

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ششم، شماره یازدهم، بهار ۱۳۹۶

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۲/۱۵

صفحات: ۱۵-۳۲

ارزیابی فعالیتهای نئوتکتونیک با استفاده از شاخص های ژئومورفیک (نمونه موردی: حوضه آبریز کذاب-یزد)

محمد شریفی^{۱*}، فاطمه زارع^۲، کاظم طاهری نژاد^۳

چکیده

سطح زمین و عوارض موجود در آن همواره تحت تاثیر فعالیت های تکتونیک تغییر پیدا می کند. درک این تغییرات و ارزیابی مقادیر آن در برنامه ریزیها و مدیریت محیطی بسیار حیاتی است. برای مشخص نمودن فعالیتهای تکتونیک و تغییرات لندفرمهای سطح زمین شاخص های ژئومورفیک ابزارهای بسیار مناسبی هستند. بر این اساس، در این پژوهش از هفت شاخص ژئومورفولوژیک شامل شاخص گرادبان طولی رودخانه (SL)، شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (SMF)، شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (AF)، شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (TSF)، شاخص سینوسی رودخانه اصلی (SMR)، شاخص انتگرال هیپسومتري (HI) و شاخص شکل حوضه (BS) استفاده شده است. مقدار بالای شاخص SL و تغییرات مقدار این شاخص در طول نیمرخ رودخانه و همچنین شکست های متوالی در طول نیمرخ حاکی از فعالیت های تکتونیک در دوره اخیر زمین شناسی در منطقه است. با این وجود، رودخانه اصلی حوضه خود در داخل یک گسل قرار گرفته است. مقدار شاخص SMF بالا که در بخش غربی حوضه به ۱/۲ رسیده حاکی از فعالیت های تکتونیک بویژه در بخش غربی است. مقدار شاخص عدم تقارن حوضه به حدود ۱۹ (مقدار بسیار زیاد) می رسد به گونه ای که مساحت بخش غربی در حدود چهار برابر بخش شرقی است. شاخصهای منحنی و انتگرال هیپسومتريک حاکی از جوان بودن و بالا آمدگی حوضه بویژه در بخش غربی حوضه است. شاخص شکل حوضه در حدود ۱ و شاخص سینوسی رودخانه ۱/۳ بوده که هر دو مقدار نسبتا بالایی را نشان می دهند. بررسی های کلی حوضه بر حسب شاخصهای مذکور حاکی از فعالیت های تکتونیک در این منطقه است.

واژگان کلیدی: حوضه آبریز کذاب، نئوتکتونیک، شاخص های ژئومورفیک، مورفومتري

mscharifi@yahoo.com
taheri69kazem@gmail.com

۱- استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد
۲- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد
۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد

مقدمه

در سطح کره زمین تقریباً هیچ ناحیه ای را نمی توان یافت که تحت تاثیر فعالیتهای تکتونیکی قرار نگرفته باشد. بنابراین می توان گفت که تکتونیک فعال در حال تغییر شکل سطح زمین می باشد (والاس^۱، ۱۹۷۷). مورفوتکتونیک یا تکتونیک ژئومورفولوژی به مطالعه فرآیندهای پویا و دینامیک مؤثر در شکل دهی زمین و چشم انداز های موجود در آن می پردازد. در سال های اخیر تکتونیک ژئومورفولوژی به طرز چشم گیر، یکی از ابزار های عمده و اساسی در تشخیص شکل های تکتونیکی فعال و تهیه نقشه های خطر لرزه ای و همچنین درک فهم تاریخچه چشم انداز های کنونی سطوح زمین بوده است (کلر و پینتر، ۲۰۰۲)^۲. مورفوتکتونیک معرف رابطه بین تکتونیک و عوارض سطح زمین بوده و دانستن ارتباط حوادث تکتونیکی از طریق بررسی اشکال و ناهمواری های سطح زمین تعبیر و تفسیر می شود (موری ساوا و هک^۳، ۱۹۸۵). در مقیاس جهانی به وجود آمدن قاره ها و اقیانوس ها، در مقیاس ناحیه ای، ساختمان سلسله جبال و در مقیاس محلی، ساختمان چین ها، گسل ها، شیب ها و پرتگاها از موضوعات مطالعه شده تکتونیک ژئومورفولوژی می باشد (داگلاس و دیگران، ۲۰۰۱: ۹-۱)^۴ ایران با قرارگیری در کمربند کوهزایی آلپ هیمالیا همواره شاهد زلزله های مخرب و اثرات تکتونیک فعال بوده است. در این راستا روشهای تعیین تکتونیک فعال بسیار هزینه بر و گاهی غیر ممکن هستند. بنابراین استفاده از شاخصهای مورفومتری برای تعیین و تشخیص تکتونیک فعال می تواند بسیار سودمند باشد (غلامی، ۱۳۸۹، کرمی، ۱۳۸۸، Guarnieri & Pirrotta 2008، Douglas et al., 2001). استفاده از شاخصهای مورفومتری در تشخیص حرکات فعال و جوان، در ایران و جهان سابقه ی چندانی نداشته و سابقه آن در جهان به دهه ۱۹۶۰ بر می گردد. لی و همکاران (۱۹۹۹)^۵ به بررسی تاثیر تکتونیک بر لندفرمهای رودخانه ای در شمال غرب چین پرداختند و دریافتند که حرکات زمین ساخت می تواند با تغییر سطح اساس رودخانه ها موجب تغییر شکل عوارض رودخانه ای گردد. هاروی و همکاران^۶ (۲۰۰۲) در تحقیقی نقش تغییرات اقلیمی سطح اساس در تقطیع مخروط افکنه ها را مورد توجه قرار داده و بریده شدن قاعده مخروط افکنه ها را ناشی از پایین رفتن سطح اساس و فعالیت های نفوتکتونیکی ذکر می کند. ویسراس و همکاران^۷ (۲۰۰۵) تأثیر بالا راندگی و فرونشست بر تحول مخروط افکنه ها را مورد مطالعه قرار داده است. هارکینس و همکاران^۸ (۱۹۲۵، ۱۹۳۹، ۲۰۰۵) ژئومورفولوژی تکتونیکی گسل صخره سرخ^۹ را در یونان با استفاده از تحلیل های مورفومتری بررسی کردند. مالیک و موهانتی^{۱۰} (۲۰۰۷) تأثیر تکتونیک فعال را در تحول حوضه آبریز و چشم اندازهای شمال غرب هیمالیا را مطالعه کردند همدونی و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۸) با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و شاخص (Iat) به طبقه بندی تکتونیک فعال جنوب اسپانیا پرداخته و

¹ -Wallace

² -Keller and Pinter

³ -Morisawa and Hack

⁴ - Douglas

⁵ -Li et all

⁶ - Harvey

⁷ -Viseras

⁸ -Harkinset

⁹ - Red Rock

¹⁰ - Malik and Mohanty

¹¹ -Hamdouni et al

مناطق فعال را مشخص نمودند. ده بزرگی و همکاران^۱ (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفی ناحیه سروستان در بخش زاگرس مرکزی را مطالعه و این ناحیه را به چهار کلاس به لحاظ فعالیت تکتونیکی طبقه بندی نمودند. فلورس و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهشی به تفسیر مورفوتکتونیک حوضه ی آبریز ماکویونی^۲ در شمال تانزانیا با استفاده از Dem و اطلاعات SAR پرداختند و به این نتیجه رسیدند که فرآیندهای تکتونیکی در منطقه مورد مطالعه بی ثبات بوده و این فرآیندها یک عامل مهم برای تکامل چشم انداز فعلی حوضه ی دریاچه ای مانیارا^۳ می باشد. توپال و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی تحت عنوان ژئومورفولوژی زمین ساخت یک گسل نرم بزرگ (گسل آقشهر) به این نتیجه رسیدند که گسل آقشهر فعال است و زمین لرزه آن در یک دوره ی تاریخی یک تهدید بالقوه به حساب می آید.

در ایران نیز در یک دهه اخیر در زمینه ارزیابی فعالیت های تکتونیکی بر حسب شاخص های ژئومورفولوژیک تحقیقات پراکنده ای انجام گرفته است از جمله: حاجی علی بیگی (۱۳۸۰) در پژوهشی با استفاده از شاخص های مورفومتریکی به بررسی این شاخص ها در دو واحد جبهه کوهستانی و گستره ی کوهپایه و زیر واحدهای حوضه تهران پرداخته است. نتایج حاصل از این پژوهش حاکی از آن است که زیر واحدهای کرج و توچال در واحد جبهه کوهستانی البرز فعالیت نسبی زمین ساختی بیشتری نسبت به واحد آنتی البرز نشان می دهند. ذوالفقاری و همکاران (۱۳۸۳) با پژوهشی در نیمه ی جنوبی حوضه آبریز حاج علیقلی (جنوب شرقی دامغان) با استفاده از شاخص های مورفومتریکی و ارزیابی تکتونیک فعال پرداخته و به این نتیجه رسیده اند که حاشیه ی جنوبی حوضه تحت بررسی از نظر تکتونیکی غیر فعال بوده و به سمت شمال بر میزان فعالیت‌های تکتونیکی افزوده می شود. گورابی و نوحه گر (۱۳۸۶)، در پژوهشی به بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه پرداخته و به این نتیجه رسیدند که این حوضه از مناطق فعال تکتونیکی بوده و با توجه به شاخص گرادیان طولی رود (SL) حوضه آبخیز درکه طبقه بندی شده است. سیف و خسروی (۱۳۸۹) تکتونیک‌های فعال را در قلمرو تراست منطقه فارس، مورد بررسی قرار داده اند. نتایج شاخص های متفاوت تبدیل به شاخص Iat شده اند و نقشه ی پهنه‌بندی تکتونیکی حوضه ی فارس در چهار طبقه بسیار فعال، فعال، نیمه فعال و غیر فعال ترسیم گردیده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی تحت عنوان بررسی تکتونیک فعال حوضه ی آبریز کفرآور با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی به این نتایج رسیدند که مقادیر به دست آمده از شاخص های ژئومورفیک و بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی حاکی از فعال بودن نئوتکتونیک در حوضه می‌باشد و حوضه بر اساس طبقه بندی شاخص Iat بر کلاس یک قرار می گیرد که نشان دهنده فعالیت‌های نئوتکتونیکی شدید در حوضه می باشد. کرمی (۱۳۹۱) در پژوهشی به ارزیابی نسبی تکتونیک فعال با استفاده از رو شهای مورفومتری در حوضه های شمالی و شرقی کوه سهند پرداخته و به این نتیجه رسید که در حوضه‌های مورد مطالعه کوه سهند، حوضه های آبریز سعیدآبادچای، کلکان چای و آمالوچای به طور نسبی دارای فعالیت های تکتونیکی زیاد هستند و حوضه های اوجا نچای، اسب آبادچای و قرنقوچای حرکات تکتونیکی متوسط دارند. کرمی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به مطالعه تحلیل فعالیت های نئوتکتونیکی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با استفاده از شاخصهای ژئومورفولوژیکی پرداخته و

^۱-Dehbozorgi et all

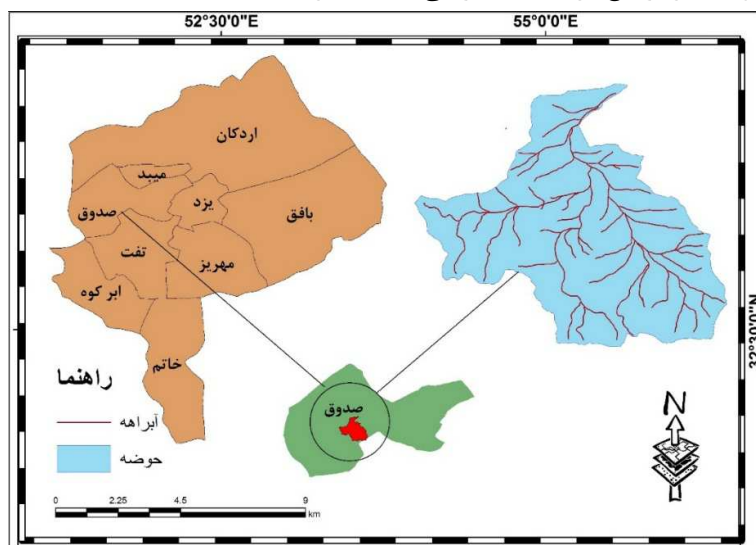
^۲-Makuyuni

^۳-Manyara

توانستند فعالیتهای تکتونیکی در منطقه را نشان دهند. عابدینی و شبرنگ (۱۳۹۳) به ارزیابی فعالیت های تکتونیکی در حوضه ی آبخیز مشکین چای از طریق شاخص های ژئومورفولوژی پرداختند. نتایج نشان داد که کل حوضه مورد مطالعه از لحاظ فعالیت های تکتونیکی فعال است. رضایی مقدم و خیری زاده (۱۳۹۳) در پژوهشی به ارزیابی فعالیتهای نئوتکتونیکی با استفاده از شاخصهای کمی ژئومورفیک پرداختند و نتیجه گرفتند که نیمرخ واقعی آبراهه های اصلی در بیشتر موارد بالا آمدگی را نشان می دهند. طارم‌سری و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی به ارزیابی تکتونیک فعال ازبک‌کوه در شمال طبس، ایران مرکزی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بر اساس شاخص I_{at} برخی از بخشهای منطقه از نظر تکتونیکی فعال هستند. در این پژوهش نیز بر حسب شاخصهای مورفوتکتونیکی به مورفومتری و ارزیابی فعالیتهای تکتونیکی در غرب شیرکوه در استان یزد در حوضه آبریز کذاب پرداخته شده است. انتخاب این منطقه برای بررسی فعالیتهای مورفوتکتونیکی به دو دلیل عمده بود: الف) بخش عمده سنگهای منطقه از سنگهای رسوبی سخت آهکی و دولومیتی تشکیل شده است. این سنگها به مراتب بهتر از سنگهای سست فعالیت های تکتونیکی را نشان می دهند، چرا که به راحتی عوامل دینامیک بیرونی قادر به تغییر زیاد آنها نیست ب) منطقه مورد مطالعه از نظر تکتونیک و گسل خوردگی منطقه فعالی به نظر می‌رسد؛ وجود گسلهای متعدد در بخشهای مختلف، شکستگی دره در امتداد نیمرخ طولی، وجود پرتگاههای فراوان در بخشهای مختلف، برش خورد رسوبهای کواترنر و وجود تراسهای مختلف رسوبی در ارتفاعات بالا همگی حاکی از فعال بودن منطقه هستند.

محدوده و قلمرو پژوهش

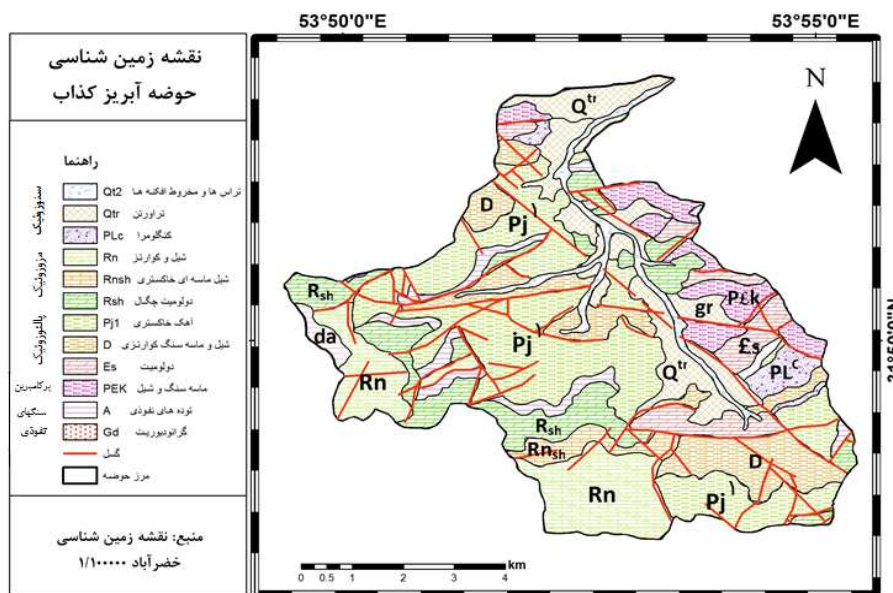
حوضه کذاب در جنوب غرب شهر یزد و در جنوب شرق شهرستان میبد با وسعتی بالغ بر ۴۵۰۰۰ کیلومتر مربع واقع شده است. این حوضه از نظر موقعیت جغرافیایی در زون ساختمانی ایران مرکزی در محدوده ی $31^{\circ} 51' 59''$ تا $32^{\circ} 07' 14''$ عرض شمالی و $54^{\circ} 07'$ تا $53^{\circ} 52' 14''$ طول شرقی با ارتفاع متوسط ۲۳۲۴ متر واقع شده است. حداکثر ارتفاع آن ۲۹۱۶ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۷۳۲ متر می باشد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه کذاب در استان یزد

زمین‌شناسی

از نظر زمین‌شناسی منطقه کذاب ساختار پیچیده‌ای دارد به گونه‌ای در منطقه با تاثیرپذیری از فازهای کوهزایی مختلف، قدیمی‌ترین و جدیدترین سنگها در مجاورت هم قابل مشاهده اند، دربخش عمده آن سنگهای رسوبی دوران دوم، یعنی آهک‌ها و دولومیت‌ها بوجود آمده اند که این لایه‌های رسوبی توسط توده‌های نفوذی اواخر این دوران (یعنی گرانیتهای) بالا آورده شده و به شکل کوههای نسبتاً مرتفع و حجیمی در آمده است. نفوذهای توده‌های آذرین بخشی از سنگهای رسوبی را دگرگون نموده و بدین ترتیب سنگهای دگرگونی را می‌توان در منطقه و در مجاورت سنگهای آذرین و رسوبی نیز مشاهده نمود. علاوه بر وجود توده آذرین زیرین، توده‌های نفوذی محدودی به شکل دیواره در بین لایه‌های رسوبی قرار گرفته و هم اکنون در سطح زمین رخنمون دارند. بعلاوه، از نظر ساختمانی گسل‌های متعددی اغلب عمود بر جهت ساختمان کوهها قرار گرفته اند و برخی از این گسلها حتی رسوبهای کواترنری را نیز بریده است. اصلی‌ترین و بزرگترین دره حوضه، یعنی هامانه، یک دره تکتونیکی است و منطبق بر یک گسل قرار دارد. به دلیل بریدگی ساختمان رسوبهای کواترنری می‌توان اظهار داشت که گسل‌ها هنوز در حال فعالیت هستند (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی و گسل‌های مربوط به حوضه کذاب

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی خضرآباد (۱/۵۰۰۰۰)، نقشه زمین‌شناسی خضرآباد (۱/۱۰۰۰۰۰) نقشه رقومی ارتفاعی زمین (با قدرت تفکیک ۲۰ متر) استفاده و همچنین با مشاهدات میدانی و مشاهده گسلها و تغییرات ساختمانی سطح زمین و استفاده از دستگاه GPS این نقشه‌ها کنترل گردیدند. در همین راستا، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی، DEM

و نقشه زمین شناسی به عنوان داده پایه وارد نرم افزار ARC GIS شده و نقشه ها رقومی و داده های مورد نیاز استخراج شدند. سپس هفت شاخص ژئومورفولوژیک یعنی شاخص گرادیان طول رودخانه، شاخص سینوسی جبهه کوهستان، عدم تقارن حوضه آبریز، تقارن توپوگرافی معکوس زهکشی، پیچ و خم رودخانه اصلی، انتگرال هیپسومتریک و شکل حوضه در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی و اندازه گیری قرار گرفتند و در ادامه با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و همچنین نرم افزار Excel نقشه ها و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. در نهایت برای ارزیابی مقادیر حاصل از شاخصها از تجربیات قبلی استفاده شده است که مهمترین آنها در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱: رده بندی شاخصهای مورفومتری (اقتباس از Hamdouni et al, ۲۰۰۷)

رد	عدم تقارن حوضه زهکشی (Af)	شکل حوضه زهکشی (Bs)	انتگرال هیپسومتریک (Hi)	SL
۱	$ AF - 50 > 15$	$(B_s > 4)$	۰.۵۵ - ۱	$(SL \geq 500)$
۲	$ AF - 50 > 7 - 15$	$(3 < B_s < 4)$	۰.۴۵ - ۰.۵۵	$(300 \leq SL < 500)$
۳	$ AF - 50 < 7$	$(B_s < 3)$	۰ - ۰.۴۵	$(SL < 300)$

یافته های پژوهش

همانطور که اشاره گردید برای بررسی وضعیت نوزمین ساخت در حوضه آبریز کذاب از هفت شاخص ژئومورفیک استفاده شده است که به شرح زیر این شاخصها و مقادیر آنها پس از محاسبه و اندازه گیری آورده شده اند:

۱. شاخص گرادیان طول رودخانه^۱ SL

این شاخص از رابطه زیر بدست می آید:

$$SL = (\Delta H / \Delta Lr) * Lsc \quad (1)$$

SL : شاخص شیب طولی رودخانه

ΔH : اختلاف ارتفاع بین دو نقطه اندازه گیری شده

ΔLr : فاصله افقی بین دو نقطه اندازه گیری شده

Lsc : طول رودخانه از نقطه مرکزی مقطع اندازه گیری شده تا مرتفع ترین نقطه کانال

¹ Stream Length – Gradient Index

شاخص گرادیان طولی هر رود یک عنصر مورفولوژیکی بوده که برای مقایسه مکانی مستقل عناصر مورفولوژیکی حساسترین آنها به بالآمدگی به کار می‌رود (مریتس و ویتسنت^۱، ۱۹۸۹ به نقل از عبادیان، ۱۳۷۹). شاخص SL با قدرت دینامیکی رودخانه ارتباط داشته و به تغییرات شیب رودخانه نیز بسیار حساس است. این حساسیت برآورد میزان روابط موجود بین فعالیت‌های تکتونیک، مقاومت سنگ و توپوگرافی را امکان پذیر می‌سازد. این شاخص در مناطقی که بستر رودخانه در سنگهای سخت قرار دارد افزایش می‌یابد. از این نظر، هر اندازه طول رودخانه بیشتر باشد، رودخانه مورد نظر کمتر تحت تاثیر ساختمان سنگ شناسی بستر خود است و هر چه طول رودخانه کمتر باشد بیشتر تحت تاثیر ساختمان سنگ شناسی بستر رودخانه است. همچنین، میزان SL در مناطق فعال تکتونیک که تغییرات عمودی را در سطح زمین بوجود می‌آورد زیاد است (Keller and Pinter, 1996). همدونی^۲ حوضه‌ها را بر اساس شاخص SL به سه گروه تقسیم‌بندی کرده است: $(SL > 500)$ رده ۱، $(SL < 500)$ رده ۲، و $(SL < 300)$ رده ۳. بنابراین حوضه‌ها یا زیر حوضه‌هایی که در این رده‌ها قرار می‌گیرند از نظر تکتونیک فعالیت بالایی را نشان می‌دهند. برای ارزیابی این شاخص در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین، نیمرخ طولی رود تهیه و منحنی‌های ۱۰۰ متری از آن ترسیم گردید. سپس، در فواصل معین ۱۰۰ متری میزان شاخص SL برای تمامی مسیر رودخانه از خروجی تا سرچشمه محاسبه گردید. بر حسب محاسبات انجام گرفته، مقادیر این شاخص در حوضه مورد نظر بین ۳۶۶،۹۴ تا ۹۴،۴۱ است. متوسط SL کل رودخانه حوضه کذاب در حدود ۱۹۶،۰۹ به دست آمد

جدول ۲: مقادیر شاخص SL در حوضه آبریز کذاب

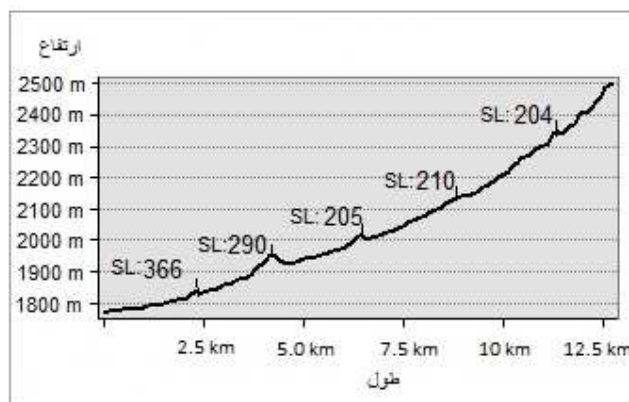
ارتفاع به متر	نقطه میانی	ΔH (m)	ΔL (m)	L(m)	SL
۱۸۰۰-۱۹۰۰	۱۸۵۰	۱۰۰	۱۹۲۲	۷۰۵۲،۶۱	۳۶۶،۹۴
۱۹۰۰-۲۰۰۰	۱۹۵۰	۱۰۰	۱۸۷۳،۴۸	۵۴۳۵،۱۳	۲۹۰،۱۰
۲۰۰۰-۲۱۰۰	۲۰۵۰	۱۰۰	۱۷۴۴،۳۹	۳۵۸۱،۶۰	۲۰۵،۳۲
۲۱۰۰-۲۲۰۰	۲۱۵۰	۱۰۰	۱۱۱۷،۹۴	۲۳۴۵،۹۸	۲۰۹،۸۴
۲۲۰۰-۲۳۰۰	۲۲۵۰	۱۰۰	۸۰۰،۸۳	۱۶۵۰،۰۳	۲۰۶،۰۳
۲۳۰۰-۲۴۰۰	۲۳۵۰	۱۰۰	۶۴۱،۶۴	۶۰۵،۷۸	۹۴،۴۱
۲۴۰۰-۲۵۰۰	۲۴۵۰	۱۰۰	۳۹۰،۸۲	۰	۰
۲۵۰۰-۲۶۰۰	۲۵۵۰	۱۰۰	۲۹۷،۷۲	-	-
۲۶۰۰-۲۷۰۰	۲۶۵۰	۱۰۰	۲۶۱،۸۸	-	-
میانگین			-----	-----	۱۹۶،۰۹

مقایسه میزان SL های بدست آمده و تغییرات شدید مقادیر آنها در مسیر رودخانه و همچنین مقدار بالای این شاخص، با توجه به اینکه رودخانه در طول مسیر خود در نهشته‌های کواترنری جریان دارد، نشان دهنده بالآمدگی و

¹ Merritts and Vincent, 1989

² -El Hamdouni

فعالیت های نسبتا شدید نو زمین ساختی در منطقه است. نیمرخ طولی رودخانه کذاب با توجه به شکل شماره (۳) در طول مسیر، شیب یکسانی ندارد و شکستهای زیادی در طول نیمرخ رودخانه بوجود آمده است. با این وجود، رودخانه طول زیادی نیز پیدا نکرده است. با توجه به نقشه زمین شناسی حوضه (شکل ۲) می توان دریافت که شاخص گرادیان طولی رود، ارتباط نزدیکی با شاخص تکتونیکی منطقه دارد و در مسیر اصلی رود گسل طویل و بزرگی بر روی نقشه قابل مشاهده است.



شکل ۳: نیمرخ مربوط به طول آبراهه و مقادیر SL در امتداد آن

۲. شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf)^۱

شاخص سینوسی پیشانی کوهستان به نوعی تعادل بین سنگ شناسی، فرسایش و نیروهای تکتونیکی را نشان می دهد. میزان این شاخص برای مناطق بسیار فعال تکتونیکی معمولا بین ۱ تا ۵،۱، برای مناطق با فعالیت متوسط بین ۱،۵ تا ۳ و برای مناطق غیر فعال از ۳ تا بیش از ۱۰ می باشد (بول، ۲۰۰۷)^۲. در جبهه های کوهستانی فعال، بالا آمدگی بر فرآیندهای فرسایشی غالب شده و پرتگاهی مستقیم همراه با مقادیر Smf پایین ایجاد می کند. در حالی که، در جبهه های کمتر فعال، فرآیندهای فرسایشی بر تکتونیکی غلبه و جبهه های سینوسی همراه با مقادیر بالای Smf بوجود می آورند (جیاکونیا و همکاران، ۲۰۱۲)^۳. این شاخص از رابطه زیر بدست می آید:

$$Smf = Lmf/LS \quad (۲)$$

Smf: شاخص سینوسی جبهه کوهستان

Lmf: طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکست شیب (کنیک پوینت)

LS: طول خط مستقیم جبهه کوهستان

^۱ Mountain Front Sinuosity

^۲ Bull

^۳ Giaconia et al

در حوضه کذاب مقدار smf برای دو جبهه کوهستان شرقی و غربی محاسبه گردید. همانطور که در جدول شماره (۳) مشاهده می‌شود میانگین مقدار smf برای هر دو جبهه برابر با ۱,۳۴۶ است که البته بخش غربی دارای فعالیت شدیدتری بوده است. نقشه زمین شناسی نیز گسل‌های بیشتری را در بخش غربی نشان می‌دهد.

جدول ۳: مقادیر smf برای حوضه آبریز کذاب

نام حوضه	lmf	ls	smf	میانگین
کوهستان شرقی	۱۶۹۵,۲۷	۱۴۰۷,۴	۱,۲۰۴	۱,۳۴۶
کوهستان غربی	۱۶۸۸,۸	۱۱۳۴,۶	۱,۴۸۸	

۳. شاخص عدم تقارن حوضه آبریز (Af)

این شاخص میزان تغییرات انحراف عمودی مسیر آبراهه حاصل از تکتونیک را در حوضه‌های زهکشی مورد استفاده قرار می‌گیرد (همدونی و همکاران، ۲۰۰۷)^۱. این شاخص به ما اجازه می‌دهد تا کج شدگی جانبی یک حوضه را با توجه به مسیر آب اصلی که ممکن است با فعالیت یک گسل نرمال مرتبط باشد، با جهت موازی مسیر آب اصلی را نشان دهیم (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۰). شاخص عدم تقارن حوضه آبریز بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Af = (Ar/At) * 100 \quad (۳)$$

Af: شاخص عدم تقارن حوضه

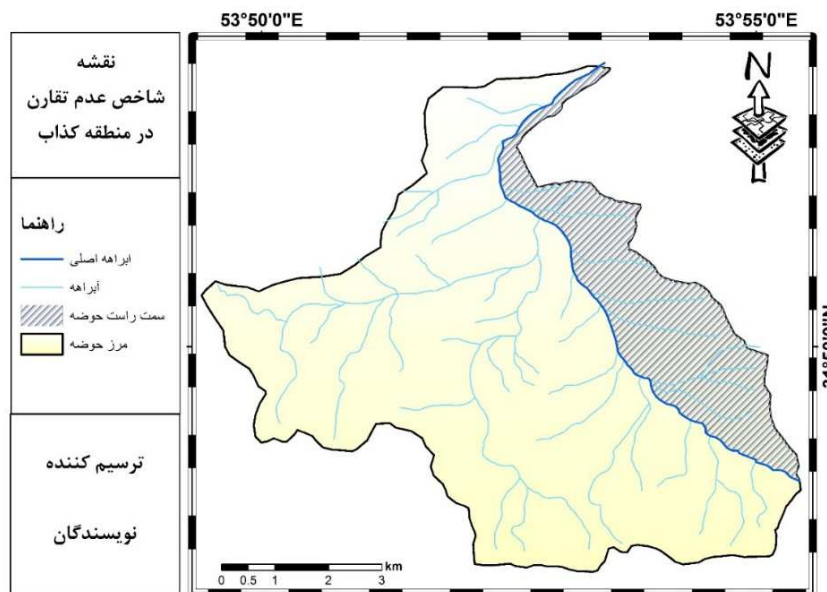
Ar: مساحت سمت راست حوضه در سمت راست آبراهه ی اصلی (جهت پایین رود)

At: مساحت کل حوضه ی زهکشی

$$Af = 9,107/47,120 * 100 \longrightarrow 19,32$$

مقادیر بالاتر و پایین‌تر از عدد حدود ۵۰ نشان دهنده عدم تقارن حوضه و کج شدگی آنها به سمت غرب یا شرق می‌باشد. البته باید در نظر داشت که در این روش فرض بر این است که عوامل سنگ شناسی و اقلیمی موجب عدم تقارن حوضه ی زهکشی نشده‌اند. مقدار شاخص Af در حوضه ی مورد مطالعه ۱۹,۳۲ است که از نظر تکتونیک در رده ی بسیار ناپایدار و فعال قرار می‌گیرد (شکل ۴).

¹ Hamdouni et all 2007



شکل ۴: شاخص عدم تقارن در منطقه کذاب

۴. شاخص تقارن توپوگرافی معکوس (TSF)^۱

شاخص تقارن توپوگرافی در حوضه‌های آبریز با لیتولوژی تقریباً یکسان، عملکرد گسل فعال را نشان می‌دهد. عدم تقارن در حوضه‌های آبریز را بر اساس رابطه زیر نشان می‌دهند:

$$T = Da/Dd \quad (۴)$$

T: عامل تقارن توپوگرافی

Da: فاصله بین خط میانی حوضه زهکشی تا رود اصلی حوضه

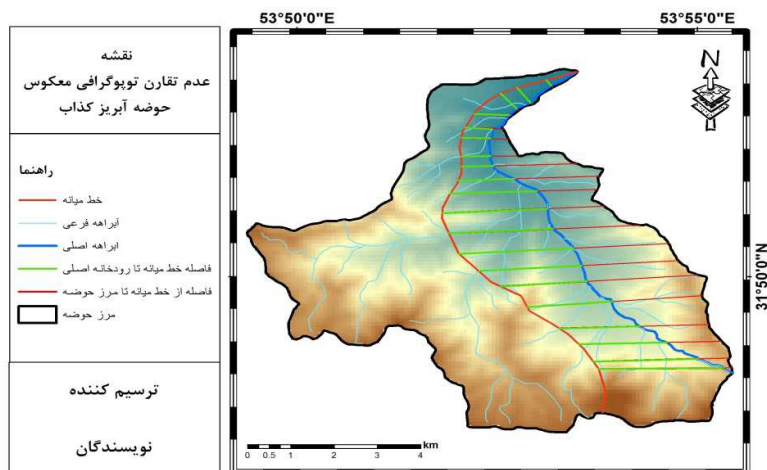
Dd: فاصله ی خط میانی حوضه تا مرز حوضه

شاخص T برداری است جهت‌دار و مقدار آن بین ۰ و ۱ است. در صورتی‌که حوضه به طور کامل متقارن باشد، این شاخص صفر خواهد بود و هر چه این مقدار به یک نزدیک شود حاکی از عدم تقارن بیشتر حوضه است. این شاخص اغلب برای حوضه‌های زهکشی با الگوی دندرتیک مناسب است. برای محاسبه شاخص تقارن توپوگرافی معکوس ابتدا خط میانه حوضه آبریز ترسیم گردید. در ادامه پارامترهای Da و Dd در ۲۰ مقطع تعیین و با استفاده از رابطه فوق محاسبه و نتایج آن در جدول (۴) آمده است:

¹ Transvers Topographic symmetry Factor

جدول ۴: محاسبه شاخص T در مقاطع مختلف در حوضه آبریز کذاب

T	Dd	Da	تعداد نقاط مورد بررسی
۰.۷۴	۲۳۱,۶	۱۷۱,۳	۱
۰.۹۰	۵۲۶,۲	۴۷۵,۲	۲
۰.۹۱	۵۶۸	۵۱۵,۷	۳
۰.۹۲	۷۴۵,۹	۶۸۶,۸	۴
۰.۷۴	۷۴۸,۵	۵۵۶	۵
۰.۶۱	۹۲۹,۷	۵۶۹,۱۴	۶
۰.۵۱	۱۱۲۳,۴	۵۷۷,۱۳	۷
۰.۲۸	۲۲۷۲,۳	۶۲۵,۴	۸
۰.۳۹	۲۷۷۰,۲	۱۰۶۸,۹	۹
۰.۶۰	۲۸۹۳,۲	۱۷۳۴	۱۰
۰.۶۵	۳۱۸۷,۶	۲۰۷۶,۴	۱۱
۰.۵۴	۳۷۷۷,۹	۲۰۵۳,۸	۱۲
۰.۵۵	۴۱۳۶,۹	۲۲۶۳,۲	۱۳
۰.۵۲	۳۹۵۹	۲۰۵۸	۱۴
۰.۴۳	۳۸۷۴,۴	۱۶۶۴,۹	۱۵
۰.۴۸	۳۴۴۹,۸	۱۶۷۱	۱۶
۰.۵۳	۲۹۳۰,۱	۱۵۴۵,۸	۱۷
۰.۶۳	۲۸۱۴,۴	۱۷۶۰,۳	۱۸
۰.۷۸	۲۶۸۲,۶	۲۰۹۵,۴	۱۹
۰.۹۴	۲۶۲۱,۲	۲۴۵۷,۲	۲۰
۰.۶۳	۲۳۱۲,۱	۱۳۳۱,۲	میانگین



شکل ۵: نقشه عدم تقارن توپوگرافی معکوس در حوضه کذاب

۵. شاخص سینوسی رودخانه اصلی (Smr) ۱

به لحاظ نظری، رودخانه‌ای که تقریباً به حالت تعادل رسیده باشد، آن رودخانه جهت حفظ تعادل بین شیب بستر، دبی و رسوبگذاری پیچ خورده و حالت سینوسی پیدا می‌کند (بربانک و آندرسون، ۲۰۰۰: ۸۳). تغییر شیب بستر رودخانه به دلیل عامل تکتونیک، رابطه مستقیم با پیچ و خم در مسیر رودخانه دارد. بنابراین، از این شاخص برای بررسی وضعیت تکتونیک مناطق استفاده می‌شود. هر چه میزان شاخص S از یک بیشتر باشد نشان دهنده‌ی فعال بودن تکتونیک در منطقه است. این شاخص بر اساس رابطه زیر تعریف می‌شود:

S: شاخص سینوزیته یا پیچ و خم رودخانه صلی

C: طول مسیر رودخانه،

V: طول دره به خط مستقیم

این شاخص برای حوضه آبریز کذاب اندازه‌گیری شده و مقدار آن در جدول شماره (۵) آورده شده است:

جدول ۵: محاسبه شاخص سینوسی رودخانه اصلی حوضه کذاب

نام حوضه	C	V	S
کذاب	۱۱۵۰۱,۱۱	۸۸۲۵/۳۱	۱,۳۰۱

۶. منحنی هیپسومتری و شاخص انتگرال هیپسومتری (Hi) ۳

منحنی‌های هیپسومتری یک ابزار مفیدی در ارزیابی مسائل ژئومورفولوژی، بویژه در مطالعات زمین‌ساختی، فرایندهای فرسایش و ناپایداری دامنه‌ها هستند (Zisu, ۲۰۰۸: ۱۰۰). به نقل از عابدینی (۵۸: ۱۳۹۳). انتگرال هیپسومتری، توزیع سطوح ارتفاعی در یک منطقه یا یک حوضه آبریز را نشان می‌دهد (استرالر، ۱۹۵۲). شاخص Hi مساحت سطح زیرین منحنی هیپسومتری را توصیف می‌کند. یکی از روش‌های ساده برای توصیف شکل منحنی هیپسومتری یک حوضه، محاسبه انتگرال هیپسومتری آن است. انتگرال هیپسومتری یک حوضه آبریز با استفاده از مساحت سطح زیرین منحنی هیپسومتری به دست می‌آید. محاسبه انتگرال هیپسومتری با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید: (میر، ۱۹۹۰، کلر و پینتر، ۲۰۰۲، بال ۲۰۰۷):

$$Hi = H_{mean} - H_{min} / H_{max} - H_{min} \quad (۵)$$

کمیته ی ارتفاع _ بیشینه ی ارتفاع / کمیته ارتفاع _ میانگین ارتفاع = انتگرال هیپسومتری

این شاخص برای حوضه کذاب برابر است با:

$$\text{شاخص انتگرال هیپسومتری} = ۱۷۳۲ - ۲۳۲۴ / ۲۹۱۶ - ۱۷۳۲ = ۰.۵۰$$

¹ Sinuosity of main river

² Burbank and Anderson

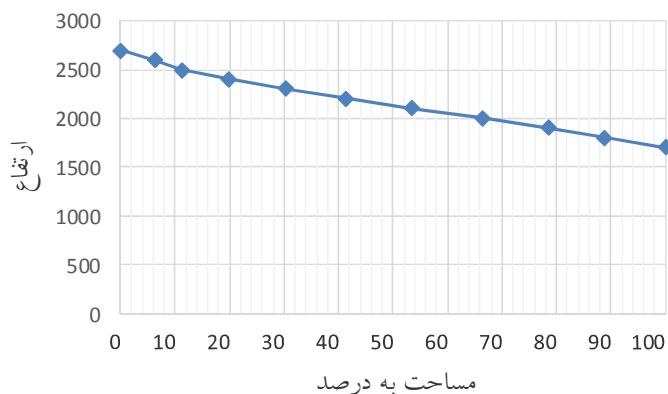
³ Hypsometric Curve and Hypsometrical Integral

به طور کلی، شاخص انتگرال هیپسومتریک بالا بیانگر فعالیت تکتونیک و مرحله جوانی در یک منطقه بوده و مقادیر پایین بیانگر فعالیت فرسایشی و مرحله ی پیری و آرامش می باشد. بر حسب مقدار به دست آمده در حوضه کذاب (پنجاه درصد) می توان بیان داشت که حوضه از نظر تکتونیک در شرایط فعال و جوان (بالا آمدگی ها و شکل گیری توپوگرافی جدید) قرار دارد. در شاخص منحنی هیپسومتریک، A مساحت کل حوضه برابر با جمع مساحت بین خطوط میزان موجود در حوضه می باشد و a مساحتی از حوضه که بالاتر از ارتفاع (h) قرار دارد. مقدار مساحت نسبی (a/A) بین ۱ در پایین ترین نقطه حوضه ($h/H=0$) تا ۰ در بالاترین نقطه حوضه ($h/H=1$) تغییر می کند (جدول ۶). شکل منحنی‌های هیپسومتریک (H_c) مقدار مواد فرسایش یافته را نشان می دهد. تحذب منحنی هیپسومتریک مشخص کننده نواحی با فرسایش ضعیف (جوان) شکل منحنی S نواحی با فرسایش آرام (بلوغ) و منحنی تقعر مشخص کننده نواحی با فرسایش بالا و مرحله ی پیری می باشد (Pena, 2010). در تحلیل منحنی هیپسومتریک حوضه ی کذاب می توان مشاهده نمود شکل کلی منحنی حالت تحذب را نشان می دهد هر چند که میزان تحذب در بخش بالایی حوضه بسیار بیشتر است و این خود بیانگر فعالیت بیشتر گسلها در بخشهایی بالایی حوضه است.

جدول ۶: محاسبه منحنی هیپسومتری حوضه آبریز کذاب

$a/A*(\%)$	$h/H*(\%)$	$H(M)$	$A(KM)^2$
۱	۰	۰	۴۷,۱۲۰
۰,۱۵	۰,۶۶	۱۸۰۰-۱۹۰۰	۷,۲۰۳
۰,۱۳	۰,۷۰	۱۹۰۰-۲۰۰۰	۶,۵۸۶
۰,۱۳	۰,۷۴	۲۰۰۰-۲۱۰۰	۶,۳۷۴
۰,۱۲	۰,۷۷	۲۱۰۰-۲۲۰۰	۶,۰۱۲
۰,۱۰	۰,۸۱	۲۲۰۰-۲۳۰۰	۵,۱۱۹
۰,۱۰	۰,۸۵	۲۳۰۰-۲۴۰۰	۴,۷۲۲
۰,۰۹	۰,۸۸	۲۴۰۰-۲۵۰۰	۴,۵۷۹
۰,۰۷	۰,۹۲	۲۵۰۰-۲۶۰۰	۳,۶۵۱
۰,۰۶	۰,۹۶	۲۶۰۰-۲۷۰۰	۲,۸۷۷
۰	۱	۲۷۰۰	۰

$$M2700 \text{ KM}^2, H^* = 47,120 * A =$$



شکل ۶: منحنی هیپسومتریک حوضه کذاب

۷. شاخص شکل حوضه^۱

شاخص شکل حوضه، تفاوت میان حوضه هایی با کشیدگی قابل توجه و حوضه هایی که شکل آن ها نزدیک به دایره است را مشخص می کند. تصویر افقی یک حوضه بر حسب شاخص شکل حوضه یا نسبت کشیدگی بیان می گردد (رامیرز و هررا، ۱۹۸۸)^۲. فرآیندهای زمین ساختی جدید اغلب شکل حوضه های آبریز را تا حدودی تغییر می دهد. در مناطقی که از نقطه نظر تکتونیکی فعال اند حوضه ها کشیده تر بوده و این شاخص مقدار بالایی را نشان می دهد اما، در مناطق با فعالیت تکتونیکی کمتر، حوضه ها کمتر کشیده بوده و شکل آن ها به دایره نزدیک تر است. از این رو، میزان شاخص BS نیز کاهش پیدا می کند (بال و مک فادن، ۱۹۷۷، بال، ۲۰۰۷)^۳. این شاخص از طریق رابطه زیر بدست می آید:

$$BS = BI / BW \quad (۶)$$

BS: شاخص شکل حوضه

BI: طول حوضه آبریز (از نقطه خروجی تا انتهایی ترین بخش حوضه)

BW: عرض حوضه آبریز (طول پهن ترین بخش حوضه)

^۱ Index of Drainage Basin Shape

^۲ Ramírez and Herrera

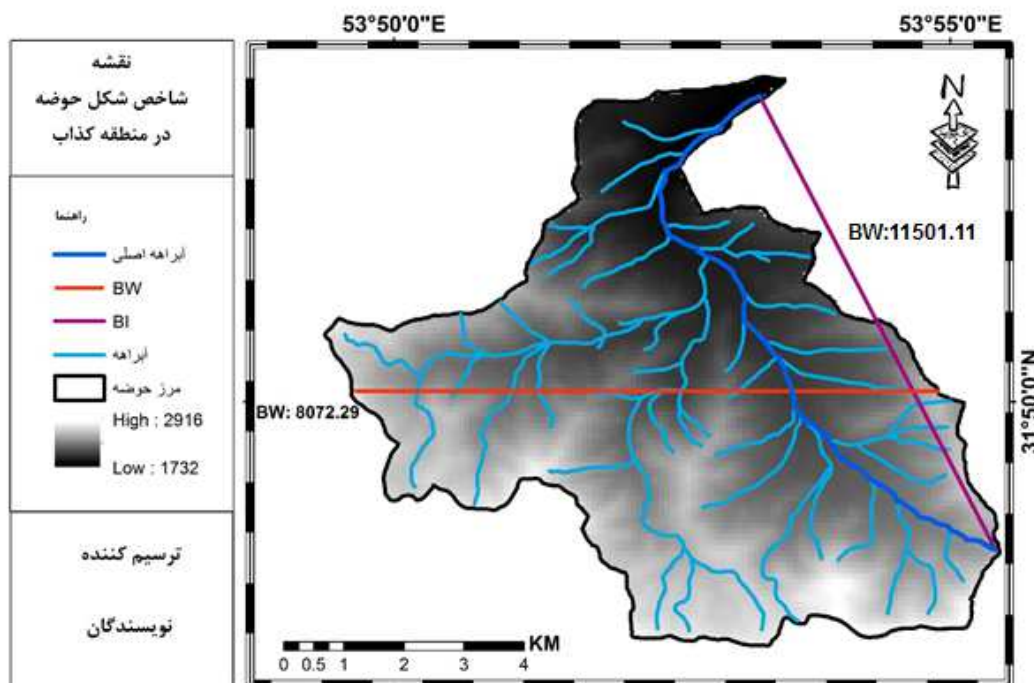
^۳ Bull and McFadden

شاخص BS اغلب در 3 کلاس رده بندی شده اند، این 3 رده عبارت اند از: رده 1 فعالیت تکتونیکی ($BS \leq 4$) رده 2 فعالیت تکتونیکی ($3 < BS < 4$) و رده 3 فعالیت تکتونیکی ($BS \leq 3$) (همدونی و همکاران، ۲۰۰۷). مقدار این شاخص برای حوضه کذاب و زیر حوضه هامانه محاسبه و نتایج آن در جدول (۷) آورده شده است.

جدول ۷: محاسبه شاخص شکل حوضه برای حوضه کذاب و زیر حوضه هامانه

نام حوضه	BI(M)	BW(M)	BS
کذاب	۸۲۳۳	۱۱۵۰۱,۱۱	۱,۴
هامانه	۳۱۸۷	۱۱۵۰۱,۱۱	۳,۶

دلیل آنکه این شاخص برای زیرحوضه هامانه نیز محاسبه گردید وجود گسل‌های متعدد و تفاوت شکل ظاهری آن بود. نتایج این شاخص همانطور که از جدول (۷) قابل مشاهده است برای حوضه بالا بوده (در حدود ۱,۴) اما برای زیر حوضه هامانه بسیار بالا (حدود ۳,۶) می باشد و این نشان دهنده وضعیت تکتونیکی نیمه فعال برای کل حوضه و بسیار فعال برای زیر حوضه هامانه است. شکل حوضه نیز گویای دگرذیسی و تغییر بویژه در بخش شرقی آن است (شکل ۷).



شکل ۷: شاخص شکل حوضه در منطقه کذاب

نتیجه گیری

حوضه آبریز کذاب از نظر زمین شناسی یعنی زمین ساخت، زمین ریخت شناسی و لیتولوژی یک حوضه نسبتاً پیچیده است. وجود گسل‌های متعدد بزرگ و کوچک، وجود سازندهای متنوع به لحاظ سنگ شناسی و زمانی در مجاورت هم، وجود توده های نفوذی به شکل دایک در امتداد گسل‌ها، پرتگاه‌های بلند جبهه کوهستان، پیچ و خم و شکست های پیاپی در مسیر رودخانه‌های اصلی و مواردی از این دست نشان‌دهنده این پیچیدگی هستند. مشخص بودن برخی گسل‌ها بر روی زمین، با وجود تغییرات اقلیمی نسبتاً زیاد کواترنر در منطقه مهمترین دلیل بر جابجایی و تحرکات گسل‌ها و به تبع آن تغییرات در لندفرمهای سطح زمین است. با این وجود، برای ارزیابی دقیق‌تر عملکرد گسل‌ها و فعالیت آنها در پلیستوسن در منطقه از هفت شاخص ژئومورفولوژیکی بهره گرفته شده است. همه شاخص های مورد استفاده تا حدود نسبتاً زیادی تکتونیک جنبا را در منطقه نشان می‌دهند. بعلاوه، جبهه های کوهستان که عمدتاً از سنگهای آهکی تشکیل شده اند؛ اغلب به شکل پرتگاههای خشن و پرشیب جلوه می‌کنند. به همین دلیل طبیعی است که شاخص SMF مقدار بالایی را نشان دهد. بر اساس شاخص منحنی هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری، بیشتر بخشهای حوضه (قریب به ۷۰ درصد آن) بالای ارتفاع ۲۰۰۰ متری قرار گرفته‌اند. بنابراین، حوضه جزء حوضه های جوان بوده که دلیل آن هم بالا آمدگی حوضه در دوره اخیر و در پلیستوسن بوده است. چرا که در برخی موارد مشاهده می‌شود که رسوبهای دوران کواترنر را نیز بریده و یا بالا آورده است.

بر مبنای شاخص شکل حوضه، منطقه کذاب حوضه نسبتاً کشیده‌ای است، بویژه در زیرحوضه هامانه که خود دره تکتونیک بوده و در داخل گسل بزرگ هامانه قرار گرفته است. در واقع، زیر حوضه هامانه از نظر شاخص شکل حوضه مقدار بسیار بالایی را نشان داده و گویای فعالیت های اخیر زمین ساخت در این بخش از حوضه است. بعلاوه، حوضه از نظر ریخت‌شناسی نامتقارن به نظر رسیده و شاخص عدم تقارن حوضه نیز مقدار بالایی را نشان داده و می‌تواند فعالیت تکتونیک حوضه را به شکل آشکاری نشان دهد. با مشاهده شکل حوضه می‌توان دریافت که حوضه به سمت شرق کج شده به گونه ای که مساحت بخش غربی آن در حدود چهار برابر بخش شرقی حوضه است. به طور کلی، مقادیر به دست آمده از شاخص های ژئومورفولوژی عملکرد نئوتکتونیک در حوضه آبریز کذاب و رده های فعالیت آنها در جدول (۸) آورده شده است:

جدول ۸: مقادیر شاخص‌های ژئومورفولوژیکی عملکردهای نئوتکتونیک و رده های آنها در حوضه آبریز کذاب

ردده SL	SL	ردده Hi	Hi	ردده BS	ردده AF	۵۰ - AF	AF	S	طول رودخانه (M)	مساحت حوضه (KM ²)
۳	۱۹۶,۰۹	۲	/۵۰	۳	۱	۳۰,۶۸	۱۹,۳۲	۱,۳۰۱	۱۱۵۰,۱۱۱	۴۷,۱

به طور کلی، بر حسب نتایج حاصله از شاخصهای ژئومورفولوژی به کار گرفته شده و همچنین مطابقت آنها با نقشه زمین شناسی و گسل‌های موجود منطقه (از نظر تعدد، امتداد و موقعیت یا محل قرار گیری آنها) و همچنین شکل حوضه و بررسی‌های میدانی می‌توان بیان داشت که این شاخص‌ها در بررسی وضعیت تکتونیک مناطق مختلف و

ارزیابی و مورفومتری حوضه‌های آبریز از کارایی و دقت بالایی برخوردارند. چرا که مقادیر به دست آمده از شاخصها با گسلها، تعدد، محل قرار گیری و امتداد آنها مطابقت دارد. از نظر این شاخص ها حوضه آبریز کذاب از نظر ژئومورفولوژی در وضعیت نسبتاً ناپایدار و از نظر تکتونیکی در شرایط فعالی قرار دارد (جدول ۹).

جدول ۹: ارزیابی کمی و کیفی فعلیت های نئوتکتونیک بر حسب شاخص های ژئومورفولوژی

شاخص های نئوتکتونیک	نماد	توصیف کمی	توصیف کیفی	ارزیابی توصیف فعالیت تکتونیکی (+) وجود فعالیت تکتونیکی
شاخص گرادیان طولی رودخانه	SL	۱۹۶,۰۹	نیمه فعال	+
شاخص سینوسی جبهه کوهستان	SmF	۱,۳۴۶	فعالیت تکتونیکی بالا	+
عدم تقارن حوضه زهکشی	AF	۱۹,۳۲	کج شدگی تکتونیکی	+
عدم تقارن توپوگرافی معکوس	T	۰,۵۲	فعال	+
سینوزیته رودخانه اصلی	S	۱,۳۰۱	فعال	+
انتگرال هیپسومتریک	Hi	۰,۵۰	توپوگرافی جوان	+
شاخص شکل حوضه	Bs	۱,۴	فعال	+

منابع

- حاج علی بیگی، حسین (۱۳۸۰)، مورفوتکتونیک حوضه تهران، پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- ذوالفقاری، مهدی، پیروان، حمیدرضا، غیومیان، جعفر، بوذری، سهیلا (۱۳۸۳) بررسی نقش تکتونیک فعال بر الگوی شبکه‌ی آبراهه‌ی نیمه-ی جنوبی حوضه‌ی آبریز حاج علی قلی (جنوب شرقی دامغان)، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی ایران.
- رضایی مقدم، محمد حسین، خیری زاده آروق، منصور (۱۳۹۳)، ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیک با استفاده از شاخص‌های کمی ژئومورفیک (منطقه مورد مطالعه: بخشی از البرز شرقی در شمال استان سمنان)، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره ۱۸، صص ۳۶-۱۹
- سیف، عبدالله، خسروی، قاسم (۱۳۸۹)، بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارس، فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۴، صص ۱۴۶-۱۲۸
- طارم‌سری، محمد مؤمنی، ده بزرگی، مریم، یساقی، علی، نو زعیم، رضا (۱۳۹۴)، ارزیابی تکتونیک فعال از یک کوه در شمال طبس، ایران مرکزی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره ۳، صص ۶۹-۵۰
- عابدینی، موسی شبرنگ، شنو (۱۳۹۳) ارزیابی فعالیت‌های نو زمین ساخت در حوضه‌ی آبخیز مشکین چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۳۵، صص ۶۶-۴۹
- غلامی، یوسف (۱۳۸۹) بررسی ژئومورفولوژی تکتونیک در تاق‌دیس گلپای، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، به راهنمایی دکتر شهرام بهرامی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار
- کرمی، فریبا (۱۳۸۸) ارزیابی ژئومورفیک فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه زهکشی سعید آباد چای، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۹، صص ۸۲-۶۷
- کرمی، فریبا (۱۳۹۱) ارزیابی نسبی تکتونیک فعال با استفاده از روش‌های مورفومتری در حوضه‌های شمالی و شرقی کوه سهند، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره‌ی ۳۷، صص ۱۸-۱

- کرمی، فریبا، رجبی، معصومه، عسگری، مریم (۱۳۹۲)، تحلیل فعالیت های نئوتکتونیکی دامنه شمالی رشته کوه بزقوش با استفاده از روش های ژئومورفولوژیکی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۲، صص ۱۵۸-۱۴۱
- گورابی، ابوالقاسم، نوحه گر، احمد (۱۳۸۶)، بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۰، صص ۱۷۷-۱۹۶
- مقصودی، مهران، جعفری، مریم، باقری، سجاد و مسعود مینایی (۱۳۹۰)، بررسی تکتونیک فعال حوضه آبخیز کفرآور با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیک، جغرافیا و توسعه شماره ۲۵، صص ۱۳۶-۱۱۱
- مقصودی، مهران، جعفری اقدم، مریم، باقری سید لشکری، سجاد، مینایی، مسعود (۱۳۹۰)، بررسی تکتونیک فعال حوضه ی آبریز کفرآور با استفاده از شاخص های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، صص ۱۳۶-۱۱۱
- Arvey, A.M., (2002), "The Role of base-level Change in the Dissection of Alluvial fans: Case Studies from Southeast Spain and Nevada", *Geomorphology*, 45: 67-87.
- Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977, Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In: Doehring, D.O. (Ed.), *Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of the Eighth Annual Geomorphology Symposium*, State University of New York, Binghamton, pp. 115-138
- Bull, W.B. 2007. *Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology*. Blackwell Publishing.
- Duglas, W. B., Robert. S.A. (2001) *Tectonic Geomorphology*, Blackwell Science, Ltd , p. 288
- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamedi, H., Hosseinias, H., (2010), "Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran", *Geomorphology*, 121:329-341.
- Li, Y., Jingchun, T., Lihua, D. (1999). Impact of tectonics on alluvial landforms in Hexi corridor, Northwest China. *Geomorphology Vol 28*.
- Guarnieri, P., Pirrotta, C. (2008) "The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian Side of the Messina Strait (NE Sicily)", *Geomorphology*, 95: 260-273.
- Giaconia, F., Booth-Rea, G., Martínez-Martínez, J.M., Azañón, J.M., Pérez-Peña, J.V., Pérez-Romero, J., Villegas, I. (2012) Geomorphic evidence of active tectonics in the Serra Alhambra (eastern Betics, SE Spain). *Geomorphology* 145-146, pp: 90-106.
- Harkins, N. W., Anastasio, D. J. Pazzaglia, F. J., (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: 1925-1939.
- Hamdouni, R.El. Irigaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, E.A (2007) Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada Southern Spain). *Geomorphology*. 96, 150-173
- Keller, E.A., Pinter, N. (2002) *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape* (2ndEd.), Prentice Hall, New Jersey.
- Strahler, A.N., 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin* 63, 1117-1142.
- .Morisawa, M., Hack, J.T.(1985) *Tectonic Geomorphology*, Boston: Allen & Unwin, p: 390.
- Malik. J.N., Mohanty..C.(2007), "Active tectonics influence on the evolution of drainage and landscape geomorphic signatures from frontal and hinter land areas along the North western Himalaya, India", *Journal of Asian Earth Sciences*, 29: 604-618.
- Elio Flores-Prieto, Geraldine Quénéhervé, Felix Bachofer, Faisal Shahzad, Michael Maerker, (2015) Morphotectonic interpretation of the Makuyuni catchment in Northern Tanzania using DEM and SAR data *Geomorphology*, Volume 248, Pages 427-439
- Ramírez-Herrera, M.T., 1998, Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt, *Earth Surface Processes and Landforms* 23,317-332.
- Savaş T., Edward, K., Aaron, B., Koçyiğit, A.(2016) Tectonic geomorphology of a large normal fault: Akşehir fault, SW Turkey Original Research Article *Geomorphology*, Volume 259, 15, Pages 55-69
- Viseras, C., Altan, B.N., (2003), "Differential Features of alluvial fans Controlled by Tectonic or Eustatic Accommodation Space", *Geomorphology*, 50: 181-202.
- Wallace, R. E., (1977): Profiles and Ages of Young Fault Scarps, North Central Nevada. *Geological Society of America Bulletin*, 88, 1267-1281.

Assessment of Neotectonic activities using geomorphical indicators (case study: Kazab basin-yazd)

Mohamad sharifi Paichoon*¹, Fateme Zare², Kazem Taherinejad³

1- Assistant Prof. of Geography, Yazd University

Email: mscharifi@gmail.com

2- MA of Geomorphology, Yazd University

3- MA of Geomorphology, Yazd University

Received: 2016.07.03

Accepted: 2017.06.21

Abstract

The earth surface and its landforms usually changes by tectonic activities. for defining tectonically activities and changes in the landforms of the earth surface, geomorphological indicators are one of the suitable tools. In the region, there are a few small and great faults and the main goal of the research is studying the movement and activities of the faults in the region in quaternary. To assessment the impacts of neotectonic movements in the region, we showed topographic and morphologic anomalies according to topographic and geologic maps, aerial photographs, digital elevation model, and also filed studies. To evaluate the rate of neo-tectonic activities in the basin, we have used geomorphological indicators includes; Bs, SL, T, AF, SMF, Hc, Hi, S and also geography information system. More indicators show tectonic activities and the movement of the faults. The rate of Bs is high. Besides, the rate of the profile of the river is different, because the main river has located inside a fault valley. SMF index is about 1.2 that indicates tectonic activity. The rate of AF reaches to 19 so that the area of the west is about four times the east segment. The index of hypsometric integral show uplifting especially in the west segment. The indexes of BS SMR are about 1 and 1.3 that both of them point out high rate.

Keywords: Kazab Basin, Geomorphic indicators, Morphometry, Neo-tectonic.