

تحلیل ساختاری گسل تبریز با استفاده از داده‌های دورسنجی

مریم محمودزاده^۱، دکتر محمود الماسیان^۲، دکتر محسن پور کرمانی^۳ و ماهیار سلطانی^۴

چکیده

منطقه مورد مطالعه قسمتی از استان آذربایجان شرقی است که مهم‌ترین عارضه تکتونیکی موجود در آن گسل شمال تبریز می‌باشد که طبق آخرین بررسی‌های انجام شده اولاً پهنای این گسل در تمام طول منطقه ثابت و یکسان نیست و ثانیاً نوع حرکت گسل، امتداد لغز راست گرد با مولفه معکوس می‌باشد. گسل تبریز در تقسیم بندی‌های زون البرز، از نظر زمین شناسی در محدوده زیر زون ماکو- تبریز واقع شده است. در بررسی عکس‌های هوایی منطقه از روی مسیر آبراهه‌ها می‌توان به حرکت امتداد لغز راست گرد گسل پی برد. به طور مثال عکس‌های هوایی گرفته شده از منطقه حوالی خواجه مرجان و نیز اطراف گوری گل، آبراهه‌ها جابه جایی‌های راست گردی را در مسیر حرکتی خود نشان می‌دهند. روند عمومی گسل تبریز شمال ۶۵ درجه غرب و شیب آن قائم است. طبق شواهد موجود به نظر می‌رسد که فعالیت این گسل از دوره دونین آغاز شده باشد، هرچند که سن قدیمی تر آن محتمل تر است. در این مقاله سعی شده است با استفاده از تکنیک‌های پردازش داده‌های ماهواره‌ای (Image processing) مغایرت تصویر را بالا برد و کارآیی تصویر حاصله را زیاد کرد. تکنیک‌های پردازش به کار گرفته شده در این پروژه عبارتند از: مغایرت (Contrast Enhancement)، ترکیب رنگی تصاویر (RGB)، اعمال فیلتر (Filtering)، تحلیل مولفه اصلی (Principal Component Analysis)، استفاده از تصاویر DEM و نسبت یابی بین باندها (Band Ratio). در ضمن در این تحقیق از داده‌های ETM+ ماهواره Land sat 7 استفاده گردید. کلید واژه‌ها: امتداد لغز راست گرد، عکس‌های هوایی، پردازش داده‌های ماهواره‌ای

Structural Analysis of Tabriz Fault by using Remote Sensing Data

Maryam Mahmoudzadeh, Dr. Mahmoud Almasian, Dr. Mohsen Poor kermani and Mahyar Soltani

Abstract

The studied area is part of East Azarbaijan Province which the important tectonic issue in that area is North Fault of Tabriz. According to the previous investigations the width of this fault is not constant and equal in that area, second the type of fault displacement is dextral strike-slip with reverse movement.

Tabriz fault in the category of Alborz Zone, from geological point of view is located in Mako-Tabriz subzone. By investigation at satellite images from the region and following the canal (water print) way can be found that the fault is dextral strike-slip.

As an example the satellite images from Khaje Marjan region and Gouri Gol, canals (water prints) shows dextral displacement in its own way of movement.

The trend of Tabriz north fault is 65 degree west and the dip is 90 degree.

According to the facts it seems that the activity of this fault starts from Devonian period, however it is possible that the age of it becomes older.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی گرایش تکتونیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۴- عضو هیأت علمی مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته دانشگاه صنعتی شریف

In this paper it is tried by using Image processing techniques contrast enhancement increases and make the image more useful for processing.

The processing techniques which are used in this paper: contrast enhancement, composition of colors (RGB), filtering, principle component analysis, using the DEM images, Band Ratio.

Finally in this paper the ETM+ data was used from landsat 7 satellite.

Keywords: dextral strike-slip, satellite images, image processing

مقدمه

و آذرین نفوذی ترشیر و نیز سازندهای قم، قرمز فوقانی و باغمیشه اشاره کرد.

سازند باغمیشه به مارن‌های دریاچه‌ای همراه با میان لایه‌هایی از زغال سنگ، گچ و ماسه سنگ اطلاق می‌شود که بیشترین برونزد آن در شمال غرب، شمال، و شمال شرقی شهر تبریز (باغمیشه) می‌باشد.

در نقشه زمین شناسی تبریز - پلدشت (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰) سن میوسن به این واحد داده شده است. بدین نحو که این واحد با مارن‌های سبز و قرمز رنگ شمال تبریز (اطراف بهلول داغی) معادل دانسته شده است. این درحالی است که در تصاویر ماهواره لندست این واحد به خوبی قابل تفکیک از سایر واحدهای میوسن می‌باشد.

در نقشه زمین شناسی تبریز (مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰) نیز سن میوسن پیشین به این واحد داده شده است. در شرح این نقشه، نمونه‌های مارنی این واحد بی فسیل ذکر شده اند، ولی با استفاده از فسیل‌های موجود در نوار آهکی این واحد، سن بوردیگالین یعنی معادل با واحدهای گچ دار و نمک دار میوسن به آن داده شده است (تقی پور، ۱۳۸۳).

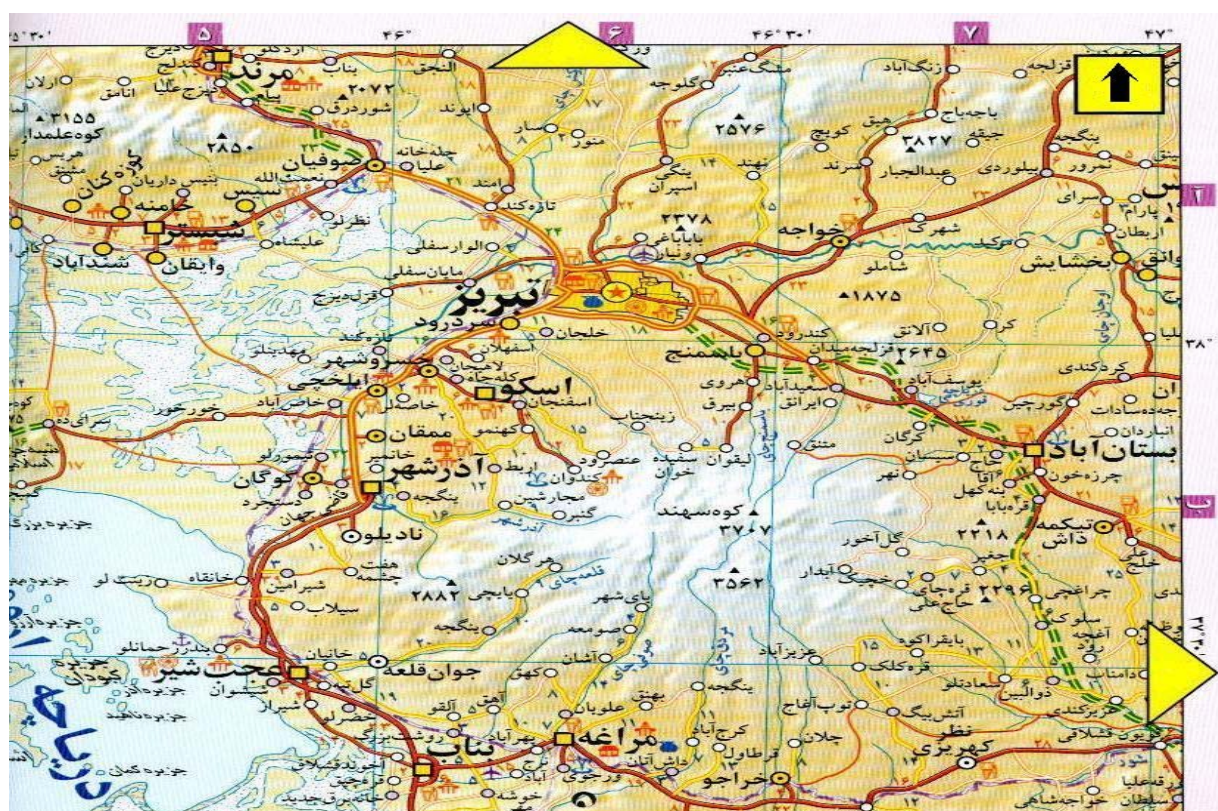
در این نوشتار سعی شده است ضمن معرفی ساختارهای اصلی منطقه و ویژگی‌های هندسی گسل‌ها و چین‌های مرتبط با گسل تبریز، به تجزیه و تحلیل ساختاری گسل تبریز نیز پرداخته شود.

منطقه مورد مطالعه شامل محدوده‌ای بین 46° تا $47^{\circ} 15'$ شرقی، و $37^{\circ} 45'$ تا $38^{\circ} 45'$ عرض شمالی می‌باشد و از نظر تقسیم بندی زمین ساختی، قسمتی از زون البرز آذربایجان را شامل می‌شود.

منطقه مورد مطالعه منطقه‌ای کوهستانی بوده و مورفولوژی خشنی دارد. گسل تبریز در بعضی نواحی محدوده مورد مطالعه، در مرز کوهستان و دشت قرارداد ولی در بعضی قسمت‌ها وارد بخش‌های داخلی کوهستان می‌شود.

همچنین مهم‌ترین عارضه توپوگرافی موجود در جنوب منطقه مورد مطالعه کوه آتشفشانی سهند است.

از مطالعات انجام شده راجع به این گسل می‌توان نظر (Berberian, 1976) را ذکر کرد که برخی از فعالیت‌های جوان گسل تبریز را مورد بررسی قرار داد. وی در گزارش خود بابررسی برخی از شواهد فعالیت‌های جوان این گسل درخواجه مرجان و شمال فرودگاه تبریز، حرکت گسل تبریز را از نوع راست گرد معرفی نموده، همچنین وی (۱۹۷۷) با بررسی تعدادی از گسل‌های عادی پیرامون گسل تبریز درشیبلی، شکل‌گیری آن‌ها را به صعود دیاپیر آذرین سهند نسبت داد سن بیشتر واحدهای منطقه مورد مطالعه مربوط به دوران سنوزوئیک می‌باشد که از جمله آن‌ها می‌توان به سنگ‌های آذرآواری، آتشفشانی



شکل ۱- کروکی راه‌های دسترسی به منطقه (اقتباس از اطلس راه‌های ایران، ۱۳۸۶)

تحلیل تکتونیکی گسل شمال تبریز

انحنای گسل‌ها ممکن است باعث همگرایی و یا واگرایی شود و پوسته در برخی مناطق فشرده و یا کشیده شود. جایی که گسل راست‌الغز با کشش همراه شود، مناطق لغزشی - کششی (Transtension) شکل می‌گیرند و جایی که گسل راست‌الغز با فشارش همراه شود، مناطق لغزشی - فشارشی (Transpression) تشکیل خواهند شد (پورکرمانی و همکاران، ۱۳۸۷). معمولاً در مناطق لغزشی - فشارشی که فشارش حاکم است، رخدادهایی از قبیل گسلش راندگی و معکوس، چین خوردگی (ایجاد طاقدیس و یا ناودیس) و بالآمدگی‌ها متداول هستند و به طور کلی در این مناطق ارتفاع اوج می‌گیرد. اما در مناطق

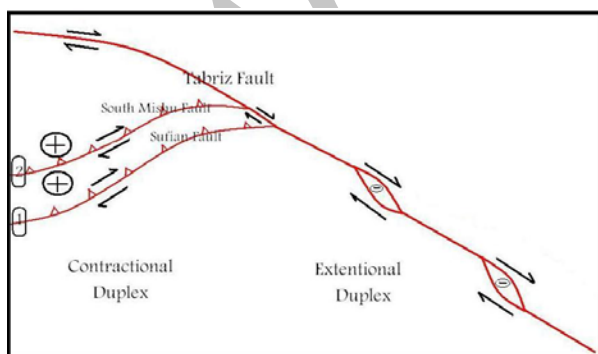
لغزشی - کششی که کشش حاکم است، رخدادهایی از قبیل گسلش عادی، فعالیت آتشفشانی (توده‌های نفوذی و خروجی)، چشمه‌های آب گرم و تشکیل و رخنمون گچ و نمک متداول هستند و به طور کلی در این مناطق با پایین افتادگی‌ها مواجه هستیم.

اگر انحنای گسل امتداد لغز زیاد باشد و گسل امتداد لغز به گسل موازی دیگری برسد، منطقه بسته به نوع حرکت گسل، دچار کشش و یا فشارش شدید می‌شود. این فشارش از نوع کوتاه شدگی پوسته، چین خوردگی و گسلش راندگی است که باعث ایجاد ناحیه برآمده می‌شود. و کشش باعث وجود آمدن گودالی کششی به نام Pull-apart Basin می‌شود.

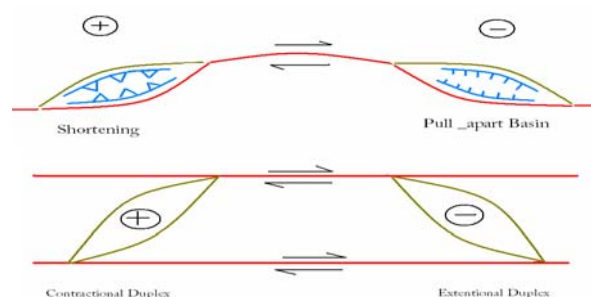
برخاستگی شده است و مورفولوژی آن مثبت است. همچنین منطقه محاط بین گسل راستگرد تبریز و شاخه گسلی راست گرد شماره ۲، نیز دچار فشارش شدید شده است. ارتفاعاتی مانند کوه‌های میشو، کوه اوزون یل، کوه فلک و کوه طویل نمونه‌های بارز این برخاستگی است.

بنابراین این گسل در انتهای شمال غربی خود تشکیل دوپلکس فشارشی (Contractional Duplex) می‌دهد، که توپوگرافی مرتفع و مورفولوژی مثبت دارد.

اما در مورد انتهای جنوب شرقی گسل تبریز می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد که به علت حضور توده‌های آذرین نفوذی و خروجی در اطراف گسل مثل انواع گرانودیوریت و گرانیت، آپلیت، ریوداسیت و داسیت، دیوریت و مونزونیت، توف‌های اسیدی و داسیت، جریان‌های لاوا و پیروکلاستیک، ریولیت و همچنین کاهش ارتفاع، این گسل تشکیل دوپلکس کششی (Extensional Duplex) می‌دهد که مورفولوژی منفی دارد.

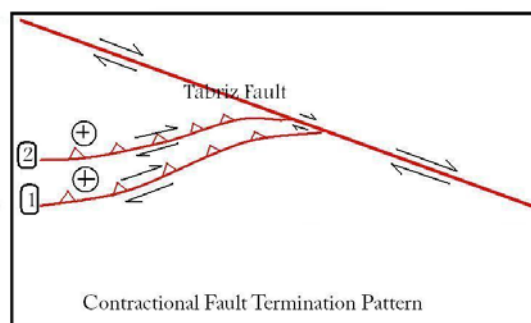


شکل ۴ - تشکیل مناطق انتقالی - کششی در انتهای جنوب شرقی گسل تبریز و دوپلکس‌های فشارشی در انتهای شمال غربی آن



شکل ۲- تشکیلات مجاور گذرگاه‌های شیبدار فشارشی و کششی در لبه دیواره جانبی گسل امتداد لغز (شکل بالایی). خم‌های فشارشی و کششی بین ۲ گسل امتداد لغز (شکل پایینی).

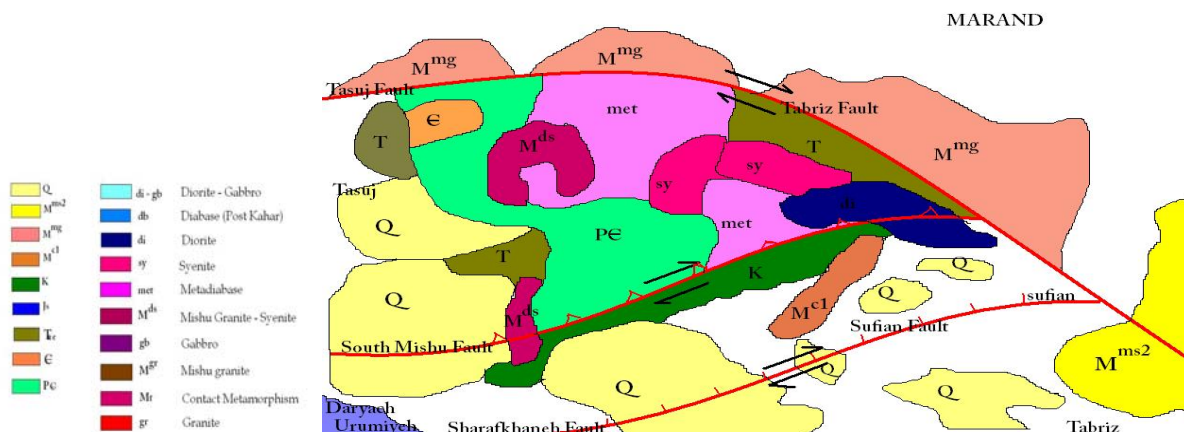
در مورد گسل شمال تبریز، می‌توان این گونه نتیجه‌گیری کرد: (شکل ۳) هرگاه تداوم گسل رو به پایان باشد، شروع به انشعاب می‌کند. گسل تبریز هم در انتهای شمال غربی خود دارای دو شاخه فرعی است.



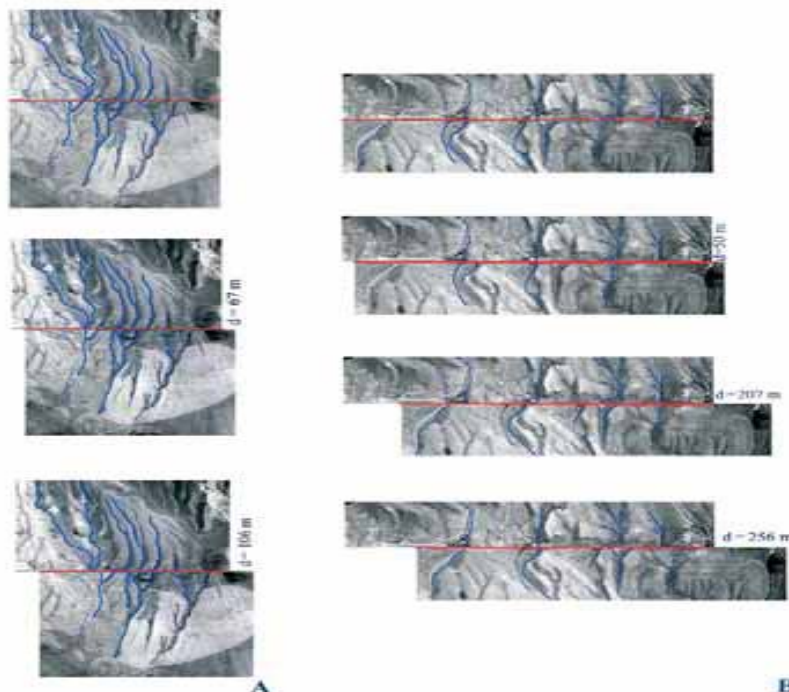
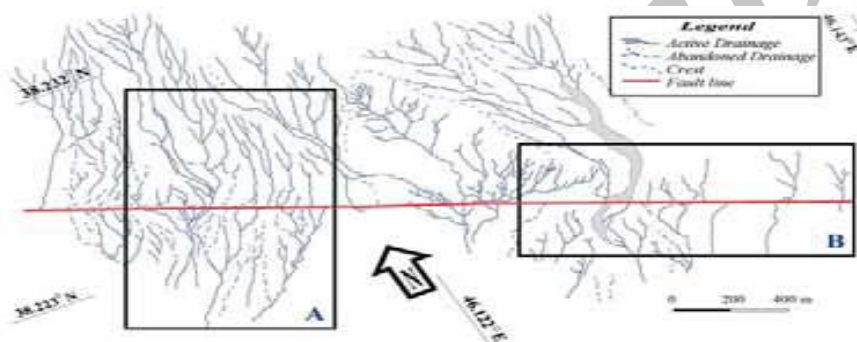
شکل ۳- الگوی سیستم گسلی تبریز به همراه انشعابات گسلی: ۱- شاخه گسلی صوفیان ۲- شاخه گسلی جنوب میشو

گسل ۱ که گسل صوفیان نام دارد، شاخه ای از گسل تبریز است که از آن جدا شده است و نحوه حرکت آن راست گرد با مولفه شیب لغز رانده است. گسل ۲ نیز که گسل جنوب میشو نام دارد، شاخه دیگری از گسل تبریز است و نحوه حرکت آن نیز راست گرد با مولفه شیب لغز رانده است.

منطقه‌ای که بین این دو گسل راستگرد (۱ و ۲) احاطه شده است، دچار فشارش، کوتاه شدگی و



شکل ۵- نقشه ساختاری منطقه مرند با اعمال گسل شمال تبریز و دوشاخه جداشده مهم آن



شکل ۶- انحراف آبراهه‌ها در امتداد گسل شمال تبریز. شکل‌های A و B نشان‌دهنده عکس‌های هوایی ۱:۱۰۰۰۰۰ از جابجایی‌های امتدادلغز انباشتی در امتداد بخش شمال غربی گسل شمال تبریز. عکس‌های بالایی در A و B آرایش کنونی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها را نشان می‌دهند. انحرافات راستگرد از سطوح زمین ریختی مشابه، به وسیله بازسازی پله‌های قبلی از دگرشکلی در طی پلیستوسن پسین تشخیص داده شدند (از بالا تا پایین). (برگرفته از مقاله سایزمولوژی به کوشش خالد حسامی و همکاران، ۲۰۰۳)

باند ۱ به گان (Gun) آبی و باند ۲ به گان سبز و باند ۳ به گان قرمز نسبت داده شود، تصویر حاصله تصویری با $RGB=۳۲۱$ نامیده شده، نشان دهنده رنگ واقعی طبیعت است. به ترکیب ۳۲۱ ، " True Color" گفته می شود. شکل ۷ تصویر ۳۲۱ زون تبریز را نشان می دهد.

تمامی حالات به غیر از $RGB = ۳۲۱$ ، " False Color" نامیده می شوند. بر طبق محاسبات ریاضی با ترکیبات مختلف باندهای سنجنده TM ماهواره لندست می توان ۱۲۰ ترکیب رنگی ساخت.

ترکیب بهینه باندها

این تکنیک دارای کاربردهای وسیعی است و هدف مادر این جا پیدا کردن قطع شدگی ها و تغییرات ناگهانی واحدهای لیتولوژی و در نتیجه جایه جایی گسل های امتداد لغز است.

تصاویر لندست حاوی ۷ باند مرئی و مادون قرمز به اضافه یک باند Panchromatic (باند ۸) است.

این باند در همان محدوده باندهای ۲، ۳ و ۴ نور بازتابی را جذب می کند و در حقیقت باند جدیدی به شمار نمی آید. از طرف دیگر باند ۶ هم تنها مسئول دریافت طیف مادون قرمز می باشد و ماهیتاً یک باند حرارتی است. بنابراین در ترکیبات رنگی تصاویر مورد استفاده قرار نمی گیرد. به این ترتیب ۶ باند ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۷ برای مقصود ما مناسب است.

از آن جا که برای ساختن یک تصویر RGB سه باند نیاز داریم، باید بینیم چند حالت ترکیب با

داده های دورسنجی یا سنجش از دور Remote Sensing

دانشی است که با مشاهده و اندازه گیری یک شیء یا پدیده زمینی از فاصله دور و بدون تماس فیزیکی با آن می تواند اطلاعات ارزنده ای را کسب نموده و در مرحله بعد با تجزیه و تحلیل آن ها داده های ارزشمندی را استخراج کرد.

ماهواره لندست (Landsat) آمریکا یکی از ماهواره هایی است که جهت مطالعه منابع زمینی در چند سال اخیر بیش از سایر ماهواره ها مورد استفاده قرار گرفته است. سنجنده تعبیه شده در ماهواره لندست از نوع اسکن کننده نوری - مکانیکی است که به TM معروف است. این سنجنده دارای قابلیت تفکیک زمینی ۳۰ متر بوده و در ۷ باند طول موجی، تصویربرداری می کند. این سنجنده تصاویر را به صورت ۸ بیتی و در ۲۵۶ تراز خاکستری ثبت می کند. نکته مثبت این ماهواره، توان تفکیک طیفی بالای آن می باشد. ولی توان تفکیک زمینی و رادیومتریکی آن جهت مطالعات زمین شناسی و معدنی کافی نیست. لذا جهت رفع این مشکل می توان از داده های ماهواره های دیگر و تلفیق داده های ماهواره های متفاوت استفاده کرد.

ترکیب تصاویر به صورت RGB

(RGB Composition):

یکی از روش های متداول در پردازش داده های ماهواره ای تهیه تصاویر رنگی مجازی RGB یا " Red/Green/Blue" می باشد. به طور مثال اگر

بهره‌گیری از نسبت بانندی

این تکنیک برای بارسازی عوارض موردنظر ما با استفاده از تفاوت میزان جذب و انعکاس نور در پدیده‌های مختلف است. از جمله مزایای این تکنیک، از بین بردن اثر توپوگرافی و سایه‌ها می‌باشد.

می‌دانیم که برای شناسایی آثار سطحی شکستگی‌های ساختاری، بررسی سه پدیده (عارضه) مرتبط با آن‌ها (در صورت خطی بودن) مفید است (حاجی، ۱۳۸۷).

- ۱- تجمع آثار رس و کانی‌های رسی و دیگر مواد هیدرو ترمال (در اطراف نواحی تخریب گسل‌ها)
- ۲- تجمع آهن (بیرون زده در شکستگی‌ها)
- ۳- پوشش گیاهی (که در اطراف گسل‌ها و در زه‌های ساختاری معمولاً بیشتر است).

- نسبت بانندی در تصویر خاکستری

در شکل‌های ۱۱ و ۱۰، ۹ نسبت‌های بانندی را در تصاویر خاکستری مشاهده می‌کنید.

- نسبت بانندی در تصویر رنگی

شکل ۱۳ تصویر RGB نسبت‌های بانندی تعریف شده را نشان می‌دهد. در این شکل، ما نسبت ۵/۷ به کانال قرمز، نسبت ۴/۳ به کانال سبز و نسبت ۳/۱ به کانال آبی نسبت داده شده است.

تبدیل فوریه (Fourier transform)

یکی از مراحل مقدماتی و مهم در عملیات پیش پردازش تصاویر رقومی ماهواره‌ای و تصحیحات

استفاده از این ۶ باند امکان پذیر است. بدیهی است این ۳ باند ترکیبی نباید تکراری باشند.

بنابراین برای حالت ممکن در رابطه جایگشت داریم. $\chi = n! / r!(n-r)!$ که در این جا n تعداد کل باندها (۶) و r تعداد باندهای مورد استفاده در هر ترکیب (۳) است. پس ۲۰ حالت ترکیب می‌تواند ساخته شود که تنها یکی از این حالات نشان گر رنگ واقعی طبیعت (True Color) است.

این که کدام ترکیب را از میان این ۲۰ ترکیب انتخاب کنیم، بستگی به میزان اطلاعاتی دارد که هر کدام از این ترکیب‌ها در اختیار ما می‌گذارد. برای پیدا کردن ترکیب با بیشترین میزان اطلاعات، بایستی از پارامترهای آماری تصاویر کمک بگیریم. برای این کار از رابطه‌ای به نام "OIF" استفاده می‌شود.

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

OIF یا "Optimum Index Factor" پارامتری

است که مجموع "S_k" انحراف معیار یا "Standard Deviation"، K باند را نسبت به مجموع "Abs(rj)" یا مقدار ماتریس همبستگی یا "Value correlation matrix" همان باندها محاسبه می‌کند. به عبارت دیگر سه بانندی که بیشترین اطلاعات و کمترین وجوه اشتراک را با هم داشته باشند مشخص می‌کند. با استفاده از این روش، باندهای ترکیبی بهینه ۳، ۵ و ۷ به دست آمد. به این معنی که باند ۷ به قرمز، باند ۵ به سبز و باند ۳ به آبی اختصاص داده شد.

فیلترهای پایین گذر. این درحالی است که اعمال این فیلترها در میدان فضا نیاز به کانولوشن‌های (convolutions) بسیار پیچیده و وقت گیر دارد. علاوه بر این انجام عملیات پیش گفته در میدان فرکانس دارای دقت و صحت بیشتری خواهد بود.

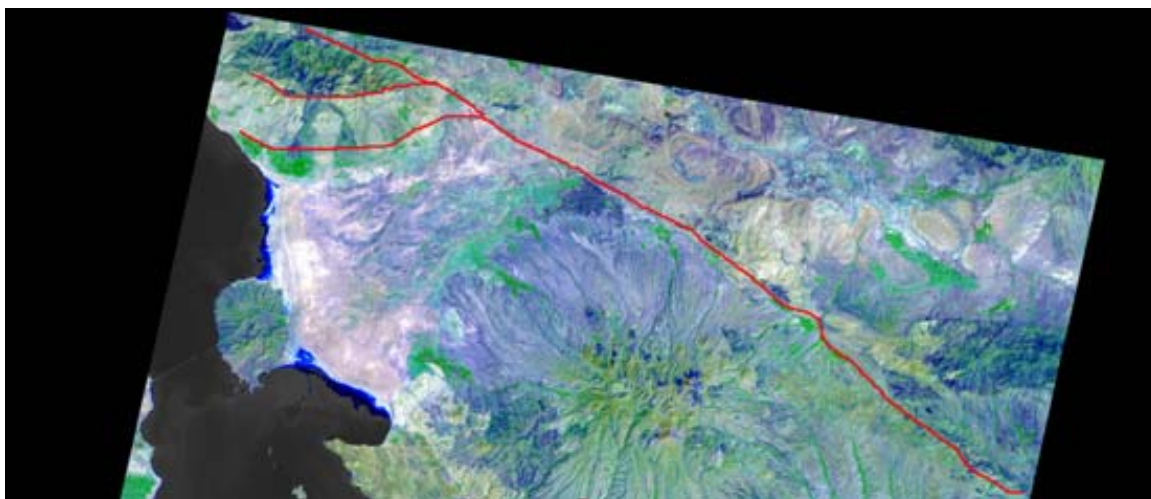
FFT یک فرایند تک بعدی می باشد. بنابراین این انتقال ابتدا روی هر سطر به طور جداگانه و سپس روی ستون‌ها اعمال می شود. نتیجه عمل یک آرایه دوبعدی از مقادیر به نام "Power spectra" است که هر درایه آن نشان دهنده مولفه‌های فرکانس در هر پیکسل از تصویر اولیه است. این آرایه می تواند به عنوان یک نقشه دو بعدی از نحوه توزیع فرکانس مورد استفاده قرار گیرد. (شکل های ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷).

رادیومتریک و حذف نویزها از تصویر است. یک تصویر می تواند به عنوان مجموعه‌ای از سیگنال‌ها در نظر گرفته شود. هر سیگنال می تواند یک سری امواج سینوسی با فرکانس، دامنه و فاز متفاوت تجزیه شود. بنابراین می توان هر تصویر رقومی را از میدان فضا (Spatial Domain) به میدان فرکانس (Frequency Domain) منتقل کرد و در آن جا با تصویر به صورت یک سیگنال با مشخصات متفاوت برخورد نمود.

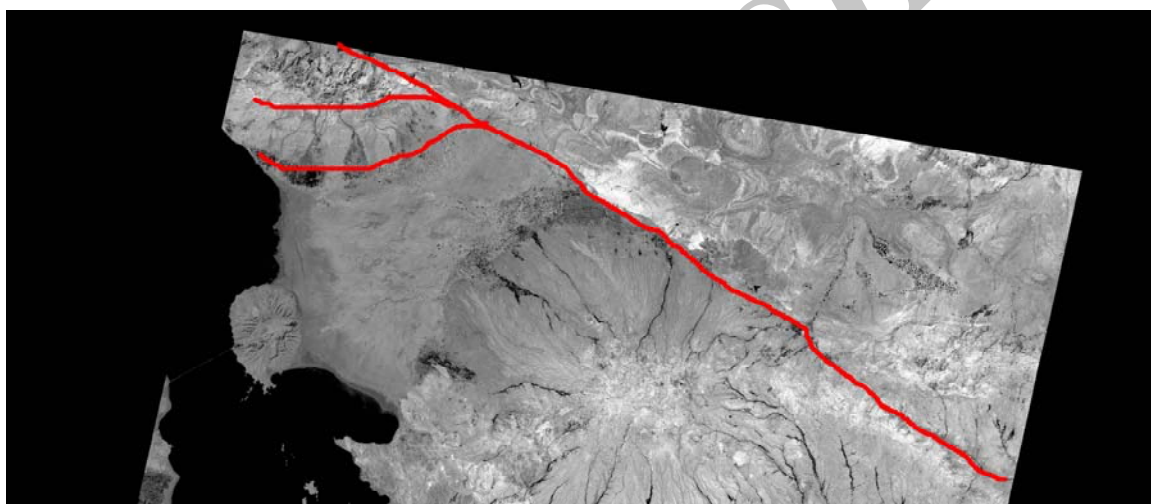
با این انتقال می توان برخی از اعمالی که بر مبنای فرکانس استوارند را به سادگی بر روی تصاویر منتقل شده به میدان فرکانس اجرا نمود که برخی از آنها عبارتند از: فیلترهای بالاگذر، فیلترهای میان گذر و



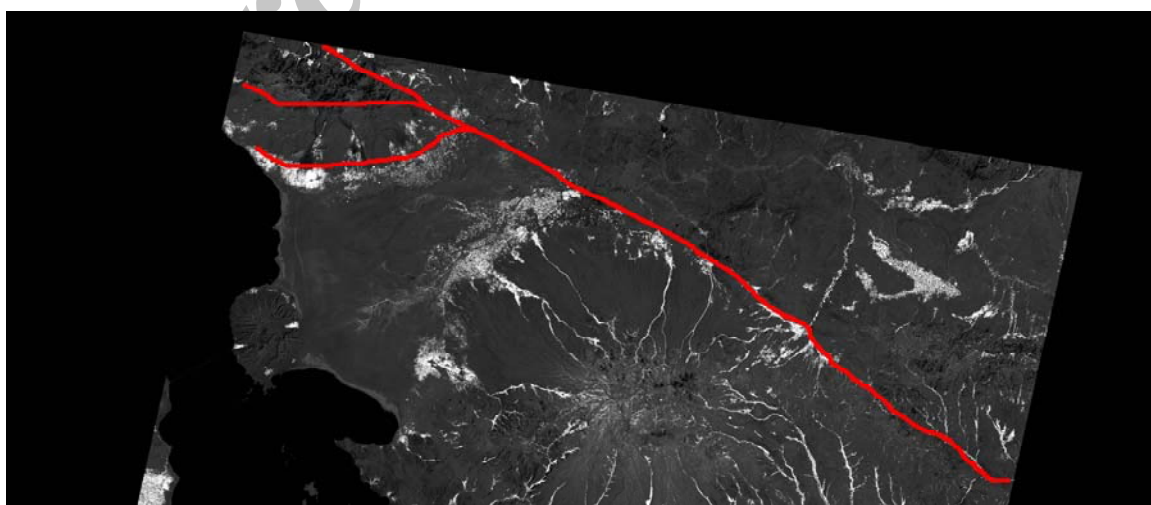
شکل ۷- تصویر ماهواره‌ای (Scene: 168-34) RGB= ۳۲۱ یا True color زون تبریز، ماهواره لندست



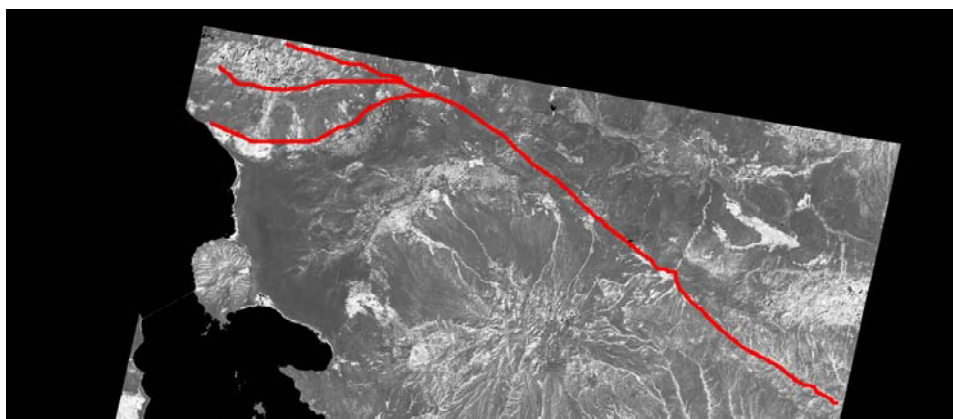
شکل ۸- تصویر RGB=753 لندست به انضمام باند پانکروماتیک (Panchromatic)، تغییرات رنگ عمدتاً بیانگر تغییرات لیتولوژی است (خط قرمز رنگ، نشان دهنده محل عبور گسل است)



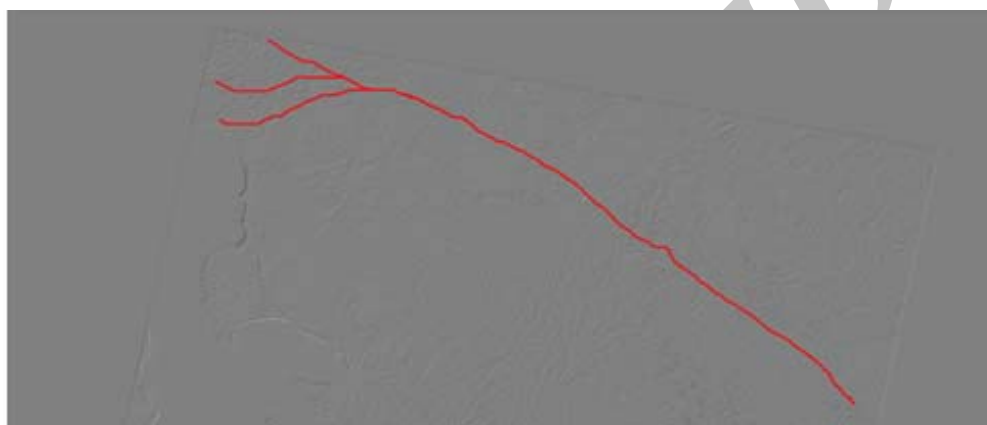
شکل ۹- نسبت ۳/۱ در تصویر خاکستری، کانی‌های فریک روشن تر از جاهای دیگر دیده می‌شود.



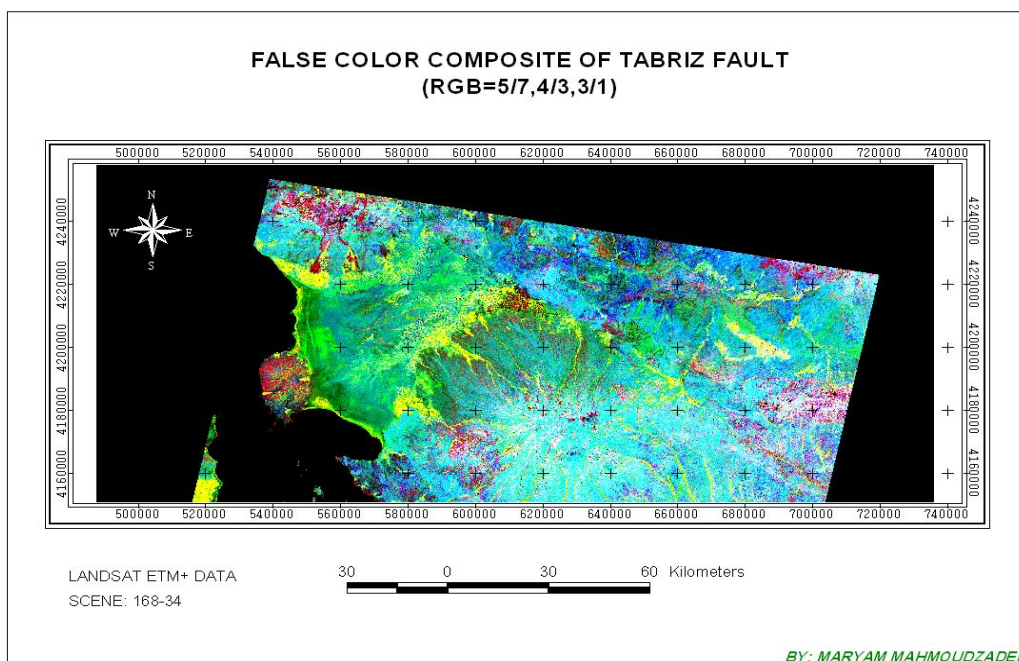
شکل ۱۰- نسبت ۴/۳ در تصویر خاکستری، گیاهان روشن تر از غیر گیاهان دیده می‌شوند.



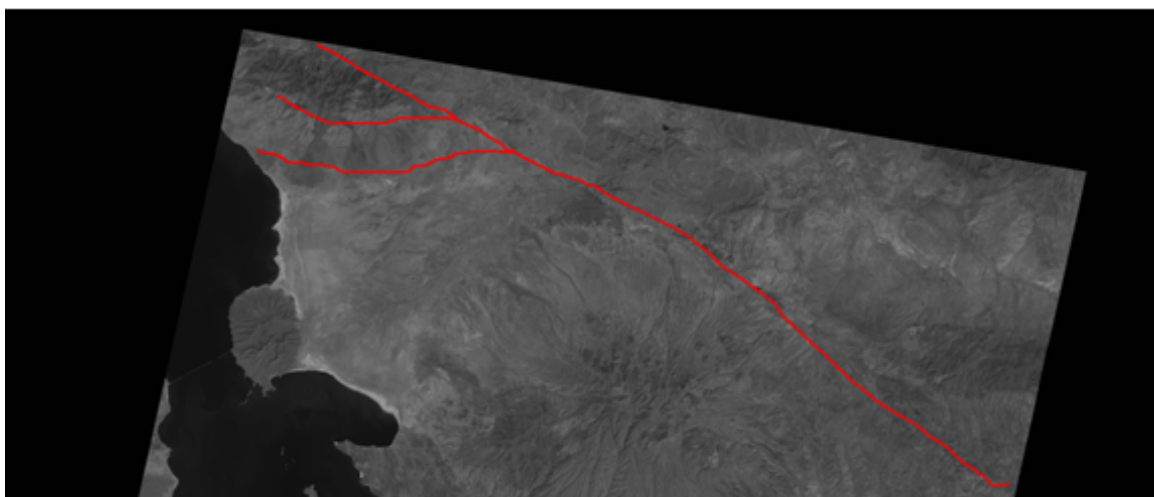
شکل ۱۱- نسبت ۵/۷ در تصویر خاکستری، رس‌ها و کانی‌های هیدروترمال روشن تر از بقیه نقاط هستند.



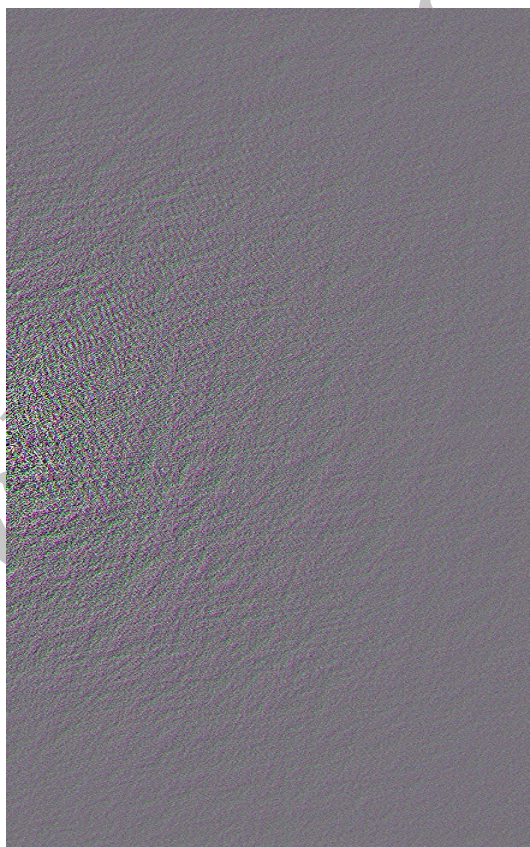
شکل ۱۲- فیلتر Sunangle بر روی تصویر باند ۸ خاکستری (SW)



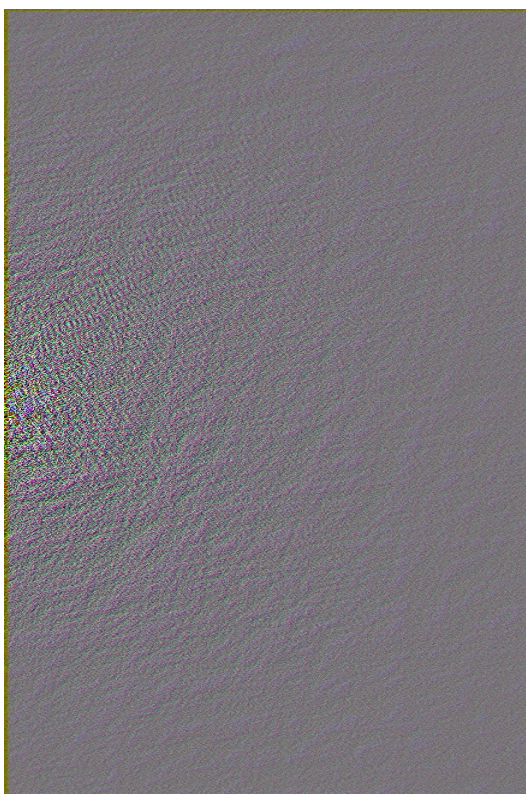
شکل ۱۳- نسبت‌های باندهای در تصویر RGB، خروجی نهایی



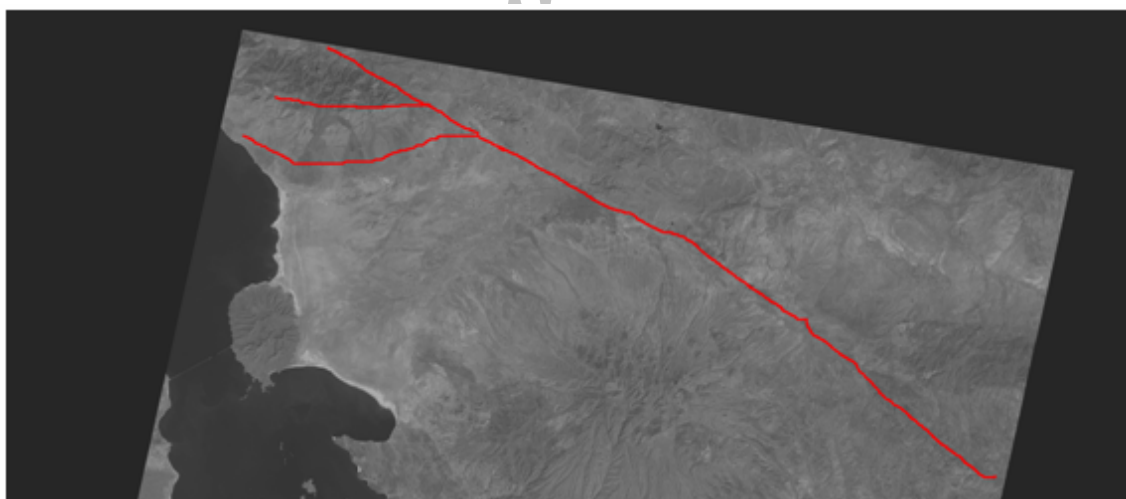
شکل ۱۴- باندها ۸ (Scene:168-34) دارای نویز فوریه



شکل ۱۵: تصویر (Scene:168-34) در میدان فرکانس، نویزها بیشتر در اطراف تصویر پخش شده اند.



شکل ۱۶- تصویر (Scene:168-34) پس از حذف نویزها در میدان فرکانس



شکل ۱۷- تصویر نهایی (Scene:168-34) بدون سیگنال‌های اضافی پس از انتقال مجدد به میدان فضا

خود را در تفکیک بهتر گسل‌ها و آشکارسازی آن‌ها
با وضوح هرچه بهتر نشان داد.

نتیجه‌گیری

۱- روش ترکیب رنگی دروغین جهت دار یا
Directed False Color Composite (DFCC) با
ترکیب $RGB = ۵/۴، ۷/۳، ۵/۱$ به کار گرفته شد و اهمیت

منابع

- پورکرمانی، م، و معتمدی، ح، و آریسن، م، و ادیب، الف، ۱۳۸۷، زمین ساخت، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر
- تقی پور، ک، ۱۳۸۳، بررسی گسل شمال تبریز در فاصله بین تبریز و بستان آباد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز..
- حاجی، ع، ۱۳۸۷، تحلیل ساختاری و فراکتالی سیستم‌های شکستگی منطقه تکنار (ایران مرکزی) با استفاده از داده‌های دورسنجی و مطالعات صحرایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پایه دامغان
- سلطانی، م، ۱۳۸۷، جزوه درسی سنجش از دور، مرکز فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات پیشرفته دانشگاه صنعتی شریف.
- سلطانی، م، ۱۳۸۸، رسم نقشه شکستگیهای ساختاری منطقه تکنار (ایران مرکزی) با استفاده از روش‌های دورسنجی، مقاله‌ای در همایش ملی ژئوماتیک ۸۸

- Berberian, M., Arshadi, S., 1976, On the evidence of the youngest activity of the North Tabriz Fault and the seismicity of Tabriz city, Geol. Surv. Iran, 39, 397-418.
- Hessami, K.H., Pantosti, D., Tabassi, H., Shabanian, E., Abbassi, M., Fegghi, K.H., Solaymani, S.H., 2003, Paleoearthquakes and slip rates of the North Tabriz Fault, NW Iran: Preliminary results, International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES), Tehran, Iran.

- ۲ - با استفاده از فیلتر جهت دار sunangle لبه‌های تیز و مرزهای خطوط گسلی در جهت SW، با وضوح بیشتری بارزسازی شد.
- ۳ - با به کارگیری روش تقسیم بانندی، عوارض موردنظر با استفاده از تفاوت میزان جذب و انعکاس نور در پدیده‌های مختلف بارزسازی شد و اثر توپوگرافی و سایه‌ها از بین رفت که این روش در دو حالت روی تصاویر خاکستری (Grayscale) و تصاویر مرکب RGB انجام شد.
- ۴ - حذف نویزها به کمک تبدیل فوریه سریع (FFT) باعث بالاتر بردن توان تفکیک بصری شد.
- ۵- با علم به این که نمای خطی گیاهان در تصاویر ماهواره ای، یکی از نشانه‌های وجود گسل می‌باشد، در scene: 168_34 با استفاده از تکنیک نسبت بانندی ۴/۳ در تصویر خاکستری، گیاهان روشن تر از قسمت‌های دیگر تصویر در محل گسل شمال تبریز به صورت خطی دیده شده اند.
- ۶- استفاده از تصاویر رنگی RGB به تفکیک لیتولوژی سنگ‌ها بر مبنای رنگ کمک کرد.

- ۷ - در مورد عوارضی مثل پوشش گیاهی، آثار رس و مواد هیدروترمال و تجمع آهن در اطراف گسل، تصویر نهایی با $RGB = 5/4, 7/3, 5/1$ در بهترین حالت ممکن، این عوارض را بارزسازی کرد.

پیشنهادات

- ۱- استفاده از داده‌های راداری
- ۲- استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با توان تفکیک

مکانی بالاتر