



استخراج خطوطاره‌های البرز بافتی به کمک داده‌های اس آر تی ام نود متر و سیستم اطلاعات جغرافیایی

قدرت الله فرهودی^۱، جعفر رهنما^۲ و محمد مسن طیبی^۳

۱) دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز، دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی gfarhodi @ yahoo.com

۲) دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، دانشکده علوم پایه، گروه زمین شناسی Jrahnama 2003 @ yahoo.com

۳) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز. mh-Tayebi @ yahoo.com

مکیده

آنالیز مورفولوژیکی اشکال توپوگرافی به ویژه خطوطاره‌ها، دیر زمانی است که در مطالعات ساختاری و تکتونیکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این گونه مطالعات، پایه و اساس تحلیل‌های ساختاری به شمار می‌روند. استخراج و بارزسازی چنین اشکالی در منطقه‌ی البرز بافتی که پوشیده از پوشش گیاهی است به وسیله داده‌های اس آر تی ام نود متر امکان پذیر گردید. جهت استخراج خطوطاره‌ها از روش‌های مختلف سنجش از دور، همچون پردازش، بارزسازی و سه روش دستی، نیمه اتوماتیک و اتوماتیک استفاده شد. بعد از روی هم قرارگیری تمام نقشه‌های تهیه شده، نقشه‌ی واحدی از خطوطاره‌های منطقه ایجاد گردید. با استفاده از این روش‌ها و نرم افزارهای مربوط به سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی، خطوطاره‌های منطقه و نقشه‌های تراکمی و تقاطعی آن بدست آمد. این نوع بررسی در تجزیه و تحلیل ساختار زمین شناسی منطقه بسیار مؤثر است.

واژه‌های کلیدی: البرز بافتی، سنجش از دور، سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های تراکمی، نقشه‌های تقاطعی، اس آر تی ام نودمتر.

Extraction and analysis of lineaments in west Alborz area using SRTM 90m data and GIS

G. Farhodi¹, J. Rahnema-Rad² & Mohammad H. Tayebi³

1) Department of Geology, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, I.R. Iran

2) Department of Geology, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, I.R. Iran

3) Department of Geology, Shiraz University, Shiraz, I.R. Iran

Abstract

Morphological analysis of topographic features, especially lineaments, has been used in tectonic and structural studies for a long time. These studies are considered to be the basis of tectonic analysis. Detecting and enhancing these features in an area like the western part of the Alborz, which is covered by vegetation, was done by use of SRTM 90 m data. To extract lineaments we used various image processing and enhancement techniques on images and three different approaches including manual, semi-automatic and automatic lineament extraction were adopted. Then the lineament layers, obtained from these methods were overlaid to produce a final lineament map. In this way we were able to detect and enhance lineaments and prepare density and intersection maps using GIS software, which enabled us to provide a good view of the structural geology of the area.

Key words: West Alborz, remote sensing, GIS, density maps, intersection maps, SRTM 90 m

۱. مقدمه

منطقه‌ی مورد مطالعه، با مختصات جغرافیایی 25° تا 38° شمالی و 48° شرقی، در قسمتی از رشته کوه تالش از رشته کوه‌های البرز، در جنوب غرب حوضه‌ی خزر جنوبی و غرب رشته کوه البرز، در محدوده‌ی استان‌های گیلان، زنجان، قزوین و اردبیل واقع گردیده است (تصویر ۱). به دلیل وجود دریای خزر با منابع بی کران و ریزش‌های جوئی فراوان، شرایط مناسبی جهت شکل‌گیری شهرهایی مانند رشت، بندر انزلی،



تصویر ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه.

آستارا، قزوین، اردبیل و روستاها در منطقه به وجود آمده است. فضای این منطقه در بیشتر مواقع سال با ابر و مه آغشته و سطح زمین از جنگل پوشیده می‌باشد.

برای مطالعات ساختاری و تکتونیکی مدّت‌های میدیدی است که از آنالیز مورفولوژیکی اشکال توپوگرافی، به ویژه خطواره‌ها (Lineament) استفاده می‌شود و برای این منظور روش‌های متعددی وجود دارد.

(Wang & Howarth 1990, Zlatopolsky 1997, Stüzen & Toprak 1998)

پایه و اساس آنالیزهای مورفولوژیکی، برای این‌گونه مطالعات، استفاده از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای است. (Salvi 1995, Woldai et al. 2000). استخراج خطواره‌ها در زمینه‌های مختلفی همچون، انتخاب مکان مناسب

جهت سدسازی، پل‌سازی، جاده‌سازی، ارزیابی خطرات لرزه‌ای و لغزشی (Sabins 1973, Stefouli et al. 1996)، اکتشاف کانی‌ها (Rown & Latham 1980)، پیدا کردن چشمه‌های آب گرم، تحقیقات هیدرولوژیکی (Moran et al. 2006, Kali et al. 2003) و همچنین اکتشافات نفتی، سودمند هستند (Sabins 2000, Kozlov et al. 2008). در چند دهه‌ی پیش جهت استخراج خطواره‌ها به‌طور گسترده‌ای از عکس‌های هوایی استفاده می‌شد. از زمانی که تصاویر ماهواره‌ای با طول موج‌های مختلف طیف‌های الکترومغناطیس، به بازار عرضه شده‌اند، این تصاویر نسبت به عکس‌های هوایی ابزار بهتری جهت تشخیص خطواره‌ها گردیده‌اند (Casas et al. 2000, Sarp 2005).

برای مطالعه‌ی منطقه‌ی مورد نظر و آنالیز آن از داده‌های سنجنده اس آر تی ام نودمتر (SRTM 90 m, Shuttle Radar Topography Mission) استفاده گردید. سنجنده‌ی اس آر تی ام نودمتر، اطلاعات سطحی زمین را با استفاده از امواج راداری، جمع‌آوری نموده و به صورت مدل ارتفاعی رقومی (Digital Elevation Model, DEM) در می‌آورد. یکی از اهداف مطالعه، آنالیز داده‌های ارتفاعی رقومی و مطالعه‌ی تراکم شکستگی‌ها و ژئومورفولوژی منطقه است تا به وسیله‌ی آن بتوان مستقیماً دگرشکلی‌های سطح زمین منطقه‌ی مورد مطالعه را شناسایی نمود. برای دیدن اشکال توپوگرافی، بر روی داده‌های ارتفاعی رقومی پردازش‌هایی صورت می‌گیرد. پردازش تصاویر داده‌های ارتفاعی رقومی، باعث کسب دیدی بسیار دقیق‌تر از اشکال واقعی زمین (features) نسبت به نقشه‌های کانتوری قدیمی می‌شود.

۲. روش مطالعه جهت استخراج خطواره‌های (Lineament) منطقه

در این پژوهش، با توجه به پوشش منطقه از جنگل و ابر و مه تقریباً دائمی، به جای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست با طول موج کوتاه، از تصاویر راداری با طول موج بلند، و جهت استخراج خطواره‌ها از سه روش دستی، نیمه اتوماتیک و اتوماتیک استفاده شد. هر کدام از این روش‌ها، معایب و مزیت‌هایی دارند.

۱.۱. روش‌های دستی

در روش‌های دستی، بعد از اجرای تکنیک‌هایی بر روی تصاویر برای افزایش کیفیت و با استفاده از تفسیر بصری یا چشمی، خطواره‌های موجود استخراج و رقومی شده و به بردار تبدیل شدند. از مزیت‌های این روش این است که، به راحتی می‌توان خطواره‌های غیر مرتبط با زمین‌شناسی، همانند جاده، ریل راه آهن و غیره را از خطواره‌های طبیعی، تمیز داد (Kocal et al. 2004). برای تجزیه و تحلیل بر روی داده‌های اس آر تی ام نود متر و آشکارسازی روندهای کلی مانند روند لندفرم‌ها، آبراهه‌ها، دره‌ها،

قله‌ها و در نهایت شناسایی خطواره‌ها، مدل‌های مختلف توپوگرافی، همچون نقشه‌ی شیب (Slope)، نقشه جهت شیب (Aspect)، مدل ارتفاعی سایه دار (Shaded relief image) و مدل‌های سه بعدی (تصویر ۲) ایجاد و برای یافتن خطواره‌های منطقه به کار گرفته شدند.

روش، صرف زمان نسبتاً کوتاه برای استخراج خطواره‌هایی است، که با چشم غیر مصلح قابل دیده شدن، نیستند.

برای استخراج خطواره‌ها در اندازه‌های متفاوت، با استفاده از مدول خطی (Line module)، متعلق به نرم افزار پی سی آی ژئوماتیکا (PCI Geomatica)، از دو مجموعه پارامتر مختلف استفاده گردید. مدول خطی، اشکال خطی را با استفاده از ۶ شاخص (Parameters) تعریف شده، از تصاویر رقومی استخراج و به صورت لایه برداری در می آورد. الگوریتم خطی (Line) شامل سه مرحله زیر می باشد:

۱- در مرحله ی اول، یعنی در مرحله آشکارسازی لبه (Edge detection) بر روی تصویر فیلتر زده می شود، که اندازه و سایز آن با استفاده از پارامتر (Radius of filter in pixels, RADI) تعیین می گردد.

۲- در مرحله ی دوم با استفاده از مقدار آستانه‌ای (Threshold for edge gradient, GTHR) تصویری دوتایی، که نشان دهنده ی لبه هاست (binary edge image) به دست می آید.

۳- در مرحله ی سوم، خطواره با استفاده از مقادیر آستانه‌ای از روی تصویر قبلی استخراج می شوند (Curve extraction). این مرحله خود دارای چندین زیر مرحله می باشد و با استفاده از پارامترهای تعیین می شود.

- Threshold for line fitting error, FTHR

- Threshold for angular difference, ATHR

- Threshold for linking distance, DTHR

دو مجموعه پارامتر فوق الذکر به شرح ذیل استفاده شدند.

الف - پارامترهای مورد استفاده جهت استخراج خطواره‌های کوچک:

Radius of filter in pixels, RADI= 10

Threshold for edge gradient, GTHR= 5

Threshold for curve length, LTHR= 0

Threshold for line fitting error, FTHR= 3

Threshold for angular difference, ATHR= 1

Threshold for linking distance, DTHR= 40

ب - پارامترهای مورد استفاده جهت استخراج خطواره‌های بزرگتر:

Radius of filter in pixels, RADI=11

Threshold for edge gradient, GTHR=25

Threshold for curve length, LTHR=90

Threshold for line fitting error, FTHR=4

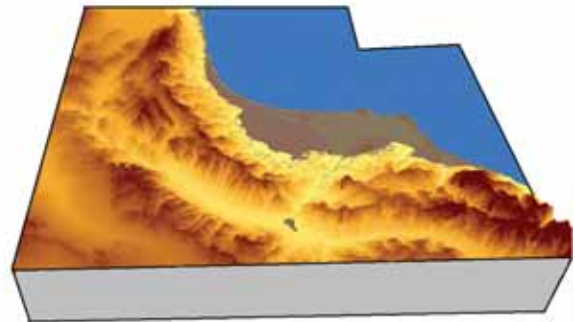
Threshold for angular difference, ATHR=15

Threshold for linking distance, DTHR=200

جدول ۱. جهات پرتوافکنی و جهات خطواره‌های بارز شده

جهت خطواره‌های بارز شده	آزیموت منبع نور (درجه)
E-W	۰
NW-SE	۴۵
N-S	۹۰
NE-SW	۳۱۵

تصویر ۲. مدل سه بعدی منطقه با اغراق عمودی ۵x.



تصویر ۲. مدل سه بعدی منطقه با اغراق عمودی ۵x.

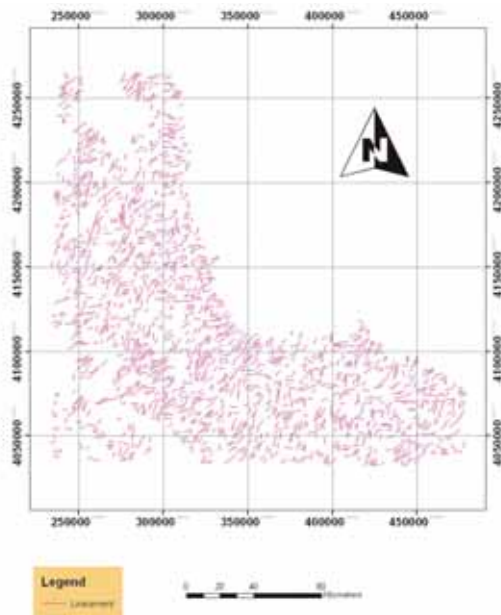
۲.۲. روش های نیمه اتوماتیک

تکنیک‌های نیمه اتوماتیک، ترکیبی از تفسیر چشمی و تفسیر کامپیوتری هستند (Lee et al. 2007). در این روش‌ها، بعد از اجرای تکنیک‌های بارزسازی افزایش کیفیتی، (enhancement) بر روی تصاویر و با استفاده از تکنیک‌های آنالیز تصاویر رقومی (Oakes 1988, Leung 2006)، مانند استفاده از فیلترهای مختلف (بارز سازی لبه‌ها، اعمال روش‌های مورفولوژیکی، سایه‌اندازی) (edge detection) (Sun shading, Morphological operations, Edge) خطواره‌ها مشخص شدند (فرهودی و همکاران ۱۳۸۵، آقاجانی و همکاران ۱۳۸۵).

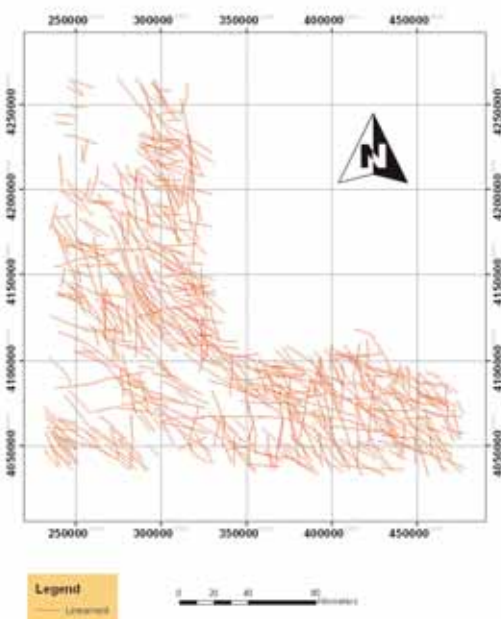
برای بارزکردن اشکال خطی مثل خطواره، گسل و شکستگی از داده‌های نوع راداری سنجنده اس آر تی ام (Shuttle Radar Topography)، از فیلترهای مختلفی استفاده و اشکال خطی موجود در جهتی خاص بارز شدند. فیلترهای بارزسازی لبه‌ها (Edge Detection)، به کار برده شده بر روی این داده‌ها، عبارت بودند از: فیلتر لاپلاسیان، فیلتر خطی، فیلتر روبرت و فیلتر سوبل (Sobel filter, Robert filter, Directional filter Laplacian filter).

۳.۲. روش اتوماتیک

در روش اتوماتیک، جهت استخراج اتوماتیک خطواره‌ها، از تکنیک‌های کمکی کامپیوتری استفاده شد. این کار با استفاده از الگوریتم‌های خاص صورت گرفت. این روش مزیت‌هایی مانند کمک در استخراج خطواره‌ها، کاهش تصورات ذهنی، امکان ایجاد سریع لایه برداری (Vector) و عدم وجود نقایصی همچون عدم تطابق بعضی از اشکال خطی با ساختارهای زمین شناسی منطقه، دارد. در این قسمت تلاش گردید، با استفاده از تکنیک‌های استخراج اتوماتیک، خطواره‌های منطقه به صورت نقشه در آورده شوند. از دیگر مزیت‌های این



تصویر ۳. نمونه‌ای از نقشه‌ی خطواره‌های به دست آمده از منطقه‌ی مورد مطالعه، با استفاده از پارامترهای الف.



تصویر ۴. نمونه‌ای از نقشه‌ی خطواره‌های به دست آمده از منطقه‌ی مورد مطالعه، با استفاده از پارامترهای ب.

جابه‌جا می‌گردد و سپس نتیجه‌ی محاسبات انجام گرفته به صورت یک نقطه با یک عدد مشخص، در وسط هر منطقه‌ی دایره‌ای شکل قرار می‌گیرد. سپس با محاسبه‌ی تعداد خطواره‌های موجود و تقسیم آن بر مساحت هر دایره‌ی مینا، ارزش‌های Z و با استفاده از مختصات منطقه، ارزش‌های X, Y نقاط مربوط به مراکز دایره‌ها به دست می‌آیند. به این ترتیب به هر کدام از

هر یک از مقادیر فوق‌الذکر به شرح ذیل تعریف می‌شوند:
 $RADI=10$ ، یعنی سایز فیلتر Gaussian، ۱۰ پیکسل است.
 $GTHR=75$ ، یعنی اختلاف طیفی در لبه‌ها حدود ۳۰٪ است.
 $LTTHR=30$: حداقل طول خط ۳۰ پیکسل است.
 $FTTHR=3$: حداكثر خطای مجاز بر حسب پیکسل می‌باشد.
 $ATHR=1$: حداكثر زاویه‌ی مجاز بین قطعات یک خط است. (polyline).
 $DTTHR=40$: حداقل فاصله‌ی (بر حسب پیکسل) بین نقاط انتهایی و کنتورها است.

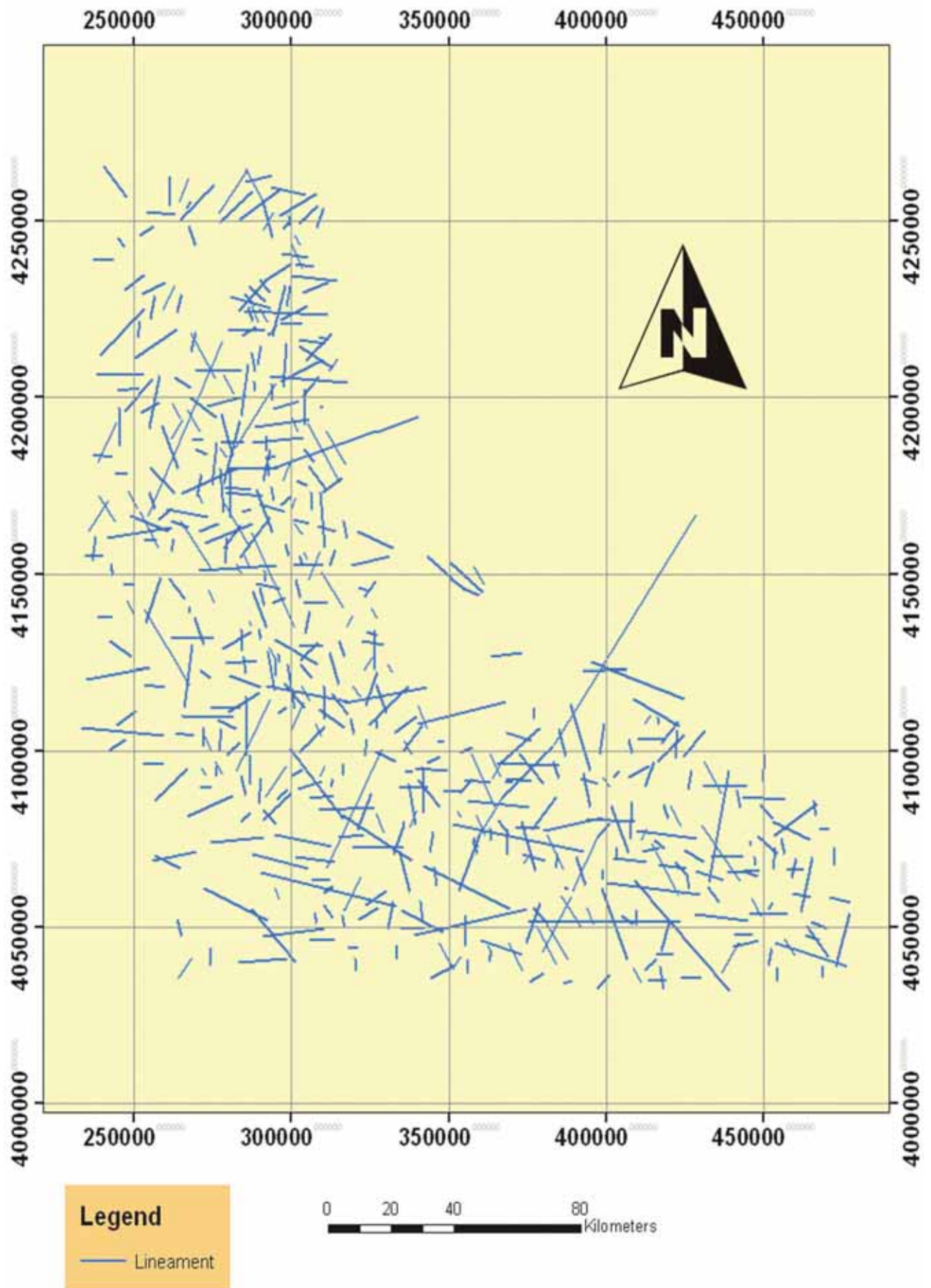
ساختارهای زمین‌شناسی خطی، همچون گسل‌ها، و شکستگی‌هایی که زاویه‌ی بیشتری با آزمون و یا جهت پرتوافکنی (Illumination) بسازند، بسیار بهتر از ساختارهایی که زاویه‌ی کمتری با آن می‌سازند بارز می‌گردند (Cooper 2003)، به معنای دیگر اگر جهت پرتوافکنی، شرقی - غربی باشد، ساختارهای شمالی - جنوبی بارز می‌شوند. در جدول ۱ جهات پرتوافکنی به کار رفته و جهتی را که خطواره‌ها بارز گردیده‌اند، نشان داده شده است. لذا در این بخش برای استخراج خطواره‌ها و تهیه‌ی نقشه‌ی مربوطه، بر روی نقشه‌های به دست آمده از نتایج فیلترهای خطی اعمال شدند. نقشه‌های حاصل از آن‌ها در تصاویر ۳ و ۴ ارائه شده‌اند.

۳- تهیه نقشه‌های تراکمی و تقاطعی از نقشه‌ی خطواره‌های منطقه

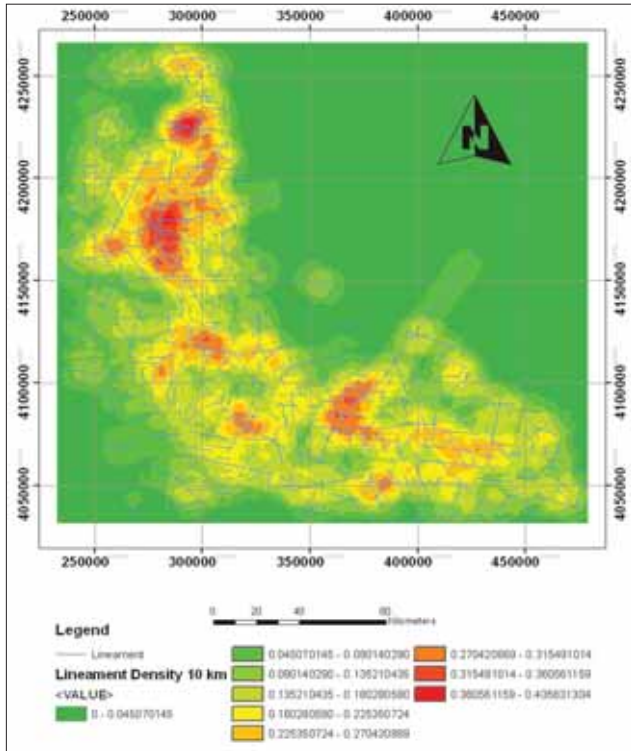
با استفاده از تکنیک‌های (دستی، نیمه اتوماتیک و اتوماتیک)، خطواره‌های منطقه استخراج، نقشه‌ی مربوطه تهیه و با نقشه‌های زمین‌شناسی موجود مقایسه و سپس نقشه‌ی واحدی از خطواره‌های منطقه تهیه شد. در این کار نه از روش خاصی، بلکه از همه نقشه‌های تهیه شده در تکنیک‌های مختلف استفاده شد. به کمک هر کدام از روش‌های فوق‌الذکر لایه‌هایی از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ایجاد شد، که به آسانی برهم قابل انطباق بودند (تصویر ۵).

الف - نقشه‌ی تراکم خطواره‌ها

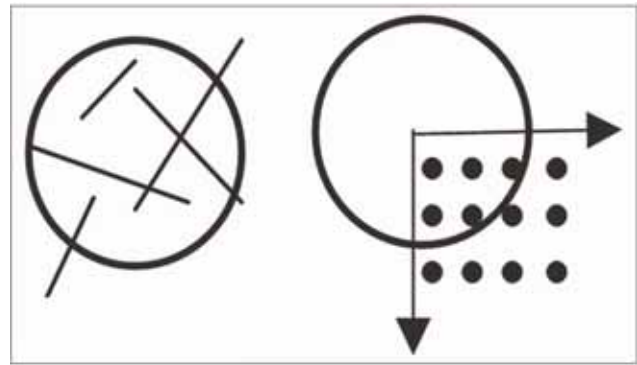
بعد از تهیه‌ی نقشه‌ی خطواره‌های منطقه، چگونگی توزیع خطواره‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. برای حصول به این هدف، از نرم افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. برای مشخص کردن الگوی فضایی خطواره‌های منطقه از نقشه‌ی تراکم خطواره‌ها، (تصویر ۵) تحلیل چگالی (Density Analysis) انجام گرفت. به این ترتیب بر اساس تعداد خطواره‌ها به واحد سطح، تحلیل چگالی خطواره‌ای (Lineament density analysis)، انجام شد. روش کار به این صورت است که در ابتدا یک منطقه‌ی دایره‌ای به شعاع r تعریف می‌شود، سپس این منطقه دایره‌ای شکل با تعریف شبکه‌ای با فاصله‌ی مشخص (Grid distance) به صورت جانبی و عمودی بر روی نقشه



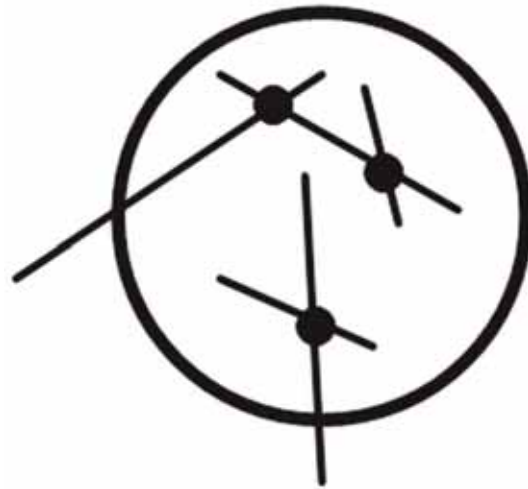
تصویر ۵. نقشه‌ی نهایی خطواره‌های منطقه



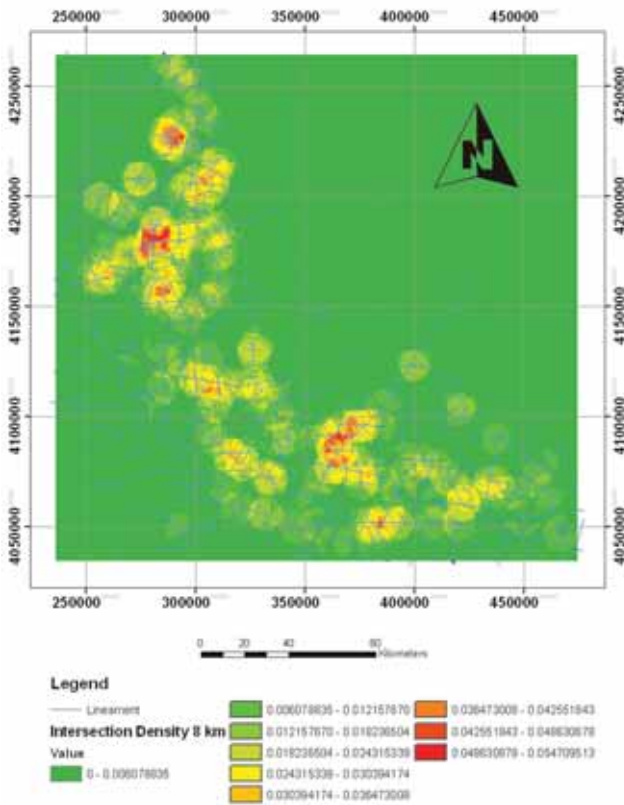
تصویر ۹. نقشه‌ی فراوانی خطواره‌ای منطقه (Lineament - Frequency) با شعاع محاسباتی ۱۰ کیلومتر



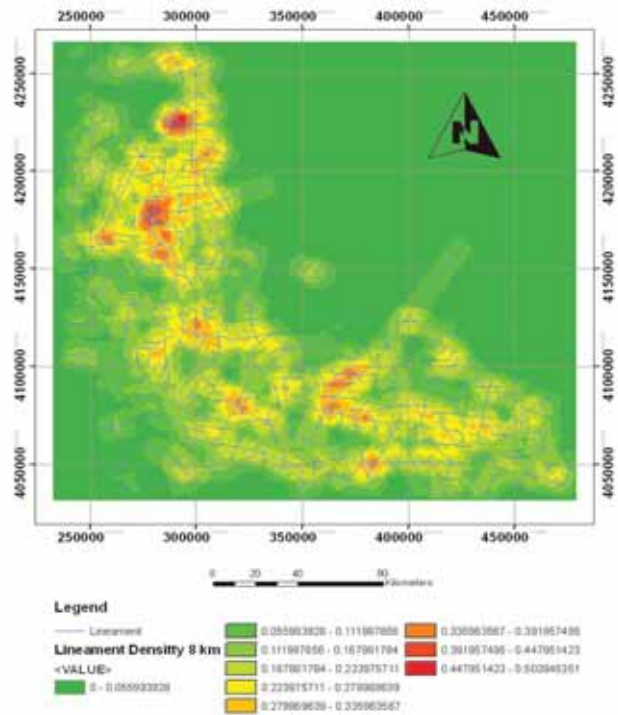
تصویر ۶. چگونگی محاسبه‌ی چگالی خطوارها با استفاده از دایره‌ی مینا.



تصویر ۷. چگونگی محاسبه‌ی تقاطع خطواره‌ای با استفاده از دایره‌ی مینا



تصویر ۱۰. نقشه‌ی تقاطع خطواره‌ای با شعاع محاسباتی ۸ کیلومتر.

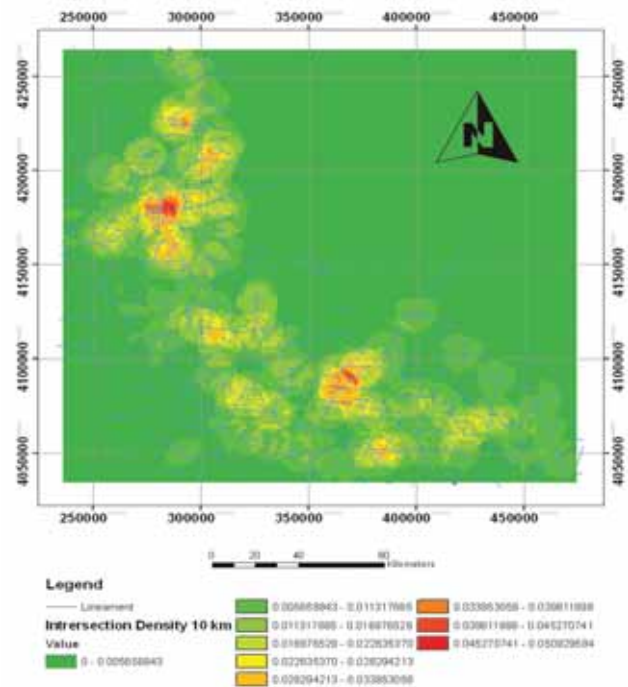


تصویر ۸. نقشه‌ی فراوانی خطواره‌های منطقه (Lineament - Frequency) با شعاع محاسباتی ۸ کیلومتر.

نقشه‌ها نیز مکان‌هایی که تقاطع خطواره‌ها بیش از قسمت‌های دیگر است، به رنگ قرمز نشان داده شده‌اند.

۴. نتیجه‌گیری

- ۱- در روش‌های به کار گرفته شده جهت استخراج خطواره‌های منطقه، روش دستی صحت و درستی بیشتری نسبت به روش‌های دیگر دارند.
- ۲- روش‌های اتوماتیک در استخراج سریع خطواره‌های منطقه، بسیار موثر و مفید واقع شدند.
- ۳- با تهیه نقشه‌های چگالی و چگالی تقاطع، نواحی دارای آنومالی از لحاظ تعداد و تقاطع خطواره‌ها، شناسایی شدند.
- ۴- در سه قسمت منطقه‌ی مورد مطالعه، شمال غربی، جنوب غربی و جنوب شرقی، آنومالی شکستگی‌ها مشهود شده‌اند. هر کدام از آن آنومالی‌ها بیانگر وجود زون گسلی منطقه می‌باشند، که از لحاظ نئوتکتونیک بسیار با اهمیت جلوه‌گر می‌شود.



تصویر ۱۱. نقشه‌ی تقاطع خطواره‌ای منطقه با شعاع محاسباتی ۱۰ کیلومتر.

۵. مراجع

- فرهودی، ق، رهنماد، ج. و قدرت، م، ۱۳۸۵، 'برگشتگی کوه بامو واقع در شمال شرق شیراز'، فصلنامه‌ی زمین شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی زاهدان، سال ۲ (۲): ۲۱-۲۵
- آقاجانی، ح، محمدی، ح. و بابایی، ب، ۱۳۸۵، 'شناسایی پتانسیل‌های معدنی منطقه رزوه شاهرود با استفاده از داده‌های سنجش از دور'، فصلنامه‌ی زمین شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی زاهدان، سال ۲ (۳): ۷۹-۷۲

Casas, A. M., Cortes, A. L., Maestro, A., Soriano, M. A., Riaguas, A. & Bernal, J., 2000, "A program for lineament length and density analysis", *Computers and Geosciences*, Vol. 26 (9/10): 1011-1022.

Cooper, G. R. J., 2003, "Feature Detection Using Son Shading", *Computer and Geoscience*, Vol. 29: 941-948.

Kali, E. Sawaya, Leif, G. Olmanson, Nathan, J. Heinert, Patrick, L. Brezonik & Marvin, E. Bauer, 2003, "Extending satellite remote sensing to local scales: land and water resource monitoring using high-resolution imagery", *Remote Sensing of Environment* 88: 144- 156, Elsevier

Kocal, A., 2004, "A methodology for detection and evaluation of lineament from satellite imagery", *Ms. Thesis*, Middle East Technical University, 121 p.

Kozlov, A.I., Ligthart, L.P. & Logvin, A.I., 2008, "Remote Sensing of Earth Based Radar Objects", (not yet published, Available: May 4, 2008), Approx. 900 p., Hardcover, ISBN: 978-1-4020-3514-2, Springer Verlag.

Moran, M. S., Mcelroy, S., Watts, J. M, & Peters Lidard, Crista D., 2006, "Radar Remote Sensing for Estimation of Surface Soil Moisture at the Watershed Scale", Chapter 7 in: *Modeling and Remote Sensing*

نقاط یک ارزش عددی تعلق می‌گیرد (تصویر ۶). حال با داشتن نقاطی که دارای ارزش‌های یکسان هستند، نقشه‌ی کانتوری منطقه رسم می‌گردد. اگر هدف بررسی جزئیات گسل‌ها در مقیاس کوچک باشد باید شعاع دایره کوچک انتخاب شود. در صورتی که گسل‌ها در مقیاس منطقه‌ای (Regional) مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، از دایره‌ی مینا بزرگتری استفاده می‌شود. به این منظور دو دایره‌ی مینا با شعاع‌های ۸ و ۱۰ کیلومتر در نظر گرفته شد و نقشه‌ی چگالی خطواره‌ای منطقه به دست آمد.

۶- نقشه‌ی تقاطع خطواره‌ها

نقشه‌ی تراکمی تقاطع خطواره‌های منطقه‌ی مورد مطالعه همانند روش قبل به دست می‌آید. در روش تهیه‌ی این نوع نقشه‌ها، ابتدا یک منطقه‌ی دایره‌مانند به شعاع آر (r) تعریف می‌شود. سپس این منطقه‌ی دایره‌ای شکل با تعریف فاصله‌ی شبکه‌ای (Grid distance) به صورت جانبی و عمودی بر روی نقشه جابه‌جا، تعداد نقاط تقاطعی خطواره‌ها در آن فاصله‌ی شبکه‌ای (دایره‌ی مورد نظر) محاسبه و بر مساحت دایره‌ی مینا تقسیم می‌گردد (تصویر ۷). سپس با انجام محاسبات، نقاط با مختصات X,Y,Z نقطه‌گذاری می‌شوند (تصویر ۷). حال با داشتن نقاطی که دارای ارزش‌های یکسان هستند، نقشه‌ی کانتوری منطقه رسم می‌گردد. هدف از تهیه‌ی این نقشه این است که مناطق با تراکم نقاط تقاطعی مختلف مشخص شوند. به این منظور دو دایره مینا به شعاع‌های ۱۰ و ۸ کیلومتر در نظر گرفته و نقشه‌ی تقاطعی خطواره‌ای منطقه تهیه می‌گردد (تصاویر ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱). در این

- Applied in Agriculture (US and Mexico)*, Eds. C.W. Richardson, A.S. Baez-Gonzalez and M. Tiscareno. INI-FAP Publ. Aguascalientes, Mexico. p. 91-106, ,No.4: 561-566
- Lee, S.T., Yu, T.T., Wang, C.L. & Peng W.F., 2007**, "Automatic Geological Lineaments Extraction from Digital Elevation Model of Airborne LiDAR", *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, SRef-ID: 1607-7962/ European Geosciences Union.
- Leung, Y., Luo, J.-Cheng, Ma, J.-Hong & Ming, D.-Ping, 2006**, "A New Method for Feature Mining in Remotely Sensed Images", *GeoInformatica*, Vol.10, No.3: 295-312,
- Oakes, G., 1988**, "A system for the recognition of geological lineaments in remotely sensed imagery", *Book Series: Lecture Notes in Computer Science, Volume 301: 646-655*
- O'Leary, D. W., Friedman, J. D. & Pohn, H. A., 1976**, "Lineament, linear, lineation: some proposed new standards of old terms", *Geol. Soc. Amer. Bull.* Vol. 87: 1463-1469.
- PCI Geomatica Users' Manual, 2001**
- Rowan, L. C. & Lathram, E. H., 1980**, "Mineral Exploration." *In: Remote Sensing in Geology, Chapter 17:553-605*, by {Siegal & Gillespie, editors}, John Wiley and Sons, New York, 702 p.
- Sabins, Floyd F., 2000**, "Remote Sensing, Principles and Interpretation", *Third Edition*, W. H. Freeman and Company, New York, 494 pp.
- Sabins, Floyd F., 1973**, "Engineering geology applications of remote sensing", *in: Moran, D. E. ed., Geology, seismicity, and environmental impact: Association of Engineering Geologists, Special Publication, Los Angeles, CA.*
- Sarp, G., 2005**, "Lineament analysis from satellite images, north-west of Ankara", *A thesis for the degree of master of science in geodetic and geographic information technologies, Ankara, Middle East Technical University, 76 p*
- Salvi, S., 1995**, "Analysis and interpretation of Landsat synthetic stereo pair for the detection of active fault zones in the Abruzzi Region (Central Italy)", *Remote Sens. Environ.* 53: 153-163
- Stefouli, M., Angelopoulos, A., Perantonis, S., Vassilas, N., Ambazis, N. & Charou, E., 1996**, "Integrated Analysis and Use of Remotely Sensed Data for the Seismic Risk assessment of the Southwest Peloponnesus Greece", *First Congress of the Balkan Geophysical Society, 23-27 September, Athens, Greece.*
- Süzen, M.L., & Toprak, V., 1998**, "Filtering of Satellite Images in Geological Lineament Analysis: an Application to a Fault Zone in Central Turkey", *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 6: 1101-1114
- Wang, J. & Howarth, P. J., 1990**, "Use of the Hough Transform in Automated Lineament Detection", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.28