

واکاوی زمین‌ساخت با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفولوژیکی  
(مطالعه موردی: حوضه آبخیز کرگانرود تالش در غرب استان گیلان)

رفعت شهرداری اردجانی<sup>۱</sup> - عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آستارا، آستارا، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۰/۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۷

### چکیده

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) و گرادیان طولی رود (SL) برای تعیین وضعیت نو زمین‌ساختی حوضه آبخیز کرگانرود تالش استفاده شده است. روش تحقیق بر پایه تحلیل فرم و فرآیند و داده‌های کتابخانه‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر راداری و همچنین چند فقره بازدید میدانی استوار بوده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد حوضه آبخیز کرگانرود به‌عنوان یکی از حوضه‌های کوهستانی کشور در شمال غرب استان گیلان و شهر تالش واقع شده است. عبور گسل سراسری آستارا - تالش به طول حدود ۴۰۰ کیلومتر در پایین دست دامنه‌های شرقی مشرف به جلگه گیلان، گسل نئور در نزدیکی خط‌الرأس و نیز چین‌خوردگی‌ها، بیانگر فعال بودن نئوتکتونیک و نیز ظهور پدیده‌های مهم زمین‌ساختی در این منطقه می‌باشد. در راستای رسیدن به اهداف تحقیق از شاخص‌های هفت‌گانه ژئومورفولوژیکی حاکی از آن است که حوضه کرگانرود، از نظر نو زمین‌ساختی فعال، بیشترین شواهد فعال بودن تکتونیک در جنوب حوضه می‌باشد.

**کلیدواژه‌ها:** نو زمین‌ساخت، گیلان، کرگانرود، شاخص‌های ژئومورفولوژیکی.

## ۱- مقدمه

به طور کلی کمتر جایی در سطح کره زمین می‌توان یافت که دائماً در حال تغییر و تحول نباشد، بنابراین زمین سیستمی پویاست که تغییر و تحول از جمله ویژگی‌های آن است (رامشت و همکاران، ۱۳۸۱: ۳۰). در حقیقت می‌توان گفت که نو زمین ساخت فعال در حال تغییر شکل سطح زمین می‌باشد. (Wallace, 1977) نو زمین ساخت فعال به مطالعه فرایندهای پویا و دینامیک مؤثر در شکل‌دهی زمین و چشم‌اندازهای موجود در آن می‌پردازد در سال‌های اخیر تکتونیک ژئومورفولوژی به‌طور چشمگیر، یکی از ابزارهای عمده و اساسی و مؤثر در تشخیص شکل‌های تکتونیکی فعال و تهیه نقشه‌های خطر لرزه‌ای و همچنین درک و فهم تاریخچه چشم‌اندازهای کنونی سطح زمین بوده است. (Claire & Pinter, 2002: 80)

شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در ارزیابی فعالیت‌های نو زمین ساختی ابزاری مفید هستند، زیرا با استفاده از آن‌ها می‌توان مناطقی را که در گذشته فعالیت‌های سریع و یا کند زمین ساختی را طی نموده‌اند، به راحتی شناسایی کرد. (Ramirz-Herrera, 1998)

برای نمونه محققانی نظیر ده بزرگی و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک ناحیه سروستان در بخش زاگرس مرکزی را مطالعه کرده‌اند و این ناحیه را به چهار منطقه به لحاظ فعالیت‌های نو زمین ساختی به صورت بسیار فعال، فعال، نسبتاً فعال و با فعالیت بسیار پایین طبقه‌بندی نموده‌اند.

استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در مطالعه فعالیت‌های نو زمین ساختی توسط (Bull & McFadden, 1997) آغاز و به وسیله محققین دیگری همچون (Rockwell et al, 1984) در جنوب غرب آمریکا، (Wells et al., 1988) در سواحل کاستاریکا، (Silva et al., 2003) در سواحل مدیترانه‌ای اسپانیا، (Gamieri & Pirota, 2008) در شمال شرقی سیسیل مورد استفاده و آزمون قرار گرفته است.

در تحقیقی تاندون و سینگ<sup>۱</sup> (۲۰۰۸) فعالیت‌های نو زمین ساخت جبهه‌های کوهستان فعال شمال غرب هیمالیا را با تجزیه و تحلیل گسل‌ها و شاخص‌ها مورد مطالعه می‌دهند و به این نتیجه دست می‌یابند که گسل‌های مرتبط با پیشانی کوهستان و ساخت‌های مربوط فعال هستند.

در مورد تأثیر بالایی تکتونیکی ابرین پنسولیا و ویانا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۳) کار کرده‌اند و پیدایش شکاف‌ها در سازندهای سخت و شکل‌گیری تراس در کنار دره‌های رودخانه مؤنو در نتیجه فرو رفتن رودخانه در بستر آبرفت‌ها را با استفاده از عکس‌های هوایی و کارهای ژئومورفومتری در غالب نقشه‌ها به خوبی نشان داده‌اند. هدف از انجام این تحقیق مشخص نمودن وضعیت فعالیت‌های نو زمین ساختی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در محدوده تحقیق می‌باشد.

1 Tendon and Sing

2 Pennsylvania Viana

در ایران نیز شاخص‌های ژئومورفولوژی در بررسی فعالیت‌های تکتونیک کاربرد زیادی داشته است. (شهماری اردجانی، رفعت، ۱۳۹۶)، ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساخت در حوضه‌های آبخیز غرب استان گیلان، (یمانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۸۲-۶۷) در حوضه چله زاگرس غربی با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری به ارزیابی تکتونیک فعال در مناطق مختلف کشور پرداختند. (خیام و مختاری، ۱۳۸۲) در دامنه شمالی میشو داغ، (مددی و همکاران، ۱۳۸۳) در دامنه شمال غربی تالش، (شهماری اردجانی، رفعت، ۱۳۹۵) تحلیل ویژگی واحدهای ژئومورفولوژیکی مؤثر در استقرار و شکل‌گیری سکونتگاه‌های شمال غرب استان گیلان، ۱ (رامشت و همکاران، ۱۳۸۸) در مخروطه افکنه درختگان شهداد کرمان، (روستایی و همکاران، ۱۳۸۸) در مورد مخروطه افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ و (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۷) در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارس، جهت مشخص کردن فعالیت‌های نو زمین‌ساختی از این شاخص‌ها، استفاده کرده‌اند.

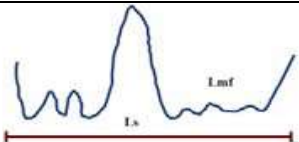
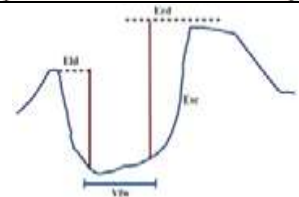

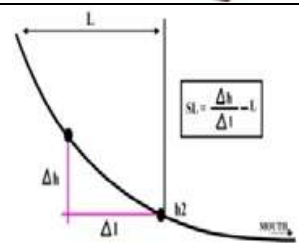
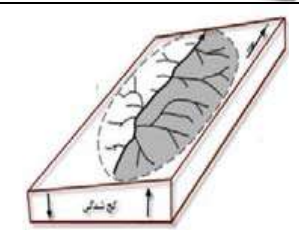
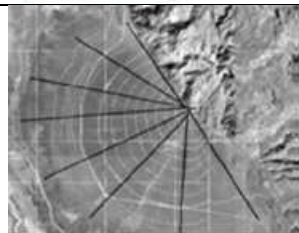
## ۲- مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ضمن استفاده از روش معمول کتابخانه‌ای در جهت گردآوری منابع و اسناد از تکنیک‌های آزمایشگاهی و میدانی استفاده شده است. و در ادامه:

برای شناسایی دقیق و مطالعه منطقه از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ و همچنین عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای جهت شناسایی و بررسی پدیده‌های سطح زمین استفاده شده است. بدین منظور با استفاده از DEM استخراج شده از تصاویری ماهواره‌ای ASTER با دقت ارتفاعی ۳۰ متر و همچنین تصاویر سنجنده ETM+ ماهواره لندست، اقدام به تهیه نقشه‌های پایه و ایجاد بانک اطلاعات مکانی در محیط GIS پرداخته‌ایم. برای تحلیل و ارزیابی وضعیت نو زمین‌ساختی محدوده مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی زیر استفاده شده است.

ب- روش‌ها: پس از تعیین محدوده حوضه و جبهه کوهستان، شاخص‌های ژئومورفیک که شامل شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf)، شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، (Vf) - عامل عدم تقارن حوضه (Af) - گرادیان طولی رودخانه (SI) - عامل تقارن توپوگرافی (T) - شاخص ضریب مخروط گرایسی (FCI) - و شاخص فعالیت‌های تکتونیک (Iat) جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفته است جدول شماره (۱).

جدول شماره ۱- شاخص‌های مورد استفاده برای ارزیابی تکتونیکی فعال در منطقه

معنی داری	روش اندازه‌گیری	تعریف اجزای معادله	شاخص‌های کمی
مقادیر عددی نزدیک به یک بیانگر مناطق دارای حرکات تکتونیکی فعال است		$Lmf$ = طول جبهه کوهستان در محل تلاقی پایکوه و کوهستان $Ls$ = طول خط مستقیم جبهه کوهستان	سینوزیته جبهه کوهستان $Smf = Lmf/L$
$Vf < 1$ = فعال $1 < Vf < 2$ = نیمه فعال $Vf > 2$ = غیر فعال		$Vfe$ = عرض کف دره $Eld$ = ارتفاع کف دره از سمت چپ $Erd$ = ارتفاع کف دره از سمت راست $Esc$ = ارتفاع کف دره	نسبت پهنای دره با ارتفاع آن $Vf = 2vfw / (Eid - Esc) + (Erd - Esc)$
مقدار عددی این شاخص در حوضه‌های متقارن برابر صفر است و هرچه به عدد یک نزدیک‌تر شود، تقارن حوضه کاهش می‌یابد.		$Da$ = فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال متاندر $Dd$ = فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب	تقارن توپوگرافی $T = Da/Dd$
مقادیر بالای بی‌نظمی، کلاس ۱ فعالیت‌های تکتونیکی است و میزان کم آنومالی در نیمرخ طولی رودخانه، کلاس ۲ حرکات تکتونیکی را نشان می‌دهد.		$H$ = اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر $L$ = طول شاخه مورد نظر $L$ = مجموع طول آبراهه از مرکز نقطه‌ای که شاخص محاسبه می‌شود تا مرتفع‌ترین نقطه آبراهه در بالادست	گردابان طولی رودخانه $SL = (H/L)L$
اگر مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم وجود کج شدگی بر اثر فرایش خواهد بود.		$Af$ = شاخص عدم تقارن $Ar$ = مساحت حوضه آبریز در سمت راست آبراهه اصلی $At$ = مساحت کل حوضه	عدم تقارن آبراهه‌ها $Af = 100(Ar/At)$
اگر میزان این شاخص از عدد یک کمتر باشد نشان دهنده این است که مخروط افکنه کمتر اجازه رشد و تکامل یافته است که علت این امر فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد.		$ATF$ = مساحت مخروط ایده آل که از فرمول $360 \times dfA / r2$ محاسبه می‌شود. $dfA$ زاویه رأس مخروطه و $r2$ شعاع مخروط افکنه	مخروط گرایی $Fcl = AIF/ATE$
$1 < lat < 1/5$ = فعالیت شدید $1/5 < lat < 2$ = فعالیت زیاد $2 < lat < 2/5$ = فعالیت متوسط $lat > 2/5$ = فعالیت کم	----- -----	$S$ = مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده $N$ = تعداد شاخص‌های محاسبه شده	ارزیابی فعالیت تکتونیکی $Jat = S/N$

مأخذ: Hamdoni et al -2008

## ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده تحقیق در شمال ایران در غرب استان گیلان و در شهرستان تالش قرار گرفته است. این حوضه همانند دیگر حوضه‌های منطقه از دامنه‌های شرقی ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متری تالش سرچشمه گرفته و پس از طی حدود ۴۳ کیلومتر با جریان غربی - شرقی به دریای خزر می‌ریزد. این رودخانه دارای ۳ سرشاخه اصلی آق اولر، وزنه سر و رزه می‌باشد که در روستاهای کیشون بن (کیش دیبی) و ماشین‌خانه به هم می‌پیوندند. محدوده تحقیق از شمال به حوضه هره دشت لیسار، از شرق به دریای خزر، از غرب به حوضه آرپاجای و هروآباد در دامنه‌های غربی ارتفاعات تالش و از جنوب به حوضه آبخیز ناورود محدود می‌شود. حوضه آبخیز رودخانه کرگانرود ۶۱۵/۴ کیلومتر مربع و محیط آن ۱۲۷ کیلومتر می‌باشد. همچنین این رودخانه از بزرگ‌ترین و پر آب‌ترین رودخانه‌های غرب گیلان می‌باشد. (شکل ۱) این حوضه با مساحتی حدود ۶۱ هزار هکتار که بیش از ۶۰ درصد آن را اراضی مرتعی و حدود ۳۰ درصد آن را اراضی جنگلی و حدود ۱۰ درصد بقیه نیز جزء سایر کاربری‌ها می‌باشد. بررسی هواشناسی، دبی حداکثر لحظه‌ای رودخانه کرگانرود تالش (محل ایستگاه ماشین‌خانه) حداقل حدود ۲۰ مترمکعب بر ثانیه در سال‌های ۴۰-۳۹ و حداکثر حدود ۲۸۹ مترمکعب بر ثانیه در سال‌های ۴۳-۴۲ بر آورد شده است. ضریب شکل حوضه آبخیز کرگانرود تالش حدود ۰/۴ و ضریب گراولئوس آن ۱/۴ و نسبت گردی حوضه نیز حدود ۰/۴۸ محاسبه گردیده است که نشان از یک حوضه نسبتاً "کشیده را تداعی می‌نماید. حداقل ارتفاع حوضه ۲۰- متر از سطح دریا آزاد و حداکثر ارتفاع آن ۳۰۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط شیب حوضه کرگانرود حدود ۳۴ درصد که نشان از یک حوضه آبخیز پر شیب را دارد. میزان شدت فرسایش خاک حوضه کرگانرود با حداقل ۸ تن در زیر حوضه داش دیبی و دیز گاه و حداکثر مقدار آن در زیر حوضه‌های رزه و وزنه سر با بیش از ۲۵ تن در هکتار در سال برآورد گردیده است.



شکل ۱- کرکی موقعیت حوضه کرگانرود تالش در غرب استان گیلان (مأخذ: نویسندگان)

## ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- تحلیل شاخص‌های ژئومورفولوژیکی

شاخص‌های ژئومورفیک به‌عنوان یکی از ابزارهای اساسی جهت پی بردن به وضعیت و میزان تأثیر فعالیت‌های نئوتکتونیک در سطح زمین می‌باشند که بارها توسط محققان بی شماری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این موضوع به دلیل نقش این شاخص‌ها در ارزیابی سریع مناطق وسیع از نظر تکتونیک و سهولت دسترسی به نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها می‌باشد. بر این اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری شاخص‌های مذکور در حوضه مورد مطالعه به شرح ذیل می‌باشد:

## ۳-۱-۱- شاخص تقارن توپوگرافی عرضی:

این شاخص وضعیت تقارن و در نتیجه فعال یا غیرفعال بودن محدوده تحقیق را مشخص می‌نماید. در حوضه‌های کاملاً 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 افزایش در حوضه و در نتیجه نو زمین‌ساخت فعال است. جهت محاسبه دقیق این روش تعداد ۸ مقطع از خط میانی حوضه تا نواز مئاندر و نیز مرز حوضه مشخص گردید. شکل شماره (۲) و جدول شماره (۲)

$$T = Da / Dd$$

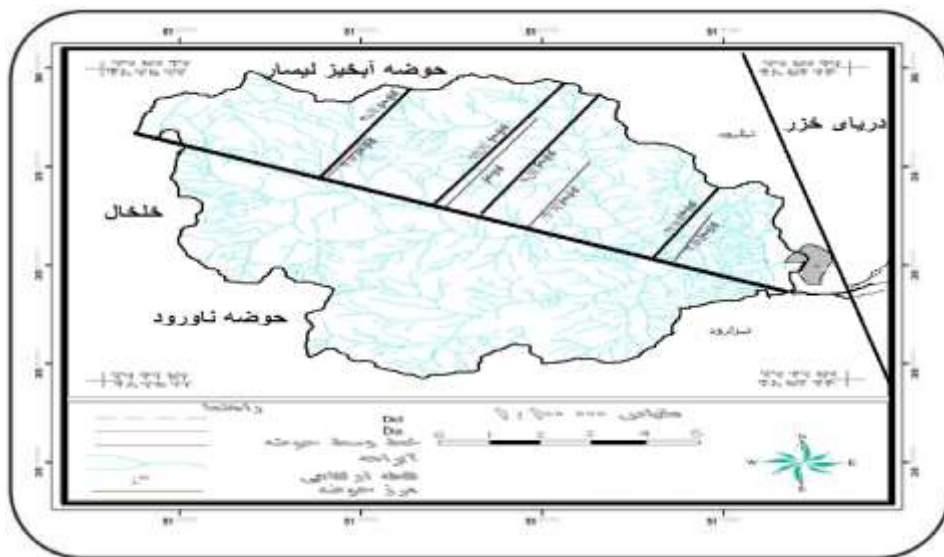
Da = فاصله نوار مئاندری فعال از خط میانی حوضه آبی

Dd = فاصله خط میانی حوضه آبی از خط مرز حوضه

جدول ۲- مقادیر شاخص تقارن توپوگرافی حوضه آبریز کرگانرود

T	Dd (Km)	Da (Km)	مسیر
۰,۴۶	۹,۲	۴,۳	۱
۰,۵۳	۱۲,۵۲	۶,۷	۲
۰,۶۳	۷,۳	۴,۶	۳
۰,۷۲	۱۲,۷۹	۹,۳	۴
۰,۵۸	-	-	میانگین

مقادیر به دست آمده در این شاخص هرچه به یک نزدیک‌تر شوند بیانگر افزایش در منطقه و در نتیجه نو زمین‌ساخت فعال است. همان‌طوری‌که از جدول شماره (۲) پیداست، میانگین  $T = 0/58$  می‌باشد که گویای فعال بودن نو زمین‌ساخت در حوضه کرگانرود است و همچنین عدم تقارن توپوگرافی، نشانگر فرسایش بستر رودخانه می‌باشد.



شکل ۲- نقشه بررسی تقارن توپوگرافی حوضه کرگانرود تالش

### ۳-۱-۲- شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه‌های آبخیز

شکل هندسی شبکه رودها را می‌توان از نظر کیفی و کمی با روش‌های متعددی توصیف کرد. در مناطقی که شبکه زهکشی در حضور تغییر شکل‌های تکتونیکی توسعه پیدا می‌کند، شبکه زهکشی اغلب دارای شکل هندسی و الگوی متمایزی می‌باشد. عامل عدم تقارن، برای توصیف و درک ارتباط کج شدگی تکتونیکی در نواحی‌ای با مقیاس حوضه زهکشی و بزرگ‌تر ارتباط داده شده است (گورابی و نوحه‌گر، ۱۳۸۶: ۱۸۲). شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، کج شدگی جانبی حوضه را نسبت به مسیر رودخانه اصلی، در اثر نیروهای تکتونیکی نشان می‌دهد. شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، کج شدگی جانبی حوضه را نسبت به مسیر رودخانه اصلی، در اثر نیروهای تکتونیکی نشان می‌دهد. این شاخص به صورت زیر بیان می‌شود.

$$AF=100(Ar/At)$$

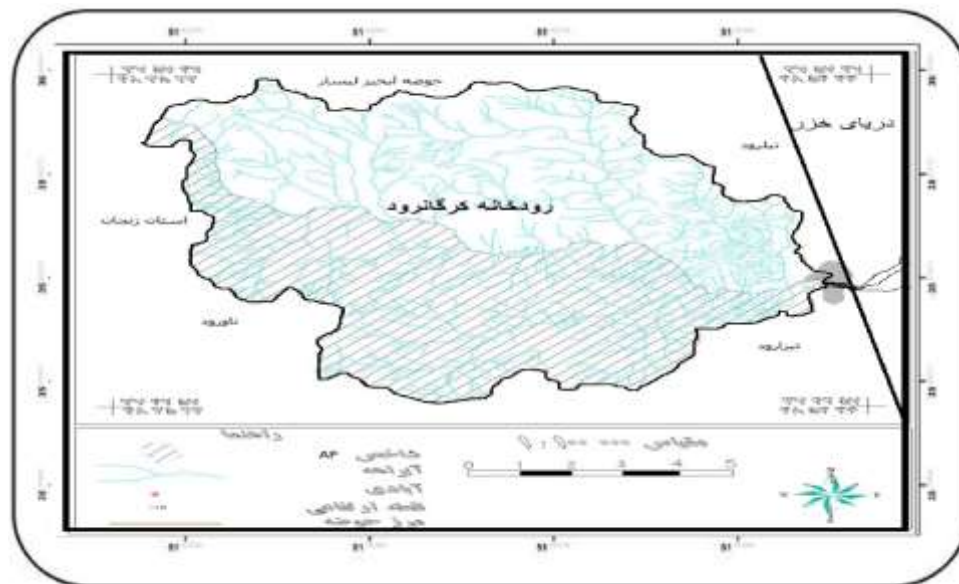
$$AF = \text{عدم تقارن}$$

$$Ar = \text{مساحت بخش غربی حوضه نسبت به رود اصلی}$$

$$At = \text{مساحت کل حوضه}$$

اگر مقدار عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن در دو سمت آبراهه اصلی و در نتیجه عدم فعالیت نو زمین ساختی است. در صورتی که حوضه آبریز تحت تأثیر این نیروها قرار داشته باشد ممکن است که مقدار عددی به دست آمده  $AF$  کمتر یا بیشتر از ۵۰ باشد. اگر میزان این شاخص بزرگ‌تر از ۵۰ باشد بیانگر فرازش در

سمت غرب آبراهه اصلی است و اگر میزان شاخص کوچکتر از ۵۰ باشد بیانگر فرازش در سمت شرق آبراهه اصلی است. شکل شماره (۳)



شکل ۳- نقشه اندازه‌گیری شاخص عدم تقارن حوضه کرگانرود تالش

جدول ۳- تقسیم‌بندی فعالیت تکتونیکی مناطق بر اساس میزان Af

مناطق	بسیار فعال	با فعالیت متوسط	غیرفعال
میزان Af	$Af-50 > 15$	$7 < Af-50 < 15$	$Af-50 < 7$

جدول ۴- برآورد میزان شاخص عدم تقارن (Af) در حوضه کرگانرود تالش

نام حوضه	At(km <sup>2</sup> )	Ar(km <sup>2</sup> )	Af	Af-50
حوضه کرگانرود تالش	۵۹۰	۲۹۰	۴۹/۱۵	-۰/۳۵

بر اساس نتیجه حاصل از اندازه‌گیری‌ها در رابطه:  $AF = 100 (290/590) = 49/15$ ، چون مقدار عددی Af در حدود ۴۹/۱۵ به دست آمده و نزدیک به ۵۰ می‌باشد؛ بنابراین نشانگر وجود تقارن در دو سمت آبراهه اصلی و کرگانرود و در نتیجه عدم فعالیت نو زمین‌ساختی در این حوضه است.



## ۳-۱-۳- شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، دیگر شاخص ژئومورفولوژی است که برای بررسی میزان فعالیت نیروهای زمین‌ساختی در یک منطقه استفاده می‌شود. بدون شک مورفولوژی دره‌ها متفاوت است. به‌عنوان مثال، بعضی دره‌ها V شکل و بعضی از آن‌ها که عمدتاً در پایکوه قرار دارند، دارای کف پهن یا U شکل هستند؛ بنابراین نسبت پهنای دره‌ها به ارتفاع دیواره‌ها متفاوت خواهند بود. نسبت پهنای دره به ارتفاع آن را معمولاً در فاصله معینی از جبهه کوهستان (معمولاً یک کیلومتر از جبهه کوهستان به طرف بالادست رود) اندازه می‌گیرند (بول و مک فادن، ۱۹۷۷: ۱۲۶). این شاخص معمولاً نشان می‌دهد که آیا رود به حفر بستر خود می‌پردازد و یا اینکه عمدتاً فرسایش به‌صورت جانبی به طرف ارتفاعات و دامنه‌های حاشیه رود انجام می‌گیرد. مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده بالآمدگی اندک نو زمین‌ساختی می‌باشد؛ بنابراین رود پهنای بستر خود را فرسایش می‌دهد و در حال تعریض بستر خود می‌باشد. 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 بالآمدگی نو زمین‌ساختی است. این شاخص بر طبق رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

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

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 رودخانه، خط تقسیم سمت راست (از سطح دریا)،  $Eld$  = ارتفاع خط‌الرأس سمت چپ رودخانه، خط تقسیم سمت چپ (از سطح دریا) (جدول ۵).

جدول ۵- میزان فعالیت زمین‌ساختی با توجه به مقدار  $Vf$  (بول و مک فادن، ۱۹۷۷)

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

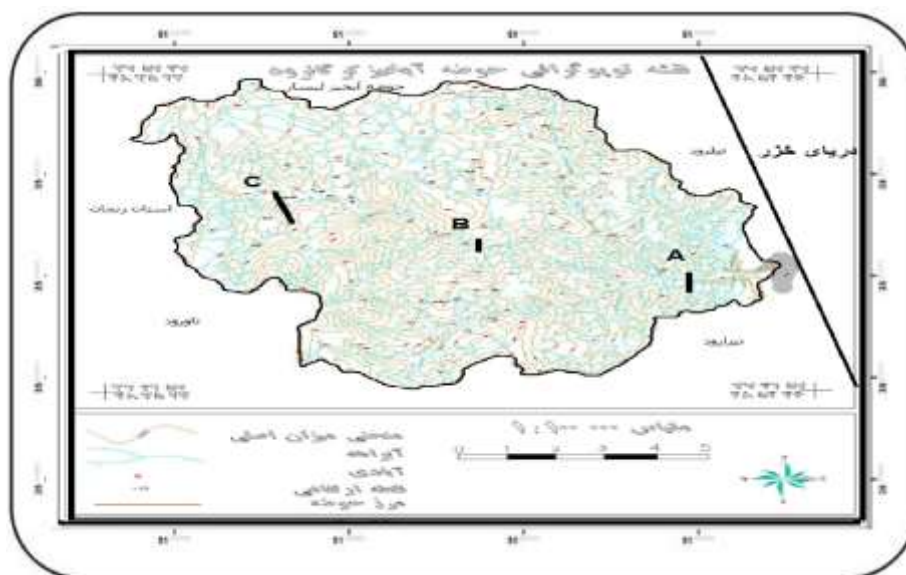
این شاخص در سه نقطه  $a, b, c$  حساب شده است: جدول شماره (۶)

$A = 0.0045$  بالادست حوضه،  $b = 0.0027$  میانه،  $c = 0.027$  پایین دست حوضه

جدول ۶- مقادیر اندازه‌گیری شده شاخص Vf در حوضه کرگانرود

مقادیر شاخص Vf	منطقه
۰,۰۰۴۵	بالا دست حوضه
۰,۰۰۲۷	میانه حوضه
۰,۰۲۷	پائین دست حوضه

این شاخص دره‌ها را بر اساس نسبت پهنای بستر به ارتفاع آن به صورت دره‌های U شکل با کف نسبتاً پهن و دره‌های V شکل از همدیگر متمایز می‌سازد. پهنای کف دره با اندازه حوضه آبریز، فرسایش پذیری نوع سنگ و کاهش آهنگ بالآمدگی افزایش می‌یابد شکل شماره (۴) با توجه به مقادیر شاخص Vf که در جدول شماره (۶) ثبت شده است می‌توان نتیجه گرفت که فعال‌ترین بخش حوضه کرگانرود بخش پایین دست و میانه حوضه می‌باشد.



شکل ۴- نقشه تحلیل شاخص Vf برای نمایش مقادیر اندازه‌گیری شده در حوضه کرگانرود تالش

## ۳-۱-۴- شاخص شکل حوضه

نسبت شکل حوضه زهکشی نیز شاخصی است که در ارزیابی فعالیت‌های تکنونیک به کار می‌رود. معمولاً حوضه‌هایی که از نظر زمین‌ساختی فعال هستند، شکل کشیده دارند. با توقف فعالیت یا غلبه فرآیندهای فرسایشی، شکل حوضه به تدریج در طی زمان دایره‌ای می‌شود و شاخص کاهش می‌یابد. شکل شماره (۵)

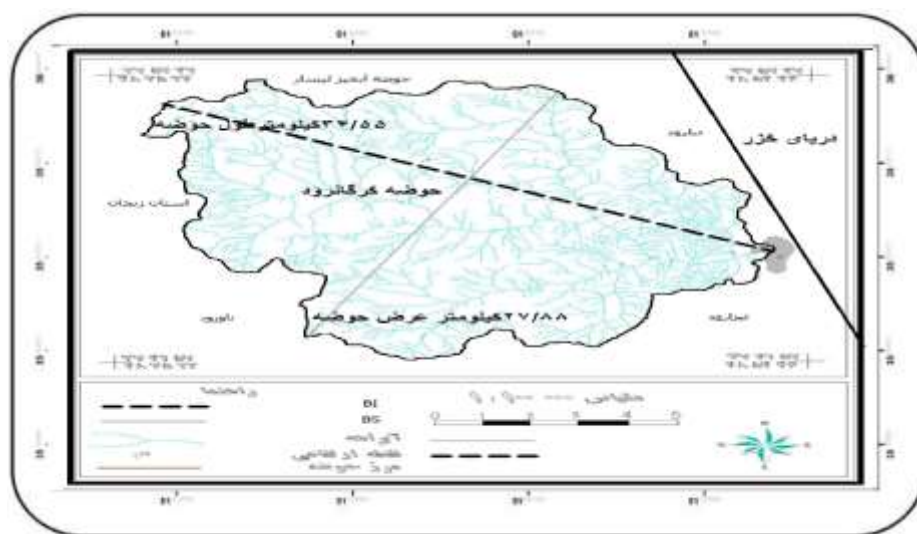
$$Bs = B/Bw$$

BS = نشان دهنده فعال بودن نو زمین ساخت حوضه آبریز

BI = طول حوضه آبریز تا انتهای این بخش حوضه = ۳۴,۵۵ کیلومتر

BW = عرض حوضه آبریز = ۲۷,۸۸ کیلومتر

این شاخص در حوضه کرگانرود ۱,۲۴ به دست آمده است. شکل حوضه و آبراه اصلی و مقدار عددی بالای شاخص BS برای حوضه آبریز کرگانرود ۱/۲۴ بوده است که بیانگر فعال بودن حرکات نو زمین ساختی در حوضه کرگانرود است.



شکل ۵- محاسبه شاخص BS در حوضه آبریز کرگانرود

### ۳-۱-۵- شاخص پیچ و خم رود

بالا بودن پیچ و خم رود بیانگر پایداری نسبی نو زمین ساختی حوضه است. هر چه مقادیر به دست آمده زیاد باشد، حاکی از نزدیک شدن رود به حالت تعادل بوده و هر اندازه کمتر باشد دلیل فعال بودن نو زمین ساخت در حوضه است.

$$S = c / v$$

S = شاخص پیچ و خم حوضه

C = طول رود = ۴۳,۷۸

V = طول دره در خط مستقیم = ۳۴,۲۷

این شاخص در حوضه کرگانرود ۱,۲۷ به دست آمده است.

با توجه به عدد به دست آمده از شاخص پیچ و خم رود که  $1/27$  می‌باشد، بنابراین دلیل فعال بودن نو زمین ساخت در حوضه کرگانرود تالش است.

### ۳-۱-۶- شاخص گرادیان طولی رود

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. به عبارتی شاخص SL به تغییرات شیب رودخانه بسیار حساس می‌باشد، این حساسیت برآورد میزان روابط موجود بین فعالیت‌های تکتونیکی، مقاومت سنگ و توپوگرافی را امکان‌پذیر می‌سازد. این شاخص در مناطقی که بستر رودخانه در سنگ‌های سخت قرار دارد، افزایش می‌یابد و همچنین در مناطق فعال تکتونیکی زیاد می‌باشد؛ بنابراین هر چه قدر طول رودخانه بیشتر باشد، رودخانه مورد نظر کمتر تحت تأثیر ساختمان سنگ‌شناسی بستر خود می‌باشد.

$$SL = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L$$

SL = شاخص گرادیان رودخانه

$\Delta H$  = اختلاف ارتفاع در یک نقطه معین = ۳۰۰۰ متر

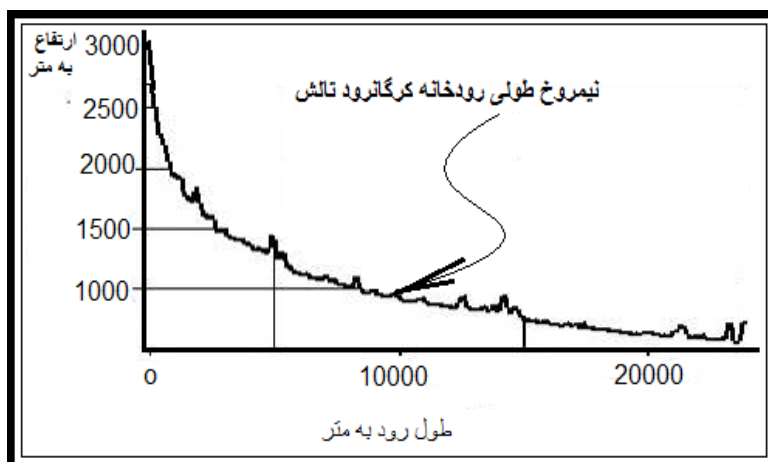
$\Delta L$  = فاصله افقی در آن نقطه معین = ۲۹,۲۱ کیلومتر

L = طول رود = ۴۳.۷۸ کیلومتر

این شاخص در حوضه کرگانرود ۴۴,۹۶ به دست آمده است.

در این رابطه  $\Delta H$  اختلاف ارتفاع دو نقطه معین،  $\Delta L$  فاصله افقی همان دو نقطه و L طول رود از نقطه مرکزی تا سرچشمه رود است. با توجه به رابطه می‌توان گفت که  $\Delta H / \Delta L$  در واقع همان رابطه شیب است. میزان قدرت رود به مقدار دبی و شیب بستر بستگی دارد.

در این راستا 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. 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 کرگانرود با استفاده از مدل رقومی ارتفاع نیمرخ طولی رود تهیه و منحنی‌های ۱۰۰ متری از آن ترسیم شد. مقدار این شاخص در فاصله‌های ۱۰۰ متری محاسبه گردید. با توجه به نتایج حاصل از محاسبات، این شاخص برای حوضه کرگانرود ۴۴/۹۶ می‌باشد. (شکل شماره ۶)



شکل ۶- نیمروخ طولی حوضه رودخانه کرگانرود تالش

با توجه به نمودار شماره ۶ می‌توان دریافت شیب طولی رودخانه یکسانی نیست و در قسمت‌های مختلف آن با تغییراتی همراه است. با توجه به نقشه لیتولوژی و توپوگرافی و همچنین مسیر عبور گسل‌ها می‌توان به راحتی ارتباط معنی‌داری بین شرایط لیتولوژیکی و عملکرد گسل‌های حوضه پیدا نمود. بررسی‌ها وجود ارتباط میان افزایش و کاهش شاخص SL و میزان مقاومت سنگ‌ها و عملکرد گسل‌ها را به خوبی ثابت کرده است. بطوریکه در نقاط پایین دست حوضه به علت وجود سازندهای سست و کم مقاوم، شیب طولی رودخانه ملایم و کم می‌باشد؛ و این در حالی است که در نقاط بالا دست (ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر) به علت گسترش سازندهای سخت و مقاوم، شیب شدید و نسبت به نقاط پایین دست بسیار تند می‌باشد.

#### ۴- جمع‌بندی

یک جبهه کوهستانی مستقیم وجود گسل فعال را نشان می‌دهد. درحالی‌که پیشانی پریپچ‌وخم کوهستان، فعالیت تکتونیکی ضعیف و برتری فرسایش را در ارتفاعات بیان می‌کند. در این راستا، محدوده تحقیق به واسطه عبور گسل سراسری آستارا - تالش در پایین دست حوضه و همچنین گسل نئور در بخش بالا دست آن، خودبه‌خود جزء مناطق فعال تکتونیکی شمال غرب گیلان به حساب می‌آیند. چون شاخص‌های ژئومورفولوژیکی در ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی بسیار با اهمیت می‌باشند، چراکه با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان مناطقی که در گذشته فعالیت‌های سریع یا کند تکتونیکی را تجربه کرده‌اند به راحتی شناسایی کرد. در این راستا از بین شاخص ژئومورفولوژی مورد استفاده در این تحقیق فقط یک مورد غیرفعال بودن حوضه تأیید می‌کند و بقیه تماماً بر فعال بودن حوضه تأکید دارند. جدول شماره (۷)

جدول ۷- نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیک فعال در حوضه کرگانرود تالش

شاخص	نماد	توصیف کمی	توصیف کیفی
عدم تقارن حوضه زهکشی	Af	۴۹/۱۵	غیرفعال
شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره	Vf	۰/۲۷	فعال
شاخص شکل حوضه	Bs	۱/۲۴	فعال
شاخص تقارن توپوگرافی عرضی	T	۰/۵۸	فعال
شاخص منحنی هیپسومتری حوضه	HC	-	مرحله جوانی
شاخص پیچ و خم رود	S	۱/۲۷	فعال
شاخص گرادیان طولی رود	SL	۴۴/۹۶	فعال

## کتابنامه

- خیام، مقصود؛ مختاری، داود؛ ۱۳۸۲. ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط افکنه‌ها: مورد نمونه مخروط افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۴. ص ۱- ص ۱۰.
- رامشت، محمد حسین؛ سیف، عبدا...؛ شاه زیدی، سمیه و انتظاری، مژگان؛ ۱۳۸۸. تأثیر تکتونیک جنب‌بر مورفولوژی مخروط افکنه درختنگان در منطقه شهداد کرمان. جغرافیا و توسعه. شماره ۱۶. ص ۲۹- ص ۴۶.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح؛ ۱۳۷۶. نقشه‌های توپوگرافی تهران به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰.
- سازمان زمین‌شناسی ایران؛ ۱۳۸۷. نقشه زمین‌شناسی شرق تهران به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰. اسم تهیه کننده.
- شهماری اردجانی، رفعت؛ ۱۳۹۵. تحلیل ویژگی واحدهای ژئومورفولوژیکی مؤثر در استقرار و شکل‌گیری سکونتگاه‌های شمال غرب استان گیلان. پژوهش‌های جغرافیای انسانی. دوره ۴۸. بهار ۱۳۹۵. شماره ۱.
- شهماری اردجانی، رفعت؛ ۱۳۹۶. ارزیابی فعالیت‌های نو زمین‌ساخت در حوضه‌های آبخیز غرب استان گیلان. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. سال ششم. پاییز ۱۳۹۶. شماره ۲.
- گورابی، ابوالقاسم؛ نوحه گر، احمد؛ ۱۳۸۶. شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز درکه. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۰. ص ۱۷۸ - ص ۱۹۶.
- مددی، عقیل؛ رضائی مقدم، محمد حسین؛ رجایی، عبدالمجید؛ ۱۳۸۳. تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیک با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی در دامنه‌های شمال غربی تالش، باغرو داغ. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۴۸. ص ۱۲۳ - ص ۱۳۸.
- مقصودی، مهران؛ کامرانی دلیر، حمید؛ ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها، مطالعه موردی: رودخانه تجن. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۶. ص ۳۷- ص ۵۵.
- یمانی، مجتبی؛ مقیمی، ابراهیم؛ تقیان، علیرضا؛ ۱۳۸۷. ارزیابی تاثیرات نو زمین‌ساخت فعال در دامنه‌های کرکس با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۲۳. ص ۱۱۷ - ص ۱۳۶.

- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A.A., Motamedi, H., Hosseiniasl, A., 2010. Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. *Geomorphology* 121, pp: 329-341.
- Delcaillau, B. Deffontaines, B. Floissac, L. Angelier, J. Deramond, J. Souquet, P. Chu, H.T. Lee f, J. F., 1998. Morphotectonic evidence fro lateral propagation of an active frontal fold, Pakuashan anticline, foothills of Taiwan, *Geomorphology*
- 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, Pp.260-273.
- Keller Edward, A. & Pinter, Nicholas., 2002. Active tectonics earthquake, uplift, and landscape. Prentice Hall Publisher, New Jersey.
- noop, A. Prasad, S. Basavaiah, N. Brauer, A. Shahzad, F. Deenadayalan, K., 2011. Tectonic versus climate influence on landscape evolution: A case study from the upper Spiti valley, NW Himalaya, *Geomorphology* 145-146.
- Ramirez- Herrera, M.T., 1998. Geomorphic assessment of active tectonic in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt. *Earth surface and landforms*, 23, Pp.317-322.
- Rockwell, T. k. & et al., 1984. A late Pleistocene-Holocene soil chronosquence in the Ventura basin southern California, U.S.A., Allen and Unwin, London, Pp.309-327.
- Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Bardji, T., 2003. Fault generated mountain fronts in southeast Spain: geomorphologic assessment of tectonic and seismic activity. *Geomorphology* 50, Pp.203-225.
- Wallace, R.E., 1977. Profiles and ages of young fault scarps north central Nevada, *Geological society of America bulletin*: 6, Pp.114-132.
- 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.