مکـــان
فصلنامه جغرافیا و آمایش سرزمین
سال اول / شماره اول / پاییز ۱۳۹۰

ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی حوضه‌های آبریز با شاخص‌های ژئومورفولوژیک مطالعه موردی: حوضه آبریز پاسخن، استان فارس

***سیاوش شایان[۱]، محمد شریفی‌کیا[۲]، غلامرضا زارع[۳] و شهرام امیری[۳]**
[۱]استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، [۲]استادیار گروه سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس،
[۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تربیت مدرس،
پذیرش مقاله: ۸۹/۱۲/۲۴ ؛ تایید نهایی: ۹۰/۵/۲۰

چکیده

در حوزه ژئومورفولوژی نو زمین ساخت، بر مطالعه فرایندهای پویا و موثر در شکل‌دهی زمین و چشم‌اندازهای آن تمرکز دارد. شاخص‌های ژئومورفولوژیکی ابزار مناسبی را برای درک کارکرد و درجه پویایی این فرایندها معرفی می‌نمایند. در این مقاله از هشت شاخص ژئومورفولوژیکی سینوزیته جبهه کوهستان (Smf)، عدم تقارن حوضه زهکشی (AF)، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (VF)، شکل حوضه (Bs)، تقارن توپوگرافی عرضی (T)، منحنی هیپسومتری حوضه (Hc)، پیچ و خم رود (S)، گرادیان طولی رود (SL) برای تعیین وضعیت نو زمین ساختی حوضه آبریز پاسخن استفاده شده است. روش مورد استفاده عمدتاً مبتنی بر دور سنجی و پردازش داده در محیط نرم‌افزاری به همراه بررسی میدانی برای تهیه زیرساخت داده‌ای و کنترل یافته‌های آزمایشگاهی بوده است. یافته‌های تحقیق و مقادیر حاصل از اعمال این شاخص‌ها روشن ساخت که حوضه از نظر وضعیت نو زمین‌ساختی در زمره نواحی فعال قرار دارد. این یافته بیانگر جوان‌سازی پدیده‌های مورفولوژیکی در حوضه و در نتیجه فراهم‌آوری زیرساختی پویا و تحول‌پذیر از پدیده‌های مرفولوژیکی است.

واژه‌های کلیدی: نو زمین ساخت، حوضه آبریز پاسخن، شاخص ژئومورفولوژیکی، سنجش از دور

[1] - مسئول مکاتبه: shayan@modares.ac.ir

مقدمه

در سطح کره زمین تقریباً منطقه‌ای پیدا نمی‌شود که طی چند هزار سال اخیر، فعالیت‌های نو زمین‌ساختی آنها را تحت تاثیر خود قرار نداده باشد. در حقیقت می‌توان گفت که نو زمین‌ساخت فعال در حال تغییر شکل سطح زمین می‌باشد (والاس[1]، ۱۹۹۷). نیروهای درونی زمین در قالب فرایندهای نوزمین‌ساخت موجب تشکیل ناهمواری‌ها می‌شوند و لندفرم‌های اصلی را فراهم می‌آورند، اما تاثیر آنها در تغییر چشم‌اندازهای ساختمانی و ژئومورفولوژیکی زمین در همه جا یکنواخت و یکسان نیست (یمانی و همکاران، ۱۳۸۷). نو زمین‌ساخت ژئومورفولوژی فعال به مطالعه فرایندهای پویا و دینامیک موثر در شکل‌دهی زمین و چشم‌اندازهای موجود در آن می‌پردازد (کلر[2] و همکاران، ۲۰۰۲). از جمله مطالعات کمی در زمینه ارتباط فعالیت‌های نو زمین ساخت و زمین شکل‌ها، استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در این زمینه می‌باشد که به‌طور خاص برای مطالعات نو زمین‌ساختی فعال استفاده می‌شوند. با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان در مدت زمان کوتاه فعالیت‌های زمین‌ساختی را مطالعه و در تحقیقات دقیق‌تر آینده به‌کار گرفت. شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی ابزاری مفید هستند، زیرا با استفاده از آنها می‌توان مناطقی را که در گذشته فعالیت‌های سریع و یا کند زمین‌ساختی را طی نموده‌اند، به راحتی شناسایی کرد (Ramirez-Herr، ۱۹۹۸). این شاخص‌ها معمولاً با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع (DEM) قابل محاسبه خواهند بود (کرمی، ۱۳۸۸). برخی از شاخص‌های ژئومورفولوژیک، به‌عنوان ابزارهای اساسی برای تشخیص تغییر شکل‌های سریع زمین‌ساختی تجربه امتحان واقع شده و به‌طور وسیع مورد استفاده قرار گرفته‌اند (گورابی و نوحه گر، ۱۳۸۶).

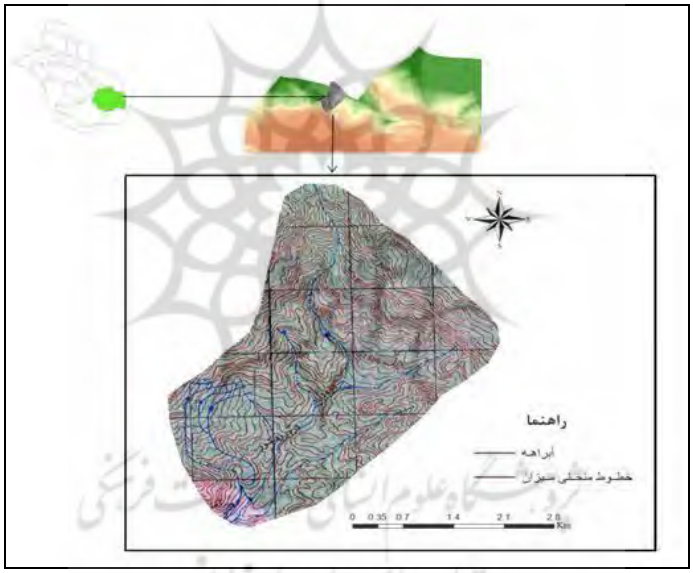
استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در مطالعه‌ی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی توسط (Bull و همکاران، ۱۹۷۷) آغاز گردید. این شاخص‌ها به‌دست محققان دیگری همچون (Rockwell و همکاران، ۱۹۸۵) در جنوب‌غرب آمریکا (Wells و همکاران، ۱۹۸۸) در سواحل کاستاریکا،(Silva و همکاران، ۲۰۰۳) در سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا،(Guarnieri و همکاران، ۲۰۰۸) در شمال‌شرقی سیلیسی و غیره، مورد استفاده و آزمون قرار گرفته و تایید گردیده است. در ایران (خیام و مختاری، ۱۳۸۲) در دامنه شمالی میشو داغ، (مددی و همکاران، ۱۳۸۳) در دامنه شمال‌غربی تالش، (وحدتی دانشمندی و همکاران، ۱۳۸۵) برای سپید رود و دشت گیلان، (گورابی و نوحه‌گر، ۱۳۸۶) برای حوضه آبریز درکه، (یمانی و همکاران، ۱۳۸۷) در دامنه‌های کرکس، (کرمی، ۱۳۸۸) برای حوضه آبریز اوجان چای، (بیاتی‌خطیبی، ۱۳۸۸) برای حوضه آبریز قرنقوچای و غیره برای مشخص کردن

1- Wallace
2- Keller

فعالیت‌های نو زمین‌ساختی از این شاخص‌ها، استفاده کرده‌اند. هدف از این پژوهش مشخص نمودن وضعیت فعالیت‌های نو زمین‌ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در حوضه آبریز مورد مطالعه در شمال دشت داراب واقع در جنوب‌شرقی استان فارس می‌باشد.

موقعیت محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه از نظر موقعیت ریاضی بین عرض‌های جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و از نظر موقعیت نسبی در شمال دشت داراب (۲۴ کیلومتری از غرب شهر داراب) و جنوب‌شرقی استان فارس واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در استان فارس

قسمت اعظم حوضه را رخنمون مجموعه رادیولاریتی که تناوبی است از لایه‌های چرتی به رنگ قرمز و سبز، آهک‌های چرتی سیاه تا خاکستری رنگ، آهک ماسه‌ای، آهک تخریبی و آهک میکرولیتی بوده، تشکیل داده است. در بعضی از قسمت‌های این حوضه نیز آهک کرتاسه، دولومیتی و نهشته‌های آبرفتی مربوط به کواترنر دیده می‌شوند. در قسمت جنوب و غرب حوضه تراست و در شمال آن شاخه‌هایی از گسل منصوری وجود دارد (اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ نمردان). مواد

رسوبی حاصل از فرسایش در این حوضه بعد از خروج از کوهستان باعث تشکیل مخروط افکنه پاسخن در پایین دست آن شده است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ضمن استفاده از روش معمول کتابخانه‌ای درجهت گردآوری منابع و اسناد، از تکنیک‌های آزمایشگاهی و میدانی استفاده شده است. بدین منظور با استفاده از DEM استخراج شده از تصاویری ماهواره‌ای ASTER با دقت ارتفاعی۳۰متر و همچنین تصاویر سنجنده +ETM ماهواره لندست، اقدام به تهیه نقشه‌های پایه و ایجاد بانک اطلاعات مکانی در محیط GIS گردیده است. برای تحلیل و ارزیابی وضعیت نو زمین‌ساختی محدوده مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی زیر استفاده شده است.

- شاخص سینوزیته جبهه کوهستان، که بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌گردد:

$$(S = \frac{Lmf}{Ls}) \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

در این رابطه، S= سینوزیته جبهه کوهستان، Lmf : طول سراشیبی تند کوهستان در مرز بین کوهستان و کوهپایه (تمام طول لبه نقطه اتصال کوهپایه به کوهستان)، Ls = طول خط مماس در امتداد سراشیبی تند کوهستان) می‌باشد.

- شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، که بر طبق رابطه ۲ محاسبه می شود:

$$(Af=100\ (Ar/At)) \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

در رابطه فوق، Af عدم تقارن حوضه، Ar مساحت بخش راست حوضه نسبت به رود اصلی و At مساحت کل حوضه است.

- شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره، که بر اساس رابطه ۳ محاسبه می گردد:

$$(Vf = \frac{2Vfw}{(Eld - Esc) + (Erd - Esc)}) \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

در این رابطه، Vf: نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره، Vfw: پهنای کف دره، Esc= ارتفاع متوسط کف دره از سطح دریا، Erd: ارتفاع خطالرأس سمت راست رود از سطح دریا، Eld: ارتفاع خطالرأس سمت چپ رود از سطح دریا می‌باشد.

- شاخص شکل حوضه بر طبق رابطه ۴ محاسبه می شود:

$$(Bs= B_l/B_W) \qquad \text{(رابطه ۴)}$$

که در این رابطه B_l طول حوضه آبریز بوده که از خروجی حوضه تا انتهایی‌ترین بخش حوضه را در بر گرفته و B_W عرض حوضه آبریز) است.

- شاخص تقارن توپوگرافی عرضی، بر اساس رابطه ۵ محاسبه می‌گردد:

$$(T = \frac{Da}{Dd}) \quad \text{(رابطه ۵)}$$

در این رابطه، T= شاخص تقارن توپوگرافی عرضی، Da= فاصله نوار مئاندری فعال از خط میانی حوضه آبی، Dd= فاصله خط میانی حوضه آبی از خط مرز حوضه می‌باشد.

- شاخص منحنی هیپسومتری حوضه
- شاخص پیچ و خم رود
- شاخص گرادیان طولی رود

تحلیل شاخص‌های ژئومورفولوژیکی

شاخص سینوزیته جبهه کوهستان

یکی از شاخص‌هایی که با ارزیابی شکل سنجی، بررسی تغییرات مورفولوژی جبهه‌های کوهستانی و سپس تعیین میزان نسبی فعالیت‌های نو زمین‌ساختی را امکان‌پذیر ساخته است، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf) می‌باشد (کرمی، ۱۳۸۸). این شاخص از یک طرف بیانگر نیروهای تعادل بین نیروهای فرسایش‌دهنده است که تمایل به بریدن و ایجاد شکل‌های خلیجی و برش به داخل جبهه کوهستان را دارد و از طرف دیگر و نو زمین‌ساختی که تمایل به ایجاد یک جبهه کوهستانی مستقیم به‌طور همزمان با گسل خوردگی متوالی و مرحله به مرحله را دارد. این جبهه‌های کوهستانی با بالا آمدگی زمین‌ساخت فعال که به‌طور نسبی مستقیم هستند، با مقادیر کم Smf همراه می‌باشند. اگر نرخ بالا آمدگی کاهش یافته یا متوقف شده باشد، در نتیجه فرایندهای فرسایش جبهه کوهستان را به‌طور قهقرایی حفر خواهند کرد و Smf افزایش پیدا خواهد کرد (گورابی و نوحه گر، ۱۳۸۶). به‌طور کلی اگر سینوزیته به عدد یک نزدیک شود بیانگر فرایش (Uplift) اخیر کوهستان و نو زمین‌ساخت فعال است و هرچه از عدد یک بزرگتر شود بیانگر کاهش فعالیت‌های نو زمین‌ساختی و غلبه عمل فرسایش است. جدول ۱ بیانگر وضعیت نو زمین‌ساختی بر طبق این شاخص می‌باشد.

جدول ۱- تشخیص فعال یا غیر فعال بودن زمین‌ساخت بر اساس شاخص سینوزیته (بول و همکاران، ۱۹۹۷)

مقدار S	وضعیت تکتونیکی
کمتر از ۱/۳	خیلی فعال
۱/۳ تا ۱/۶	فعال
۱/۶ تا ۱/۸	نیمه فعال یا کند
بیشتر از ۱/۸	غیرفعال

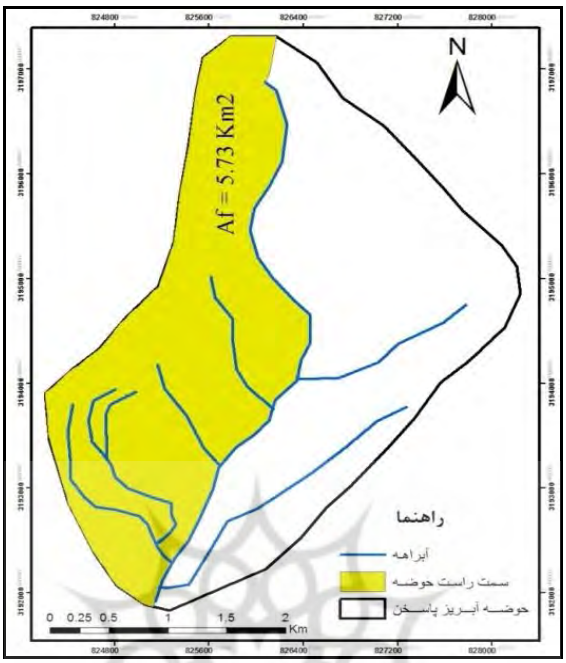
برای محدوده مورد مطالعه با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مقادیر این شاخص محاسبه گردید که به صورت زیر است. $S = 1.4$ $S = \frac{7}{5}$، که بر اساس تقسیم‌بندی بالا از لحاظ این شاخص، وضعیت نو زمین‌ساختی فعال می‌باشد. این شاخص با استفاده از مدل رقومی ارتفاع در محیط نرم‌افزاری GIS نیز قابل محاسبه خواهد بود.

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی

شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی به کج‌شدگی زمین بر اثر فعالیت‌های زمین‌ساختی دلالت دارد. بایستی توجه داشت که بخش راست و چپ حوضه را می‌بایست در جهت جریان رودخانه در نظر گرفت. اگر مقدار عددی این شاخص در حدود۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن در دو سمت آبراهه اصلی و در نتیجه عدم فعالیت نو زمین‌ساختی است. در صورتی که اگر حوضه آبریز تحت تاثیر این نیروها قرار داشته باشد ممکن است که مقدار عددی به‌دست آمده Af کمتر یا بیشتر از ۵۰ باشد. اگر میزان این شاخص بزرگتر از ۵۰ باشد بیانگر فرایش در سمت راست آبراهه اصلی است و اگر میزان شاخص کوچکتر از ۵۰ باشد بیانگر فرایش در سمت چپ آبراهه اصلی است. مساحت هر قسمت در نرم‌افزار GIS محاسبه گردید. مقدار Af بر اساس رابطه فوق ۴۶/۵۸ به‌دست آمده است (شکل ۲).

$Af=100\ (5.73/12.3)$

پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲ - برآورد شاخص Af

بر طبق عدد حاصل شده می‌توان گفت که حوضه از نظر نو زمین‌ساختی فعال بوده و سمت راست حوضه نسبت به سمت چپ فعال‌تر می‌باشد. تحت تاثیر این فعالیت شاخه‌های فرعی در سمت چپ حوضه طولانی‌تر از سمت راست بوده و در نتیجه کج شدگی به سمت غرب حوضه یعنی ساحل راست رود می‌باشد.

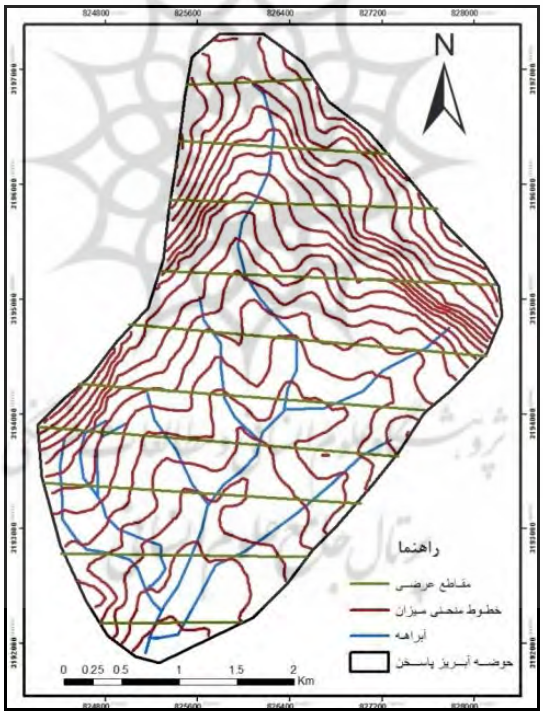
شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره

برخی از دره‌ها V شکل و بعضی از آنها U شکل هستند. با استفاده از این شاخص می‌توان فهمید که رود در چه وضعیتی می‌باشد. ممکن است که رود در حال حفر بسترش باشد و یا به فرسایش کناری مشغول بوده و اقدام به توسعه بستر خود کند. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده بالا آمدگی کم نو زمین‌ساختی می‌باشد. بنابراین رود پهنای بستر خود را فرسایش می‌دهد و بستر خود را تعریض می‌کند. مقادیر کم این شاخص نیز بیانگر دره‌های عمیق همراه با رودهایی است که به‌طور فعال کف بستر خود را حفر کرده و به‌طور معمول همراه با بالا آمدگی نو زمین‌ساختی است. اعداد حاصله با توجه به جدول ۲ مشخص‌کننده وضعیت نو زمین‌ساختی بر طبق این شاخص است.

جدول ۲- میزان فعالیت زمین‌ساختی را با توجه به مقدار Vf (Bull et al, 1977)

مقدار Vf	وضعیت تکتونیکی
کمتر از ۱	فعال
۱ تا ۲	نیمه‌فعال
بیشتر از ۲	غیرفعال

برای برآورد این شاخص در محدوده مورد مطالعه، ۱۰ مقطع عرضی تهیه و مقادیر هر یک از آنها با استفاده از نقشه توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ محاسبه گردید (شکل ۳). با توجه به مقادیر بدست آمده می‌توان گفت که در راس حوضه حرکات نو زمین‌ساختی فعال‌تر از قسمت‌های پایین دست و خروجی حوضه می‌باشد. مقادیر بین ۰/۰۱۶ تا ۰/۴۷ بوده و با توجه به جدول ۲ و براساس این شاخص، در مجموع نو زمین ساخت حوضه وضعیتی فعال دارد. میانگین Vf نیز ۰/۱۴ است (جدول ۳).



شکل ۳- موقعیت مقاطع انتخاب شده برای تحلیل شاخص Vf

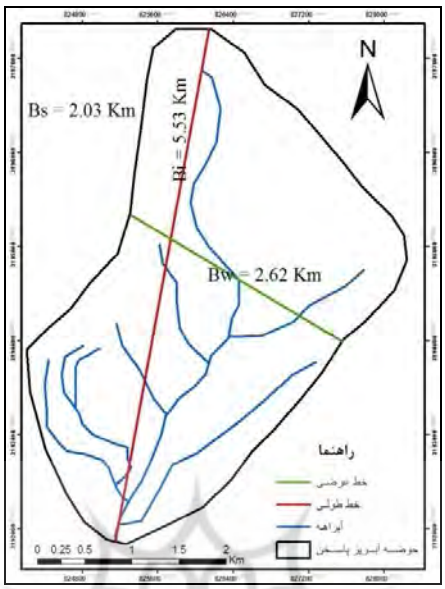
جدول ۳- مقادیر بدست آمده برای شاخص Vf

ردیف	Vf	Erd	Esc	Eld	Vfw
۱	۰/٤۷	۱۳۰۰	۱۲٤٥	۱٤۰۰	٥۰
۲	۰/٤۲	۱۳۸۲	۱۲۹٦	۱٤٤۳	٥۰
۳	۰/۲۰	۱٤۸۰	۱۳٤۰	۱٥۸۲	٤۰
٤	۰/۱۰	۱٥٥۰	۱۳۹۰	۱۸٤۰	۳۰
٥	۰/۰۹٤	۱٥۳۰	۱٤۳۰	۱۸٦۰	۲٥
٦	۰/۰۸۱	۱۷٥٥	۱٥۰٥	۱۸۷۰	۲٥
۷	۰/۰۲۸	۲۱۲۲	۱٦۳۰	۱۸٤۰	۱۰
۸	۰/۰۱۹	۲۱۸۰	۱۷۳۰	۲۰۹۰	۷
۹	۰/۰۱٦	۲۱۹۰	۱۸٦٥	۲۱٥٥	٥
۱۰	۰/۰۲۱	۲۱۳٥	۱۹۹٥	۲۱۳۰	۳
میانگین	۰/۱٤	-	-	-	-

شاخص شکل حوضه

مورفولوژی رودهایی که منجر به قطع جبهه کوهستان می‌شوند، ممکن است تغییرات سطح اساس را بر اثر بالاآمدگی نو زمین‌ساختی انعکاس دهند (والز و همکاران، ۱۹۸۸). برای فهم و تشخیص ساز و کار آن بر سیستم رود، می‌توان از تحلیل شاخص شکل حوضه آبریز بهره برد. مقادیر بالای B_S نشان‌دهنده فعال بودن نو زمین‌ساخت حوضه آبریز است (شکل ۴). مقدار عددی این شاخص برای حوضه آبریز مورد مطالعه ۲/۰۳ بوده که بیانگر فعال بودن حرکات نو زمین‌ساختی می‌باشد. هر اندازه شکل حوضه به دایره شبیه‌تر باشد مقدار این عدد یک یا نزدیک به یک خواهد بود.

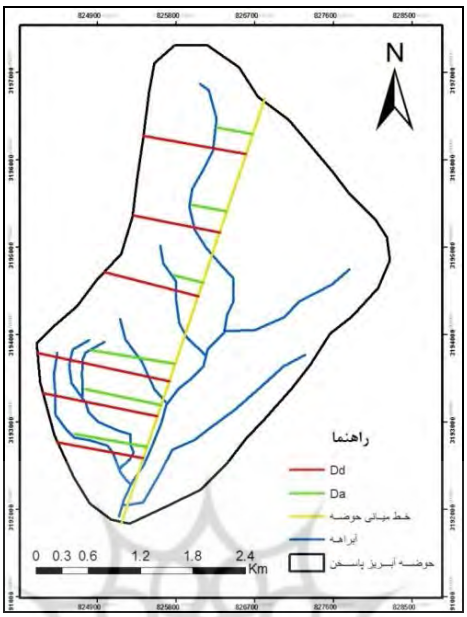
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۴- محاسبه شاخص Bs برای حوضه آبریز مورد مطالعه

شاخص تقارن توپوگرافی عرضی

این شاخص هم می‌تواند وضعیت تقارن و در نتیجه فعال یا غیرفعال بودن منطقه را مشخص نماید. در حوضه‌های کاملا متقارن مقدار عددی این شاخص صفر می‌باشد. اما با کاهش تقارن حوضه، میزان شاخص افزایش یافته و به عدد یک نزدیک می‌شود. مقادیر عددی نزدیک به یک بیانگر فرایش در منطقه و در نتیجه نو زمین‌ساخت فعال است. برای محاسبه این شاخص در حوضه آبریز پاسخن، ۱۲ مقطع بر روی حوضه مشخص گردید (شکل ۵) و مقادیر هر یک از آنها طبق رابطه فوق محاسبه شد که میانگین آن ۰/۶۵ می‌باشد (جدول ۴). این عدد حاکی از فعال بودن نو زمین‌ساخت در حوضه است و همچنین می‌توان گفت که رود در حال فرسایش بستر خود می‌باشد.



شکل ۵- نحوه محاسبه شاخص تقارن توپوگرافی عرضی

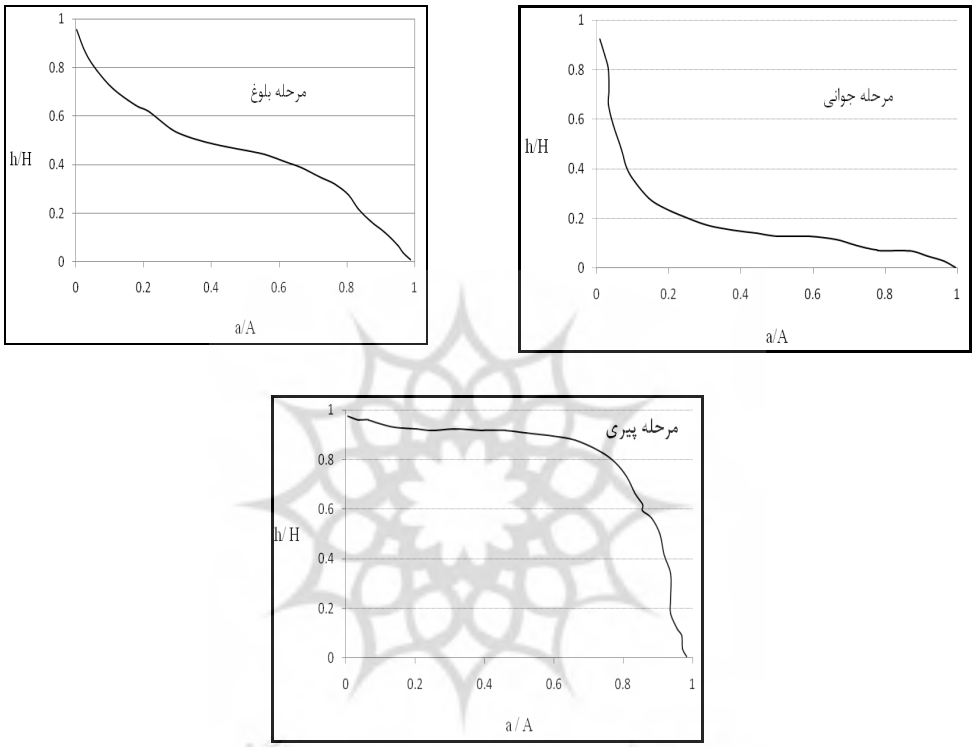
جدول ۴- مقادیر شاخص تقارن توپوگرافی برای حوضه آبریز پاسخن

مسیر	Da (Km)	Dd (Km)	T
۱	۰/۸٦	۱/۰۱	۰/۸۵۱
۲	۰/۸۹	۱/۳۳	۰/٦٦
۳	۰/۹۸	۱/۵۵	۰/٦۳
٤	۰/۳۸	۱/۰۹	۰/۳٤
۵	۰/٤	۱	۰/٤
٦	۰/٤۲	۱/۲	۰/۳۵
میانگین	۰/٦۵	–	–

شاخص منحنی هیپسومتری حوضه

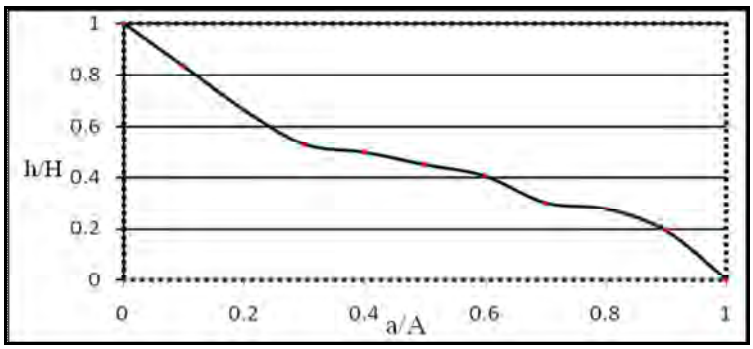
منحنی‌های هیپسومتری، توزیع سطوح ارتفاعی یک حوضه را از سطح آبهای آزاد می‌توانند ارزیابی و توصیف نمایند. این منحنی‌ها با ترسیم ارتفاع کل در مقابل مساحت کل حوضه ترسیم می‌گردند (علیزاده، ۱۳۸۰: ۴۴۸). با تقسیم مساحت و ارتفاع این نمودار بر مساحت کل حوضه و حداکثر ارتفاع حوضه، می‌توان آن را به صورت بی‌بعد نشان داد. از طریق مقایسه منحنی هیپسومتری بدست آمده با

منحنی‌های نظری (شکل ۶) می‌توان وضعیت نوزمین‌ساخت حوضه را مشخص کرد. اگر منحنی از نظر فرسایش مرحله جوانی را نشان دهد بایستی به وجود فعالیت‌های نو زمین‌ساختی اشاره نمود و اگر با مرحله پیری انطباق داشته باشد حاکی از نو زمین‌ساخت آرام (غیرفعال) حوضه است.



شکل ۶- منحنی‌های هیپسومتری نظری چرخه فرسایش (کلر و همکاران، ۲۰۰۲).

در شکل ۷ منحنی هیپسومتری حوضه آبریز مورد مطالعه نشان داده شده که حاکی از مرحله جوانی در آن است. همچنین تحدب در منحنی بی‌بعد بیانگر غلبه فعالیت نو زمین‌ساختی حوضه بر فعالیت‌های فرسایشی می‌باشد در حالی که تقعر در منحنی بی‌بعد بیانگر غلبه فعالیت‌های فرسایشی بر فعالیت نو زمین‌ساختی است. با توجه به نوع شکل نیز می‌توان گفت که این حوضه از نظر نو زمین‌ساختی وضعیتی فعال دارد.



شکل ۷- منحنی هیپسومتری بی بعد حوضه آبریز مورد مطالعه.

شاخص پیچ و خم رود

بالا بودن پیچ و خم رود بیانگر پایداری نسبی نو زمین ساختی حوضه است. هر چه مقادیر بدست آمده زیاد باشد، حاکی از نزدیک شدن رود به حالت تعادل بوده و هر اندازه کمتر باشد دلیل فعال بودن نو زمین‌ساخت در حوضه است (مددی و همکاران، ۱۳۸۳).

میزان این شاخص براساس رابطه فوق برابر است با S= 1.03 S= 5.63 / 5.43

شاخص‌گرادیان طولی رودخانه

این شاخص مرتبط با قدرت جریان رود است. نیروی قابل دسترس رود در محدوده مشخص مجرا، متغیر هیدرولوژیکی مهمی می‌باشد. زیرا به توانایی یک رود در فرسایش کف بستر آن و همچنین حمل مواد فرسایشی ارتباط دارد (گورابی و نوحه‌گر، ۱۳۸۶). میزان قدرت رود به مقدار دبی و شیب بستر بستگی دارد. از این طریق می‌توان دریافت که این شاخص به تغییرات شیب حساس بوده و همین مسئله سبب شده تا بتوان روابط میان فعالیت‌های زمین‌ساختی، مقاومت سنگ و توپوگرافی را ارزیابی کرد (مددی و همکاران، ۱۳۸۳). مقادیر زیاد SL در سنگ‌های با مقاومت کم و یا در سنگ‌هایی که از نظر مقاومت یکسان هستند، می‌تواند بیانگر حرکات نو زمین‌ساختی فعال و جوان باشد. برای ارزیابی شاخص گرادیان طولی رود در حوضه آبریز مورد مطالعه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع نیمرخ طولی رود تهیه و منحنی‌های ۱۰۰ متری از آن ترسیم گردید. مقدار این شاخص در فاصله‌های ۱۰۰ متری محاسبه گردید. با توجه به نتایج حاصل از محاسبات، این شاخص بین ۶۵/۵۶ تا ۳۷۱/۳۳ می‌باشد. بیشترین مقدار مربوط به نقاط ۱۳۰۰ متر و ۱۵۰۰ متر بوده و کمترین آنها ارتفاع ۲۰۰۰ متری است (جدول ۵). با توجه به بالا بودن مقادیر بدست آمده، می‌توان گفت که نو زمین‌ساخت حوضه وضعیتی فعال دارد.

جدول ۵- مقادیر شاخص گرادیان طولی رود برای حوضه آبریز پاسخن

ارتفاع (m)	ΔH	ΔL	L	SL
۱۴۰۰ -۱۳۰۰	۱۰۰	۱۰۶۵/۵۵	۳۹۵۶/۷۶	۳۷۱/۳۳
۱۵۰۰-۱۴۰۰	۱۰۰	۹۹۱/۴۶	۲۹۵۷/۷۶	۲۹۸/۳۲
۱۶۰۰-۱۵۰۰	۱۰۰	۶۰۸/۵	۲۱۴۲/۰۹	۳۵۲/۰۲
۱۷۰۰-۱۶۰۰	۱۰۰	۶۰۹/۰۶	۱۴۲۹/۰۵	۲۴۳/۶۳۲
۱۸۰۰-۱۷۰۰	۱۰۰	۳۶۵/۳۸	۱۰۱۰/۲	۲۷۶/۴۷
۱۹۰۰-۱۸۰۰	۱۰۰	۴۱۳/۱۷	۶۳۵/۳۹	۱۵۳/۷۸
۲۰۰۰-۱۹۰۰	۱۰۰	۳۷۳/۹	۲۴۵/۱۴	۶۵/۵۶
میانگین	-	-	-	۲۵۱/۵۸

نتیجه‌گیری

برای ارزیابی وضعیت نو زمین ساختی حوضه آبریز پاسخن از هشت شاخص ژئومورفولوژیکی استفاده گردید. شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf) که بیانگر تعادل میان نیروهای زمین‌ساختی و فرسایشی در امتداد جبهه کوهستان است، مقدار آن در این حوضه ۱.۴متر بدست آمد که حاکی از فعال بودن زمین‌ساخت می‌باشد. شاخص تقارن حوضه زهکشی (AF) که به انحراف مجرای اصلی رود به طرفین خود اشاره دارد برای این حوضه ۴۶/۵۸ کیلومترمربع محاسبه گردید که نشان دهنده فعالیت متوسط نو زمین‌ساختی و کج شدگی زمین‌ساختی این حوضه به سمت آبراهه اصلی در جهت خروجی حوضه است. شاخص (Vf) که بر اساس خطالراس‌ها و کف بستر دره بوده با استفاده از ۱۰ مقطع عرضی محاسبه گردید که مقدار آن ۰/۱۴ متر می‌باشد و بیانگر فعال بودن زمین‌ساخت حوضه است. شاخص شکل حوضه (Bs) نیز ۲/۰۳ کیلومتر بدست آمد. مقدار شاخص توپوگرافی مقطع عرضی که براساس ۶ نیمرخ محاسبه گردید، ۰/۶۵ می‌باشد. بر اساس شاخص هیپسومتری (Hc)، منحنی ترسیم شده حاکی از مرحله جوانی رود در دره و فعال بودن زمین‌ساخت آن است. عدد حاصل از شاخص پیچ و خم رودخانه ۱.۰۳ کیلومتر محاسبه گردید که نشان دهنده فعال بودن زمین‌ساخت می‌باشد. شاخص گرادیان طولی (SL) که بیانگر قدرت رودخانه و شیب بستر است، ۲۵۱/۵۸ متر بدست آمد که مقادیر بالای حاصل از این شاخص بیانگر فعال بودن زمین‌ساخت حوضه می‌باشد. بر پایه کلیه شاخص‌های محاسبه شده زمین ساخت حوضه مورد بررسی فعال بوده که موید جوان‌سازی پدیده‌های مورفولوژیکی و در نتیجه فراهم‌آوری زیرساختی پویا و تحول‌پذیر است. چنین حاکمیتی از پویایی پدیده‌ها از یک طرف منجر به فراهم‌سازی زیرساخت‌های ضروری برای استقرار گروه‌های انسانی و توامان تهدیدی برای تاسیسات و تجهیزات مستقر به علت مخاطرات مورفولوژیکی است.

منابع

بیاتی خطیبی، مریم، ۱۳۸۸. تحلیل اثرات نئوتکتونیکی در نیم‌رخ طولی رودخانه‌های حوضه قرنقوچای واقع در دامنه‌های شرقی سهند، مجله فضای جغرافیایی اهر، سال نهم، شماره ۲۷.

خیام، مقصود، داود مختاری، ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مرفولوژی مخروط افکنه‌ها (موردنمونه: مخروط افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۴.

سازمان زمین شناسی ایران، ۱۳۸۷. نقشه زمین‌شناسی نمردان به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۷۶. نقشه توپوگرافی مادوان به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.

علیزاده، امین، ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان مقدس رضوی.

کرمی، فریبا، ۱۳۸۸. ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی با استفاده از تحلیل‌های شکل‌سنجی (مورد نمونه: حوضه اوجان چای، شمال شرقی کوهستان سهند)، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره ۳.

گورابی، ابوالقاسم، احمد نوحه‌گر، ۱۳۸۶. شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰.

مددی، عقیل، محمدحسین رضایی مقدم، عبدالحمیدرجایی، ۱۳۸۳. تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی در دامنه‌های شمال‌غربی تالش (باغرو داغ)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸.

وحدتی داشمند، بهارک، محمدرضا قاسمی، منوچهر قرشی، نگار حقی پور، ۱۳۸۶، نو زمین ساخت سپیدرود و دشت گیلان، فصلنامه علوم زمین، سال هفدهم، شماره ۶۵.

یمانی، مجتبی، ابراهیم مقیمی، علیرضا تقیان، ۱۳۸۵. ارزیابی تاثیرات نو زمین‌ساخت فعال در دامنه‌های کرکس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره مقاله ۷۲۶.

Bull, W.B., and Mcfadden, L.D., 1977. *Tectonic Geomorphology North and South of the Garlock Fault*. California: In: Doehring, D.O. Geomorphology Symposium. State University of NewYork, Binghamton.

Guarnieri, P., and Pirrotta, C., 2008. *The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian side of the Messina St*ate. Geomorphology. 95.

Keller Edward, A., and Nicholas, P. 2002. *Active Tectonics Earthquake, Uplift, and Landscape; Prentice Hall Publisher*. New, Jersey.

Ramirez-Herrara, M.T. 1998. *Geomorphic Assessment of Active Tectonics in the Acambaygraben, Mexican Volcanic Belt*. Earth Surface Processes and Land forms. Vol. 23.

Rockwell, T.K. et al. 1984. *Alate Pleistocence- Holocence Soil Chronosquence in the Ventura Basin Southern California U.S*. Aallen and Unwin, London. 309-327.

Silva, P.G, Goy, J.L, Zaao, C., and Bardij, T. 2008. *Fault Generated Mountain fronts in southeast Spain: Geomorphology Assessment of Tectonic and Seismic Activity*. Geomorphology. 50.

Wallace, R.E. 1977. *Profiles and Ages of Young Fault Scarps, North Central Nevada*. Geological Society of America Bulletin.

Wells, S.G., Bullard, T.F., Menges, C.M., Drake, P.G., Karas, P.A., Kelson, K.I., Ritter, J.B., and Wesling, J.R. 1988. *Regional Variations in Tectonic Geomorphology along a Segmented Convergent Plate Boundary*. Pacific Coast of Costa Rica. Geomorphology, 1, 239–265.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی