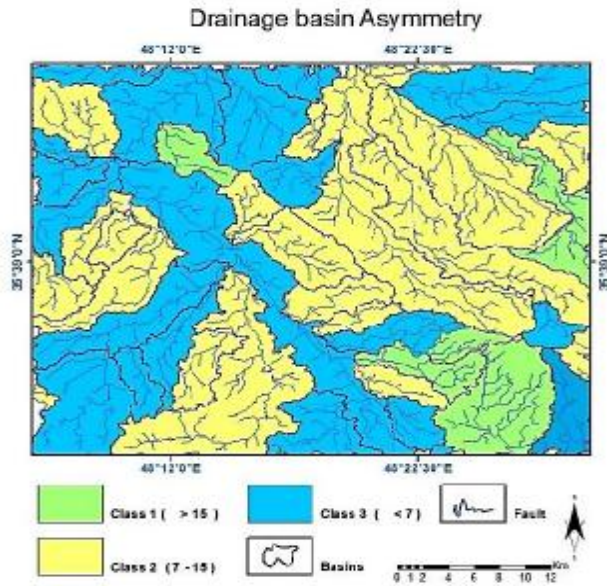
شکل 4. عدم تقارن در حوضه زهکشی

لایه بندی و تورق در شاخص Af چنین فرض می شود که سنگ شناسی (مانند لایه های رسوبی شیب دار) و اقلیم محلی (مانند اختلاف گیاهی میان شیب های رو به شمال و جنوب) سبب عدم تقارن نمی شوند (Hamdouni et al, 2007). با محاسبه ی Af مشخص شد که بیشترین فعالیت و کج شدگی مربوط به حوضه ی شماره 12 و کمترین مقدار شاخص مربوط به حوضه ی 4 و 5 و 27 می باشد که نشان دهنده ی وجود حوضه ی متقارن تر و با کج شدگی کمتر که در رده 3 قرار می گیرند.

برای یک رودخانه که در محیط پایدار تکتونیکی شکل گرفته و اکنون هم در یک محیط پایدار جریان دارد، Af باید در حدود 50 باشد که نشان دهنده ی حوضه زهکشی کاملاً متقارن است. مقدار کمتر یا بیشتر از 50 نشان دهنده ی عدم تقارن در حوضه زهکشی می باشد (Keller and Pinter, 2002). این عدم تقارن ممکن است متأثر از فعالیت تکتونیکی، کنترل لیتولوژی یا اختلاف فرسایش مانند لایه بندی و تورق در سنگ هایی که آبراهه آن را در همه زمان ها پوشانده، باشد. برای خنثی کردن نقش



شکل 5. شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی |Af-50| و جهت یابی مرتبط با فعالیت تکتونیکی



شکل 6. رده بندی شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی | Af-50

### شاخص شکل حوضه آبریز

#### Drainage Basin shape (Bs)

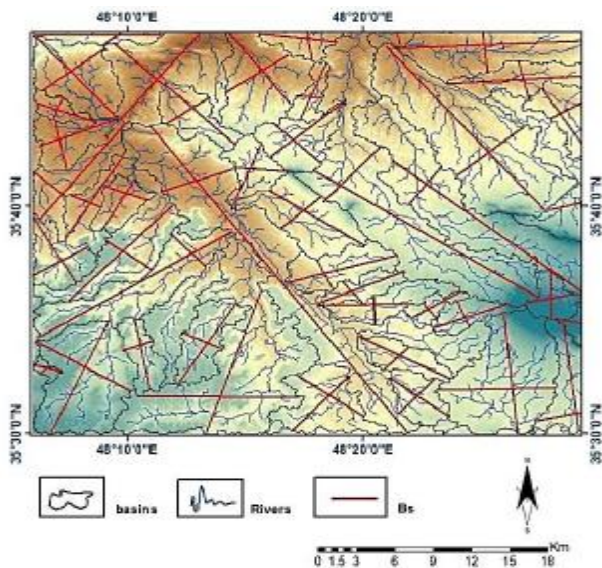
حوضه های زهکشی جوان در مناطق دارای تکتونیک فعال، تمایل به کشیدگی شکل حوضه در جهت موازی با شیب توپوگرافی کوه دارند. زمانی که فعالیت تکتونیکی با گذشت زمان و تداوم سیر تکاملی توپوگرافی، کاهش می یابد، حوضه های کشیده به حوضه های دایره ای شکل

تبدیل می شوند (Bull and McFadden, 1977).

تصویر افقی شکل حوضه به وسیله نسبت کشیدگی آن به صورت زیر توصیف می گردد:

$$\text{Bs} = \text{Bl} / \text{Bw} : 2$$

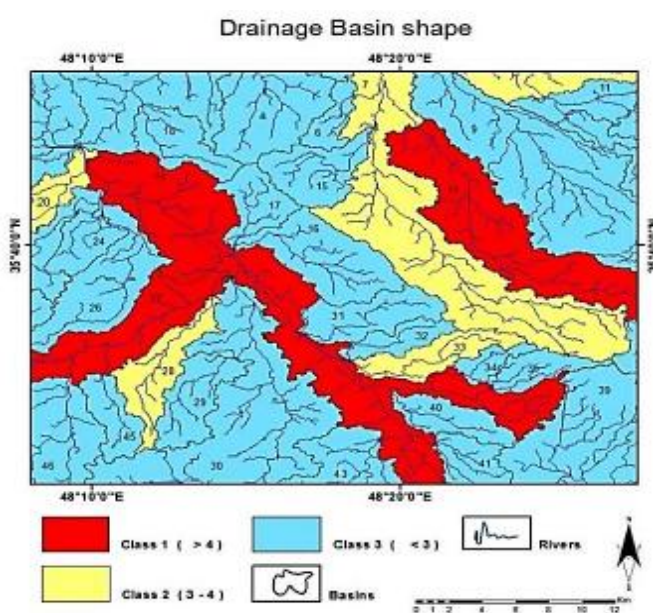
Bl طول حوضه، فاصله پایین ترین ارتفاع حوضه تا دورترین نقطه از آن است و Bw عرض حوضه که در عرض ترین بخش آن اندازه گیری می شود، است.



شکل 7. نحوه اندازه گیری شاخص شکل حوضه (Bs)

مقدار زیاد شاخص BS مربوط به حوضه‌های کشیده در نواحی فعال زمین ساختی است، در صورتی که مقادیر کم آن حوضه‌های دایره‌های شکل نواحی غیرفعال را نشان می‌دهد (Bull and Mcfadden, 1977). بنابراین شاخص زهکشی حوضه می‌تواند منعکس کننده میزان فعالیت تکتونیکی در منطقه باشد (Hamdouni et al, 2007). این شاخص به سه رده تقسیم می‌شود: رده 1 (BS < 3) و رده 2 (3 ≤ BS ≤ 4) و رده 3 (BS > 4). بیشترین مقدار BS مربوط به حوضه شماره 19 و کمترین مقدار آن مربوط به حوضه شماره 1 و 5 می‌باشد. اما در کل طبق رده بندی انجام شده (شکل 8) حوضه آبریز منطقه زرین رود بیشتر در رده 3 قرار گرفته که نشان دهنده شکل تقریباً دایره‌ای زیر حوضه‌ها می‌باشد.

مقدار زیاد شاخص BS مربوط به حوضه‌های کشیده در نواحی فعال زمین ساختی است، در صورتی که مقادیر کم آن حوضه‌های دایره‌های شکل نواحی غیرفعال را نشان می‌دهد (Bull and Mcfadden, 1977). بنابراین شاخص زهکشی حوضه می‌تواند منعکس کننده میزان فعالیت تکتونیکی در منطقه باشد (Hamdouni et al, 2007). این شاخص به سه رده تقسیم می‌شود: رده 1



شکل 8. رده بندی شاخص شکل حوضه (BS)

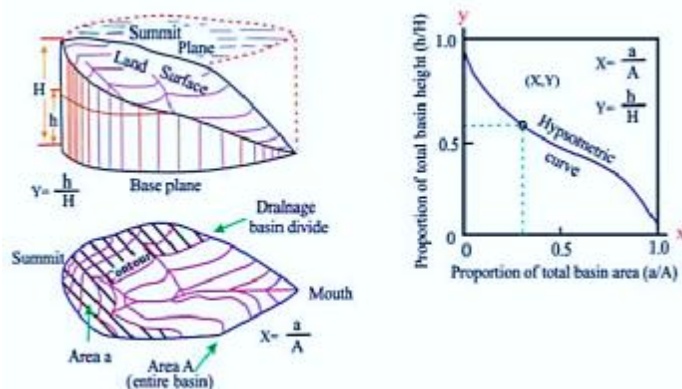
یک سطح کاتوری خاص و H ارتفاع کل حوضه‌ی زهکشی است. در پایین ترین نقطه از حوضه‌ی زهکشی به دلیل صفر بودن  $h$ ،  $y=h/H=0$  است ولی در بالاترین نقطه از حوضه زهکشی  $h/H=1$  است. روش محاسبه انتگرال هیسومتری به صورت زیر می‌باشد:

$$Hi = \frac{\text{Average elevation} - \text{min elevation}}{\text{max elevation} - \text{min elevation}} \quad (\text{رابطه 3})$$

منحنی هیسومتری (Hc) و انتگرال

هیسومتری (Hi) Hypsometric integral

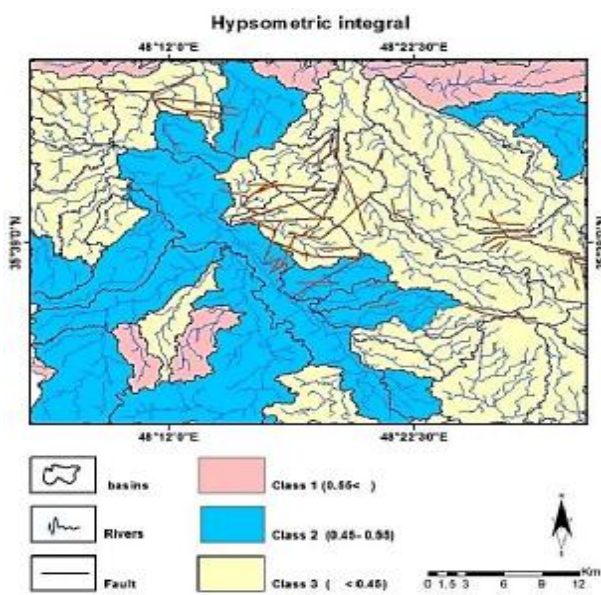
منحنی هیسومتری، توزیع ارتفاع را در یک ناحیه از زمین، از یک حوضه زهکشی تا یک سیاره کامل نشان می‌دهد و از روی نسبت کل ارتفاع حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت کل مساحت حوضه (مساحت نسبی) به وجود می‌آید (شکل 8). با به دست آوردن نسبت‌های  $h/H$  و  $a/A$  رسم می‌شود که  $y=h/H$  و  $x=a/A$  است. ارتفاع



شکل 9. حوضه زهکشی فرضی نشانگر ایجاد یک نقطه  $(Y, X)$  روی منحنی هیپسومتری ترسی مقادیر دیگر (برای کنتورهای متفاوت  $a/A$  و  $h/H$ ) باعث ایجاد منحنی می‌شود (استرالز، 1952).

طور مستقیم با زمین ساخت فعال ارتباط ندارد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده نواحی فعال و جوان و مقادیر پایین آن با نواحی قدیمی که فرایند فرسایش بر آنها حاکم است و کمتر تحت تأثیر زمین ساخت فعال منطقه است، مرتبط هستند (El et al Hamdouni, 2007). در این منطقه با توجه به محاسبه انجام شده،  $H_i$  دارای مقادیر مختلف از 0/13 تا 0/66 می‌باشد که رده‌بندی انجام شده آن، نشان دهنده‌ی این است که، منطقه دارای فعالیت تکتونیکی کمی می‌باشد و بیشتر حوضه‌ها در رده 3 قرار دارند (شکل 10).

$A$  مساحت کل حوضه زهکشی است و  $a$  مساحت یک خط کانتوری خاص که از بلندترین نقطه‌ی حوضه تا آن خط کانتوری خاص اندازه گیری شده است. در بلندترین نقطه از حوضه زهکشی به دلیل صفر بودن  $a$ ،  $a/A=0$  است، ولی در پایین‌ترین نقطه از حوضه زهکشی  $a/A=1$  است. انتگرال به عنوان مساحت زیر منحنی هیپسومتری تعریف می‌شود. مقدار زیاد شاخص انتگرال هیپسومتری، یک توپوگرافی جوان را نشان می‌دهد. مقدار متوسط از انتگرال هیپسومتری و منحنی هیپسومتری  $S$  مانند نشان دهنده مرحله بلوغ است (Keller, 2002). بنابراین انتگرال هیپسومتری به



شکل 10. رده بندی شاخص انتگرال فراز سنجی ( $H_i$ )



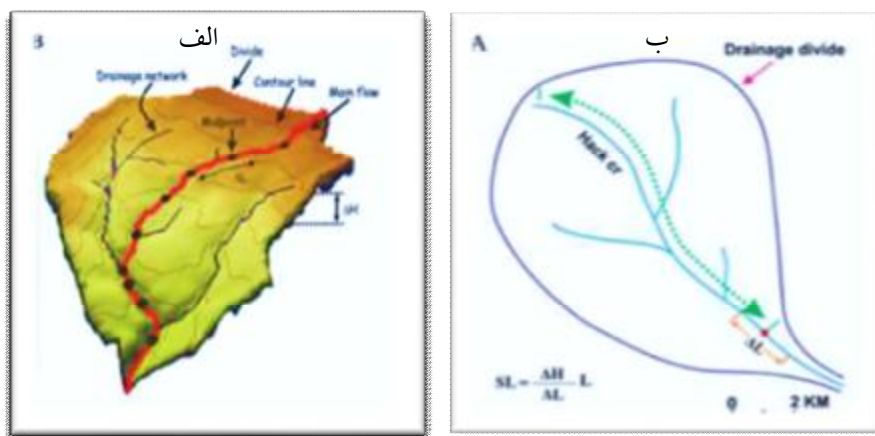
## شاخص طول - گرادیان رودخانه (SL)

## Stream length-gradient index

تکامل تدریجی توپوگرافی از سازگاری بین فرایندهای فرسایشی مانند آبراهه‌ها و جریان رودخانه‌ها در همه سنگ‌ها و خاک‌های با مقاومت متفاوت بدست می‌آید (Hack, 1973) سرانجام این سازگاری یک تعادل دینامیکی را ایجاد می‌نماید (فرسایش = بالا آمدگی) و سیستم‌های رودخانه‌ای تقعر کمی در پروفیل طولی خود نشان می‌دهند. شاخص SL توسط (Hack, 1973) جهت تأثیر متغیرهای محیطی بر روی پروفیل طولی رودخانه و

اینکه آیا رودخانه‌ها به تعادل رسیده‌اند یا نه، تعیین شده است. SL از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

(رابطه 4)  $SL = (\Delta H / \Delta L)L$  که در آن  $\Delta H / \Delta L$  شیب محلی رودخانه بین دو خط کانتوری خاص است ( $\Delta H$  تغییرات ارتفاع بین دو نقطه‌ی اندازه‌گیری شده و  $\Delta L$  تغییرات طول بین دو نقطه‌ی اندازه‌گیری شده) و طول کل کانال رودخانه از نقطه‌ای که در آن شاخص محاسبه می‌شود به سمت بالا رود تا مرتفع‌ترین نقطه کانال است (شکل 11).



شکل 11: نحوه محاسبه شاخص طول گرادیان رود الف - پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه شاخص SL (هک، 1973)

و ب - محاسبه پارامترها بر روی الگوی نمادین از منطقه (فونت، 2010)

می‌شود در صورتی که گسل در سنگ‌های سست روی داده باشد، تغییر قابل توجهی در میزان SL روی نمی‌دهد. یک ناحیه با شاخص SL بالا، روی سنگ‌های نرم و سست ممکن است که بیانگر فعالیت تکتونیکی اخیر باشد. شاخص طول - شیب رودخانه یک وسیله با ارزش برای ارزیابی تکتونیک فعال است (Keller and Pinter, 1996). در این مطالعه شاخص‌های مختلف بر اساس روش زیر رده‌بندی گردید (جدول 1).

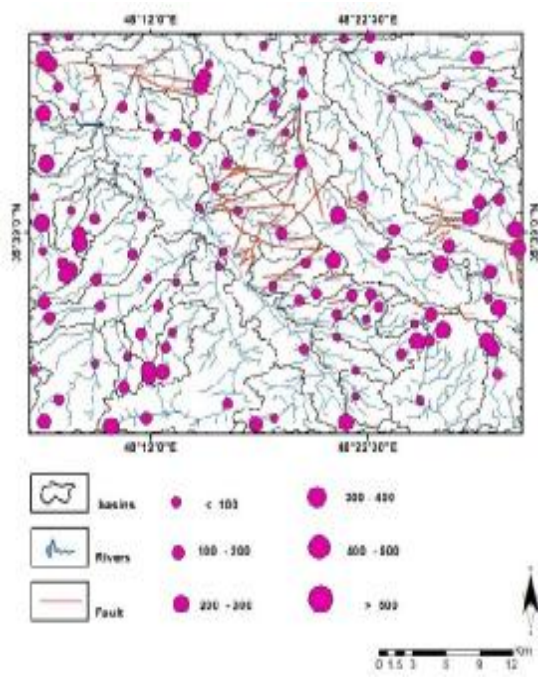
شاخص طول - شیب رودخانه با قدرت رود ارتباط دارد و به تغییرات شیب رودخانه حساس است. این شاخص همچنین به مقاومت سنگ حساس می‌باشد، زیرا سنگ‌های مقاوم یک کانال شیب دار ایجاد می‌کنند. وقتی که رودخانه از سنگ‌های نسبتاً سخت عبور می‌کند، شاخص افزایش پیدا می‌کند اما وقتی که از سنگ‌های نسبتاً نرم عبور می‌کند، کاهش می‌یابد. ایجاد گسل در سنگ‌های مقاوم سبب اختلاف ارتفاع قابل توجهی در نیم رخ طولی رودخانه

جدول 1. تقسیم بندی شاخص های زمین ریختی توسط ( El Hamdouni et al، 2008 )

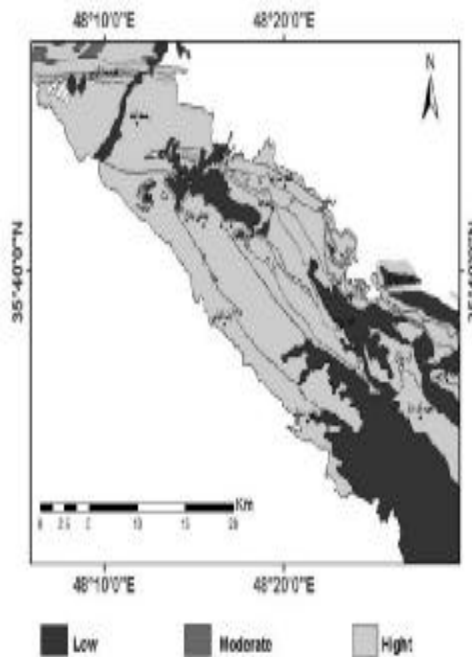
رد	عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)	شکل حوضه زهکشی (Bs)	انتگرال هیپسو متریک (Hi)	طول گرادیان رود (SL)
1	$ Af-50  > 15$	$(Bs) > 4$	0.55 - 1	$(SL) \geq 500$
2	$ Af-50  = 7-15$	$(Bs) < 4 > 3$	0.45 - 0.55	$SL < 500 \geq (300)$
3	$ Af-50  < 7$	$(Bs) < 3$	0 - 0.45	$SL < (300)$

مقایسه این ارقام در نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه بدست آورد. در این منطقه غالب سنگ ها از مقاومت کمتری برخوردار هستند زیرا جنس آنها مارن و آهک می باشد. با این وجود در مناطقی که جنس سنگ ها کنگلومرا و ماسه سنگ است این شاخص مقدار بالایی را نشان می دهد که حاکی از فعال بودن آن قسمت می باشد.

جهت تعیین ارتباط شاخص SL با مقاومت سنگ ها، سنگ های منطقه به گروه سنگ های با مقاومت کم، متوسط و بالا تقسیم شده اند (معماریان، 1380). سپس رابطه مقاومت سنگ ها با این شاخص تعیین گردیده است (شکل 12 ب). با ترسیم نقشه شاخص SL به روش درون یابی در محیط Arc map می توان دید بهتری جهت

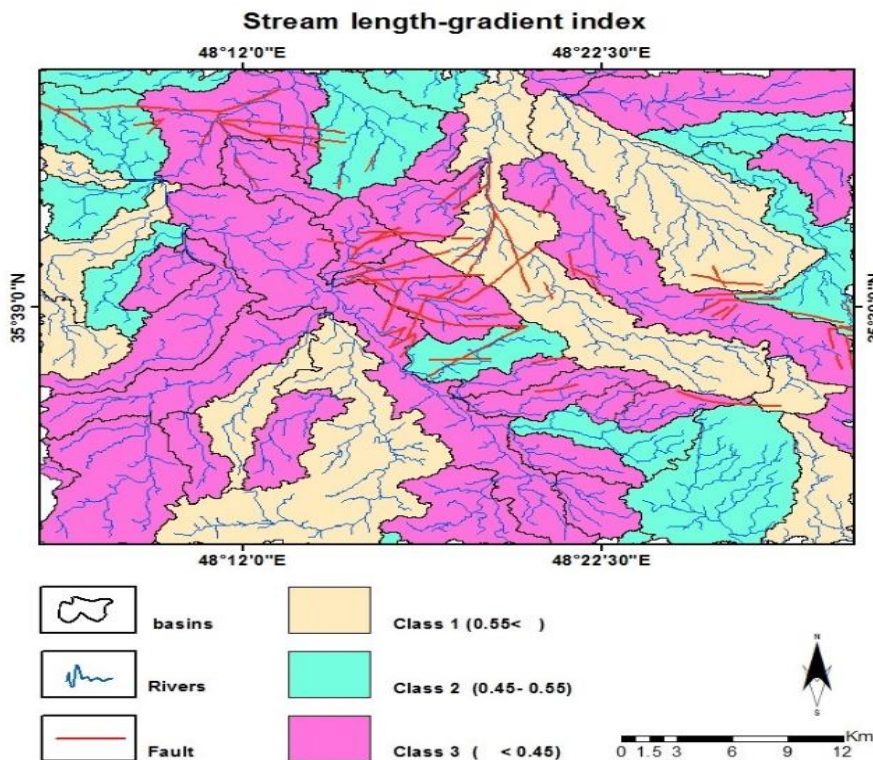


(ب)



(الف)

شکل 12. الف نمایش نقطه ای شاخص گرادیان طول - شیب رودخانه در منطقه مورد مطالعه. ب نقشه مقاومت سنگ های منطقه



شکل 13. رده بندی شاخص طول - شیب رودخانه

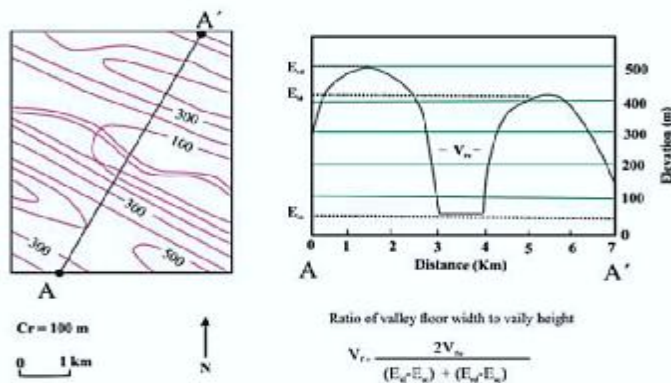
در رابطه فوق  $V_{fw}$  عرض بستر دره،  $E_{id}$  ارتفاع دیواره سمت چپ دره،  $E_{rd}$  ارتفاع دیوار سمت راست دره و  $E_{sc}$  ارتفاع بستر دره می باشند. مقایسه مقادیر اندازه گیری شده از دره های پدید آمده در جبهه کوهستان با قسمت های دیگر همان جبهه نشان می دهند که آیا رودخانه ها به طور فعال عمل حفر رو به پایین را در پاسخ به تکتونیک فعال انجام می دهند (تشکیل دره های V شکل) یا در پاسخ به پایداری نسبی جبهه به طور جانبی دچار فرسایش می شوند (تشکیل دره های U شکل).

### شاخص نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره

#### Ratio of valley floor width to valley height (VF)

این شاخص یکی از شاخص های مورفومتری است که بالا آمدگی تکتونیکی بر روی آن تأثیر می گذارد و نسبت به این عامل حساس است. این شاخص از نسبت عرض کف دره به ارتفاع دره به صورت زیر مشخص می شود:

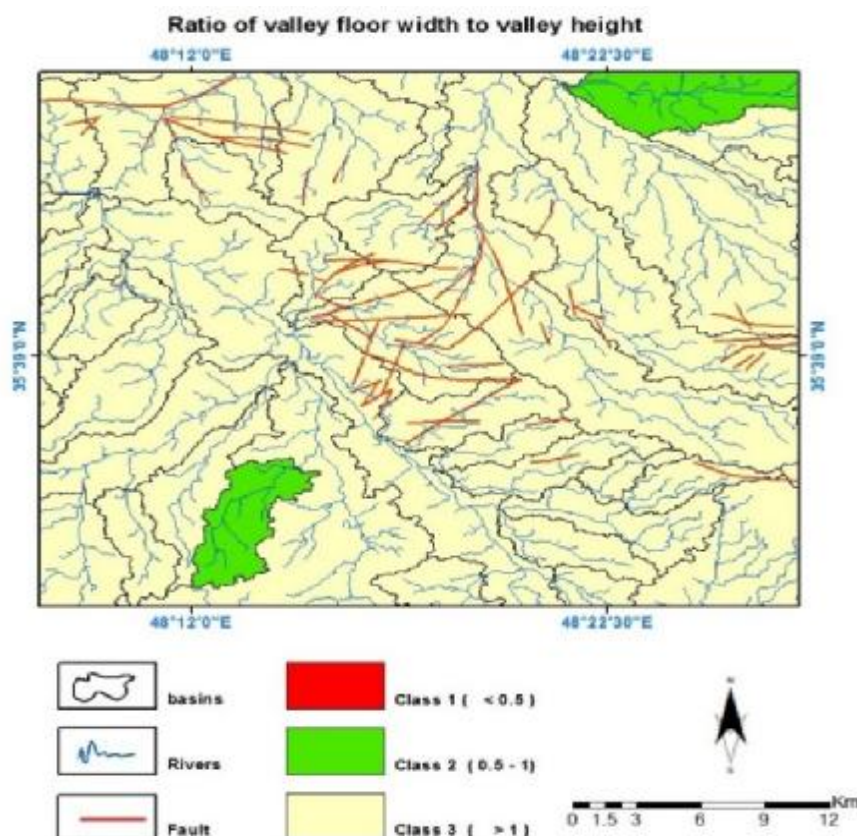
$$V_f = 2V_{fw} / [(E_{id} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})] \quad (5)$$



شکل 14. نحوه محاسبه نسبت پهنای کف دره به عمق آن برگرفته از کلر و پینتر 1996

بین رده‌های 1 و 3 است و در نهایت کلاس 3 ( $V_f > 1$ ) که نشان دهنده دره‌های U شکل است (حمدونی و همکاران، 2007). نتایج حاصل از اندازه‌گیری این شاخص نشان دهنده آن است که تقریباً بیشتر دره‌های اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه U شکل هستند.

پس از محاسبه شاخص  $V_f$  در گستره مطالعاتی این شاخص در 3 کلاس رده‌بندی می‌شود عبارت‌اند از: کلاس 1 ( $V_f < 0.5$ )، این رده از شاخص  $V_f$  نشان دهنده دره‌های V شکل است، کلاس 2 ( $0.5 < V_f < 1$ )، این رده از  $V_f$  بیانگر یک حالت حد واسط از شکل دره



شکل 15. رده بندی شاخص نسبت عرض دره به ارتفاع آن (VF)

عوامل موثر در شکل‌گیری نوع الگوی شبکه زهکشی هر منطقه می‌کننداز میان شواهد ژئومورفولوژیک شبکه‌های زهکشی و خصوصیات مربوط به آنها مانند الگوی زهکشی، تراکم زهکشی، ناهنجاری‌های زهکشی، نحوه‌ی اتصال (زاویه‌ی اتصال شبکه‌ها) و جهت شبکه‌ها در شناسایی تکنونیک‌های فعال و تفاوت‌های مکانی آنها نقش مهمی دارند. زمین ساخت به دو صورت بر الگوی زهکشی تاثیر گذار است:

### الگوی آبراهه‌ها

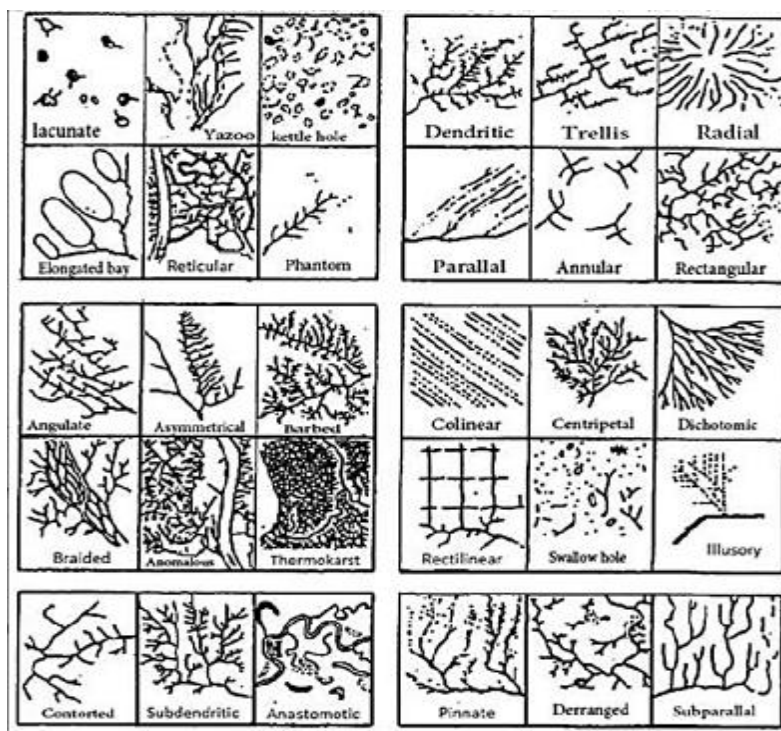
توسعه و تکامل الگوهای زهکش در امتداد چین، همراه با سایر معیارهای زمین ریختی به تعیین جهت و نرخ انتشار جانبی چین‌ها کم کرد و باعث درک بهتر تغییر شکل در رژیم‌های فشارشی و سازوکارهای چین خوردگی و گسلش می‌شود. شبکه زهکشی یک رودخانه تحت تأثیر عوامل زمین‌شناسی، تکنونیک، چین خوردگی، گسل‌ها، توپوگرافی و اقلیم متفاوت است (باقری، 1378). بررسی و تحلیل نقش هر یک از عوامل کمک زیادی به شناخت

می گیرد، اما هدف مشترک این روش ها رده بندی آبراهه ها با توجه به ارتباط توپولوژی بین آن ها است. جهت جریان آب در این روش ها از اهمیت بالایی برخوردار است و هر کدام از این روش ها با فرض مشخص بودن جهت جریان آب در آن ها قابل پیاده سازی می باشد. انجمن فتوگرامتری و سنجش از دور آمریکا با عکس برداری هوایی از حوضه ها 30 الگوی مختلف را با اسامی گوناگون مشخص کرده است (شکل 19) (علیزاده، 1382).

از بین 30 الگوی زهکش، 7 الگوی آبراهه عمدتاً تحت تاثیر ساختارهای زمین ساختی شکل می گیرند.

نحوه و سازوکار چین خوردگی: به طوری که نامتقارنی و وجود پلانژ در چین باعث تغییر شیب توپوگرافی در یال های مختلف چین شده، الگوی زهکشی را تحت تأثیر قرار می دهد.

گسل ها: گسل ها با جابه جایی، انحراف و مسدود کردن مسیر آبراهه ها، هدایت آبراهه ها در امتداد بخش فرونشسته خود و همچنین، رخنمون کردن سازندهای متفاوت در کنار یکدیگر باعث بی هنجاری در الگوی شبکه زهکشی می گردند (آلن، 1962). رتبه بندی آبراهه ها با توجه به کاربردهای مختلف آنها به روش های متفاوتی انجام



شکل 16. انواع الگوهای شبکه زهکشی طبیعی حوضه های آبریز که با عکس برداری هوایی مشخص شده است (علیزاده، 1382)

و با نزدیک شدن به دماغه تاقدیس این آبراهه ها به موازات محور و در جهت شیب دماغه جریان می یابند. رشد جانبی تاقدیس باعث تغییر نسل های پی در پی از آبراهه هایی که موازی با محور تاقدیس بودند می شود، تغییر شیب توپوگرافی باعث می شود آبراهه ها برای هماهنگ شدن با شیب جدید از مسیر قبلی منحرف شده و عمود بر محور تاقدیس یعنی جهت حداکثر شیب

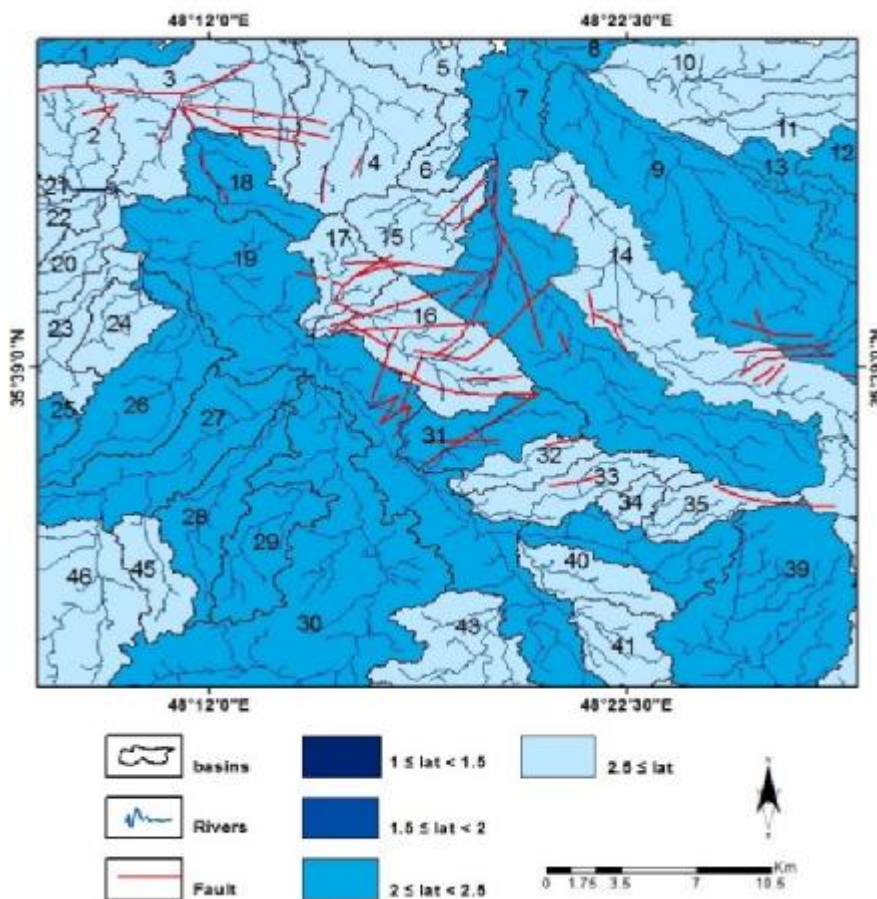
متداول ترین الگوی آبراهه ای برای مطالعه ی رشد چین، الگوی آبراهه ی درختی است که در آن شاخه های فرعی همچون رابطه ی شاخه های درخت با تنه ی اصلی به رودخانه ی اصلی متصل می شوند. زاویه ی اتصال آبراهه ها تقریباً مساوی و حاده است. آبراهه ها همیشه در جهت حداکثر شیب توپوگرافیک جریان می یابند. آبراهه های قسمت های مرکزی تاقدیس ها عمود بر محور قرار دارند

برای هر یک از شاخص ها جهت تعیین زمین ساخت فعال نسبی به چهار رده یک (فعالیت زیاد) رده دو (فعالیت متوسط) و رده سه (فعالیت کم) تقسیم شدند. سپس با محاسبه میانگین رده هر یک از شاخص ها ( $s/n$ ) که  $s$  رده هر شاخص و  $n$  تعداد شاخص های محاسبه شده می باشد، زمین ساخت فعال نسبی ( $I_{at}$ ) هر یک از حوضه ها مشخص می گردد. برای توصیف شدت و درجه فعالیت های تکتونیکی این شاخص در 4 رده تکتونیکی توزیع شده است، رده 1 زمین ساخت فعال نسبی ( $1 < I_{at} < 1.5$ )، این رده نشان دهنده فعالیت تکتونیکی بسیار بالا است. رده 2 این شاخص با بازه ( $1.5 < I_{at} < 2$ )، بیانگر فعالیت تکتونیکی نسبی بالا است. رده 3 شاخص زمین ساخت فعال نسبی با مقادیر ( $2 < I_{at} < 2.5$ )، فعالیت تکتونیکی متوسط را نشان می دهد و رده 4 با مقدار ( $I_{at} < 2.5$ ) فعالیت زمین ساخت نسبی کم را نشان می دهد.

توپوگرافیک جدید جریان یابند، در چنین تاقیدیس هایی اگر الگوهای شکستگی از پیش موجود تأثیر مهمی روی توسعه الگوی زهکش نداشته باشد، شبکه های زهکش چنگالی شروع به نامتقارن شدن می کنند. در این الگو نوک چنگال ها نشان دهنده ی محل تاقیدیس جینی و دسته آن جهت رشد را نشان می دهند (Ramsay et al, 2008).

### شاخص زمین ساخت فعال نسبی ( $I_{at}$ ) (Active tectonics index)

محاسبه ی شاخص زمین ساخت فعال نسبی با میانگین گیری از شاخص های مختلف حاصل می آید، در این پژوهش برای برآورد تکتونیک نسبی تعدادی از شاخص های ژئومورفیک را در سرتاسر منطقه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (El Hamdouni et al, 2007).



شکل 17. رده بندی زمین ساخت فعال نسبی

## نتیجه گیری

و کمترین 1 و 5 است. شاخص  $H_i$  دارای مقادیر 0/13 تا 0/66 و نشانگر حوضه‌هایی با فعالیت کم است. با توجه به رابطه مقاومت سنگ‌ها با شاخص  $S_i$ ، غالباً سنگ‌های منطقه از مقاومت کمتری با جنس مارن و آهک برخوردار هستند و همچنین شاخص  $V_f$  بیانگر این است که تقریباً بیشتر دره‌های منطقه از نوع U شکل با  $V_f > 1$  را دارند. اغلب حوضه‌ها دارای فعالیت زمین ساختی متوسط و کم هستند.

در راستای بررسی فعالیت تکتونیکی منطقه مورد زرین رود در جنوب استان زنجان از شاخص‌های مختلفی از جمله شاخص انتگرال هیسومتریک ( $H_i$ )، طول - شیب رودخانه ( $S_i$ )، عدم تقارن حوضه زهکشی ( $A_f$ )، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن ( $V_f$ )، شکل حوضه زهکشی ( $B_s$ ) مورد بررسی قرار گرفت. از نظر شاخص  $A_f$  بیشترین فعالیت کج شدگی مربوط به حوضه‌ی 12 و کمترین مربوط به 4، 5 و 27 می‌باشد که متقارن تر و با کج شدگی کمتری هستند. در شاخص  $B_s$  بیشترین حوضه 19

## منابع

حدادان، م.، 1384، نقشه 1:100000 زمین‌شناسی زرین رود (گرماب)، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

علیزاده، امین. 1382. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس، چاپ شانزدهم، 815 ص.

آقاباتی، ع.، 1383، زمین‌شناسی ایران، نشر سازمان زمین‌شناسی ایران، 590 ص.

باقری، سجاد، 1387. بررسی نقش تکتونیک در شکل‌گیری و تحول لندفرم‌های تاقدیس قلاجه (استان کرمانشاه)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

## References

Keller, E.A., Pinter, N., 2002: Active Tectonics. Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall, New Jersey: 362 p.

Keller, E.A., Pinter, N., 1996: Active tectonic (Earthquake, uplift and landscape). Prentice Hall, New Jersey.

Hack, J. T. 1973 -Stream-profiles analysis and stream-gradient index. Journal of Research of the U.S. Geological Survey 1(4):421-429.

Bull W.B. and Mc Fadden L.D., 1977, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California: In: Doehring, D.O (eds), Geomorphology in Arid Regions Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium. State University of New York, Binghamton, pp.115-138.

EL Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J. & Keller, E. A., 2007- Assessment of relative active tectonics. southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology. Article in press.

EL Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., 2008, "Assessment of relative active tectonics," southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain), Geomorphology, vol. 96, pp. 150-173.

Allen, C.R. 1962. Circum Pacific faulting Philippines-Taiwan region. Journal of Geophysical Research, Vol. 67, pp 4795-4812.

Ramsey, L.A., Walker, R. T., Jackson, J. 2008- Fold evolution and drainage development in the Zagros Mountains of Fars Province, SE Iran. Basin Research 20: 23-48.

# Tectonics

## May 2018, Vol:5



University of Birjand

### Tectonics Activity Assessment of Southwest of Zarrinrod (south of Zanjan)

Bazyar, R<sup>1</sup>, Izadi Kian\* , L<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Basic Sciences, Bu-Ali Sina University

2. Master student of Tectonic, Department of Earth Sciences, Faculty of Basic Sciences, Bu-Ali Sina University

#### Abstract

The study area is south west of Zarrinrod in south of Zanjan province. In this study, various indicators including Ratio of valley floor width to valley height index (Vf), Stream length-gradient index (SL), Hypsometric integral index (Hi), Basin shape index (Bs) and Drainage drainage symmetry index (AF) and the pattern of streams were calculated. The combination of these indexes can be used to determine the relationship between the active tectonics index (Iat). In this study, GIS 10.5 Arc was used to calculate the morphometric indices of topographic maps and DEM of the region. The most drainage pattern in this study area is a tree channel. Based on the studies done in the study area, tectonics are divided into two parts with moderate and low activity.

**Key words:** Geomorphologic Indicators, Active tectonic, South West Zarrinrod, Zanjan, Drainage pattern.