

## مطالعه مورفوتکتونیک حوضه تنگ براق

عبدالمجید اسدی \*

استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز

دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۱۰/۶ تاییدیه نهایی: ۱۳۹۱/۴/۳۱

### چکیده

حوضه آبریز تنگ براق در ۱۲۵ کیلومتری شمال غرب شهر شیراز بین طول‌های جغرافیایی ۵۲ تا ۵۳ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۰٫۵ تا ۳۱ شمالی قرار دارد. در این ناحیه در مختصات  $Y=3390531$ ,  $X=604171$  سد ملاصدرا واقع شده است. به منظور برآورد میزان فعالیت تکتونیک منطقه در این مقاله چند شاخص مورفوتکتونیک شامل انتگرال هیپسومتر، نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره و شاخص بیج و خم جبهه‌ی کوهستان بررسی و با استفاده از نتایج به دست آمده میزان فعالیت تکتونیک در قسمت‌های مختلف منطقه با یکدیگر مقایسه شده‌اند. به نظر می‌رسد در تحلیل‌های مورفوتکتونیک میزان فعالیت تکتونیک در محدوده اطراف سد افزایش می‌یابد و این افزایش در تمام منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. شاخص پیشانی کوهستان در اطراف سد از ۱٫۱ به ۳٫۱ رسیده که نشان دهنده فعال بودن منطقه است. منطقه بر اساس طبقه بندی فعالیت تکتونیک نسبی در دسته دوم یعنی از نظر تکتونیک فعال قرار دارد.

واژگان کلیدی: مورفوتکتونیک، تنگ براق، زاگرس چین خورده، سد ملاصدرا

### مقدمه

مورفوتکتونیک یا ریخت شناسی زمین ساختی<sup>۱</sup> به معنای دانش مطالعه اشکال و سیماهای ایجاد شده در سطح زمین بر اثر فرآیندهای تکتونیک می‌باشد. همچنین از آن می‌توان به عنوان کاربرد علم ژئومورفولوژی در مطالعه و بررسی مسائل تکتونیک یاد کرد (Keller & Pinter, 45, 1996). دورنکمپ (Doornkamp, 30, 1986) ریخت زمین ساخت را به دو بخش تقسیم کرده است. بخش اول آن به فعالیت‌های ساختاری پوسته زمین می‌پردازد که در طی ایجاد تعادل ایزوستازی در کواترنر رخ می‌دهد. بخش دوم آن به نئوتکتونیک می‌پردازد که فرآیندهای ایزوستازی پس از پلیستوسن را در بر می‌گیرد.

در بررسی و مطالعه مورفوتکتونیک، شناخت فرآیندهای ژئومورفولوژیکی، فرآیندهای تکتونیک، مواد زمین و چگونگی تشکیل، حفظ و توسعه یک چشم انداز<sup>۲</sup> لازم و ضروری است. موريساوا و هک (Morisava & Hack, 261, )

E-mail: asadi.abdolmajid@gmail.com

\* نویسنده مسئول: 07132297408

1- Tectonic Geomorphology

2 - Landscape

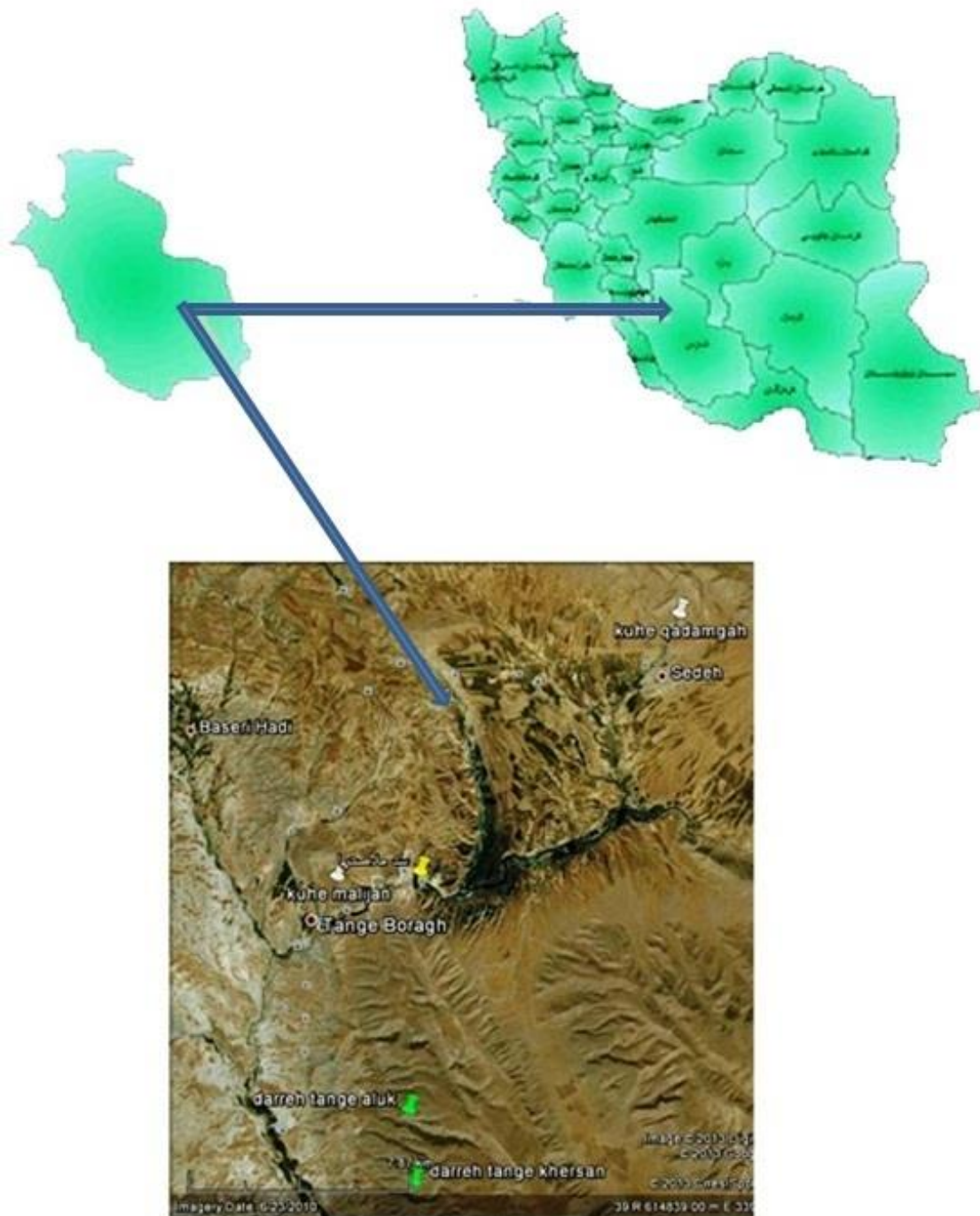
(1985) از مورفوتکتونیک به عنوان مشخص کننده ارتباط بین تکتونیک و عوارض سطحی یاد کرده و معتقدند که با داشتن این ارتباط می‌توان حوادث تکتونیک را از طریق مطالعه اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین تفسیر کرد. ماروکیان و زمانی (Maroukian & Zamani, 201, 1984) توپوگرافی در نواحی فعال تکتونیک را منعکس کننده بزرگی، شدت، تناوب و تداوم نیروهای درون زادی عمل کننده بر آن‌ها می‌دانند. توصیف اشکال و ناهمواری‌های سطح زمین با توجه به اندازه، ارتفاع و شیب آن‌ها صورت گرفته و به طور کیفی با یکدیگر مقایسه می‌گردند ولی با استفاده از اندازه گیری‌های کمی می‌توان این پارامترها را دقیق‌تر مقایسه کرده و با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، ویژگی‌های خاص یک ناحیه مانند سطح فعالیت تکتونیک آنرا نیز محاسبه نمود (زمانی و ملک، ۵۶، ۱۳۷۶).

هدف عمده بکارگیری شاخص‌های ژئومورفیک و اندازه‌گیری پارامترهای مورفومتریک، مطالعه اشکال و ناهمواری‌های زمین به صورت کمی و عددی می‌باشد. در مطالعات مورفومتریک، داده‌های لازم از نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای به دست می‌آید (Stewart & Hancock, 250, 1994). چشم اندازهای ایجاد شده در سطح زمین از توان بالایی برای بازگو کردن حرکت‌های تکتونیک برخوردار می‌باشند. کاربرد شاخص‌های زمین ریختی در سال‌های اخیر به دلیل سهولت در محاسبه و خطای کم در تشخیص مناطق فعال رواج بیشتری یافته است. آسیب‌های ناشی از وقایع زمین ساختی، لزوم بررسی تکتونیک جوان را در مناطق مختلف بازگو می‌کند فلذا در این پژوهش برای بررسی میزان فعالیت تکتونیک حوضه تنگ براق از این شاخص‌ها استفاده شده است.

حوضه آبریز تنگ براق به مساحت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع جزئی از حوضه آبریز رودخانه کر می‌باشد که خود بخشی از حوضه آبریز دریاچه بختگان به مساحت ۲۸۲۲۰ کیلومتر مربع است، از نظر زمین شناسی جزء چین خوردگی زاگرس محسوب می‌گردد و در ناحیه خرد شده یا گسل خورده<sup>۳</sup> و در مجاورت ناحیه رورانده زاگرس، در شمال و شمال شرق، و ناحیه چین خورده زاگرس، در جنوب و جنوب غرب، واقع شده است. ساختارهای زمین شناسی این حوضه نیز منطبق با روند عمومی ساختارهای زاگرس، دارای راستای شمال غربی - جنوب شرقی می‌باشند (آقا نباتی، ۷۵، ۱۳۸۵).

حوضه مورد مطالعه، که قسمتی از رودخانه سفید تا محل خروج رودخانه از تنگ براق است که در محل به همین نام معروف است، در عرض جغرافیایی (۳۶° و ۳۰°) تا (۴۵° و ۳۰°) شمالی و طول جغرافیایی (۰۰° و ۵۲°) تا (۷° و ۵۲°) شرقی قرار دارد (شکل ۱).

از نقطه نظر تکتونیک مناطق مختلف زاگرس دارای ویژگی‌های مربوط به خود بوده که بررسی هر قسمت می‌تواند به عنوان کلیدی در تعیین تکتونیک کلی زاگرس استفاده شود، لذا شناخت ساختارهای تکتونیک و مورفوتکتونیک زاگرس نیاز به بررسی فراوان داشته و نتایج این مطالعات می‌تواند منجر به کشف ناشناخته‌ها گردد. از اهداف عمده این مطالعه بررسی نقش عوامل تکتونیک و مورفوتکتونیک در شکل گیری الگوی پدیده‌های طبیعی در حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه می‌باشد که برای این کار مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی در رابطه با شاخص‌های مورفوتکتونیک منطقه انجام گرفت.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی تنگ براق با شیراز

### چینه شناسی و ژئومورفولوژی حوضه آبریز تنگ براق

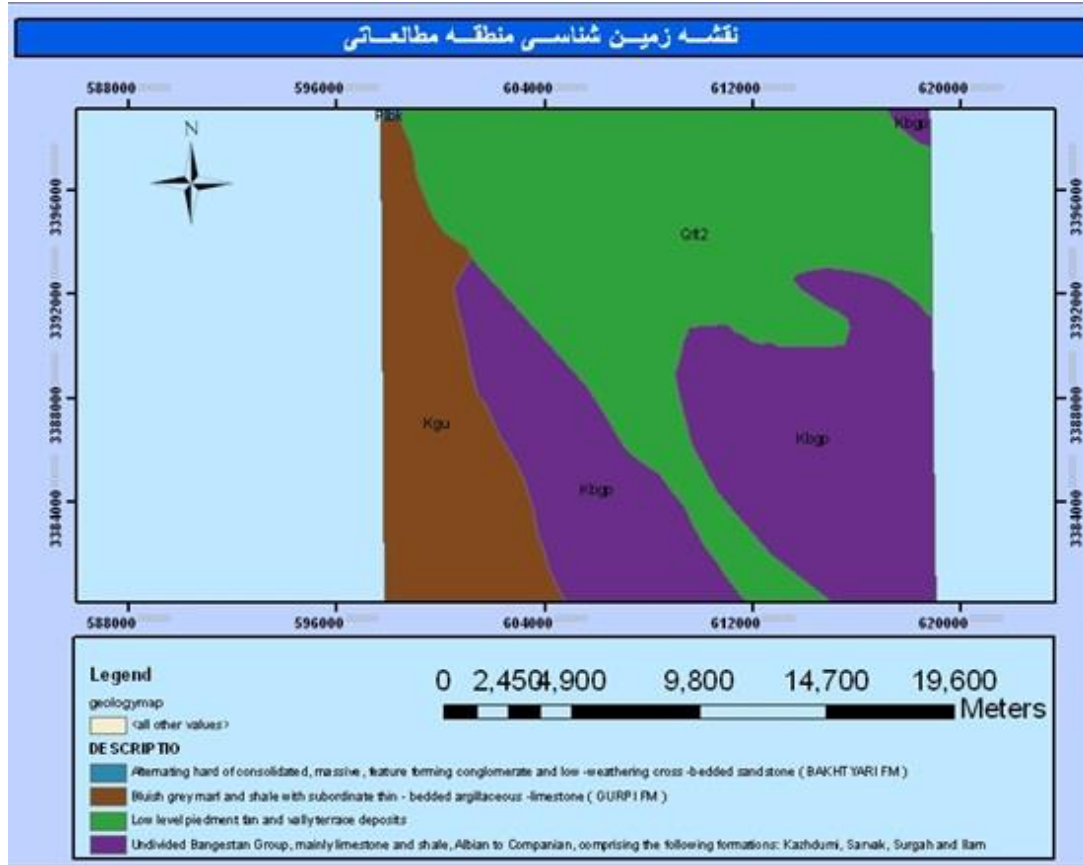
چینه شناسی حوضه تنگ براق که بخشی از سیستم زاگرس است دارای تنوع زیاد سنگ‌ها و سازندهای مختلف می‌باشد. سنگ‌های کربناته موجود در سازندهای این بخش جزء نهشته‌های اصلی و شاخص هستند که قدیمی‌ترین آن‌ها در داخل حوضه تنگ براق مربوط به دوره کرتاسه و جوان‌ترین آن‌ها، آبرفت‌های دوران چهارم می‌باشد که دشت‌های حوضه را تشکیل داده است (جدول ۱).

جدول ۱: توزیع سازندهای مختلف در منطقه مورد مطالعه (شکل ۲)

ردیف	نوع سازند	درصد نسبت به کل حوضه
۱	سروک	۱/۲۴
۲	گوربی	۰/۴
۳	فهلپان - سورمه	۲۷/۸
۴	بختیاری	۳/۲۴
۵	آغاچاری	۱۱/۸۸
۶	آبرفت‌های دوران چهارم	۵۲/۵۵

روند عمومی حوضه آبریز سد ملاصدرا شمالی - جنوبی و بخش میانی آن شمال شرقی - جنوب غربی بوده و کلیه آبراهه‌های منتهی به آن با راستای تقریبی شمال غرب - جنوب شرقی، شمالی - جنوبی و یا بالعکس به آن می‌پیوندند. منطقه مورد مطالعه دارای ارتفاع‌های بلندی با راستای شکل شمال غربی - جنوب شرقی است. بخش شمال شرقی دارای کوه‌های بلند با حاشیه‌های ناصاف و پرتگاهی بوده ولی به طرف جنوب غرب به طور نسبی از ارتفاع رشته کوه‌ها کم شده و تاقدیس‌ها نیز دارای یال‌هایی با شیب ملایم‌تری می‌باشند. مرفولوژی این مناطق عموماً تابع عوامل زمین‌شناسی و خواص فیزیکی سنگ‌های تشکیل دهنده ساختارها می‌باشد. ریختار کوهستانی ابتدای دریاچه از آهک‌های سروک تشکیل یافته و در بخش انتهایی دریاچه سازند رخنمون غالب را داشته است. رودخانه کر (شکل ۳) به عنوان زهکش اصلی منطقه مورد مطالعه از ارتفاع‌های شمال و شمال شرق سرچشمه گرفته و در موقعیت دریاچه سد در جهت تقریباً شمال شرقی - جنوب غربی جریان می‌یابد.

سراسر ضلع شمال حوضه مورد مطالعه را تاقدیس کوشک زر (۳۳۵۱ متر)، شامل کوه‌های شکارگاه، پلنگی، و زوا در شمال روستای سده فرا گرفته است. ضلع جنوبی حوضه را نیز تاقدیس بکان محصور کرده است. در طول تنگه گسل‌های طویل و متعددی مسیر دره را قطع نموده‌اند که علاوه بر گسل‌های اصلی، گسل‌های فرعی و نواحی خرد شده به کرات جلب توجه می‌نماید. کوه‌های چپ و راست و بستر رودخانه از سنگ آهک تشکیل شده‌اند و در امتداد مسیر تنگه اصلی، غارهای آهکی حفره‌های آهکی کوچک و بزرگ و انواع اشکال کارستیک ناشی از فرسایش انحلالی آهکی کاملاً مشهود است. در مقایسه با تنگه اصلی، تنگه بالادست دارای تعداد محدودتری گسل است و سنگ آهک در محدوده قابل توجهی از آن از نوع آهک مارنی و شیلی است (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه زمین شناسی حوضه آبریز تنگ براق



شکل ۳: نمایی از دره رودخانه کر در محل حوضه آبریز سد ملاصدرا

## مواد و روش‌ها

هدف بررسی حرکت‌های نئوتکتونیک حوضه تنگ براق با مورفوتکتونیک است. نوع روش مورد استفاده در بررسی‌های نئوتکتونیک با توجه به مقیاس ناحیه، بازه زمانی و نوع اطلاعات متفاوت است. برای بررسی این موضوع از کلیه امکانات موجود و قابل بهره‌گیری استفاده شده است. از جمله این موارد نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تا ۱/۲۵۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، گزارش‌ها و نقشه‌ای مربوط به حوضه آبریز مربوطه بوده است. این مطالعات در سه بخش انجام و نتایج حاصل و ارایه گردید. در بخش مطالعات کتابخانه‌ای سوابق مطالعاتی موجود در رابطه با حوضه آبریز تنگ براق یا سوابق مطالعاتی در رابطه با موضوع مطالعات حاضر، جمع‌آوری و بررسی شد. همچنین با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی موجود محدوده حوضه آبریز تعیین گردید. سپس با استفاده از عکس‌های هوایی، ماهواره‌ای و نقشه‌های زمین‌شناسی موجود، وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به بررسی‌های دفتری انجام شده برنامه‌ریزی جهت انجام مطالعات صحرایی صورت گرفت و در نهایت نتایج در بخش مطالعات دفتری مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. شاخص‌های ریخت‌سنجی علاوه بر انعکاس وضعیت تکتونیک منطقه، تحت تأثیر وضعیت آب و هوایی، ساختار، مقاومت و جنس سنگ‌های منطقه نیز قرار دارند. لذا نمی‌توان حد و مرز مشخصی برای شاخص‌های ریخت‌سنجی جهت ارائه یک طبقه‌بندی دقیق برای فعالیت‌های تکتونیک معین کرد و به این ترتیب ارزش واقعی این شاخص‌ها در تفکیک پیشانی‌های فعال، نیمه فعال و غیر فعال کوهستان‌ها محدود می‌شود. با این وجود با استفاده از نظرهای (Mayer, 137, 1986) و (Keller & Pinter, 208, 1996) می‌توان دسته‌بندی زیر را برای تعیین درجه فعالیت تکتونیک از طریق شاخص‌های مورفوتکتونیک ارایه کرد:

- ۱- دارای بیشترین فعالیت تکتونیک است، دارای SMF بین ۱ تا ۱٫۶ می‌باشد و شاخص VF و همچنین شاخص V در این دسته، مقادیر کمتر از ۱ را به خود اختصاص می‌دهند. وجود آبرفت‌های بادبزی پر نشده، حوضه آبراهه کشیده و شیب تند تپه‌ها از ویژگی‌های دیگر این دسته هستند؛
- ۲- شاخص SMF بین ۱٫۴ تا ۳ متغیر بوده و شاخص‌های VF و مساوی تا کمی بیشتر از ۱ هستند. حوضه آبراهه گسترش یافته، آبرفت‌های بادبزی و تپه‌هایی با شیب تند از دیگر سیمایی است که در این دسته مشاهده می‌گردد؛
- ۳- شاخص SMF در این دسته بین ۱٫۸ تا ۵ متغیر بوده و شاخص vf و نیز بسیار بزرگتر از ۱ هستند؛
- ۴- شاخص‌های smf، vf، v در این دسته بسیار بزرگتر از ۱ هستند. در این دسته افزون بر U شکل بودن نیمرخ آبراهه، مرز کوه و دشت نیز دارای فرورفتگی‌های زیادی است. در این حالت‌ها فرآیندهای فرسایشی بر فرآیندهای تکتونیک غلبه کرده و گسترش اولیه دشت آبرفتی قابل مشاهده است؛
- ۵- در این دسته مقادیر V، VF، Smf همانند دسته ۴ بسیار بزرگتر از ۱ هستند و کلیه اشکال مورفوتکتونیک به مناطق غیر فعال دشت‌های آبرفتی و جلگه‌ها محدود می‌شوند.

بر اساس مطالعات دفتری انجام شده روش دسته‌بندی معرفی شده در بالا برای این مطالعه انتخاب و بر همین اساس سه شاخص مورفوتکتونیک پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان، منحنی هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری و نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره محاسبه گردید که در زیر به طور خلاصه معرفی می‌شوند.

## شاخص پیچ و خم جبهه‌ی کوهستان<sup>۴</sup>

شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان از توان بالایی برای شناسایی مناطق تکتونیک برخوردار می‌باشد (Keller & Pinter, 205, 1996) این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۱) (پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸، ۶۵).

$$S_{mf} = \frac{L_{mf}}{L_s}$$

رابطه (۱)

در این رابطه  $S_{mf}$  شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستانی،  $L_{mf}$  طول جبهه کوهستان در محل اتصال کوهستان با آبرفت و  $L_s$  طول خط مستقیم پیشانی کوهستان می‌باشد.

این شاخص بیانگر تعادل بین شدت و تمایل رودها برای ایجاد یک پیشانی نامنظم و فعالیت تکتونیکی قائم جهت ایجاد یک پیشانی مستقیم برای کوه است. بنابراین کوهستان‌های دارای فعالیت تکتونیکی قائم، دارای پیشانی مستقیم و فرو رفتگی و بیرون زدگی کمتری بوده و مقدار شاخص  $S_{mf}$  به عدد ۱ نزدیک‌تر خواهد بود. اما اگر میزان بالا آمدگی کاهش یافته یا صفر شود، فرآیند فرسایش پیشانی بر پیچ و خمی را تشکیل می‌دهد که با گذشت زمان نامنظم‌تر می‌گردد. لازم به ذکر است که جنس سنگ‌های جبهه کوهستان و مقاومت آن‌ها در برابر عوامل فرسایشی می‌تواند در مقدار شاخص  $S_{mf}$  مؤثر باشد (Doornkamp, 202, 1986). مقادیر بالای ۳ جبهه‌های غیرفعال، مقادیر بین ۳ تا ۱٫۵ جبهه‌های با فعالیت متوسط و مقادیر کمتر از ۱٫۵ شاخص پیچ و خم جبهه‌های کوهستانی با فعالیت بالا را نشان می‌دهد (ارفع نیا، ۲۴۶، ۱۳۸۹).

### منحنی هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری<sup>۵</sup>

منحنی‌های هیپسومتری، توزیع سطوح ارتفاعی یک منطقه از زمین، یک حوضه آبخیز تا تمام سطح سیاره زمین را می‌توانند ارزیابی و توصیف کنند. منحنی هیپسومتری یک حوضه با ترسیم ارتفاع کل (ارتفاع نسبی) در مقابل مساحت کل (مساحت نسبی) حوضه ترسیم می‌شود. مساحت کل حوضه (A) برابر مجموع کل سطوح بین خطوط میزان مجاور یکدیگر در حوضه زهکشی می‌باشد. سطح (a) مساحتی از حوضه را در برمی‌گیرد که بالای ارتفاع (h) قرار داشته باشد. مقدار مساحت نسبی (a/A) معمولاً بین ۱ در پایین و ۰ در بالاترین نقطه حوضه تغییر می‌کند. یکی از ساده‌ترین راه‌ها برای توصیف شکل منحنی هیپسومتری یک حوضه زهکشی مشخص، محاسبه انتگرال هیپسومتری آن حوضه می‌باشد. شاخص هیپسومتری از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Keller & Pinter, 50, 1996):

$$HI = \frac{\text{average elevation} - \text{min.elevation}}{\text{max.elevation} - \text{min.elevation}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

ارتفاع بیشینه و کمینه و متوسط به طور مستقیم از نقشه توپوگرافی به دست می‌آید. مقادیر بالای انتگرال هیپسومتری (۰٫۵ >) دلالت بر وجود پستی، بلندی و توپوگرافی بالا نسبت به میانگین حوضه زهکشی - همچون سطوح بالا آمده و فلاتی که به وسیله رودها بریده شده‌اند و مقادیر کم تا متوسط انتگرال هیپسومتری (۰٫۴ <) حاکی از برش شبکه زهکشی در یک سطح هموارتر می‌باشد. ارتباط بین انتگرال هیپسومتری و درجه بریدگی، باعث شده تا این انتگرال به عنوان معیاری جهت تشخیص چرخه فرسایش چشم انداز استفاده شود.

### نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره

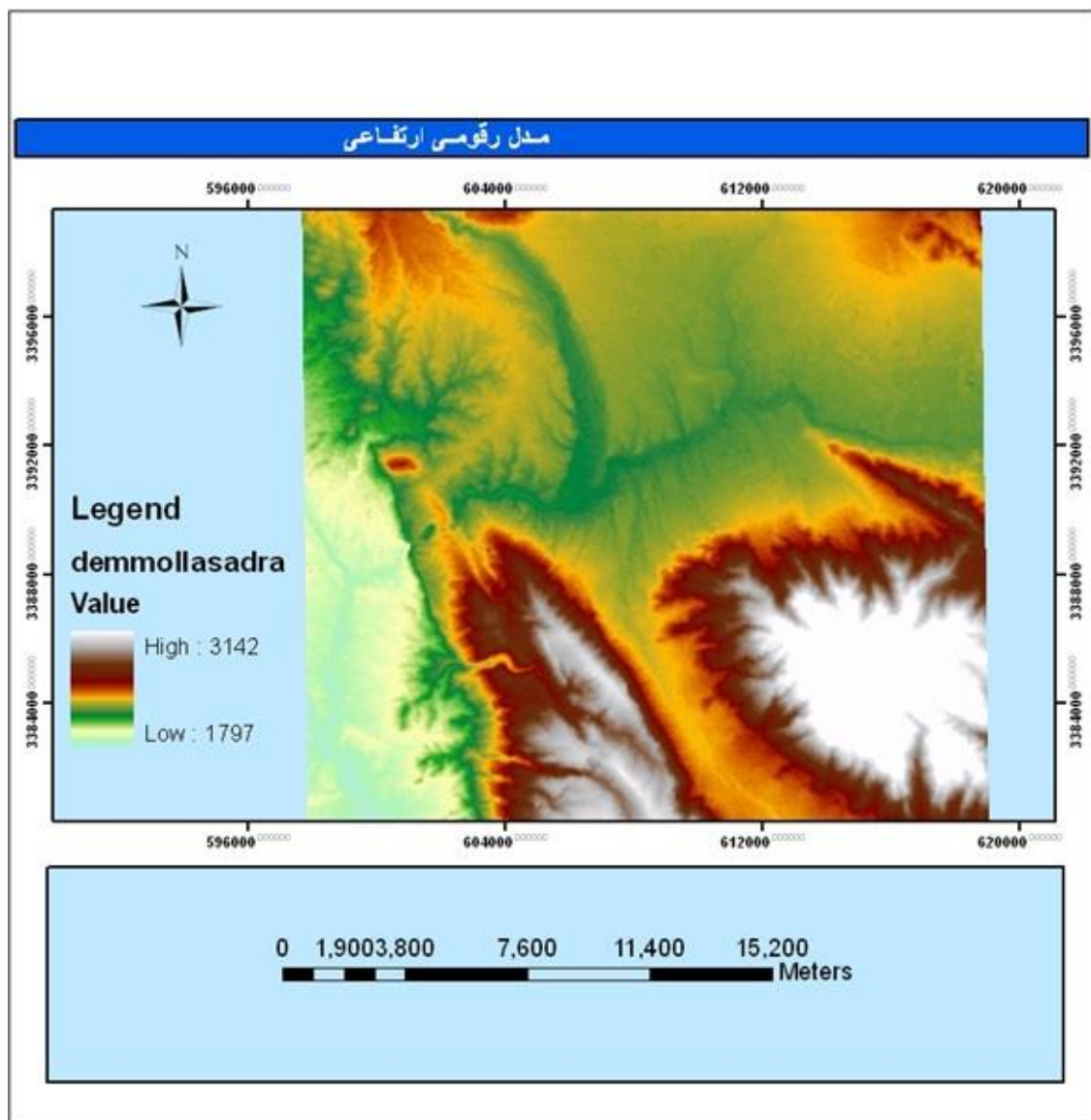
ریخت شناسی برش عرضی دره آبراهه‌ها در نزدیکی جبهه کوه نیز از شاخص‌های مفید برای اندازه گیری قدرت حفر قائم آبراهه‌ها و بررسی فعالیت تکتونیکی منطقه است. بول و مک فادن نسبت پهنای کف دره به میانگین ارتفاع دیواره‌های دره از کف آن را به عنوان مقیاسی برای بررسی قدرت حفر آبراهه بکار برده‌اند. نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (Vf ratio) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V_f = \frac{V_{fw}}{[(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})]} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در این رابطه،  $V_f$  معرف نسبت پهناي کف دره به ارتفاع آن،  $V_{fw}$  پهناي کف دره،  $E_{rd}$  و  $E_{ld}$  به ترتیب ارتفاع دیواره سمت چپ و راست دره و  $E_{sc}$  ارتفاع کف دره از سطح دریا است (پورکرمانی و سلگی، ۱۳۸۸، ۷۰). باید توجه داشت که برای محاسبه  $V_f$ ، داده‌ها در یک فاصله معین از جبهه کوه اندازه‌گیری شود. شاخص  $V_f$  موجب تشخیص دره‌های  $U$  شکل از دره‌های  $V$  شکل می‌گردد، به طوری که مقادیر بالای  $V_f$  نشان دهنده کم بودن میزان بالآمدگی و در نتیجه وجود دره‌هایی با کف پهن و  $U$  شکل می‌باشد در حالی که مقادیر کم  $V_f$  بیانگر زیاد بودن میزان بالآمدگی و وجود دره‌های عمیق و  $V$  شکل می‌باشد.

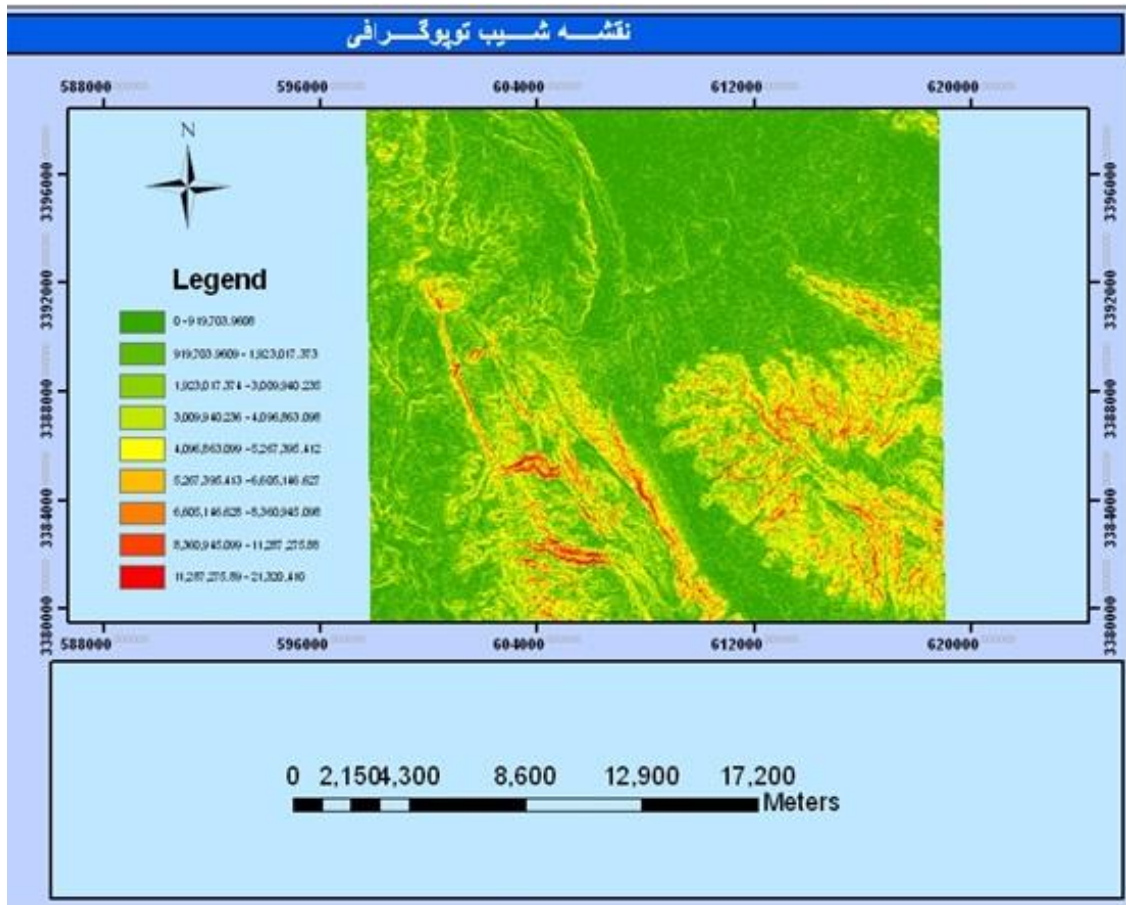
### یافته‌ها

تعداد ۲۶ ایستگاه جهت محاسبه شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان (smf) و تعداد ۲۸ ایستگاه جهت محاسبه نسبت عرض کف دره بر ارتفاع آن ( $V_f$ ) در نظر گرفته شده است. بر این اساس با اندازه‌گیری‌های شاخص‌های ریخت‌شناختی در این ایستگاه‌ها، نتایج کلی زیر حاصل شده است.



شکل ۴: مدل رقمی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه





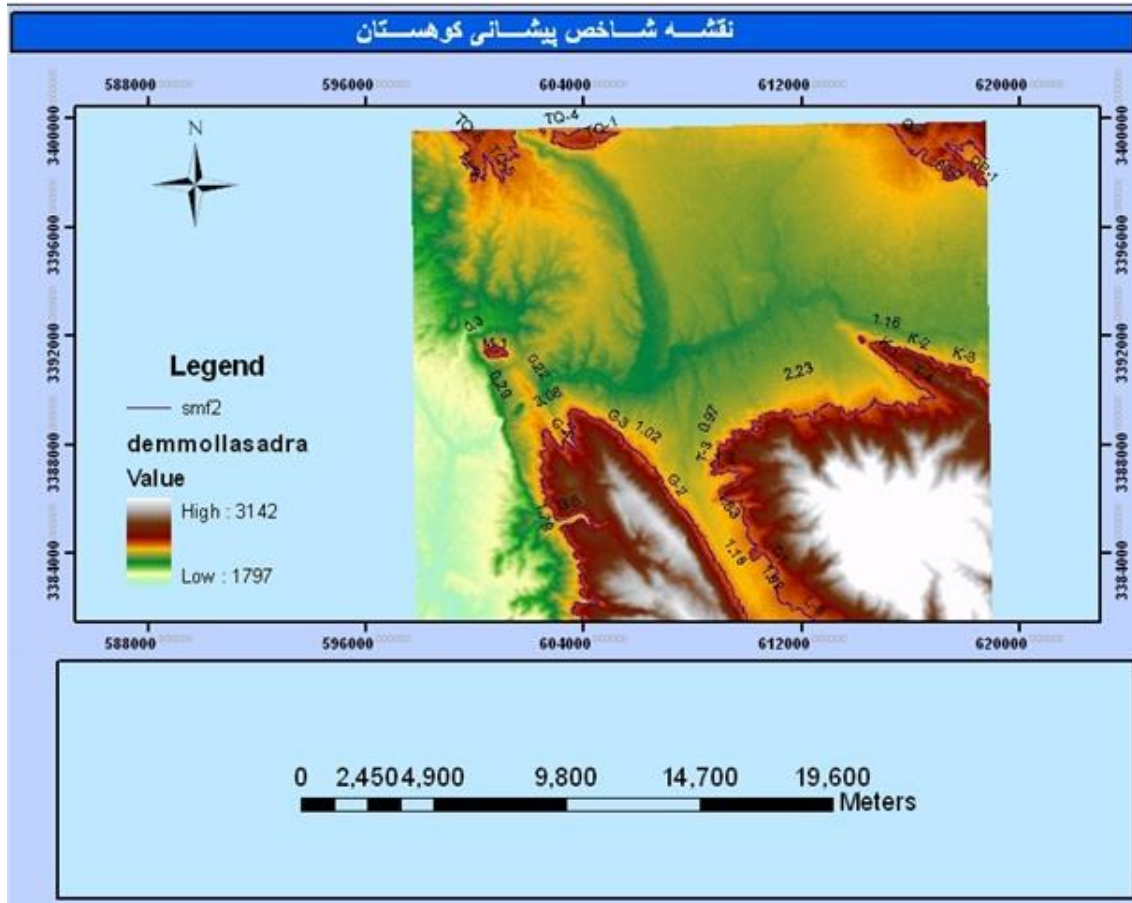
شکل ۵: نقشه شیب توپوگرافی

به منظور بررسی شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستان و در صد رخ دار شدن جبهه کوهستان ابتدا براساس داده‌های مدل رقومی سرزمینی<sup>۶</sup> (DEM) و همچنین تولید نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه با استفاده از ابزار 3D Analyst نرم افزار Arc Map 9.3 انجام گرفت. و بر این اساس به ترتیب در ۲۶ ایستگاه در حوضه تنگ براق شاخص‌های مربوطه محاسبه شد. مشخصات ایستگاه‌ها در جدول زیر آمده است (جدول ۱).

نتایج محاسبه این شاخص در منطقه مورد مطالعه در جدول (۲) و همچنین نقشه DEM منطقه در شکل (۶) قابل مشاهده می‌باشد. بیشترین مقدار SMF در ناحیه شرقی مربوط به جبهه کوهستانی قلعه پوره با مقدار ۳,۵۷ و کمترین مقدار مربوط به ایستگاه K-1 جبهه کوهستانی کل دروازه به مقدار 0.86 می‌باشد. در ناحیه غربی نیز بیشترین مقدار SMF به میزان ۳,۰۸ مربوط به جبهه کوهستانی گر ایستگاه G-4 و کمترین مقدار به میزان ۰,۲۲ مربوط به ایستگاه M-2 می‌باشد.

جدول ۲: نتایج محاسبه پیچ و خم پیشانی کوه

جبهه کوهستانی	شماره	سینوسیته جبهه کوهستانی
ناحیه شرقی		
Leylaman	L-1	1.52
Leylaman	L-2	1.73
Leylaman	L-3	1.46
Tang Qaleh	T-1	1.62
Tang Qaleh	T-2	1.83
Tang Qaleh	T-3	0.97
Tang Qaleh	T-4	2.23
Kal Darvazeh	K-1	0.86
Kal Darvazeh	K-2	1.16
Kal Darvazeh	K-3	1.38
Qaleh Pureh	QP-1	3.57
Qadamgah	Q-1	1.38
ناحیه غربی		
Talle Qush Ghiasi	TQ-1	1.86
Talle Qush Ghiasi	TQ-2	0.98
Talle Qush Ghiasi	TQ-3	1.07
Talle Qush Ghiasi	TQ-4	2.14
Talle Qush Ghiasi	TQ-5	2.96
Talle Qush Ghiasi	TQ-6	1.29
Gar	G-1	1.09
Gar	G-2	1.18
Gar	G-3	1.02
Gar	G-4	3.08
Gar	G-5	1.79
Malijan	M-1	0.29
Malijan	M-2	0.22
Malijan	M-3	0.30



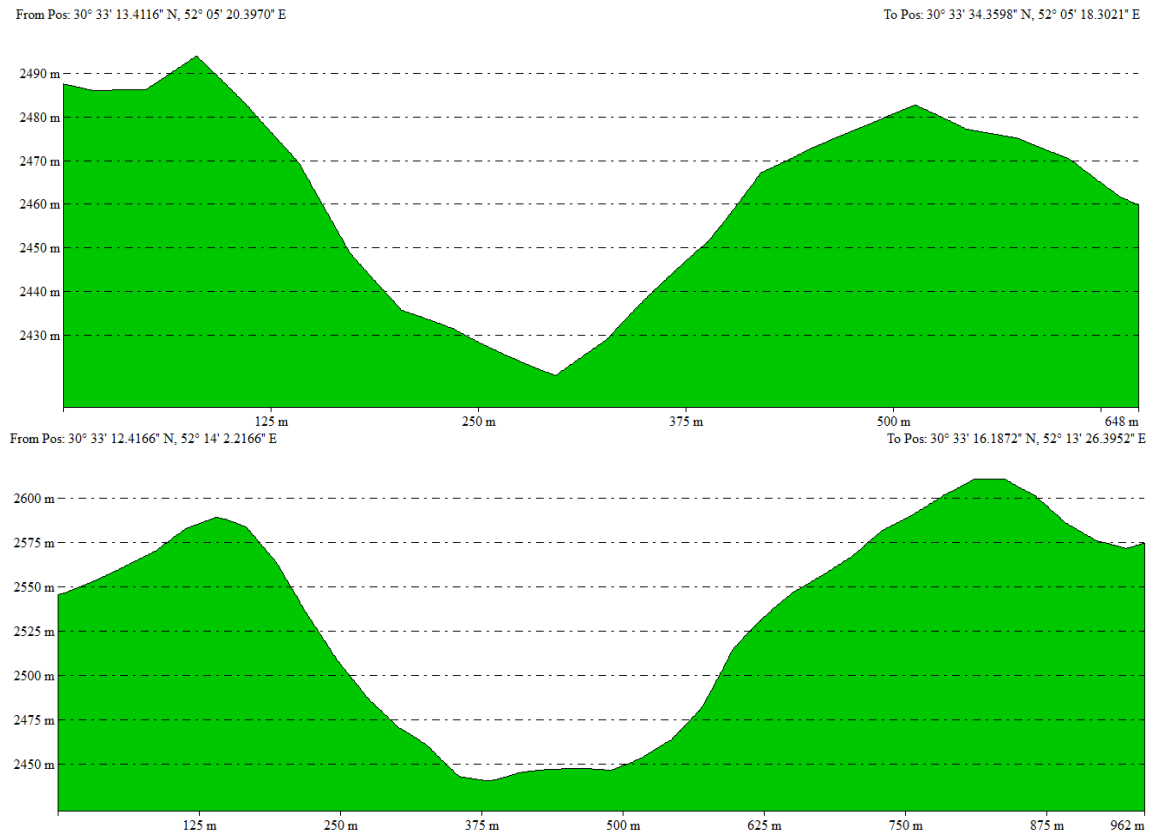
شکل ۶: نقشه Dem منطقه در شاخص پیشانی کوهستان که در بردارنده کدهای ارتفاعی منطقه است

در ادامه برای بررسی شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره با استفاده از ابزارهای INTERPOLATE LINE و CREAT PROFILE نیمرخ عرضی دره ترسیم گردید. سپس محاسبات مربوطه برای ۳۳ دره موجود در منطقه انجام شد (شکل ۷). شاخص Vf موجب تشخیص دره‌های u شکل از دره‌های v شکل می‌گردد، به طوری که مقادیر بالای Vf نشان دهنده کم بودن میزان بالا آمدگی و در نتیجه وجود دره‌هایی با کف پهن و u شکل می‌باشد در حالی که مقادیر کم Vf بیانگر زیاد بودن میزان بالا آمدگی و وجود دره‌های عمیق و v شکل می‌باشد. باید توجه داشت که برای محاسبه Vf، داده‌ها در یک فاصله معین از جبهه کوه اندازه گیری شود برای این منظور در این رساله با توجه به وسعت منطقه فاصله ۵۰۰ متری از جبهه کوهستان در نظر گرفته شد. سپس نیم رخ عرضی هر دره در نرم افزار Global Mapper v.11.02 تهیه (شکل ۷) و محاسبات مربوط به شاخص برای ۲۸ دره انجام شد. نتایج محاسبه این شاخص در منطقه مورد مطالعه در جدول (۳) و همچنین نقشه TIN منطقه در شکل (۸) قابل مشاهده می‌باشد.

### منحنی هیپسومتری و انتگرال هیپسومتری

به طور کلی بررسی داده‌های هیپسومتری نشان می‌دهد که چه مناطقی دارای پتانسیل بیشتری از لحاظ تکتونیک و چه مناطقی از نظر فعالیت تکتونیک دارای پتانسیل کمتری می‌باشند. محاسبه منحنی‌های هیپسومتری و انتگرال‌ها اغلب توسط مدل‌های ارتفاعی دیجیتالی به دست می‌آید و این منحنی‌ها در سطوح قاره‌ای و مقیاس‌های سیاره‌ای نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این مطالعه در ابتدا حوضه بندی انجام گرفته و سپس مقدار این شاخص برای ۳۶ حوضه به دست آمده است (شکل ۹).

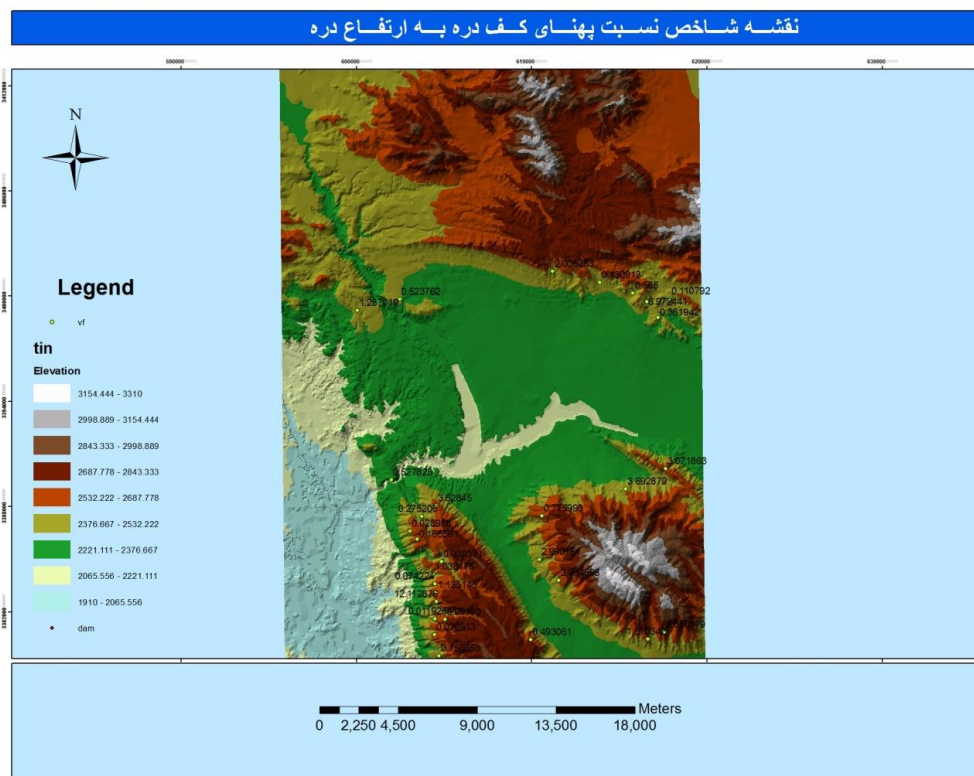
کمترین مقدار انتگرال در حوضه ۹ و بیشترین مقدار آن در حوضه ۳۳ با مقدار ۰,۳۷ به دست آمده است. نمونه‌ای از مراحل کار در شکل (۱۰) و جدول (۴) و نتایج محاسبه این شاخص در منطقه مورد مطالعه در جدول (۵) و همچنین نقشه DEM منطقه در شکل (۱۲) قابل مشاهده می‌باشد.



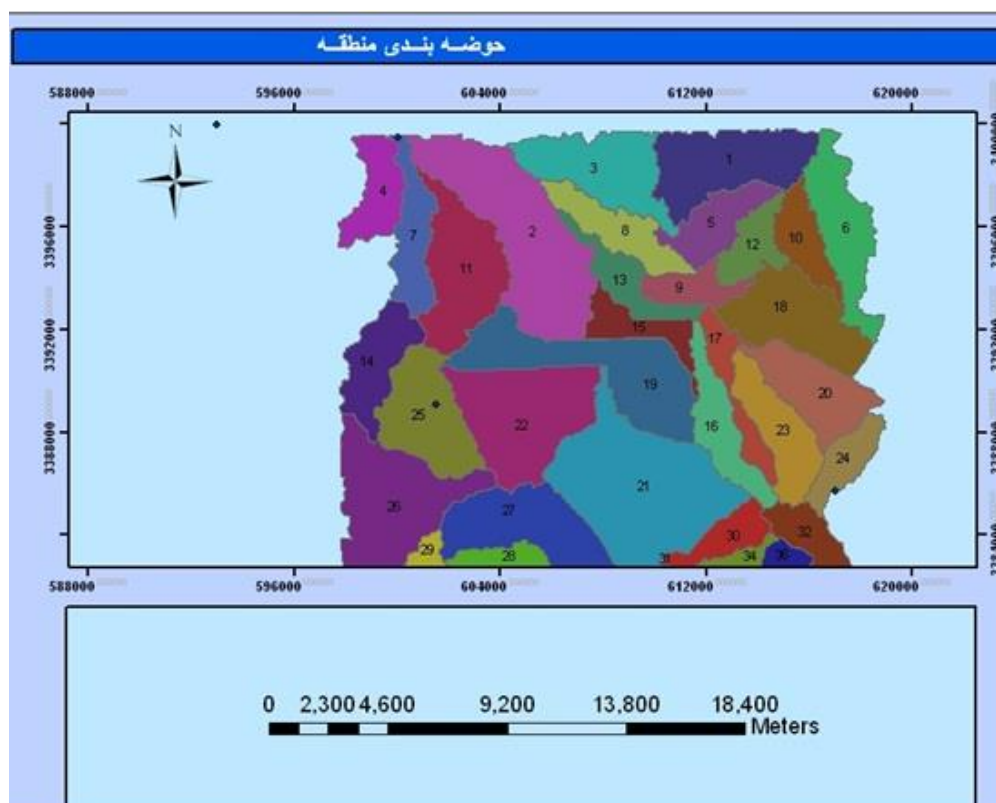
شکل ۷: نمونه ای از نیمرخ عرضی دره تهیه شده با نرم افزار Global Mapper v11.02 جهت انجام محاسبات

جدول ۳: نتایج محاسبه شاخص VF

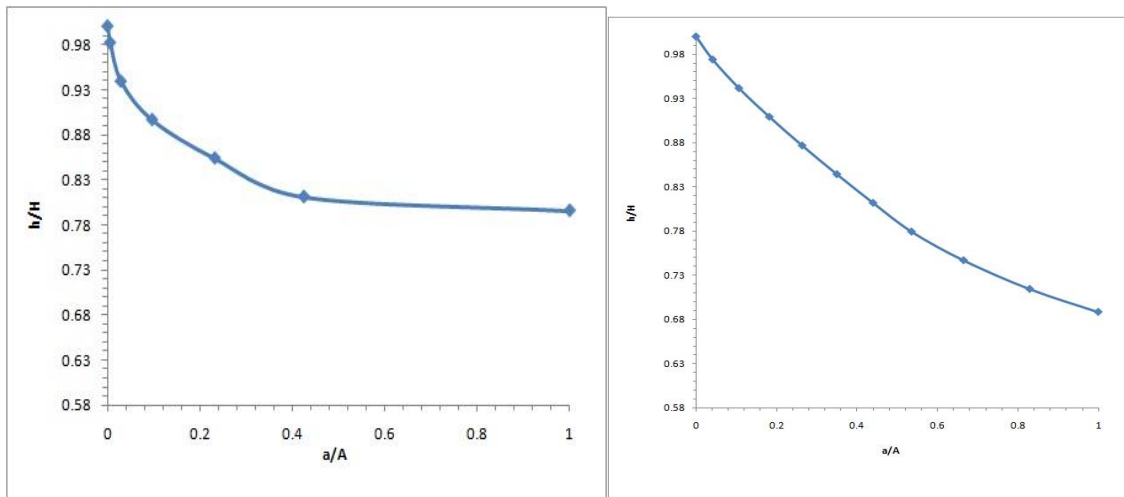
نام دره	vfw	Eld	Erd	Esc	vf
v1	28.45	2519.18	2449.91	2295.72	0.15
v2	1.55	2482.89	2493.72	2420.70	0.02
v3	0.65	2453.77	2492.24	2418.67	0.01
v4	20.07	2552.13	2581.25	2346.39	0.09
v5	468.95	2528.90	2526.11	2488.79	12.11
v6	62.87	2440.32	2529.05	2429.30	1.14
v7	3.35	2406.16	2441.44	2378.68	0.07
v8	32.33	2435.35	2407.00	2390.03	1.04
v9	5.76	2457.34	2443.72	2304.19	0.04
v10	8.04	2506.87	2508.45	2459.38	0.17
v11	2.01	2402.80	2458.12	2361.12	0.03
v12	29.00	2480.42	2371.16	2320.40	0.28
v13	281.35	2371.62	2483.46	2350.00	3.63
v14	34.29	2244.20	2216.77	2165.52	0.53
v15	28.75	2296.14	2312.80	2282.13	1.29
v16	22.89	2274.72	2287.75	2237.53	0.52
v17	25.42	2307.61	2355.28	2261.21	0.36
v18	619.85	2344.54	2401.14	2283.94	6.97
v19	7.09	2333.90	2399.50	2302.67	0.11
v20	570.66	2474.68	2512.48	2307.81	3.07
v21	283.41	2415.23	2398.66	3.69	3.69
v22	195.89	2464.82	2516.27	1.61	1.61
v23	109.79	2658.26	2607.16	0.49	0.49
v24	175.83	2362.21	2456.41	2350.00	2.96
v25	182.34	2370.00	2354.97	2.99	2.99
v26	93.79	2501.84	2534.09	0.78	0.78
v27	590.90	2488.44	2515.02	3.28	3.28
v28	133.45	2588.83	2610.94	0.85	0.85



شکل ۸: نقشه پراکندگی شاخص vf بر روی Tin منطقه



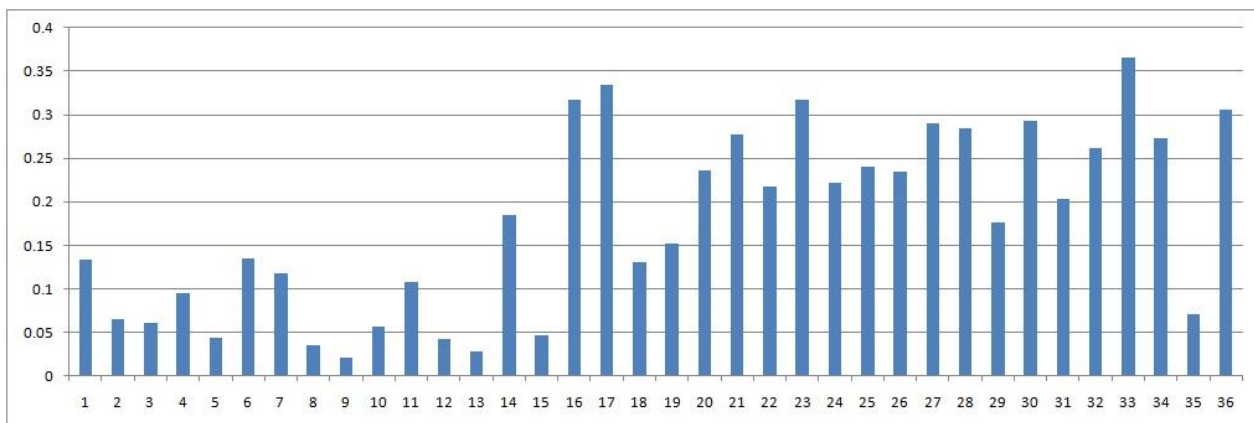
شکل ۹: حوضه‌های مورد مطالعه در منطقه



شکل ۱۰: منحنی‌های هیپسومتریک حوضه‌های شماره ۱۴، ۱۶ (A): مساحت کل حوضه، (a) مساحتی از حوضه در بالای ارتفاع (h)

جدول ۴: توزیع سطح-ارتفاع در حوزه‌ی ۳۶ منطقه مطالعاتی

ارتفاع میانگین هر طبقه در مساحت آن	ارتفاع متوسط طبقه (متر)	افراوانی لجمعی (درصد)	افراوانی (درصد)	مساحت (هکتار)	طبقات ارتفاعی	حاصلضرب ارتفاع میانگین هر طبقه در مساحت آن
0.00002	2452.5	16.2	16.2	0.00000001	2500 - 2405.0	0.00002
0.00002	2550	33.3	17.1	0.00000001	2600.0 - 2500.0	0.00002
0.00002	2650	49.4	16.1	0.00000001	2700 - 2600.0	0.00002
0.00002	2750	64.6	15.3	0.00000001	2800 - 2700.0	0.00002
0.00002	2850	77.4	12.7	0.00000001	2900 - 2800.0	0.00002
0.00001	2950	87.3	9.9	0.00000000	3000 - 2900.0	0.00001
0.00002	3045.5	100.0	12.7	0.00000001	3091 - 3000.0	0.00002
0.00013			100.0	0.00000005	جمع	
	2721.7				ارتفاع متوسط وزنی (متر)	
					ارتفاع میانه (متر)	

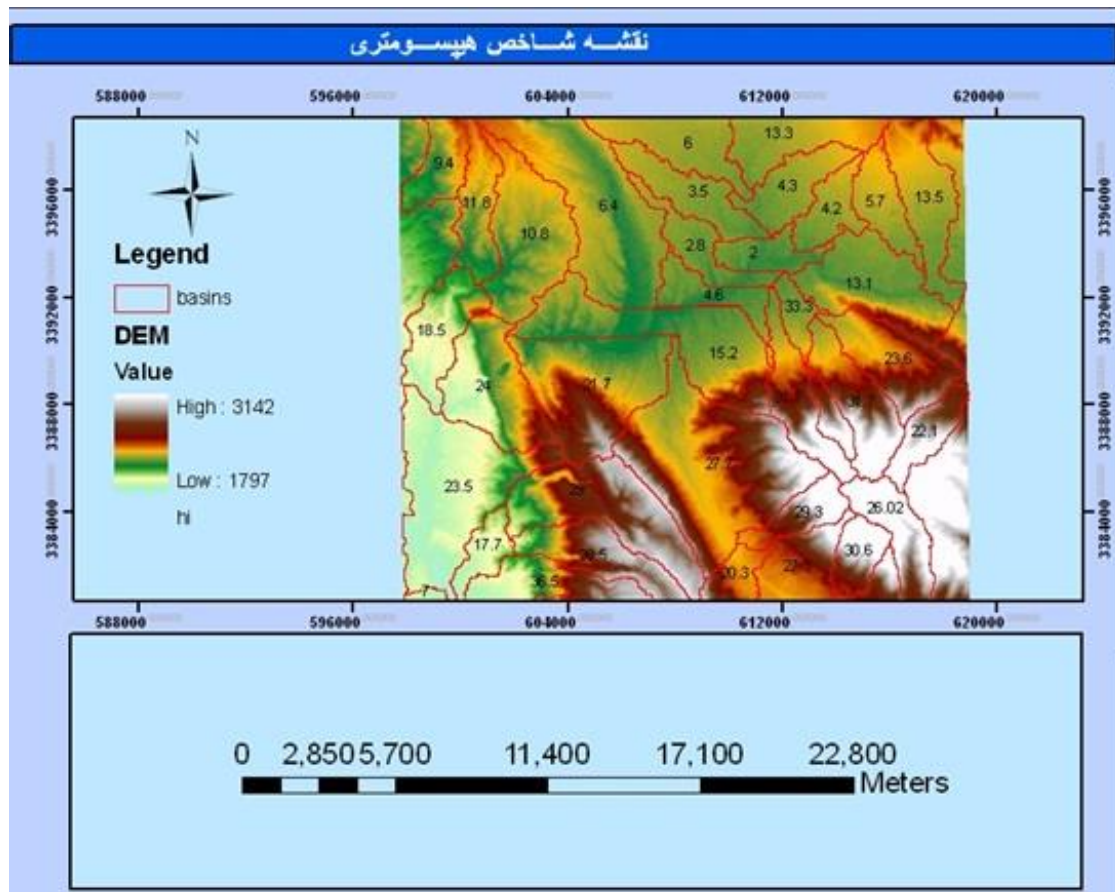


شکل ۱۱: هیستوگرام مقادیر انتگرال هیپسومتری در منطقه مورد مطالعه

جدول ۵: مقادیر انتگرال هیپسومتری محاسبه شده در منطقه

نام حوضه	HI(%)	HI
1	13.34	0.13
2	6.47	0.06
3	6.01	0.06
4	9.48	0.09
5	4.34	0.04
6	13.48	0.13
7	11.84	0.12
8	3.46	0.03
9	2.08	0.02
10	5.68	0.06
11	10.80	0.11
12	4.22	0.04
13	2.80	0.03
14	18.53	0.19
15	4.62	0.05
16	31.66	0.32
17	33.38	0.33
18	13.12	0.13
19	15.22	0.15
20	23.66	0.24
21	27.72	0.28
22	21.68	0.22
23	31.74	0.32
24	22.17	0.22
25	24.00	0.24
26	23.48	0.23
27	29.00	0.29
28	28.51	0.29
29	17.64	0.18
30	29.31	0.29
31	20.33	0.20
32	26.21	0.26
33	36.52	0.37
34	27.27	0.27
35	7.03	0.07
36	30.64	0.31





شکل ۱۲: پراکنندگی مقادیر انتگرال هیسومتری بر روی مدل ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

### بحث و نتیجه گیری

بیشترین مقدار شاخص VF با توجه به جدول ۲ مربوط به ایستگاه ۵ است که نشان از پایین بودن سطح فعالیت تکتونیکی در منطقه دارد و این در حالی است که این مقادیر تکتونیک فعال را در دره ۳ نشان می‌دهند. می‌توان چنین استنباط کرد که هر چند منطقه آهکی است و عمل فرسایش آب‌های جاری نقش به‌سزایی در حفر دیواره دره‌ها داشته ولی مقادیر بالای این شاخص نشان از بالا بودن فعالیت تکتونیکی و چیرگی فرآیند بالا آمدگی بر فرسایش است.

نتایج محاسبه شاخص پیچ و خم کوهستان نشان می‌دهد که با توجه به شکل ۶، میانگین این شاخص در ناحیه غربی ۱,۳۸ و در ناحیه شرقی ۱,۶۴ است. بنابراین منطقه مطالعاتی از نظر شاخص SMF منطقه‌ای فعال است به طوری که بخش غربی دارای فعالیت بیشتری نسبت به بخش شرقی است. با توجه به محاسبات انجام شده جبهه‌های کوهستانی گرو و قلعه پوره جزء جبهه‌های غیر فعال منطقه‌اند که در آن‌ها جبهه کوهستانی خیلی فرسایش یافته است. نتایج به دست آمده از ترسیم منحنی‌های هیسومتری در هر کدام از ۳۶ حوضه نشان می‌دهد که مقادیر بالای انتگرال منطبق با بخش غربی تاق‌دیس گر در منطقه مورد مطالعه است.

مطالعه شاخص‌های مورفومتری روی منطقه تنگ براق بیانگر بالا بودن سطح فعالیت کلی در منطقه می‌باشد. این منطقه با توجه به مقادیر SMF و VF و بر اساس شواهدی مثل آبرفت‌های بادبزی و تپه‌های با شیب تند در منطقه، براساس تقسیم بندی فعالیت تکتونیک نسبی (Keller & Pinter, 2008; 1996; Bull & Mayer, 137, 1986) در دسته ۲ قرار دارد. که بیانگر این است که میزان بالا آمدگی پیشانی کوه از حفر آبراهه‌ها (Mcfadden, 304, 1977)

کاملاً فزونی دارد. سرعت حفر آبراهه‌ها در این دسته به حدی است که نیمرخ عرضی آبراهه‌ها در بالا رود<sup>۷</sup> هنوز<sup>۷</sup> شکل بوده و سرعت بالآمدگی برای این دسته  $0/5 \text{ mm/yr}$  در نظر گرفته شده است. همچنین در نقشه شیب توپوگرافی، تغییرات شدید شیب توپوگرافی در اطراف منطقه وجود دارد که خود دلیلی دیگر بر فعال بودن منطقه سد از لحاظ تکتونیک است.

## منابع

- ۱- آقائباتی، علی (۱۳۸۵): زمین شناسی ایران چاپ اول، تهران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲- نقشه زمین شناسی درودزن، چشمه دزدان و یاسوج با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۳- ارفع نیا، رامین (۱۳۸۹): تکتونیک فعال در منطقه‌ی اقلید، کاربرد مدل رقومی سرزمینی (DTM) در مورفوتکتونیک، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۶، شماره ۴، صفحه ۲۴۵-۲۵۶.
- ۴- پور کرمانی، محسن و سلگی، علی (۱۳۸۸): مورفوتکتونیک، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات، تهران.
- ۶- زمانی، احمد و ملک، علیرضا (۱۳۷۶): کاربرد شاخص‌های مورفومتریک در مطالعات تکتونیک بخش‌های جنوبی البرز مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد تکتونیک، دانشگاه شیراز.

- 7- Bull, W.B. & McFadden, L.D. (1977): Tectonic Geomorphology North and South of The Garlock fault, California, Proceeding of The 8th Annual Geomorphology Symposium, New York.
- 8- Doornkamp, J.C. (1986): Geomorphological Approaches to The Study of Geotectonic, Journal of Geological society, London, 143, P.P 335-342.
- 9- Keller, E. A. & Pinter, N. (1996): Active Tectonics, New Jersey: Prentice Hall Inc.
- 10- Maroukian, H. & Zamani, A. (1984): Morphotectonic Observations in The Drainage Basin of The Spekhios River, Central Greec, in Mishev, k. and Vaptsarov, I. Problems of Morphotectonics, Bulgarian acad. Sci. P.P 191-203.
- 11- Mayer, L., (1986): Tectonic Geomorphology of Escarpments and Mountain Fronts, In: Wallace (ed.), Active Tectonics, Studies in Geophysics, National Academy Press, Washington, DC, p.125-135.
- 12- Morisava, M. & Hack, J.T. (1985): Tectonic Geomorphology, Boston.
- 13- Stewart, I.S. & Hancock, P.L. (1994): Neotectonic in Continental Deformation, Edited by P.L. Hancock, Pergamum Press.