Archive of SID

ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه آبریز دالکی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک

زهرا دزفولی کلونی
کارشناسی ارشد جغرافیا، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
مریم ایلانلو*
استادیار گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۹

چکیده
زمین سیستمی پویاست که تغییر و تحول از جمله ویژگی‌های آن است. شبکه‌های زهکشی و چشم‌اندازهای رودخانه‌ای به صور گوناگون نسبت به وقوع تغییرات در بستر جریان عکس‌العمل نشان می‌دهند. هدف از این پژوهش، ارزیابی اثر تکتونیک بر شبکه زهکشی حوضه آبریز دالکی است. در این پژوهش از برخی از شاخص‌های کمی ژئومورفیک از قبیل نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (VF)، عدم تقارن حوضه‌ها (AF)، گرادیان طول رودخانه (SL) و شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf) استفاده شده است. نتایج تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک و داده‌های ژئومورفولوژی حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها، نشان می‌دهد که: که در حوضه دالکی، بریدگی نسبتاً زیاد جبهه کوهستانی، موجب سینوسی زیاد آن شده است. شکل حوضه نیمه کشیده و از نظر تقارن توپوگرافی، نیمه متقارن است، ولی بی نظمی‌های موجود در نیمرخ طولی رودخانه به دلیل واحدهای لیتولوژی مختلف و ساختارهای گسلی متعدد، زیاد است. به این ترتیب، مجموع داده‌ها و شواهد زمینی در حوضه آبریز دالکی نیمه فعال بودن آن را از نظر دینامیک نیروهای درونی زمین نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: تکتونیک، شاخص‌های ژئومورفیک، حوضه آبریز دالکی، ژئومورفولوژی.

مقدمه

عوامل تکتونیکی از عوامل دینامیکی هستند که بر تمام اجزای سیستم زهکشی اثر می‌گذارند. در میان عوامل زمین‌شناسی، تکتونیک مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر مورفولوژی رود است (مابقی و حسین زاده، ۱۳۹۶ :۱۶۴). به عبارتی در ایجاد و گسترش یک شبکه زهکشی ترکیب عوامل مختلفی مانند لیتولوژی، اقلیم و تکتونیک تأثیرگذار است. شبکه‌های زهکشی و رودخانه‌ها نسبت به حرکت‌های تکتونیکی (چین‌خوردگی و گسل‌ها) بسیار حساس بوده و رابطه نزدیکی بین لند فرم‌های رودخانه‌ای و حرکت‌های تکتونیکی وجود دارد که در بسیاری از پژوهش‌های گذشته به ثبت

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۹۹۲۱۰۸۴۳
Email: m.ilanlou@mhriau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

رسیده است. نگرش مورفوتکتونیک اغلب به معنی استفاده از لند فرم‌ها یا هر شکل سطحی دیگر مانند الگوهای زهکشی به‌عنوان کلیدی برای استنباط وجود اشکال تکتونیکی مورد توجه قرارمی گیرد (اسماعیلی، ۱۳۹۰، ۱).

اندازه‌گیری‌های کمّی لند فرم‌ها، این امکان را به ژئومورفولوژیست‌ها می‌دهد تا با اندازه‌گیری شاخص‌های ژئومورفولوژی در لند فرم‌های مختلف، نقش تکتونیک‌های فعال را در تغییر شکل چشم‌اندازها بررسی کنند (کلر و پینتر[1]، ۲۰۰۲، ۱۲۱). با توجه به اینکه امکان دسترسی به داده‌های دیرین لرزه‌ای در بسیاری از نقاط وجود ندارد و از طرفی دیگر بعضی از روش‌های تعیین تکتونیک‌های فعال (روش‌های لرزه‌نگاری) بسیار هزینه بر هستند، استفاده از شاخص‌های مورفومتری جهت تشخیص تکتونیک‌های فعال دارای اهمیت زیادی است (بهرامی و شایان،۱۳۹۲، ص ۱۹۸). هر چند لند فرم‌ها در بسیاری از مناطق دارای فعالیت‌های تکتونیکی می‌تواند حاصل ترکیب پیچیده‌ای از تأثیرات عوامل مختلف دینامیک درونی و بیرونی باشد، شاخص‌های ژئومرفیک در بررسی فعالیت‌های تکتونیکی، اعم از پالئوتکتونیک و نئوتکتونیک می‌تواند به‌عنوان ابزاری مفید و کارآمد استفاده شود، زیرا با استفاده از آن‌ها می‌توان مناطقی را که در گذشته فعالیت‌های سریع یا کند تکتونیکی را تجربه کرده‌اند، به‌آسانی شناسایی نمود (رامیز و هیرا[2] ۱۹۹۸، ۲۷). از آنجا که مؤثرترین شاخص‌های مورفومتریک مربوط به فرسایش و فرایندهای رسوبی مرتبط با سیستم‌های رودخانه‌ای است و رودخانه‌ها اولین اشکال محیطی‌اند که به وقوع تغییرات در بستر یا بروز تغییرات در حواشی بستر جریان واکنش نسبتاً سریعی نشان می‌دهند می‌توانند در تمایز بخش‌های فعال ساختمان زمین‌شناسی و ارزیابی حوضه‌های زهکشی راهگشا باشند زیرا حوضه‌های زهکشی، به منزل سیستمی پویا، به حفظ تاریخچه‌ی شکل‌گیری و توالی خود از زمانی که بیشتر فرایندهای تکنو- ژئومورفولوژی در آن محدوده رخداده است، می‌پردازد (قنواتی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۲۲)؛ بنابراین مطالعه و بررسی لند فرم‌های توپوگرافی و الگوی سیستم‌های شبکه‌ی زهکشی با استفاده از شاخص‌های ژئومرفیک و با در نظر گرفتن ساختمان زمین‌شناسی هر منطقه، می‌توان عملکرد تکتونیک فعال را ارزیابی کرد و بود و نبود حرکت‌های تکتونیکی فعال را مشخص نمود (جمال آبادی و همکاران ۱۳۹۳، ۶۴).

با توجه به نقش به سزای فرآیندهای تکتونیکی فعّال در بسیاری از فعالیت‌های بشری همچون طراحی و احداث شهرها، نیروگاه‌ها، سدها، تأسیسات صنعتی و ... از سویی و مورد بررسی قرار نگرفتن شاخص‌های مربوط به ناهنجاری زهکشی در حوضه‌های استان فارس از سویی دیگر، در این پژوهش تأثیر تکتونیک در ویژگی‌های کمّی شبکه زهکشی رودخانه دالکی در استان فارس و هرمزگان مورد بررسی قرار گرفت. در این رابطه برای ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه آبخیز دالکی به محاسبه شاخص‌های نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (VF)، نسبت (V)، عدم تقارن

[1]- Keller and Pinter
[2]- Ramiez&Heerea

www.SID.ir

Archive of SID

حوضه‌ها (AF)، شاخص‌های تحلیل شبکه‌های زهکشی از قبیل گرادیان طول رودخانه (SL)، شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf) مبادرت شد.

پیشینه پژوهش

در نقاط مختلف دنیا و ایران برای مطالعه تکتونیک فعال از شاخص‌های زمین ریختی استفاده فراوانی شده است که به مواردی به این شرح ذیل می‌توان اشاره کرد:

کلر و همکاران (۱۹۶۶) برای نخستین بار از دانش ریخت‌شناسی به‌عنوان تکتونیک ژئومورفولوژی یاد کرده و شاخص‌های کمّی زمین ریختی را برای حرکات نئو تکتونیک گسترش داده‌اند. تالینگ و سوتر (۱۹۹۹) نقش تکتونیک و بالاآمدگی تاقدیس ویلر ریج در کالیفرنیا را در تراکم زهکشی بررسی کردند. مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که تراکم زهکشی در پهلوهای پرشیب کمتر است. سیمونی[3] و همکاران (۲۰۰۳) نقش بالاآمدگی در تفاوت‌های مکانی الگو و تراکم زهکشی در آپنین شمالی در ایتالیا را بررسی کردند. مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که تفاوت‌های تکتونیکی در بخش‌های مختلف آپنین باعث تفاوت زیادی در الگوی زهکشی و تراکم زهکشی شده است و ناهنجاری‌های زهکشی، از تکتونیک تأثیر یافته است. جیمیسون[4] و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر عوامل تکتونیکی در نسبت انشعاب‌ها، تراکم زهکشی، انتگرال هیپسومتریک شبکه‌های رودخانه‌ای در هیمالیا در شمال هند را مورد مطالعه قرار داده و مشخص شد که عوامل تکتونیکی، نقش مهمی در تفاوت ویژگی‌های مورفومتری شبکه‌های زهکشی اعمال می‌کنند. ده بزرگی[5] و همکاران (۲۰۱۰) به تجزیه و تحلیل کمی فعالیت تکتونیکی نسبی در منطقه سروستان زاگرس مرکزی، ایران پرداختند و نتایج آن‌ها با مشاهده‌های میدانی مورفولوژی و زمین‌شناسی سازگار است. جیاکونیا[6] و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی شواهد مورفولوژیک تکتونیک فعال در شرق اسپانیا پرداختند نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که مقدار کم نسبت انشعاب‌ها و طول رودخانه‌ها در کوه‌های منطقه به دلیل بالاآمدگی فعال غرب این کوه‌ها است. متیو[7] و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییر شکل تکتونیک فعال در امتداد گسل فعال در بورنئو با استفاده از شواهد ژئومورفولوژی منطقه پرداختند بررسی‌های آن‌ها نشان داد که این گسل بسیار فعال است. آرگریو[8] و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی نقش نئوتکتونیک در شبکه‌های زهکشی با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در یونان پرداخته‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد در این منطقه نقاط فعال به لحاظ نئوتکتونیک می‌باشد و در تکامل چشم‌انداز منطقه مطالعه (به‌ویژه حوضه‌های غربی) نقش تکتونیکی بسیار مشخص است.

3 - Simoni
4 - Jimison
5 - Dehbozorgi
6 - Giaconia
7 - Mathew
8 - Argyriou

www.SID.ir

Archive of SID

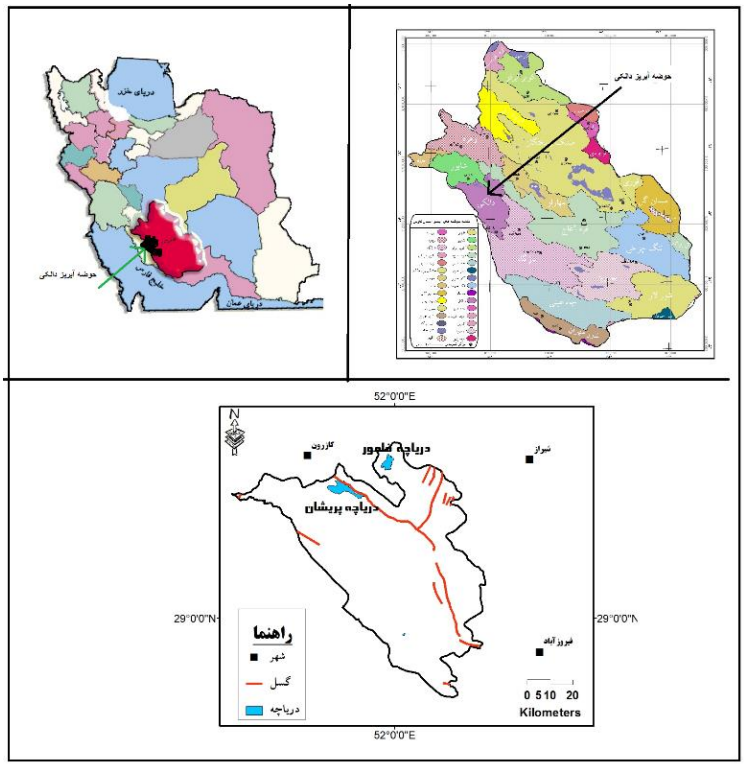
بهرامی و همکاران در سال (۱۳۹۰) به بررسی نقش تکتونیک در ناهنجاری مورفومتری شبکه‌ی زهکشی در چهار حوضه‌ی آبخیز در زاگرس پرداخته‌اند. آن‌ها در طی پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیده‌اند که حوضه‌های قدیمی‌تر و فرسایش یافته تر واقع در زاگرس رو رانده الگوی زهکشی شبکه‌ی درختی دارند. الگوی زهکشی در بخش جوان‌تر و فعال‌تر زاگرس چین‌خورده بیشتر تحت تأثیر ساختمان‌های تاقدیسی و ناودیس‌ها بوده و الگوی کلی داربستی دارند. صفاری و منصوری (۱۳۹۲) در مقاله‌ای با عنوان: ارزیابی نسبی فعالیت‌های زمین‌ساختی بخش علیای حوضه آبخیز کنگیر (ایوان غرب) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به ارزیابی میزان فعالیت‌های تکتونیکی حوضه پی شگفته پرداختند و دریافتند که حوضه آبخیز کنگیر دارای وضعیت زمین‌ساختی نسبتاً فعالی است. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۴) به ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی حوضه آبریز علی‌آباد چای هوراند با استفاده از شاخص‌های تکتونیکی پرداختند. پژوهش مذکور به این نتیجه نهایی رسید که فعالیت نئوتکتونیکی حوضه آبریز علی‌آباد چای، در امتداد سه گسل اصلی و همچنین در اکثر گسل‌های فرعی حوضه که سیستم هیدرولوژیکی حوضه نیز انطباق کامل با امتداد گسل‌ها دارد، فعال است و بدین‌جهت مسئولان و برنامه ریزان بهتر است که شواهد و پدیده‌های مورفوتکتونیکی موجود در حوضه و آثار آن را در برنامه‌ریزی‌های محلی و منطقه‌ای خود مدنظر قرار دهند. خبازی و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی و تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک و ارتباط آن با مورفوتکتونیک فعّال در مناطق خشک پرداختند. آن‌ها دریافتند که فعالیت بخش‌های شمال غرب و جنوب غرب محدوده به عبور گسل‌های مهم قم – زفره و نطنز مربوط می‌شود؛ این در حالی است که به‌رغم نبود پیشینه لرزه‌خیزی قابل توجّه، مناطق فوق می‌تواند بیشترین توان حرکتی را در آینده داشته باشد. سمندر و روستایی (۱۳۹۵) به بررسی تکتونیک فعال حوضه‌ی اسکو چای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و شواهد ژئومورفولوژیکی پرداختند بر طبق بررسی‌های انجام شده آن‌ها مشخص شد که محدوده مورد مطالعه از مناطق فعال تکتونیکی است. بابائی و همکاران در سال (۱۳۹۶) به بررسی زمین‌ساخت فعال با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در البرز مرکزی پرداختند. نتایج حاصل از شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی نشان می‌دهد که گستره مورد بررسی دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا است، همچنین شواهد زمین ریختی حاصل از مشاهده‌های صحرایی اثبات کننده نتایج حاصل از شش شاخص ژئومورفولوژی در گستره مورد مطالعه است. قنواتی و همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی تکتونیک فعال در زیر حوضه‌های جراحی– زهره بر پایه‌ی تحلیل مورفوتکتونیکی و اثرهای آن بر میدان‌های نفتی حوضه‌ی مورد مطالعه پرداختند و دریافتند که چون میزانِ زیاد نئوتکتونیک باعث فرار و دگر ریخت شدن تله‌های نفتی می‌شود و نیز مقداری فعالیت نئوتکتونیک برای تشکیل ساختارهای جدید و جای‌گیری تله‌ها لازم است، می‌توان استنباط کرد که بیشترین میدان‌ها در مناطقی است که هم نئوتکتونیک برای شکل‌گیری نفت گیرها وجود دارد هم میزان آن باعث فرار نکردن تله‌های نفتی شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دالکی یکی از زیر حوضه‌های خلیج‌فارس و دریای عمان است که مابین استان‌های فارس و بوشهر واقع شده است (شکل ۱). این حوضه از طرف شمال به حوضه آبریز شاپور، از غرب به ادامه حوضه دالکی (در استان بوشهر)، از جنوب به رودخانه شور فیروزآباد و از شرق به حوضه آبریز قره‌آغاج محدود شده است. مساحت سطح آبریز این حوضه تا بالادست ایستگاه آب‌سنجی چم چیت (واقع در استان فارس) در حدود ۳۰۵۵ کیلومتر مربع است که مرتفع‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۲۰۵۵ متر در کوه باهیم و پست‌ترین نقطه آن با ارتفاع ۰۱۰ متر از سطح دریا در ایستگاه آب‌سنجی چم چیت واقع است. رودخانه اصلی آن، رودخانه دالکی است که یکی از دو شاخه عمده رودخانه حله بوده و بخش خاوری حوضه آبریز رودخانه حله را تشکیل می‌دهد. وقتی رودخانه جره و شاخه دیگری به نام شور جره در دشت جره به یکدیگر پیوستند و کمی بعد رودخانه فراشبند به آن‌ها ملحق گردید، رودخانه بنام دالکی تشکیل می‌شود. این حوضه در محدوده جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۷ دقیقه شرقی و ۲۹ درجه و ۶ دقیق تا ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی با مساحتی در حدود ۳۹۰۰ کیلومتر مربع واقع شده است (محمدی مطلق و همکاران ۱۳۹۲).



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

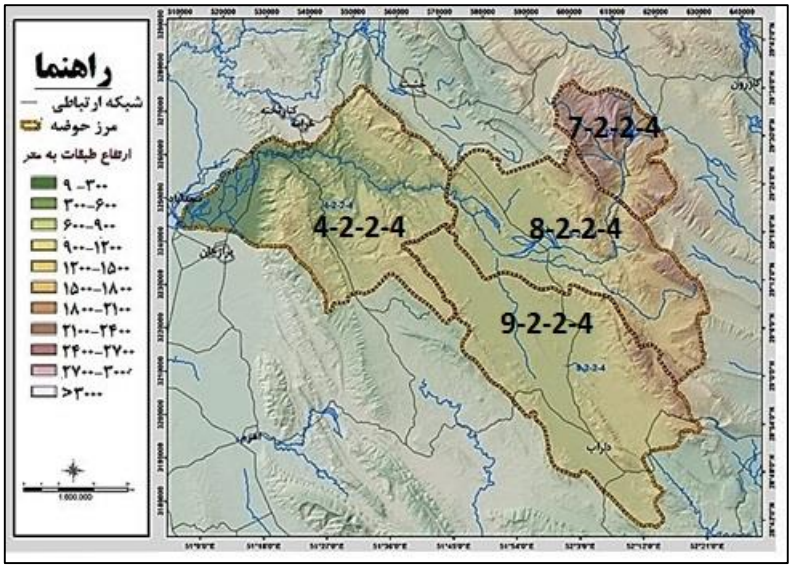
روش‌شناسی

روش‌های مختلفی برای مطالعه و بررسی مطالعات ژئومورفولوژی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آن وجود دارد. در مطالعه بررسی ارتباط بین تکتونیک و مورفومتری در حوضه آبریز دالکی داده‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، نقشه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

توپوگرافی، زمین‌شناسی، هواشناسی، هیدرولوژی، تصاویر ماهواره‌ای از سازمان‌های متولی تهیه‌شده و پس از پردازش‌های لازم در راستای اهداف پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. برای محاسبه‌ی شاخص‌های ژئومرفیک داده‌های مورفومتری لند فرم‌ها لازم است؛ بنابراین ابتدا با استفاده از توابع مدل‌سازی آب‌شناسی و مدل رقومی ارتفاعی در نرم‌افزار ArcGis امکان تعیین زیر حوضه‌های یک حوضه، مساحت آن‌ها و همچنین شبکه آبراهه‌ها وجود دارد. برای این منظور مدل رقومی ارتفاعی ناحیه مورد مطالعه، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، به شکل رستر تهیه شد (شکل ۲) که پس از تجزیه توسط نرم‌افزار، ۴ زیر حوضه برای حوضه رودخانه دالکی به دست آمد. اطلاعات زمین‌شناسی منطقه مانند سنگ‌شناسی و گسل‌ها از نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردید. پس از تعیین مرز حوضه آبریز و حوضه آبریز بر اساس فایل GIS دریافتی از وزارت نیرو به ۴ زیر حوضه با ها ۴، ۲، ۲، ۴، ۷، ۲، ۲، ۴، ۸، ۲، ۲، ۴ و ۴، ۲، ۲، ۹ تقسیم گردید (شکل ۲). مطالعه متغیرها و شاخص‌ها بر مبنای روش تحلیل و تفسیر نقش تکتونیک بر مورفومتری محدوده مورد بررسی قرار گرفته است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نقشه طبقات ارتفاعی و زیر حوضه‌های حوضه آبریز دالکی

حوضه‌های زهکشی واقع در رشته کوه‌های زاگرس به علت تأثیرپذیری از تکتونیک‌های فعّال و تفاوت در وضعیت تکتونیک در بخش‌های مختلف آن، شبکه‌های زهکشی متفاوتی دارند، به‌طوری که، مورفولوژی و الگوی آبراهه‌ها در حوضه‌های مختلف، متفاوت است (بهرامی و همکاران ۱۳۹۰: ۸۰). در این پژوهش برای بررسی نقش تکنونیک در حوضه آبریز دالکی از شاخص‌های کمی ژئومرفیک از قبیل نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (VF)، عدم تقارن حوضه‌ها (AF)، گرادیان طول رودخانه (SL) و شاخص سینوسی جبهه کوهستان (Smf) استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص Vf

شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، دره‌های (V) شکلی را که در پاسخ به بالاآمدگی، پایین دست خود را حفر می‌کنند، از دره‌های (u) شکلی که در اثر ثبات سطح اساس و آرامش تکتونیکی، فرسایش کناری در آن‌ها برتری دارد، متمایز می‌سازد و (گراسیا و همکاران، ۲۰۰۸، ۳۷۸).

شاخص Vf بر اساس رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$Vf=20\ Vfw/((Em-Esc)+(Erd-Esc))$$

که در این رابطه، Vf نسبت پهنه‌ای کف دره به ارتفاع دره است. WFW پهنای کف دره یا عرض بستر دره می‌باشد. Esc ارتفاع متوسط کف دره از سطح دریا است. Eld ارتفاع دیواره سمت چپ دره یا ارتفاع خط الراس سمت چپ رودخانه است. Erd ارتفاع دیواره سمت راست رودخانه یا خط الراس سمت راست رودخانه است.

شاخص Af

شبکه‌های زهکشی نسبت به تغییرات تکتونیکی و کج شدگی‌های ساختمانی حوضه‌ها واکنش نشان می‌دهند (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۰: ۶۳). شاخص عدم تقارن Af روشی برای تشخیص وجود کج شدگی ناشی از فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های زهکشی است (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۵۶). شاخص Af با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$AF=100(A_r/A_t)$$

که در آن: Af شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها، Ar مساحت حوضه در برگیرنده زهکش‌های فرعی در ساحل سمت راست آبراهه‌های اصلی و At مساحت حوضه‌های در برگیرنده زهکش‌های فرعی در ساحل سمت چپ و راست آبراهه‌های اصلی می‌باشد. هر گاه مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود عدم تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه‌های اصلی و در نتیجه عدم وجود کج شدگی بر اثر فرسایش خواهد بود. مقادیر عددی بیش از ۵۰ و کمتر از ۵۰ به ترتیب بیانگر عملکرد فرسایش در ساحل راست و چپ آبراهه اصلی خواهد بود (ده بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰، ۳۳۳).

شاخص SL

جریان رودخانه‌ها پوشیده از سنگ‌ها و خاک‌ها به صورت‌های مختلف تمایل دارند که نقشه تعادل خود برسند (ده بزرگی و همکاران، ۲۰۱۰، ۳۳۱). شاخص شیب طولی رودخانه به تغییرات شیب آبراهه حساس است و می‌تواند هرگونه بی نظمی را که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی یا مقاومت سنگ در شیب طولی آبراهه ایجاد شده است، نشان دهد. گرادیان طول رودخانه با استفاده از شاخص زیر به دست می‌آید.

$$SI=(\Delta H/\Delta L)\times L$$

www.SID.ir

Archive of SID

در این رابطه SL شاخص گرادیان طول رودخانه، ΔH برابر با اختلاف ارتفاع در یک مقطع مشخص، ΔL فاصله افقی در آن مقطع مشخص و l طول رودخانه از نقطه مرکزی مقطع اندازه‌گیری شده تا سرچشمه رودخانه است.

این شاخص برای ارزیابی تکتونیک فعال نسبی مفید است. زمانی که رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در نواحی با نرخ بالاآمدگی زیاد جریان دارند، مقدارSL افزایش می‌یابد، در حالی که وقتی جریان رودخانه به‌موازات ساختارهایی مانند دره‌های حاصل از گسل راستا لغز صورت گیرد، میزان SL کاهش می‌یابد (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸ ۱۵۳).

شاخص Smf

شاخص سینوسی (سینوزیته) یا پیچ و خم جبهه کوهستان، از جمله شاخص‌های ژئومورفیک برای ارزیابی تکتونیک فعال است. این شاخص تعادل بین نیروهای فرسایشی و نیروهای تکتونیکی را نشان می‌دهد. در این روش با اندازه‌گیری پیچ و خم‌های ایجاد شده توسط آبراهه‌ها در جبهه‌ی کوهستان و تقسیم آن بر طول افقی در راستای گسل و جبهه کوهستان، می‌توان وضعیت یک منطقه را از نظر فعال بودن تکتونیکی مشخص کرد (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸ ۱۶۰). شاخص سینوسی جبهه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Smf=Lmf/Ls$$

در رابطه فوق Smf شاخص سینوسی جبهه کوهستان، Lmf طول جبهه کوهستان در امتداد کوهپایه و در محل شکست مشخص شیب و Ls طول خط مستقیم جبهه کوهستان است. شاخص سینوسی جبهه کوهستان، شاخصی است که بیانگر تعادل بین نیروهای فرسایش دهنده که تمایل به بریدن و برش دارد و نیروهای تکتونیکی که تمایل به ایجاد یک جبهه کوهستانی دارد این شاخص از یک‌طرف بیانگر نیروهای تعادل بین نیروهای فرسایش دهنده 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 تکتونیک 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. به‌طور کلی اگر سینوزیته به عدد یک نزدیک شود بیانگر افزایش (Uplift) اخیر کوهستان و نو تکتونیک فعال است و هرچه از عدد یک بزرگ‌تر شود بیانگر کاهش فعالیت‌های نو زمین‌ساختی و غلبه عمل فرسایش است (گراسیا و همکاران، ۲۰۰۸، ۲۸۳).

یافته‌های پژوهش

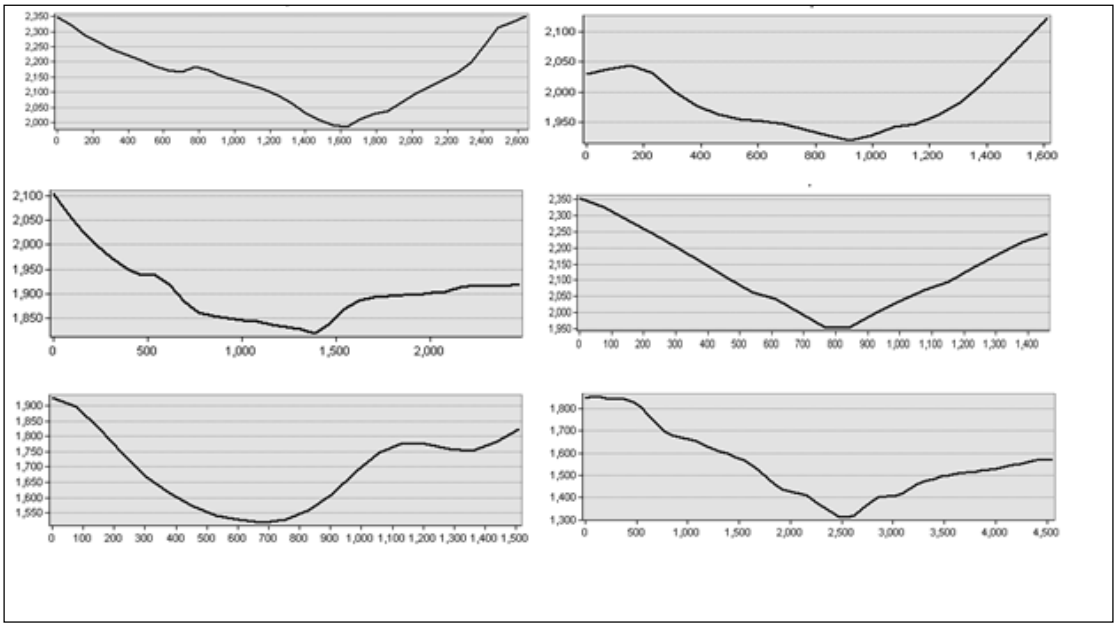
شاخص ج

بر اساس مدل ارتفاعی که از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ مقاطع عرضی از قسمت‌های مختلف حوضه آبریز تهیه شده و ضریب V تعیین گردید (اشکال ۳ الی ۶). بر اساس مدل ارتفاعی رقومی از قسمت‌های مختلف چهار زیر حوضه مقاطع عرضی

www.SID.ir

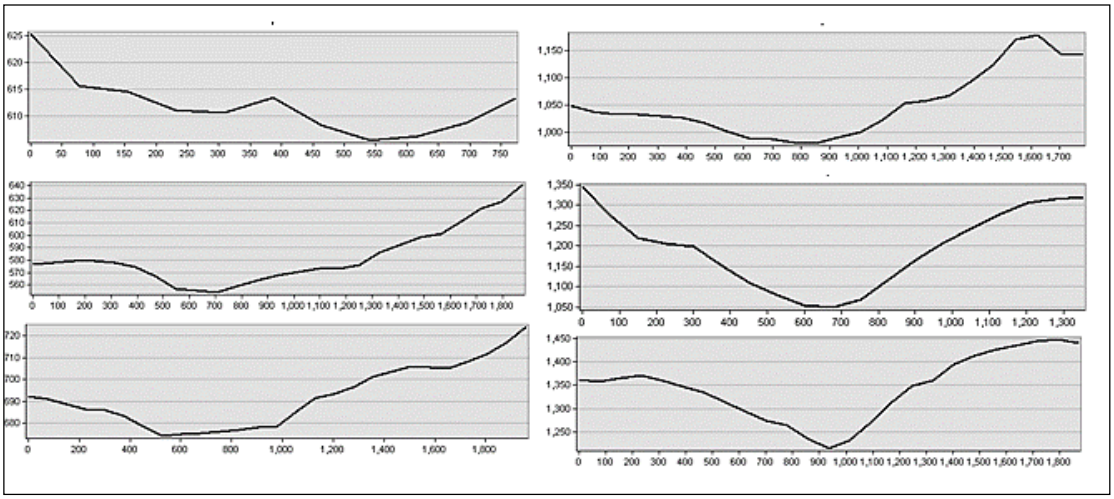
Archive of SID

متعددی تهیه شده و ضرایب V برای هریک از آن‌ها تعیین گردید. موقعیت این مقاطع بر روی شکل ۷ مشخص شده است.



مأخذ: نگارندگان

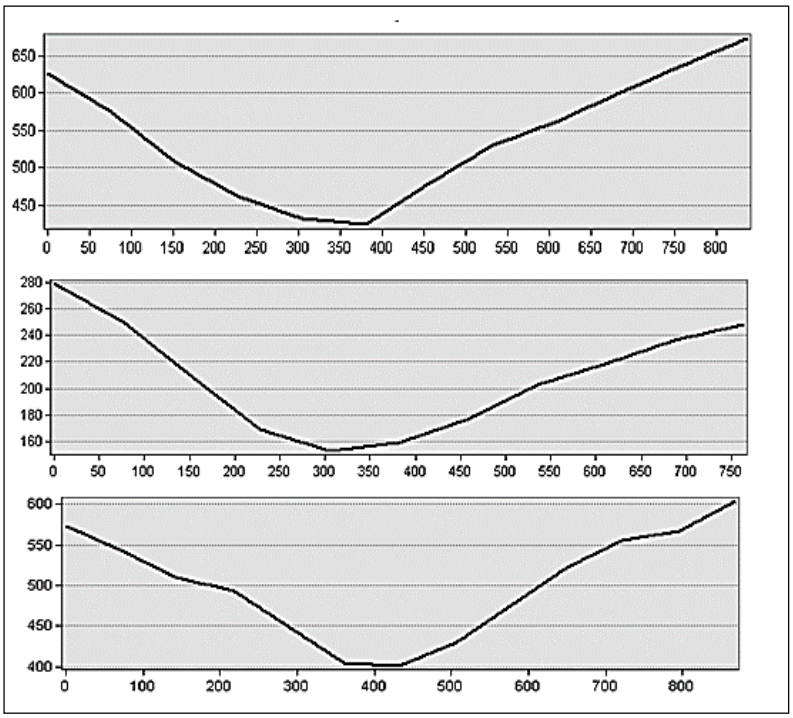
شکل ۳: نیمرخ عرضی از قسمت‌های مختلف حوضه آبریز ۴، ۲، ۲، ۷ (محور عمودی ارتفاع و محور افقی فاصله به متر)



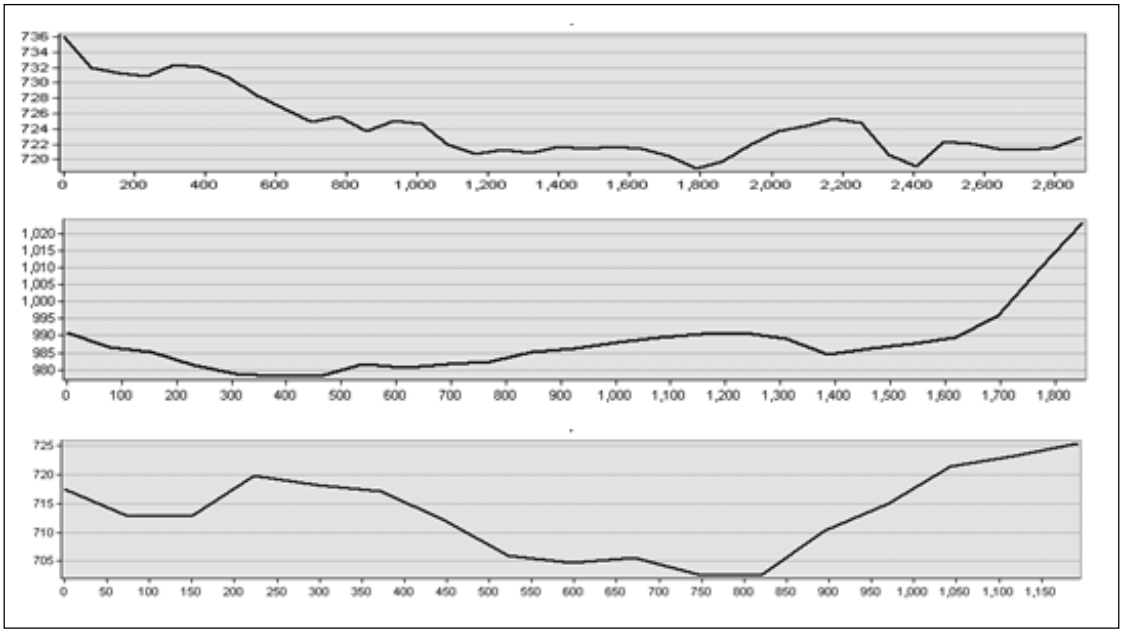
شکل ۴: نیمرخ عرضی از قسمت‌های مختلف حوضه آبریز ۴، ۲، ۲، ۸ (محور عمودی ارتفاع و محور افقی فاصله به متر)

www.SID.ir

Archive of SID



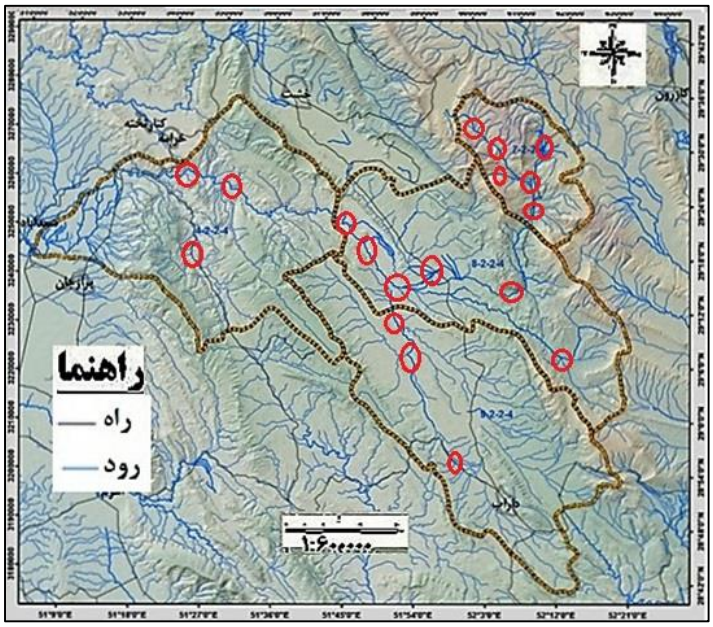
شکل ۵: نیمرخ عرضی از قسمت‌های مختلف حوضه آبریز ۴، ۲، ۲، ۹ (محور عمودی ارتفاع و محور افقی فاصله به متر)



شکل ۶: نیمرخ عرضی از قسمت‌های مختلف حوضه آبریز ۴، ۲، ۲، ۴ (محور عمودی ارتفاع و محور افقی فاصله به متر)

www.SID.ir

Archive of SID



(ترسیم: نگارندگان)

شکل ۷: موقعیت مقاطع عرضی تهیه شده بر روی نقشه هیدرولوژی منطقه

بر اساس شاخص V مقاطع اراضی در زیر حوضه‌های مختلف برآورد شده و نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، در شاخص V هرچه مقدار عددی شاخص V به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد شکل مقطع عرضی دره به شکل U نزدیک‌تر بوده و در منطقه توازن بر قرار است. هرچه مقدار عددی شاخص V از عدد ۱ بزرگ‌تر باشد میزان فرسایش در این نوع دره‌ها بیشتر خواهد بود و در نهایت هر چه مقدار عددی شاخص V از عدد ۱ کوچک‌تر باشد این موضوع بیانگر دره‌هایی به شکل V بوده و میزان فعالیت در چنین دره‌هایی بیشتر خواهد بود (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۶۳). بدین ترتیب در زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۹ مقادیر شاخص برابر با ۲/۹ می‌باشد که بزرگ‌تر از یک می‌باشد به همین دلیل فرسایش در این منطقه غیر فعال می‌باشد. در حوضه ۴، ۲، ۲، ۸ مقادیر شاخص برابر با ۱/۱۱ می‌باشد که بزرگ‌تر از ۱ می‌باشد به همین دلیل نیمه فعال می‌باشد. در سایر زیر حوضه‌ها به عدد یک نزدیک می‌باشد به همین دلیل به لحاظ تکتونیکی فعال می‌باشند.

جدول ۱: وضعیت تکتونیکی زیر حوضه‌ها بر اساس شاخص V و Vf

زیر حوضه	Vf	وضعیت تکتونیکی	نسبت V	وضعیت تکتونیکی
۴، ۲، ۲، ۷	۰/۹۹	فعال	۰/۸۴	فعال
۴، ۲، ۲، ۸	۱/۵	نیمه فعال	۱/۱۱	نیمه فعال
۴، ۲، ۲، ۹	۳/۵	غیر فعال	۲/۹	غیر فعال
۴، ۲، ۲، ۴	۱/۱	فعال	۰/۹۵	فعال

(یافته‌های پژوهش: نگارندگان)

هرچه ضریب Vf کمتر باشد، دیواره‌ها شیب تندتری دارد و دره عمیق‌تر است که در نتیجه آن میزان فرسایش و فعالیت‌های تکتونیکی شدیدتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس طبقه‌بندی همدونی آستانه‌های شاخص Vf عبارت است از طبقه اول Vf≤0.5، طبقه دوم ۱>Vf≥0.5 و طبقه سوم 1≤Vf می‌باشد. در جدول ۳، مقدار ضریب Vf برای محدوده مطالعاتی تعیین شده است. مقادیر این شاخص نشان می‌دهد بر اساس آستانه‌های این شاخص به لحاظ تکتونیکی زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۷ و ۴، ۲، ۲، ۴ در گروه ۱ و فعال، زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۸ در گروه ۲ و نیمه فعال و زیر حوضه ۹، ۲، ۲، ۴ در گروه ۳ و غیر فعال می‌باشند.

شاخص Af

بر اساس طبقه‌بندی همدونی و همکارانش آستانه این شاخص عبارت است از: طبقه اول Af≤ 35 or Af≥65، طبقه دوم 43≤ Af≤35 یا 65≤Af≤57 ، طبقه سوم 57≤Af≤43. هرگاه مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود عدم تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه‌های اصلی و در نتیجه عدم وجود کج شدگی بر اثر فرسایش خواهد بود. مقادیر عددی بیش از ۵۰ و کمتر از ۵۰ به ترتیب بیانگر عملکرد فرسایش در ساحل راست و چپ آبراهه اصلی خواهد بود (همدونی و همکارانش، ۲۰۰۸، ۱۶۵). مقادیر Af برای زیر حوضه‌های مطالعاتی در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس این آستانه‌ها، داده‌های مربوط به این پارامتر نشان می‌دهد که دو زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۸ و ۴، ۲، ۲، ۸ بیشتر به سمت چپ و زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۷ بیشتر به سمت راست منحرف شده‌اند؛ و زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۸ بیشترین انحراف برابر با ۱۸۰(بیشتر از ۵۰) را در بین زیر حوضه‌ها دارا می‌باشد و به لحاظ تکتونیکی بر اساس آستانه‌های همدونی در کلاس یک یعنی فعال قرار دارد. به عبارتی می‌توان گفت در این حوضه می‌توان گفت که به فرض یکسان بودن عواملی مانند لیتولوژی، پوشش گیاهی و...، عملکرد فرایش در ساحل سمت راست بیشتر از چپ بوده است. در زیر حوضه‌های ۴، ۲، ۲، ۸، ۴، ۲، ۲، ۹، ۴، ۲، ۲، ۴ میزان Af کمتر از ۵۰ است. در این حوضه‌های شاخه‌های کناره شرقی حوضه‌ها نسبت به شاخه‌های غربی طولانی‌تر هستند و عملکرد فرایش در ساحل سمت چپ بیشتر از ساحل سمت راست می‌باشد.

جدول ۲: شاخص AF

زیر حوضه	AF	جهت
۴، ۲، ۲، ۷	۱۸۰	سمت راست بیشتر
۴، ۲، ۲، ۸	۴۲	سمت چپ بیشتر
۴، ۲، ۲، ۹	۴۸	تقریباً برابر
۴، ۲، ۲، ۴	۳۳	سمت چپ بیشتر

(یافته‌های پژوهش: نگارندگان)

شاخص شیب طولی رودخانه SL

مقادیر SL در سنگ‌های دارای مقاومت کم و یا در سنگ‌های از لحاظ مقاومت یکسان می‌تواند بیانگر حرکات تکتونیکی فعال و جوان باشد. مقادیر عددی زیاد شاخص گرادیان (SL>3000) بیانگر فرسایش فعال و شدید بوده و مقادیر عددی کوچک‌تر از ۱۰۰۰ بیانگر عدم فعالیت تکتونیکی در منطقه می‌باشد (Ramirez-Herra, 1998: 323).

www.SID.ir

Archive of SID

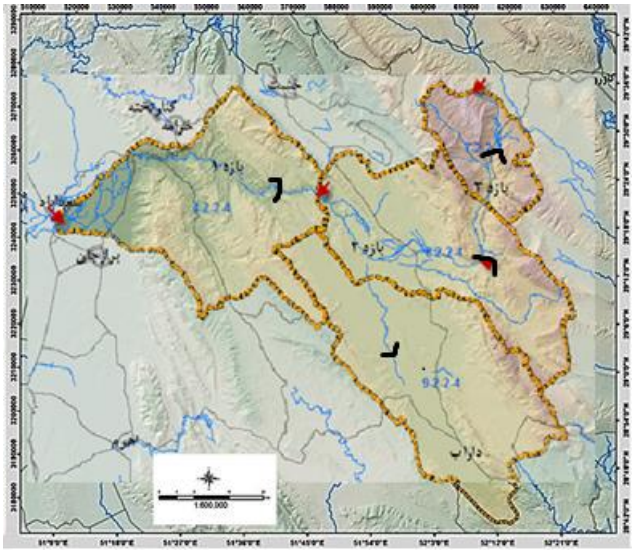
در این پژوهش شاخص SL برای ۴ زیر حوضه دالکی محاسبه شد. در این محاسبه ابتدا نیمرخ طول رودخانه ترسیم شد و در فواصل معین ۲۰۰ متری میزان این شاخص برای تمام مسیرهای آبراهه‌های اصلی در محدوده دره اندازه‌گیری شده است (جدول ۵).

جدول ۳: میزان **SL** در بازه‌های مختلف رودخانه

بازه	فاصله از مصب (متر)	اختلاف ارتفاع (متر)	طول رودخانه در مقطع (متر)	طول مرکز رودخانه تا سرچشمه (متر)	معادله	SL
۱	۷۰,۰۰۰	۴۰۰	۷۰,۰۰۰	۳۵۰۰۰	۴۰۰/۷۰۰۰۰*۳۵۰۰۰	۲۰۰
۲	۱۱۸,۰۰۰	۶۰۰	۴۸,۰۰۰	۹۴,۰۰۰	۶۰۰/۴۸۰۰۰*۹۴۰۰۰	۱۱۷۵
۳	۱۶۲,۰۰۰	۱۴۰۰	۴۴,۰۰۰	۱۴۰,۰۰۰	۱۴۰۰/۴۴۰۰۰*۱۴۰۰۰۰	۴۴۴۵

(یافته‌های پژوهش: نگارندگان) ∑=1940 m

آستانه‌های این شاخص در سه کلاس طبقه‌بندی می‌گردد مقادیر SL>500 زمین‌ساخت فعال، ۵۰۰>SL با فعالیت متوسط و SL<300 مناطق غیرفعال است (ده بزرگی و همکاران،۲۰۱۰، ۳۳۲).



(ترسیم: نگارندگان)

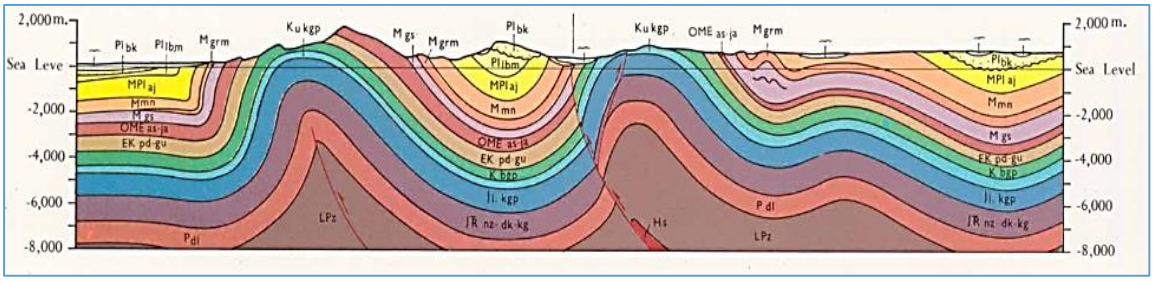
شکل ۸: بازه‌های مختلف رودخانه و موقعیت جبه کوهستان در زیر حوضه‌ها

بر اساس جدول ۳ بازه ۱(شکل ۸) میزان SL آن برابر با ۲۰۰ متر است لذا بر اساس آستانه این شخص به لحاظ تکتونیکی غیرفعال و بازه‌های ۲ و ۳ چون میزان SL آن‌ها بیشتر از ۵۰۰ متر می‌باشد، به لحاظ تکتونیکی فعال می‌باشند. میانگین این شاخص برابر با ۱۹۴۰ متر می‌باشد. باید ذکر کرد که شاخص شیب رودخانه از پارامترهای ژئومتریک مهم برای بیان تفاوت‌های نسبی بالا آمدگی در مناطق مختلف بوده ولی صرفاً بیانگر فعالیت تکتونیکی نیست. بلکه نقش عوامل دیگر مثل لیتولوژی را نیز بیان می‌کند. در حالت کلی این شاخص برای نشان دادن تغییرات شیب بستر رودخانه‌ها به کار می‌رود. در بازه ۳ یکی از دلایل بالا بودن مقدار شاخص را می‌توان تأثیرات لیتولوژی

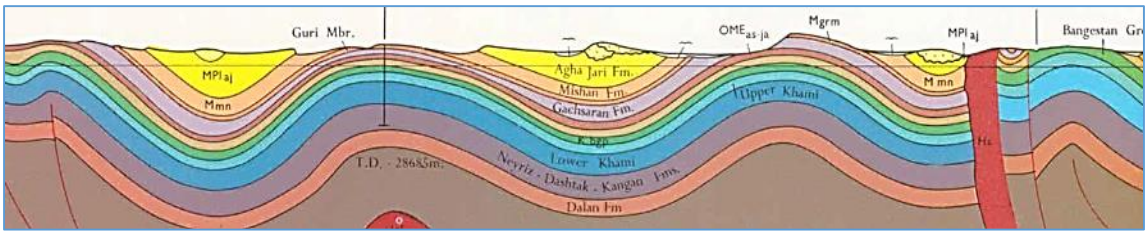
www.SID.ir

Archive of SID

منطقه در نظر گرفت؛ زیرا آبراهه در روی بستری قرار دارد که تغییرات لیتولوژیکی در آن زیاد است؛ بنابراین علاوه بر عامل تکتونیک، تفاوت لیتولوژیکی هم در مقدار این شاخص تأثیر دارد (شکل ۹ و ۱۰).



شکل ۹: پروفیل زمین‌شناسی از بازه ۳



شکل ۱۰: پروفیل زمین‌شناسی از بازه ۲

مقادیر عددی کوچک این شاخص SL <300 در منطقه را می‌توان به دو صورت تفسیر کرد:

۱. وجود سنگ‌های رسوبی نرم و فراوان؛

۲. خرد شدگی زیاد سنگ‌های منطقه بر اثر حرکات افقی گسل‌های امتداد لغز که باعث ایجاد منطقه‌ای با مقاومت مکانیکی کمتر و در نتیجه حساس‌تر نسبت به فرآیند فرسایش صورت می‌گیرد.

شاخص Smf

بر اساس نظر همدونی آستانه‌های این شاخص عبارت‌اند از: طبقه اول: .Smf >1.5 طبقه دوم: Smf= 1.1-1.5. طبقه سوم: Smf<1.1(همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۶۳). جدول ۴ بیانگر وضعیت زمین‌ساختی بر طبق این شاخص می‌باشد. مقادیر این شاخص در هر چهار حوضه از ۱/۰۴ تا ۱/۰۱ است که بیانگر افزایش حرکات تکتونیکی در منطقه می‌باشد و بیانگر فعال بودن منطقه می‌باشد. بر اساس این شاخص، منطقه‌ی مورد بررسی دارای فرایش می‌باشد.

جدول ۴: شاخص Smf

زیر حوضه	Lmf	Ls	Smf	وضعیت تکتونیکی
۴، ۲، ۲، ۷	۲۱۱۸۲	۲۰۲۲۶	۱/۰۴	فعال
۴، ۲، ۲، ۸	۵۵۹۰۸	۵۵۰۷۰	۱/۰۱	فعال
۴، ۲، ۲، ۹	۲۶۴۱۷	۲۵۸۶۸	۱/۰۲	فعال
۴، ۲، ۲، ۴	۳۹۲۲۸	۳۸۰۸۰	۱/۰۳	فعال

(یافته‌های پژوهش: نگارندگان)

www.SID.ir

Archive of SID

ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه آبریز دالکی:

با محاسبه شاخص‌های ژئومرفیک در منطقه و برآورد شاخص Iat میزان نسبی تکتونیک فعال در زیر حوضه‌های مورد مطالعه مشخص شد (جدول ۵). بر اساس طبقه‌بندی همدونی اگر Iat= 1-1.5 باشد حاکی از فعالیت‌های تکتونیکی شدید است. در صورتی که ۱<Iat<5. باشد فعالیت‌های تکتونیکی زیاد را نشان می‌دهد. 2.5>Iat>2 بیانگر فعالیت‌های تکتونیکی متوسط است و Iat<2.5 فعالیت‌های کم و ناچیز را آشکار می‌سازد (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۶۷). این ارزیابی نشان می‌دهد که حوضه‌های ۴، ۲، ۲، ۷ و ۴، ۲، ۲، ۴ به ترتیب با داشتن میزان ۱/۴ و ۱/۲ به لحاظ تکتونیکی طبقه طبقه‌بندی همدونی در کلاس یک یعنی شدید قرار می‌گیرند. زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۸ با میزان ۱/۸ در گروه دو قرار می‌گیرد به عبارتی به لحاظ تکتونیکی وضعیت زیاد را دارد؛ و زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۹ در کلاس سه یعنی به لحاظ تکتونیکی وضعیت متوسط را دارا می‌باشد.

جدول ۵: مقادیر شاخص Iat و کلاس تکتونیک فعال در حوضه آبریز دالکی

زیر حوضه	Vf	Af	Sl	Smf	V	Iat	وضعیت تکتونیکی
۴، ۲، ۲، ۷	۱	۱	۳	۱	۱	۱/۴	شدید
۴، ۲، ۲، ۸	۲	۳	۱	۱	۲	۱/۸	زیاد
۴، ۲، ۲، ۹	۳	۲	۱	۱	۳	۲	متوسط
۴، ۲، ۲، ۴	۱	۳		۱	۱	۱/۲	شدید

(یافته‌های پژوهش: نگارندگان)

نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعاتی که انجام‌شده فعالیت‌های تکتونیکی در زیر حوضه‌های مختلف بر اساس شاخص‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است که بر اساس زیر حوضه‌های ۴، ۲، ۲، ۷ و زیر حوضه‌های ۴، ۲، ۲، ۴ از زیر حوضه‌های فعال می‌باشد. مورفولوژی این زیر حوضه‌ها از نوع کوهستانی مرتفع است که متوسط شیب آن‌ها بالاست است. بطوریکه متوسط شیب در زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۷ برابر با ۲۸ درصد و در زیر حوضه ۴، ۲، ۲، ۴ برابر با ۲۲ درصد است. همچنین زیر حوضه‌های مذکور از شدت هوازدگی بیشتری برخوردار هستند. مجموعه این تحلیل‌ها و اعداد و ارقام گویایی این مسئله است که از فعالیت بیشتری برخوردار هستند و فرایندهای فرسایشی از فرایندهای غالب محسوب می‌شود. همچنین سازند غالب زمین‌شناسی این منطقه سازند سست و ناپایدار گورپی می‌باشد؛ اما این ارقام و فرایندهای مورفولوژیک و فرسایش، نمی‌تواند حاکی از فعالیت‌های تکتونیکی حوضه‌های آبریز باشد چرا که زمین‌ساخت این زیر حوضه‌ها در دوره‌های پیشین زمین‌شناسی شکل گرفته و این اختلاف ارتفاع و مورفولوژی خشن در این حوضه‌های آبریز ناشی از جوان بودن ساختار زمین‌شناسی زاگرس است.

www.SID.ir

Archive of SID

اما با مشاهدات میدانی و بررسی‌هایی که بر روی داده‌های ماهواره‌ای انجام گرفته، فعالیت‌های تکتونیکی بر روی سازند گورپی به‌وضوح قابل مشاهده است و فعالیت‌های نئوتکتونیکی مسبب تغییر شکل آبراهه‌ها و شبکه زهکشی بوده است. نتایج تحلیل شاخص‌های ژئومورفیک و داده‌های ژئومورفولوژی حاصل از تجزیه و تحلیل‌ها، نشان می‌دهد که:

– میانگین شاخص V در منطقه مورد مطالعه ۱/۴۵ می‌باشد که بیانگر این مسئله است که میزان فرسایش در این نوع دره‌ها زیاد می‌باشد که نشان‌دهنده نیمه فعال بودن منطقه به لحاظ تکتونیکی می‌باشد؛

– شاخص تقارن حوضه زهکشی (AF) که به انحراف مجرای اصلی رود به طرفین خود اشاره دارد برای این حوضه ۷۵/۷ کیلومتر مربع محاسبه شد که نشان‌دهنده فعالیت متوسط حرکت‌های تکتونیکی و کج شدگی زمین‌ساختی این حوضه به سمت آبراهه اصلی در جهت خروجی حوضه است؛

– شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (Smf) که بیانگر تعادل میان نیروهای زمین‌ساختی و فرسایشی در امتداد جبهه کوهستان می‌باشد، مقدار آن در این حوضه ۱/۰۲ به دست آمد که حاکی از فعال بودن تکتونیک است؛

– در حوضه دالکی، بریدگی نسبتاً زیاد جبهه کوهستانی، موجب سینوسی زیاد آن شده است. شکل حوضه نیمه کشیده و از نظر تقارن توپوگرافی، نیمه متقارن است، ولی بی نظمی‌های موجود در نیمرخ طولی رودخانه به دلیل واحدهای لیتولوژی مختلف و ساختارهای گسلی متعدد، زیاد است. به این ترتیب، مجموع داده‌ها و شواهد زمینی در حوضه آبریزدالکی نیمه فعال بودن آن را از نظر دینامیک نیروهای درونی زمین نشان می‌دهد. این موارد نیاز به مطالعات جدید و تفضیلی مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی دراز مدت می‌باشد.

همچنین باید ذکر کرد که هر یک از شاخص‌های یادشده، یک طبقه‌بندی نسبی از فعالیت‌های تکتونیکی ارائه می‌دهند که برای مطالعات شناسایی و بررسی مقدماتی مفید هستند. وقتی چندین شاخص در یک ناحیه برای طبقه‌بندی و تجزیه و تحلیل فعالیت تکتونیک به‌کاربرده می‌شود، نتایج بامعناتر و مستدل‌تری در بر خواهند داشت.

منابع

۱– اسفندیاری فریبا، صلاحی، برومند، حسن‌زاده، رسول، (۱۳۹۴): ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی حوضه آبریز دالکی با استفاده از شاخص‌های تکتونیکی (SL.FD.BR.BS): پژوهش‌های دانش زمین، سال ششم، ۲۲. صص ۹۹– ۸۴.

۲– اسماعیلی، رضا، (۱۳۹۰): بررسی نقش مورفوتکتونیک بر ناهنجاری الگوی زهکشی رود، البرز شمالی، پژوهش‌های دانش زمین، سال سوم، ۹، بهار.

۳– بابائی، شیما، ده بزرگی، مریم، حکیمی آسیابر، سعید، حسینی اصل، امین، (۱۳۹۶): بررسی زمین‌ساخت فعال با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در البرز مرکزی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، ۱. صص ۵۶–۴۰.

www.SID.ir

Archive of SID

۴- بهرامی، شهرام. مقصودی، مهران. بهرامی، کاظم. (۱۳۹۰): بررسی نقش تکتونیک در ناهنجاری مورفومتری شبکه‌ی زهکشی در چهار حوضه‌ی آبخیز در زاگرس، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۷۶، تابستان.
۵- جمال‌آبادی جواد، امیر احمدی ابوالقاسم، مونسیان قاسم، شایان یگانه علی‌اکبر، (۱۳۹۳): بررسی تأثیرات تکتونیکی گسل کمایستان بر شبکه زهکشی و مخروط افکنه‌ها با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک در دامنه‌های شمالی ارتفاعات جغتای، مجله آمایش جغرافیایی فضا فصل‌نامه علمی پژوهشی دانشگاه گلستان، سال چهارم/ مسلسل یازدهم/ بهار.
۶- خادمی، مجید، (۱۳۸۹): محاسبه و تفسیر برخی شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی پیرامون گسل ترود، جنوب دامغان، مجله علوم زمین، ۷۵، صص ۵۶ – ۴۷.
۷- روستایی، شهرام، رجبی، معصومه، زمردیان، محمد جعفر و مقامی مقیم، غلامرضا، (۱۳۸۸): نقش فعالیت‌های تکتونیکی در شکل‌گیری و گسترش مخروط افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ، مجله جغرافیا و توسعه، ۱۳، صص ۱۳۷–۱۵۶.
۸- سمندری، نسرین، روستایی، شهرام، (۱۳۹۶): بررسی تکتونیک فعال حوضه‌ی اسکو چای با استفاده از شاخص‌های ژئومرفیک و شواهد مورفولوژیکی، مجله مخاطرات محیط طبیعی، نهم، ص ۷۶–۵۵.
۹- قنواتی، عزت‌ا...؛ صفا کیش، فریده؛ مقصودی، یاسر؛ (۱۳۹۶): ارزیابی تکتونیک فعال در زیر حوضه‌های جراحی- زهره بر پایه‌ی تحلیل مورفوتکتونیکی و اثرهای آن بر میدان‌های نفتی حوضه‌ی مورد مطالعه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی دوره ۴۹.
۱۰- مابقی، سعیده اعظم، حسین زاده، سید رضا، (۱۳۹۶): تجزیه و تحلیل تکتونیک- ژئومورفولوژی حوضه‌ی رودخانه‌ی درونگر، مجله جغرافیا و توسعه، ۹۴. صص ۱۸۸–۱۶۳.
۱۱- مقصودی، مهران، کامرانی دلیر، حمید، (۱۳۸۷): ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها، مطالعه موردی: رودخانه تجن، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۶۶ صص ۳۷- ۵۵.
۱۲- منصوری و صفاری (۱۳۹۴): به تحلیل فعالیت زمین‌ساختی حوضه آبخیز فرحزاد از طریق شاخص‌های ژئومورفیک، فصل‌نامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر) دوره ۲۴، ۹۵، پاییز.

13- Acar, A. Dincer, I. (2005): "Left Upstream Slope Design For The Catalan Dam, Adana Turkey and Its Behaviour Under Actual Earthquake Loading", Engineering Geolog, 82:1-11.
14- 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, Vol. 121, 329–341.
15- Flavio Giaconia, Guillermo Booth-Rea, José Miguel Martínez-Martínez\, José Miguel Azañón, José Vicente Pérez-Peña, Joaquín Pérez-Romero, Irene Villegas, (2012): Geomorphic Evidence of Active Tectonics In The Sierra Alhamilla (eastern Betics, SE Spain), Geomorphology. Vol 145–146. 90–106
16- Garcia-tortosa, F.J. Alfaro, P. Galindo-Zaldivar, J. Gibert, Lopez-Garrido A.C. Sanz de Galdeano C. Urena, M (2008): Geomorpholgy Evdemce of The Active Baza Fault (Betic Cordillera, South Spain), Geomorphology, Vol. 97, Pp: 374-391.
17- Hamdouni, R. E. Irigaray, C. Fernadez, T. Chacon, J. Keller E. A (2008): Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of The Sierra Nevada (Southern Spain), Geomorpholgy, Vol. 96. Pp: 150-173.
18- Keller, E.A. Pinter, N. (1996): "Active, Tectonics: Earthquaqe, Uplift and Landscape, Prentice Hall Publication", London.
19- Keller, E. A. Pinter, N. (2002): "Active Tectonics: Earthquakes, Uplift, and Landscape. Prentice Hall", New Jersey. 23- Molin,
20- Jamieson, S. S. R. Sinclair, H. D. Kirstein, L. A. Purves, R. S. (2004): Tectonic Forcing of Longitudinal Valleys in The Himalaya, Morphological Analysis of The Ladakh Batholith, North India, Geomorphology, 58, Pp. 49–65.
21- Ramirz Herra, M. T (1998): Geomorphic Assessment of Active Tectonics in The Acambay Graben, Mexican Volcanic Belt. Earth Surface Processes and Landforms.
22- Simoni, A. Elmi, C. Picotti, V. (2003): Late Quaternary Uplift and Valley Evolution in The Northern Apennines: Lamone Catchment, Quaternary International, Vol. 101–102, 253–267

www.SID.ir

Archive of SID

23- Talling, P. Sowter, M. J. (1999): Drainage Density on Progressively Tilted Surfaces With Different Gradients, Wheeler Ridge, California. Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 24, 809-824.

www.SID.ir