

تعیین میزان فعالیت نسبی تکتونیکی تاقدیس آینه‌ورزان - دلیچای

با بکارگیری شاخص‌های مورفو تکتونیکی

سمیه قربانی^۱، احمد علوی^۲

۱- کارشناس ارشد تکتونیک دانشگاه شهید بهشتی

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

تاقدیس نامتقارن آینه‌ورزان- دلیچای در بخش شرقی البرز مرکزی و در شرق شهر دماوند قرار دارد. امتداد این تاقدیس WNW - ENE بوده و از نهشته‌های تخریبی پرکامبرین پسین، پالئوزوئیک و مزوزوئیک تشکیل شده است. یال شمالی تاقدیس در بخشی به گسل راندگی دهنار- مشا و در بخشی به شاخه‌ای فرعی از همین گسل محدود می‌باشد. یال جنوبی به یکسری گسل‌های فرعی محدود شده است. بررسی‌های مورفو تکتونیکی برای تعیین رده فعالیت نسبی تکتونیکی با استفاده از شاخص‌های مورفومتری شامل Smf، Facet%، Af و Vf، بر روی تاقدیس آینه‌ورزان- دلیچای انجام شده است. تجزیه و تحلیل این شاخص‌ها نشان می‌دهد یال شمالی تاقدیس نسبت به یال جنوبی آن فعال‌تر است.

واژگان کلیدی: تاقدیس آینه‌ورزان- دلیچای، راندگی دهنار- مشا، شاخص‌های مورفومتری، مورفو تکتونیک.

مقدمه

شاخص‌های مورفومتری است که به کمک نقشه‌های توپوگرافی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و بدون نیاز به مطالعات صحرایی، در مدتی اندک می‌توان به اطلاعات مفیدی از میزان فعالیت نسبی تکتونیکی ناحیه‌ای پی برد.

در این مقاله سعی بر آن شده است که با استفاده از شاخص‌های مورفومتری در تاقدیس آینه‌ورزان- دلیچای ارزیابی اولیه‌ای در جهت تعیین میزان فعالیت نسبی تکتونیکی منطقه داشته باشیم.

یکی از معضلات بزرگ بشر در طی ادوار گذشته، پدیده زمین‌لرزه است که تا کنون خسارات جبران‌ناپذیری به پیکره بشریت وارد نموده است. با توجه به اینکه کشور ایران بر روی کمربند زلزله آلپ - هیمالیا قرار دارد، هر از چند گاهی شاهد زمین‌لرزه‌های ویرانگری در جای جای این کشور هستیم که گاهاً با خسارات و تلفات بسیار گسترده‌ای همراه می‌باشد. یکی از روش‌های سودمند در تعیین میزان فعالیت نسبی تکتونیکی، بهره‌گیری از

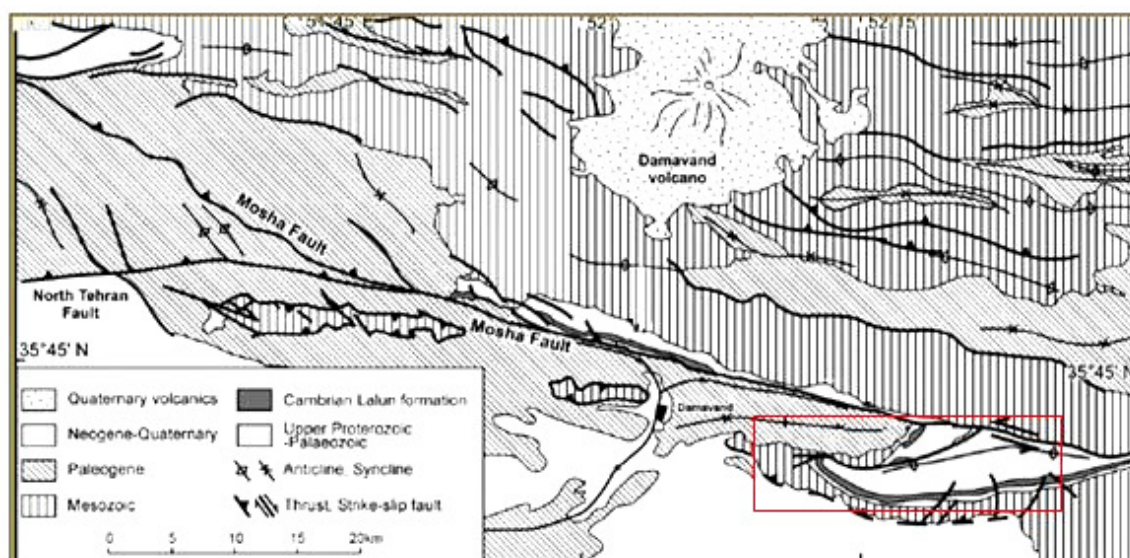
بحث

زمین شناسی ساختمانی

البرز مجموعه‌ای از صفحات راندگی است که توسط دگرشکلی‌های فشارشی سنوزوئیک پسین ایجاد شده است [2]. راندگی مشا یکی از ساختارهای فعال عمده در حاشیه جنوبی البرز مرکزی و مرز بین توالی‌های سنوزوئیک و پالئوزوئیک می‌باشد [4]. گسل مشا در نقشه فرم سینوسی شکل دارد. شیب آن همیشه به سمت شمال و بین ۳۵ تا ۷۰ درجه می‌باشد. گسل مشا یکپارچه نبوده و شامل چندین قطعه گسلی می‌باشد [8]. این گسل هندسه پیچیده‌ای دارد و آن نتیجه تغییر در روند و توسعه شاخه‌های فرعی می‌باشد. روند گسل در شرق E-W، در مرکز NW - SE و در غرب ENE - WSW می‌باشد [6].

تاقدیس آینه‌ورزان - دلیچای تحت تأثیر بخش شرقی گسل مشا می‌باشد.

این تاقدیس که در بخش شرقی البرز مرکزی و در شرق شهر دماوند واقع شده، بین عرض جغرافیایی ۳۸'، ۳۵' تا ۴۲'، ۳۵' شمالی و طول جغرافیایی ۰۸'، ۵۲' تا ۳۰'، ۵۲' شرقی قرار دارد (شکل ۱). این تاقدیس که در فرو دیواره گسل مشا قرار دارد، شامل نهشته‌هایی از پرکامبرین پسین (سازند بایندر) تا ائوسن (سازند فجن) می‌باشد، که از قدیم به جدید شامل: سازندهای بایندر، سلطانیه، باروت، زاگون، لالون، کوارتزیت بالایی، میلا، جیروود، درود، روته، الیکا، شمشک، دلیچای، لار و فجن می‌باشد. سازند بایندر هسته تاقدیس آینه‌ورزان - دلیچای را تشکیل می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت مکانی تاقدیس آینه‌ورزان - دلیچای و گسل مشا [3].

روش تحقیق

شاخص‌های مورفوتکتونیکی نام دارند. بعضی از این شاخص‌ها در مطالعات مقدماتی به کار می‌روند که به منظور تشخیص نواحی با دگرشکلی سریع تکتونیکی انجام می‌شوند. این مطالعات در برنامه‌ریزی تحقیقات ما را یاری می‌کنند به نحوی که قادر می‌شویم جزئیات بیشتری را درباره تکتونیک فعال بدست آوریم.

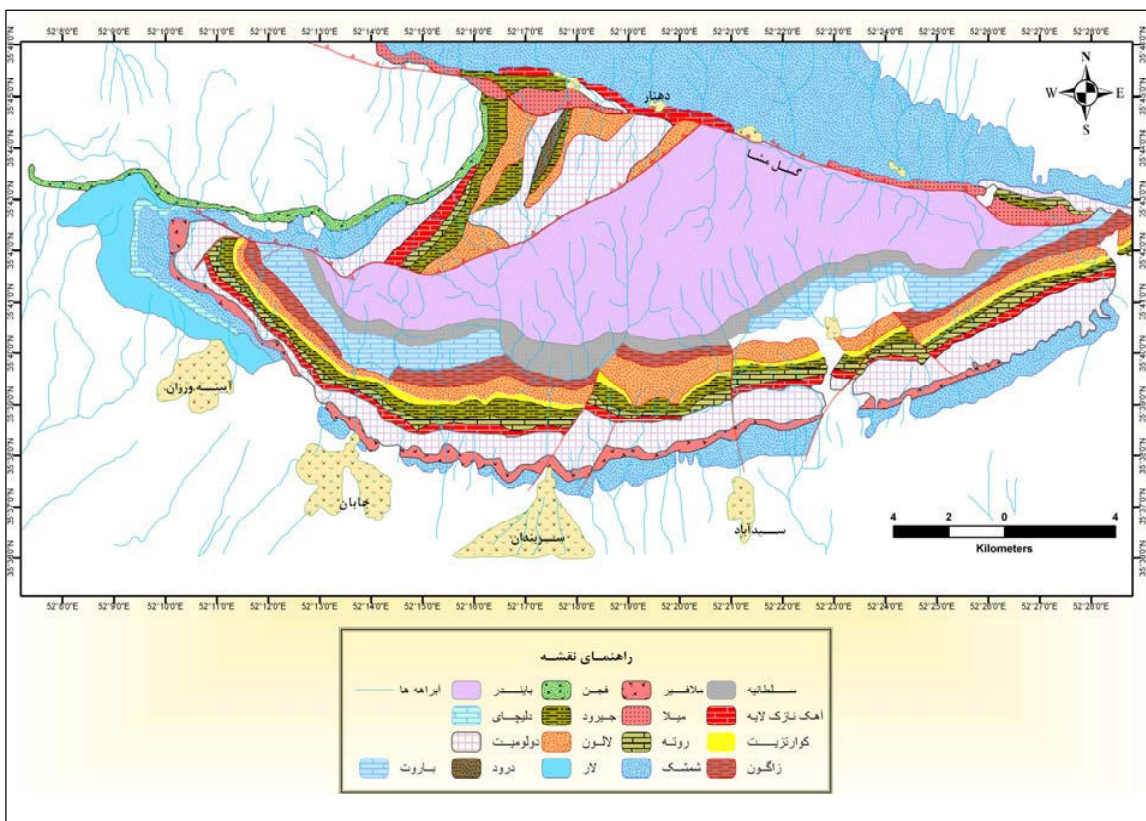
از جمله شاخص‌های مورد استفاده ضمن مطالعات تکتونیک فعال می‌توان به فهرست زیر اشاره نمود:

- ۱- عدم تقارن حوضه آبریز (A_F)
- ۲- سینوسیته پیشانی کوه (S_{mf})
- ۳- درصد مسطح‌شدگی پیشانی کوهستان (Facet)
- ۴- نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (V_f)

مورفومتری را چنین تعریف می‌کنند: مطالعه توپوگرافی و شکل چشم‌اندازها که از طریق اندازه‌گیری‌های کمی انجام می‌شود. شکل لندفرم‌ها را بر اساس اندازه، ارتفاع (حداکثر، متوسط، حداقل)، شیب آنها می‌توان مشخص نمود [7].

تبدیل توصیف‌های کیفی به اندازه‌گیری‌های کمی مقایسه معقول لندفرم‌ها را ضمن مطالعات ژئومورفولوژی آسانتر می‌کند، به علاوه اثر سلايق و اظهار نظرهای شخصی را در نتیجه نهایی به حداقل رسانده، حصول دقت بیشتر را سبب می‌شود.

هنگام انجام مطالعات مورفومتری به تناسب هدف می‌توان از شاخص‌های متنوعی بهره گرفت، که



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی - ساختاری تاقدیس آینه‌ورزان - دلچای

عدم تقارن حوضه آبریز (A_F)

شبکه‌های آبریز مناطق با دگرشکلی فعال تکتونیکی، از الگو و هندسه خاصی برخوردار هستند. به منظور تعیین کج شدگی تکتونیکی در این مناطق از عامل عدم تقارن (A_F)، (Asymetry Factor)، کمک می‌گیریم. این شاخص از طریق رابطه (۱) بدست می‌آید:

$$A_F = 100 (A_r) / (A_t) \quad (1)$$

در این رابطه A_F عدم تقارن حوضه آبریز، A_r مساحت حوضه سمت راست (پایین دست رودخانه) کانال رودخانه و A_t مساحت کل حوضه می‌باشد. در صورتی که حوضه متقارن باشد مقدار A_F برابر ۵۰٪ است، یعنی حوضه متقارن بوده و رودخانه از مرکز حوضه عبور می‌کند. مقدار A_F نسبت به تاب برداشتگی عمود بر روند کانال اصلی رود حساس می‌باشد. اگر رودخانه به یک سمت از حوضه تمایل یابد مقدار A_F بیشتر و یا کمتر از ۵۰ می‌شود که بالطبع نشانه کج شدگی در حوضه است.

A_F برای حوضه آبریز یک برابر ۷۸٪، برای حوضه آبریز دو ۶۹٪، برای حوضه آبریز سه ۸۷٪، برای حوضه چهار ۷۱٪، برای حوضه پنج ۶۷٪، برای حوضه شش ۴۹٪ و برای حوضه هفت ۵۶٪ می‌باشد.

عامل تقارن توپوگرافی عرضی (T)

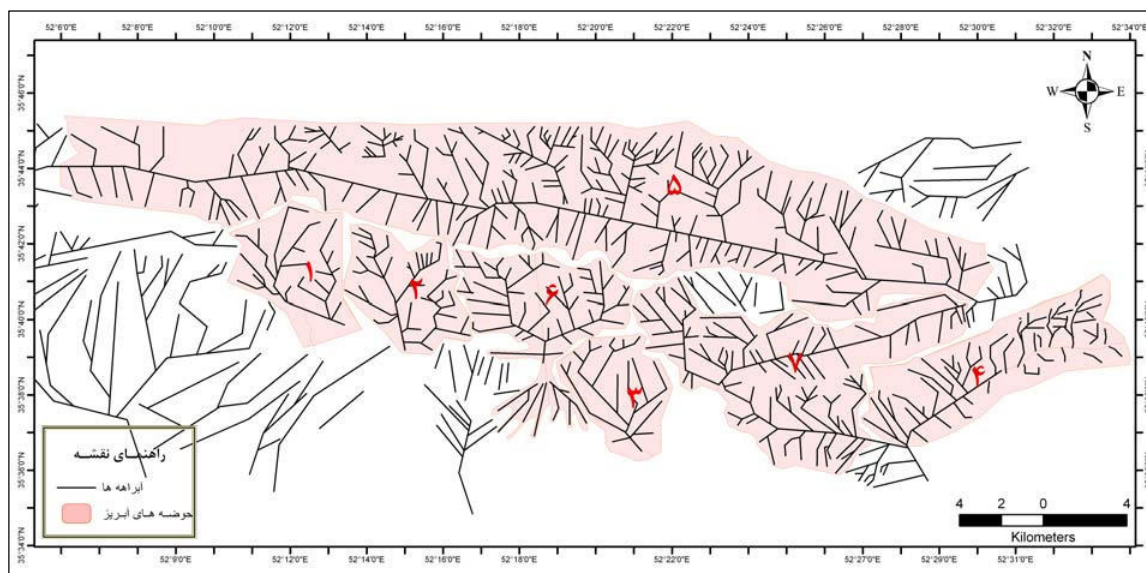
شاخص کمی دیگری که می‌توان آن را برای نمایش عدم تقارن حوضه مورد استفاده قرار داد، عامل تقارن عرضی توپوگرافی (Transverse Topographic Symmetry Factor) می‌باشد که طبق فرمول (۲) محاسبه می‌گردد:

$$T = D_a / D_d \quad (2)$$

در این رابطه D_a فاصله خط میانی حوضه آبریز تا خط میانی کمر بند مآندری فعال و D_d فاصله بین خط میانی حوضه تا خط تقسیم (divide) می‌باشد و در حوضه‌های کاملاً متقارن مقدار T، صفر و با افزایش عدم تقارن بر مقدار آن افزوده شده، به ۱ نزدیک می‌شود.

A_F و T شاخص‌های مناسبی برای شناسایی سریع کج شدگی تکتونیکی به شمار می‌روند.

مقدار T برای حوضه آبریز یک برابر ۵۶٪، برای حوضه دو برابر ۴۳٪، برای حوضه سه برابر ۶۴٪، برای حوضه چهار برابر ۴۱٪، برای حوضه پنج برابر ۴۰٪، برای حوضه شش برابر ۱۲٪ و برای حوضه هفت برابر ۱۶٪ می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه سیستم آبراه‌ها و حوضه‌های آبریز تاقدیس آینه‌ورزان- دلپچای

شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستانی (S_{mf})

$$S_{mf} = L_{mf} / L_s \quad (3)$$

در این رابطه S_{mf} پیچ و خم کوهستان، L_{mf} طول پیشانی کوه در امتداد کوهپایه در محل شکستگی واضحی در شیب و L_s طول خط مستقیم ترسیم شده به موازات جبهه مورد نظر می‌باشد.

در بخش شمالی، مقدار میانگین شاخص S_{mf} ، $1/14$ و در بخش جنوبی $1/64$ می‌باشد. بخش شمالی تاقدیس دارای S_{mf} کمتری نسبت به بخش جنوبی است (جدول ۱).

این شاخص توازن بین نیروهای فرساینده که تمایل دارند فرورفتگی‌هایی در جبهه‌های کوهستان حفر نمایند، و نیروهای تکتونیکی که گرایش به ایجاد جبهه‌های خطی دارند، را نشان می‌دهد. جبهه‌های کوهستانی که در حال تحمل بالآمدگی باشند نسبتاً خطی بوده و با مقادیر کمتر S_{mf} مشخص می‌شوند، با کاهش نرخ بالآمدگی S_{mf} افزایش می‌یابد. این شاخص با استفاده از عکس‌های هوایی و نقشه‌های توپوگرافی محاسبه می‌شود و بر مبنای رابطه (۳)

محاسبه می‌گردد:

جدول ۱- داده‌های مربوط به پیچ و خم پیشانی کوهستان تاقدیس آینه‌ورزان-دلیچای

شماره جبهه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
S _{mf}	۱/۲۹	۱/۱۱	۱/۳۹	۱/۰۴	۱/۰۷	۱/۰۵	۱/۲۴	۱/۲۱	۱/۲۷	۲/۴۹

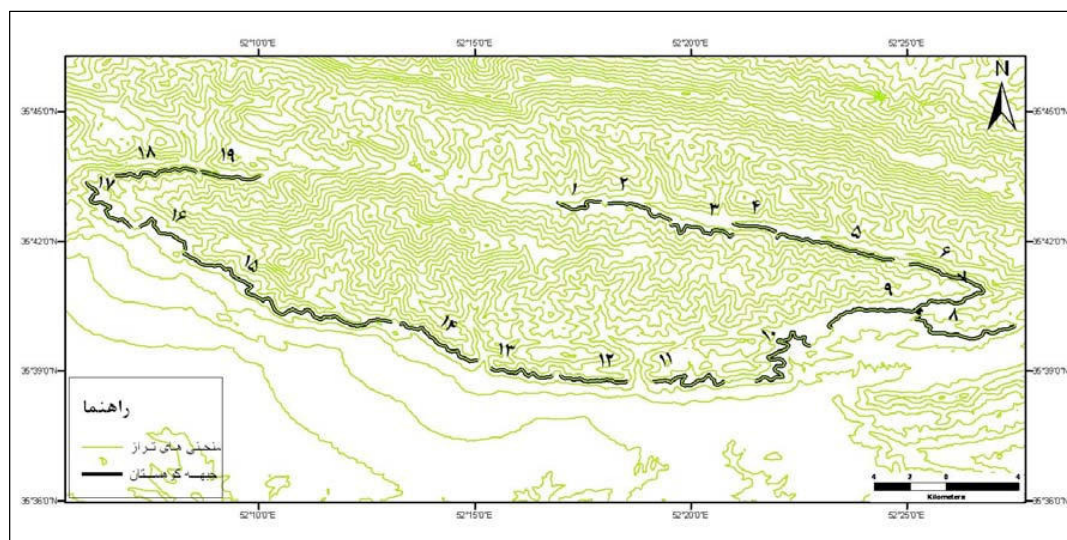
شماره جبهه	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹
S _{mf}	۱/۴۶	۱/۰۷	۱/۲۰	۱/۱۵	۱/۱۹	۱/۴۳	۱/۳۹	۱/۱۷	۱/۰۶

مستقیم پیشانی کوهستان می‌باشد. درصد‌های بالا نشانگر فعال بودن پیشانی کوهستان است. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده، داده‌های درصد مسطح شدگی جبهه‌های کوهستانی این تاقدیس در یال شمالی بیشتر و نزدیک به ۱۰۰٪ می‌باشد که همانطور که نشان دهنده فعال‌تر بودن این یال نسبت به یال جنوبی می‌باشد.

درصد مسطح شدگی پیشانی کوهستانی (Facet%) درصد مسطح شدگی پیشانی کوهستان اولین بار توسط Wells و همکاران (1988) ارائه شده است و از رابطه (۴) محاسبه می‌گردد:

$$\text{Facet \%} = (L_f / L_s) 100 \quad (۴)$$

در این رابطه L_f: طول پیشانی جبهه کوهستان درست در محلی که شیب شکسته می‌شود و L_s: طول خط



شکل ۴- جبهه کوهستانی منتخب در تاقدیس مورد مطالعه

جدول ۲- داده‌های مربوط به درصد مسطح‌شدگی جبهه‌های کوهستانی تاقدیس آینه‌ورزان - دلچای

شماره جبهه	L_f	L_s	Facet%
۱	۰/۰۱۵۲	۰/۰۱۶۶۱	۹۱/۹۲
۲	۰/۰۲۱۱	۰/۰۲۶۴۱	۸۰
۳	۰/۰۱۵۷	۰/۰۲۵۱۷	۶۲/۷۱
۴	۰/۰۱۶۶	۰/۰۱۶۸۷	۹۸/۳۷
۵	۰/۰۴۴۹	۰/۰۴۵۱۲	۹۹/۵۱
۶	۰/۰۲۳۴	۰/۰۳۲۰۹	۷۳/۰۲
۷	۰/۰۱۸	۰/۰۲۵۰۷	۷۱/۸۹
۸	۰/۰۲۱۲	۰/۰۳۸۵۴	۵۵/۰۹
۹	۰/۰۳۲۹	۰/۰۳۵۲۳	۹۳/۵۶
۱۰	۰/۰۱۷۷	۰/۰۲۵۵۶	۶۹/۲۸
۱۱	۰/۰۱۸۲	۰/۰۲۷۷۴	۶۵/۹۳
۱۲	۰/۰۲۵۶	۰/۰۲۶۱۸	۹۸/۰۶
۱۳	۰/۰۱۰۹	۰/۰۲۴۳	۴۴/۹۶
۱۴	۰/۰۱۸	۰/۰۳۳۸۸	۵۳/۲
۱۵	۰/۰۷۲۶	۰/۰۸۳۹۲	۸۶/۶
۱۶	۰/۰۰۹۳	۰/۰۱۸۷۵	۴۹/۶
۱۷	۰/۰۱۶۲	۰/۰۲۵۹۹	۶۲/۶۴
۱۸	۰/۰۲۳۵	۰/۰۳۱۵۴	۷۴/۵۲
۱۹	۰/۰۲۳۵	۰/۰۲۳۶۲	۹۹/۵

نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره (V_f)

این نسبت از رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$V_f = 2V_{fw} / ((E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})) \quad (5)$$

در رابطه فوق، V_{fw} پهنای کف دره، E_{ld} و E_{rd} به ترتیب ارتفاع دیواره سمت راست و چپ دره و E_{sc} ارتفاع بستر دره می‌باشد. سمت راست و چپ دره با نگاه در جهت پایین رود تعیین می‌شود. مقادیر

کوچک V_f در دره های V شکل محاسبه می شود و عملکرد تکتونیک فعال را مشخص می سازد. در حالی که مقادیر بزرگ V_f به دره های U شکل پدید آمده در اثر فرسایش جانبی مربوط می شود. مقادیر بزرگ V_f از ثبات تکتونیکی منطقه حکایت می کند.

همانطور که در جدول ۳ نشان داده شده، مقدار V_f در یال شمالی تاقدیس آینه ورزان- دلیچای به یک نزدیک تر می باشد و نشان دهنده دره های V شکل می باشد.

جدول ۳- داده های مربوط به نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دیواره آن

V_f	E_{sc}	E_{rd}	E_{ld}	V_{fw}	دره ها
۲/۲۹	۲۵۰۰	۲۷۰۰	۲۵۵۶	۲۹۴	دره جابان
۲/۶۹	۲۵۰۰	۲۶۴۹	۲۵۷۰	۲۶۸	دره جابان
۱/۷۱	۲۵۰۰	۲۷۱۷	۲۷۴۳	۳۹۵	دره جابان
۲/۰۸	۲۶۰۰	۲۹۵۸	۲۷۷۴	۵۵۵	دره سرپندان
۲/۴۱	۲۶۰۰	۲۸۷۴	۲۷۲۳	۴۸۰	دره سرپندان
۱/۸۷	۲۶۰۰	۲۹۵۵	۲۷۷۳	۴۹۵	دره سرپندان
۲/۸۱	۲۵۰۰	۲۶۳۹	۲۷۳۴	۵۲۵	دره شمالی
۱/۹۱	۲۵۰۰	۲۸۳۵	۲۷۷۶	۵۸۵	دره شمالی
۲/۴۶	۲۴۰	۲۵۸۷	۲۵۳۴	۲۹۶	دره شمالی
۱/۹	۲۴۰۰	۲۶۱۶	۲۷۳۹	۵۳۷	دره شمالی
۱/۰۴	۲۳۰۰	۲۵۷۰	۲۵۷۴	۲۸۴	دره شمالی
۱/۳۴	۲۴۰۰	۲۸۰۰	۲۷۲۰	۴۸۵	دره شمالی
۱/۸۳	۲۴۰۰	۲۷۱۴	۲۶۹۴	۵۵۸	دره شمالی
۱/۲۹	۲۶۰۰	۲۸۳۵	۲۸۳۲	۳۰۲	دره شمالی

نمودارهای آماری

شاخص S_{mf} (پیچ و خم پیشانی کوهستانی)

ترسیم هیستوگرام شاخص S_{mf} برای جبهه‌های یال شمالی (شکل ۵) و جنوبی (شکل ۶) تاقدیس به ترتیب نشان دهنده قرارگیری حداکثر فراوانی داده‌ها در فواصل $1-1/2$ و $1/2-1/4$ و کاهش تعداد داده‌ها پس از این مقدار می‌باشد. نمودار هیستوگرام (شکل ۵) نشان می‌دهد که در یال شمالی مقادیر شاخص S_{mf} به‌اندازه‌ی کمتری بوده و این گویای فعالیت نسبی تکتونیکی بیشتر آن صرفاً بر مبنای این شاخص می‌باشد.

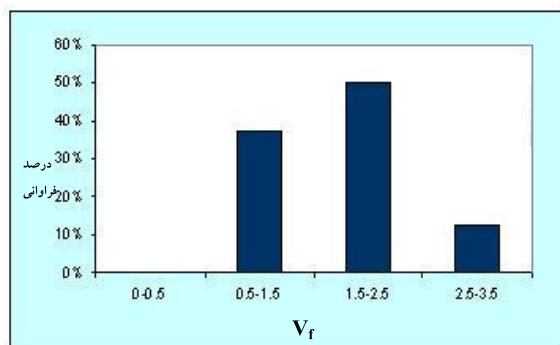
شاخص V_f (نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره)

ترسیم هیستوگرام شاخص V_f (شکل ۷ و ۸) نشان می‌دهد که اولاً تنوع رده داده‌ها در یال شمالی نسبت به یال جنوبی بیشتر است و ثانیاً ۳۵٪ داده‌ها در یال شمالی بین $1/5 - 0/5$ می‌باشد در حالی که در یال جنوبی فراوانی داده‌ها در این محدوده صفر می‌باشد.

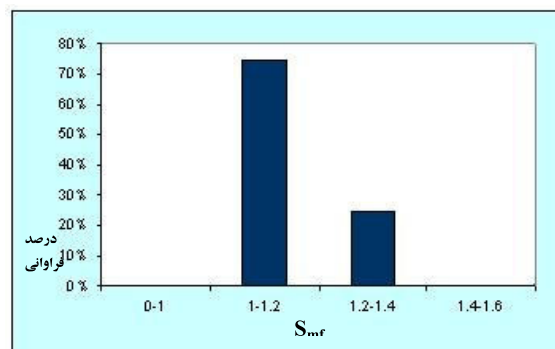
بنابراین با توجه به اینکه دامنه مقادیر شاخص V_f در یال شمالی به صفر نزدیک است، می‌توان گفت بر مبنای شاخص مزبور یال شمالی از فعالیت نسبی تکتونیکی بیشتری برخوردار است.

شاخص Facet% (درصد مسطح‌شدگی پیشانی کوهستان)

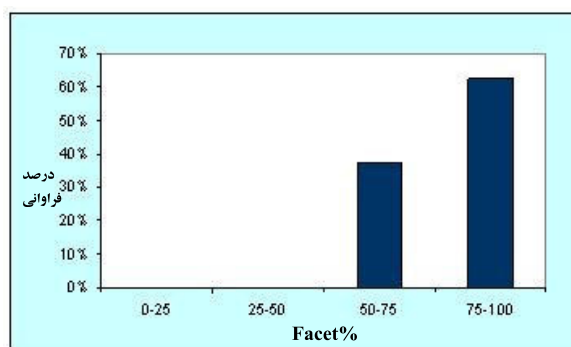
نمودارهای ۵ و ۶ نحوه تغییرات فراوانی داده‌ها را برای شاخص Facet% نمایش می‌دهند. در هیستوگرام شاخص مورد بحث، فراوانی داده‌های یال شمالی در رده $0-25\%$ و $25-50\%$ صفر می‌باشد و بیشترین تعداد در محدوده $75-100\%$ قرار گرفته است. در یال جنوبی پراکندگی داده‌ها نسبت به یال شمالی بیشتر است و بیشترین تعداد در محدوده $75-100\%$ قرار دارد. مقایسه شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان دهنده آن است مقادیر این شاخص در یال شمالی به 100% نزدیک‌تر است و بنابراین فعالیت تکتونیکی آن نیز بیشتر است.



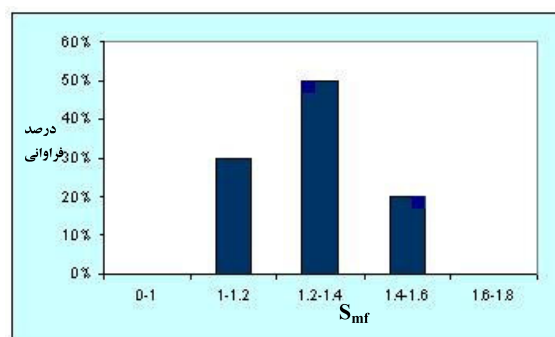
شکل ۸- هیستوگرام شاخص V_f برای یال جنوبی تاقدیس



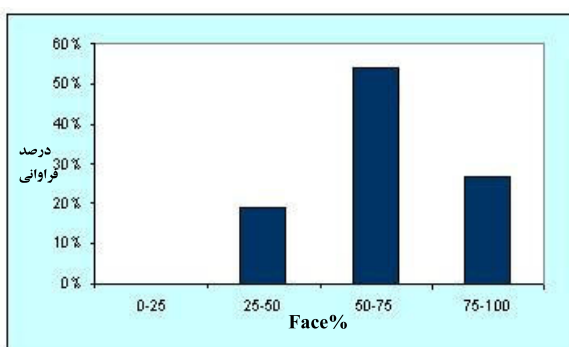
شکل ۵- هیستوگرام شاخص S_{mf} برای یال شمالی تاقدیس



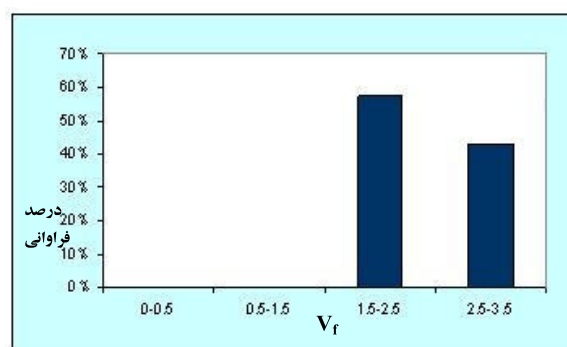
شکل ۹- هیستوگرام شاخص Facet% برای یال شمالی تاقدیس



شکل ۶- هیستوگرام شاخص S_{mf} برای یال جنوبی تاقدیس



شکل ۱۰- هیستوگرام شاخص Facet% برای یال جنوبی تاقدیس



شکل ۷- هیستوگرام شاخص V_f برای یال شمالی تاقدیس

نتیجه‌گیری

یال جنوبی ۲/۱۷ می‌باشد. مقادیر کمتر نشان‌دهنده دره‌های V شکل می‌باشند و عملکرد تکتونیک فعال را نشان می‌دهد. مقادیر شاخص عدم تقارن حوضه آبریز و عامل تقارن توپوگرافی عرضی نیز نشان‌دهنده کج‌شدگی بیشتر یال شمالی تاقدیس نسبت به یال جنوبی است. بنابراین اندازه‌گیری این شاخص‌های ریخت‌سنجی حاکی از فعالیت تکتونیکی بیشتر یال شمالی نسبت به یال جنوبی می‌باشد و این فعالیت تکتونیکی بیشتر در یال شمالی را می‌توان به حضور گسل مشا که از جمله گسل‌های فعال در البرز مرکزی می‌باشد، نسبت داد.

اندازه‌گیری شاخص‌های ریخت‌سنجی در یال شمالی و جنوبی تاقدیس آینه‌ورزان - دلچای نشان می‌دهد که مقدار شاخص پیچ و خم پیشانی کوهستانی برای یال شمالی ۱.۱۴ می‌باشد و چون کمتر از یال جنوبی است و به عدد یک نزدیک‌تر است، بنابراین نشانه خطی بودن جبهه‌های کوهستانی و تکتونیک فعال است. مقدار میانگین شاخص درصد مسطح‌شدگی پیشانی کوهستانی برای یال شمال ۰.۸۵٪ می‌باشد و چون به عدد ۱۰۰ نزدیک‌تر است، نشان‌دهنده فعال بودن پیشانی کوهستان است. مقدار میانگین شاخص نسبت پهنای کف دره به ارتفاع دره در یال شمالی ۱/۸۲ و در

منابع

- 5- Burbank, D. W. and Anderson, R. S. (2001), Tectonic Geomorphology. Blackwell Science. 267.P.
- 6- Ehteshami Moinabadi, M. and Yassaghi, A., (2006). Geometry and kinematics of the Mosha Fault, South Central Alborz Range, Iran: An example of basement involved thrusting. Journal of Asian Earth Science. V.29, P 928-938.
- 7- Keller, E.A., and Printer, N., (1996). Active Tectonics Earthquake, Uplift and Land scape ,Printce Hall, Inc.
- 8- Solaymani, Sh., Fegghi, Kh., Shabani, E., Abbassi, M.R., J.F., (2003). Preliminary Paleoseismological studies on the Mosha fault at Mosha valley. Interactional Institute of earthquake Engineering and Seismology, 89 P (in persion)
- ۱- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ دماوند، ۱۳۷۴، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- 2- Alavi, M., (1996), Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran . Journal of Geodynamics. V.21, p 1- 33.
- 3- Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M., Qorashi, M., (2003), Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz mountain, Journal of Structural Geology. V.25, P 659-672.
- 4- Berberian, M., and Yeats R.S., (2001). Contribution of archaeological data to studies of earthquake history in the Iranian Plateau, Journal Structural Geology. V.23, P 563-584.

