

بررسی خطواره‌های زمین ساختی پهنه گسله نایبند (از شهادت تا نایبندان) با استفاده از روش‌های دورسنجی

محدثه رشیدی^۱، دکتر محمود الماسیان^۲، مهندس ماهیار سلطانی^۳ و دکتر مهران عزیززاده^۴

چکیده

امروزه مطالعه خطواره‌ها با استفاده از روشهای سنجش از دور به میزان زیادی مورد توجه محققین قرار گرفته است. این گونه مطالعات به خصوص در مورد مناطق شکننده (Brittle) و مناطقی که رسوبات آبرفتی در آن گسترش زیادی دارند حائز اهمیت است. ناحیه ی گسله نایبند از جمله مناطق واجد شرایط فوق بوده است. با در نظر گرفتن مورفولوژیهای مورد انتظار مرتبط با گسلش، از چند تکنیک مختلف برای بارزسازی گسلها و شکستگیهای موجود در منطقه کمک گرفته شد: ابتدا از شماره Scene های ۱۵۹-۳۷، ۱۵۹-۳۸، ۱۶۰-۳۷، ۱۶۰-۳۸، ۱۶۰-۳۹، از تصاویر Landsat ETM⁺ (که ناحیه گسله نایبند در میان آن قرار گرفته) استفاده شد. سپس به جهت مشاهده بهتر قطع شدگی های ناگهانی لیتولوژی و جابجاییهای ناشی از گسلش، از تکنیک RGB و برای بدست آوردن ترکیب بهینه از رابطه کمک گرفته شد. به جهت داشتن توان تفکیک مکانی بالاتر، تصویر Panchromatic نیز در تصاویر ماهواره Landsat ETM⁺ نیز تلفیق گردید (Image Fusion). تکنیک بعدی اعمال فیلتر بر روی تصویر ماهواره ای با استفاده از فیلترهای Edges, Sunangle برای رویت بهتر لبه های تیز و خطوط ناشی از شکستگیها و گسلها بود. در مرحله بعد، تصویر DEM منطقه با استفاده از تکنیک Sunshading از یک جهت جغرافیایی مورد تابش مجازی نور قرار گرفت تا سایه های ایجاد شده برای شناسایی دره ها و برآمدگیهای خطی ناشی از گسلها مورد استفاده قرار گیرد. تکنیک نهایی استفاده از Band Ratio بوده عوارض طبیعی مرتبط با گسلش یکبار جداگانه روی تصاویر Grayscale و یکبار همزمان و به صورت ترکیب RGB در تصویر رنگی اعمال شده و مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با استفاده از تصاویر حاصل از تکنیکهای مذکور نقشه شکستگیهای ساختاری منطقه نایبند ترسیم شد. در شمال سیستم گسله نایبند ساختارهای دم‌اسبی در در بخش باختری مشخص و مورد مطالعه قرار گرفته اند. این گسلها با راستای شمال باختری - جنوب خاوری ایجاد شده اند. نتایج بررسی آن‌ها نشان می‌دهد گسل‌های دم‌اسبی عمدتاً کارکرد معکوس داشته و در زمین ریخت منطقه تأثیر بسزایی دارند.

کلید واژه‌ها: روشهای سنجش از دور، ناحیه گسله نایبند، تکنیک RGB، فیلترگذاری، DEM، ساختارهای دم‌اسبی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد (زمین‌شناسی تکتونیک) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- عضو هیئت علمی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته دانشگاه صنعتی شریف

۴- عضو هیئت علمی پژوهشگاه صنعت نفت

Investigation of Faults and fractures of Nayband fault zone (Shahdad to Naybandan) using remote sensing methods

Absrtact

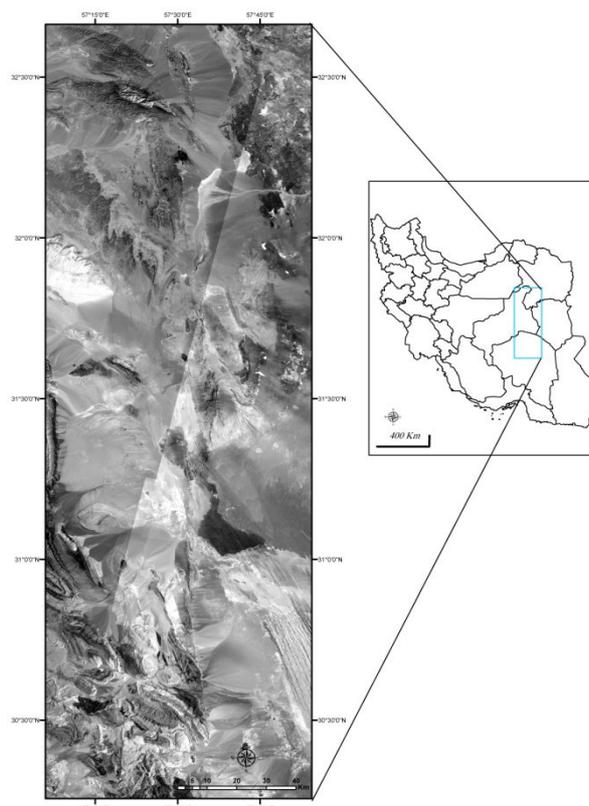
Today, Study of structural fractured and faults using remote sensing techniques have been greatly considered by researchers. Such researches are important for brittle regions and alluviums in covered areas. Nayband fault zone is an area with the above mentioned conditions. With considering morphologies related with faulting, the several image (159-37,159-38,159-39,160-37,160-38,160-39) taken by Landsat ETM⁺ images (Nayband Zone located in the middle of images) were used. then for better observation of lithological cutting caused by fault movement, different RGB color composite were applied and for finding the optimum RGB color composite, the OIF (Optimum Index Factor) was calculate. This image was also merged with Landsat ETM⁺ Panchromatic band for increasing the spatial resolution. The next used technique was Sunangle and Edges enhancement filters to detect of sharp edges and boundaries related to the fractures and faults. in the next step in order to detect valleys and ridges, the DEM (Digital Elevation Model) images was virtually shined Sun light from the one direction. The final Technique, Band Ratio, was used in two ways. First, using for Grayscale images. Second, on a proper RGB colored image. This technique was used for identifying more faults in understudy area. Finally, The Structural Fractures Map of Nayband Zone was drawn using the fractures detected by the foregoing techniques. In the northern part of Nayband fault system, horsetail structures were determined and studied. The faults have been created along the North West-South East. The results indicate that mainly horsetail have reverse displacement and also important effects in morphological features.

Keywords: remote sensing techniques, Nayband fault zone, RGB composition, Filtering, DEM, horsetail structures

مقدمه

بنیادی و کهن ایران است که بلوک لوت (در خاور) را از بلوک طبس (در باختر) جدا می کند (آقائباتی ۱۳۸۵). محدوده مطالعاتی دارای توالی به نسبت کامل، از سنگ‌های رسوبی ادوار مختلف زمین‌شناسی از سنگ‌های پرکامبرین پسین تا بادبزن‌های آبرفتی عهد حاضر است (شکل ۱).

محدوده مورد بررسی در خاور ایران در میان طول‌های جغرافیایی 57° تا 58° خاوری و $30^{\circ}15'$ تا $32^{\circ}45'$ شمالی قرار گرفته است. گسل شمالی - جنوبی نایبند اصلی‌ترین ساختار زمین‌ساختی در این محدوده است. گسل نایبند یکی از گسل‌های



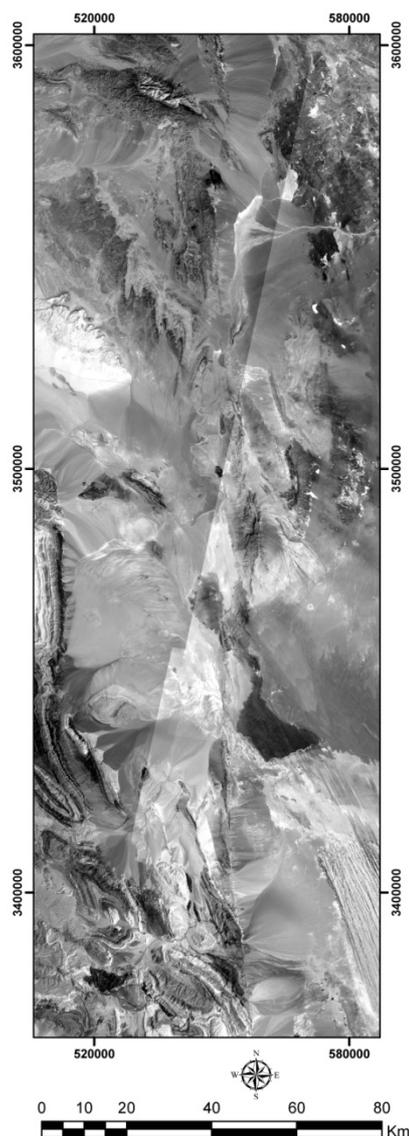
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

وجود ساختارهای تکتونیکی نظیر گسل‌ها و چین‌ها و همچنین وسعت زیاد این محدوده، استفاده از روش‌های دورسنجی را جهت بررسی و شناسایی ساختارهای مذکور، بسیار کارآمد و مفید می‌نماید. امروزه از مهمترین روش‌های مطالعه و بررسی ساختارهای تکتونیکی بهره‌گیری از پردازش تصاویر ماهواره‌ای به ویژه داده‌های سنجنده لندست ETM^+ می‌باشد. در این مقاله سعی گردید، تا با استفاده از روش‌های دورسنجی ابتدا تصاویر مناسب برای مشخص کردن ساختارهای زمین ساختی تهیه و سپس با بهره‌گیری از نرم افزارهای Arc و ER Mapper 7.1 و GIS 9.3 به بررسی و شناخت آن ساختارها پرداخته شود.

روش کار

از آنجا که محدوده مطالعاتی شهداد تا نایبند وسعتی در حدود سی هزار کیلومتر مربع دارد، لذا به منظور مطالعات دورسنجی شش Scene مربوط محدوده تهیه و موزائیک گردیدند (شکل ۲). جهت تعیین ترکیب بهینه به منظور دستیابی به ترکیب باندهای مناسب از روش و رابطه ترکیب بهینه باند (فرمول ذیل) استفاده گردید.

$$OIF = \frac{\sum_{k=1}^3 S_k}{\sum_{j=1}^3 Abs}$$



شکل ۲- تصویر نهایی پس از موزائیک کردن ۶ scene منطبق بر طول و عرض جغرافیایی.

خواهد بود. مراحل کار در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است (سلطانی، ۱۳۸۸). همانگونه که ملاحظه می شود، ترکیب بهینه حاصل ۳ و ۷ می باشد. قابل ذکر است برای اینکه از شش scene مورد استفاده قرار گرفته است. برای به دست آوردن RGB مناسب و تنها انحراف معیار یک Scene (که بیشتر محدوده را تحت پوشش قرار داده بود) مورد استفاده قرار گرفته است.

OIF یا Optimum Index Factor، پارامتری می باشد که مجموع S_k یا Standard- Deviation (انحراف معیار) k باند را نسبت به مجموع $Abs(r_j)$ یا Correlation Matrix Value (مقدار ماتریس همبستگی) همان باندها محاسبه می کند. به این ترتیب اگر OIF را برای هر کدام از ترکیبات سه گانه ممکن حساب کنیم، بزرگترین عدد بین ۲۰ حاصل تقسیم، ترکیب مورد نظر

بررسی خطواره‌های زمین ساختی پهنه گسله نایبند (از شهادت تا نایبندان) با استفاده از روش‌های دورسنجی

جدول ۱- مقادیر انحراف معیار ۶ باند انتخابی Landsat ETM⁺

باند ۷	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲	باند ۱	انحراف معیار
۱۱۴/۷۰۱	۵۸/۳۵۹	۴۳/۳۵۷	۵۵/۹۸۰	۴۲/۸۷۹	۴۳/۱۲۱	

جدول ۲- مقادیر ماتریس همبستگی ۶ باند مورد استفاده Landsat ETM⁺

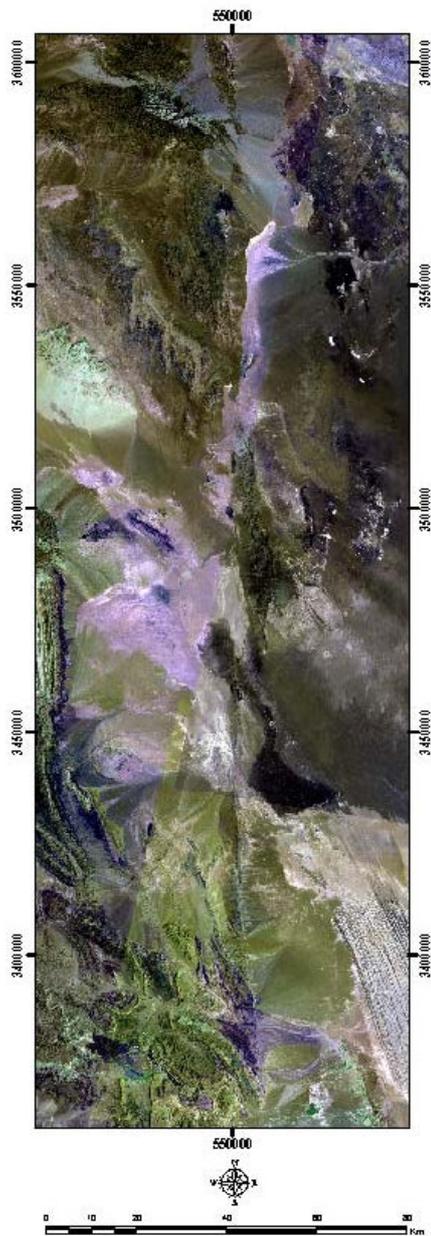
باند ۷	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲	باند ۱	ماتریس همبستگی
۰/۹۸۶	۰/۹۶۹	۰/۹۸۴	۰/۹۹۰	۰/۹۹۷	۱	باند ۱
۰/۹۷۵	۰/۹۷۹	۰/۹۹۳	۰/۹۹۷	۱	۰/۹۹۷	باند ۲
۰/۹۶۵	۰/۹۸۴	۰/۹۹۸	۱	۰/۹۹۷	۰/۹۹۰	باند ۳
۰/۹۵۹	۰/۹۸۸	۱	۰/۹۹۸	۰/۹۹۳	۰/۹۸۴	باند ۴
۰/۹۴۶	۱	۰/۹۸۸	۰/۹۸۴	۰/۹۷۹	۰/۹۶۹	باند ۵
۱	۰/۹۴۶	۰/۹۵۹	۰/۹۶۵	۰/۹۷۵	۰/۹۸۶	باند ۷

جدول ۳- محاسبه و مقایسه مقادیر OIF کلیه ترکیبات ممکن RGB و بدست آوردن ترکیب بهینه (۷ و ۳ و ۵).

OIF	مجموع ماتریس همبستگی	مجموع انحراف معیار	ترکیب باندها
۴۷/۵۸۰	۲/۹۸۴	۱۴۱/۹۸	۱ و ۲ و ۳
۴۳/۴۹۵	۲/۹۷۴	۱۲۹/۳۵۷	۱ و ۲ و ۴
۴۹/۰۱۸	۲/۹۴۵	۱۴۴/۳۹۵	۱ و ۲ و ۵
۶۷/۸۵۰	۲/۹۵۸	۲۰۰/۷۰۱	۱ و ۲ و ۷
۴۷/۹۳۳	۲/۹۷۲	۱۴۲/۴۵۸	۱ و ۳ و ۴
۵۳/۵۰۳	۲/۹۴۳	۱۵۷/۴۶	۱ و ۳ و ۵
۷۲/۶۹۷	۲/۹۴۱	۲۱۳/۸۰۲	۱ و ۳ و ۷
۴۹/۲۴۷	۲/۹۴۱	۱۴۴/۸۳۷	۱ و ۴ و ۵
۶۸/۶۸۵	۲/۹۲۹	۲۰۱/۱۷۹	۱ و ۴ و ۷
۷۴/۵۱۹	۲/۹۰۱	۲۱۶/۱۸۱	۱ و ۵ و ۷
۴۷/۲۶۱	۲/۹۸۸	۱۴۲/۲۱۶	۲ و ۳ و ۴
۵۳/۱۱۴	۲/۹۶	۱۵۷/۲۱۸	۲ و ۳ و ۵
۷۲/۷۱۳	۲/۹۳۷	۲۱۳/۵۶	۲ و ۳ و ۷
۴۸/۸۴۹	۲/۹۶	۱۴۴/۵۹۵	۲ و ۴ و ۵
۶۸/۶۴۹	۲/۹۲۷	۲۰۰/۹۳۷	۲ و ۴ و ۷
۷۴/۴۶۱	۲/۹	۲۱۵/۹۳۹	۲ و ۵ و ۷
۵۳/۰۹۶	۲/۹۷	۱۵۷/۶۹۶	۳ و ۴ و ۵
۷۳/۲۵۰	۲/۹۲۲	۲۱۴/۰۳۸	۳ و ۴ و ۷
۷۹/۱۱۵	۲/۸۹۵	۲۲۹/۰۴	۳ و ۵ و ۷
۷۴/۸۰۷	۲/۸۹۳	۲۱۶/۴۱۷	۴ و ۵ و ۷

(Grayscale) و در مد Intensity به تصویر RGB حاصل (Image Fusion)، توان تفکیک مکانی تصویر به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد (مالمیریان، ۱۳۷۹) (شکل ۳).

در نهایت از ترکیبات مذکور، ترکیب ۷۵۳ انتخاب گردید (باند ۷ به قرمز، باند ۵ به سبز و باند ۳ به آبی اختصاص داده شد). با تلفیق تصویر Panchromatic سنجنده ETM⁺ (با پیکسلهایی به ابعاد ۱۵*۱۵ متر) به صورت خاکستری



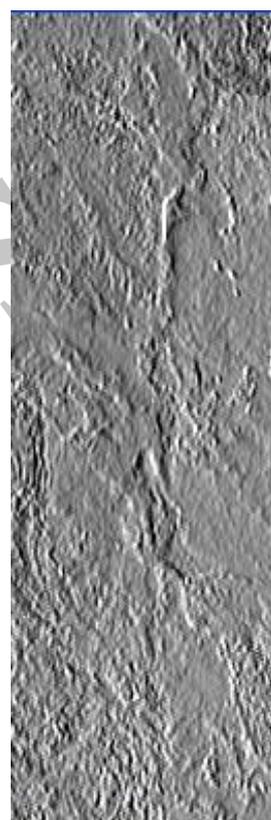
شکل ۳- تصویر ۷۵۳ RGB= لندست به انضمام باند Panchromatic

فیلترگذاری (Filtering)

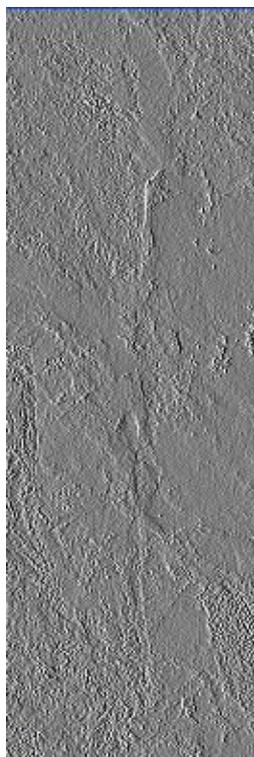
فیلترهای استفاده شده در این فعالیت فیلترهای Sunangle و Edges می‌باشد. فیلتر Sunangle در یک جهت اصلی خاوری و یک جهت فرعی شمال شمال خاور به تصویر Panchromatic اعمال گردید (شکل ۴ و ۵).



شکل ۵- تصویر باند ۸ (Panchromatic) زون نایبند پس از اعمال فیلتر Sunangle؛ جهت تابش خورشید از شمال خاور.



شکل ۴- تصویر باند ۸ (Panchromatic) زون نایبند پس از اعمال فیلتر Sunangle؛ جهت تابش خورشید از خاور.

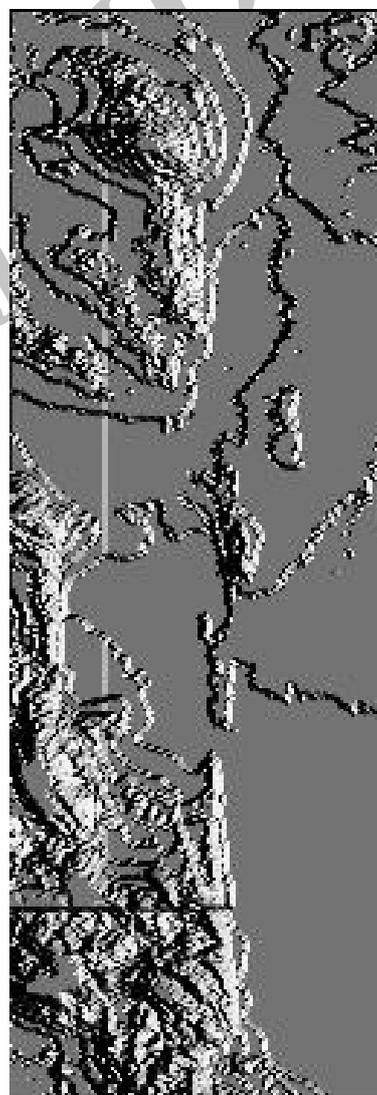


شکل ۶- تصویر باند ۸ (Panchromatic) زون نایبند پس از اعمال فیلتر Edges.

فیلتر دیگری که مورد استفاده قرار گرفت، فیلتر Edges می‌باشد. در شکل ۶ تصویر حاصل از اعمال این فیلتر نمایش داده شده است. همان‌طور که در شکل مشخص است با استفاده از این فیلتر لبه‌ها نمایان می‌گردند (علوی پناه، ۱۳۸۲).

به کارگیری تصاویر DEM

تکنیک استفاده از تصاویر DEM در یک جهت جغرافیایی و با زاویه نزدیک به افق برای ایجاد سایه مجازی (Sunshading) به کار گرفته شد و سپس برای رسم خطوط توسط سایه ها به کار گرفته شد. شکل ۷ یکی از تصاویر یاد شده را با جهت تابش مجازی نور از سمت خاور نمایش می دهد (حاجی، ۱۳۸۷).



شکل ۷- تصویر DEM زون نایبند دارای Sunshading؛ جهت تابش خورشید از خاور.

بهره گیری از نسبت بانندی

(Band Ratioing)

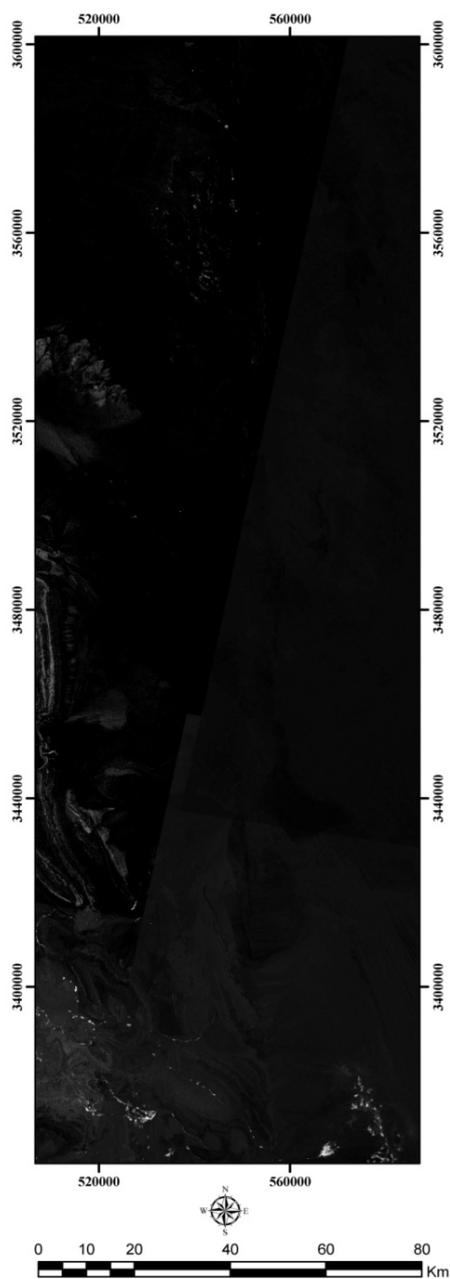
برای شناسایی آثار شکستگیهای ساختاری، بررسی سه عارضه مرتبط (خطی) مفید است:
 (۱) تجمع آثار رس و کانیهای رسی و دیگر مواد هیدروترمال (در اطراف پهنه گسلها).
 (۲) تجمع ترکیبات آهن (بیرون زده در بازشدگی شکستگیها).

(۳) پوشش خطی گیاهی (که در اطراف گسلها معمولاً بیشتر گسترش دارد).
 تکنیکهای فوق در دو حالت مختلف به کار گرفته شد:

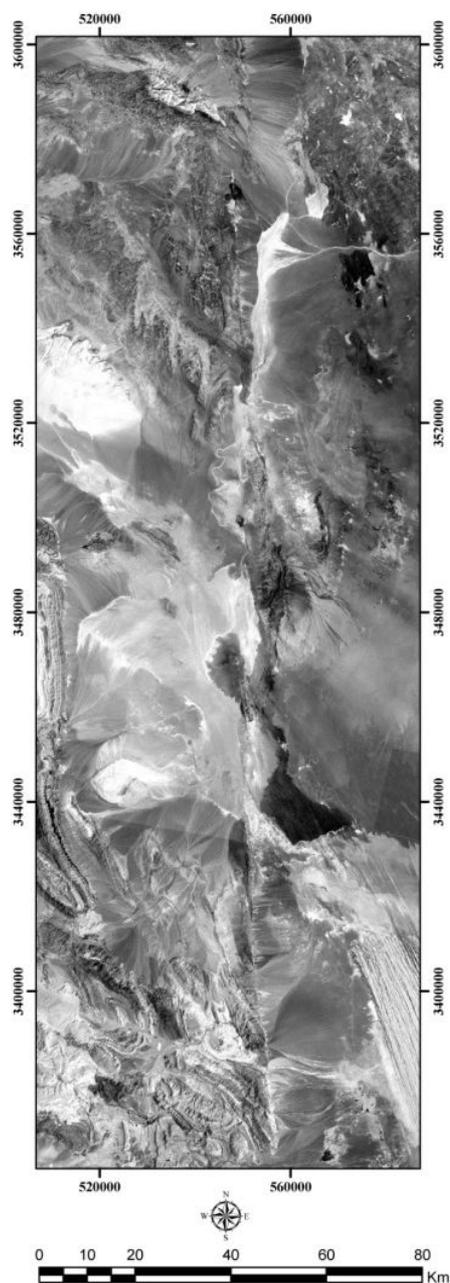
الف) روی تصاویر خاکستری (Grayscale) ب) بر روی تصاویر مرکب RGB

در حالت نخست برای بارزسازی هر کدام از عوارض نامبرده، نسبت بانندی مربوطه به طور جداگانه اعمال شد. شکل ۸ تصویر خاکستری نسبت ۳/۱ برای کانیهای آهن دار، شکل ۹ نسبت ۴/۳ برای گیاهان و شکل ۱۰ نسبت ۵/۷ برای رسها و سنگهای دگرسان شده هیدروترمال را نشان می دهد. در حالت دوم (شکل ۱۱) نسبت ۳/۱ به کانال قرمز، نسبت ۴/۳ به کانال سبز و نسبت ۵/۷ به کانال آبی نسبت داده شده است. در تصاویر حاصل از هر دو روش، ساختار خطی گسلها بوضوح مشخص است (حاجی، ۱۳۸۷).

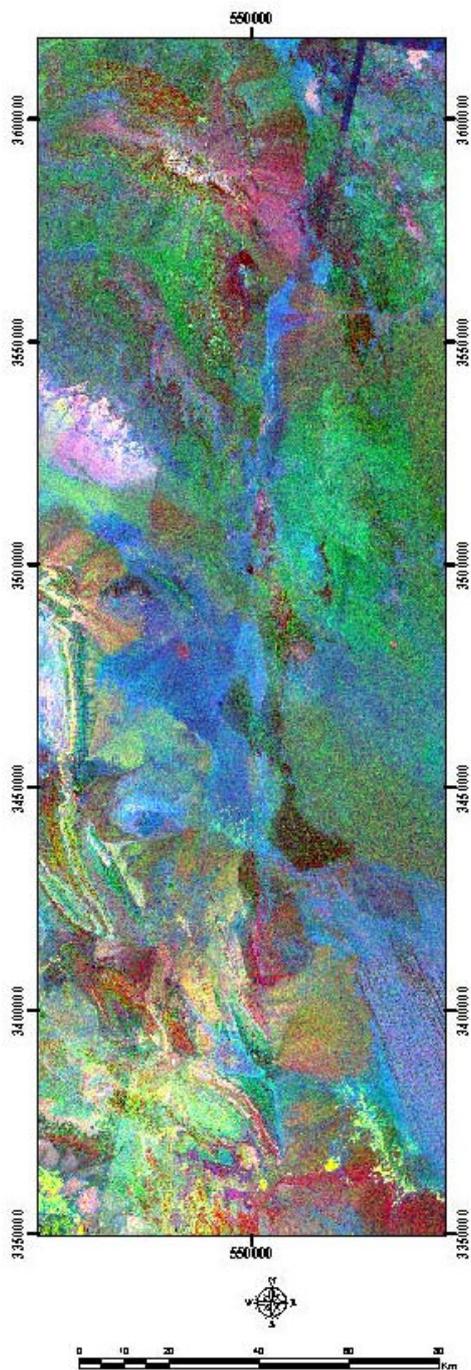
بررسی خطواره‌های زمین ساختی پهنه گسله نایبند (از شهادت تا نایبند) با استفاده از روش‌های دورسنجی



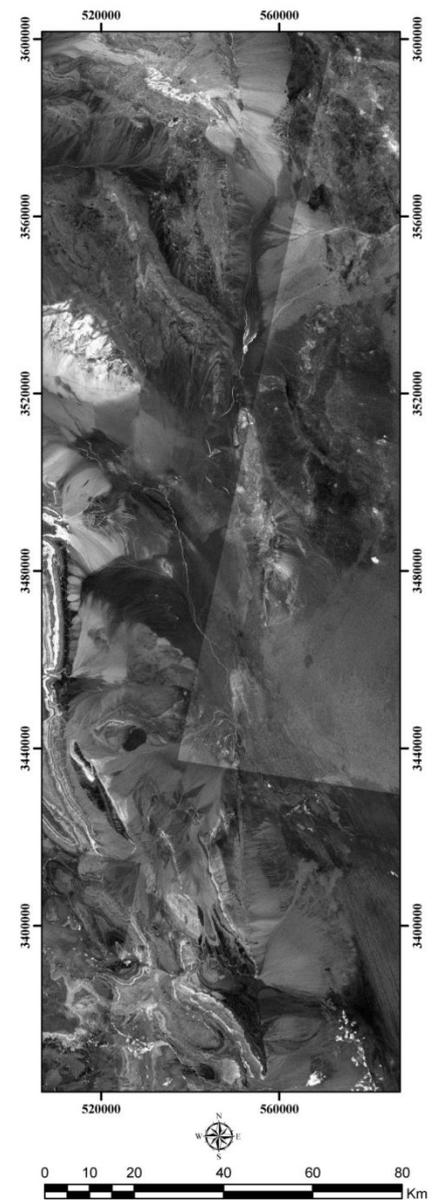
شکل ۹- نسبت ۴/۳ در تصویر خاکستری؛ نواحی با پوشش گیاهی روشن تر از غیرگیاهان دیده می‌شوند.



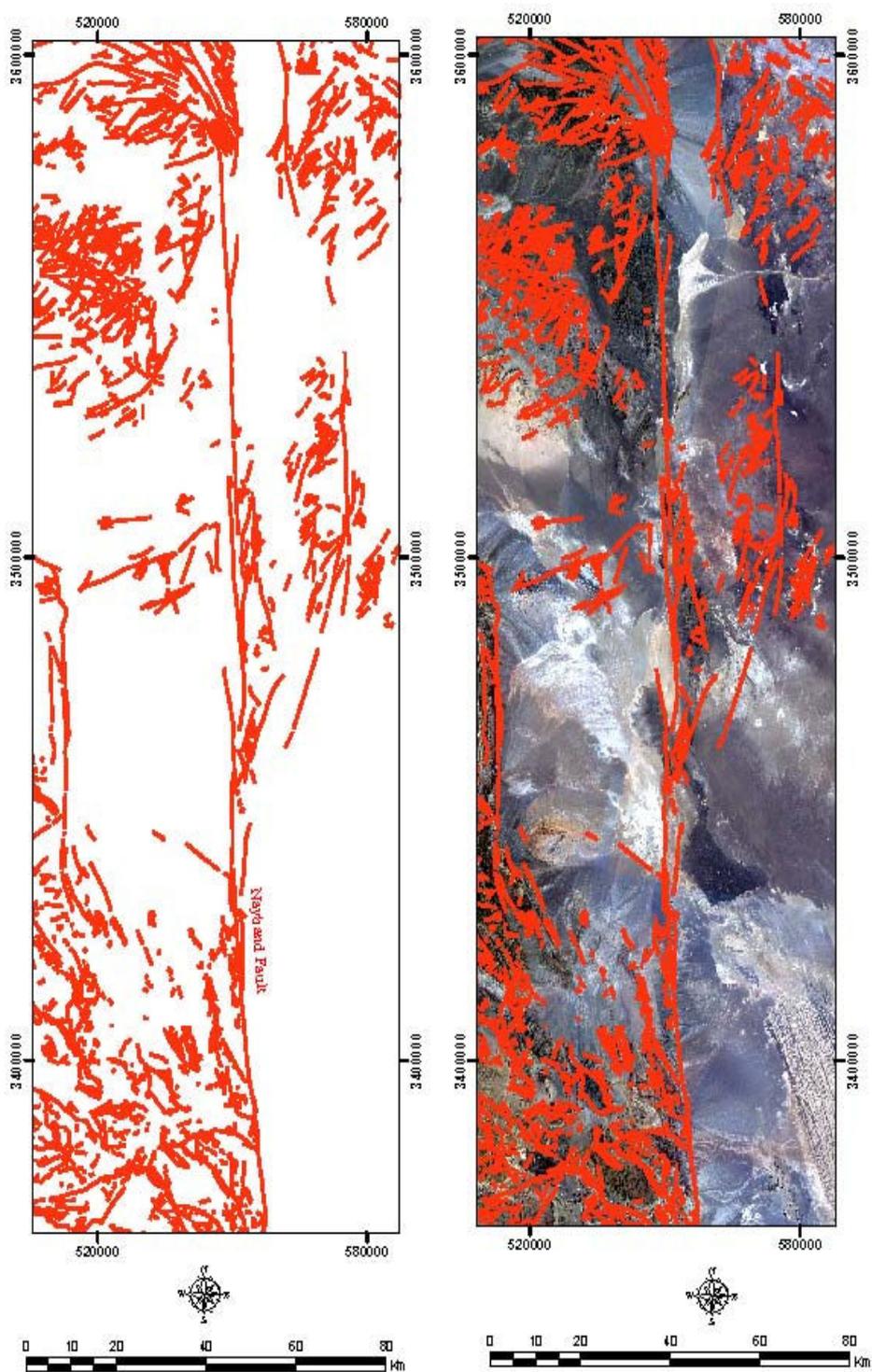
شکل ۸- نسبت ۳/۱ در تصویر خاکستری؛ نواحی دربردارنده کانیهای آهن فریک روشنتر از مناطق دیگر دیده می‌شوند.



شکل ۱۱- نسبتهای بانندی در تصویر RGB: رسها به رنگ قرمز، گیاهان به رنگ زرد و کانیهای آهن دار آبی می باشند.



شکل ۱۰- نسبت ۵/۷ در تصویر خاکستری؛ نواحی حاوی رسها و کانیهای هیدروترمال و گیاهان روشنتر از بقیه نقاط هستند.



ب

الف

شکل ۱۲ الف) خطواره‌های مشخص شده بر روی تصویر ماهواره‌ای RGB=۳۲۱. شکل ۱۲ ب) نقشه‌ی ساده از خطواره‌های مشخص شده و موقعیت آن‌ها نسبت به هم.

معرفی ساختارهای دم اسبی در گسل نایبند (Fault Termination Pattern)

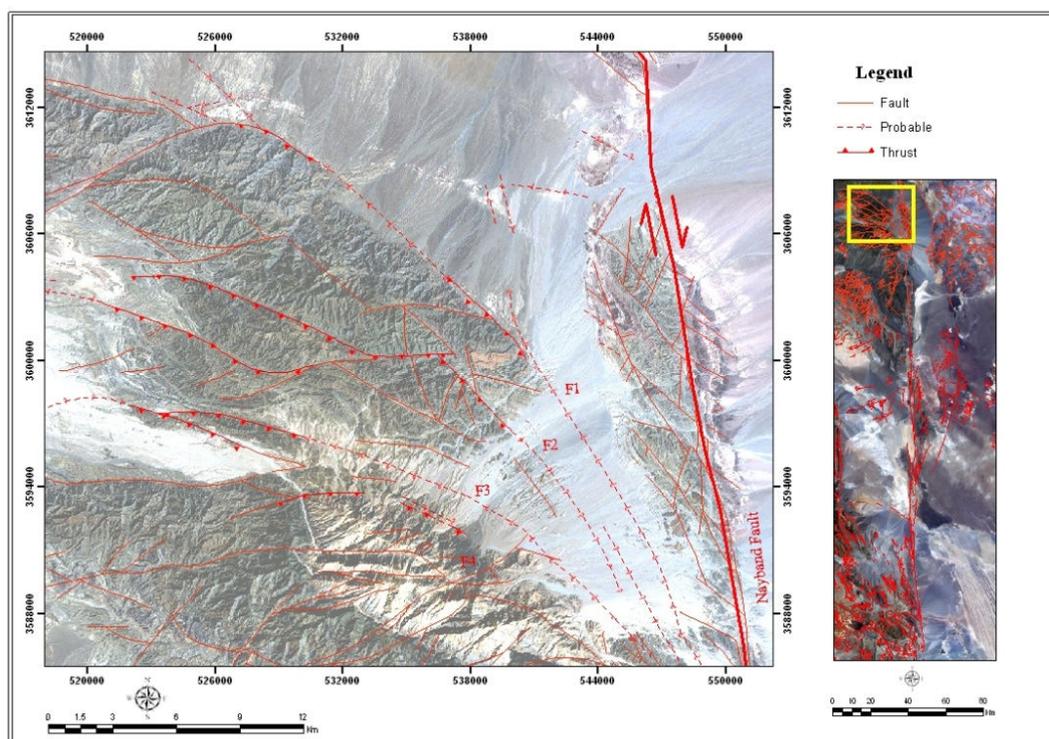
پس از مشخص شدن گسل‌ها با استفاده از روش‌های دورسنجی فعالیت‌ها در بخش شمالی گسل نایبند متمرکز گردید. در این قسمت گسل نایبند، ساختارهای دم اسبی به وضوح قابل تشخیص هستند. این گسل‌ها به نام‌های F_1 ، F_2 ، F_3 و F_4 بر روی شکل شماره ۱۳ مشخص شده‌اند.

گسل F_1 : با طولی حدود ۶۷/۶ کیلومتر سبب رانده شدن واحدهای سنگی به سن تریاس زیرین (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۹۸۱) از سوی جنوب بر روی نهشته‌های کواترنری در شمال شده است.

گسل F_2 : با طولی در حدود ۳۹ کیلومتر سبب رانده شدن شیل و ماسه سنگ‌های تریاس زیرین بر روی شیل و ماسه سنگ‌های عضو حوض شیخ در شمال با سن تریاس میانی شده است (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۹۸۱).

گسل F_3 : با طولی در حدود ۲۱ کیلومتر با کارکرد راندگی سبب رانده شدن شیل و ماسه سنگ‌های تریاس بر روی واحدهای جوان‌تر شده است.

گسل F_4 : این گسل با طولی در حدود ۱۶ کیلومتر سبب بریده شدن واحدهای سنگی تریاس در منطقه شده است. با استفاده از فعالیت‌های دورسنجی به نظر می‌رسد این گسل دارای عملکرد راستالغز راستگرد می‌باشد.

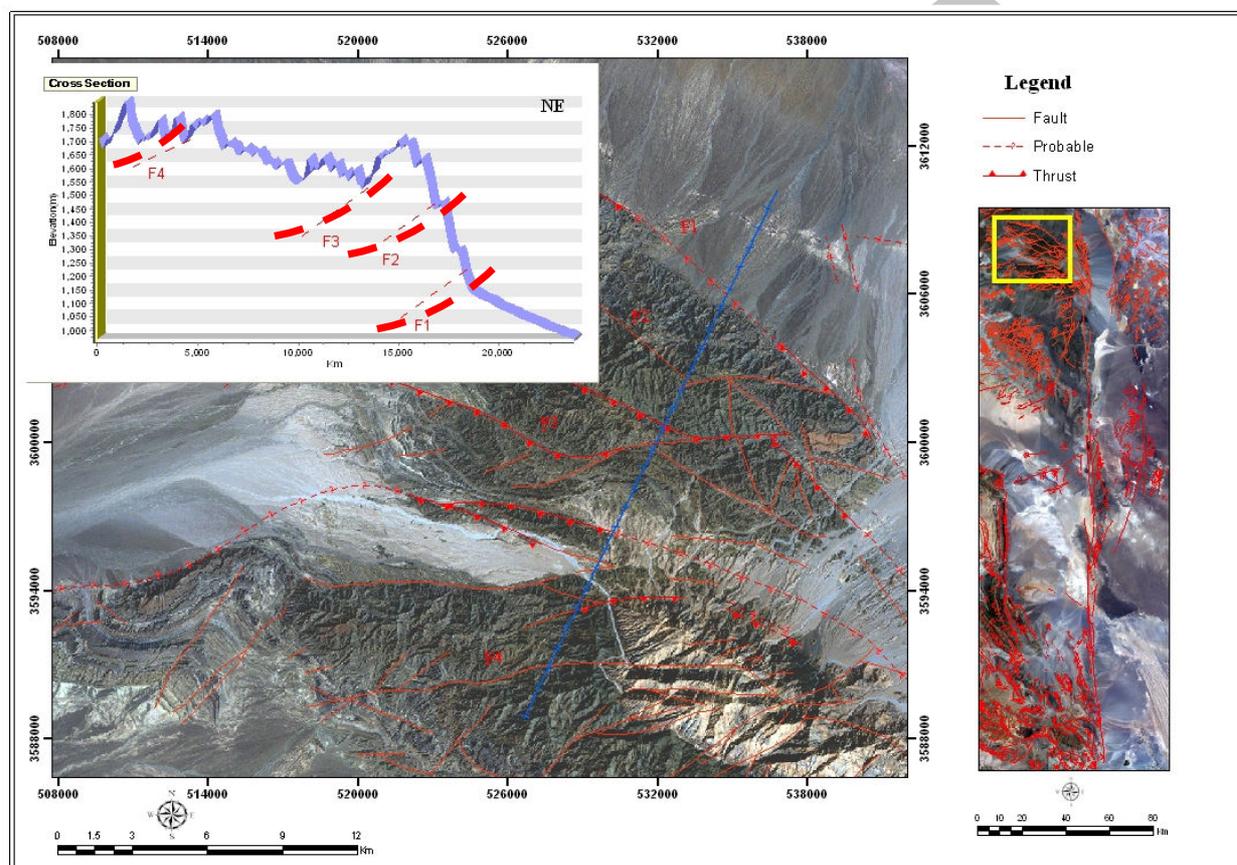


شکل ۱۳- ساختارهای دم اسبی در باختر گسل نایبند با کارکرد عمدتاً معکوس.

بررسی خطواره‌های زمین ساختی پهنه گسله نایبند (از شهداد تا نایبند) با استفاده از روش‌های دورسنجی

سمت جنوب باختر حرکت کنیم ارتفاع محدوده افزایش پیدا می‌کند. وجود گسل‌های دم اسبی با جهت شیب به سمت جنوب - جنوب باختر سبب رانده شدن واحدهای سنگی و ارتفاع گرفتن این نواحی در منطقه شده است (شکل شماره ۱۴) و در شمال خاور این ساختارها دشت مسطحی با ارتفاع حدود ۱۰۵۰ متر از سطح دریا ایجاد شده است.

بررسی‌ها نشان می‌دهد از لحاظ زمین ریخت‌شناسی نیز این گسل‌ها تأثیر عمده‌ای در منطقه دارند، به طوری که با استفاده از مقطع عرضی در جهت عمود بر امتداد گسل‌ها با راستای شمال خاور - جنوب باختر در محیط نرم افزار ArcGIS9.3 به منظور مطالعات زمین ریخت‌شناسی (مقصودی، ۱۳۸۸)، مشخص می‌گردد هر چه از شمال خاور به



شکل ۱۴- مقطع عرضی در جهت عمود بر راستای گسل‌های دم اسبی و فرازش نواحی جنوبی در این ساختار.

ساختارهای زمین ساختی به ویژه خطواره‌ها شناسایی گردیده (شکل ۱۲) و بر روی تصویر RGB=321 ترسیم گردید. همان‌طور که در شکل ۱۲ ملاحظه می‌گردد در اطراف گسل نایبند شکستگی‌های فراوانی قابل تشخیص

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پس از استفاده از تکنیک‌های عنوان شده، تصاویر مناسب جهت شناسایی شکستگی‌ها و ساختارهای زمین ساختی حاصل گردید در این راستا این تصاویر در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.3 در لایه‌های اطلاعاتی تفکیک شده قرار گرفته اند. با استفاده از این تصاویر

هستند که تشخیص این گسل‌ها در فعالیت‌های صحرائی کاری سخت می‌باشد.

بنابراین در منطقه ای با چنین وسعتی استفاده از تکنیک‌های دورسنجی به صورت هدفمند می‌تواند نقش فراوانی در تشخیص و ترسیم بسیاری از ساختارهای زمین ساختی ایفا نماید که در حالت عادی یا قابل مشاهده نیستند، یا به سختی می‌توانند رؤیت شوند.

براساس مطالعات انجام شده مشخص می‌گردد در شمال گسل نایبند ساختارهای دم‌اسبی قابل مشاهده است. در این ساختارها هر شاخه از گسل خود نیز مرکب از شاخه‌های فرعی بوده که هر شاخه خود شامل چندین شاخه‌های فرعی می‌باشد به طوری که طول شاخه‌های جنوبی در گسل نایبند (گسل F_2) به مراتب کم‌تر از گسل‌های شمالی (گسل F_1) می‌باشد. روند این گسل‌ها به طور کلی شمال باختر - جنوب خاور می‌باشد که در بعضی جاها به صورت خاوری - باختری نیز قابل رؤیت می‌باشند. بررسی‌ها نشان می‌دهد گسل‌های ساختار دم‌اسبی در شمال اغلب روند شمال باختر - جنوب خاور دارند ولی در بخش جنوبی روند کم‌وبیش خاوری - باختری پیدا می‌کنند. همچنین با توجه به مقطع عرضی که در جهت عمود بر امتداد گسل‌ها و با راستای شمال خاور - جنوب باختر ترسیم گردید، مشخص می‌شود که ساختارهای دم‌اسبی با کارکرد معکوس تأثیر مستقیمی بر زمین‌ریخت محدود دارد، به طوری که این گسل‌ها سبب شدند تا در قسمت‌های جنوب باختری، واحدهای سنگی در ارتفاع بالاتری نسبت به واحدهای سنگی شمال خاوری قرار گیرند.

منابع

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی، ۵۸۶ ص.
- حاجی، ع.، ۱۳۸۷، تحلیل ساختاری و فراکتالی سیستم‌های شکستگی منطقه تکنار (ایران مرکزی) با استفاده از داده‌های دورسنجی و مطالعات صحرائی، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پایه دامغان.
- سازمان زمین‌شناسی کشور ۱۹۸۱، چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ لکرکوه.
- سلطانی، م.، ۱۳۸۸، جزوه درسی سنجش از دور مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته دانشگاه صنعتی شریف.
- صادقی ناد، ع.، و سهامی نوش آبادی، ح.، ۱۳۷۸، مبانی دورسنجی، انتشارات دانشگاه امام حسین. ۳۵۸ ص.
- علوی پناه، س.ک.، ۱۳۸۲، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین علوم خاک، انتشارات دانشگاه تهران. ۴۷۸ ص.
- مالمیریان، ح.، ۱۳۷۹، تهیه نقشه‌های موضوعی از تصاویر ماهواره‌ای، سازمان جغرافیایی مسلح. ۳۵۰ ص.
- مقصودی، م.، ۱۳۸۸، بررسی ساختاری جنوب خاور باتلاق گاوخونی بر کانه‌زایی منطقه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد واحد تهران شمال، دانشگاه علوم پایه.