

# تحلیل و تلفیق داده‌های ژئوفیزیک هوایی و انطباق آن با تصاویر ماهواره‌ای جهت

## ثبت دگرسانی‌های منطقه میانه – آذربایجان شرقی

نویسنده: دکتر محمد جعفر محمدزاده\* و رضا فلاحت\*

### Analysis and Integration of Airborne Data and their Correlation with ETM Image for Detecting Alteration Zones in Mianeh (East-Azərbayjan)

By: Dr. M. J. Mohammad-Zadeh\* & R. Falahat\*

#### چکیده

دگرسانی‌های گرمایی با هاله‌های وسیع‌تر از اهداف اکتشافی برای ثبت بی‌هنجاری‌های فلزهای پایه، گرانها و احتمالاً رادیواکتیو، با روش تلفیقی در منطقه میانه- آذربایجان شرقی بررسی شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دو روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و نسبت باندها، شناسایی دگرسانی‌های منطقه انجام گردید و در مرحله بعد، با تلفیق داده‌های پرتوسنجی (اورانیم، توریم و پتاسیم) و مغناطیس‌سنجی هوایی با روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و به صورت ارائه ترکیب خطی از این چهار پارامتر، دگرسانی‌های منطقه ثبت شدند. انطباق این سه روش و کاربرد توأم آنها در تأیید زونهای دگرسانی منطقه و تفکیک آنها از انواع کاذب را می‌توان به عنوان روش بهینه در ثبت زونهای دگرسانی و بی‌هنجاری مربوطه معرفی کرد.

**کلید واژه‌ها:** تلفیق داده‌های ژئوفیزیک هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، دگرسانی‌های میانه

#### Abstract

Alteration zones with their extended halos are considered as greater targets than ore zones in exploration. Therefore, an attempt was made to study these zones and their respective anomalies by integration method for base metals, radioactive elements and precious metals in Mianeh, East Azarbaijan. Alteration zones in the region were recognized by principal component analysis (PCA), ETM image and band ratio techniques. In a later stage, these zones were precisely detected by integration of radiometric data (eU, eTh, eK) and airborne magnetometric technique. By means of PCA, the linear combination of the four parameters was presented and used for detecting the alteration zones. The results reveal that the combined application of the three methods can be used successfully as an optimized technique in detecting true alteration zones and delineating false anomalies.

**Key words:** Integration, Airborne, ETM Image, Mianeh, Alteration

#### مقدمه

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های ژئوفیزیک‌هوایی و کاربرد روش‌های تلفیقی، می‌تواند به عنوان وسیله‌ای مناسب در تعیین و شناسایی دقیق دگرسانی‌ها در منطقه مفید واقع شود.

#### موقعیت جغرافیایی

ورقه ۱:۵۰۰۰۰ میانه در استان آذربایجان شرقی و در محدوده ۳۰° ۴۷' تا ۴۵' ۴۷° طول‌خاوری و ۱۵° ۳۷' تا ۳۰° ۳۷' عرض شمالی قرار دارد. شهر

فعالیت‌های آتشفشانی کلسیمی - قلیایی و قلیایی موجب فعالیت دوباره محلولها (Reactivation) در منطقه و در نتیجه کانی‌سازهای فلزی از نوع اپی‌ترمال شده است. این زون با روند شمال باختر- جنوب خاور در منطقه میانه، تحت تأثیر ساختارهای شمال خاور - جنوب باختر، دچار خمیدگی شده است که این زون خمشی با دگرسانی‌های گرمایی در ارتباط بوده و کانی‌سازی فلزی عناصر پایه (Cu-Pb-Zn)، عناصر گرانها (Au-Ag) و احتمالاً عناصر پرتوزا (U-Th) را موجب شده است. لذا روش

۱- عملیات نسبت گیری باندها: بعضی از کانیه‌ها و سنگها در واحدهای سنگی، با بازتاب کلی دارند و یا جذب کلی، که به وسیله نسبت گیری می‌توان به راحتی این واحدها را استخراج کرد. با توجه به کاربردهای مختلف عملیات نسبت گیری از باندها، از این روش پردازش برای تصویر منطقه میانه استفاده شد. با استفاده از نمودارهای طیفی کانیه‌های مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، کائولینیت، پوشش گیاهی، آب و ... [۹۵]

نسبت گیریهای انجام شده، به شرح زیر است:

- نسبت ۵/۷ برای استخراج نواحی تحت تأثیر دگرسانی آرژلیک: به طور کلی کانیه‌های حاوی یون هیدروکسیل بازتاب زیادی در باند ۵ و جذب زیادی در باند ۷ دارند.

- نسبت ۳/۱ برای استخراج کانیه‌ها و سنگهای حاوی اکسید آهن: کانیه‌های آهن دار بازتاب زیادی در باند ۳ و جذب زیادی در باند ۱ دارند.

- نسبت ۴/۳ جهت تمیز گیاهان از دگرسانیها: این نسبت نیز به رنگ آبی نمایش داده شد.

با ترکیب رنگی کاذب (۴/۳ و ۵/۷) در رنگهای (آبی، سبز، سرخ) نواحی که به رنگ زرد دیده می‌شوند، نشانگر مناطق حاوی کانیه‌های هیدروکسیل دار و آهن دار خواهند بود، چراکه تلفیق رنگ سرخ (نمایانگر هیدروکسیل) و رنگ سبز (نمایانگر اکسید آهن) به رنگ زرد خواهد بود. تصویر ۱- الف نتیجه را نشان می‌دهد.

۲- تحلیل مؤلفه‌های اصلی (Principle Component Analysis): برای کاهش ابعاد متغیرهای اندازه گیری شده به مؤلفه‌های اصلی نماینده، با ترکیبی خطی از متغیرهای اندازه گیری شده به کار می‌رود [۳۵]. در این روش آماری، منظور کاهش بعد داده‌های چند باندی به دو یا ۳ مؤلفه اصلی است که محورها جدید بر مبنای محورهای باند در راستای بیشینه داده‌ها ایجاد می‌کند و به محض این که اجزای تصویر توسط سیستم مختصات جدید تعیین مکان شدند، تصویر محور باند جدید اطلاعات بیشتری نسبت به هر محور باند دیگر خواهد داشت.

در این مرحله، ابتدا باندهای (۱، ۴، ۵، ۷) برای مطالعه دگرسانی آرژلیک انتخاب شدند و مؤلفه‌های اصلی و مقادیر ویژه آنها تعیین گردید (جدول ۱). از روی ویژه مقادیر مشخص شد که بیشترین تفاضل بین باند ۷، ۵، در مؤلفه اول وجود دارد و به این دلیل مؤلفه اول این گروه باندها انتخاب شد. برای مطالعه اکسیدهای آهن باندهای (۵، ۴، ۳، ۱) انتخاب گردید و مؤلفه‌های اصلی و ویژه مقادیر آنها تعیین شد (جدول ۱). از روی ویژه مقادیر دیده می‌شود که بیشترین تفاضل بین باند ۳ و ۱ در مؤلفه چهارم ظاهر گردیده و به این دلیل، مؤلفه چهارم این گروه باندها انتخاب شد.

بین دو مؤلفه حاصل از گروههای باندی فوق، بار دیگر تحلیلی مؤلفه‌های

میانه در گوشه شمال خاوری این ورقه بوده و ارتفاع آن ۱۱۰۰ متر از سطح دریا است.

### زمین شناسی منطقه

سنگهای منطقه میانه بیشتر از واحدهای سنگی آتشفشانی تشکیل شده که سامانه آتشفشانی با شکل بیضوی را شامل می‌شود. تشکیل این سامانه با سنگهای آندزیتی شروع و در اواخر ائوسن به طرف سنگهای آندزیت آنالسیم دار متمایل می‌شود (نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میانه). در مراحل بعد، این سامانه با تشکیل رپولیت، ریوداسیت، وداسیت و نفوذ سنگهای گرانودیوریت و کوارتز مونزونیت توأم می‌گردد. وجود چند مرحله فعالیت آتشفشانی در زمانهای مختلف، موجب پیچیدگی سنگ شناسی، گسلش و چین خوردگی سنگها شده است. رخنمونی از سنگهای نفوذی در منطقه مشاهده نمی‌شود اما وجود آن در لایه‌های زیرین منطقه با داده‌های مغناطیس سنجی هوایی اثبات شده است [۴]. واحدهای رسوبی جنوب منطقه شامل کنگلومرا بوده و به طرف شمال و شمال خاور، بیشتر حالت ماسه سنگی و سیلتی پیدا می‌کنند.

### مطالعات تصاویر ماهواره‌ای

از تصاویر ماهواره‌ای ETM (لندست ۷) برای مطالعه منطقه میانه استفاده شد. ابتدا تصویرها پردازش شد و سپس دگرسانیهای منطقه با استفاده از دو روش نسبت گیری باندی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی مطالعه شدند:

الف) تصحیحات هندسی تصویر: در این مرحله تصحیحات هندسی طی دو مرحله زیر انجام گردید:

۱- تصحیح هندسی داده‌های TM نسبت به نقشه‌های پایه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ جغرافیایی ارتش جمهوری اسلامی ایران

۲- تصحیح هندسی ETM نسبت به تصاویر ماهواره‌ای TM تصحیح شده.

ب) فـراگـرد تفکیک مکانی (IFOV) تصویری: میدان دید لحظه‌ای (Instantaneous Field of View) زاویه‌ای است که توسط یک آشکار ساز، آشکارسازی می‌شود [۵]. با توجه به اینکه داده‌های ETM دارای ۶ باند ۳۰ متری و یک باند ۱۵ متری هستند، جهت افزایش تفکیک مکانی دیگر باندها، از یک باند ۱۵ متری تصاویر ETM استفاده شد. در نتیجه ۶ باند چند طیفی با تفکیک مکانی ۳۰ متری توسط یک باند با تفکیک مکانی (m) ۱۵×۱۳ به ۶ باند چند طیفی با تفکیک مکانی (m) ۱۵×۱۳ تبدیل شد (این نتیجه فقط در مطالعاتی که نیازمند تفکیک مکانی بالا بود، استفاده شد).

ج) آشکارسازی تصویر برای مطالعه دگرسانیها

پایاده گردید و ضرایب  $a_{11}$  تا  $a_{14}$  محاسبه شده و در فرمول بالا به صورت زیر جایگزین شدند:

$$Y = 0.824(U) + 0.834(Th) + 0.855(K) - 0.451(\text{کل})$$

داده‌های پرتوسنجی هوایی اورانیم، توریم و پتاسیم بیش از این که وارد این فرمول شوند، در برابر شدت مغناطیسی کل، بهنجار سازی شدند تا از نظر رقمی، با هم قابل مقایسه باشند.

پس از پایاده کردن داده‌ها و محاسبه مؤلفه اول حاصل از ترکیب خطی برای هر نقطه، نقشه منحنی میزان این داده‌ها در نرم افزار Arcview رسم شد (تصویر ۱-ج) با توجه به این تصویر، دیده می‌شود که مناطق با مقادیر بالای  $Y_1$ ، منطبق بر مناطق دگرسانی منطقه هستند، چرا که این مناطق در اثر مگنتیت زدایی در طی فرایند دگرسانی، مقدار مغناطیس سنجی نسبی کمی خواهند داشت و همچنین مقدار پتاسیم در این گونه محیطها (با توجه به نوع دگرسانی) افزایش نشان می‌دهد که با ترکیب خطی حاصل (ضرایب اورانیم، توریم و پتاسیم مثبت بوده و ضریب شدت مغناطیسی کل، منفی است) می‌توان این فرایند فیزیکوشیمیایی را توجه کرد. با توجه به ضریب همبستگی بالای اورانیم، توریم و پتاسیم، می‌توان از این ترکیب خطی برای شناسایی دگرسانیهای گرمایی استفاده کرد.

مناطق مشخص شده مورد کنترلهای صحرایی قرارگرفت و درستی آن در این کنترلها تأیید شد. نکته جالب توجهی در اینجا دیده می‌شود که جنوب خاوری منطقه در تصاویر ماهواره‌ای به صورت سنگهای دگرسان شده دیده می‌شود (به صورت کاذب) که این مورد در داده‌های ژئوفیزیکی تصحیح شده است، چرا که در این داده‌ها (تصویر ۱-ج) این منطقه به عنوان منطقه دگرسان شده مشخص نشده است.

در کاربرد تک به تک این پارامترها برای شناسایی دگرسانی محدودیتهایی وجود دارد، به عنوان مثال، پتاسیم اگر چه ارتباط مستقیمی با بعضی دگرسانیها دارد اما وجود نمک در مناطق دیگر می‌تواند بی‌هنجاریهای کاذبی را از نظر پتاسیم به وجود آورد که با کاربرد تلفیق این چهار پارامتر توسط تحلیل مؤلفه‌های اصلی، همزمان بودن این چهار پارامتر می‌تواند به عنوان ابزاری سودمند و قوی برای شناسایی دگرسانیها به کار رود.

در تصویر ۱-د که حاصل همپوشانی تصاویر دیگر است، ارتباط و همبستگی بین این سه روش استفاده شده برای شناسایی دگرسانیها دیده می‌شود.

### نتیجه گیری

پس از شناسایی دگرسانیهای گرمایی با تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از دو روش نسبت گیری بانندی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، مشخص شد که همبستگی جالبی بین این دو روش وجود دارد، اما وسعت مناطق مشخص

اصلی انجام شد و مؤلفه اصلی اول برای نشان دادن دگرسانیهای منطقه پیشنهاد گردید. مؤلفه اصلی اول انتخاب شده به نرم افزار ERDAS فرستاده شد و در آنجا مناطق با بیشترین بازتاب انتخاب گردید که نتیجه در تصویر ۱-ب آمده است.

با توجه به تصاویر حاصل از روش نسبت گیری بانندی و روش مؤلفه‌های اصلی، ارتباط این دو روش در نشان دادن دگرسانیهای منطقه دیده می‌شود با این تفاوت که تحلیل مؤلفه‌های اصلی، نواحی وسیع تری را برای دگرسانیها نشان می‌دهد.

بر روی نواحی به دست آمده، کنترلهای صحرایی انجام شد و مسجل گردید که بجز منطقه جنوب خاوری، بقیه مناطق تحت تأثیر دگرسانی گرمایی قرار گرفته‌اند.

### بررسی داده‌های ژئوفیزیک هوایی

برای مطالعه این منطقه از داده‌های ژئوفیزیک هوایی تهیه شده توسط سازمان انرژی اتمی ایران استفاده شد. این منطقه، تحت پوشش برداشتهای پرتوسنجی هوایی برای اورانیم (U)، توریم (Th)، پتاسیم (K) و مغناطیس سنجی هوایی قرار گرفته است. داده‌های برداشت شده شبکه بندی شده و به شبکه منظم  $(200 \times 200 \text{ m})$  تبدیل شدند. با تلفیق این داده‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی، دگرسانیهای گرمایی منطقه شناسایی گردید. مناطق انتخاب شده ارتباط و هماهنگی خوبی با مناطق انتخاب شده توسط تصاویر ماهواره‌ای نشان دادند.

تحلیل مؤلفه‌های اصلی، فنی است برای پیدا کردن ترکیبهای خطی از متغیرهای اولیه همبسته که تشکیل یک دستگاه محور مختصات جدید را بدهند. این ترکیبهای خطی، مؤلفه‌های اصلی نامیده می‌شوند و دارای خواص زیر هستند:

الف) بخشی اعظم تغییر پذیری را می‌توان با تعداد محدودی از متغیرهای جدید ( $k$ ) توجه کرد. در این صورت، تعداد بعدها از  $p$  به  $k$  کاهش یافته است.

ب) متغیرهای جدید که محصول ترکیب خطی متغیرهای اولیه هستند، بین خود همبستگی نشان نمی‌دهند. مؤلفه‌های اول از مؤلفه‌های اصلی که آن را با  $Y_1$  نشان می‌دهیم به صورت ترکیب خطی متغیرهای اولیه  $X_1$  تا  $X_p$  به شکل زیر نوشته می‌شود.

$$Y_1 = a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1p}X_p$$

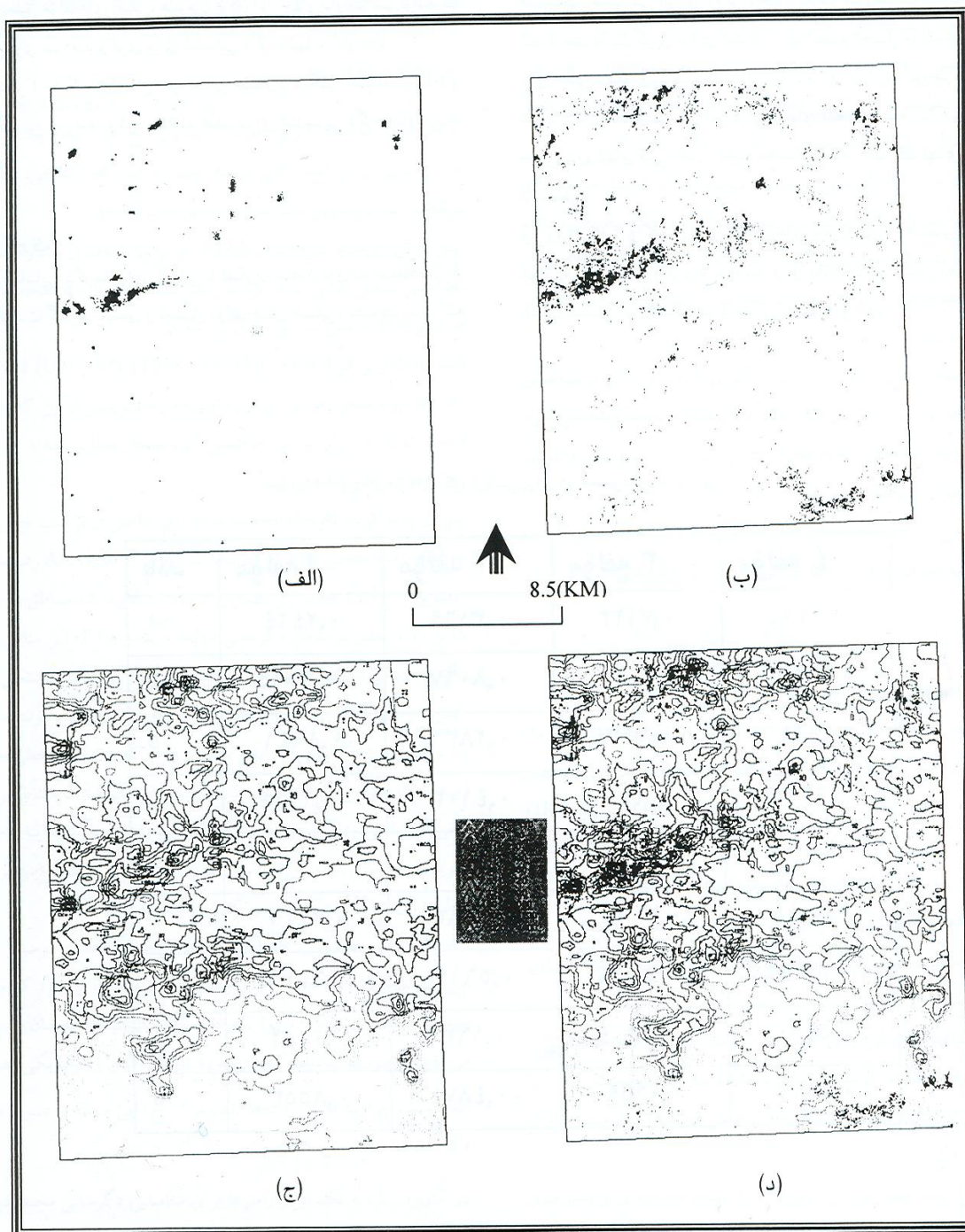
در امتداد این مؤلفه، بیشترین تغییر پذیری رخ می‌دهد و بخش عمده تغییر پذیری در این امتداد قابل توجه است. از دیدگاه اکتشافی، امتداد این مؤلفه بر امتداد بیشترین تغییر پذیری منطبق است [۸۳]. این روش، توسط نرم افزار SPSS بر روی داده‌های پرتوسنجی و مغناطیس سنجی هوایی

این روش تلفیق و کاربرد همزمان داده‌های ماهواره‌ای و داده‌های ژئوفیزیک هوایی، به عنوان ابزار قوی و سودمند برای مطالعات در چنین محیط‌هایی با هدف شناسایی و اکتشاف مواد معدنی پیشنهاد می‌شود.

شده توسط نسبت گیری بانندی کمتر است. با انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای تلفیق داده‌های ژئوفیزیک هوایی (رادئومتری اورانیم، توریم و پتاسیم و شدت میدان مغناطیسی کل) نیز دگرسانی‌های منطقه مطالعه شد که همپوشانی خوبی با روش‌های قبلی داشت. نتایج حاصل، در مرحله کنترل‌های صحرائی تأیید شد.

جدول ۱ - ویژه بردارهای کوواریانس برای دو مجموعه چهاربانندی

باند	مؤلفه ۱	مؤلفه ۲	مؤلفه ۳	مؤلفه ۴
۱	۰,۲۴۲۴	۰,۳۱۶۹	۰,۷۱۲۳	۰,۵۷۷۴
۴	-۰,۲۸۶۵	۰,۸۰۶۷	۰,۱۴۱۵	-۰,۴۹۷۱
۵	۰,۸۹۴۶	۰,۲۸۳۶	-۰,۳۱۳۴	-۰,۱۴۴۶
۷	-۰,۲۴۲۴	۰,۴۱۰۳	-۰,۶۱۱۸	۰,۶۳۱۳
۱	۰,۲۴۳۷	۰,۶۴۸۳	۰,۳۰۸۹	۰,۶۵۱۸
۳	۰,۶۴۰۹	۰,۵۶۱۹	-۰,۴۵۲۴	-۰,۵۱۶۹
۴	۰,۰۰۸۲	-۰,۱۶۳۱	-۰,۸۲۰۴	۰,۵۴۸۰
۵	۰,۸۵۵۳	-۰,۴۸۷۱	۰,۱۶۵۹	۰,۰۸۷۷



شکل ۱- دگرسانیهای منطقه میانه: (الف) حاصل از ترکیب رنگی کاذب (۳/۴ و ۳/۱ و ۵/۷)، (ب) حاصل از تحلیل مؤلفه های اصلی تصاویر ماهواره‌ای، (ج) حاصل از داده‌های ژئوفیزیک هوایی، (د) همپوشانی سه تصویر فوق

### کتابنگاری

حاجب حسینه، ح. و زمردیان، ح. ۱۳۷۵- ژئوفیزیک کاربردی، دانشگاه تهران  
حاج علیلو، ۱۳۷۶- گزارش پی جویی و پتانسیل یابی منطقه میانه، سازمان صنایع و معادن استان آذربایجان شرقی  
حسینی پاک، ع.ا. و شرف الدین، م.، ۱۳۸۰- تحلیل داده های اکتشافی، دانشگاه تهران  
فلاح، ر.، ۱۳۸۲- روشهای نوین اکتشافات در مطالعه توانمندی و امکان کانی سازی عناصر پرتوزا و فلزات در محدوده غرب میانه، پایان نامه کارشناسی ارشد  
، دانشگاه صنعتی سهند تبریز

### References

- Andrew N. Rencz, 1999- Remot Sensing for the Earth Sciences: Manual of Remot Sensing, vol.3, John Wiley & Sons, Inc.  
Crippen, R.E., 1989- Selections of Landsat Tm and Band-Ratio Combinations to Maximize Lithologic Information in Color Composite Display, in Processing of the 7<sup>th</sup> Thematic Conference on Remot Sensing for Exploration Geology.  
Crosta, A. P. & Rabelo, A., 1993- Assessing Landsat/Tm for Hydrothermal Alteration Mapping in Central-Western, Brazil, in Proceeding of the 9<sup>th</sup> Thematic Conference on Geologic Remot Sensing.  
Davis J.C., 1986- Statistics and Data Analysis in Geology, John Wiley & Sons, Inc.  
ERDAS Spectral Library.  
Harris, J.R. et al., 1998- Mapping of Altered Rocks Using Landsat TM and Lithochemical Data: Sulphurets\_ Brace Jack Lake District, British Columbia, Canada, Photogrammetric Engineering and Remot Sensing.  
Loughlin, W.P.G., 1991- Principle Component Analysis Alteration Mapping, Photogramm. Eng. Remot Sensing.  
Ditcher, D.H., 1994- Steele, J.P., Watson, R.K., the Application of Airborne Geophysical Techniques to the Delineation of Hydrothermal Systems in Base and Precious Metal Deposits, North-West Mining Association Conference.  
Ranjbar, H., et al., 2001- Integration and Analysis of Airborne Geophysical Data of the Darrehzar Area, Kerman Province, Iran, Using Principal Component Analysis, Journal of Applied Geophysics.  
Sami Hamed Abd El Nabi, 1999- Evaluation of Airborne Gamma-Ray Spectrometric Data for the Missikat Uranium Deposit, Eastern Desert, Egypt, Applied Radiation and Isotopes.  
San Diego State University, 1998- Integrated Use of Remot Sensing and GIS for Mineral Exploration, La Cuesta International, Inc.

\* دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز

\* Faculty of Mining Engineering, Sahand Industrial University, Tabriz