ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی حوضه آبریز علی آبادچای هوراند با استفاده از شاخص‌های تکتونیکی (SL-FD–BR- BS)

فریبا اسفندیاری [۱*]، برومند صلاحی [۲] ، رسول حسن زاده [۳]

۱-دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی
۲- دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی
۳-کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۹
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۴/۱۵

چکیده

پدیده هایی که در نئوتکنیک مطالعه می شوند شامل تمام عوامل، فرایندها و عملکردهای ناشی از فعالیت های جدید زمین و اشکال ایجاد شده به وسیله این فعالیت ها می باشد. موضوع مورد بحث در پژوهش، ارزیابی فعالیت های نئوتکتونیکی بر اساس شاخص های تکتونیکی در حوضه آبریز علی آباد چای هوراند می باشد. هدف تحقیق در این پژوهش این بود که فعالیت های نئوتکتونیکی حوضه را بر اساس شاخص های تکتونیکی مشخص کرده و اثبات کند و نسبت فعالیت های نئوتکتونیکی را در بخش های مختلف حوضه نشان دهد. روش تحقیق بدین گونه بود که ابتدا با توجه به چهار نوع شاخص تکتونیکی، که شامل شاخص های (SL- FD- BR- BS) بودند،فعالیت های نئوتکتونیکی در حوضه مشخص شده و از تمام شاخص ها میانگین گرفته شد و پس از اثبات فعالیت تکتونیکی حوضه با توجه به این شاخص ها، به نتیجه نهایی که وجود و اثبات فعالیت نئوتکتونیکی در حوضه است دست یافت و به همین دلیل، جهت اجرای پژوهش از داده های متعددی مانند نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از حوضه مذکور و نقشه های شیب – گسل- هیدرولوژی –Dem - Tin و نرم افزار (ArcGis) مورد استفاده قرار گرفت و یافته های تحقیق چنین بیان داشت که فعالیت نئوتکتونیکی منطقه بر اساس تقسیم بندی شاخص LAT ،۵۰ درصد فعال- ۳۰درصد نیمه فعال و ۲۰ درصد غیر فعال می باشد که اکثر فعالیت های نئوتکتونیکی در امتداد گسل های مهم منطقه مشاهده می گردد. طبق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) پژوهش مذکور به این نتیجه نهایی رسید که فعالیت نئوتکتونیکی حوضه آبریز علی آبادچای، در امتداد سه گسل اصلی و همچنین در اکثر گسل های فرعی حوضه که سیستم هیدرولوژیکی حوضه نیز انطباق کامل با امتداد گسل ها دارد، فعال می باشد و بدین جهت مسئولان و برنامه ریزان بهتر است که شواهد و پدیده های مورفوتکتونیکی موجود در حوضه و اثرات آن را در برنامه ریزی های محلی و منطقه ای خود مدنظر قرار دهند.

واژه‌های کلیدی: نئوتکتونیک، شاخص های تکتونیکی، حوضه آبریز،علی آباد چای، هوراند.

*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۸۵۷۹۸۴۸ Email: fariba.darabad@gmail.com

مقدمه

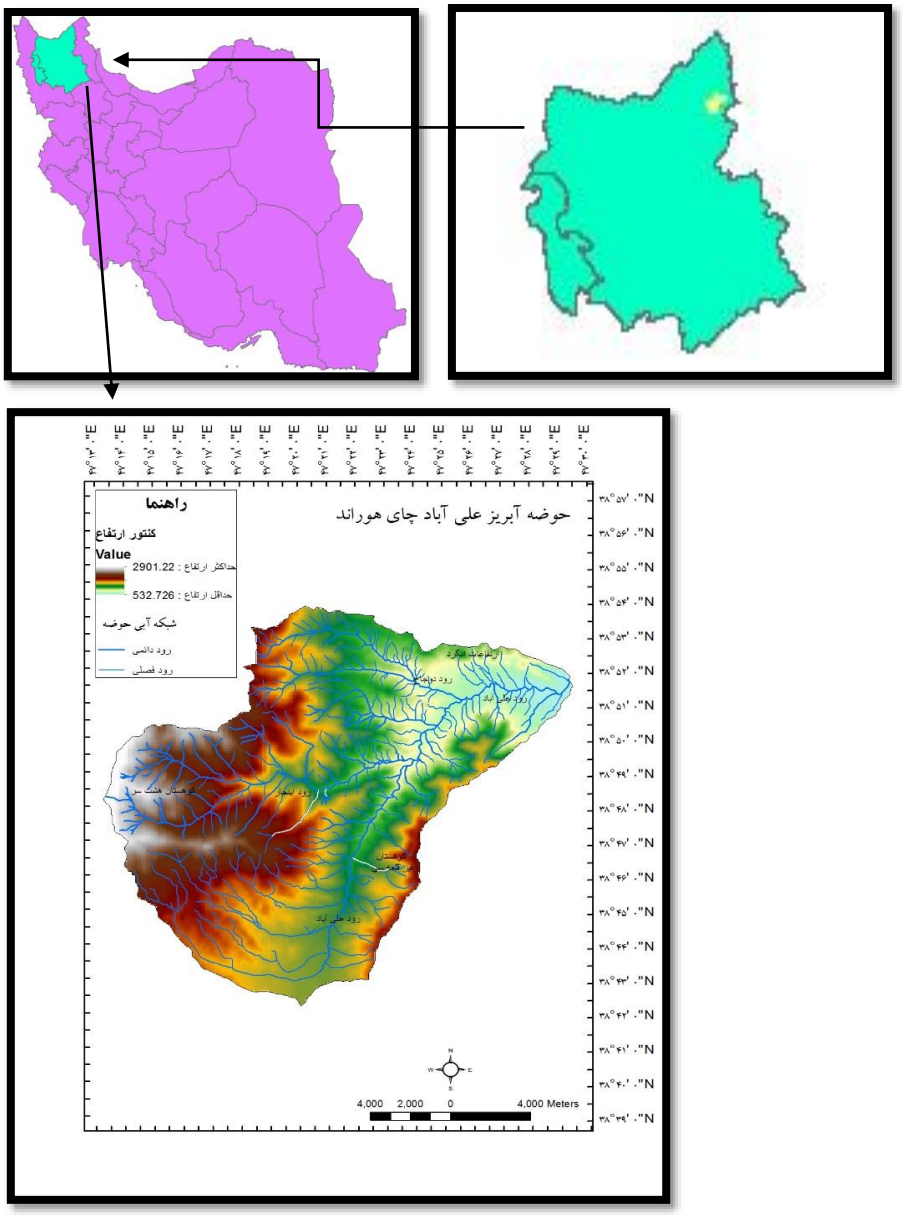
پدیده‌هایی که در نئوتکتونیک مطالعه می‌شود شامل تمام عوامل، فرآیندها و عملکردهای ناشی از فعالیت‌های جدید زمین و اشکال ایجاد شده به وسیله این فعالیت‌ها می‌باشد. مسلما هرجا فعالیتی از نظر تکتونیکی در زمان زمین شناسی کواترنر دیده شود آثار و شواهد آن به شکل‌های مختلف در سطح زمین قابل شناسایی است (گوارنیری و پیروتا، ۲۰۰۸). به طور کلی بخش عمده‌ای از چشم انداز یک منطقه حاصل فعالیت‌های نیروهای درونی زمین و عملکرد آنها در سطح زمین می‌باشد. یکی از این چشم اندازها کوهستان یا رشته کوه است. معمولا در این کوهستان‌ها و رشته کوه‌ها شبکه‌های هیدرولوژی مشخصی در جریان خواهند بود و حوضه‌های آبریز متنوعی را خواهند ساخت که همواره دارای مخاطرات محیطی و طبیعی مشخصی خواهند بود. (کرمی، ۱۳۸۸). برای مقابله و کاهش خطرات محیطی و طبیعی این اشکال زمینی شناسایی ماهیت نیروها و فرآیندهای فعال در آن محیط ضروری می‌باشد و این مقاله سعی دارد با ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی در حوضه آبریز علی آباد چای هوراند در این زمینه گام بردارد و با بررسی قسمت‌های کوهستانی این حوضه توسط شاخص‌های ژئومورفیک بتواند به این نتیجه برسد که چه قسمت‌هایی از حوضه دارای فعالیت‌های تکتونیکی فعال و چه قسمت‌هایی نیمه فعال و یا غیرفعال است. در حال حاضر شمال غرب ایران به همراه شرق ترکیه و ارمنستان به علت استقرار در بخش میانی برخورد دو سپر اوراسیا و عربستان, کوتاه شدگی شمالی- جنوبی و بازشدگی شرقی- غربی را با گسلش شدید، زمین لرزه‌های قوی و ولکانیسم فعال تجربه می‌کند (کارخانیان و همکاران،۲۰۰۴). با وجود مطالعات و بررسی‌های متعدد در این زمینه، به علت پیچیدگی‌هایی که در ژئودینامیک شمال غرب ایران وجود دارد و منطقه شهرستان هوراند و حوضه آبریز علی آباد چای نیز از زیرمجموعه این منطقه بزرگ به شمار می رود، هنوز بسیاری از جنبه‌های ژئومتری، جنبانی و تکتونیک فعال این منطقه به طور دقیق معلوم نشده است. در راستای مطالعات انجام شده، این تحقیق سعی دارد اثرات فرآیندهای فعال تکتونیکی مانند (گسلش، چین خوردگی، بالا آمدگی و غیره) را بر روی اشکال زمینی حوضه آبریز علی آباد چای بررسی کند تا با آگاهی کافی از این فرآیندها با بکارگیری تکنیک‌های مناسب با نیروهای حاکم در محیط طبیعی به برنامه‌ریزی صحیح و منطقی برنامه‌های عمرانی و توسعه در منطقه اقدام نماید. در مورد تکتونیک فعال در جهان مطالعات زیادی صورت گرفته است که از بین آن می‌توان به مباحث ژئومورفولوژی تکتونیکی گسل «گارلوک» کالیفرنیا توسط بول و مفادن (۱۹۷۷) اشاره کرد. کلر و پینتر (۲۰۰۲) به بررسی فعالیت‌های تکتونیکی و زمین لرزه و بالا آمدگی و فرورفتگی پرنتیس هال نیوجرسی پرداخته‌اند. در مورد کاربرد شاخص‌های تکتونیکی در مطالعه فعالیت‌های نئوتکتونیکی می‌توان به بررسی‌هایی در سواحل جنوب شرق اسپانیا (سیلوا و همکاران،۲۰۰۳) و غرب تایوان (چن و همکاران،۲۰۰۳) اشاره کرد. در شمال شرقی سیسیلی ایتالیا گوارنیری و پیروتا (۲۰۰۸) از شاخص‌های تکتونیکی در مطالعه خود بهره جسته‌اند. در همین زمینه استیوانسیکووا (۲۰۰۸) به بررسی تحول نئوتکتونیکی شبکه‌های زهکشی شرق جمهوری چک بر اساس تغییرات نیم رخ طولی و عرضی رودخانه‌های آن منطقه پرداخته‌اند. فیگوورا و کنت (۲۰۱۰) در مطالعه ژئومورفولوژی تکتونیکی جنوب کوهستان سیرنوادا (کالیفرنیا) از شاخص‌های ژئومورفیک بهره جسته‌اند. در کشور ما

نیز محققان در سالهای اخیر از این روش در بررسی فعالیت‌های تکتونیکی نقاط مختلف ایران استفاده کرده‌اند که در این قسمت به برخی از یافته‌های این محققان اشاره می‌شود:

برخی تحقیقات از قبیل جمالی و همکاران (۱۳۷۴) و نجف زاده نوبر و همکاران (۱۳۸۲) در ارزیابی مناطق با زمین ساخت فعال، به محاسبه شاخص-های مورفومتری اقدام کرده‌اند. در سال‌های اخیر برخی از مطالعات مانند تقی‌پور (۱۳۸۳)، قیطانچی و شعبانی (۱۳۸۳) وضعیت سایزموتکتونیکی، شواهد تکتونیکی فعال و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی گسل تبریز را بررسی کرده‌اند. مددی و همکاران (۱۳۸۳) فعالیت‌های تکتونیکی را در دامنه‌های شمال غربی تالش بررسی نموده‌اند. در زمینه تاثیر فعالیت گسل تبریز مختاری (۱۳۸۴) در دامنه شمالی میشو داغ، کرمی (۱۳۸۸) حوضه سعیدآباد چای، کرمی (۱۳۸۸) در حوضه آبریز اوجان چای هم مطالعاتی انجام داده اند. گورابی و نوحه گر (۱۳۸۶) حوضه آبخیز درکه در شمال تهران را از لحاظ تکتونیک مورد مطالعه قرار داده اند. مقصودی و کامرانی (۱۳۸۷) ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها (مطالعه موردی رودخانه تجن) را مورد مطالعه قرار داده‌اند. بیاتی خطیبی (۱۳۸۸) به تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیکی در حوضه آبریز قرنقوچای کوهستان سهند با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفوتکتونیک پرداخته است. رامشت، سیف، شاه زیدی و انتظاری (۱۳۸۸) مورفولوژی مخروط افکه درختنگان در منطقه شهداد کرمان تحت تاثیر تکتونیک فعال را مورد مطالعه قرار داده‌اند. یمانی، گورابی، قاسمی و علوی پناه (۱۳۸۸) مورفوتکتونیک ناحیه دهشیر را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفومتری مطالعه نموده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۸۹) حوضه چله زاگرس غربی را با استفاده از تحلیل‌های مورفومتری از لحاظ تکتونیکی مورد مطالعه قرار داده‌اند. بهرامی، مقصودی و کاظم بهرامی (۱۳۹۰) بررسی نقش تکتونیک در ناهنجاری‌های مورفومتری شبکه زهکشی در چهار حوضه آبخیز در زاگرس را انجام داده‌اند. مقصودی، جعفری، باقری و مینایی (۱۳۹۰) توانستند تکتونیک فعال حوضه آبریز کفرآور را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی بررسی کنند. مقصودی و همکاران (۱۳۹۱) تاثیر نئوتکتونیک بر مخروط افکنه رود حاجی عرب (دشت قزوین) را با داده‌های مورفومتری و رسوب شناسی مورد تحلیل قرار داده-اند. بر اساس مطالب ارائه شده بدین نتیجه می‌رسیم که در منطقه شمال غرب کشور مطالعات چشمگیری به خصوص در قسمت‌های شهرستان تبریز– بستان آباد– مرند، صورت گرفته که اغلب آن‌ها منحصر به امتداد گسل تبریز می‌باشد و در راستای این گسل مطالعات تکتونیکی و مورفومتری صورت گرفته است در صورتی که متاسفانه در راستای گسل‌ها و فعالیت‌های تکتونیکی منطقه شمال غرب آذربایجان شرقی(اهر، هوراند، ورزقان وکلیبر)که شاهد زمین لرزه‌های مشخص و زیان باری در سالهای اخیر بوده مطالعات خاصی از سوی محققان انجام نگرفته است و این تحقیق در راستای مطالعات فوق و با استفاده از نحوه مطالعاتی و محاسباتی شاخص‌های مورفوتکتونیکی آن‌ها در نظر دارد ضمن شناسایی شواهد تکتونیکی فعال مناطق مختلف حوضه آبریز علی آباد چای، به ارزیابی شاخص‌های تکتونیکی این منطقه پرداخته و تا حد امکان نتایج منطقی و معقولی را ارائه دهد.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: حوضه مورد مطالعه با روند شمال شرقی– جنوب غربی در مختصات´۲۹ °۴۷ - ´۱۳ °۴۷ طول شرقی و ´۵۴ °۳۸– ´۴۲ °۳۸ عرض شمالی در قسمت شمال

شرقی استان آذربایجان شرقی قرار گرفته است و شامل دشت هوراند، دشت مجیدآباد، کوهستان یلی یورت، هشت سر و قیز قلعه سی داغ و کوه های زنجیره‌ای انگرد می‌باشد و از لحاظ مساحت نیز حدود ۲۷۸/ ۱۶۵کیلومتر مربع را به خود اختصاص داده است (شکل۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز علی آباد چای

مواد و روش‌ها

داده‌هایی که در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته شامل موارد ذکر شده در ذیل می‌باشد:

- نقشه‌های توپوگرافی (۱:۵۰۰۰۰) و نقشه‌های زمین شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰).
-نقشه‌های (DEM-tin) و نقشه شیب منطقه- گسل‌ها- آبراهه‌ها- چشمه‌ها- سکونت‌گاه.

-نقشه‌های مکان یابی انواع شاخص‌های نئوتکتونیکی مورد استفاده قرار گرفته شده در این پژوهش.

-نرم افزارهای ArcGis جهت ترسیم نقشه‌های مورد نیاز برای مطالعه.

در مقاله ارائه شده سعی بر آن شد تا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی(ArcGis)، نتایج و اطلاعات و طبقه بندی‌های صحیح و مشخصی از حوضه مورد مطالعه ارائه گردد که شرح کار بدین صورت گردید: پس از مشخص کردن محدوده حوضه آبریز و ارتفاعات کناری آن و جبهه کوهستان‌ها، شاخص-های تکتونیکی محاسبه شدند. در این پژوهش ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی بر اساس تحلیل-های مورفومتری انجام شد. پارامترهایی که در این پژوهش مورد استفاده قرارگرفت، شامل چهار شاخص (SL-FD-BR-BS) از شاخص‌های ژئومورفیک بودند و این شاخص‌ها معمولا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل ارتفاعی (DEM) محاسبه و برآورد گردید و نتایج بدست آمده بر اساس شاخص LAT در سه کلاس فعال، نیمه فعال و غیر فعال مورد طبقه‌بندی قرار گرفت. شاخص-های تکتونیکی در مورد مناطقی که به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی تغییرات شدید و یا حتی آرامی را تجربه می‌کنند به طور سریع اطلاعات مطمئن و قابل قبولی را ارائه می‌دهند.

شاخص شیب طولی رودخانه (SL)

این شاخص هرگونه ناهنجاری و بی نظمی را در نیمرخ طولی رودخانه نشان می‌دهد. برای استفاده ازاین شاخص نیاز به مدل رقومی ارتفاعی DEM و یا نقشه توپوگرافی می‌باشد و بر روی نمودار، SL برروی محورXها و L برروی محور Yها برروی نیمرخ طولی رودخانه اصلی ترسیم می‌شود. شاخص مذکور برشیب آبراهه حساس بوده و باعث می-شودکه بتوان روابط بین مقاومت سنگ، توپوگرافی و فعالیت‌های تکتونیکی را مورد ارزیابی قرارداد. به عنوان نمونه SL درمناطقی که رودخانه با قدرت فرسایشی خود سنگهای سخت را برش داده وبه مسیرش ادامه داده، مقدار عددی بیشتری را نشان می‌دهد و درمناطق کربناته و ماسه سنگی و غیره، مقدار عددی کمتری را نشان می‌دهد. بنابراین منطقه‌ای با سنگهای نرم وSL بالا نشانگر فعالیتهای تکتونیکی می‌باشد (کلر و پینتر، ۲۰۰۲). درواقع شاخص SL به ساختمان سنگ شناسی بسیارحساس است و در مطالعه‌ای که چن وهمکاران درتایوان درسال ۲۰۰۳ انجام داده‌اند دریافتندکه هر اندازه طول رودخانه بیشتر باشد، رودخانه کمتر تحت تاثیرساختمان سنگ‌شناسی بستر خود است و هر چه طول رودخانه کمتر باشد، بیشتر تحت تاثیر ساختمان سنگ شناسی بستر خود می‌باشد (یمانی وهمکاران، ۱۳۸۹) (رابطه ۱).

رابطه ۱)

$$SL = (\Delta H \div \Delta L)L$$

ΔH: اختلاف ارتفاع قطعه مورد نظر به متر

ΔL: طول شاخه موردنظر- L: مجموع طول آبراهه از نقطه‌ای که شاخص به متر محاسبه می‌شود

شاخص گرادیان هر رود یک عنصرمورفولوژیکی است و برای مقایسه مکانی مستقل عناصر مورفولوژیکی، حساسترین آنها به بالا آمدگی به شمار می‌رود (مریتز و وینسنت، ۱۹۸۹)، به نقل از (مقصودیان و همکاران،۱۳۹۰). در حوضه مذکور، رودخانه علی‌آباد چای وسه شاخه اصلی آن (دوجاخ- هوراند- اینجار) بافواصل ۱۰۰ و یا ۲۰۰ متری مورد ارزیابی قرارگرفت و درجدولهایی مجزا در ادامه مباحث ارائه گردید.

شاخص انشعابات (BR)

شاخص انشعابات از دیگر شاخص‌های تعیین آنومالی سیستم زهکشی در حوضه آبخیز است و با افزایش درجه تاثیر عوامل تکتونیکی در حوضه‌ها مقدار شاخص یاد شده افزایش می‌یابد. شاخص انشعابات، از عدد نسبت انشعابات حوضه منهای نسبت مستقیم انشعابات حوضه به دست می‌آید بارونی و همکاران (۲۰۰۵) به نقل از بهرامی و همکاران (۱۳۹۰). نسبت انشعابات برای هر رده از آبراهه، از تقسیم تعداد کل آبراهه‌های آن درجه بر تعداد کل آبراهه‌های یک درجه بالاتر به دست می‌آید. نسبت انشعابات کل حوضه از میانگین کل درجه‌ها محاسبه می‌شود و نسبت مستقیم انشعاب برای هر درجه از آبراهه، از تقسیم تعداد آبراهه‌های آن درجه (که مستقیماً به یک درجه بالاتر وارد می‌شود) بر تعداد کل آبراهه‌های یک درجه بالاتر به دست می‌آید و نسبت مستقیم انشعابات کل حوضه از میانگین کل درجه‌ها حاصل می‌گردد گوارنیرا و پیروتا (۲۰۰۷) به نقل از بهرامی و همکاران (۱۳۹۰) (رابطه ۲).

رابطه ۲)

N: تعداد آبراهه در یک رتبه مشخص

Nn : مجموع تعداد آبراهه‌ها

$$\Rightarrow (Nn-1/Nn)\times\frac{1}{N-1}$$

$$BR=(N1/N2)+(N2/N3)+\ldots$$

شاخص درصد قسمت‌های بریده شده جبهه کوهستان (FD)

جبهه‌های کوهستانی مناطق فعال کمتر بریده شده‌اند و به عبارتی دیگر مقادیر FD در آنها کم است، ولس و همکاران (۱۹۹۸) به نقل از مقصودی و همکاران (۱۳۹۰). جبهه‌های کوهستانی در مناطق فعال تکتونیکی به علت تمایل فعالیت‌های تکتونیکی به ایجاد جبهه‌های کوهستانی خطی و مستقیم، کمتر بریده شده‌اند و هر چه مقدار شاخص مذکور به ۱ نزدیکتر باشد جبهه کوهستانی از لحاظ تکتونیکی غیر فعال است و هر چه مقدار شاخص به صفر نزدیک باشد جبهه کوهستانی از لحاظ تکتونیکی فعال می‌باشد (مقصودی و همکاران،۱۳۹۰) (رابطه ۳).

رابطه ۳) $$FD=\frac{Lmfd}{Ls}$$

Lmfd: طول بخشهای بریده شده جبهه کوهستان

Ls: طول جبهه کوهستان به خط مستقیم

در این شاخص نیز بر اساس شاخص (FMF) بخش‌های جبهه کوهستان مورد ارزیابی قرار می‌گیرد با این تفاوت که در این شاخص نکته مورد توجه بخش‌های بریده شده جبهه کوهستان نسبت به طول مستقیم جبهه کوهستان می‌باشد که توسط آبراهه‌ها فرسایش یافته‌اند و معمولا مناطق فعال تکتونیکی به علت بالا آمدگی مداوم از جبهه‌های مستقیم و خطی برخوردار می‌باشند (مقصودی، ۱۳۹۰).

شاخص نسبت شکل حوضه (BS)

دراین شاخص نوع حوضه از لحاظ شکل و کشیدگی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و بدین نتیجه می‌رساند که مقادیر بالای این شاخص بیانگر حوضه کشیده است که معمولا تکتونیک فعال‌تری را در قیاس با حوضه‌های گرد دارند (سیفوخوسروی، ۱۳۸۹) (رابطه ۴).

رابطه ۴)

$$BS=BL\div BW$$

BL: اندازه طولانی‌ترین قسمت طول حوضه

BW: اندازه عریضترین بخش عرض حوضه

حوضه‌های زه کشی جوان در نواحی فعال تکتونیکی تمایل دارند حالت کشیده‌ای داشته باشند و با تداوم تحول حوضه‌ها ویا کم‌شدن فعالیت

تکتونیکی شکل حوضه‌ها تغییر یافته و به حالت دایره تبدیل می‌شوند (بول و مفادن، ۱۹۷۷).

طبقه‌بندی شاخص‌هاب راساس شاخصLAT

درطبقه‌بندی یاد شده شاخص‌های ارائه شده توسط همدونی وهمکاران (۲۰۰۸) بر اساس مقدارکمی به دست‌آمده، درسه کلاس (۱-۲-۳) طبقه‌بندی شده‌اند که شماره یک مشخصه بالاترین فعالیت نئوتکتونیکی و شماره دو نئوتکتونیک نیمه فعال و شماره سه نئوتکتونیک غیرفعال می‌باشد. هریک از شاخص‌ها یک طبقه‌بندی نسبی از فعالیتهای نئوتکتونیکی را ارائه می‌دهند و برای اطمینان از صحت عدد کمّی به دست آمده از شاخصها، نتایج به دست آمده توسط طبقه‌بندی LAT و شواهد ژئومورفولوژیکی حاصل از تکتونیک فعال مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (مقصودی وهمکاران، ۱۳۹۰).

نتایج

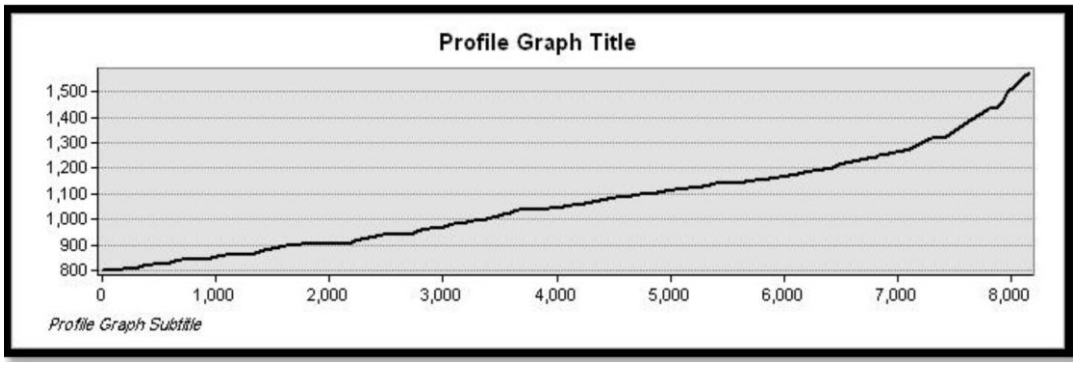
ارزیابی شاخص(SL) در رودخانه علی آباد چای

دربررسی شاخص (SL) درامتداد رودخانه علی آباد چای، طبق (شکل۲)، برحسب ارتفاع ۱۰۰ متری، مقادیر شاخص محاسبه شده و طبقه فعالیت تکتونیکی آن نیز به همراه داده‌ها در (جدول۱) ارائه گردیده است:

جدول ۱: مقادیر شاخص (SL) بر حسب ارتفاع ۱۰۰متری در حوضه علی آباد چای

ارتفاع حوضه	△H	△L	L	SL	طبقه تکتونیکی
۷۰۰-۶۰۰	۱۰۰	۴۰۰۰	۲۱۵۰۰	۵۳۷	۱
۸۰۰-۷۰۰	۱۰۰	۳۰۰۰	۱۸۰۰۰	۶۰۰	۱
۹۰۰-۸۰۰	۱۰۰	۳۰۰۰	۱۵۰۰۰	۵۰۰	۱
۱۰۰۰-۹۰۰	۱۰۰	۳۵۰۰	۱۱۷۵۰	۳۳۶	۲
۱۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰	۲۵۰۰	۸۷۵۰	۳۵۰	۲
۱۲۰۰-۱۱۰۰	۱۰۰	۲۵۰۰	۶۲۵۰	۲۵۰	۳
۱۳۰۰-۱۲۰۰	۱۰۰	۳۵۰۰	۳۲۵۰	۹۳	۳

طبق شاخص مذکور رودخانه علی آباد چای در طی مسیر خود تا ارتفاع ۹۰۰ متری فعالیت نشان داده و از ارتفاع ۹۰۰ متری تا ۱۱۰۰متری نیمه فعال و از ۱۱۰۰تا۱۲۰۰ به صورت غیر فعال نشان می‌دهد.



شکل۲: پروفیل طولی رودخانه علی آباد چای

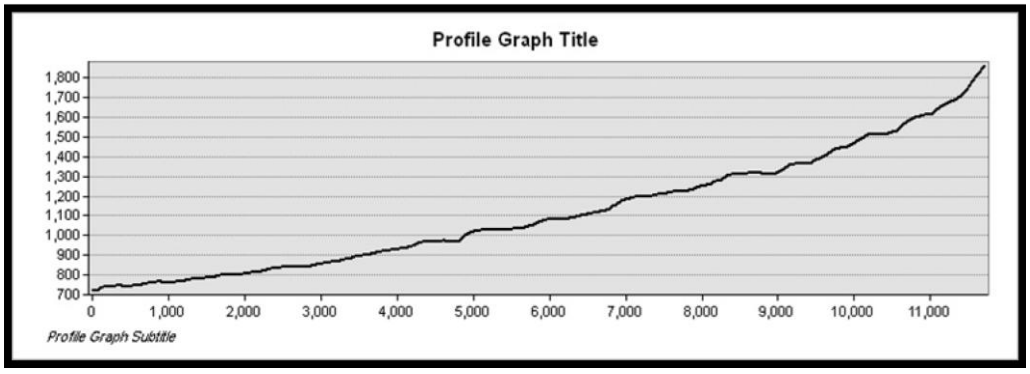
ارزیابی شاخص (SL) در رودخانه دوجاخ

در بررسی شاخص (SL) در امتداد رودخانه دوجاخ، بر حسب ارتفاع ۱۰۰ متری، مقادیر شاخص محاسبه شده و طبقه فعالیت تکتونیکی آن نیز به همراه داده‌ها در جدول ۲ ارائه شده است:

جدول ۲: مقادیر شاخص (SL) بر حسب ارتفاع ۱۰۰متری در حوضه رود دوجاخ

ارتفاع حوضه	△H	△L	L	SL	طبقه تکتونیکی
۸۰۰-۷۰۰	۱۰۰	۱۶۲۷	۱۰۹۵۰	۶۷۳	۱
۹۰۰-۸۰۰	۱۰۰	۲۰۳۸	۹۱۲۱	۴۴۷	۲
۱۰۰۰-۹۰۰	۱۰۰	۱۳۴۶	۷۴۵۵	۵۵۴	۱
۱۱۰۰-۱۰۰۰	۱۰۰	۱۹۵۲	۵۷۸۴	۲۹۶	۳
۱۲۰۰-۱۱۰۰	۱۰۰	۴۷۷	۴۵۷۰	۹۵۸	۱
۱۳۰۰-۱۲۰۰	۱۰۰	۹۴۵	۳۸۵۵	۴۰۷	۲
۱۴۰۰-۱۳۰۰	۱۰۰	۱۴۲۸	۲۶۶۹	۱۸۶	۳
۱۵۰۰-۱۴۰۰	۱۰۰	۷۱۴	۱۵۹۸	۲۲۳	۳
۱۶۰۰-۱۵۰۰	۱۰۰	۷۱۴	۸۸۴	۱۲۳	۳
۱۷۰۰-۱۶۰۰	۱۰۰	۴۷۶	۲۸۹	۶۰	۳
۱۸۰۰-۱۷۰۰	۱۰۰	۱۹۰	۲۸۰	۱۴۷	۳

در شکل ۳ پروفیل طولی رودخانه دوجاخ ارائه شده است که مصب این رودخانه از ارتفاع ۷۰۰ متر شروع شده و بالادست رودخانه تا ارتفاع ۱۹۰۰ متر می‌رسد و سر شاخه های موقت آن تا ارتفاع ۲۵۰۰ متر نیز ادامه دارد. بر اساس شکل۱۸ مشخص می گردد که رود در مسیر خود تا ارتفاع ۹۰۰ متر شیب ملایم داشته و بعد از آن بر شیب خود افزوده و در برخی قسمت حالت پرتگاهی به خود گرفته است.



شکل۳ : پروفیل طولی رودخانه دوجاخ

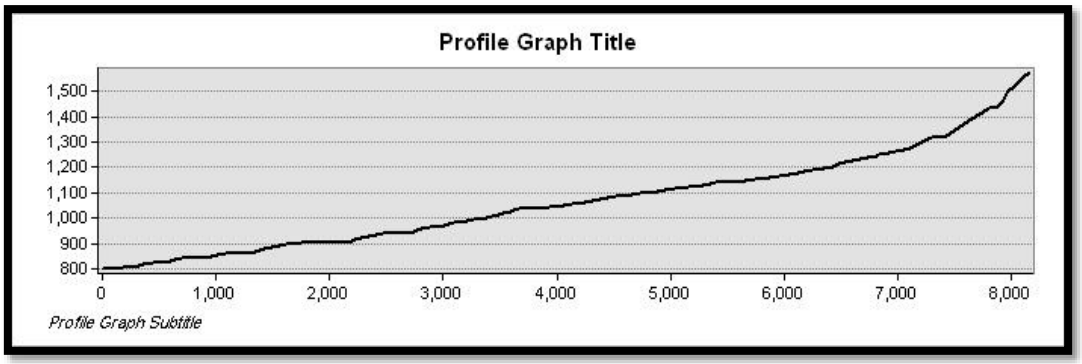
ارزیابی شاخص (SL) در رود هوراند

در بررسی شاخص (SL) در امتداد رودخانه هوراند، بر حسب ارتفاع ۱۰۰ متری، مقادیر شاخص محاسبه شده و طبقه فعالیت تکتونیکی آن نیز به همراه داده‌ها در جدول ۳ ارائه می شود:

جدول ۳: مقادیر شاخص (SL) بر حسب ارتفاع ۱۰۰متری در حوضه رود هوراند

ارتفاع حوضه	△H	△L	L	SL	طبقه تکتونیکی
۱۲۰۰-۱۰۰۰	۲۰۰	۳۸۸۸	۱۴۳۸۸	۷۴۰	۱
۱۴۰۰-۱۲۰۰	۲۰۰	۲۷۷۷	۱۱۰۵۶	۷۹۶	۱
۱۶۰۰-۱۴۰۰	۲۰۰	۱۹۴۴	۸۱۴۰	۸۳۷	۱
۱۸۰۰-۱۶۰۰	۲۰۰	۱۶۶۶	۶۳۳۵	۷۶۰	۱
۲۰۰۰-۱۸۰۰	۲۰۰	۱۶۶۶	۴۶۶۹	۵۶۰	۱
۲۲۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰	۱۳۸۸	۳۱۴۲	۴۵۳	۲
۲۴۰۰-۲۲۰۰	۲۰۰	۱۵۰۰	۱۶۹۸	۲۲۶	۳
۲۶۰۰-۲۴۰۰	۲۰۰	۸۰۰	۵۴۸	۱۳۷	۳
۲۸۰۰-۲۶۰۰	۲۰۰	۲۷۷	۱۰	۷	۳

در حوضه رود هوراند از ارتفاع ۸۰۰ الی ۱۰۰۰ متری شاهد نیمه فعال بودن فعالیت‌های تکتونیکی هستیم و در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۱۰۰ حوضه به وضعیت نیمه فعال نزدیک بوده و بعد از آن حالت غیر فعال به خود می‌گیرد. در شکل۴ پروفیل طولی رود هوراند مشاهده می‌شود که در ارتفاع ۸۰۰ متری وارد رود علی آباد می‌شود و تا ارتفاع ۱۲۰۰ متری با شیب ملایمی امتداد یافته و با افزودن یکباره بر شیب خود تا ارتفاع ۱۶۰۰ متر ادامه می-یابد.



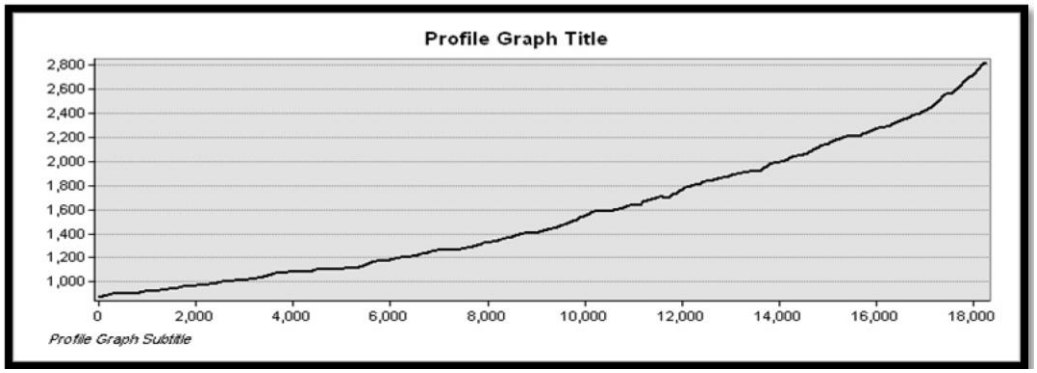
شکل۴: پروفیل طولی رودخانه هوراند

ارزیابی شاخص (SL) در حوضه رود اینجار

در محاسبه شاخص (SL) در این حوضه حد ارتفاعی ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است و مقادیر به دست آمده در جدول ۴ ارائه می‌گردد. در رودخانه اینجار از ارتفاع ۱۰۰۰ متری تا ۲۰۰۰ متری شاهد فعال بودن تکتونیک و بعد از آن به امتداد ۲۰۰ متر ارتفاع، تکتونیک به حالت نیمه فعال ظاهر شده و سپس، عدم فعالیت را مشاهده می‌کنیم. در شکل ۵ شاهد پروفیل طولی رود اینجار می‌باشیم که مصب آن در ارتفاع ۹۲۰ متر قرار گرفته و از ابتدا با شیب تندی در ارتفاعات امتداد یافته و تا ارتفاع ۲۸۰۰ متری کوهستان هشت سر ادامه می‌یابد.

جدول ۴: مقادیر شاخص (SL) بر حسب ارتفاع ۲۰۰متری در حوضه رود اینجار

ارتفاع حوضه	△H	△L	L	SL	طبقه تکتونیکی
۱۲۰۰-۱۰۰۰	۲۰۰	۳۸۸۸	۱۴۳۸۸	۷۴۰	۱
۱۴۰۰-۱۲۰۰	۲۰۰	۲۷۷۷	۱۱۰۵۶	۷۹۶	۱
۱۶۰۰-۱۴۰۰	۲۰۰	۱۹۴۴	۸۱۴۰	۸۳۷	۱
۱۸۰۰-۱۶۰۰	۲۰۰	۱۶۶۶	۶۳۳۵	۷۶۰	۱
۲۰۰۰-۱۸۰۰	۲۰۰	۱۶۶۶	۴۶۶۹	۵۶۰	۱
۲۲۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰	۱۳۸۸	۳۱۴۲	۴۵۳	۲
۲۴۰۰-۲۲۰۰	۲۰۰	۱۵۰۰	۱۶۹۸	۲۲۶	۳
۲۶۰۰-۲۴۰۰	۲۰۰	۸۰۰	۵۴۸	۱۳۷	۳
۲۸۰۰-۲۶۰۰	۲۰۰	۲۷۷	۱۰	۷	۳



شکل ۵: پروفیل طولی رود اینجار

ارزیابی شاخص انشعابات (BR) در حوضه

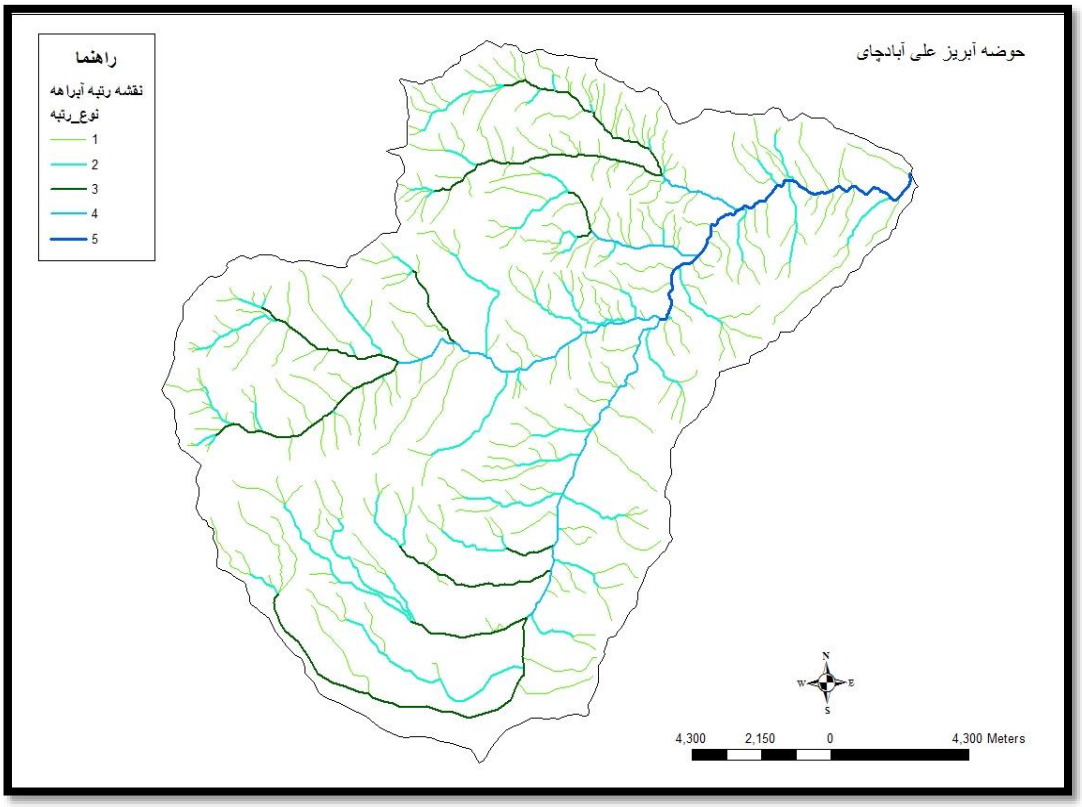
در حوضه آبریز علی آباد چای شاخص انشعابات مورد ارزیابی قرار گرفت که برای انجام این ارزیابی، رتبه بندی آبراهه‌ها طبق نقشه ارائه شده انجام گرفت و نتایج آن به شرح زیر می‌باشد (شکل۶). در حوضه مذکور میزان رتبه‌های پایین نسبت به رتبه بالاتر از خود زیاد بوده بدین صورت که تعداد ۳۰۰ آبراهه رتبه یک و ۶۵ آبراهه رتبه دو، ۱۱ آبراهه رتبه سه، ۴ آبراهه رتبه چهار و ۱ آبراهه رتبه پنج

می‌باشد که طبق محاسبه شاخص (BR) به شرح زیر می‌باشد (امین علیزاده، ۱۳۸۷) (رابطه ۵).

رابطه ۵)

$$BR = \frac{1}{5-1}\left(\frac{300}{65}+\frac{65}{11}+\frac{11}{4}+\frac{4}{1}\right)=\frac{1}{4}\times 17.26 = 4.31$$

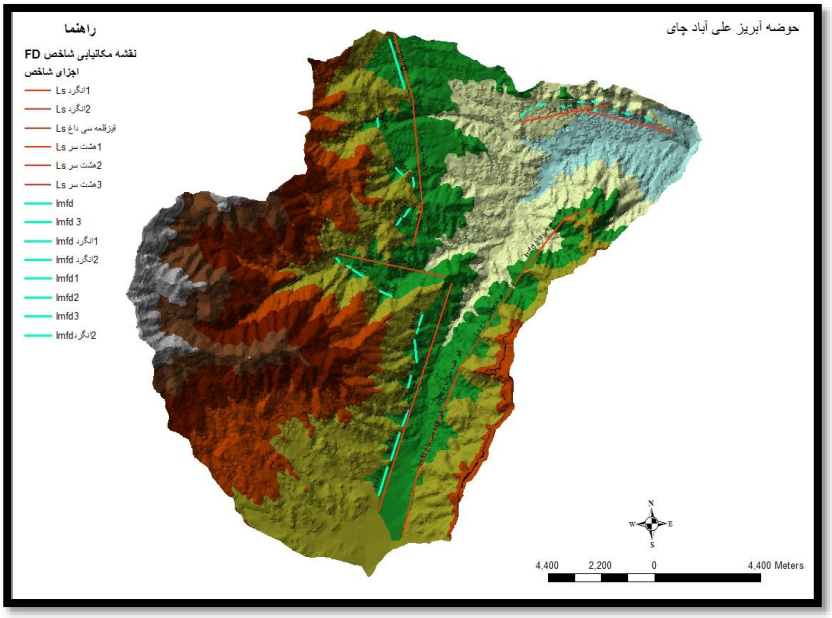
هرچه میزان شاخص به عدد ۵ نزدیکتر باشد نشان از جوان بودن شبکه آبراهه و وجود فعالیت نئوتکتونیک در منطقه است. در حوضه آبریز علی آباد چای مقدار عددی شاخص (BR)، ۴/۳۱ می-باشد که طبق عدد بدست آمده می‌توان اذعان داشت که حوضه مذکور از این لحاظ که به عدد ۵ نزدیکتر است پس از لحاظ تکتونیکی می‌تواند فعال باشد و یا این که حوضه از لحاظ تکتونیکی استعداد فعالیت را نشان می‌دهد و البته باید در نظر داشت که تنها با یک مورد شاخص و یا چندین شاخص نمی‌توان به طور یقین فعالیت تکتونیکی حوضه یا منطقه‌ای را بررسی کرد، بلکه پارامترها و عوامل دیگر نیز در اثبات این مدعا از اهمیت بسزایی برخوردارند. بنابراین باید نتایج به دست آمده از شاخص‌ها به صورت متعادل و میانگین، همراه با داده‌ها و بررسی‌های میدانی از پدیده‌های مورفوتکتونیکی ادغام شده و مورد ارزیابی و نتیجه-گیری کلی قرار گیرد.



شکل۶: نقشه رتبه آبراهه در حوضه آبریز علی آباد چای

ارزیابی شاخص درصد قسمت های بریده شده جبهه کوهستان (FD) در حوضه

در حوضه مذکور طبق شکل ارائه شده، شاخص (FD) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج آن در (جدول۵) ارائه گردید (شکل۷).



شکل۷: نقشه مکانیابی شاخص (FD) درحوضه آبریز علی آباد چای

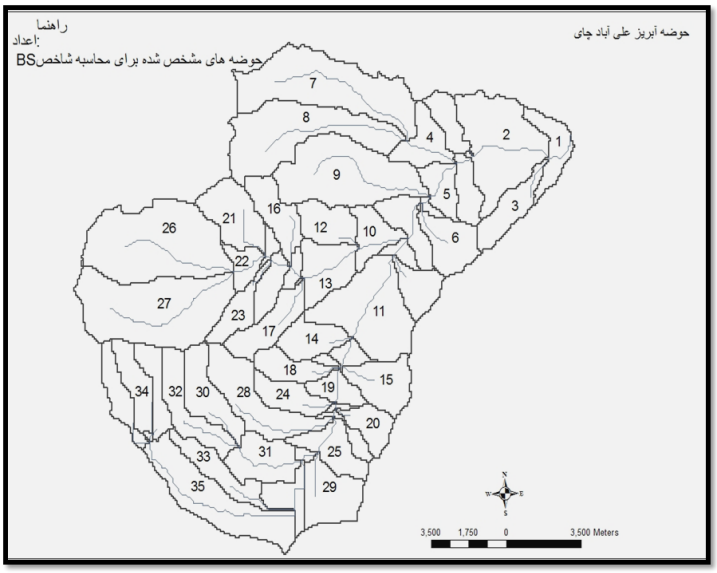
جدول ۵: مقادیر شاخص (FD) در حوضه آبریز علی آباد چای

تعداد واحد	نام واحد	بخش	Lmfd)(m	)LS(m	)FD(	طبقه تکتونیکی
۱	انگرد	۱	۸۴۱/۶	۳۶۳۲/۸	۰/۲	۱
۱	انگرد	۲	۲۳۲۶/۲	۳۶۰۱/۲	۰/۶	۲
۲	قیز قلعه س داغ	۱	۸۶۵۶/۶	۱۵۴۷۸/۵	۰/۵	۲
۳	هشت سر	۱	۳۷۷۹/۲	۸۵۴۶/۴	۰/۴	۱
		۲	۱۴۴۹/۱	۴۴۷۵/۵	۰/۳	۱
		۳	۴۹۷۷	۹۴۳۶/۴	۰/۵	۲

طبق شاخص مذکور مشخص می‌گردد که ۵۰ درصد حوضه بر اساس طبقه بندی شاخص LAT فعال و ۵۰ درصد نیز نیمه فعال می‌باشد و بدین ترتیب اکثر فعالیت تکتونیکی در کوهستان هشتسر قابل مشاهده می‌باشد و قیز قلعه سی‌داغ و انگرد نیز دارای نئوتکتونیک نیمه فعال می‌باشند و در بخش اول ارتفاعات انگرد نیز تکتونیک حالت فعال نشان می‌دهد.

ارزیابی شاخص شکل حوضه (BS)

حوضه آبریز علی آباد چای در زیر حوضه بر اساس شاخص شکل حوضه طبق نقشه ارائه شده درشکل ۸ مورد ارزیابی قرارگرفته است.



شکل۸: زیرحوضه‌های مشخص شده برای ارزیابی شاخص(BS)

درشکل ۸ حوضه مذکور به زیر حوضه‌های کوچکتری تقسیم شده و بر اساس شماره، مورد تعریف قرارگرفته است و حوضه علی آباد چای به صورت یکپارچه با طولانی‌ترین بخش به اندازه ۵۹/ ۲۴ کیلومتر در طول خود و با عریضترین بخش به اندازه ۱۷/۴۷۷ کیلومتر در عرض خود کشیده شده است و بر اساس شاخص شکل حوضه عددی معادل۱/۴۰ را شامل می‌شود که بر حسب این عدد حوضه مذکور دارای فعالیت تکتونیکی نیمه فعال با استعداد افزایش بر فعالیت خود می‌باشد. به طور کلی نتایج به دست آمده از شاخص‌های مورد استفاده قرار گرفته شده در حوضه آبریز علی آباد چای هوراند در جدول ۶ ارائه می‌گردد.

جدول ۶: درصد فعالیتهای نئوتکتونیکی حوضه همراه با میانگین درصدی در هر شاخص

ردیف	نام شاخص	میزان درصد	تکتونیک فعال	تکتونیک نیمه فعال	تکتونیک غیر فعال
۱	SL	۱۰۰	۳۹	۳۳	۲۸
۲	BS	۱۰۰	۴۵	۲۹	۲۷
۳	BR	۱۰۰	۱۰۰	۰	۰
۴	FD	۱۰۰	۵۰	۵۰	۰
۴	میانگین	۱۰۰	۵۸/۵	۲۸	۱۳/۵

بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله برای ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی حوضه آبریز علی آباد چای هوراند، تعداد ۴ شاخص تکتونیکی مورد استفاده قرار گرفت که این شاخص-ها بر روی رود علی آباد چای و چهار زیر حوضه اصلی آن که شامل رود دوجاخ- رود هوراند- رود اینجار و شاخه‌های فرعی که به صورت مستقیم به رود علی آباد چای می‌ریزند انجام یافت. شاخص-هایی که در این حوضه مورد استفاده قرار گرفتند شامل شاخص شیب طولی رودخانه، شاخص

انشعابات و شاخص درصد قسمت‌های بریده شده جبهه کوهستان می‌باشند. شاخص‌های مورد استفاده قرار گرفته شده در حوضه بر اساس شاخص LAT در سه کلاس فعال، نیمه فعال و غیر فعال طبقه بندی شد. طبق ارزیابی انجام یافته در حوضه مذکور بر اساس شاخص‌ها چنین مشاهده می‌شود که حوضه از لحاظ تکتونیکی در سه طبقه قرار می-گیرد که در (جدول۶)، درصد فعالیت‌های نئوتکتونیکی حوضه همراه با میانگین درصدی در هر شاخص ارائه شده است. بدین صورت می‌توان نتیجه گرفت که ۵۸/۵ درصد حوضه دارای تکتونیک فعال و ۲۸ درصد تکتونیک نیمه فعال و ۱۳/۵ درصد تکتونیک غیر فعال می‌باشد و بیشترین فعالیت در کناره شرقی رود علی آباد چای یعنی ارتفاعات قیز قلعه سی داغ و بخش شرقی و شمالی ارتفاعات هشت سر می‌باشد و کمترین میزان فعالیت تکتونیکی در جنوبی‌ترین بخش حوضه است. بنابراین می‌توان بیان داشت که بر اساس مطالعه انجام شده حوضه آبریز علی آباد چای هوراند که از زیرحوضه‌های رود ارس به شمار می‌رود از لحاظ نئوتکتونیک فعال بوده و اشکال و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی موجود در حوضه تاثیر بسزایی را از این فعالیت‌ها دریافت کرده و چهره نئوتکتونیکی در حوضه مشهود می‌باشد.

منابع

-بهرامی، ش.، بهرامی،ک. و مقصودی، م.، ۱۳۹۰. بررسی نقش تکتونیک در ناهنجاری مورفومتری شبکه زهکشی در چهار حوضه آبخیز در زاگرس، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۷۶، ص۵۱-۷۰.

-بیاتی خطیبی، م.، ۱۳۸۸. تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیکی در حوضه آبریز قرنقوچای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفوتکتونیک، مجله علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره۲۵، ص۲۳-۵۰.

-تقی پور، ک.، ۱۳۸۳. بررسی گسل شمال تبریز در فاصله بین تبریز و بستان آباد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز.

-جمالی، ف.، حسامی، خ.، طبسی، ه. و طبسی، ب.، ۱۳۷۴. زمین ساخت جنبا درناحیه نطنز، ژورنال زلزله شناسی، سال هشتم، شماره دوم، ص ۱۴-۱۴.

-خیری، ف.، ۱۳۸۴. سنگ شناسی آذرین، انتشارات دانشگاه پیام نور، ص۹۰-۱۲۰.

-رامشت، م. ح. و شاهزیدی، س. س.، ۱۳۸۸. تاثیر تکتونیک جنبا بر مورفولوژی مخروط افکنه درختنگان در منطقه شهداد کرمان، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۱۶، ص ۲۹-۴۶.

- سازمان جغرافیایی ارتش، ۱۳۶۲. نقشه توپوگرافی، ۵۰۰۰۰ :۱، هوراند، سری K753، برگ 5467 I.

-سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح،۱۳۸۴. نقشه توپوگرافی، ۵۰۰۰۰ :۱، هوراند، سری K753، برگ 5467 I.

-سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۴. نقشه توپوگرافی، ۵۰۰۰۰ :۱، مجید آباد، سری K753، برگ 5467 II.

-سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۴. نقشه توپوگرافی، ۵۰۰۰۰ :۱، کلیبر، سری K753، برگ 5467IV.

-سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴. نقشه زمین شناسی، ۴: ۴۱۱۱۱۱، کلیبر، سری 54..

-سیف، ع. و خوسروی، ق.، ۱۳۸۹. بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارسان،

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۷۴، ص۱۲۵-۱۴۶.
- علیزاده، ا.، ۱۳۸۷. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا، ص۴۶۱-۵۰۰
- قیطانچی، م.ر. و شعبانی، ا.، ۱۳۸۳. لرزه زمین ساخت شمال‌غرب ایران با تأکیدی بر مطالعه خرد زمین لرزه‌های منطقه،کنفرانس زمین‌شناسی، ایران.
- کرمی، ف.، ۱۳۸۸. ارزیابی نسبی فعالیت‌ها با استفاده از تحلیل‌های شکل سنجی (اوجان چای-شمال شرق سهند)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۵، ص۱۳۵-۱۵۴.
- کرمی، ف.، ۱۳۸۸. ارزیابی ژئومورفیک فعالیت-های تکتونیکی در حوضه زهکشی سعید آباد چای، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۹، ص۶۷-۸۲.
-گورابی، ا. و نوحه‌گر، ا.، ۱۳۸۶. شواهد ژئومورفولوژیکی تکتونیک فعال در حوضه آبخیز درکه، مجله پژوهشهای جغرافیایی، شماره۶۰، ص۱۷۷-۱۹۶.
- مختاری، د.، ۱۳۸۵. کاربرد شاخص‌های ریخت سنجی در تعیین میزان فعالیت گسل‌ها، مورد نمونه: گسل شمالی میشو، مجله علوم زمین، شماره ۵۹ ص۷۰-۸۳.
- مددی، ع. و همکاران، ۱۳۸۳. تحلیل فعالیت‌های نئوتکتونیکی با استفاده از روش‌های ژئومورفولوژی در دامنه‌های شمال غربی تالش، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۸، ص ۱۲۳-۱۳۸.
- مقصودی، م. و کامرانی دلیر، ح.، ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها مطالعه موردی رود تجن، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۶۶، ص ۳۷- ۵۵.
- مقصودی، م.، جعفری اقدم، م.، باقری سیدشکری، س. و مینایی، م.، ۱۳۹۰. بررسی تکتونیک فعال حوضه آبخیز کفر آور با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، ص ۱۱۱-۱۳۶.
- مقصودی، م.، باقری، س. و داوودی، م.، ۱۳۹۰. راندگی گیلان غرب با استفاده از شاخص‌ها و شواهد ژئومورفیک، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۲۱، ص۱۳۷-۱۵۸.
- مقصودی، م.، جعفری، م. و باقری، س.، ۱۳۹۱. تحلیل عوامل موثر در آنومالی الگوی شبکه زهکشی تاقدیس نسار(زاگرس شمال غربی)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره مقاله ۸۴۸، ص۱۰۵-۱۳۱.
- نجف زاده نوبر، س.، ۱۳۸۲. بررسی مورفوتکتونیکی بخشی از گسل شمال تبریز با نگرش ویژه بر شاخص‌های مورفومتریک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز.
- یمانی، م. و همکاران، ۱۳۸۸. مورفوتکتونیک ناحیه دهشیر با استفاده از تکنیک‌های ژئومورفومتری، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره۷۱، ص۱-۲۰.
- یمانی، م.، ۱۳۸۹. تاثیر نوزمین ساخت در مورفولوژی آبراهه‌های حوضه چله (زاگرس غربی)، مجله محیط جغرافیایی، شماره۱، ص۶۸-۸۲.

quantitati ve geomorphic analysise. GSA Bulletin, v. 117(1-2), p. 212-228.
-Bull,W. B. and Mcfadden, L.D., 1977. Tectonic Geomorphology north and
-Baroni, C., Noti,V., Ciccacci, S., Righini,G. and Salvatore, M.C., 2005. Flovial origi of the valley system in northern victoria land (Antarstica) from

South of the Garlock fault, California, in: Doehring, D.O. (ED), Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of the 8thAnnual Geomorphology Symposium. State Univercity of new York, Binghamton.

-Chen, Y.C., Sung, Q. C. and Cheng, K. Y., 2003. Along- Strike variation of morphotectonic features in the Western Foothills of Taivan: tectonic implieation based on Stream-gradient and hypsometric analysis, Geomorphology, p. 109-137.

-Figueroa, A. M. and Knott, J.R., 2010. Tectonic Geomorphology of the Sothern Sierra Nevada Mountains (California), geomorphology, v. 123, p. 34-45.

-Guarnieri, P. and Pirrotta,C., 2008. The response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina Strait (NE Sicily), geomorphology, v. 95, p. 260-273.

-Hamdouni, R. El., Iriggaray, C., Fernandez, T., Chacon, J. and Keller, E.A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). Geomorphology, v. 96, p. 150-173.

-Karakhanian, A., Trifonov, V., Philip, H., Hessami, KH., Jamali, F., Bayrak tutan, M.S., Bagdassarian, H., Arakelian, S. and Adilkhanian, A., 2004. Tectono physics, v.189, p. 219-380.

-Keller, E.A. and Pinter, N., 2002. Active Tectonics, Earthquake Uplift and Land scape, Prentic hall, Newjersey.

-Ramirez- Herrera, M.T., 1998. Geomorphic Assessment of active tectonic in the Acambay Graben Mexican Volkanic belt earth Surface & landforms, v. 23, p. 317- 322.

-Randel, T., 1994. Analysis of drainage –basin symmetry as arpin techniques to identify areas of possible Qaternery tilt-block tectonics: an example from the Mississipi Embayment, Geologicalsociety, v.106, p. 571-581.

-Silva, P.G., Goy, G.L., Zazo, C. and Bardji, T., 2003. Fault generated mountain fronts in southest Spain: geomorphologyic assessment of tectonic & seismic activity, Geomorphology, v. 50, p. 203-225.

-Stepancicova, P., Stemberk, J., Vilimek, V. and Kostak, B., 2008. Neotectonic development of drainage network in the East Sudeten Mountains and monitoring of resent fault displacments (CzechRepublic), Geomorphology, v. 102, p. 68-80.

-Wells, S.G., 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., 1998. Regional variation geomorphology along a segmented convergent plate boundary, pacific coast of coast Rica. Geomorphology, v. 1, p. 239-265.