

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد اکتشاف مواد معدنی

تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر منگنز دار با استفاده از GIS

و سنجش از دور در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ رشم

نگارنده: علی خلج

استاد راهنما:

دکتر منصور ضیائی

استاد مشاور:

مهندس مهدی ضیائی

شهریور ۱۳۹۷

شماره: ۲۴۶۹۷۳۷۲
تاریخ: ۹۷/۷/۱۶

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای علی خلیج با شماره دانشجویی ۹۴۰۶۸۶۴ رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف تحت عنوان تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر منگنزدار با استفاده از GIS و سنجش از دور در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ رشم که در تاریخ ۹۷/۰۶/۱۹ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: <u>خیلی خوب</u>)	<input checked="" type="checkbox"/>	مردود	<input type="checkbox"/>
نوع تحقیق:	<input checked="" type="checkbox"/> نظری	<input type="checkbox"/> عملی	

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	دانشیار	دکتر منصور ضیائی	۱- استاد راهنمای اول
—	—	—	۲- استاد راهنمای دوم
		مهدی ضیائی	۳- استاد مشاور
	استادیار	دکتر احمد واعظیان	۴- نماینده تحصیلات تکمیلی
	دانشیار	دکتر ابوالقاسم کامکار روحانی	۵- استاد ممتحن اول
	استاد	دکتر رضا خالو کاکائی	۶- استاد ممتحن دوم



نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد علی
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: _____
تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیلی) می تواند مجدداً در دفاع نه ای. (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

به سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موباشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

وعاشقانه سوختند تا کرمانجش وجود ما و روشنگر راهمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان.

که از نگاهشان صلابت و از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم.

تشکر و قدردانی

یا هو

ای هستی بخش، وجود مرا بر نعمات بی کرانت توان شکر نیست

ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می تپد.

الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور،

نه حلقه ای برای اسارت

و نه دست مایه ای برای تجارت،

بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران، خاص که

مسئولیت دانشگاه و دانشگاهیان جایگاهی حساس و تعیین کننده در روند حرکت اجتماع دارد.

بیش از همه از استاد گرانقدر و بزرگوار **جناب آقای دکتر منصور ضیائی و مهندس مهدی**

ضیائی که همواره با راهنمایی و مشاوره، مرا مورد لطف و محبت خود قرار داده اند، نهایت

تشکر و قدردانی را دارم.

تعهد نامه

اینجانب **علی خلیج** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن گرایش اکتشاف از دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان: تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر منگنز دار با استفاده از GIS و سنجش از دور در بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ رشم تحت راهنمایی آقای **دکتر منصور ضیائی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیرگذار بوده اند، در مقالات مستخرج از این پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت‌های آن‌ها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) مربوط به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

هدف از این پایان نامه ارائه نقشه پتانسیل مطلوب در مناطق امیدبخش ذخایر منگنزدار، می باشد. منطقه‌ی مورد مطالعه، برگه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم در ۸۰ کیلومتری جنوب دامغان می باشد. از این رو در این پژوهش، لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی، ساختاری، دورسنجی و ژئوشیمی، برای تلفیق در محیط GIS انتخاب گردید. اولین گام در تهیه نقشه مناطق امیدبخش، شناسایی داده‌های مورد نیاز می باشد. از کنترل‌کننده‌های مهم ذخایر منگنزدار در این منطقه می توان به حضور گسله‌ها و شکستگی‌ها و زمین‌شناسی اشاره داشت و به همین دلیل در منطقه مورد نظر شکستگی‌ها از تصاویر ماهواره ای و واحدهای سنگی و گسل‌ها با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی استر و لندست ۷، تفکیک شده است و این فرآیند به کمک تکنیک‌های آنالیز مولفه اصلی و نسبت‌های بانندی انجام گرفت. از طرفی با اعمال فیلترهای مناسب، تفکیک خطواره‌ها صورت پذیرفت. در انتها به کمک روش‌های هم-پوشانی شاخص چندکلاسه و منطق فازی، این لایه‌های اطلاعاتی تلفیق شده و بدین ترتیب نقشه مناطق امیدبخش ذخایر منگنزدار ارائه گردید. برای ارزیابی مطلوبیت هر کدام از این نقشه‌ها، از موقعیت نشانه‌های معدنی منگنز استفاده شد و مناطق بهینه برای ادامه فعالیت‌های اکتشافی در قالب یک نقشه تعیین شدند. نتایج بدست آمده گواه این نکته می باشد که از میان روش‌های استفاده شده، روش‌های مبتنی بر نقشه‌های چند کلاسه، ارزیابی بهتری از منطقه ارائه داده‌اند. با عنایت به اینکه نقشه مناطق امیدبخش ارائه شده به کمک روش چند کلاسه تطابق بیشتری با نشانه‌های معدنی واقع در منطقه دارد، در انتها از معدن منگنز هلالان بازدید شد و صحت سنجی مناطق تعیین شده با واقعیت زمین مقایسه شد. لذا با توجه به نقشه‌های پتانسیل مطلوب تولید شده، نقاطی برای عملیات اکتشافی شناسایی و معرفی شد.

کلیدواژه: ذخایر منگنزدار، دورسنجی، ژئوشیمی، منطق فازی، نقشه مناطق امیدبخش، رشم.

فهرست مطالب

فصل اول کلیات.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۱-۲ موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به محدوده.....	۴
۱-۳ آب و هوا.....	۴
۱-۴ توپوگرافی و مرفولوژی محدوده اکتشافی کلاته رشم برگه ۱:۱۰۰۰۰۰.....	۵
۱-۵ مطالعات و کارهای انجام شده قبلی در منطقه کلاته رشم.....	۶
۱-۶ ضرورت و هدف از انجام پایان نامه.....	۷
۱-۷ مراحل انجام پایان نامه.....	۸
۱-۸ کلیاتی در مورد منگنز.....	۹
۱-۸-۱ کاربردهای منگنز.....	۹
۱-۸-۲ منابع منگنز در جهان و ایران.....	۱۳
۱-۸-۳ اکتشاف منگنز.....	۱۳
۱-۹ ساختار پایان نامه.....	۱۵
فصل دوم زمین شناسی منطقه.....	۱۷
۲-۱ مقدمه.....	۱۸
۲-۲ ویژگی های زمین شناسی عمومی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم.....	۱۸
۲-۲-۱ واحد ژوراسیک زیرین.....	۲۱
۲-۲-۲ واحدهای اردوئین-سیلورین.....	۲۱
۲-۲-۳ واحدهای پرمین.....	۲۲
۲-۲-۴ نهشته های تخریبی و کربناته تریاس (TR).....	۲۳
۲-۲-۵ واحدهای ائوسن الیگوسن.....	۲۳
۲-۲-۶ نهشته های میوسن.....	۲۴
۲-۲-۷ نهشته های پلیوسن و کواترنر.....	۲۵
۲-۳ زمین شناسی اقتصادی.....	۲۶
۲-۴-تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی.....	۲۶
فصل سوم دورسنجی.....	۳۱
۳-۱ مقدمه.....	۳۲
۳-۲ خصوصیات داده های دورسنجی.....	۳۳
۳-۳ کاربرد داده ها و تصاویر ماهواره ای و دورسنجی.....	۳۳
۳-۴ ویژگی های طیفی مواد.....	۳۴
۳-۵ طیف الکترومغناطیس.....	۳۴
۳-۶ قدرت تفکیک سنجنده.....	۳۷
۳-۶-۱ قدرت تفکیک مکانی.....	۳۷
۳-۶-۲ قدرت تفکیکی طیفی.....	۳۸
۳-۶-۳ قدرت تفکیک زمانی.....	۳۸

۳۹	۳-۷ داده ها و تصاویر ماهواره ای
۳۹	۳-۸ داده های ماهواره ای مورد استفاده
۴۴	۳-۹ پیش پردازش تصاویر ماهواره ای
۴۴	۳-۹-۱ تصحیح توپوگرافی
۴۵	۳-۹-۲ تصحیح هندسی
۴۶	۳-۹-۳ تصحیح رادیومتری
۴۷	۳-۱۰ پردازش تصاویر ماهواره ای
۴۸	۳-۱۱ بازسازی مناطق دگرسان شده با استفاده از نسبت باندی
۴۹	۳-۱۲ روش آنالیز مؤلفه ی اصلی (PCA)
۵۰	۳-۱۳ آنالیز مؤلفه های اصلی انتخابی (کروستا)
۵۰	۳-۱۴ نتایج مطالعات دورسنجی در منطقه مورد مطالعه
۵۱	۳-۱۵ استخراج دگرسانی های منطقه مورد مطالعه
۵۴	۳-۱۵-۱ استخراج دگرسانی ها سنجنده ETM+
۵۸	۳-۱۵-۲ استخراج دگرسانی ها سنجنده OLI
۶۰	۳-۱۵-۳ استخراج دگرسانی ها از سنجنده استر
۶۱	۳-۱۵-۳-۱ آنالیز مؤلفه های اصلی روی ۹ باند سنجنده استر
۶۵	۳-۱۵-۳-۲ آنالیز مؤلفه انتخابی برای بازسازی کانی های خاص
۷۰	۳-۱۶ استخراج خطوطاره ها با استفاده از تصاویر ماهواره ای
۷۱	۳-۱۶-۱ فیلترهای پایین گذر
۷۱	۳-۱۶-۲ فیلترهای بالاگذر
۷۱	۳-۱۶-۳ فیلتر جهتی
۷۳	۳-۱۷ نتیجه گیری
۷۵	فصل چهارم ژئوشیمی
۷۶	۴-۱ مقدمه
۷۶	۴-۲ پردازش اولیه داده های ژئوشیمیایی
۷۷	۴-۳ بررسی های آماری تک متغیره
۷۸	۴-۴ پارامترهای آماری داده های خام
۸۰	۴-۵ بررسی توزیع داده ها
۸۱	۴-۶ تفسیر بررسی های آماری تک متغیره
۸۱	۴-۷ نرمال سازی داده ها
۸۲	۴-۸ بررسی های آماری دومتغیره
۸۸	۴-۱۰ بررسی های آماری چند متغیره
۸۹	۴-۱۰-۱ تجزیه و تحلیل مؤلفه ی اصلی (PCA)
۹۰	۴-۱۰-۲ استخراج مؤلفه های اصلی
۹۲	۴-۱۰-۳ ماتریس مؤلفه ها
۹۳	۴-۱۰-۴ دوران فاکتورها
۹۶	۴-۱۱ تهیه ی نقشه امتیازدهی مؤلفه ها
۹۷	۴-۱۲ جمع بندی

۹۹	فصل پنجم تلفیق لایه های اطلاعاتی
۱۰۰	۵-۱ مقدمه
۱۰۰	۵-۲ تهیه نقشه پتانسیل مطلوب به روش هم پوشانی شاخص و فازی
۱۰۰	۵-۲-۱ مدل سازی به روش هم پوشانی شاخص
۱۰۲	۵-۲-۲ مدل سازی به روش منطق فازی
۱۰۲	۵-۲-۲-۱ عملگر "و"
۱۰۳	۵-۲-۲-۲ عملگر فازی "یا"
۱۰۳	۵-۲-۲-۳ حاصل ضرب جبری فازی
۱۰۴	۵-۲-۲-۴ عملگر حاصل جمع جبری فازی
۱۰۴	۵-۲-۲-۵ عملگر فازی گاما
۱۰۵	۵-۳ لایه های اطلاعاتی
۱۰۵	۵-۳-۱ لایه اطلاعاتی گسل
۱۰۶	۵-۳-۲ لایه اطلاعاتی دگرسانی ها
۱۰۷	۵-۳-۳ لایه اطلاعاتی ژئوشیمی
۱۰۸	۵-۳-۴ لایه اطلاعاتی زمین شناسی
۱۰۹	۵-۴ نقشه پتانسیل مدل هم پوشانی شاخص
۱۱۱	۵-۵ نقشه پتانسیل مدل منطق فازی
۱۱۳	۵-۶ صحت سنجی مناطق دارای پتانسیل
۱۱۵	فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۶	۶-۱ نتیجه گیری
۱۱۷	۶-۲ پیشنهادات
۱۱۸	منابع:

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ نقشه راه های ارتباطی محدوده اکتشافی. (محدوده مورد مطالعه با چهارگوش قرمز مشخص شده است)..... ۴
- شکل ۱-۲ تفکیک عناصر آلومینیوم، آهن و منگنز درون یک حوضه ی رسوبی ساحلی. (طیسی، ۱۳۸۹)..... ۱۵
- شکل ۱-۲ نقشه رقومی شده زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم..... ۱۹
- شکل ۲-۲ موقعیت تکتونیکی ناحیه ترود و خطوط اصلی گسل های منطقه (هوشمندزاده و همکاران، ۱۹۶۴)..... ۲۸
- شکل ۱-۳: طول موج انواع امواج الکترومغناطیس (فاطمی و رضایی ۱۳۸۹)..... ۳۵
- شکل ۲-۳: منحنی رفتار طیفی آب، پوشش گیاهی و خاک (صادقیان، ۱۳۸۳)..... ۳۷
- شکل ۳-۳: مقایسه شماتیک دو ماهواره لندست ۷ و لندست ۸..... ۴۲
- شکل ۴-۳: مقایسه شماتیک دو ماهواره لندست ۷ و استر..... ۴۴
- شکل ۵-۳: مقایسه طیف انعکاسی از دو تصویر خام (سمت راست). و اصلاح شده (سمت چپ) تصویر سنجنده استر ۴۷
- شکل ۳-۶: تحلیل مولفه اصلی، نمایش دو متغیره داده های دو باند لندست ۷، همبستگی بالای دو باند ۱ و ۲ به ایجاد بیضوی کشیده در فضای دو بعدی منجر میشود. در شکل A بر اساس مقادیر میانگین دو باند، مرکز محور مختصات جابه جا شده است، در شکل B محور مختصات براساس بیشترین واریانس دچار چرخش شده است. در شکل C مولفه اصلی اول دارای بیشترین واریانس است و مولفه اصلی دوم بر مولفه اصلی عمود بوده و حاوی کمترین واریانس داده هاست..... ۵۰
- شکل ۳-۷: دگرسانی آرژلیتی مجاور معدن اصلی هلالان..... ۵۲
- شکل ۳-۸: سیلیسی شدن به صورت رگه و رگچه هایی در تمام واحدهای رخنمون یافته قابل مشاهده است. در اندیس های کانی سازی منگنز به صورت رگه ای قابل مشاهده است..... ۵۳
- شکل ۳-۹: تغییرات بازتاب و جذب نور در باندهای مختلف دو سنجنده لندست ۷ و ۸ برای دگرسانی ها..... ۵۴
- شکل ۳-۱۰: تغییرات بازتاب و جذب نور در باندهای مختلف سنجنده استر برای دگرسانی ها..... ۵۴
- شکل ۳-۱۱: تصویر حاصل از ترکیب رنگی کاذب حاصل از نسبت های (۳/۱ و ۵/۴ و ۵/۷) تصویر لندست ۷..... ۵۵
- شکل ۳-۱۲: PC4 پیکسل های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی های رسی هستند..... ۵۷
- شکل ۳-۱۳: PC3 پیکسل های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی های اکسید آهن هستند..... ۵۷
- شکل ۳-۱۴: PC4 پیکسل های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی های رسی هستند..... ۵۹
- شکل ۳-۱۵: PC5 پیکسل های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی های اکسید آهن هستند..... ۵۹
- شکل ۳-۱۶: PC5 سنجنده استر در منطقه مورد مطالعه (زون پروپلیتیک با پیکسل های روشن مشخص شده است)..... ۶۲
- شکل ۳-۱۷: PC6 سنجنده استر در منطقه مورد مطالعه (دگرسانی فیلیک آرژیلیک با پیکسل های روشن مشخص شده است)..... ۶۳
- شکل ۳-۱۸: PC8 سنجنده استر در منطقه مورد مطالعه (پیکسل های روشن دگرسانی های اکسید آهن را مشخص کرده است)..... ۶۳
- شکل ۳-۱۹: ترکیب رنگی (PC5,PC6,PC8) به ترتیب رنگ RGB از باندهای ۱ تا ۹ تصویر استر..... ۶۴
- شکل ۳-۲۰: ترکیب رنگی کاذب (PC1,-PC4,PC2) به ترتیب رنگ RGB از باندهای ۱۰ تا ۱۴ (حرارتی) تصویر استر..... ۶۵
- شکل ۳-۲۱: آشکارسازی اکسیدهای آهن با استفاده از آنالیز مؤلفه های اصلی چهارم (PC4)..... ۶۶
- شکل ۳-۲۲: تصویر بدست آمده از PC4- مولفه اصلی انتخابی برای دگرسانی پروپلیتیک..... ۶۷
- شکل ۳-۲۳: تصویر بدست آمده از PC4- برای بارزسازی دگرسانی فیلیک..... ۶۸

- شکل ۳-۲۴ ترکیب رنگی کاذب از باندهای (سیلیس، فلیک، پروپلتیک)..... ۶۹
- شکل ۳-۲۵ تغییر فضای رنگی شکل از RGB به HSV همان طور که در شکل مشاهده می شود مناطق جنوب شرقی نقشه به صورت آبرفتی از دگرسانی های بالادستی آلوده شده که جز مناطق با پتانسیل انتخاب نمیشود..... ۷۰
- شکل ۳-۲۶: خطواره های استحصال شده از داده ی لندست..... ۷۲
- شکل ۳-۲۷ گسل های زمین شناسی و خطواره ها با خطوط قرمز مشخص شده است..... ۷۳
- شکل ۴-۱: نمودار هیستوگرام داده های خام برخی از عناصر..... ۸۰
- شکل ۴-۲: نقشه ی توزیع عیار عنصر نیکل (ppm) در محدوده ی نمونه برداری شده..... ۸۵
- شکل ۴-۳: نقشه ی توزیع عیار عنصر کروم (ppm) در محدوده ی نمونه برداری شده..... ۸۵
- شکل ۴-۴: نقشه ی توزیع عیار عنصر کبالت (ppm) در محدوده ی نمونه برداری شده..... ۸۶
- شکل ۴-۵: نقشه ی توزیع عیار عنصر مس (ppm) در محدوده ی نمونه برداری شده..... ۸۶
- شکل ۴-۷: نقشه ی توزیع عیار عنصر روی (ppm) در محدوده ی نمونه برداری شده..... ۸۷
- شکل ۴-۸ برهم نهی چهار لایه اندیس ها، گسل ها، دگرسانی ها و نقشه پراکندگی نیکل. با توجه به شکل مناطق دارای دگرسانی سیلیسی و کربناتی دارای آنومالی نیکل هستند..... ۸۸
- شکل ۴-۹: نمودار اسکرپیلوت داده های استخراج شده..... ۹۲
- شکل ۴-۱۰: نقشه ی امتیازات فاکتوری مؤلفه ی اول..... ۹۶
- شکل ۴-۱۱: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی دوم..... ۹۷
- شکل ۴-۱۲: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی سوم..... ۹۷
- شکل ۵-۱ لایه بافرزده اطراف گسل ها در دو فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری به همراه اندیس های معدنی..... ۱۰۶
- شکل ۵-۲ نقشه دگرسانی منطقه مورد مطالعه (همراهی دگرسانی سیلیسی با اندیس های منگنز)..... ۱۰۷
- شکل ۵-۳ نقشه لایه های کلاسه بندی شده ژئوشیمی. الف) مولفه اول ب) مولفه دوم ج) مولفه سوم..... ۱۰۸
- شکل ۵-۴ نقشه زمین شناسی کلاس بندی شده در ۵ کلاس متناسب با کانی زایی منگنز..... ۱۰۹
- شکل ۵-۵ نقشه تولید شده با استفاده از وزن های جدول (۱-۵) به روش هم پوشانی شاخص..... ۱۱۱
- شکل ۵-۶: مدل منطق فازی شیت رشم..... ۱۱۲
- شکل ۵-۷: نقشه پتانسیل مطلوب مناطق با پتانسیل بالا برای اکتشاف منگنز با رنگ قرمز مشخص شده اند. (با استفاده از روش فازی گاما ۰/۸۷)..... ۱۱۳
- شکل ۵-۸ اندیس منگنز کشف شده با استفاده از نقشه پتانسیل مطلوب..... ۱۱۴

فهرست جداول

جدول ۱-۲	واحدهای نقشه زمین شناسی.....	۲۰
جدول ۱-۳	مشخصات سنجنده ETM+.....	۴۱
جدول ۲-۳	مشخصات سنجنده OLI و TIRS.....	۴۲
جدول ۳-۳	مشخصات سنجنده ASTER.....	۴۳
جدول ۳-۴	نتایج بدست آمده از روش آنالیز مولفه اصلی با استفاده از ۶ باند سنجنده لندست ۷.....	۵۶
جدول ۳-۵	نتایج روش آنالیز مولفه های اصلی تصویر لندست ۸.....	۵۸
جدول ۳-۶	نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه های اصلی ۹ باند سنجنده استر در محدوده مورد مطالعه.....	۶۲
جدول ۳-۷	نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه های اصلی روی باندهای حرارتی سنجنده استر.....	۶۵
جدول ۳-۸	نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه های اصلی روی باندهای ۱،۲،۳ و ۴. تصویر استر.....	۶۶
جدول ۳-۹	نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه های اصلی روی باندهای ۵،۴،۱ و ۸. تصویر استر.....	۶۷
جدول ۳-۱۰	نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه های اصلی روی باندهای ۶،۵،۴ و ۹ تصویر استر.....	۶۷
جدول ۱-۴	پارامترهای آماری داده های خام عناصر شاخص (مقادیر بر حسب ppm).....	۷۹
جدول ۲-۴	مقادیر ضریب همبستگی عناصر نرمال شده و توزیع پراکندگی عناصر.....	۸۳
جدول ۳-۴	فاکتورهای استخراج شده و درصد واریانس توجیه شده توسط هر کدام از آنها.....	۹۱
جدول ۴-۴	ماتریس دوران نیافته مؤلفه های انتخابی.....	۹۳
جدول ۱-۵	وزن لایه و زیرلایه ها برای تلفیق.....	۱۱۰

فصل اول

کلیات

۱-۱ مقدمه

در این پایان‌نامه سعی شده است تا با تهیه نقشه پتانسیل مطلوب مناطق مستعد برای اکتشاف منگنز مشخص شود. بر این اساس چهار لایه زمین‌شناسی، ساختاری، دگرسانی و ژئوشیمی مورد تحلیل قرار گرفته و توسط روش‌های تلفیق ترکیب شده اند. روش‌های تلفیق لایه‌های اطلاعاتی به روش‌های دانش‌محور، روش‌های داده‌محور و روش‌های ترکیبی تقسیم می‌شوند (Bonham, 1994). روش‌های دانش‌محور مدل‌سازی پتانسیل معدنی در شروع عملیات اکتشاف در مناطقی که از لحاظ زمین‌شناسی مناسب بوده ولی در آن کار اکتشافی کم صورت گرفته، مناسب هستند. این روش‌ها عموماً در مناطقی که در آن‌جا هیچ ذخیره شناخته شده‌ای وجود ندارد یا تعداد ذخایر شناخته شده اندک است به کار می‌روند. واژه دانش‌محور اشاره به ارزیابی کیفی^۱ وزن‌دادن^۲ به شواهد بر اساس مقایسه و قضاوت کارشناسی می‌باشد. روش‌های دانش‌محور شامل روش منطق فازی^۳، منطق بولین^۴، هم‌پوشانی شاخص^۵، عکس فاصله^۶ توابع برآورد و تحلیل سلسله مراتبی^۷ می‌باشند. (یوسفی و کامکار روحانی، ۱۳۸۹).

روش‌های داده‌محور بر عکس روش‌های دانش‌محور، وابسته به محل ذخایر شناخته‌شده و اندیس‌های معدن موجود در منطقه‌ی مورد مطالعه است و در این روش، وزن‌های مربوطه با توجه به پراکندگی اندیس‌های معدن تعیین می‌شوند. روش داده‌محور شامل روش‌های چند متغیره شامل رگرسیون لجستیک^۸ (Chung & Agterburg, 1980)، شبکه‌ی عصبی مصنوعی^۹، تحلیل مطلوبیت^{۱۰}، تحلیل ویژگی^{۱۱}، تحلیل جداسازی^۱، تحلیل ضریب درست‌نمایی^۲، طبقه بندی شبکه

Qualitative^۱
Weighting^۲
Fuzzy logic^۳
Boolean logic^۴
Index overlay^۵
Invers distance^۶
Analytical hierarchy process^۷
Logistic regression^۸
Artificial neuralnetworks^۹
Favorability analysis^{۱۰}
Characreristic analysis^{۱۱}

بیزین^۳، وزن‌های نشان‌گر^۴ توسعه یافته و روش ماشین برداری پشتیبان^۵ می‌باشند (Carranza, 2008).

اکتشاف و ارزیابی ذخایر منگنز نسبت به بسیاری از مواد معدنی دیگر مشکل‌تر است. این کانسارها معمولاً کوچک و به صورت پراکنده هستند و روش‌های ژئوفیزیکی گران قیمت برای اکتشاف این توده‌های کانساری مقرون به صرفه نیست. نظام توزیع عناصر شیمیایی در سنگ‌های پوسته زمین و عوامل مهم مؤثر در مهاجرت و تمرکز عناصر در طی فرایندهای طبیعی، مبنای تئوریک تکنیک‌هایی را تشکیل می‌دهد که در اکتشافات ژئوشیمیایی بکار رفته است. هم‌اکنون این روش‌ها، وسیله‌ای بسیار سودمند و مؤثر هستند که عملاً در همه مراحل جستجو برای اکتشاف ذخایر معدنی بکار گرفته می‌شوند. (حسنی پاک، ۱۳۸۱).

برخلاف روش‌های ژئوفیزیکی که در اکتشاف منگنز چندان موفق نیستند، روش‌های ژئوشیمیایی به دلیل حلالیت بالای منگنز به عنوان ابزاری مؤثر در پروژه‌های اکتشاف می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. برای اکتشاف منگنز در خشکی روش منحصر به فردی وجود ندارد پی جویی و اکتشاف منگنز در خشکی بیشتر بر پایه تفسیرهای زمین‌شناسی ناحیه‌ای، با علم به این که آهن و منگنز اغلب با هم هستند انجام می‌شود.

در این پایان‌نامه از روش دانش محور در تهیه نقشه پتانسیل مطلوب برای تعیین مناطق با اهمیت برای پی جویی کانسار منگنز استفاده شده است که نتایج پس از چک زمینی از ارزش این روش حکایت داشت.

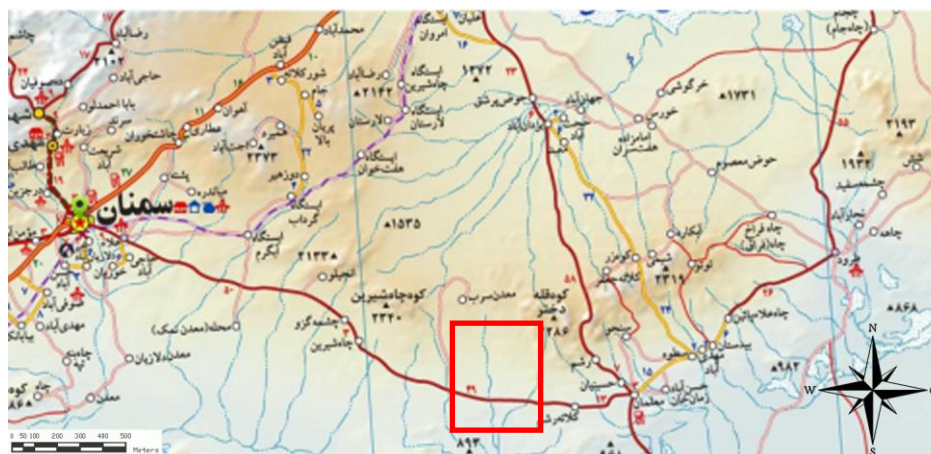
Discriminate analysis^۱
Likelihood ratio analysis^۲
Bayesian network classifiers^۳
Exended Weights-of-Evidence^۴
Support vector machine^۵

۲-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به محدوده

محدوده مورد مطالعه در ۸۰ کیلومتری جنوب دامغان، ۱۶ کیلومتری غرب روستای رشم و در مختصات جغرافیایی $54^{\circ}30' E - 54^{\circ}$ طول شرقی و تا $35^{\circ}30' N - 35^{\circ}$ عرض شمالی قرار گرفته است. به جهت قرارگیری در آغاز کویر جندق به آن منطقه سرکویر نیز می‌گویند. دسترسی به محدوده مورد نظر از دو راه انجام می‌گیرد که عبارتند از:

- از طریق جاده آسفالتی دامغان - معلمان: از کیلومتر ۱۲۲ جاده آسفالتی دامغان - معلمان دو راهی رشم به سمت راست و طی جاده انحرافی خاکی به مسافت ۱۶ کیلومتر محدوده قابل دسترسی می‌باشد.

راه ارتباطی سمنان به رشم و معلمان: پس از گذشتن از محدوده پایگاه صنایع دفاع به جاده دامغان - معلمان و از آنجا به رشم می‌پیوندند. نیمی از این مسیر آسفالتی و بقیه راه خاکی درجه دو و سه است. از دو راه یاد شده راه‌های کوهستانی و جیب رو منشعب می‌شود که از طریق آن‌ها نیز می‌توان به منطقه دسترسی پیدا کرد (شکل ۱-۱)



شکل ۱-۱ نقشه راه‌های ارتباطی محدوده اکتشافی. (محدوده مورد مطالعه با چهارگوش قرمز مشخص شده است).

۳-۱- آب و هوا

با توجه به نزدیکی ناحیه مورد بررسی با دشت کویر، این منطقه در مجموع تحت تأثیر جریان‌های

گرم و خشک قرار دارد. عواملی نظیر دوری از دریا، روند عمومی ارتفاعات، بلندی از سطح دریا و جهت وزش بادهای موسمی در آب و هوای این منطقه تأثیر گذاشته اند. تنوع ناهمواری‌ها و نزدیکی کویر و کوهستان در این ناحیه سبب ایجاد تغییرات فشار هوا شده است. به طور کلی منطقه دارای شرایط آب و هوایی گرم و خشک از نوع کویری تا نیمه کویری بوده و دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد و بارش نه چندان زیاد است. مقدار کمینه دمای ناحیه به ۶- درجه سانتیگراد و بیشینه آن به بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد میرسد. شرایط آب و هوایی خشک و بارش محدود برف سبب شده است که فعالیت معدن‌کاری تقریباً در تمام طول سال امکان‌پذیر باشد. پوشش گیاهی در این منطقه از تراکم بسیار کم برخوردار است و اغلب شامل بوته‌های کویری، درختچه‌های گز، زیره، اسپند کوهی، خاک شیر و ... می‌باشد

۴-۱ توپوگرافی و مرفولوژی محدوده اکتشافی کلاته رشم برگه ۱:۱۰۰۰۰۰

از نظر ژئومورفولوژیکی منطقه را می‌توان به دو بخش دشت در جنوب و شرق کانسار و ارتفاعات در شرق و شمال کانسار هلالان تقسیم نمود. منطقه دشت پوشیده شده از آبرفت‌های مخروط افکنه‌ای که تشکیل شده اند از قطعات آواری حاصل فرسایش رخنمون‌های موجود در ارتفاعات و با پیشروی به داخل دشت از اندازه ذرات آن‌ها کاسته می‌شود. مرتفع‌ترین نقطه در منطقه کوه قله دختر با ارتفاع ۱۱۷۹ متر و پست‌ترین آن داخل دشت ۷۱۱ متر ارتفاع دارد. ارتفاع نزدیکترین آبادی (رشم) از سطح دریا ۴۱۷۱ متر است. به دلیل تنوع ترکیب سنگ شناختی و مقاومت مختلف سنگ‌ها در برابر عوامل فرسایشی، شکل دره‌ها و شبکه آبراهه‌ها متفاوت است. در بخش‌های مرتفع‌تر آبراهه‌ها کم‌عرض و بیشتر V شکل هستند و شکل کلی آن‌ها دندریتی (شاخه درختی) است. در بخش‌های پست دره‌ها عریض‌تر شده و از تراکم آن‌ها کم شده و در داخل دشت به شکل تقریباً موازی در می‌آیند. سنگ آهک‌ها و دولومیت‌های دگرگونه به دلیل مقاومت فرسایشی بالا تشکیل صخره‌ها و ارتفاعات داده‌اند و واحدهای شیست و مخصوصاً ولکانیک‌های جوان تر (ائوسن) ارتفاعات کمتری را به نمایش

می‌گذارند. (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴).

۵-۱- مطالعات و کارهای انجام شده قبلی در منطقه کلاته‌رشم

علاوه بر مطالعات زمین‌شناسی ناحیه ای که ضمن تهیه نقشه های زمین‌شناسی در منطقه صورت گرفته است، به دلیل پتانسیل معدنی نوار ولکانیکی رسوبی ترود -چاه شیرین، مطالعات مختلفی از قبیل پایان نامه هایی در زمینه پترولوژی، اقتصادی و ساختمانی و هم چنین مطالعات پی جویی و اکتشاف برای عناصر مختلف طلا و مس و سرب و روی صورت گرفته است که در زیر به تعدادی از آن ها اشاره می شود.

- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود (علوی و همکاران، ۱۹۷۶ ، که منطقه را از نظر لیتولوژیکی، چینه‌شناسی و ساختمانی مورد بررسی قرار داده که تحت عنوان گزارش نقشه ارائه نموده اند.

- جعفریان (۱۳۸۰)، تهیه نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم زیر نظر سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۶) اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در ورقه ۱۰۰ هزار کلاته رشم.

- قربانی (۱۳۸۴)، در بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین مقاله ای تحت عنوان مطالعه زمین‌شناسی منطقه ترود، جنوب دامغان ارائه داده است.

- زارعی (۱۳۸۵)، ماگماتیسم کلاته رشم را بررسی کرده و در آن سنگ های آتشفشانی منطقه را جز سنگ‌های آذرین حد واسط قرار داده است.

- گزارش زمین‌شناسی و گزارش پایان عملیات اکتشافی محدوده هلالان به تاریخ ۱۳۸۵/۱۱/۱۵.

مصدق و همکاران (۱۳۹۳) به مطالعه زمین‌شناسی و کانی‌شناسی منگنز کانسار هلالان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که این کانسار از نوع ولکانیکی رسوبی می‌باشد که بعداً متحمل دگرگونی شده است.

کی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۹)، شکستگی‌های شمال منطقه تروود معلمان و ارتباط آن را با کانه‌زایی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که شکستگی‌های منطقه کنترل کننده رگه‌های کانه‌دار منطقه می‌باشند.

۶-۱ ضرورت و هدف از انجام پایان‌نامه

شکی نیست که در آینده نهشته‌های کانساری با عیار کم و یا نهشته‌های با ابعاد کوچک و یا پنهان، اقتصادی می‌گردند که تعیین مکان واقعی این نهشته‌ها فوق‌العاده مشکل است. انجام پروژه‌های اکتشافی از دیرباز در قالب فعالیت‌های صحرایی مرسوم بوده، بطوری‌که امروزه استفاده از فناوری نوین ژئوماتیکس در بکارگیری از لایه‌های اطلاعاتی نظیر لایه‌های زمین‌شناسی، دورسنجی و ژئوشیمی اکتشافی در حوزه‌ی اکتشاف ذخایر معدنی رشد چشم‌گیری داشته است. با توجه به نیاز روز افزون صنایع مختلف کشور به منگنز، شناسایی و اکتشاف کانسارهای جدیدی از این تیپ مواد معدنی در کشور بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. از نظر فراوانی، منگنز دوازدهمین عنصر فراوان در پوسته زمین است. منگنز به دلایل اقتصادی و داشتن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخصوص، به عنوان یکی از فلزات استراتژیک مورد استفاده در صنایع فولاد و ذوب آهن، تولید فروآلیاژها، باتری سازی و سایر صنایع مطرح می‌باشد. (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴).

هدف از انجام این پایان‌نامه، اکتشاف ذخایر منگنزدار با استفاده از مطالعات کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی، زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوشیمی و روش‌های تلفیقی در محیط GIS در برگیه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ رشم می‌باشد. به کمک GIS می‌توان بهترین مناطقی را که به لحاظ داشتن ویژگی‌های لازم برای حضور کانی‌سازی مناسب می‌باشند را شناسایی نمود تا در مراحل تفصیلی،

اقدامات اکتشافی بر روی این مناطق متمرکز شود تا در وقت و هزینه صرفه‌جویی شود و از ریسک عملیات اکتشافی کاسته شود. شیوه‌های متفاوت اکتشافی وجود دارند که در هر شیوه، احتمال معرفی برخی از مناطق امیدبخش هست اما به علت محدودیت در زمان و هزینه فقط تعدادی از این مناطق در اولویت اکتشافی قرار می‌گیرد. بنابراین در گزینش این مناطق می‌بایست نهایت دقت به کار گرفته شود. چنانچه به جای بررسی جداگانه‌ی هر یک از شیوه‌های اکتشافی، روش‌های متفاوت در ارتباط با یکدیگر مورد آنالیز قرار گیرند و ویژگی‌های روش‌های مختلف در یک چارچوب مرتبط به هم، مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند، انتخاب بهترین مناطق به منظور متمرکز شدن عملیات اکتشافی با دقت و صحت بیشتر و ریسک کمتر صورت می‌پذیرد.

۷-۱ مراحل انجام پایان‌نامه

در این پژوهش نخست با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه، زمین‌شناسی ناحیه‌ای و منطقه‌ای و تفکیک واحدهای سنگی محدوده مورد نظر مطالعه می‌گردد. در مرحله دوم، سنگ‌شناسی و کانه‌زایی منطقه بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی و مطالعات صحرایی بررسی می‌شود. در مرحله سوم با تحلیل تصاویر ماهواره‌ای دگرسانی‌ها و مناطق مستعد از نظر سنجش از دور شناسایی می‌شوند. در مرحله چهارم اکتشافات ژئوشیمیایی محدوده مورد مطالعه با توجه به روش‌های آماری چند متغیره بررسی و محدوده‌های امیدبخش اکتشافی تعیین می‌گردند. در انتها با روش هم‌پوشانی شاخص و فازی نقشه پتانسیل مطلوب تهیه شد.

۸-۱ کلیاتی در مورد منگنز

منگنز فلزی است خاکستری مایل به صورتی که در گروه هفتم جدول تناوبی عناصر قرار گرفته و با عدد اتمی ۲۵ این عنصر در طبیعت به صورت خالص تشکیل نمی شود و بیشتر به صورت اکسید، کربنات و سیلیکات وجود دارد. منگنز با فلز کرم در گروه ششم و با فلز آهن در گروه هشتم همسایه بوده و از نقطه نظر شیمیایی شباهت‌های زیادی به آن دارد. با این وجود، از نظر خواص متالورژیکی منگنز تفاوت‌هایی با آهن و فلزات نزدیک به آن دارد. چرا که آهن، کبالت و نیکل خواص مفید فیزیکی خود را به عنوان یک فلز حفظ کرده و در اکثر آلیاژها به عنوان عنصر پایه عمل میکنند، در حالیکه منگنز چنین نیست. توضیح علت این عملکرد منگنز این می تواند باشد که در شرایط عادی ترتیب قرار گیری اتم‌های منگنز در ساختمان بلورین آن به گونه ای است که منگنز معمولاً فلزی شکننده و غیر قابل انعطاف و شکل‌گیری می‌باشد. اما وقتی که منگنز با آهن و همچنین با فولاد، آلومینیوم و سایر فلزات غیر آهنی تشکیل آلیاژ می‌دهد، باعث بهبود خواص فیزیکی آلیاژ میشود. به خاطر همین خواص منگنز است که اصلی ترین کاربرد منگنز به عنوان یک عنصر آلیاژی است (بانک اطلاعات مواد معدنی ایران).

۸-۱-۱ کاربردهای منگنز

منگنز به دلایل اقتصادی و داشتن خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاص به عنوان یکی از فلزات استراتژیک مورد استفاده در صنایع فولاد و ذوب آهن، تولید فروآلیاژ، باتری سازی و... مطرح شده است. در حدود ۹۰ درصد منگنز مصرفی در جهان در صنایع متالورژیکی نظیر تولید فولاد و آلیاژهای غیر آهنی مصرف می شود. صنایع باتری سازی با مصرف سالیانه ۴۰ الی ۵۰ هزار تن، معادل ۷-۵ درصد کل مصرف در مقام دوم قرار می‌گیرند.

سنگ منگنز عمدتاً برای تولید فرومنگنز، چدن و فولاد به مصرف می رسد. علاوه بر مصارف

متالورژیکی، منگنز کاربردهای غیر متالورژیکی متعددی نیز دارد که عبارتند از دی اکسید طبیعی یا مصنوعی در باتری‌های خشک و شیمیایی، سولفات و اکسی سولفات های منگنز در خوراک دام و افزودنی های کودهای گیاهی در کشاورزی، پرمنگنات (به عنوان اکسید کننده)، صنایع کبریت سازی، سرامیک، شیشه و آجر، الکتروود جوشکاری، تولید فریت‌ها، تصفیه آب، هیدرومتالوژی، افزودنی های سوخت و سایر کاربردهای فرعی.

مهمترین کاربرد منگنز در صنعت، تهیه آلیاژهای آهن و به عنوان ماده اساسی برای تولید چدن و فولاد می باشد. منگنز بیشترین کاربرد را در تولید فولاد (فولادهای کربن دار، آلیاژ کم مقاومت، ضدزنگ ابزارآلات)، آلیاژهای غیرفولادی (آلیاژهای غیرآهنی، فروآلیاژها و چدن) دارد. فولاد بخصوص فولادهای کربن دار بخش اصلی بازار منگنز را به خود اختصاص می دهد.

فولاد خام، محصول پایه ای است که انواع فولادهای کربن دار، ضد زنگ و آلیاژ کم مقاومت از آن تولید می شود. منگنز در اکثر فولادها حضور دارد. و مقدار آن معمولاً در حدود ۱ درصد وزنی است. در فولادهای ضد زنگ درصد منگنز تا ۲ درصد است، با این وجود در بعضی از انواع خاص فولادها ممکن است تا ۱۹ درصد افزایش یابد. برآورد میزان واقعی منگنز مورد نیاز در صنعت فولاد به دلیل گستردگی انواع و متغیر بودن میزان منگنز مصرفی در هر نوع خاص فولاد مشکل است. با این وجود فولادهای کربن دار با در حدود ۱/۶ درصد منگنز در ترکیب خود، اصلی ترین نوع فولاد و بزرگترین بازار منگنز هستند.

در حدود ۹۵ درصد از تولید جهانی ماده معدنی منگنز در صنایع متالورژیکی تولید فولاد معمولی، ریخته گری ها و ساخت فرو آلیاژهای مختلف به کار می رود و عرضه و تقاضای این فلز نیز به عرضه و تقاضای فولاد و فروآلیاژ بستگی زیادی دارد.

اگر چه منگنز ارزان ترین فلز مورد استفاده در ساخت فروآلیاژها ماسیوسولفید می باشد، دلایل مهم تری نیز در کاربردهای وسیع آن در صنایع وابسته به آهن و فولاد وجود دارد. در سال ۱۸۵۶ میلادی

توسعه فرآیند فولاد سازی سبب رونق اقتصادی منگنز گردید، بعدها رابرت هادفیلد موفق به کشف مزایای فولادهای با محتوای منگنز بالا شد و امروزه نوعی فولاد با محتوای منگنز بالا فولاد هادفیلد شهرت دارد.

مقدار منگنز در فولاد به طور میانگین (۰/۷ درصد و در بسیاری از انواع فولادها ۰/۵) می باشد ولیکن انواع فولاد منگنزی که در حدود ۱۰ تا ۱۴ درصد منگنز دارند، به فولادهای هادفیلد Hadfield steels معروفند. این گونه فولادها به مقدار ناچیزی تولید می شوند.

امروزه منگنز به صورت کانسنگ و یا به صورت فروآلیاژهای مختلف در فولاد سازی به کار می رود که در این زمینه نقش های عمده منگنز عبارت خواهد بود از :

منگنز به عنوان احیا کننده و تمیز کننده در فولاد مذاب به منظور حذف گوگرد و بهبود خواص فولاد مورد استفاده دارد و گوگرد و عناصر مزاحم را به خود جذب نموده و آنها را وارد سرباره می کند.

منگنز به عنوان یکی از اجزای آلیاژی برای افزایش مقاومت، افزایش سختی و کاهش شکنندگی و رفتار حرارتی فولادها می باشد. فروآلیاژهای منگنز برای جدا کردن گوگرد و اکسیژن زائد در کوره فولاد سازی به کار می روند زیرا غلظت زیاد گوگرد در فولاد، همگنی آن را کاهش داده، باعث سهولت شکست آن می گردد. لذا منگنز با گوگرد ترکیب می شود تا سولفید منگنز موجود در سرباره را تشکیل دهد.

در صنعت فولاد، منگنز در اشکال مختلف کانسنگ و فروآلیاژهای فرو منگنز، اسپیکل ایزن- سیلیکو منگنز و سیلیکو اسپیکل- ایزن استفاده می شود.

کانسنگ های منگنز مورد استفاده دارای عیار منگنز ۵۵-۳۸٪ می باشند، گرچه در مواردی سنگ های با عیار ۳۰٪ نیز به کار می روند. از آنجا که عیار منگنز ۴۸٪ برای تولید فرومنگنز مورد نیاز می باشند. این عیار به عنوان مبنای قیمت گذاری کانسنگ های منگنز فرض شده است .

این کانسنگ دارای ترکیب شیمیایی زیر می باشد و به کانسنگ متالورژیکی منگنز معروفند.

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 < 11\%$ ، $\text{As} < 0/18\%$ ، $\text{p} < 0/19\%$ ، $\text{Cu} + \text{pb} + 2\text{n} < 0/3\%$

$\text{Al}_2\text{O}_3 < 7\%$ ، $\text{Fe} < 4\%$

منگنز اساساً برای کنترل ناخالصی های اکسیژن و سولفور در تولید فولاد به کار می رود و باعث افزایش پایداری، سختی و استحکام فولاد می شود (سایت وزارت صنعت و معدن، ۱۳۹۷).

منگنز در پوشش های مقاوم مانند ریل های راه آهن و تجهیزات معدنی استفاده می شود. این فلز یک سازنده مهم در ترکیب آلیاژهای غیر آهنی به ویژه آلیاژ آلومینیوم می باشد.

آلیاژهای مسی با افزوده شدن مقدار ناچیزی منگنز پایداری می شوند که در این صورت برنزه های منگنز نام دارند و همچنین در آلیاژهای مس برای اکسیدزدایی نیز از منگنز استفاده می شود.

آلیاژهای مس، منگنز و نیکل به عنوان آلیاژهای مقاوم الکتریکی به کار می روند و ۱۰٪ منگنز دارند و برخی آلیاژها با منگنز بیشتر، دارای ضریب انبساط گرمایی بالایی هستند که در ساختمان ترموستات به کار می روند. انواع مختلف منگنز برای ساخت پوشش های میله جوشکاری مصرف می شوند. در تولید آهن خام، منگنز به شکل سنگ خام و یا کلوخه (سینترشده) به کوره وارد می شود. در تولید فولاد، منگنز به شکل کانسنگ، کنسانتره، فرو آلیاژ و یا فلز خالص در خلال و یا در مرحله نهایی فرایند تولید مورد استفاده قرار می گیرد (طیبی، ۱۳۸۹)

افزودن منگنز در فرایند تولید آهن خام تا حد یک درصد، علاوه بر بهبود خواص فیزیکی آهن خام به دلیل حذف گوگرد، باعث افزایش راندمان در مرحله بعدی تولید فولاد، کاهش مصرف کمک ذوبها و افزایش عمر مصالح نسوز کوره می شود. نقش منگنز در زدودن گوگرد به این صورت است که ترکیب منگنز و گوگرد موجود در سنگ آهن تولید سولفید منگنز می کند که به راحتی توسط سرباره از کوره خارج شود. بعلاوه سولفید منگنز - آهن که در ترکیب آهن باقی می ماند به مراتب اثرات مضر کمتری از سولفید آهن دارد. نحوه و تا حدودی میزان افزودن منگنز بستگی به فناوری استفاده شده

در تولید آهن و فولاد دارد. یکی از روش‌های معمول افزودن مستقیم سنگ آهن منگن‌دار، سنگ منگنز کم عیار آهن دار و یا سرباره‌های منگن‌دار برگشتی به کوره بلند است. (طیّبی، ۱۳۸۹)، (سایت وزارت صنعت و معدن، ۱۳۹۷).

۲-۸-۱ منابع منگنز در جهان و ایران

به‌طور کلی، آفریقای جنوبی، گابون، استرالیا، برزیل و هند از تولید کنندگان اصلی منگنز به شمار می‌آیند. با توجه به اهمیت و نیاز شدید صنایع به این فلز و کافی نبودن ذخایر و منابع شناخته شده، تلاش برای یافتن منابع جدید ضروری می‌باشد. در کمان آتشفشانی رسوبی ترود-چاه شیرین تعداد زیادی کانسار و آثار معدنی فلزات پایه و همچنین اندیس‌های منگنز گزارش شده است (طیّبی، ۱۳۸۹). کانسارهای شناخته شده منگنز در ایران معدودند و روی هم رفته به ادوار پرکامبرین پسین و کرتاسه پالئوژن محدود می‌شوند، اگر چه امکان وجود منگنز در سازندهای پالئوزوئیک به ویژه در رخساره ولکانوژنیک را نباید نادیده گرفت. (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴). کانسارهای منگنز ایران اغلب کوچک هستند (غیر از کانسار منگنز و نارچ) و کیفیت پایینی دارند. از نظر سنی در برخی از ادوار زمین‌شناسی، زایش منگنز مستقل و یا همراه آهن صورت گرفته است.

۳-۸-۱ اکتشاف منگنز

اکتشاف و ارزیابی ذخایر منگنز نسبت به بسیاری از مواد معدنی دیگر مشکل تر است. این کانسارها معمولاً کوچک و به صورت پراکنده هستند و روش‌های ژئوفیزیکی گران قیمت برای اکتشاف این توده های کانساری مقرون به صرفه نیست.

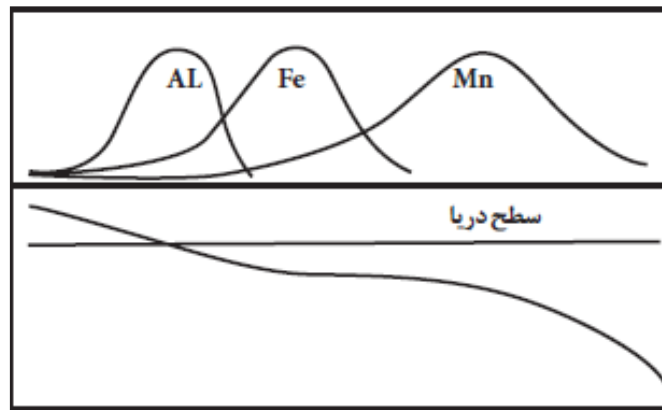
برخلاف روش‌های ژئوفیزیکی که در اکتشاف منگنز چندان موفق نیستند، روش‌های ژئوشیمیایی به دلیل حلالیت بالای منگنز به عنوان ابزاری مؤثر در پروژه‌های اکتشاف می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. یکی از مشکلات عمده در مراحل اکتشاف منگنز، نگهداری نمونه معرف کانسار برای مراحل

ارزیابی و آنالیز است. در گذشته های دور بیشتر حفاری های ضربه ای برای اکتشاف منگنز استفاده می شد. امروزه بیشتر از حفاری های چرخشی برای این منظور استفاده می شود، اگر چه در این حالت هم باید برای حفظ نمونه معرف دقت کافی شود. اندازه کانسار، غلظت منگنز در کانسار، ناخالصی های همراه و مناسب بودن کانسار از نظر اقتصادی از جمله فاکتورهای مهم در ارزیابی ذخایر منگنز می باشند. برای اکتشاف منگنز در خشکی روش منحصر به فردی وجود ندارد پی جویی و اکتشاف منگنز در خشکی بیشتر بر پایه تفسیرهای زمین شناسی ناحیه ای، با علم به این که آهن و منگنز اغلب با هم هستند انجام می شود. در گذشته برای نمونه برداری بیشتر از روش های حفاری ضربه ای استفاده می شد که مستلزم دقت فوق العاده ای برای حفظ داده های معتبر بودند و در بیشتر موارد داده ها صحیح نبوده اند. روش های دورانی تا اندازه ای بهترند، ولی باز برای حفظ نمونه ها باید دقت زیادی کرد هر جا کانسارها دارای اکسیدهای نرم داخل رس باشد می توان از روش های نمونه برداری از خاک استفاده کرد. یکی از مشکلاتی که معمولا در ارزیابی کانسارهای منگنز پیش می آید. مسئله اعتبار نمونه های برداشتی و امکان تعمیم مشخصات به تمامی کانسار است به عنوان مثال در کانسارهایی که اکسیدهای نرم تر منگنز حضور دارند ابعاد ذرات کانی سازی شده در سنگ بستر از قطعات بسیار درشت تا ۴۰ میکرون ممکن است متغیر باشد. در عمل هر چه کانسار از سنگ های سخت تری تشکیل شده باشد و همچنین عمیق تر باشد، از نقطه نظر تعمیم دهی نمونه گیری دقت بالاتری وجود دارد (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴).

در ارزیابی اقتصادی یک کانسار منگنز فاکتورهای نظیر ابعاد ذخیره، تمرکز (عیار متوسط) در کانسار، ناخالصی های همراه، نوع کانی های منگنز و قابلیت پر عیار سازی سنگ منگنز باید در نظر گرفته شود برای اکتشاف کانسارهای دریایی تجهیزات و دستگاه های ویژه ای مورد استفاده قرار می گیرد.

به طور کلی منگنز در محیط های مختلف رفتاری مشابه آهن از خود نشان می دهد با این تفاوت

که آهن در شرایط اکسیدی بیشتری تشکیل می‌گردد حال آنکه منگنز با مواد اکسیدی کمتری همراه است. هم‌چنین مسیر مهاجرت منگنز و آهن متفاوت است. جدایی منگنز و آهن در مهاجرت بیرونی، نتیجه‌ی افزایش میزان اکسیژن در جو است. ذکر این نکته نیز الزامی است که منگنز بهتر از آهن در محلول‌ها حل می‌شود ولی دیرتر از آهن ته‌نشست پیدا می‌کند.



شکل ۱-۲ تفکیک عناصر آلومینیوم، آهن و منگنز درون یک حوضه‌ی رسوبی ساحلی. (طیبه، ۱۳۸۹)

کانسارهای رسوبی شیمیایی منگنز، آهن و آلومینیوم از محلول‌ها و ذرات معلق و محلول‌های کلوئیدی در کف حوضه‌های رسوبی ته‌نشین می‌شوند. منشأ فلزات موجود در بعضی از این کانسارها، پوسته‌ی قاره‌ای تخریب شده است. عناصر آهن، آلومینیوم و منگنز به واسطه‌ی متفاوت بودن تحرک شیمیایی در منطقه‌ی ساحلی از یکدیگر جدا می‌شوند. منگنز با سرعت کمتر و آن هم نه به طور کامل، نسبت به آهن، اکسید می‌شود و این‌که در بسیاری از شرایط Eh, Ph حلالیت منگنز از آهن بیشتر است. همان‌طور که در (شکل ۱-۴) ملاحظه می‌شود، آهن بین آلومینیوم و منگنز واقع است، لذا کانسارهای آهن - منگنز و کانسارهای آهن - آلومینیوم معمول هستند، ولی کانسارهای رسوبی آلومینیوم و منگنز معمولاً همراه با یکدیگر یافت نمی‌شوند (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴).

۹-۱ ساختار پایان‌نامه

فصل دوم این پایان‌نامه به بررسی زمین‌شناسی ناحیه‌ای و منطقه‌ای محدوده مورد نظر می‌پردازد. در

این فصل، ساختارهای زمین‌شناسی و واحدهای سنگی تفکیک و بررسی می‌گردد. سپس سنگ‌شناسی و کانه‌زایی بررسی می‌گردد. در فصل سوم، کلیاتی از سنجش از دور ذکر شده و با استفاده از تصاویر استر و لندست دگرسانی‌ها در منطقه مورد بررسی استخراج و همچنین مناطق مستعد از نظر سنجش از دور برای اکتشاف منگنز مشخص شده‌اند. در فصل چهارم، اکتشافات ژئوشیمیایی منطقه با روش‌های آماری یک، دو و چندمتغیره بررسی می‌گردد. این مرحله بر اساس نمونه‌برداری‌های ژئوشیمیایی و آنالیز چند عنصری نمونه‌ها و سپس بررسی‌های آماری عناصر تجزیه‌شده صورت می‌پذیرد. بررسی‌های آماری چند متغیره با روش‌های تحلیل مؤلفه اصلی و ترسیم نقشه‌های امتیازات هرکدام از فاکتورهای محاسبه‌شده در فصل پنجم، با استفاده از روش‌های دانش محور نقشه پتانسیل مطلوب برای اکتشاف منگنز تولید شد. و در نهایت نتیجه بررسی‌های انجام‌گرفته بیان می‌گردد و پیشنهادها لازم در جهت اکتشاف مناطق آنومال ارائه می‌گردد.

فصل دوم

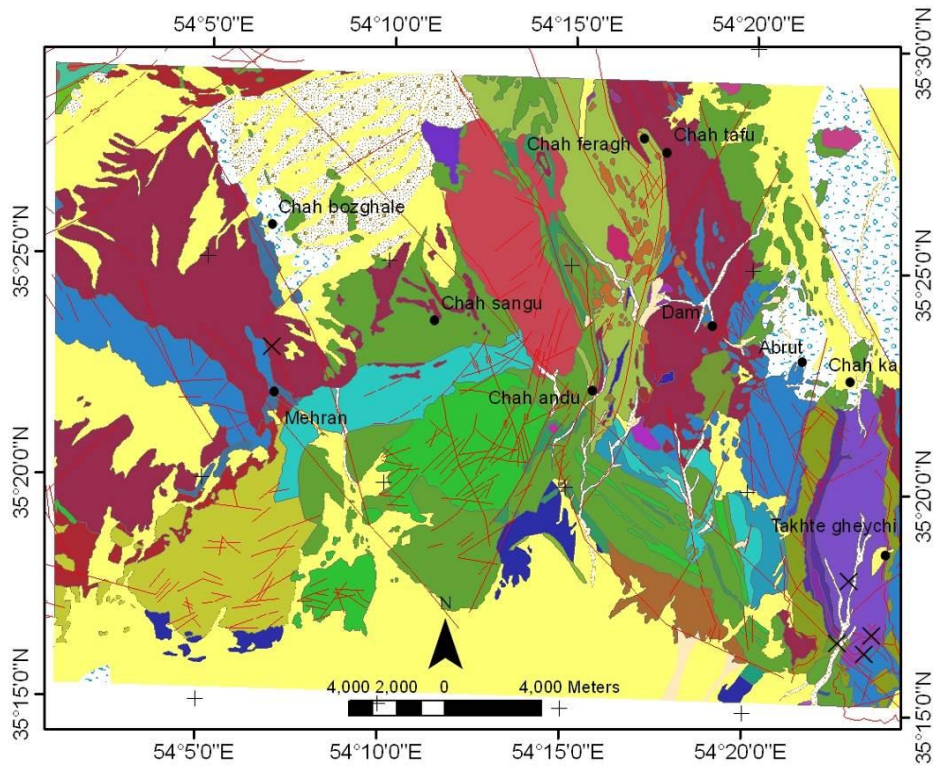
زمین‌شناسی منطقه

۱-۲ مقدمه

گستره مورد مطالعه در محدوده برگه ۱:۲۵۰۰۰۰ ترود در استان سمنان واقع شده است و جزئی از زون ساختاری ایران مرکزی می‌باشد. این زون در ترشیری شاهد فعالیت ماگمایی بسیار گسترده‌ای بوده است که کمر بند آتشفشانی نفوذی، ترود چاه شیرین با روند شمال شرق - جنوب غرب را در حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران تشکیل می‌دهد (درویش‌زاده، ۱۳۷۰). کمر بند ترود چاه شیرین یکی از چندین کمر بند کانه‌زایی در ایران است که کانی‌سازی در این کمر بند توسط گسل‌ها و شکستگی‌ها کنترل می‌شود گسترش فلزات پایه در زیر پهنه ترود چاه شیرین بیانگر ارزش و پتانسیل‌های معدنی منطقه است که از دیرباز با توجه به گسترش فعالیت‌های معدن‌کاری در منطقه مورد توجه بوده است. (Mehrabi et al, 2015).

۲-۲ ویژگی‌های زمین‌شناسی عمومی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم

ناحیه کلاته رشم در بخش زون ساختاری ایران مرکزی و در قسمت شمالی این زون واقع شده است. ولی در نگاه دقیق‌تر آن را می‌توان به دو حوضه کوچکتر تقسیم نمود که عبارتند از: نیمه شمالی ورقه که کمر بند ترود چاه شیرین تشکیل می‌دهد. و نیمه جنوبی ورقه که در محدوده حوضه رسوبی جندق قرار دارد. (بخش جنوبی نقشه با توجه به مطالعات ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی گذشته از ارزش معدنی کمی برخوردار است). این بخش در محاسبات تهیه نقشه پتانسیل در نظر گرفته نشده است. نقشه منطقه مورد اکتشاف در (شکل ۱-۲) نمایش داده شده است. همچنین واحدهای زمین‌شناسی در ادامه توضیح داده شده است (جدول ۱-۲).



Legend

● Village	Em,t,l	Pmb	ap
× Mn	Es,sh,c	Pms,sch	gsch
— faults	Ev,t	Ps,l	l,dl
Geo_unit	Evbr,ag,v,c	Ps,m,g,l	m
EOM,c	Gsch	QPLc	m,g,t
Ean	Jsm	QPlc,m	mdi
Eap	KLI,c	Qal	ms
Ec,s,m,t	KUsh,l	Qt1	sit
Ec,v	Mtv	Qt2	sl
Eda	Ngc	Sch,Mtv	sr
Edt	PZmt	Sch,mt	t
El	Pl,d	TRI	ts,tsh
	Plc,m	TRI,sch	

شکل ۱-۲ نقشه رقومی شده زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم

جدول ۱-۲ واحدهای نقشه زمین‌شناسی

علامت اختصاری	لیتولوژی
Pmb	Thick bedded to massive white marble
t	Green and light buff and benlonite
El	Limestone ,marly-limestone and cream to orange marl
Qal	Alluvium channel deposits
EOm,c	Green to buff marl , conglomerate , sandstone , shale and tuff
QPLc	Unconsolidated conglomerate
m,g,t	Buff to green marl , gypsum and tuff
Ev,t	Brecciated andesitic lava . andesitic lava with related tuff ,red to dark brown volcanic breccia
Qt2	Conglomerate (low level alluvium deposits)
Eda	Light brown and green dacite , dacitic andesite and quartzite andesite
Qt1	Highlevel piedmont and alluvial fan
Ean	Brown micro porphyritic andesite
Eap	Brown mega porphyritic andesitic lava that vesiculars are filled by calcite zeolite opal and malac
PZmt	Mica-schist . metasandstone and meta dolomite and limestone
Edt	White to blue dacitic crystal tuff and tuff breccia
Em,t,l	Tuffaceous marl and shale ,cream tuff , tuffaceous limestone , gypsum ,red and green marl and conglomerate
l,dl	Medium bedded to massive metalimestone and meta dolomite
ap	Porphyritic andesite
TRI	Medium to thick bedded meta dolomitic limestone
Evbr,ag,v,c	Volcanic breccia , conglomerate , volcanic rocks and conglomerate
Ec,s,m,t	Conglomerate sandstone , andesitic tuff , marl and volcanic rocks
Pms,sch	Meta sandstone and schist
KLI,c	Sandy limestone , conglomerate , buff marl and green-shale
m	Light green gypsiferous marl sandstone and conglomerate
sl	Siliceous limestone (Listwaenite)
Es,sh,c	Alternation of thin bedded . tuffaceous shale , sandstone and Conglomerate
TRI,sch	Medium to thick bedded meta dolomitic limestone
ts,tsh	Tuffaceous sandstone and red shale
ms	Metaquartzitic sandstone
Gsch	Meta morphic tuff and volcanic rocks
Jsm	Meta-sandstone and quartzite schist
gsch	Green Green schist (Vetavolcanic rocks and meta-tuff)schist (metavolcanic rocks and meta-tuff)
Sch,Mtv	Dark green metamorphosed andesite-basaltic lava , meta-tuff , green schist , micaschist , quartzite , marble and ultrabasic rocks
sr	Small serpentinite blocks
QPlc,m	Conglomerate and marl
mdi	Meta-diorite
sit	Siliceous tuff
Ec,v	Conglomerate , volcanic rocks (Andesite) , agglomerate and sandstone
Plc,m	Conglomerate and white and light grey marl
Sch,mt	Chlorite-epidote schist , micaschist (sericite- muscovite schist) and quartzite with white quartzitic veins

ادامه جدول ۲ - ۱

Mtv	Metavolcanic rocks
KUsh,l	Alternation of green shale , limestone , sandy limestone and calcareous sandstone
Ps,l	Grey quartzitic sandstone with minor limestone
Pl,d	limestone dolomy limestone and dolomite
Ngc	Consolidated thick bedded conglomerate
Ps,m,g,l	Grey sandstone red marl , gypsum with intercalations of limestone

به منظور تهیه نقشه پتانسیل مطلوب، انتخاب واحدهای مناسب مهم می‌باشد. به همین منظور واحدهای مهم در اکتشاف منگنز در ابتدا توضیح داده شده است.

۱-۲-۲ واحد ژوراسیک زیرین

واحد Jsm : این واحد لیتولوژیکی در دره‌ی بیل بن رخنمون دارد و هسته سنکلینال بزرگ ناحیه را تشکیل می‌دهد. از نگاه ریخت‌شناختی واحدی نرم فرسای است و تپه‌ها و ارتفاعات کوتاه را پدید آورده است و سیستم آبراهه‌ای خاصی در این واحد شکل گرفته است. واحد یاد شده از مجموعه طبقات ماسه‌سنگ دگرگونه به رنگ خاکستری تیره و شیست‌های تیره رنگ و سیاه پدید آمده است. آثار زغالی بسیار اندکی در برخی نقاط این سازند دیده می‌شود که ارزش اقتصادی ندارند. همچنین سیلیس به صورت کوارتزیت رخنمون قابل توجهی در این واحد دارد. این واحد سنگ میزبان منگنز در منطقه مورد بررسی است.

۲-۲-۲ واحدهای اردویسین - سیلورین

واحد pzmt : این واحد لیتولوژیکی در سرتاسر نیمه شمالی ورقه از بیشترین گسترش و ضخامت برخوردار است که در نواحی چاه شیرین، سپیدلتو و دره رشم رخنمون دارد. از نگاه ریخت‌شناختی بلندترین ارتفاعات و قله‌ها در ورقه رشم مربوط به بخش‌های کربناته این واحد است. از مجموعه شیست، سنگ آهک و دولومیت، ماسه‌سنگ، توف و سنگ‌های ولکانیک تشکیل شده که همگی دگرگون شده‌اند.

واحد شیستی Sch , Mt : این واحد شامل مجموعه‌ای از میکاشیست، کلریت، اپیدوت شیست و

کوارتزیت است که در ناحیه شمالی دره کلوت رخنمون دارد و از گسترش نسبتاً زیادی برخوردار است.

واحد آهک دولومیتی ml,md : این واحد لیتولوژیکی ارتفاعات خاور دره رشم را تشکیل می‌دهد و کوه‌های بابا احمد و انارو را میسازد. از چینه‌های ضخیم تا توده‌ای آهک، آهک دولومیتی، دولومیت آهکی و دولومیت تشکیل شده است.

واحد دولومیتی d2 : این واحد لیتولوژیکی در باختر دره رشم و بر روی شیست‌های این ناحیه، ضخامتی نزدیک به ۷۱ متر از دولومیت و آهک دولومیتی قهوه‌ای رنگ دارد که ارتفاعات کوه تنوره را تشکیل می‌دهد.

شیست و سنگ‌های ولکانیکی دگرگونه Sch, mtv : این واحد لیتولوژیکی در حدفاصل رشته کوه تنوره و قله دختر رخنمون دارد. بخش زیرین این واحد به طور عمده شیست نقره‌ای رنگ و ماسه‌سنگ دگرگونه و بخش بالایی آن سنگ‌های ولکانیک دگرگونه، ماسه‌سنگ دگرگونه و شیست است. ترکیب سنگ‌های ولکانیک دگرگونه را می‌توان از آندزیت تا بازالت در نظر گرفت.

واحد کربناته L.dl : از نگاه ریخت‌شناسی ارتفاعات بلند ناحیه را می‌سازد. کوه‌های قله دختر، دوزینا و کچو را تشکیل داده است. دارای ضخامتی زیاد (در حدود بیش از یک کیلومتر) از طبقات ضخیم تا توده ای آهک و آهک دولومیتی است.

۳-۲-۲ واحدهای پرمین

واحد مرمری Pmb : این واحد مرمر، ارتفاعات نیزه کوه، پشته قیچی و مرمرهای قله کوه کچو را می‌سازد. بخش‌های زیرین از طبقات نازک، متوسط و ضخیم آهکی و در بخش‌های بالایی به طور

عمده از طبقات ضخیم تا توده‌ای سنگ آهک دگرگونه سفید رنگ پدید آمده است. در برخی نقاط مرمر دولومیتی تیره تا قهوه‌ای رنگ نیز دیده می‌شود.

۴-۲-۲ نهشته‌های تخریبی و کربناته تریاس (TR)

واحد تخریبی متشکل از شیست و ماسه‌سنگ است (TRI,sch): ضخامت این واحد در حدود ۸۰ تا ۱۰۰ متر می‌باشد. بر روی واحد تخریبی یاد شده ضخامتی در حدود ۲۰۰ متر از مجموعه طبقات کربناته و شیستی قرار دارد. بخش کربناته از طبقات متوسط تا ضخیم آهک دولومیتی پدید آمده است.

۵-۲-۲ واحدهای ائوسن الیگوسن

واحدهای سنگی ولکانیکی، آذرآواری و رسوبی ائوسن الیگوسن در محدوده‌ی ورقه کلاته رشم از گسترش و تنوع زیادی برخوردارند؛ آن چنان که بخش عمده سطح نیمه شمالی ورقه را به خود اختصاص داده‌اند. این ردیف ولکانیکی رسوبی ترشیر به گونه دگرشیب واحدهای قدیمی‌تر را می‌پوشاند.

واحد ولکانیکی (Ev,t): در میان واحدهای ولکانیکی و توفی ائوسن، این واحد بیشترین گسترش و ضخامت را دارد. به طور کلی از مجموعه گدازه‌های آندزیتی زیردریایی، برش آندزیتی، برش توفی، آندزیت پورفیری و توف آندزیتی پدید آمده است.

واحد کنگلومرایی - ولکانیکی (Ec,v): این واحد لیتولوژیکی در ابتدای دره کلوت برونزد یافته است و از طبقات ضخیم کنگلومرایی تشکیل شده است که ضمن تشکیل طبقات کنگلومرایی فعالیت‌های ولکانیکی نیز ادامه داشته است. ضخامت این واحد به ۱۵۰ متر می‌رسد. فعالیت‌های ولکانیکی به طور جانبی و به سمت شرق افزایش بیشتر دارد و از مجموعه گدازه‌های آندزیتی

میکروپورفیری به رنگ قهوه‌ای تیره تا قرمز تیره و برش ولکانیکی قرمز رنگ پدیدار شده است.

واحد (E_{Om,c}): این واحد لیتولوژیکی در دامنه جنوبی ارتفاعات چاه شیرین - بیل بن به گونه‌ای پراکنده دیده می‌شود. بیشترین گسترش را در آغاز دره کلوت دارد و از تناوب طبقات کنگلومرایی سست و مارن روشن تشکیل شده است.

زیر واحد توفی (t): این واحد لیتولوژیکی فرعی در محل روستای رشم و در نواحی باختر چشمه پشک رخنمون دارد، از گسترشی محدود برخوردار است و به صورت تپه‌های به نسبت کوتاه و یا زمین‌های هموار درآمده است. ترکیب عمومی این توف‌ها در حد ریولیت تا داسیت است که بخش‌هایی از توف بلورین، توف شیشه‌ای دگرسان شده، ماسه‌سنگ توفی و مارن نیز به همراه دارد.

۶-۲-۲ نهشته‌های میوسن

واحد Ec,s,m,t: این واحد رخنمون یافته در ناحیه چشمه پشک، از گسترشی اندک برخوردار است و به طور عمده توسط نهشته‌های آبرفتی پوشیده شده است. شامل تناوبی از لایه‌های کنگلومرا، ماسه‌سنگ کنگلومرایی قرمز تا مارن قرمز گچ‌دار است.

واحد Mm,ml: این واحد نیز در محل آب پشک رخنمون دارد و از گسترش و ضخامتی محدود برخوردار است. از پایین به بالا از مارن به رنگ‌های مختلف، گچ، تناوب مارن آهکی، مارن قرمز گچ‌دار سبا پوسته‌های فراوان دو کفه‌ای های بزرگ، آهک مارنی به رنگ آبی روشن، مارن قرمز گچ‌دار و سرانجام مارن آهکی تشکیل شده است.

واحد Mml: این واحد در نیمه جنوبی ورقه در هسته ساختمان‌های تاقدیسی رخنمون یافته است. از مارن قرمز گچ‌دار، افق‌هایی از گچ، میان لایه‌های نازک ماسه‌سنگ میکادار قرمز پدید آمده است.

واحد ms: این واحد نیز در بخش جنوبی نقشه رخنمون دارد. از مجموعه مارن گچ‌دار به رنگ‌های

سبز و قرمز آجری با میان لایه‌های ماسه‌سنگی به رنگ خاکستری تا سبز تیره پدید آمده است.

واحد ts,tm,t : از تناوب بخش‌های توفی، مارن توفی، ماسه‌سنگ قهوه‌ای پدید آمده است.

واحد فرعی sl,s,m : از تناوب آهک ماسه‌ای، آهک توفی، آهک مارنی، ماسه‌سنگ نازک لایه و

مارن پدید آمده است.

۲-۲-۷ نهشته‌های پلیوسن و کواترنر

واحد QPLc : رسوبات محیط کم عمق کواترنر زیرین در محدوده ورقه از گسترش بسیار کمی

برخوردار است. مجموعه‌ای از کنگلومرای بدون سیمان و یا با سیمان ضعیف و مارن این مقطع زمانی،

تپه‌های کوه پشت سیاه را در غرب کلاته رشم تشکیل می‌دهد.

واحد Qt1 : نهشته‌های آبرفتی قدیمی‌تر که به صورت زمین‌های نسبتاً مسطح و بلند درآمده‌اند و

اغلب کوهپایه‌ها را تشکیل می‌دهند. از کنگلومرای دانه درشت و فاقد سیمان ساخته شده‌اند.

واحد Qt2 : رسوبات آبرفتی جدید هستند که زمین‌های مسطح پست را به وجود آورده‌اند و از

گسترش بسیار اندکی برخوردار است. از کنگلومرای دانه‌ریزتر و فاقد سیمان و رسوبات نرم تشکیل

شده است.

واحد Qm : کفه‌های کوچکی را تشکیل می‌دهد که از فرسایش مارن‌های ناحیه به وجود آمده‌اند و

از گل سفید رنگ (سیلت و رس) تشکیل شده است.

واحد Qal : جدیدترین رسوبات ناحیه هستند که نهشته‌های آبرفتی بستر دره‌ها را می‌سازند و از

مجموعه شن و ماسه و قلوه‌سنگ بدون سیمان تشکیل شده‌اند. (جعفریان، ۱۳۸۰)

۳-۲ زمین‌شناسی اقتصادی

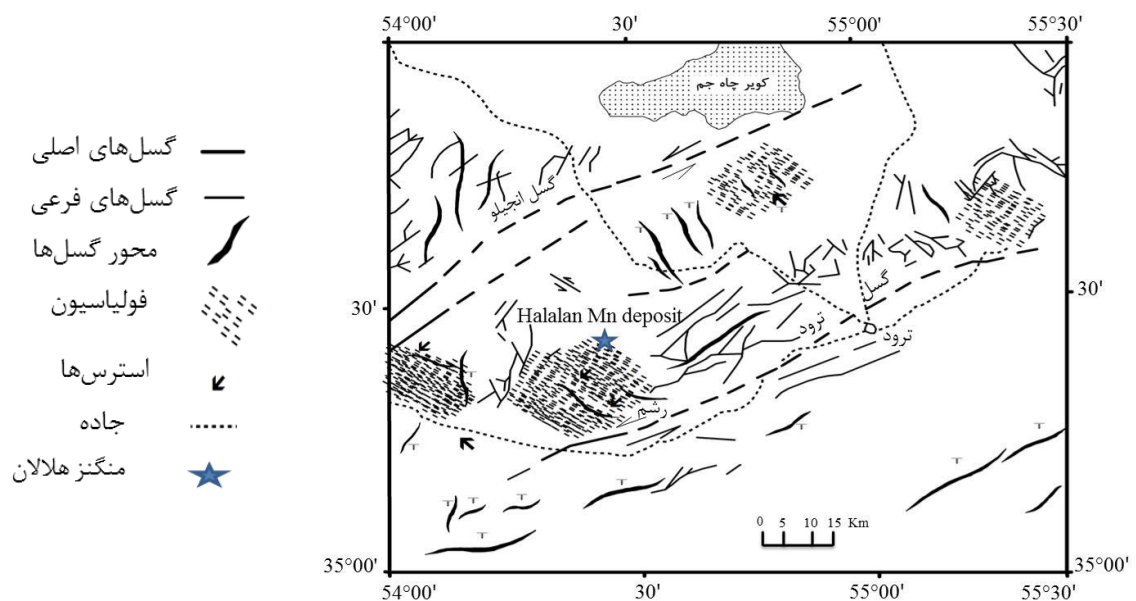
ورقه کلاته رشم در یک زون کانی سازی واقع است که از عباس آباد آغاز و پس از عبور از بیارجمند و ترود به جنوب گرمسار پایان می‌پذیرد. معادن قدیمی و فعال مانند آهن، مس، روی، سرب، منگنز و... در برکه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم قابل مشاهده است. پیدایش کانسارهای یاد شده در رابطه با فعالیت‌های آذرین ترشیری (ائوسن و الیگوسن) می باشد (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴). با توجه به اهمیت کانی سازی منگنز در تحقیق پیش رو فقط معادن منگنز مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس دو معدن شناخته شده در منطقه مورد مطالعه وجود دارد ۱- منگنز کوه بیری، در دامنه خاوری کوه مهران که در حال حاضر به صورت معدن متروکه درآمده است. ۲- معدن منگنز هلالان در شرق روستای رشم، در محدوده مورد بررسی نیز آثار کانه‌زایی منگنز مشهود است. این ناحیه برای صحت سنجی نتایج بدست آمده از نقشه پتانسیل مطلوب بازدید شده است.

۴-۲-تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی

کمربند ترود- چاه شیرین در مجموع دارای روند شرق- شمال شرقی- غرب - جنوب غرب است که در حاشیه فرورفتگی کویر جندق واقع شده است. کمربند ترود چاه شیرین، با وجود گستره به نسبت کم خود، در مطالعات تکتونیکی بیشتر پدیده‌ها و پیامدهای ناشی از حرکات تاریخی نظیر متامورفیسیم، وجود سنگ‌های نفوذی و ولکانیکی و همچنین چین خوردگی‌ها، ناپیوستگی‌ها و سایر پدیده‌ها را در خود دارد. مرز میان حوضه جندق و کمربند ترود- چاه شیرین را گسل ترود کنترل می‌کند و کوه‌های انجیلو نیز از نوار ترود- چاه شیرین توسط گسل انجیلو جدا می‌شود. منطقه جندق حوضه فرو افتاده‌ای است که دریای میوسن آن را فرا گرفته و رسوبات کم عمق ولی با ضخامت زیاد مارن، ماسه سنگ، نمک و گچ را در آنجا گذاشته است. کهن‌ترین واحدهای سنگی در ورقه کلاته رشم را مجموعه‌ای از انواع شیست، سنگ‌های اولترابازیک، دیوریت دگرگونه، سنگ‌های سیلیس متامورف و لیستونیت تشکیل می‌دهد که برخی از اجزاء آن مربوط به پوسته اقیانوسی است.

رسوبات دگرگونه پیش از ژوراسیک میانی مربوط به یک محیط کم عمق و اغلب قاره ای است. درجه دگرگونی در واحدهای سنگی اردویسین تا ژوراسیک زیرین یکسان است لذا این دگرگونی پیامد حرکات ژوراسیک پسین بوده که دگرگونی از نوع دیناموترمال است و به طور عمده در حد رخساره شیست سبز می باشد. این واحدهای سنگی از شدت دگرشکلی بالایی برخوردارند. رسوبات مربوط به کرتاسه زیرین به طور پراکنده در باختر ورقه و نواحی چاه شیرین رخنمون دارد به طور دگرشیب سنگ های دگرگونی ناحیه را می پوشاند. در اواخر ائوسن خروج گدازه های ولکانیکی به تقریب پایان پذیرفته و در الیگوسن نیز این فعالیت از سر گرفته می شود. بخشی از فعالیت های ولکانیکی به صورت دایک و توده های نفوذی نیمه عمیق کوچکی نمایان می شوند. در پایان الیگوسن حوضه دریائی کم عمق جندق شکل گرفته است و ضخامت زیادی از رسوبات شبیه ماسه سنگی، گچی و نمکی در میوسن به جا گذاشته شده است. این نهشته های میوسن در آلپ پسین تحت تأثیر قرار گرفته و ساختمان های زیبای آنتی کلینالی و سنکلینالی جنوب ورقه را به وجود آورده همان طوری که بیان شد این ناحیه در منطقه شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است از این رو به پیروی از آن می بایست روند عناصر ساختاری در راستای خاوری باختری باشد. ولی در اغلب واحدهای سنگی و به ویژه سنگ های دگرگونه پیش از ژوراسیک زیرین دارای روند شمالی - جنوبی است. همچنان که گفته شد سنگ های یاد شده به صورت بلوکی در بین دو گسل ترود در جنوب و انجیلو در شمال محصور شده اند (جعفریان، ۱۳۸۰). گسل های یاد شده دارای روند خاوری شمال خاوری و باختری جنوب باختری بوده اند. گسل ترود، به سمت خاور و گسل انجیلو به سمت باختر ادامه می یابد آن چنان که دو گسل پلکانی پدیدار شده است (شکل ۲-۲) این دو گسل از نوع قدیمی اند. با توجه به بررسی های انجام شده چنین برمی آید که عامل اصلی ایجاد کننده تغییر شکل های ناحیه در ارتباط با عملکرد دو گسل امتداد لغز پل های یاد شده باشد. با توجه به امتداد محور چین خوردگی ها (سنکلینال بیل بن) و روند گسل های قدیمی از نوع راندگی، حدفاصل این دو گسل دیده می شود که روند این گونه ساخت ها به تقریب عمود بر گسل های امتداد لغز ترود و انجیلو است. چنان که مشاهده می شود این بخش از

سنگ‌های منطقه در حدفاصل این دو گسل بزرگ قرار گرفته اند و عملکرد این گسل‌ها موجب پیدایش یک منطقه transtension در آن شده است که در نتیجه آن ساخت‌های چین خورده و گسل‌های رانده با روندی به تقریب عمود نسبت به این گسل‌ها پدید آمده است. برخی از زمین شناسان تغییر روند یاد شده را در اثر چرخش بلوک بین دو گسل ترود و انجیلو می‌دانند و به حرکت چپگرد آن‌ها طی چند مرحله نسبت می‌دهند (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷). پیدایش و آغاز فعالیت این دو گسل به درستی مشخص نیست به احتمال به کامبرین مربوط می‌شود. ولی فعالیت آن‌ها در مهم‌ترین مرحله حرکت آن‌ها که موجب این چرخش شده است را می‌توان به زمانی پیش از کرتاسه در نظر گرفت. برخی از زمین شناسان فعالیت آن‌ها را به هنگام حرکات کیمیرین پیشین مرتبط می‌دانند. روند این دو گسل همان روند حرکات پالئوزوئیک زیرین است و شاید که از همان زمان شروع به فعالیت کرده باشد (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).



شکل ۲-۲ موقعیت تکتونیکی ناحیه ترود و خطوط اصلی گسل‌های منطقه (هوشمندزاده و همکاران، ۱۹۶۴).

گسل‌های اصلی شامل ترود و انجیلو می‌باشد. گسل‌های ترود و انجیلو هر دو دارای امتداد تقریباً N60-70E هستند و نیز هر دو شیبی برابر ۸۰ درجه به سمت جنوب تا نزدیک قائم دارند. (هوشمندزاده و همکاران، ۱۳۵۷).

با توجه به منابع موجود و همچنین بررسی منطقه اکثر گسل‌های شمال غرب- جنوب شرق در کانی سازی تاثیر بیشتری دارند (Mehrabi et al, 2015). لذا این گسل‌ها در تهیه نقشه نهایی کانی سازی مورد توجه بوده اند. به منظور تکمیل نقشه گسل‌های زمین شناسی، همچنین خطواره های سنجش از دور اضافه شد.

فصل سوم

دورسنجی

سنجش از دور^۱، شیوه نوینی می‌باشد که بر اساس آن می‌توان به یاری ماهواره‌هایی که در مدار زمین قرار گرفته اند به مطالعه‌ی عوارض و پدیده‌هایی در مقیاس محلی و وسیع‌تر پرداخت. سنجنده‌هایی، در تمام ماهواره‌های ارسالی به فضا قرار گرفته‌اند، که با ارسال امواج متفاوتی به سطح زمین و تفسیر بازتاب آن‌ها از زمین، تجزیه و تحلیل اطلاعات بدست آمده از زمین محقق می‌شود. سنجش از دور، روشی کارآمد و مؤثر در مطالعات زمین‌شناسی و اکتشاف ذخایر معدنی در مقیاس ناحیه‌ای محسوب می‌شود که بطور غیر مستقیم نقش بسزایی در اکتشاف مواد معدنی و آشکارسازی زون‌های دگرسانی و بررسی‌های ساختارهای ماکرو و ساختارهای کنترل‌کننده‌ی ذخایر ایفا می‌کند. دورسنجی، دانشی است که با اندازه‌گیری اشعه الکترومغناطیسی حاصل از انعکاس نور خورشید از یک شیء و با مشاهده آن از فاصله دور و بدون تماس فیزیکی با آن، می‌تواند اطلاعات ارزنده‌ای را ارائه نماید. با استفاده از این اطلاعات و با تجزیه و تحلیل آن‌ها، می‌توان نتایج مفیدی را از آن شیء استخراج نمود. امروزه از روش‌های سنجش از دور استفاده‌های زیادی می‌شود که یکی از کاربردهای مهم آن در اکتشافات مواد معدنی می‌باشد. روش‌های سنجش از دور امکان شناسایی و اکتشاف مقدماتی یک محدوده وسیع را با دقت، سرعت و هزینه کم میسر می‌کند (Legge, 1997).

بطور کلی دورسنجی را می‌توان شیوه‌ای نوین در کسب اطلاعات و تصویربرداری از زمین به کمک تجهیزات هوانوردی مثل هواپیما، بالن یا امکانات فضایی مانند ماهواره قلمداد کرد. تولید اطلاعات حاصل از فرآیند دورسنجی به خصوص داده‌های ماهواره‌ای نسبت به گذشته رشد چشم‌گیری داشته است و نظر به اهمیت و نقش کارآمد اینگونه داده‌ها، مسلماً تولید آن‌ها افزایش می‌یابد. شناسایی، تشخیص عوارض و اشیاء واقع در فواصل دور که به کمک تصاویر و ابزار شناسایی امکان پذیر می‌شود علم دورسنجی نامیده می‌شود (مر، ۱۳۸۲).

^۱ Remote Sensing

۲-۳- خصوصیات داده‌های دورسنجی

در یک سیستم سنجش از دور، مکانیزم ثبت و جمع آوری اطلاعات بدین شکل می باشد که طیفی از نور پس از انتشار از منبع (منبع طبیعی مثل خورشید و یا منبع مصنوعی مثل فرستنده امواج رادیویی) و گذر از لایه‌های جو زمین، به عوارض و پدیده‌های موجود در بخش خاصی از سطح زمین برخورد می‌کند. در اثر این برخورد بخشی از نور تابیده شده به پدیده‌ها از سطح آن‌ها به سمت فضا بازتاب می‌نماید که پس از گذر از لایه‌های جو توسط سنجنده نصب شده بر روی ماهواره ثبت می‌گردد و سنجنده با ایجاد چند ماتریس عددی (برای هر بازه از طیف نور) به اندازه کل منطقه مورد تصویر برداری و تبدیل آن به تصویر، اطلاعات مورد نظر از آن منطقه را ثبت و ارائه می‌نماید. پس از ثبت و دریافت تصاویر ماهواره‌ای، متخصصان به کمک توسعه روش‌های مختلف محاسباتی و بصری، اقدام به استخراج اطلاعاتی همچون موقعیت، اندازه، بافت، جنس، رنگ و هرگونه خواص فیزیکی و شیمیایی مربوط به پدیده‌های مورد تصویربرداری می‌نمایند. (امیری رودبار، ۱۳۹۲).

یکی از ویژگی‌های اساسی و کارآمد از عکس‌های بدست آمده توسط سنجنده‌ها این است که به صورت دیجیتال می‌باشند. به طور مکانی داده‌ها از عناصر عکسی مجزا تشکیل شده‌اند که به هر یک از این عناصر مجزا پیکسل می‌گویند. این مهم (پیکسل‌ها)، از بزرگترین مزایای این داده‌ها به حساب می‌آید، چرا که پردازش آن‌ها توسط کامپیوتر ممکن می‌شود. از دیگر ویژگی‌های حائز اهمیت داده‌های سیستم دورسنجی، طول موج استفاده‌شده در عکس پردازش شده می‌باشد. بطور کلی طول موج در نواحی ماورای بنفش، مرئی و مادون قرمز نزدیک تا دور قرار می‌گیرد.

۳-۳- کاربرد داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای و دورسنجی

داده‌های مذکور نقش به‌سزایی در تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، اکتشاف نهشته‌های معدنی، شناسایی آلتراسیون‌ها، مطالعه و تشخیص ساختارهای زمین‌ساختی مثل گسل‌ها و مطالعه آتشفشان‌ها و زلزله‌ها را دارند (لرستانی، ۱۳۹۰).

تصاویر سنجش از دور دارای مزیت‌های قابل توجهی هستند :

- داشتن دید وسیع جهت مطالعه پدیده‌های بزرگ مقیاس
- تکرار زمانی و قدرت تفکیک زمینی متنوع و متناسب با اهداف مطالعاتی مورد نظر
- توانایی تصویربرداری از مناطق و نواحی صعب العبور
- طیف‌های جذب انعکاس کانی‌ها و سنگ‌ها و کاربرد آن‌ها در اکتشاف کانسارها (لگ، ۱۳۸۲)

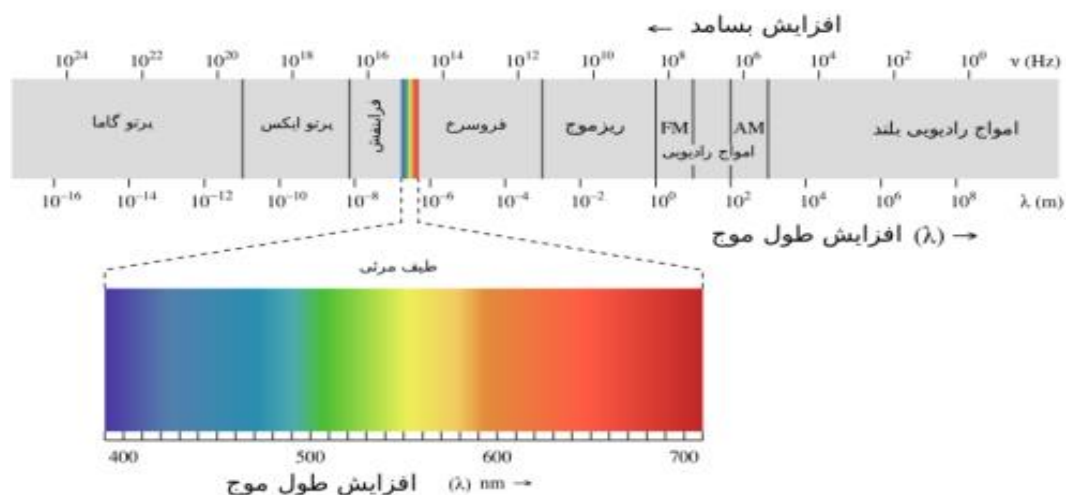
۳-۴- ویژگی‌های طیفی مواد

امواج الکترومغناطیس هنگام برخورد با سطح زمین بر اساس نوع سنگ، خاک و یا پوشش گیاهی، طول موج‌های خاصی را جذب می‌کنند و طول موج‌های دیگری را منعکس می‌کنند. از آنجایی که سنگ‌ها از کانی‌های متفاوت تشکیل شده‌اند و خاصیت جذب و انعکاس کانی‌ها با یکدیگر متفاوت است، بنابراین با پردازش داده‌های ماهواره‌ای می‌توان سنگ‌ها و برخی از کانی‌های آن‌ها را تشخیص داد (پور کریم، ۱۳۸۴).

۳-۵- طیف الکترومغناطیس

به مجموعه کل طول موج‌های امواج الکترومغناطیس که در کنار یکدیگر و به ترتیب خاصی قرار گرفته‌اند طیف الکترومغناطیس^۱ گویند. این طیف از اشعه گاما شروع شده و به امواج رادیویی ختم می‌شود (شکل ۳-۱). سنجنده‌های سنجش از دور در بخش‌های مختلفی از این طیف عمل می‌کنند.

^۱ Electromagnetic Spectrum



شکل ۳-۱: طول موج انواع امواج الکترومغناطیس (فاطمی و رضایی ۱۳۸۹)

بخش مرئی^۱ طول موج‌های ۴/۰ میکرومتر تا ۷/۰ میکرومتر را پوشش می‌دهد. چشم ما قادر به تشخیص این امواج می‌باشد. طول موج‌های کوچکتر از ۴/۰ میکرومتر به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند که عبارتند از اشعه گاما، اشعه X و اشعه‌های فرابنفش. به علت تفریق و جذب اتمسفری در این بخش این طول موج‌ها در سنجش از دور فضایی استفاده نمی‌گردند. بخش مادون قرمز^۲ از انتهای بخش مرئی شروع شده و به طول موج‌های حدود ۱ میلی‌متر ختم می‌گردد. یکی از مهم‌ترین بخش‌های مادون قرمز، مادون قرمز حرارتی^۳ است و به آن دسته از طول موج‌ها اطلاق می‌گردد که در اثر حرارت اجسام تولید شده و تابیده می‌شوند. بخش امواج ماکروویو دامنه‌ای از ۱ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر را شامل می‌شود. این دسته از امواج به علت طول موجشان قابلیت نفوذ در ابرها و شرایط اتمسفری نامناسب (مثل بارندگی) را دارند، به همین خاطر در سیستم‌های تصویربرداری راداری از آن‌ها استفاده می‌شود (فاطمی، ۱۳۸۵).

نمودار بازتابی پوشش‌های گیاهی، خاک و آب در شکل ۳-۲، آورده شده است. مقدار انرژی که به سنجنده می‌رسد بستگی زیادی به چگونگی تعامل انرژی و جسم دارد. اگر برای هر جسم مقدار انرژی منعکس شده از کل انرژی رسیده به جسم را در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری و آن‌ها را به

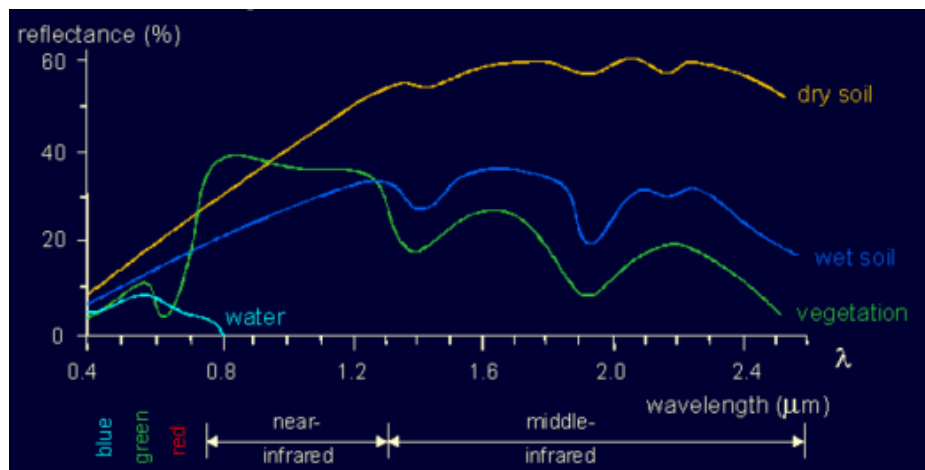
^۱ Visible

^۲ Infrared

^۳ Thermal Infrared

صورت یک نمودار ترسیم نماییم، منحنی حاصل را منحنی رفتار طیفی^۱ می‌گویند. محور افقی این نمودار، نماینگر درصد انرژی بازگشتی است بازتاب پوشش گیاهی در باند سبز بیشتر و در باندهای آبی و قرمز بسیار کم می‌باشد. علت این وضعیت جذب باندهای قرمز و آبی توسط کلروفیل در پوشش‌های گیاهی است. مقدار قابل توجهی از نور قرمز و آبی توسط گیاهان جذب می‌شود تا انرژی لازم برای فتوسنتز فراهم گردد. در بخش سبز طیف الکترومغناطیسی انعکاس بیشتری صورت می‌گیرد و به همین علت می‌باشد که پوشش گیاهی در حال رشد، به رنگ سبز دیده می‌شود. در طول موج ۰/۷۵ میکرومتر بازتاب پوشش گیاهی به شدت افزایش یافته و تا ۱/۳۵ میکرومتر ادامه می‌یابد که دلیل این امر شرایط ساختمانی گیاهان است. در طول موج ۲/۵ - ۱/۳۵ میکرومتر بازتاب توسط آب موجود در بافت گیاهی کنترل می‌شود. آب میان‌بافتی سبب می‌شود که حداقل بازتاب در ۱/۴۵ و ۱/۹ میکرومتر رخ می‌دهد. با بیشتر شدن سن گیاهان مقدار بازتاب در بخش مادون قرمز (۰/۱-۷۵/۳۵ میکرومتر) کاهش یافته است این در حالیست که در بخش مرئی میزان بازتاب، کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. نمودار بازتاب طیفی آب بیانگر کاهش بازتاب طیفی با افزایش طول موج است. بنابراین بازتاب طیفی آب‌های عمیق و روشن در طول موج مادون قرمز بسیار پایین است. شدت و توزیع بازتاب آب نشان‌دهنده‌ی ماهیت مواد محلول و معلق و عمق آب می‌باشد. برخلاف منحنی بازتابی آب‌ها، منحنی بازتابی خاک، افزایش بازتاب در نتیجه‌ی افزایش طول موج را نشان می‌دهد. بازتاب خاک در طول موج‌های مرئی تحت تأثیر مواد آلی و میزان آب موجود در خاک قرار می‌گیرد و در طول موج ۰/۹۳-۰/۸۵ میکرومتر نیز باند جذبی آهن وجود دارد. وجود اکسید آهن در خاک موجب سرخی خاک می‌شود که به دلیل جذب طول موج‌های کوتاه‌تر و بلندتر از قرمز است. در صورت وجود کانی‌های رس بازتاب از حد ۲ میکرون به سمت بالا تقلیل یافته و باند جذبی کانی‌های رسی محدوده‌ی ۲-۲/۵ میکرومتر می‌باشد.

^۱ Spectral Signature



شکل ۳-۲: منحنی رفتار طیفی آب، پوشش گیاهی و خاک (صادقیان، ۱۳۸۳)

در نواحی خشک و نیمه‌خشک که عاری از پوشش گیاهی می‌باشند از نمودار بازتاب طیفی سطوح زمین برای شناسایی کانی‌ها و سنگ‌ها می‌توان استفاده کرد. در طی چند دهه‌ی گذشته مطالعات زیادی درباره‌ی طیف‌های بازتابی کانی‌های متفاوت صورت گرفته است. این مطالعات بیانگر این می‌باشند که کانی‌های تشکیل‌دهنده‌ی سنگ‌ها نمودار بازتابی یکسانی دارند. بعضی از کانی‌ها مانند کوارتز و فلدسپار در باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک، خاصیت جذبی زیادی را از خود نشان نمی‌دهند و نقش کاتالیزور را برای کانی‌های با ویژگی‌های خاص همچون کانی‌های رسی، سولفات‌ها و کربنات‌ها ایفا می‌کنند (بابا احمدی، ۱۳۸۸).

۳-۶-۳- قدرت تفکیک سنجنده

قدرت تفکیک سنجنده به زیر شاخه‌هایی از قبیل قدرت تفکیک مکانی، قدرت تفکیک طیفی و قدرت تفکیک زمانی تقسیم می‌شود (Jensen, 2003).

۳-۶-۱- قدرت تفکیک مکانی

معمولاً در سامانه‌های سنجش از دور، مساحت مشخصی از سطح زمین بر روی عنصر حساسی ثبت می‌گردد که نهایتاً به المان تصویر (پیکسل) تبدیل می‌گردد. این مساحت به عنوان قدرت تفکیک مکانی شناخته شده و در سامانه‌های مختلف متفاوت است. به عنوان مثال سنجنده

ETM+ دارای قدرت تفکیک ۳۰ متر است. معمولاً هر چقدر که طول موج افزایش پیدا کند، قدرت تفکیک مکانی کاهش می یابد. هر چه ناحیه‌ای از زمین که توسط هر سلول تصویری مشخص می‌شود کوچک‌تر باشد، جزئیات بیشتری می‌تواند بدست آید و در نتیجه قدرت تفکیک مکانی بالا خواهد بود. (Jensen, 2003).

۲-۶-۳- قدرت تفکیکی طیفی

بعضی سامانه های سنجش از دور در طول موج های مختلف تصویر برداری می کنند که اصطلاحاً به آن ها سامانه های چند طیفی می گویند (Jensen, 2003). این سامانه ها دارای قدرت تفکیک طیفی متفاوت می باشند. به عنوان مثال سامانه استر دارای ۱۵ باند تصویر است در حالی که سامانه لندست ۷ دارای ۸ باند تصویر می باشد. این گونه سامانه ها به دلیل تصویر برداری در طیف های مختلف به ما این امکان را می دهند تا از آن ها جهت تشخیص و جداسازی واحد های مختلف زمین شناسی، که از نظر جنس با هم متفاوتند، بپردازیم در حقیقت قدرت تفکیک طیفی به تعداد و پهنای باندهای طیفی شناسایی شده توسط سنجنده ها گفته می شود. با این شرایط تنها تعداد محدودی از تصاویر ماهواره ای مانند استر و لندست برای اکتشافات معدنی مناسب خواهند بود.

۳-۶-۳- قدرت تفکیک زمانی

مدت زمانی که یک سنجنده برای تصویربرداری دوباره از یک ناحیه‌ی مشخص لازم دارد را قدرت تفکیک زمانی می‌گویند. بسته به نوع کاربرد، از تصاویر با قدرت تفکیک زمانی متفاوت استفاده می‌شود. با استفاده از تصاویری که در زمان‌های متفاوت از یک ناحیه مشخص برداشت شده‌اند، می‌توان تغییرات به وجود آمده در سطح زمین را رصد کرد (بابااحمدی، ۱۳۸۸).

۳-۷ داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای

همان‌طور که اشاره شد سنجنده‌های تصویر بردار در سنجش از دور دارای توان تفکیک مکانی و طیفی مشخصی هستند. بدین معنی با توجه به ارتفاع سنجنده و این‌که سنجنده‌ها اطلاعات طیف بازتابی مربوط به پدیده‌ها را در قالب یک ماتریس با ابعاد مشخصی ثبت می‌نمایند لذا قادرند اطلاعات مساحت مشخصی از زمین را به عنوان کوچکترین واحد اطلاعات خود ارائه نمایند. این ماتریس را که قابل تبدیل به یک تصویر بوده و مربوط به یک طول موج مشخص نیز می‌باشد را باند و کوچکترین واحد آن را پیکسل می‌نامیم که دارای ابعادی معادل توان تفکیک مکانی سنجنده می‌باشد. بطور مثال ماهواره Landsat 7، سنجنده ETM+ دارای ۸ باند در محدوده طیفی ۰,۴ تا ۲,۵ میکرومتر می‌باشد که اندازه هر پیکسل از تصویر معادل ۳۰ متر بر روی زمین می‌باشد.

۳-۸ داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

جهت اجرای عملیات دورسنجی از تصاویر ماهواره‌ای لندست^۱ (سنجنده ETM+)، لندست ۸^۲ (سنجنده‌های TIRS, OLI) و تصاویر ماهواره‌ای ترا^۳ (سنجنده استر^۴) بهره گرفته شده است که مشخصات دقیق هر یکی از این اطلاعات در ذیل ارائه شده است:

علت استفاده از این سنجنده‌ها به این دلیل می‌باشد که تصاویر اخذ شده از سنجنده‌های مذکور در طول موج ۰,۴ تا ۲,۵ میکرومتر بوده و به عنوان تصاویر چندطیفی با توان تفکیک زمانی، مکانی، طیفی و رادیومتریکی مناسب جهت تشخیص و تفکیک پدیده‌های مرتبط با اکتشاف مواد معدنی را فراهم می‌سازند. از سویی داده‌های مادون قرمز موج کوتاه سنجنده استر در محدوده باند ۷ سنجنده ETM+ ماهواره لندست می‌باشد، با این تفاوت که در طیف سنج استر، ۶ باند پیوسته توان تفکیک طیفی بیشتری را نسبت به

LandSat7^۱

LandSat8^۲

TERRA^۳

ASTER^۴

لندست ETM+ در این محدوده طیفی به نمایش می‌گذارد. محدوده مادون قرمز موج کوتاه دارای بیشترین پتانسیل برای بررسی ترکیب شیمیایی پدیده های زمینی است. (جدول ۱-۳ تا جدول ۳-۳) در مرحله شناسایی ذخایر معدنی عمدتاً داده‌های سنجنده ETM+ و داده‌های سنجنده ASTER برای محدود کردن منطقه مورد مطالعه و تعیین مناطق امیدبخش برای پی‌جویی زمینی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Sabin, 1999).

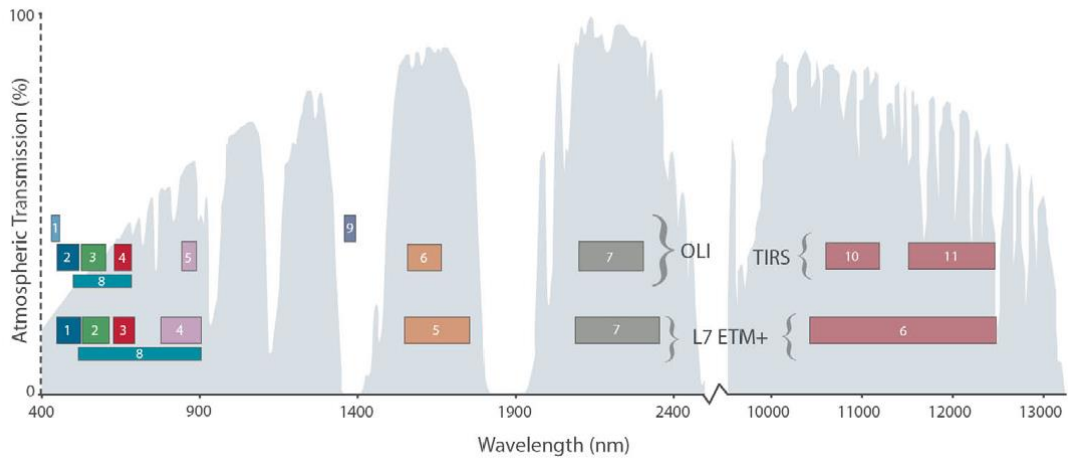
با توجه به وجود ۶ باند مجزا در محدوده مادون قرمز موج کوتاه طیف الکترو مغناطیس سنجنده استر امکان جداسازی و تفکیک انواع کانی‌های موجود در زون‌های دگرسانی را فراهم می‌سازد.

جدول ۳-۱: مشخصات سنجنده ETM+ (<https://www.usgs.gov/>)

LANDSAT ۷	نام ماهواره	مشخصات ماهواره
ایالات متحده آمریکا	کشور سازنده	
۱۹۹۹	تاریخ پرتاب	
فعال	وضعیت فعلی	
ETM+	عنوان سنجنده	
۳۰ متر (باند ۶: ۶۰ متر - PAN: ۱۵ متر)	قابلیت تفکیک زمینی	
۱۸۵ کیلومتر	عرض تصویربرداری	
PAN + ۷	تعداد باندها	
0/45 - 0/52 μ		
0/52-060 μ		
0/62 - 0/69 μ		
0/75-090 μ		
1/55 - 1/75 μ		
10/4- 12/5 μ		
2/09- 3/35 μ		
PAN: 0/52 -0/90 μ		
شبه قطبی	مدار	
۷۰۵ کیلومتر	ارتفاع	
۱/۹۸ درجه	زاویه میل	
۱۶ روز	بازگشت	

جدول ۳-۲ مشخصات سنجنده OLI و TIRS (<https://www.usgs.gov/>)

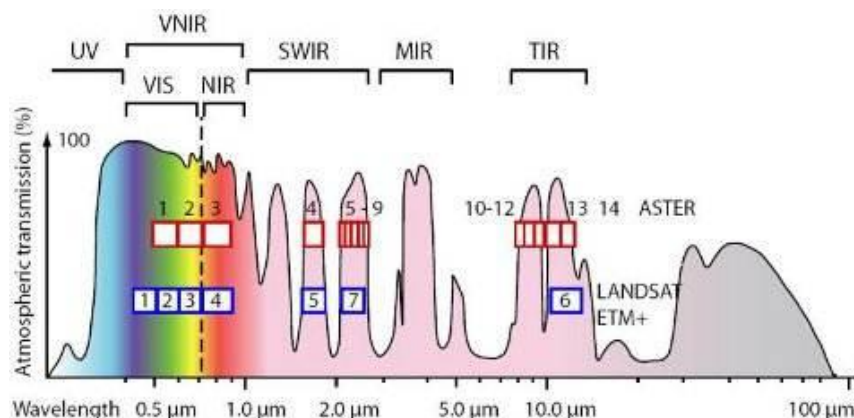
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) Launched February 11, 2013	Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
	Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
	Band 2 - Blue	0.45 - 0.51	30
	Band 3 - Green	0.53 - 0.59	30
	Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
	Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
	Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100



شکل ۳-۳ مقایسه شماتیک دو ماهواره لندست ۷ و لندست ۸ (<https://www.usgs.gov/media/images>)

جدول ۳-۳ مشخصات سنجنده ASTER (<https://www.usgs.gov/>)

TERAA	نام ماهواره	مشخصات ماهواره
آمریکا - ژاپن - کانادا	کشور سازنده	
۱۹۹۹	تاریخ پرتاب	
فعال	وضعیت فعلی	
ASTER	نام سنجنده	
۱۵ الی ۹۰ متر	قابلیت تفکیک زمینی	
۶۰ کیلومتر	عرض تصویربرداری	
15	تعداد باندها	
0/52 - 0/60 μ		
0/63 - 0/69 μ		
0/76-0/86 μ		
1/6-1/7 μ		
2/14 - 2/18 μ		
2/18 - 2/22 μ		
2/23 - 2/28 μ		
2/29 - 2/36 μ		
2/36 - 2/43 μ		
8/12 - 8/47 μ		
8/47 - 8/82 μ		
8/92 - 9/27 μ		
10/25 - 10/95 μ		
10/95 - 11/65 μ		
شبه قطبی		
۷۰۵ کیلومتر	ارتفاع	
۰/۹۸ درجه	زاویه میل	
حسب سنجنده متفاوت است	دوره بازگشت	



شکل ۳-۴: مقایسه شماتیک دو ماهواره لندست ۷ و استر. (<https://www.usgs.gov/media/images>)

۳-۹ پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

قبل از بکارگیری و استخراج هر گونه اطلاعاتی از داده‌های سنجش از دور بایستی این داده‌ها طی یک فرآیند، برای استفاده آماده‌سازی شوند. پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای پردازش‌های بعدی و تجزیه و تحلیل تصاویر ضروری است. عملیات پیش پردازش شامل بارزسازی و ترمیم تصاویر می‌باشد.

۳-۹-۱- تصحیح توپوگرافی^۱

پستی و بلندی‌های سطح زمین و در نتیجه ایجاد سایه، زاویه متفاوت دید سنجنده نسبت به دو دامنه متقابل یک بلندی و نیز جهت متفاوت تابش خورشید سبب می‌شود که بازتاب متفاوتی از انرژی الکترومغناطیسی از یک نوع پوشش گیاهی که در دو طرف یک بلندی قرار دارند به سنجنده برسد و در نتیجه در تصویر، دو نوع پوشش به نظر آید. برای تصحیح این خطا، از تکنیک تقسیم تصاویر استفاده می‌گردد. با توجه به اینکه نسبت بازتاب دو پوشش دو طرف ناهمواری در هر باند تقریباً مقدار ثابتی است، می‌توان با استفاده از تقسیم باندها^۲ بر یک باند مناسب و سپس مقیاس‌بندی مجدد (Rescaling) تصاویر به دست آورد که اثر سایه‌ها در آن تا حدود زیادی از بین رفته است و پوشش‌های سطحی یکسان، دارای مقادیر عددی تقریباً یکسانی هستند. در طی اجرای فرآیند تقسیم،

^۱ Topography correction
^۲ Band ratios

تصاویر و تصحیح توپوگرافی، مشاهده خواهد شد که با آن که دو پوشش یکسان دو طرف ناهمواری در باندهای مختلف مقادیر متفاوتی دارند ولی نسبت این مقادیر تقریباً یکسان است و با عمل تقسیم پیکسل به پیکسل و سپس مقیاس‌بندی مجدد می‌توان به مقادیر یکسانی برای پوشش‌های یکسان دست یافت (پشنگ، ۱۳۹۱).

۲-۹-۳- تصحیح هندسی^۱

به نحوه‌ی تغییر و تبدیل یک تصویر سنجش از دور به گونه‌ای که دارای مقیاس و سیستم تصویر بشود، تصحیحات هندسی گفته می‌شود. خطای هندسی منابع متعددی دارد ولی می‌توان از چرخش زمین به عنوان یکی از مهم‌ترین منابع خطا نام برد، زیرا چرخش زمین باعث آریب‌شدن تصاویر می‌شود و همچنین سرعت این چرخش نسبت به عرض جغرافیایی متفاوت است (Anjiredd, 2008). داده‌های ماهواره‌ای در مرحله تصحیح هندسی با توجه به نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ داده‌های زمینی GPS و سایر مقیاس‌ها تصحیح شده و در قالب شبکه مختصات UTM قرار می‌گیرند. این تصحیحات بر اساس انتخاب تعدادی نقطه‌ی کنترل زمینی بر روی نقشه‌ی توپوگرافی و مشابه‌یابی آن بر روی داده‌های ماهواره‌ای مورد نظر انجام می‌شود، این عملیات عموماً در محیط نرم‌افزاری ArcGIS و سایر نرم‌افزارهای کاربردی دورسنجی نظیر ENVI، Geomatica و غیره انجام‌پذیر می‌باشد. در این مرحله با استفاده از روش‌های آماری لازم، خطاهای موجود بین مختصات تصویر و مختصات زمینی پدیده‌ها به حداقل می‌رسد. داده‌های موجود دیگر نیز بر اساس داده‌های ماهواره‌ای تصحیح‌شده، با روش مشابه‌یابی تصویر به تصویر، تصحیح می‌گردند و بر اساس محدوده‌های مورد نیاز بریده شده و قطعه‌بندی می‌شوند.

^۱ Geomatic correction

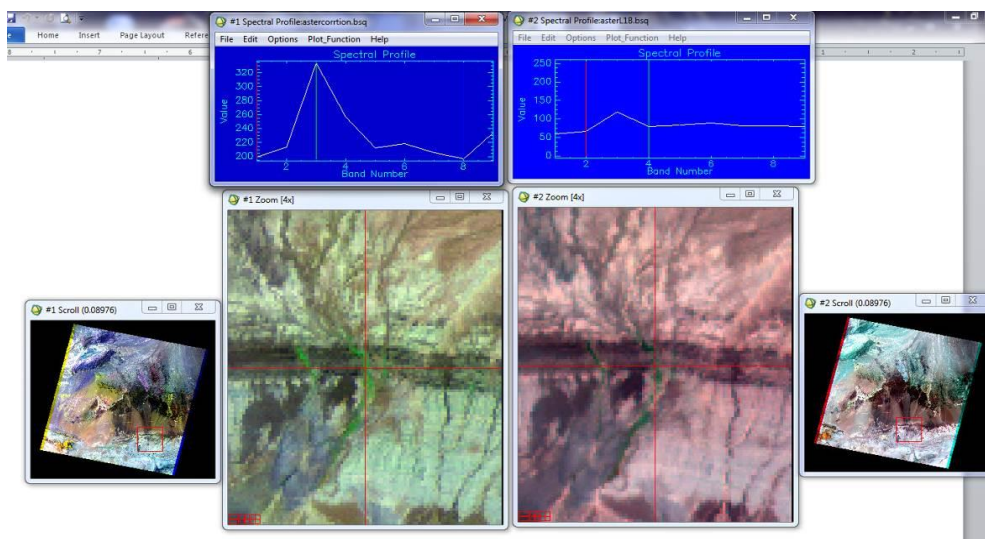
۳-۹-۳- تصحیح رادیومتری^۱

قبل از انجام آشکارسازی و پردازش داده‌های ماهواره‌ای می‌بایست تصحیحات رادیومتری برای حذف طول موج‌های طیفی در رابطه با گرد و غبار، دود و عوارض مصنوعی دیگر قابل مشاهده در تصاویر انجام گیرد. تصحیح رادیومتری شامل تصحیح خطای اتمسفری و خطای سنجنده است. خطای اتمسفری، در اثر جذب و پراکنش ذرات اتمسفر پیش می‌آید و باعث محو جزئیات تصویر شده و بدین ترتیب از قدرت تفکیک مکانی سنجنده نیز می‌کاهد. بیشترین اثر اتمسفری مربوط به پراکنش است که وابستگی زیادی به طول موج دارد، بنابراین اثر اتمسفر در باندهای مختلف یک سنجنده با هم یکسان نیست. هر چه طول موج بیشتر شود اثر پراکنش اتمسفری کمتر خواهد شد. به منظور بررسی و مقایسه تصاویر اصلاح شده از نظر تصحیحات جوی از دو مدل تصحیحات نسبی و مطلق استفاده شده است. با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی در مناطق گرم و خشک و نیمه خشک ایران بهترین و کارآمدترین روش برای حذف اثرات جوی و توپوگرافی موجود در فریم‌های ماهواره استر به ترتیب کاهش در دقت LR, IARR, ATCOR3 و داده‌های خام کالیبره نشده L1B بوده و روش‌های EL, ATCOR2, DOS(t), FE از دقت کمی برای آشکارسازی واحدهای سنگی برخوردار است. (Tangestani et al. (2008)) همچنین می‌توان نتیجه گرفت که بازتاب انرژی از دامنه‌ها می‌تواند اثر مهمی بر داده‌های ماهواره‌ای داشته باشد که حذف آن با استفاده از نرم افزارهایی مانند ATCOR3 می‌تواند به ارتقا کیفیت تصویر کمک قابل توجهی کند.

به عنوان مثال به منظور یکپارچه‌سازی داده‌های استر منطقه مورد مطالعه باندهای SWIR استر با توان تفکیک مکانی ۳۰ متر بر اساس باندهای VNIR با توان تفکیک مکانی ۱۵ متر بازنویسی شدند. بعد از اجرای روش کالیبراسیون مطلق ATCOR3 در (شکل ۳-۵) دو تصویر استر با هم مقایسه شده است تصویر سمت راست (شکل ۳-۵) بدون تصحیحات اتمسفری و تصویر سمت چپ آن با تصحیحات اتمسفری مطلق با استفاده از نرم افزار ATCOR3 انجام شده است. طیف گرفته شده از دو

^۱ Radiometric correction

تصویر از روی سطح پوشش گیاهی در تصویر اصلاح شده به خوبی پوشش گیاهی را مشخص ساخته در حالی که طیف سمت راست که از تصویر خام استر برداشت شده است به درستی پوشش گیاهی را مشخص نساخته است. همچنین همان طور که در شکل (۵-۳) مشاهده می‌شود، از نظر مشاهده چشمی ترکیب باندی (۱ و ۳ و ۵) تاثیر سایه حاصل از توپوگرافی در شکل اصلاح شده کمتر مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۵: مقایسه طیف انعکاسی از دو تصویر خام (سمت راست). و اصلاح شده (سمت چپ) تصویر سنجنده استر

۱۰-۳ پردازش تصاویر ماهواره‌ای

پردازش تصاویر مرحله مهمی از عملیات دورسنجی است. در بسیاری از مناطقی که کانسارسازی انجام شده مناطق دگرسان شده در ارتباط با کانسار دیده می‌شود که گاهی وسعت منطقه دگرسان شده تا چند برابر خود توده معدنی می‌باشد و به همین جهت از این مناطق به عنوان یک راهنما در جهت اکتشاف کانسار استفاده می‌شود (رنجبر، ۱۳۸۶). پژوهشگران از روش های مختلف پردازش تصویر به منظور بارزسازی مناطق دگرسان شده با استفاده از تصاویرسنجنده + ETM و استر استفاده کرده‌اند. برای مثال از مهم‌ترین و قابل استنادترین مقالات می‌توان Abrams et al., 1983; Sabins, 1999; Tangestani & Moore, (2000); Ranjbar et al., (2004); Ramadan & Kounty, (2004); هرنمند و رنجبر، (۱۳۸۴)؛ اعلمی نیا و همکاران، (۱۳۸۹)؛ Crosta et al. (2003); Mars and ; Rowan, (2006;2010); Tangestani et al. (2008); Moore et al. (2008)

(۱۳۸۵). Hubbard and Crowley (2005);

را نام برد که از تصاویر استر و لندست به منظور نقشه برداری از مناطق دگرسان شده استفاده نموده‌اند. این پژوهشگران از روش‌های نسبت‌های باندی، تجزیه مؤلفه‌های اصلی، ترکیبات دروغین رنگی، نقشه بردار زاویه طیفی و تجزیه طیفی کانی‌ها به منظور بارزسازی مناطق دگرسان شده و تفکیک واحدهای سنگی استفاده نموده‌اند.

۱۱-۳- بارزسازی مناطق دگرسان شده با استفاده از نسبت باندی^۱

یک روش پردازش تصویر است که برای نمایش تغییرات و بارزسازی مناطق دگرسان شده و واحدهای سنگ شناسی خاص به کار می‌رود. که به وسیله تقسیم مقدار ارزش رقومی یک باند بر باند دیگر به دست می‌آید (Sabins 1997). باندی که میزان بازتاب از هدف مورد بررسی در آن بیشتر باشد در صورت کسر و باندی که همان پدیده در آن بیشترین جذب را داراست در مخرج کسر قرار می‌گیرد. نمایه‌ها بطور گسترده‌ای در اکتشاف کانی‌ها و آنالیز گیاهان به منظور استخراج تفاوت‌های کوچک بین انواع سنگ‌ها و طبقات گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. نسبت‌گیری باندها در تصاویر ETM+ یا ASTER به طور گسترده‌ای توسط زمین‌شناسان برای تشخیص انواع کانی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (رنجبر، ۱۳۸۶).

به منظور شناسایی مناطق دارای اکسید آهن به سبب جذب در ناحیه باند ۱ و تابش در ناحیه باندها ۲ و ۳، از نسبت باندی ۱/۲ و ۱/۳، برای بارزسازی اکسیدهای آهن بهره گرفته شده است (Prost, 2001; Seo et al., 2005). همچنین برای بارزسازی دگرسانی‌های رسی می‌توان از تقسیم باندهای ۵/۷ سنجنده ETM+ و یا نسبت‌های باندی ۴/۹، ۷/۹، ۴/۶، از سنجنده استر استفاده کرد (رنجبر، ۱۳۸۶) (kaliowski and Oliver, 2004).

^۱ Band rating

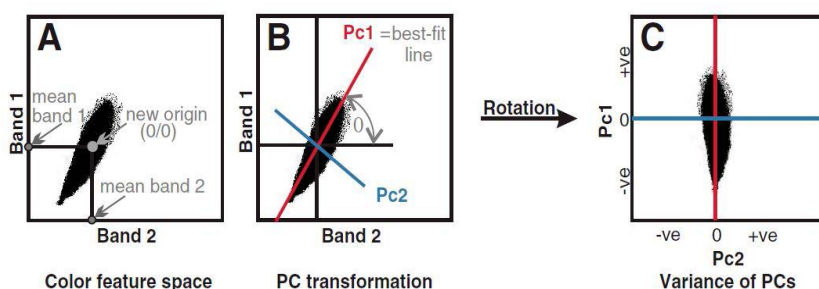
۱۲-۳- روش آنالیز مؤلفه‌ی اصلی (PCA)^۱

آنالیز مؤلفه اصلی جهت کاهش بُعد داده‌ها به تعداد کمتری مؤلفه‌ی اصلی بکار می‌رود. در بحث سنجش از دور برای شناخت باندهایی که دارای اطلاعات بیشتر بوده و حداکثر تغییرات را پوشش می‌دهند، استفاده می‌شود. در تحلیل مؤلفه‌ی اصلی تجمع اطلاعات در چند مؤلفه‌ی اول بیشتر بوده و مؤلفه‌های بعدی بیشتر شامل نویز می‌باشند (این مؤلفه‌ها فقط وقتی با تصاویر قوی‌تر ترکیب شوند می‌توانند دارای کاربرد مؤثری باشند). در این روش یک محور در راستایی که دارای بیشترین مقدار اطلاعات است ایجاد شده و تصویر این محور شامل بیشترین اطلاعات نسبت به محورهای دیگر خواهد بود. در روش PCA اطلاعات چند تصویر در یک تصویر متراکم شده و اختلاف درجات روشنایی به حداکثر می‌رسد. تعداد PCA ساخته‌شده بستگی به تعداد باندهای انتخاب‌شده دارد و می‌توانیم پس از اعمال روش PCA، چند تصویر جداگانه تولید نمود (حسنی پاک، ۱۳۹۰).

روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی در تفسیر داده‌های رقومی سنجش از دور از اهمیت زیادی برخوردار است. از این روش به منظور شناخت باندهایی که دارای اطلاعات بیشتر بوده و حداکثر واریانس تغییرات را پوشش می‌دهند، استفاده می‌شود. تشابه و ارتباط بین باندها، باعث به وجود آمدن یک سری اطلاعات اضافی می‌شود. اگر این داده‌های اضافی کاهش یابند، مقدار داده‌هایی که برای توصیف تصاویر چند طیفی نیاز است، به صورت فشرده در می‌آیند (Sabin, 2007).

تحلیل مؤلفه اصلی را در دو بعد می‌توان نشان داد برای مثال نمودار ارزش‌های رقومی دو باند مجزا را می‌توان به وسیله یک بیضی روی نمودار پراکنندگی نشان داد (شکل ۳-۶) محور بلند بیضی اولین مؤلفه PC1 نام دارد و پراکنش یا واریانس در امتداد این محور بیشتر از هر کدام از دو باند ورودی است. دومین مؤلفه عمود بر مؤلفه اول واقع می‌شود. برای داده‌های چند طیفی مانند استر، اولین مؤلفه اصلی شامل بیشترین درصد واریانس کلی تصویر است و مؤلفه‌های بعدی هر یک در برگزیده درصد کمتری از واریانس تصویر می‌باشند (Sabins, 1997).

^۱ Principal component analysis (pca)



شکل ۳-۶ تحلیل مولفه اصلی، نمایش دو متغیره داده‌های دو باند لندست ۷، همبستگی بالای دو باند ۱ و ۲ به ایجاد بیضوی کشیده در فضای دو بعدی منجر می‌شود. در شکل A بر اساس مقادیر میانگین دو باند، مرکز محور مختصات جابه جا شده است، در شکل B محور مختصات براساس بیشترین واریانس دچار چرخش شده است. در شکل C مولفه اصلی اول دارای بیشترین واریانس است و مولفه اصلی دوم بر مولفه اصلی عمود بوده و حاوی کمترین واریانس داده‌هاست (Ott et al., 2006).

۳-۱۳ آنالیز مولفه‌های اصلی انتخابی (کروستا)^۱

روش کروستا که مؤلفه های اصلی جهت‌دار نیز نامیده می‌شود، عبارت است از آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی که در آن تنها از باندهایی استفاده می‌شود که اطلاعات خاصی به ما می‌دهند و از بقیه باندها برای جلوگیری از اشتباه صرف نظر می‌شود. در این روش آنالیز مولفه اصلی بر روی چهار باند صورت می‌گیرد که باندهای مناسب براساس ویژگی‌های طیفی کانی‌ها انتخاب می‌شوند. در صورتی که از روش آنالیز مولفه اصلی با انتخاب باندهای مناسب استفاده شود، نتایج بهتری برای تفکیک مناطق دگرسان شده در بر خواهد داشت (Crosta, 1989) (رنجبر، ۱۳۸۶).

۳-۱۴ نتایج مطالعات دورسنجی در منطقه مورد مطالعه

ناحیه مورد مطالعه دارای آب و هوای نیمه خشک، توپوگرافی کوهستانی و پوشش گیاهی ضعیف می‌باشد. بنابراین با توجه به این ویژگی‌ها، استفاده از لایه دورسنجی برای تعیین ساختار، لیتولوژی و دگرسانی مرتبط با مناطق پتانسیل دار جهت اکتشاف کانی سازی منگنز مناسب است.

در مرحله اولیه بدون توجه به بررسی دگرسانی منطقه مورد مطالعه با توجه به کارهای انجام

¹ Crosta

شده در گذشته برای اکتشاف منگنز سعی شد تا با استفاده از روش مستقیم از تصویر استر در جهت شناسایی اندیس‌های منگنز در سطح زمین استفاده شود. مشابه کار انجام شده توسط (Rajendran et al, 2013). به همین منظور در منطقه مورد مطالعه بزرگ‌ترین رخنمون منگنز در سطح زمین که در زمان تصویر برداری ماهواره ترا وجود داشته است، مختصات آن با GPS ثبت شد و پیکسل مورد نظر بر روی تصویر استر پیدا و طیف آن رسم گردید. با استفاده از اطلاعات موجود و نرم افزار ENVI تصاویر هر سه سنجنده ETM+ و OLI و ASTER به صورت نظارت شده کلاسه بندی شدند ولی نتایج رضایت بخش نبود. به همین منظور از این روش صرف نظر شد.

۱۵-۳ استخراج دگرسانی‌های منطقه مورد مطالعه

با توجه به کارهای انجام شده در منطقه هلالان دگرسانی‌ها و منطقه بندی آن‌ها به طور کلی، دگرسانی‌های موجود در این کانه زایی شامل کلریتی، آرژیلیتی، سیلیسی و کربناتی می باشند. از میان این دگرسانی‌ها، دگرسانی کلریتی گسترده ترین نوع دگرسانی در منطقه بوده که سنگ‌های کمرباین و کمربالا ماده معدنی تحت تأثیر این دگرسانی قرار گرفته اند (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴). دگرسانی آرژیلیک تشکیل شده در محدوده معدنی هلالان، سنگ‌های کمرباین کانسار را تحت تأثیر قرار داده است. (شکل ۳-۷).



شکل ۳-۷ دگرسانی آرژلیتی مجاور معدن اصلی هلالان

که به واسطه حضور کانی‌های رسی مشخص می‌شود و دارای رنگ سفید در سطح تازه است. سیلیسی شدن، به صورت رگه رگچه‌هایی در تمام واحدهای رخنمون یافته در منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۳-۸) که نشانگر ورود سیال از طریق محلول‌های گرمابی به داخل شکستگی‌ها و ته‌نشین شدن در داخل آن‌ها است. دگرسانی کربناتی هم به مقدار کم و به صورت رگه رگچه‌ای و پراکنده در متن تمام واحدهای سنگی مشاهده می‌شود. (مصدق و همکاران، ۱۳۹۴).

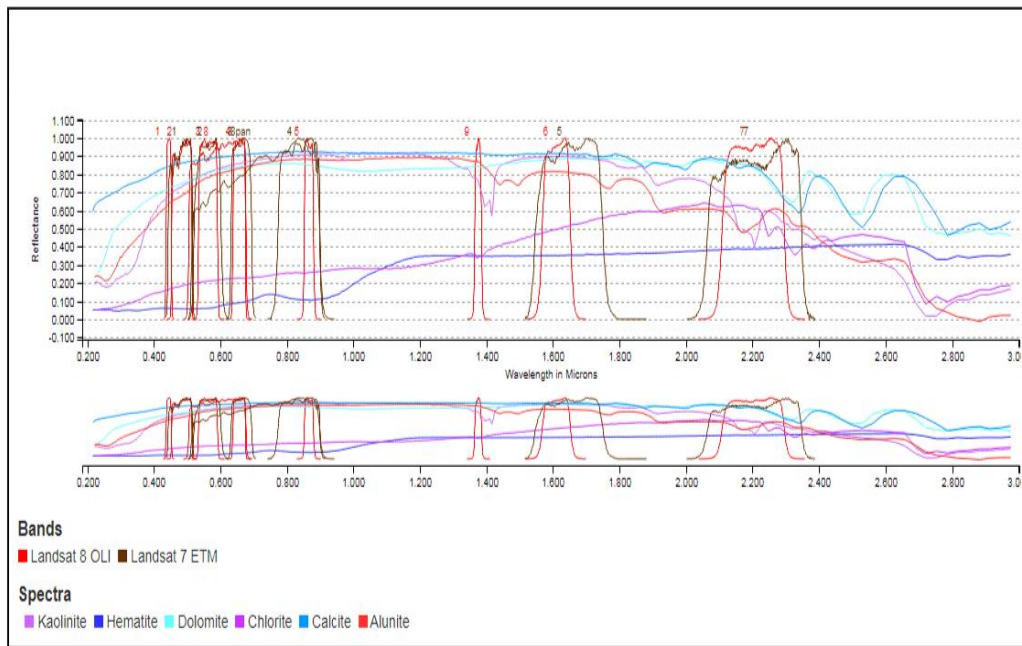
با توجه به مطالب فوق سعی شده است از تصاویر ماهواره‌ای در جهت استخراج دگرسانی‌های

ذکر شده استفاده شود.

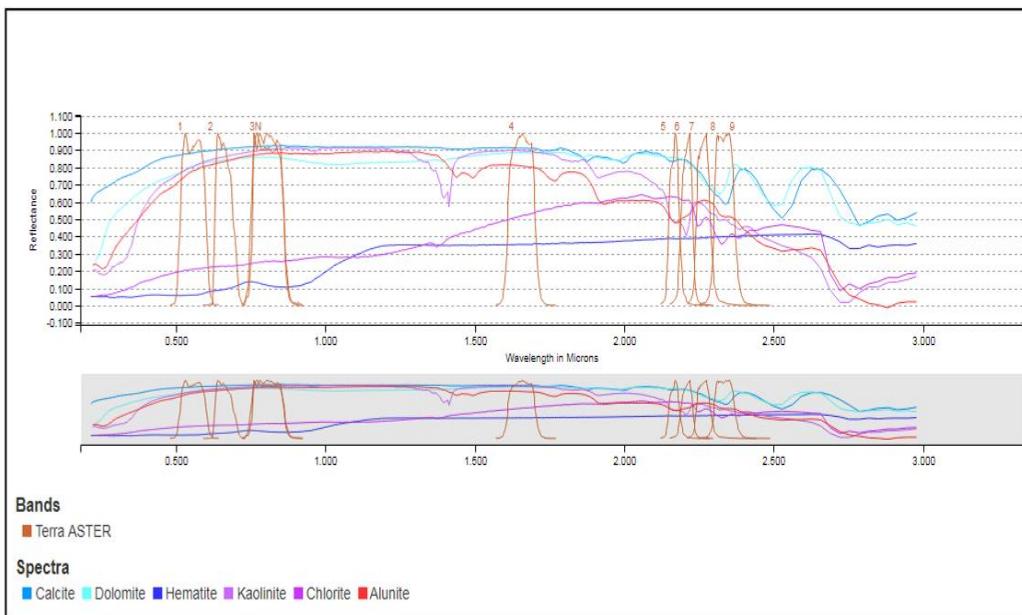


شکل ۳-۸- سیلیسی شدن به صورت رگه و رگچه‌هایی در تمام واحدهای رخنمون یافته قابل مشاهده است. در اندیس های کانی سازی منگنز به صورت رگه ای قابل مشاهده است.

به منظور تحلیل مولفه‌های اصلی از داده‌ی ETM+، مقادیر ویژه محاسبه شده در جدول (۳-۴)، آورده شده است. تجزیه مؤلفه های اصلی برای باندهای سنجنده OLI نیز صورت گرفت. اما در هیچ یک از مؤلفه ها (به صورت جدا و یا ترکیبی) مناطق دگرسان شده و کربناتی به خوبی (در مقایسه با سنجنده استر) از یکدیگر تفکیک نشد. این امر می تواند به علت تعداد باندهای بیشتر سنجنده استر در محدوده جذب رس ها نسبت به سنجنده ETM+ باشد. (شکل ۳-۹)، و برعکس تصاویر لندست ۷ و ۸ در جدا سازی اکسید آهن بهتر عمل کرده به علت تعداد باند بیشتر در محدوده جذب برای اکسید آهن. (شکل ۳-۱۰).



شکل ۳-۹ تغییرات بازتاب و جذب نور در باندهای مختلف دو سنجنده لندست ۷ و ۸ برای دگرسانی‌ها
(<https://www.usgs.gov/>)

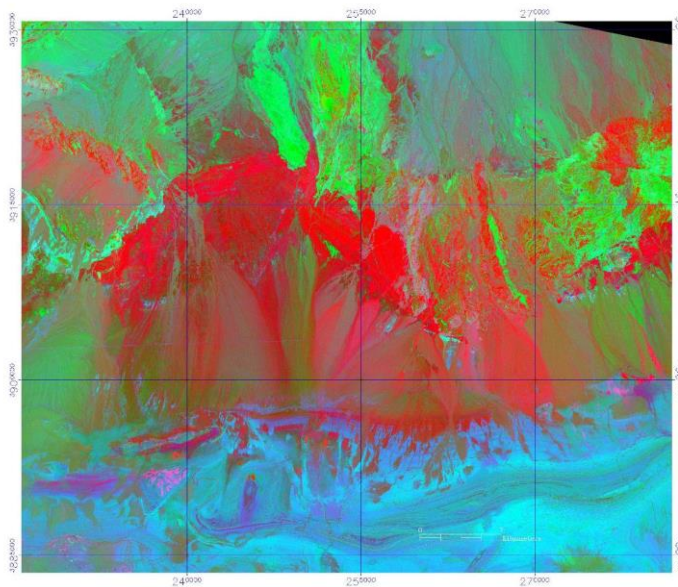


شکل ۳-۱۰ تغییرات بازتاب و جذب نور در باندهای مختلف سنجنده استر برای دگرسانی‌ها (<https://www.usgs.gov/>)

۱-۱۵-۳ استخراج دگرسانی‌ها سنجنده ETM+

در این بررسی روش‌های مختلف پردازش تصویر، از جمله روش نسبت‌های بانندی، آنالیز مؤلفه‌های اصلی و تهیه تصاویر رنگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از نسبت‌های بانندی معروف ۵/۷ و

۳/۱ به ترتیب برای شناسایی مناطق دارای کانی‌های هیدروکسیل‌دار و اکسید آهن‌دار استفاده شده است. تصویر به دست آمده از تقسیم باند ۵ به باند ۷ مناطق دگرسان را به خوبی نمایش می‌دهد، ولی مناطق با پوشش گیاهی نیز دیده می‌شوند. با توجه به این‌که پوشش گیاهی منطقه بسیار ضعیف است، استفاده از این نسبت باندها در چنین مناطقی خشکی قابل استفاده است. نسبت باندها ۳ به ۱ مناطق دارای اکسید آهن را مشخص کرده است. برای دستیابی به تفسیر و نتیجه قابل اعتمادتر از روش ترکیب رنگی کاذب برای ساخت تصاویر رنگی از نسبت‌های (۳/۱ و ۵/۴ و ۵/۷) تصویر لندست ۷ استفاده شد. نتایج در (شکل ۳-۱۱) نمایش داده شده است. بر این اساس مناطق دارای اکسید آهن آبی رنگ و مناطق دارای دگرسانی رسی زرد تا سبز رنگ روی نقشه شکل ۳-۱۱ مشخص شده است.



شکل ۳-۱۱ تصویر حاصل از ترکیب رنگی کاذب حاصل از نسبت‌های (۳/۱ و ۵/۴ و ۵/۷) تصویر لندست ۷.

تحلیل مؤلفه اصلی یک روش استاندارد برای آنالیز داده‌های چند طیفی است؛ ولی تفسیر تصویرهای ایجادشده از این روش با پیچیدگی همراه است. سهم هر مؤلفه در بازسازی اطلاعات طیفی هر کانی برابر است با مقدار ویژگی طیفی در دو باند (برای مثال در تصویر لندست ۷ کانی‌های رسی، باند ۵ و ۷ و اکسید آهن، باند ۳ و ۱) برای یک مؤلفه خاص، تقسیم بر وزن طیفی مؤلفه اصلی مورد نظر. از آنجایی که مؤلفه اصلی سوم و چهارم به ترتیب در باندهای ۳ و ۱ و باندهای ۵ و

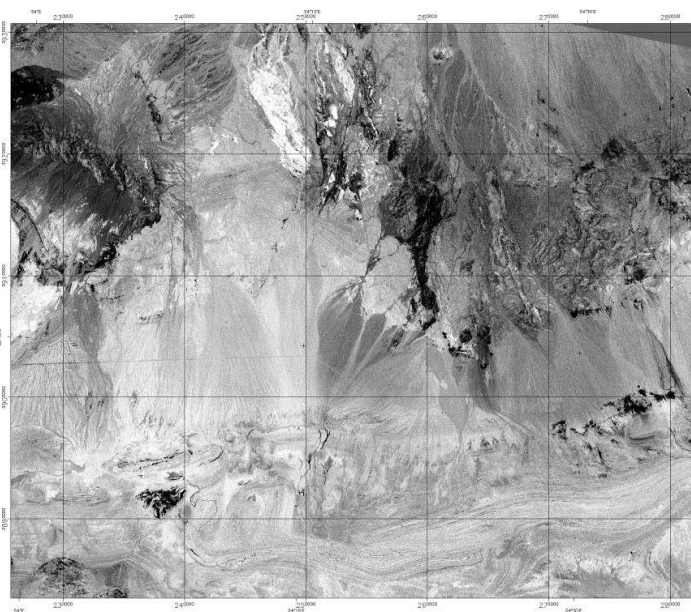
۷ دارای مقادیر هدف هستند، این مؤلفه ها به ترتیب به عنوان شاخص اصلی اکسید آهن و کانی رسی معرفی شده‌اند. (جدول ۳-۴)

جدول ۳-۴ نتایج بدست آمده از روش آنالیز مولفه اصلی با استفاده از ۶ باند سنجنده لندست ۷.

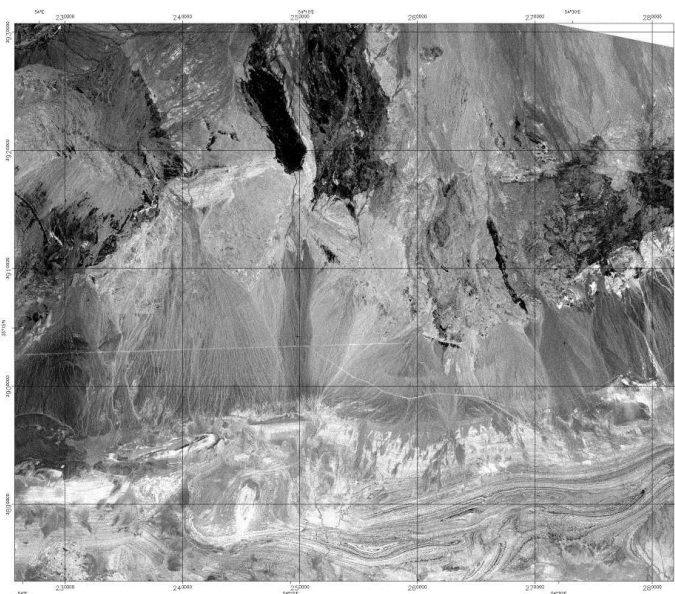
Eigenvector	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
PC 1	-0.174121	-0.273951	-0.4667	-0.355983	-0.536292	-0.512338
PC 2	-0.62051	-0.45915	-0.293902	-0.0993	0.335305	0.442131
PC 3	0.480704	0.232832	-0.569097	-0.460716	0.402218	0.129628
PC 4	0.160673	-0.00352	0.127809	-0.327115	-0.60753	0.694074
PC 5	-0.28273	0.1726	0.527428	-0.729125	0.210396	-0.19027
PC 6	0.497817	-0.7938	0.278254	-0.111929	0.157552	-0.08535

آنالیز مولفه‌های اصلی روی باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ سنجنده لندست ۷ انجام شد. نتایج در جدول ۳-۴ ذکر شده است. بنابراین PC3, PC4 برای آشکار ساختن گستره کانی‌های رسی و اکسید آهن مناسبند. با توجه به این نکته که در مؤلفه اصلی ۴، بارگذاری باندهای ۵ و ۷ به ترتیب ۰/۶- و ۰/۶۹+ است و با توجه به بارگذاری منفی هم‌خوان با باند انعکاسی، انتظار می‌رود که در تصویر به دست آمده مناطق دگرسان تیره باشند. برای نشان دادن مناطق دگرسان از وارون مؤلفه اصلی ۴ استفاده شده است. تصویر مؤلفه اصلی ۴ با استفاده از رابطه زیر به دست آمده است.

$$Pc4 = 0.160673 * B1 - 0.00352 * B2 + 0.127809 * B3 - 0.327115 * B4 - 0.60753 * B5 + 0.694074 * B7$$



شکل ۳-۱۲ PC4 پیکسل‌های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی‌های رسی هستند.



شکل ۳-۱۳ PC3 پیکسل‌های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی‌های اکسید آهن هستند.

چنان‌که این شکل نشان می‌دهد اثر پوشش گیاهی در این تصویر حذف شده است. مؤلفه اصلی ۳ دارای بارگذاری بالا برای باند ۳ ولی منفی و باند ۱ دارای بارگذاری بالا ولی مثبت است. با توجه به این‌که باند ۳ همخوان با گستره بازتاب و باند ۱ هم‌خوان با گستره جذب است، تصویر حاصل از این مؤلفه باید مناطق با اکسید آهن را با پیکسل‌های تیره نشان دهد. تصویر به دست آمده از روش

مؤلفه‌های اصلی مناطق دارای اکسید آهن را بهتر از روش نسبت‌های بانندی نشان داده است.

در روش کروستا با استفاده از باندهای ۱،۳،۴، ۵ برای نمایش مناطق دارای کانی‌های اکسید آهن و با استفاده از باندهای ۱،۴،۵،۷ برای نمایش مناطق دارای هیدروکسیل دار انجام شد. نتایج به دست آمده از برتری خاصی نسبت به روش قبلی برخوردار نیست. تصویر به دست آمده دارای اثر گسترده پوشش گیاهی است.

۲-۱۵-۳ استخراج دگرسانی‌ها سنجنده OLI

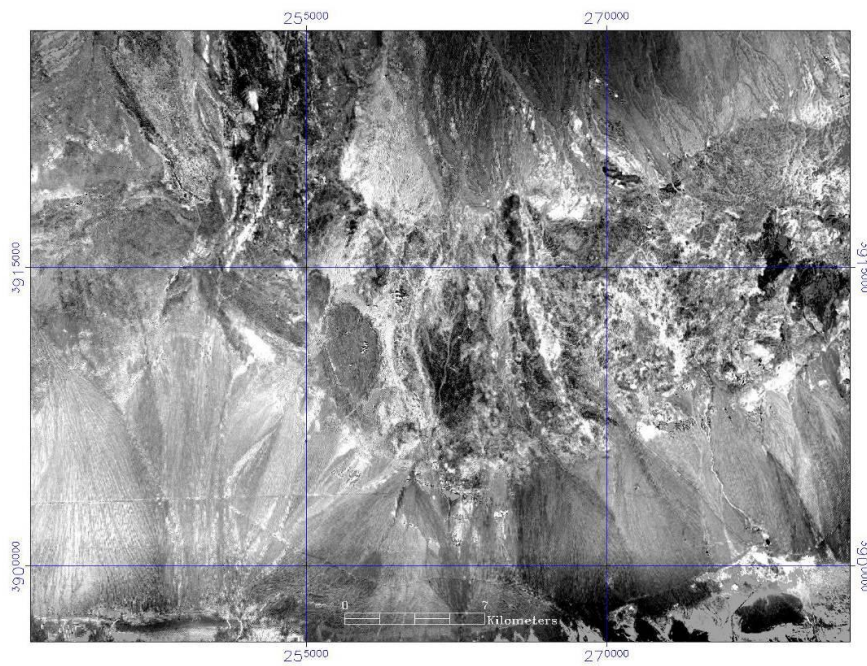
با شناخت خصوصیات بازتابی پدیده‌های مختلف و با استفاده از روش فوق می‌توان پدیده‌های مختلف را بارز ساخت. خواص بازتابی پدیده‌های مختلف از روی دیاگرام طیفی آن‌ها در کتب مرجع موجود و قابل بررسی هست و ما با توجه به خواص طیفی پدیده‌های موردنظر، می‌توانیم تصمیم به استفاده یا عدم استفاده از این روش بگیریم. طبق مطالعات (Gupta, 2003) کانی‌های اکسید آهن با طول موج ۰/۴ تا ۰/۸۵ میکرومتر و کانی‌های ALOH دار با طول موج ۲/۲۰ میکرومتر در نتیجه بیش‌ترین جذب را به ترتیب در باندهای ۲ و ۷ تصاویر لندست ۸ از خود نشان می‌دهند. با توجه به این‌که کانی‌اکسید آهن در باند ۲ ماهواره لندست ۸ جذب بالایی دارند و در باند ۴ بازتاب آن‌ها بالاست. برای شناسایی اکسید آهن از نسبت بانندی ۴/۲ استفاده شده است. کانی‌های رسی در باند ۷ لندست ۸ بیشترین جذب را دارند و در باند ۶ بیشترین بازتاب را دارند برای شناسایی آن‌ها از نسبت بانندی ۶/۷ استفاده شده است. به منظور استخراج دگرسانی‌ها از روش PCA استفاده شد نتایج در (جدول ۳-۵) ذکر شده است با توجه به نتایج بدست آمده PC4 برای نمایش کانی‌های رسی و PC5 برای نمایش کانی‌های اکسید آهن، انتخاب شد.

جدول ۳-۵ نتایج روش آنالیز مولفه‌های اصلی تصویر لندست ۸

Eigenvector	Band2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7
PC1	0.401199	0.416919	0.411888	0.406494	0.412274	0.400447
PC2	-0.54472	-0.339283	-0.248418	0.12744	0.517565	0.492282
PC3	0.319101	0.152133	-0.209941	-0.807458	0.161867	0.390852
PC4	0.163401	0.18252	-0.44914	0.055378	0.622878	-0.589251
PC5	0.637288	-0.601073	-0.339053	0.28281	-0.108588	0.160768
PC6	-0.087511	0.54159	-0.638652	0.288937	-0.369037	0.267343



شکل ۳- ۱۴ PC4 پیکسل‌های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی‌های رسی هستند.



شکل ۳- ۱۵ PC5 پیکسل‌های روشن حاوی بالاترین مقادیر احتمالی کانی‌های اکسید آهن هستند.

۳-۱۵-۳ استخراج دگرسانی‌ها از سنجنده استر

استفاده از لابراتوار طیف سنجی با ۳ طول موج VNIR, SWIR, TIR برای اکتشاف کانسارها بیش از یک دهه است که مورد استفاده قرار می‌گیرد. گروه‌های معدنی شامل AlOH (برای مثال کائولینیت، مسکویت)، MgOH (برای مثال کولوریت، اپیدوت و هورنبلوند)، و کربنات‌ها (برای مثال کلسیت و دولومیت) هر یک از این گروه‌ها با توجه به تفاوت‌های طیفی در طول موج SWIR قابل تشخیص هستند (Clark et al., 1990). همچنین اکسیدهای آهن شامل هماتیت و گوتیت دارای تغییرات طیفی مشخص در طول موج VNIR هستند. کوارتز نیز در طول موج TIR قابل تشخیص است (Sherman, 1985). با توجه به وضعیت انعکاس و جذب در هر یک از طول موج‌های ذکر شده نسبت‌های مختلفی معرفی شده است برای مثال (Beiranvand et al, 2011) نسبت‌های ذیل برای استخراج دگرسانی‌ها در نظر گرفته شده است.

$$\text{Stabilized Vegetation Index (StVI)} = \left[\frac{\text{band3}}{\text{band2}} \right] \left[\frac{\text{band1}}{\text{band2}} \right]$$

$$\text{OH bearing altered minerals Index (OHI)} = \left[\frac{\text{band7}}{\text{band6}} \right] \left[\frac{\text{band4}}{\text{band6}} \right]$$

$$\text{Kaolinite Index (KLI)} = \left[\frac{\text{band4}}{\text{band5}} \right] \left[\frac{\text{band8}}{\text{band6}} \right]$$

$$\text{Alunite Index (ALI)} = \left[\frac{\text{band7}}{\text{band5}} \right] \left[\frac{\text{band7}}{\text{band8}} \right]$$

$$\text{Calcite Index (CLI)} = \left[\frac{\text{band6}}{\text{band8}} \right] \left[\frac{\text{band9}}{\text{band8}} \right]$$

$$\text{Quartz Index (QI)} = \frac{(\text{band11} * \text{band11})}{\text{band10} * \text{band12}}$$

$$\text{Carbonate Index (CI)} = \frac{\text{band13}}{\text{band14}}$$

$$\text{Mafic Index (MI)} = \frac{\text{band12}}{\text{band13}}$$

همواره تنوع استفاده از تصویر استر در تشخیص انواع دگرسانی به خصوص دگرسانی‌های

رسی از دیگر تصاویر مشابه (لندست ۷ و ۸) بهتر است. و نکته قابل بررسی ضعف تصویر استر در تشخیص دگرسانی‌های اکسید آهن است که با استفاده از تصویر لندست ۷ و ۸ سعی شده این مورد اصلاح شود. (Hewson et al, 2006) یکی از مقالات جامع که در زمینه استفاده از تصویر استر در اکتشاف کانسار منگنز است. در این مقاله از ترکیب باندی (b9+b6/b8) برای جداسازی دگرسانی‌های MgOH و همچنین برای جداسازی مناطق دارای کوارتز از ترکیب باندی b13/b10 استفاده شده است.

۱-۳-۱۵-۳ آنالیز مولفه های اصلی روی ۹ باند سنجنده استر

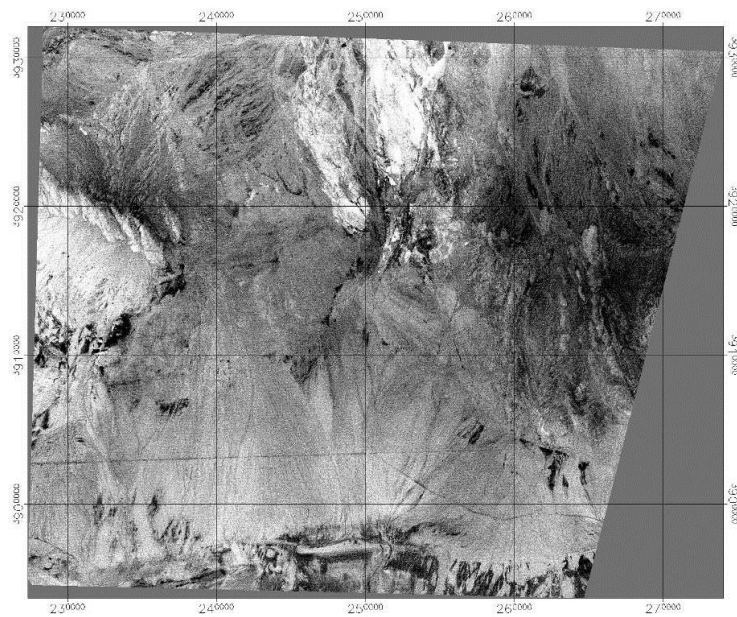
آنالیز مولفه‌های اصلی بر روی ۹ باند داده استر انجام شد و نتایج در (جدول ۳-۶) نمایش داده شده است. جهت بارزسازی دگرسانی فیلیک و آرژیلیک با توجه به طیف انعکاسی استاندارد کانی‌های شاخص این دگرسانی‌ها، که دارای تابش در باندهای ۴ و ۷ و در باند ۶ دارای جذب هستند. نسبت‌های باندی $4/6$ و $(4+7)/6$ نسبت‌های باندی مناسب برای آشکارسازی مناطق دارای دگرسانی فیلیک آرژیلیک است. با توجه به نتایج جدول بهترین مولفه PC6 برای نمایش دگرسانی‌های فیلیک آرژیلیک است. مناطق دارای دگرسانی در (شکل ۳-۱۷) با پیکسل‌های روشن نمایش داده شده است.

به همین ترتیب، طبق نمودار طیف انعکاسی استاندارد کانی‌های شاخص دگرسانی پروپیلیتیک، این کانی‌ها دارای تابش در باندهای ۶، ۷، ۹ و در باند ۸ بدلیل وجود پیوند Mg-OH دارای جذب هستند. بنابراین برای شناسایی مناطق دارای دگرسانی پروپیلیتیک از نسبت‌های باندی $9/8$ و $(6+9)/8$ است. با توجه به نتایج جدول بهترین مولفه PC5 برای نمایش دگرسانی پروپیلیتیک است. مناطق دارای دگرسانی در (شکل ۳-۱۶) با پیکسل‌های روشن نمایش داده شده است. با توجه به این که در باند ۲ گستره بازتاب و باند ۱ سنجنده استر اثر جذب کانی‌های اکسید آهن قرار دارد لذا PC8 که بیش‌ترین تغییرات بین دو باند را در (جدول ۳-۶) مشخص ساخته است به

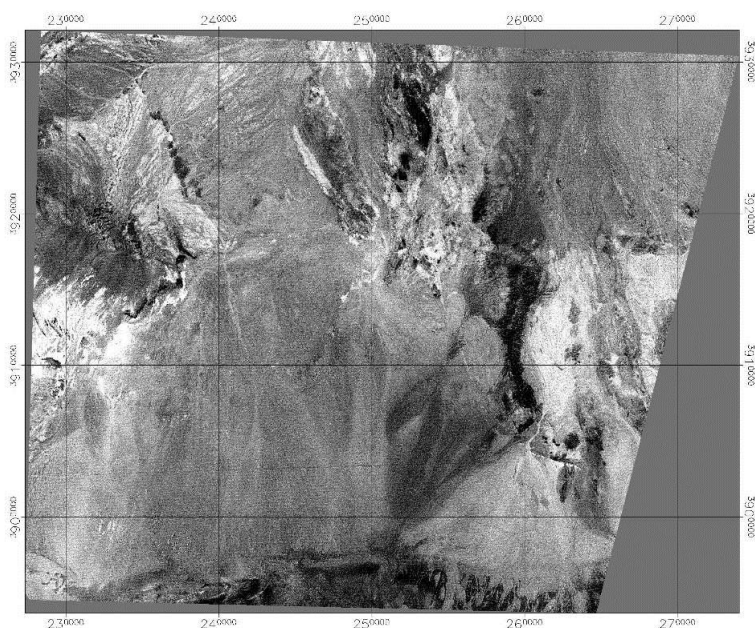
عنوان تفکیک کننده اکسید آهن در نظر گرفته شد. (شکل ۳-۱۸)

جدول ۳-۶ نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۹ باند سنجنده استر در محدوده مورد مطالعه.

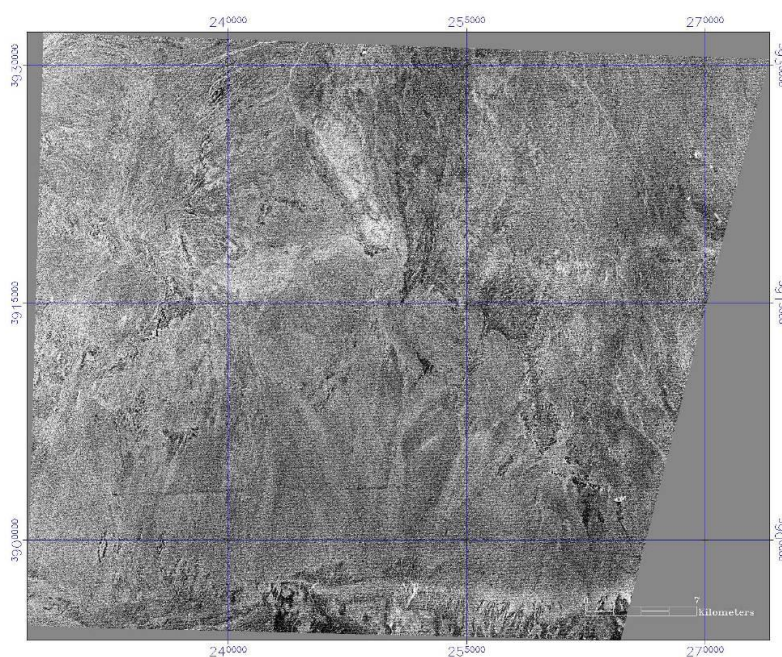
	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9
PC1	-0.2225	-0.2872	-0.3162	-0.4127	-0.3465	-0.3541	-0.3402	-0.3206	-0.3657
PC2	-0.1810	-0.4699	-0.6163	-0.0910	0.2186	0.2025	0.2806	0.4306	0.0729
PC3	0.7265	0.2721	-0.1687	-0.4748	-0.0056	0.0096	0.0476	0.2718	-0.2608
PC4	0.2784	-0.0877	-0.2898	0.5502	0.2371	0.2221	-0.0583	-0.3745	-0.5281
PC5	0.2875	-0.0398	-0.3084	-0.1464	0.1689	0.1222	-0.2576	-0.4845	0.6743
PC6	0.2738	-0.0152	-0.2791	0.5011	-0.4141	-0.5633	0.0275	0.2216	0.2391
PC7	0.1223	-0.1706	0.0522	-0.0425	-0.6543	0.4144	0.5218	-0.2787	0.0403
PC8	0.2613	-0.5206	0.3468	-0.1096	0.3456	-0.4494	0.4034	-0.2104	-0.0095
PC9	-0.2675	0.5595	-0.3343	-0.0829	0.1682	-0.2799	0.5456	-0.3030	-0.0245



شکل ۳-۱۶ PC5 سنجنده استر در منطقه مورد مطالعه (زون پروپلیتیک با پیکسل‌های روشن مشخص شده است)



شکل ۳-۱۷ PC6 سنجنده استر در منطقه مورد مطالعه (دگرسانی فیلیک آرژیلیک با پیکسل‌های روشن مشخص شده است).

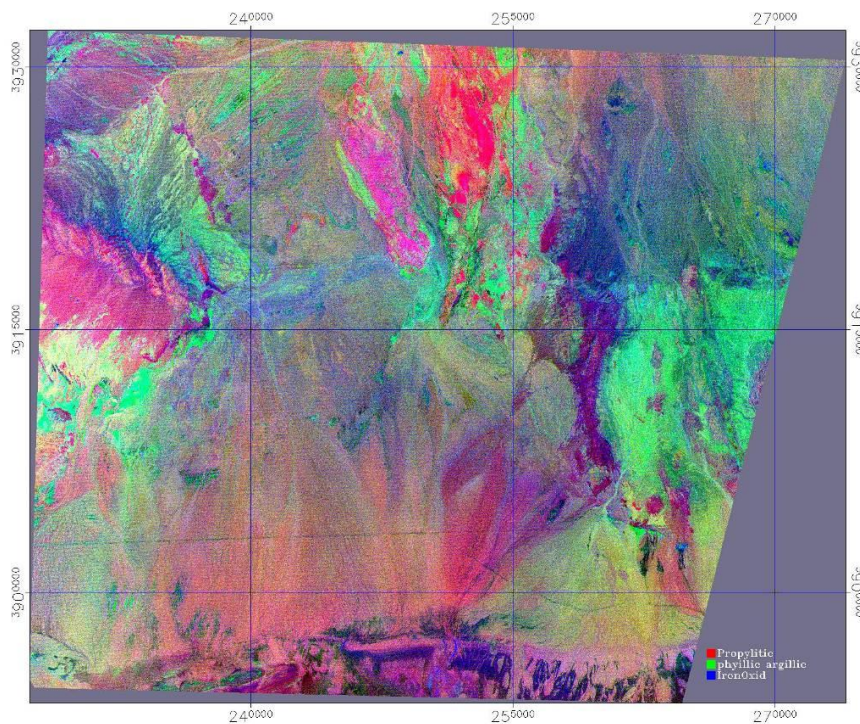


شکل ۳-۱۸ PC8 سنجنده استر در منطقه مورد مطالعه (پیکسل‌های روشن دگرسانی‌های اکسید آهن را مشخص کرده است).

در (شکل ۳-۱۹) ترکیب رنگی کاذب از سه PC5, PC6, PC8 به ترتیب رنگ RGB ساخته

شد که مطابق نقشه دگرسانی‌های پروپلتیک با رنگ قرمز، فیلیک و آرژیلیک با رنگ سبز و اکسید آهن

با رنگ آبی مشخص شده است.



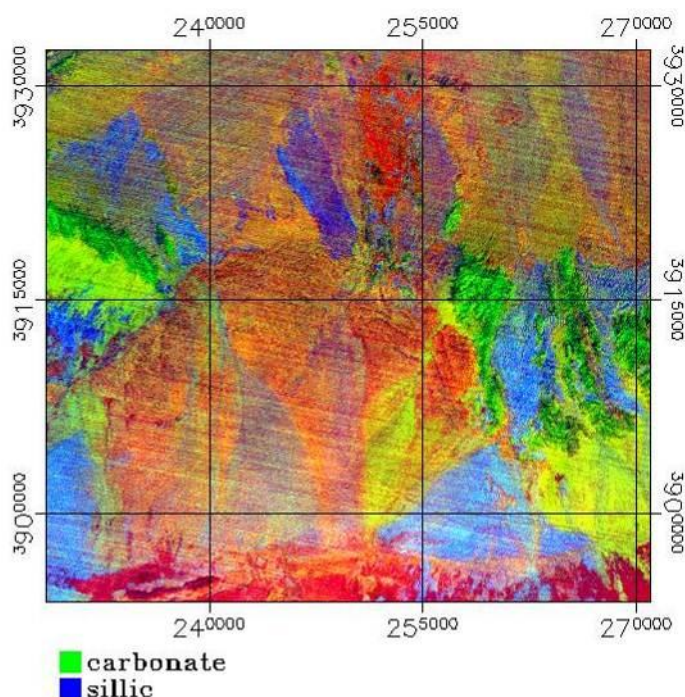
شکل ۳-۱۹ ترکیب رنگی (PC5,PC6,PC8) به ترتیب رنگ RGB از باندهای ۱ تا ۹ تصویر استر

به منظور استخراج دگرسانی‌های سیلیسی و کربناته که در اکتشاف مناطق پتانسیل دار برای منگنز از اهمیت برخوردار هستند، از اعمال روش PCA بر ۵ باند حرارتی استر استفاده شد (Hewson et al, 2006). و نتایج در (جدول ۳-۷) نمایش داده شده است. به این منظور جهت شناسایی دگرسانی سیلیسی و کوارتز از نسبت باندی ۱۲ / ۱۴ استفاده گردید. همچنین برای مناطق دارای دگرسانی کربناته از شاخص کربناته ۱۴ / ۱۳ بهره گرفته شد (Rajendran et al, 2011). بنابراین در تصویر رنگی حاصل از (PC1,-PC4,PC2) مناطق دارای دگرسانی‌های سیلیسی با رنگ آبی و همچنین مناطق کربناته با رنگ سبز مشخص شده است. (شکل ۳-۲۰).

جدول ۳-۷ نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی روی باندهای حرارتی سنجنده استر.

Eigenvector	Band 10	Band 11	Band 12	Band 13	Band14
PC1	-0.395996	-0.421729	-0.445691	-0.481242	-0.484868
PC2	-0.323245	-0.304936	-0.529205	0.47023	0.548956
PC3	0.729082	-0.059151	-0.470395	-0.401619	0.287003
PC4	-0.296714	-0.2104	0.421858	-0.570369	0.603662
PC5	0.345108	-0.825465	0.349379	0.246316	-0.129503

با توجه به نتایج حاصله از جدول (۳-۷) PC2 مناسب برای دگرسانی سیلیسی و کوارتزی و همچنین PC4 برای کربنات‌ها مناسب تشخیص داده شد. در ترکیب رنگی مناطق دارای دگرسانی سیلیسی به رنگ آبی و مناطق دارای کربنات‌ها دارای رنگ سبز در شکل قابل مشاهده هستند.



شکل ۳-۲۰ ترکیب رنگی کاذب (PC1, -PC4, PC2) به ترتیب رنگ RGB از باندهای ۱۰ تا ۱۴ (حرارتی) تصویر استر.

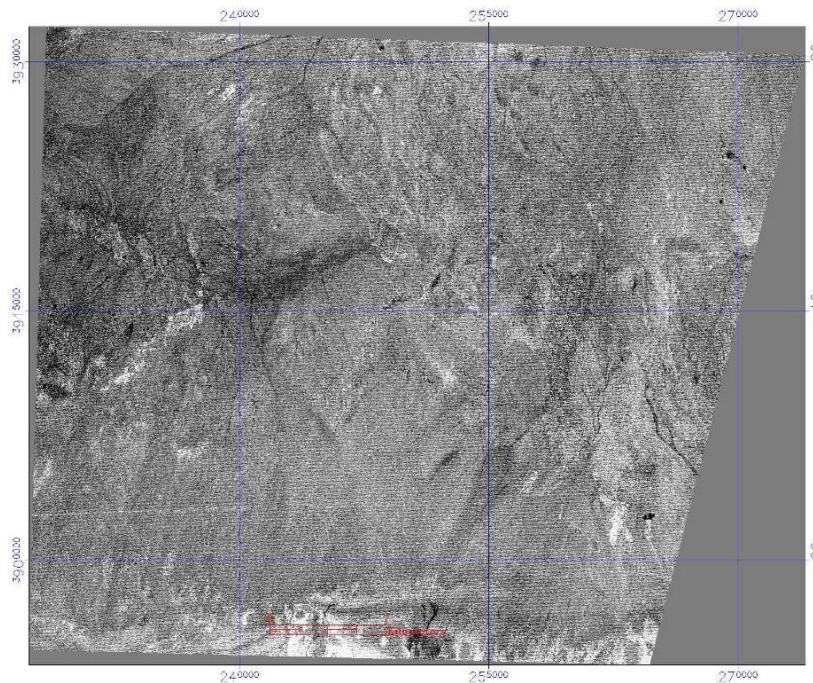
۳-۱۵-۳-۲ آنالیز مؤلفه انتخابی برای بارزسازی کانی‌های خاص

از روش کروسا نیز برای بارزسازی دگرسانی در منطقه استفاده شد. برای آشکارسازی دگرسانی‌های اکسید آهن در منطقه به دلیل بازتاب بالای کانی‌های این دگرسانی در باند ۲ و

کمترین میزان بازتاب در باند ۱، باندهای ۳، ۲، ۱ و ۴ انتخاب شدند که با توجه مقادیر بردار ویژه به دست آمده برای این باندها که در (جدول ۳-۸) آورده شده است بهترین مولفه PC4 می‌باشد. زیرا بیشترین مقدار اختلاف را مقادیر باند ۱ و ۲ در این مولفه دارند. (شکل ۳-۲۱)

جدول ۳-۸: نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی روی باندهای ۱، ۲، ۳ و ۴. تصویر استر

Eigenvector	Band 1	Band 2	Band 3	Band 4
PC1	-0.345538	-0.472701	-0.531586	-0.612025
PC2	-0.635736	-0.368206	-0.03913	0.677298
PC3	-0.575124	0.172118	0.68876	-0.406469
PC4	-0.381675	0.781891	-0.491421	0.038422

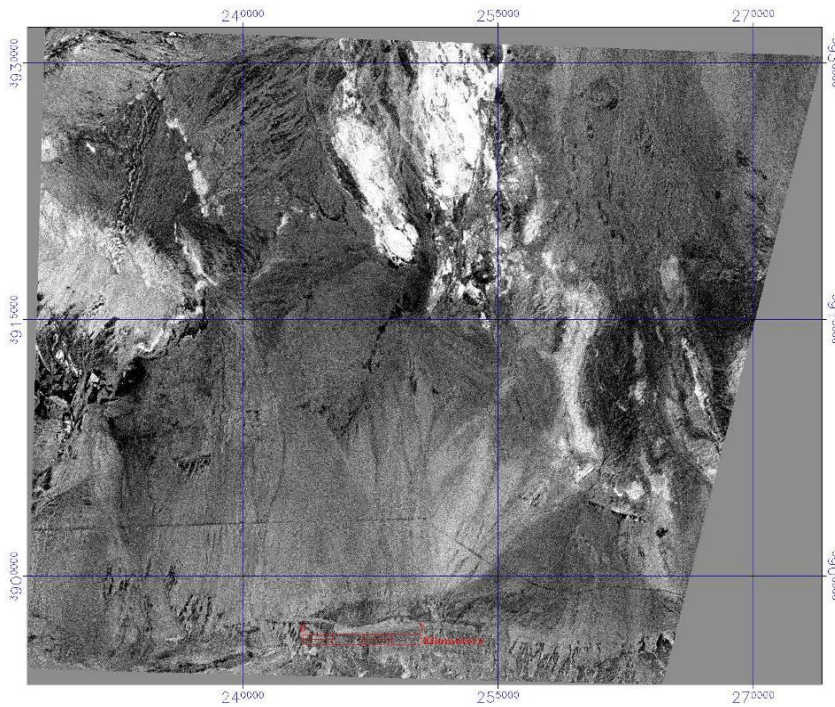


شکل ۳-۲۱: آشکارسازی اکسیدهای آهن با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی چهارم (PC4).

برای تهیه نقشه از دگرسانی پروپلئیک چهار باند ۱، ۴، ۵ و ۸ انتخاب شده که در بین مولفه‌ها PC4 با دارا بودن بیشترین اختلاف بین باند ۵ و ۸ برای تعیین مناطق پروپلئیک انتخاب شد (جدول ۳-۹) که با توجه به منفی بودن این اختلاف از معکوس این مولفه برای بارسازی استفاده شد. (شکل ۳-۲۲).

جدول ۳-۹ نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی روی باندهای ۴، ۵، ۸ و ۱. تصویر استر

Eigenvector	Band 1	Band 4	Band 5	Band 8
PC1	0.330591	0.611631	0.524391	0.491559
PC2	0.641044	-0.653438	-0.018953	0.402147
PC3	0.690954	0.289782	-0.174788	-0.638794
PC4	0.048538	0.339045	-0.833129	0.434268

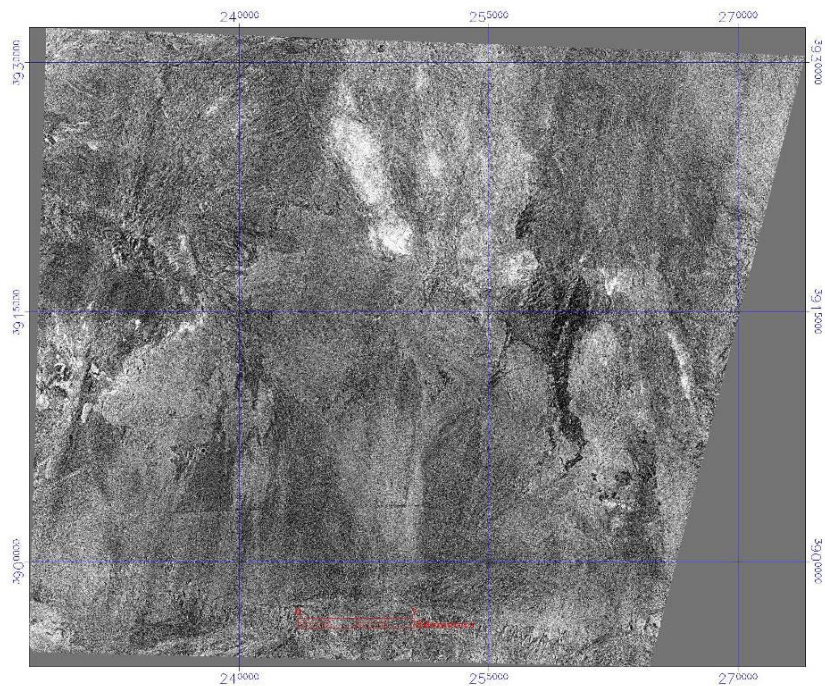


شکل ۳-۲۲ تصویر بدست آمده از PC4- مؤلفه اصلی انتخابی برای دگرسانی پروپلیتیک.

برای دگرسانی فیلیک باندهای ۴، ۵، ۶ و ۹ انتخاب شدند. نتایج حاصله از روش PCA در جدول (۳-۱۰) ذکر شده است. با توجه به مقادیر برای تعیین دگرسانی فیلیک نیز PC4 مناسب تشخیص داده شد. (شکل ۳-۲۳).

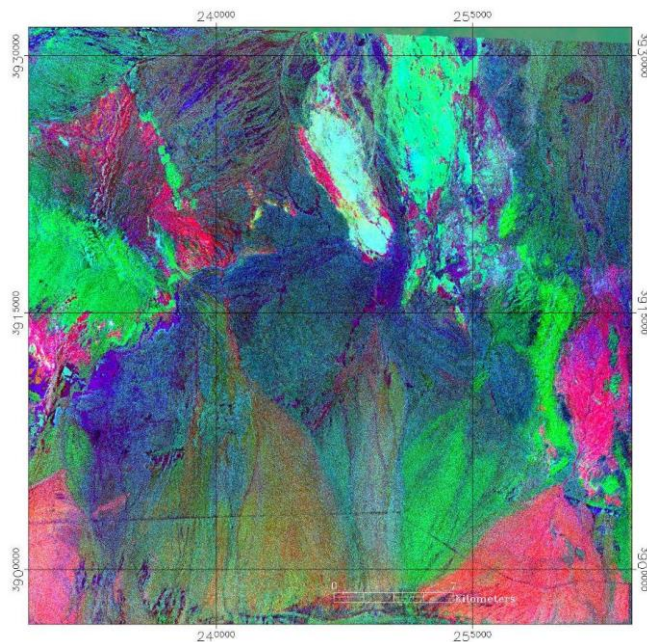
جدول ۳-۱۰ نتایج حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی روی باندهای ۴، ۵، ۶ و ۹ تصویر استر

Eigenvector	Band 4	Band 5	Band 6	Band 9
PC1	0.559145	0.467154	0.476149	0.492348
PC2	0.791904	-0.427046	-0.429278	-0.078994
PC3	-0.245431	-0.30497	-0.308876	0.866806
PC4	-0.002985	-0.711612	0.702566	-0.000862



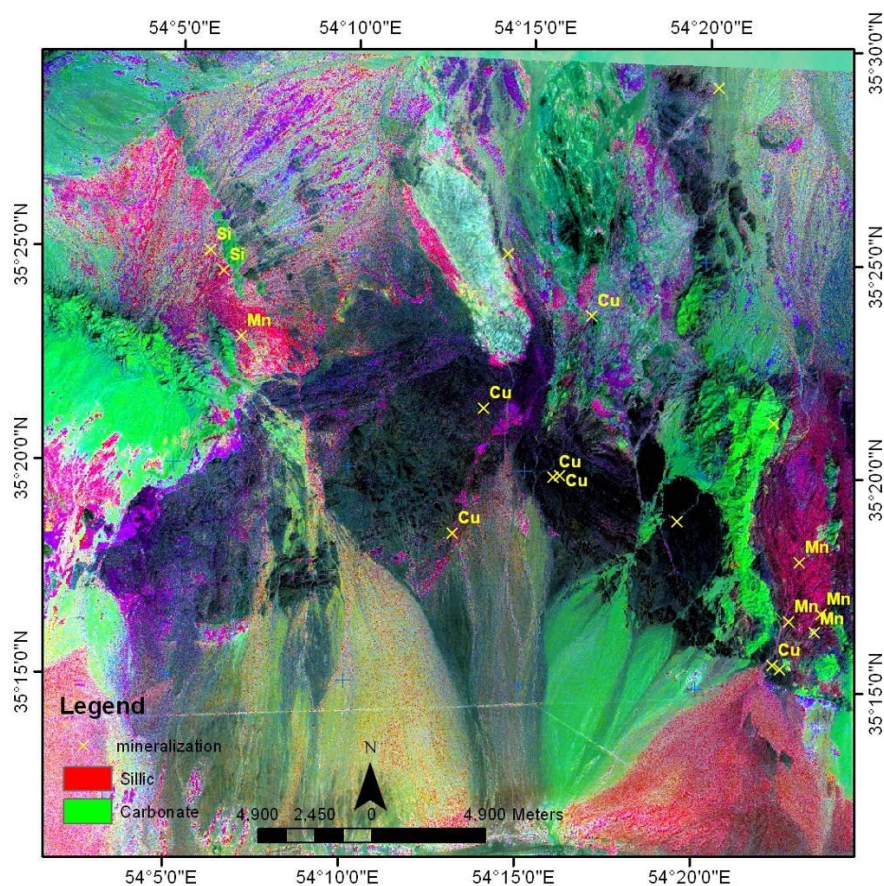
شکل ۳-۲۳ تصویر بدست آمده از PC4- برای بارزسازی دگرسانی فلیک

به منظور مشاهده دگرسانی‌ها در تصویر رنگی با استفاده از نتایج بدست آمده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی، ترکیب رنگی کاذب از باندهای (سیلیس، فلیک، پروپلتیک) تولید شد. (شکل ۳-۲۴) در این شکل مناطق با دگرسانی سیلیسی قرمز، مناطق با دگرسانی فلیک با رنگ سفید و پروپلتیک با رنگ فیروزه ای و مناطق کربناته دارای رنگ سبز هستند. (با توجه به نتایج مشاهده شده صحرائی).



شکل ۳-۲۴ ترکیب رنگی کاذب از باندهای (سیلیس، فلیک، پروپلتیک).

به منظور واضح ساختن تصویر (شکل ۳-۲۴) از تغییر فضای رنگی RGB به HSV در نرم افزار ENVI استفاده شد، در (شکل ۳-۲۵) دگرسانی‌های غالب در منطقه مورد مطالعه سیلیسی و کربناتی هستند. به منظور مقایسه و بررسی اولیه اندیس‌های معدنی موجود بر روی نقشه (شکل ۳-۲۵) برهم نهی شد. همان طور که مشاهده می شود تمامی اندیس‌های منگنز معرفی شده در مناطقی قرار دارند که دگرسانی سیلیسی بیشتر از دیگر دگرسانی‌ها پراکندگی دارد.



شکل ۳-۲۵ تغییر فضای رنگی شکل از RGB به HSV همان طور که در شکل مشاهده می شود مناطق جنوب شرقی نقشه به صورت آبرفتی از دگرسانی های بالادستی آلوده شده که جز مناطق با پتانسیل انتخاب نمی شود.

۱۶-۳- استخراج خطواره ها با استفاده از تصاویر ماهواره ای

گسل ها محل مناسبی برای نفوذ ماگما بوده و امکان تماس و انجام واکنش های شیمیایی محلول های گرمابی را با سنگ ها افزایش می دهند. بنابراین گسل ها به دلیل ارتباط قابل توجهی که می توانند با کانی زایی داشته و روند آن را تعیین و کنترل کنند، به عنوان یکی از مهم ترین موضوعات در مطالعات زمین شناسی مناطق مختلف در نظر گرفته می شوند. برای استخراج خطواره ها از ابزار فیلتر استفاده شد. سپس با توجه به هدف تحقیق استخراج خطواره ها و براساس تحقیقات مشابه و نتایج تحقیقات انجام شده، تکنیک های بارزسازی خطواره ها مورد استفاده قرار گرفت و نتیجه آن با گسل های موجود در نقشه زمین شناسی مقایسه شد. برای اعمال یک فیلتر روی یک تصویر، یک جعبه فیلتر یا پنجره فیلتر در نظر گرفته می شود و برای تعیین درجه ی روشنایی جدید پیکسل ها، این جعبه

فیلتر بر روی تمام تصویر حرکت می‌کند و تصویر جدید را به وجود می‌آورد. یک پنجره فیلتر، ماتریسی است که شامل مجموعه‌ای از ضرایب (وزن‌ها) است. مقدار هر پیکسل در تصویر خروجی با قراردادن پنجره روی پیکسل متناظر در تصویر ورودی و ضرب کردن مقادیر تمام پیکسل‌های زیر پنجره در وزن متناسب و حاصل جمع آن‌ها به دست می‌آید. این پنجره فیلتر می‌تواند در اندازه‌های 3×3 ، 5×5 ، 7×7 و غیره باشد (علوی پناه، ۱۳۸۵).

۱-۱۶-۳- فیلترهای پایین‌گذر^۱

با استفاده از فیلتر پایین‌گذر، دامنه‌ی طیفی تصویر کاهش می‌یابد و شکلی با جزئیات تقریباً یکنواخت حاصل می‌شود. فیلترهای پایین‌گذر برای حذف نویز که سبب بوجود آمدن پدیده‌های ساختگی ناخواسته در تصویر می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند (علوی پناه، ۱۳۸۵).

۲-۱۶-۳- فیلترهای بالاگذر^۲

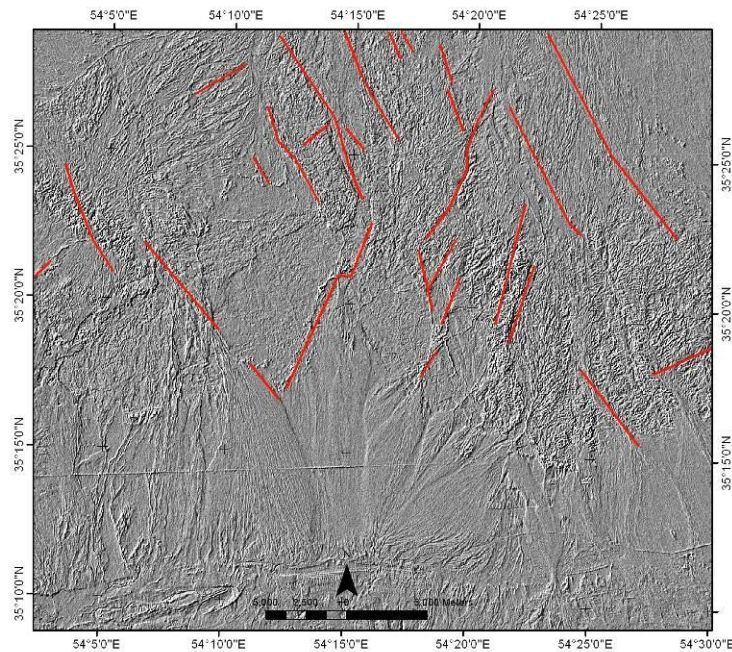
چنانچه تصویر حاصل از فیلتر پایین‌گذر را از تصویر اصلی کم کنیم، تصویر حاصل از فیلتر بالاگذر بدست می‌آید. در چنین تصویری پدیده‌های دارای درجه روشنایی بالا، جزئیات بیشتر و دقیق‌تری را نشان می‌دهد. از چنین خاصیتی در مطالعه عوارض خطی و مرزها و همچنین برای واضح‌سازی لبه‌های بین مناطق مختلف و واضح‌تر کردن تصاویر استفاده کرد (علوی پناه، ۱۳۸۵).

۳-۱۶-۳- فیلتر جهتی^۳

فیلتر جهتی مشتق مرتبه‌ی اول فیلتر آشکارساز لبه است که بطور انتخابی عوارض تصویر را که دارای اجزای جهتی خاص (گرادیان‌ها) هستند را آشکار می‌کند. مجموع عضوهای ماتریس فیلتر

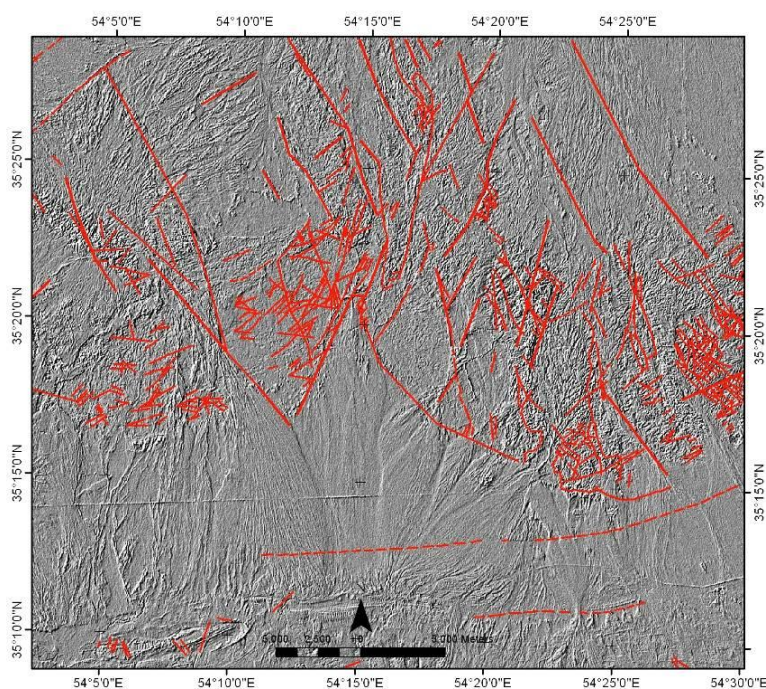
Low pass filters^۱
High pass filters^۲
Directional filter^۳

جهتی (کرنل) صفر است. در نتیجه مناطق با مقادیر پیکسل‌های یکسان در تصویر خروجی به صورت صفر نشان داده می‌شوند و پیکسل‌های یکسان در تصویر خروجی به صورت صفر نشان داده می‌شوند و پیکسل‌هایی که متغیر هستند به صورت لبه‌های روشن ظاهر می‌شوند (علوی پناه، ۱۳۸۵) در شکل ۲۶-۳، می‌توان خطواره‌های استحصال‌شده از داده‌ی لندست، را که توسط فیلتر جهتی تحت زاویه ۱۲۰ درجه بدست آمده مشاهده نمود.



شکل ۳-۲۶: خطواره‌های استحصال‌شده از داده‌ی لندست.

به منظور مقایسه گسل‌های زمین‌شناسی و خطواره‌های زمین‌شناسی در شکل ۳-۲۷ این لایه‌ها برهم نهی شده است.



شکل ۳-۲۷ گسل‌های زمین‌شناسی و خطواره‌ها با خطوط قرمز مشخص شده است.

۳-۱۷ نتیجه گیری

در این فصل با استفاده از تصاویر سه سنجنده OLI, ETM+ و ASTER و پردازش آن‌ها در نرم افزار ENVI به تفکیک واحدهای سنگی و بارزسازی مناطق دگرسان شده و گسل‌ها پرداخته شد. برای این منظور از روش‌های نسبت بانندی، آنالیز مولفه اصلی و کروستا استفاده شد. به طور کلی نتایج حاصل از تصاویر ASTER اطلاعات کامل‌تری نسبت به تصاویر ETM برای تفکیک نوع و دگرسانی‌های رسی و سیلیسی در اختیار قرار می‌دهد. ولی در جداسازی دگرسانی‌های اکسید آهن ضعیف عمل کرده و نتایج تصاویر لندست ۸ در این زمینه موفق‌تر عمل کرد. وجود دگرسانی‌ها در امتداد گسل‌ها می‌تواند نشان دهنده‌ی تاثیر ساختارهای گسلی در انتقال محلول‌های گرمابی دارای فازهای کانی‌سازی در منطقه مورد مطالعه باشد. به همین منظور تمامی خطواره‌ها با فیلتر مناسب از تصاویر در اختیار سازی و با نتایج گسل‌های زمین‌شناسی مقایسه و موارد تکراری حذف شد. با توجه به نتایج مشاهده شده صحرایی و نتایج تصاویر ماهواره ای دو نوع دگرسانی سیلیسی و کربناتی از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده که در تهیه نقشه پتانسیل مورد استفاده قرار گرفته اند.

فصل چہارم

ژئوشیمی

۴-۱ مقدمه

عمده زمینه‌های تحقیقاتی در ژئوشیمی اکتشافی شامل بررسی هاله‌های لیتوژئوشیمیایی (اولیه و ثانویه)، هاله‌های هیدروژئوشیمیایی، اتموژئوشیمیایی، بیوژئوشیمیایی و ژئوبوتانی است که با توجه به این که منطقه رشم جزء مناطق خشک به حساب می‌آید و مراحل شناسایی و اکتشافات مقدماتی در مناطق خشک به دلیل شرایط ویژه و محدود بودن روش‌های قابل استفاده در این محیط‌ها نسبت به محیط‌های مرطوب، دچار مشکلاتی از جمله، کمبود پوشش گیاهی جهت استفاده از روش بیوژئوشیمیایی و کمبود منابع آبی جهت استفاده از روش هیدروژئوشیمیایی و یا در نمونه‌برداری از رسوبات آبراه‌های به دلیل تأثیرات سیلاب با اندازه‌های مختلف ذرات و در نتیجه مواجه شدن با توزیع غیریکنواخت عناصر، مطالعات صورت گرفته در این پژوهش، مطالعات لیتوژئوشیمیایی و رسوبات آبراه‌های در محدوده است. هدف از اکتشافات ژئوشیمیایی، شناخت مناطق آنومالی ژئوشیمیایی با استفاده از عناصر ردیاب و معرف، به دست آوردن روابط پاراژنری بین عناصر با استفاده از تحلیل همبستگی و تعیین نوع کانی‌سازی احتمالی، معرفی زون‌های کانی‌سازی و مناطق دارای پتانسیل است. اکتشافات ژئوشیمیایی نقش مهمی در یافتن مناطق امید بخش در مراحل پیجویی کانسار ایفا می‌کنند و از مهم‌ترین لایه‌های اطلاعاتی در اکتشاف ذخایر معدنی به شمار می‌روند.

۴-۲ پردازش اولیه داده‌های ژئوشیمیایی

از اولین مراحل پردازش داده‌های ژئوشیمی، جایگزینی مقادیر سنسورد^۱ است. داده‌های سنسورد به داده‌هایی اطلاق می‌شود که در بین آن‌ها به علت بالا بودن حد حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری تعدادی داده به صورت مقادیر کوچک‌تر از حد حساسیت دستگاه یافت می‌شود. وجود چنین اعدادی در بین داده‌ها بررسی‌های آماری را دچار اختلال می‌کند (حسنی پاک، ۱۳۸۱). در صورتی که داده‌های سنسورد تخمین زده شوند و جایگزین گردند مقدار زمینه و شدت آنومالی‌ها دقیق‌تر محاسبه خواهد

^۱Sensord.

شد. این تخمین با استفاده از روش‌های جایگزینی ساده، روش ترسیمی و روش بیشترین درست نمایی کوهن انجام می‌گیرد. در این قسمت از روش جایگزینی ساده به منظور شناسایی مقادیر سنسورد استفاده شده است.

۳-۴ بررسی‌های آماری تک متغیره

اولین گام در شناخت خصوصیات داده‌های اکتشافی محاسبه پارامترهای آماری داده‌ها نظیر، میانگین، انحراف معیار، واریانس، چولگی^۱ و کشیدگی^۲ است. بررسی ویژگی‌های توزیع عناصر با بهره‌گیری از پارامترهای ساده آماری تک متغیره^۳ و ترسیم هیستوگرام^۴ فراوانی عناصر با رسم منحنی نرمال صورت می‌گیرد. در این مرحله با توجه به تعیین ماهیت نرمال یا غیر نرمال هر عنصر، پارامترهای آماری دقیق‌تری برای عناصر به دست می‌آید. در این پروژه پارامترهای آماری تک متغیره برای ۲۸ عنصر توسط نرم افزار GeoSoft برای دو گروه داده‌های خام و داده‌های نرمال شده محاسبه شد. جدول پارامترهای آماری ۴-۱ خصوصیتی از جمله ماکزیمم، مینیمم، واریانس، میانه، میانگین، خطای استاندارد میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ضریب تغییرات (CV%) را دربردارد. به منظور مقایسه درجه تغییر پذیری دو متغیر نسبت به هم انحراف معیار پارامتر مناسبی نیست، به همین سبب از ضریب تغییرات، که حاصل تقسیم انحراف معیار به میانگین می‌باشد، استفاده می‌شود. این پارامتر معیاری از تغییرپذیری نسبی بوده و امکان مقایسه تغییرات در تمامی عناصر را فراهم می‌نماید.

روش دیگر به منظور بررسی نرمال بودن یا غیر نرمال بودن جوامع آماری، بررسی چولگی و کشیدگی است.

^۱.Skewness
^۲.Kurtosis
^۳.Univariate
^۴.Histogram

۴-۴ پارامترهای آماری داده‌های خام

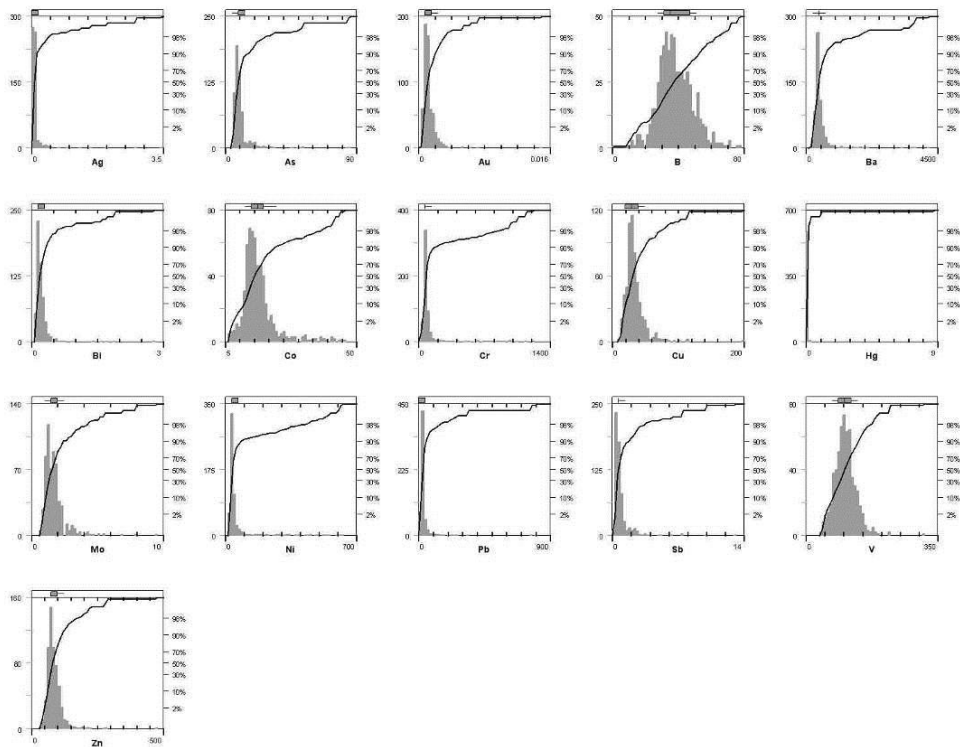
قبل از پردازش داده‌ها، به منظور شناخت ماهیت تابع توزیع مربوط به تک‌تک عناصر پارامترهای آماری داده‌های خام محاسبه می‌گردد. به این منظور، پارامترهای آماری نظیر، میانگین، میانه، انحراف معیار، واریانس، چولگی، کشیدگی و مقادیر مینیمم و ماکزیمم داده‌ها محاسبه گردیده است (جدول ۴-۱). با توجه به مقادیر به دست آمده مشخص است که بسیاری از عناصر دارای چولگی مثبت بوده و توزیعی به صورت غیر نرمال دارند. مقادیر چولگی و کشیدگی به دست آمده برای عناصر Nb ، B ، Li ، Rb و V نشان‌دهنده‌ی آن است که مقادیر نرمال و یا نزدیک به نرمال هستند.

جدول ۴-۱: پارامترهای آماری داده‌های خام عناصر شاخص (مقادیر بر حسب ppm)

Channel	Min	Max	Range	Mean	StdDev	Var	Sum	SumSq	GeoMean	Median	Mode	StdErr	Skewness	Kurtosis
Ag	0.028	3.439	3.411	0.1091263	0.225083	0.0506622	64.821	37.116371	0.07836051	0.07	0.07	0.009235255	10.2086	123.622
As	4.3	85.4	81.1	10.389394	6.94122	48.1805	6171.3	92687.13	9.43426743	8.8	8	0.284801736	6.11978	51.3233
Au	0.0003	0.0149	0.0146	0.0012133	0.000885	7.8274E-07	0.7207	0.00133859	0.00107023	0.001	0.001	3.63007E-05	7.72173	101.063
B	1.31	77.421	76.111	38.368175	10.6479	113.379	22790.696	941671.009	36.7120873	37.1705	36	0.436890496	0.371288	0.80159
Ba	177.59	4161	3983.41	500.7921	368.661	135911	297470.51	229566159	451.740487	423.825	384.17	15.12635276	6.30283	48.3604
Be	0.74	2.47	1.73	1.6500505	0.271268	0.0735863	980.13	1660.9007	1.62606291	1.67	1.66	0.011130262	-0.281982	0.33371
Bi	0.08	2.8	2.72	0.2176094	0.188718	0.0356145	129.26	49.2476	0.18979327	0.18	0.14	0.007743196	7.76318	81.7424
Co	6.01	46.34	40.33	16.397929	5.87912	34.5641	9740.37	180218.384	15.5811422	15.18	12.73	0.241223232	2.13933	6.20756
Cr	20.122	1216.9	1196.78	119.78601	165.489	27386.5	71152.89	24763306.1	86.9423671	73.44	51.645	6.790080464	4.16747	17.816
Cs	1.808	13.624	11.816	5.0336886	1.54938	2.40059	2990.011	16474.3359	4.82012033	4.806	4.307	0.063572027	1.19844	2.50903
Cu	10.71	198.33	187.62	33.340875	14.7943	218.872	19804.48	790089.559	31.0440839	30.57	25.88	0.607017879	3.69495	29.2402
F	219	887	668	442.05556	91.9385	8452.69	262581	121087833	432.686058	434	398	3.772282089	0.644796	1.52201
Hg	0.01	8.8	8.79	0.0409343	0.363158	0.131883	24.315	79.202175	0.02050333	0.018	0.013	0.014900534	23.6551	566.813
Li	14.75	67.53	52.78	32.94032	8.93703	79.8705	19566.55	691891.598	31.8334884	31.23	24.84	0.366690678	0.959414	0.77253
Mo	0.64	9.6	8.96	1.7260774	0.811908	0.659195	1025.29	2160.6325	1.6085095	1.5	1.4	0.033312996	3.85826	24.3036
Nb	5.342	30.126	24.784	13.19316	2.66726	7.1143	7836.737	107610.102	12.9200258	13.2115	13.713	0.109439159	0.661142	4.46537
Ni	16.53	627.72	611.19	61.49266	84.958	7217.86	36526.64	6526313.59	44.5060602	37.295	37.47	3.485869498	4.20597	18.6733
P	0.0394	0.2057	0.1663	0.0953641	0.030641	0.00093889	56.6463	5.95878429	0.09071539	0.09175	0.0779	0.001257225	0.858807	0.92536
Pb	8.861	804.607	795.746	33.870734	53.9589	2911.56	20119.216	2408009.98	26.5528777	22.9745	18.019	2.213960853	10.2552	129.355
Rb	20.426	108.771	88.345	57.304865	13.1073	171.8	34039.09	2052482.93	55.7420514	56.9385	45.621	0.537797153	0.260964	0.66945
Sb	0.21	13.1	12.89	0.9067003	1.02415	1.04888	538.58	1110.3142	0.71101881	0.62	0.46	0.042021241	6.11613	52.4081
Sn	0.5	2.473	1.973	1.3673232	0.313503	0.0982843	812.19	1168.80882	1.32839944	1.36	1.4	0.012863192	0.094708	0.6435
Sr	166.77	2706	2539.23	385.81451	173.938	30254.3	229173.82	106359362	361.058356	359.985	313.38	7.136742876	5.12949	55.0816
Th	5.009	18.007	12.998	10.441488	1.86023	3.46045	6202.244	66812.7071	10.2708345	10.4065	9.542	0.076326147	0.165765	0.64572
U	1.019	5.33	4.311	2.0830539	0.472694	0.22344	1237.334	2709.93331	2.03313178	2.051	2.14	0.019394887	1.25306	5.22098
V	40.73	308.34	267.61	104.22278	28.2495	798.036	61908.33	6925493.74	100.502745	102.115	97.36	1.159092634	1.04004	4.96071
W	0.45	2.7	2.25	0.9956397	0.295643	0.0874047	591.41	640.6623	0.9575776	0.93	1.1	0.012130376	1.3589	2.74462
Zn	36.63	471.01	434.38	86.551162	31.748	1007.93	51411.39	5047420.01	82.7339926	80.05	57.38	1.302634839	4.60153	41.2676

۴-۵ بررسی توزیع داده‌ها

پس از محاسبه پارامترهای آماری داده‌ها، در جهت شناسایی ترتیب قرارگیری داده‌ها در کنار هم و بررسی توابع توزیع، هیستوگرام داده‌ها ترسیم شد (شکل ۴-۱). بر طبق نتایج به‌دست‌آمده از این نمودارها و بررسی آزمون‌های آماری مختلف از جمله، آزمون کلوموگروف-اسمیرنوف^۱ و آزمون کای‌دو^۲، نشان داد که برخی از عناصر مثل B دارای تابع توزیع نرمال و برخی از عناصر مثل Cu دارای تابع توزیع غیر نرمال هستند. بعضی از عناصر نیز نزدیک به توزیع نرمال با مقدار کمی چولگی و یا کشیدگی در نمودار هیستوگرام خود بودند. در شکل‌های زیر نمودارهای هیستوگرام و همچنین انحراف از خط نرمال برای برخی از عناصر نشان داده شده است.



شکل ۴-۱: نمودار هیستوگرام داده‌های خام برخی از عناصر

^۱ Kolmogorov-Smirnov Test

^۲ χ^2 Test

۴-۶ تفسیر بررسی‌های آماری تک متغیره

با توجه به مقادیر پارامترهای آماری داده‌های خام، نمودار هیستوگرام و بررسی آزمون‌های آماری مربوط به نرمال بودن داده‌ها نتایج به دست آمده به شرح زیر بیان می‌گردد.

• عناصر B, Be, Cs, F, Li, Nb, P, Rb, Sn دارای ماهیت تقریباً نرمال بوده و ناهنجاری‌های

مهمی از آن‌ها در این محدوده دیده نمی‌شود. اغلب این عناصر در ترکیب کانی‌های

سنگ‌ساز منطقه مشارکت دارند.

• برخی از عناصر Cu, Mo, Co, Cr, Ni, Pb, Zn, Sb, As دارای پراکندگی غیر نرمال بوده و

در برخی از آن‌ها مقادیر غیرعادی مشاهده می‌گردد. این مقادیر با توجه به خصلت

کانه‌زایی موجود در منطقه می‌توانند به عنوان آنومالی‌های منشأ کانه‌زایی تلقی شوند.

• دیگر عناصر نیز دارای ماهیت لاگ نرمال می‌باشند که در هر کدام مقادیر چولگی، کشیدگی و

یا فراوانی بالای مربوط به یکی از داده‌های کلاسه‌بندی شده باعث انحراف از نرمال عنصر

گردیده است.

۴-۷ نرمال سازی داده‌ها

لازمه استفاده از برخی روش‌های آماری مانند ضریب همبستگی پیرسون، نرمال بودن تابع توزیع

متغیرهای مورد مطالعه است. به دلیل ماهیت لاگ نرمال غالب عناصر در داده‌ها، اقدام به نرمال سازی

داده‌های منطقه گردید. مهم‌ترین روش‌های نرمال کردن توابع توزیع عبارت‌اند از: تبدیل لگاریتمی سه

پارامتری، تبدیل کاکس و باکس، استفاده از نمودار احتمال لگاریتمی و استفاده از نمودار فینی

می‌باشند که در این پژوهش جهت نرمال سازی داده‌ها از روش تبدیل لگاریتمی سه پارامتری و تبدیل

کاکس و باکس استفاده شده است.

با توجه به پارامترهای آماری هر متغیر می‌توان نتیجه گرفت که مقدار چولگی و کشیدگی متغیرها

در مقایسه با مقادیر متناظر داده‌های خام تا چه اندازه کاهش یافته و منحنی توزیع تجمعی آن‌ها

به صورت یک خط راست است که مبین توزیع نرمال می باشد. (Reiman and et.al, 2008). بر اساس نتایج به دست آمده از نرمال سازی داده ها و انجام دوباره آزمون های نرمال بودن عناصر، مشاهده گردید که عملیات نرمال سازی تا حدود زیادی موفق عمل کرده و تقریباً همه عناصر به روش لگاریتمی، تبدیل به تابع نرمال شده اند و برای دیگر بررسی های آماری مناسب می باشند.

۸-۴ بررسی های آماری دومتغیره

رفتار برخی از عناصر تحت شرایط حاکم بر محیط، نسبت به یکدیگر وابستگی و ارتباط متقابل نشان می دهند. شناخت ارتباط و وابستگی های ژنتیکی که میان دو یا چند عنصر وجود دارد، می تواند در تفسیر دقیق تر شرایط موجود در محیط های ژئوشیمیایی بکار گرفته شود. از ابزارهای مفید در بررسی تغییرات هم زمان چند عنصر، رسم نمودارهای پراکندگی و محاسبه ضرایب همبستگی است (گریگوریان، ۱۹۷۵). در این بخش به منظور بررسی همبستگی عناصر با یکدیگر از ضریب همبستگی پیرسون و اسپیرمن استفاده شده است. ضریب همبستگی پیرسون برای داده های با توزیع نرمال به کار می رود و مقادیر این ضریب بین (۱ و -۱) قرار می گیرد. مقدار ۱ برای ضریب همبستگی کاملاً خطی همسو و مقدار -۱ برای همبستگی کاملاً خطی غیرهمسو بیان می شود. مقدار ضریب همبستگی پیرسون^۱ از رابطه زیر به دست می آید. (Reiman and et.al, 2008).

$$r_{xy} = \frac{Cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4-1)$$

مقادیر σ_x, σ_y ، انحراف معیار متغیرهای X و Y هستند.

اگر توزیع داده ها نرمال نباشد، برای محاسبه ضریب همبستگی می توان از روش های نا پارامتری استفاده کرد. این روش ها نسبت به توزیع داده ها حساس نمی باشند. یکی از روش های نا پارامتری محاسبه ضریب همبستگی، ضریب همبستگی رتبه ای اسپیرمن^۲ است که مقدار آن از رابطه زیر

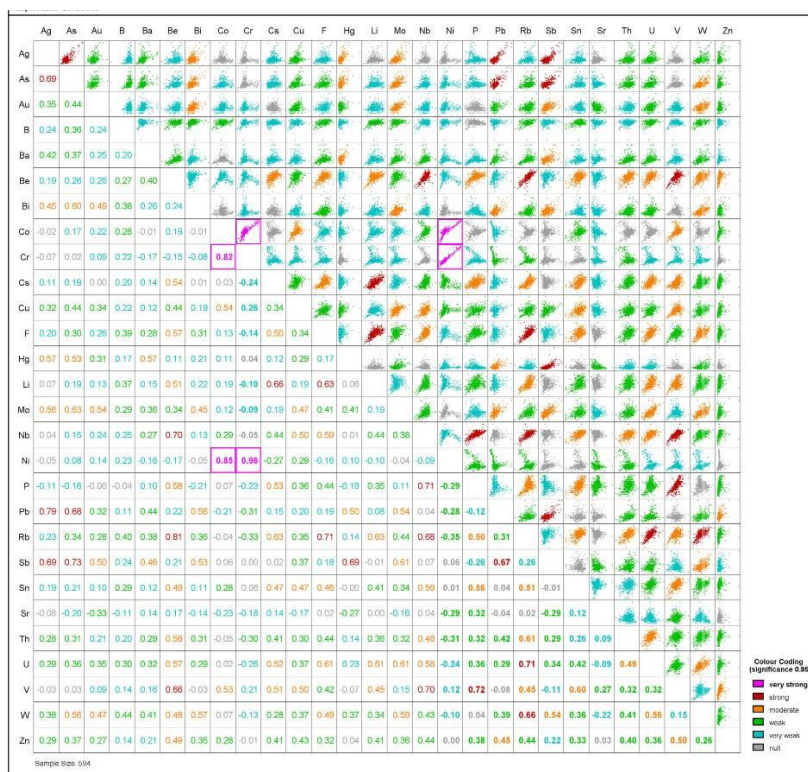
^۱.Pearson
^۲.Spearman

قابل محاسبه است.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum (\Delta^2)}{n(n^2 - 1)} \quad (4-2)$$

که در آن $\sum (\Delta^2)$: جمع مربعات تفاضل شماره دو رتبه در دو سری داده به هم وابسته و n ، تعداد مشاهدات وابسته به یکدیگر است. با توجه به این که عناصر تبدیل به تابع توزیع نرمال شدند، در این مطالعات از روش همبستگی پیرسون استفاده شده است. مقادیر ضریب همبستگی پیرسون در جدول (۴-۲) نشان داده شده است. (Reiman and et.al, 2008).

جدول ۴-۲: مقادیر ضریب همبستگی عناصر نرمال شده و توزیع پراکندگی عناصر.



با توجه به مقادیر ضریب همبستگی به دست آمده برای عناصر، مقادیر ضریب همبستگی تفاوت معنی داری نسبت به دو روش مورد استفاده نشان نمی دهد. البته روش پیرسون به مراتب همبستگی قوی تری از عناصر را نسبت به روش اسپیرمن نشان می دهد. این مشخصه موفقیت آمیز بودن عملیات نرمال سازی بر روی داده ها را نشان می دهد.

مقایسه ضرایب همبستگی بین عناصر نتایج زیر را در بر داشت.

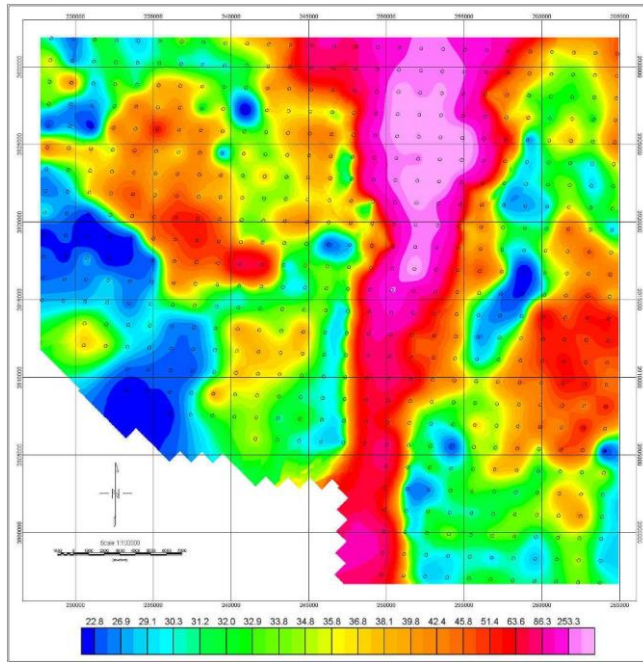
- عنصر Ni با عناصر Co, Cr دارای همبستگی بالای 85٪ می باشد.
- عنصر Pb بیشترین مقدار همبستگی را با عناصر As, Ag, Hg, Mo و Bi دارد.
- عنصر Cu با عنصر Co بالای 50٪ همبستگی نشان می دهد.
- عنصر Mo با عناصر Ag, Au, As بالای 50٪ همبستگی نشان می دهد.
- بیشترین میزان همبستگی مابین دو عنصر نیکل و کروم است که این دو عنصر بالای 95٪ با هم همبستگی دارند.

ترسیم نقشه های توزیع عیار برای چند عنصر دارای همبستگی

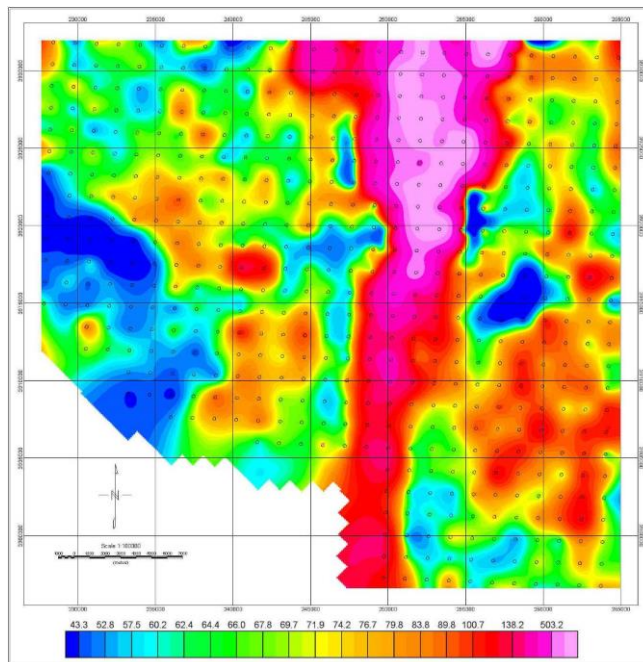
امروزه ترسیم نقشه ها با استفاده از نرم افزارها و توانمندی های آنها اجرا می شود، روش های مختلف رسم نقشه ها و الگوریتم های معمول در تخمین در این نرم افزارها پیش بینی شده است. از جنبه ریاضی، ترسیم نقشه به معنی ایجاد پیوستگی بین یک سری داده منفصل است، ایجاد چنین پیوستگی در آشکارسازی روابط بین اجزای مورد مطالعه موثر و مفید است. اساس بسیاری از نرم افزارها تعریف شبکه ای منظم در سرتاسر منطقه و تخمین هر سلول از شبکه با توجه به اطلاعات موجود می باشد. این روش ها برای نمونه هایی کاربرد دارند که معرف همان نقطه باشند. نقشه توزیع عناصر در منطقه بر اساس مقادیر عیار عنصر در هر نمونه ترسیم گردید. با توجه به همبستگی قابل توجه برخی از عناصر، انتظار می رود که در نقشه های توزیع عیار آنها نقاط مشترک با عیار بالا مشاهده گردد. این نقشه ها برای عناصر Cr, Co, Pb, Zn, Ni, Cu ترسیم شده که در شکل های زیر مشاهده می گردند (شکل های ۲-۴ تا ۷-۴). نقشه های ترسیم شده نشان می دهد که هر کدام از عناصر در مناطقی دارای ناهنجاری هستند. به طور مثال آنومالی نشان داده شده از عناصر کبالت، کروم و نیکل نشان می دهد که این عناصر در محدوده های مشترکی دارای غلظت بالا هستند که همبستگی موجود بین این دو عنصر را نشان می دهد.

نقشه های ناهنجاری در نرم افزار Geosoft و با استفاده از داده های خام و از طریق درون یابی به

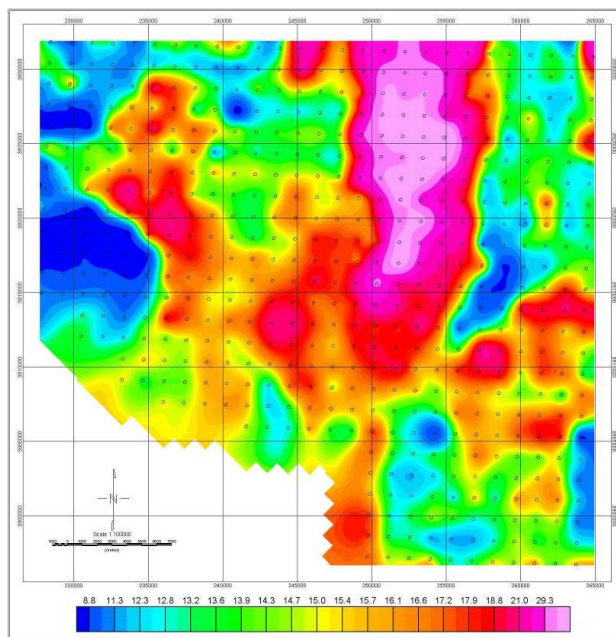
روش Kriging ترسیم شده‌اند (شکل‌های ۲-۴ تا ۷-۴).



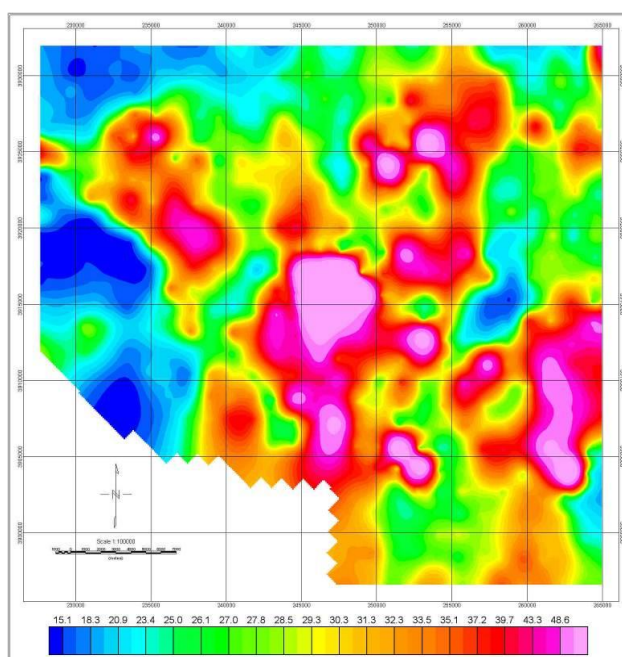
شکل ۲-۴: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر نیکل (ppm) در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



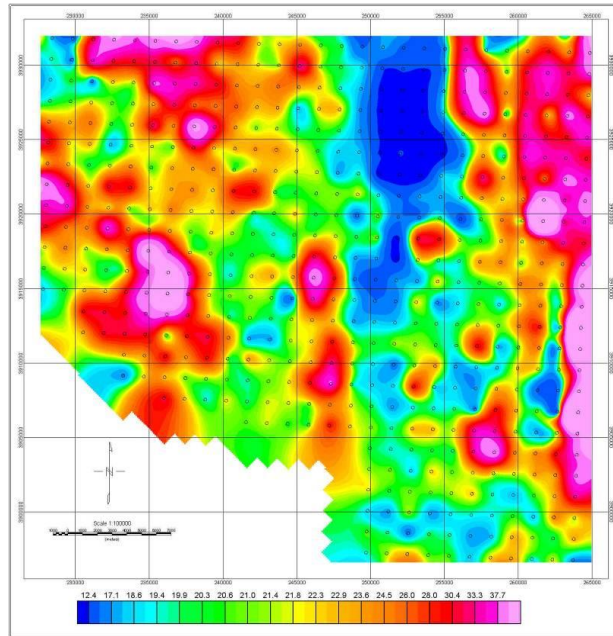
شکل ۳-۴: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر کروم (ppm) در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



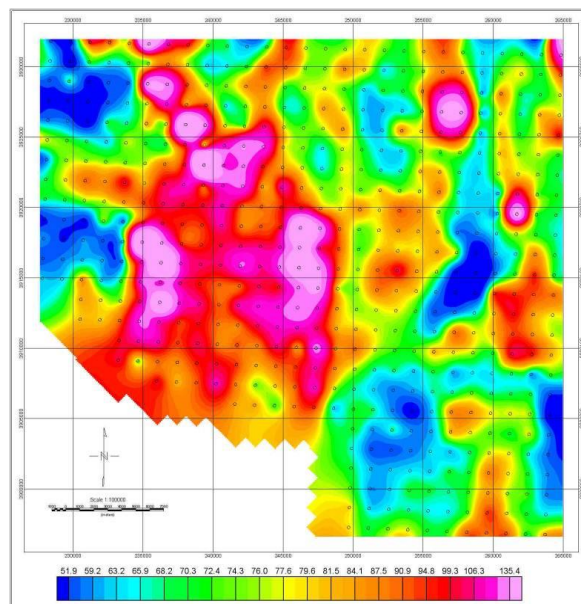
شکل ۴-۴: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر کبالت (ppm) در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



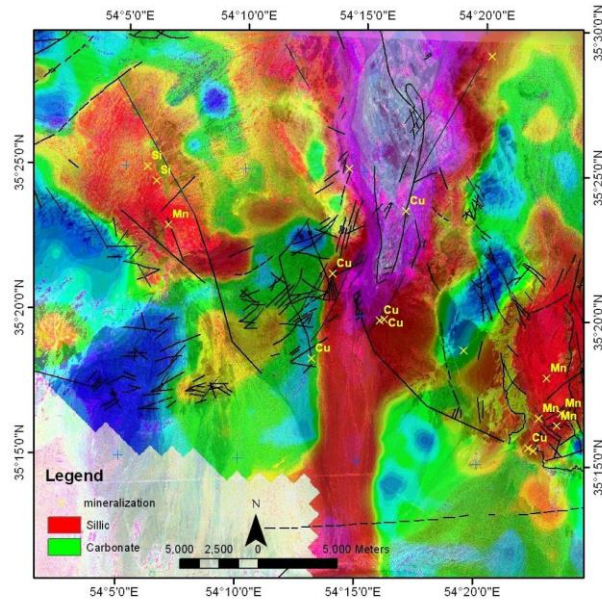
شکل ۴-۵: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر مس (ppm) در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



شکل ۴-۶: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر سرب (ppm) در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده



شکل ۴-۷: نقشه‌ی توزیع عیار عنصر روی (ppm) در محدوده‌ی نمونه‌برداری شده در منطقه مورد مطالعه دگرسانی‌های سیلیسی و کربناتی با آنومالی نیکل کروم و کبالت همراهی داشته و همچنین تمامی اندیس‌های منگنز شناخته شده در مناطقی قرار دارند که آنومالی کروم و کبالت و نیکل وجود دارد. (شکل ۴-۸) مشاهده شود.



شکل ۴-۸ برهم نهی چهار لایه اندیس‌ها، گسل‌ها، دگرسانی‌ها و نقشه پراکندگی نیکل. با توجه به شکل مناطق دارای دگرسانی سیلیسی و کربناتی دارای آنومالی نیکل هستند.

به منظور بررسی تک تک این نقشه‌ها وقت و زمان زیادی برای بررسی لازم هست. لذا با توجه به تجربیات گذشته (گریگوریان، ۱۹۸۵). چنان‌چه ترکیبی از متغیرها به جای یک متغیر به کار گرفته شوند و از نتایج ترکیبی آن‌ها استفاده شود، امکان تشخیص هاله‌های مرکب ژئوشیمیایی در اطراف توده‌های کانساری به مراتب افزایش می‌یابد و از طرفی اثرات خطاهای تصادفی در بکارگیری ترکیبی متغیرها نسبتاً کاهش می‌یابد. به همین منظور از روش‌های آماری چند متغیره در ادامه استفاده شد.

۱۰-۴ بررسی‌های آماری چند متغیره

غالب تکنیک‌های چند متغیره در اصل بسط و توسعه آنالیزهای تک متغیره می‌باشند و البته بعضی از روش‌های چند متغیره تنها برای پاسخگویی به مقاصد چند متغیره طراحی شده‌اند که از جمله این روش‌ها می‌توان به آنالیز فاکتوری اشاره کرد. کاهش تعداد متغیرها در مباحث داده‌پردازی و در نتیجه کاستن از تعداد نقشه از مزایای استفاده از روش‌های چند متغیره است (گریگوریان، ۱۹۸۵). با استفاده از این روش‌ها امکان مقایسه متغیرها و کسب نتایج راحت‌تر خواهد بود. البته

استفاده بهینه از روش‌های چند متغیره در حالتی صادق خواهد بود که در پردازش داده‌ها با تعداد زیادی متغیر روبرو باشیم و تا حدودی امکان اخذ نتیجه از متغیرها به گونه منفرد غیر ممکن و یا توأم با خطای زیاد باشد. روش‌های رایج در آمار چند متغیره شامل: روش تحلیل مؤلفه اصلی^۱ (PCA)، تحلیل فاکتوری^۲، تحلیل تفریقی، تحلیل خوشه‌ای، رگرسیون چندگانه و تحلیل ویژگی است. در این قسمت، روش پرکاربرد تحلیل مؤلفه اصلی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱۰-۴ تجزیه و تحلیل مؤلفه‌ی اصلی (PCA)

ثبت بی‌هنجاری‌های بهینه ژئوشیمیایی نیازمند پی‌جویی‌های توجیهی است که یکی از لایه‌های مهم آن انتخاب روش بهینه تحلیل داده‌ها است. روش‌های آماری چند متغیره در خلاصه‌سازی داده‌ها و کاهش تعداد متغیرهای لازم برای توصیف آن‌ها بسیار مفید است. نتیجه به‌کارگیری این روش معمولاً شاخص‌های کمتر و متغیرهای جدید است که تشریح‌کننده تغییراتی بوده و می‌توانند به خصوصیات ژئوشیمی زمین‌شناسی گره بخورند. با نگاهی به فاکتورهای زمین‌شناسی برای انتخاب مجموعه داده‌ها، روش آنالیز مؤلفه اصلی قادر است عناصر وابسته به محیط را مشخص کند. این آنالیز، مبتنی بر بردارهای ویژه و مقادیر ویژه است. در این روش، با استفاده از بردارهای ویژه و مقادیر ویژه، جهت‌هایی با حداکثر تغییرپذیری شناسایی می‌شود. سپس با تعریف متغیرهای جدیدی که ترکیب خطی از متغیرهای اولیه است، تعداد ابعاد کاهش یافته و نقش هر یک از متغیرها در تغییرپذیری مشخص می‌شود (دیو و فلوور^۳، ۲۰۰۸). در واقع، آنالیز PCA، بارهایی را به عناصر و ترکیبات نسبت داده و منجر به حذف اثر ترکیب سنگی و ثبت الگوهای بهینه ژئوشیمیایی می‌شود. این روش تکنیکی است جهت پیدا کردن ترکیبات خطی از متغیرهای اولیه همبسته که یک دستگاه محور جدید در امتداد بیشترین واریانس داده‌ها را تشکیل داده‌اند. مؤلفه‌ای که درصد بیشتر تغییرپذیری را شامل

^۱Principal Component Analysis

^۲Factor Analysis

^۳Du & Flower

می‌شود، به‌عنوان مؤلفه اصلی اول (PC1) و مؤلفه بعدی (PC2) عمود بر مؤلفه اول بوده و درصد تغییرپذیری کمتری را شامل می‌شود. مؤلفه‌های سوم، چهارم و ...، مقادیر یکنواخت واریانس کاهش یافته در دستگاه داده‌ها را شامل می‌شوند (کارانزا^۱، ۲۰۰۹).

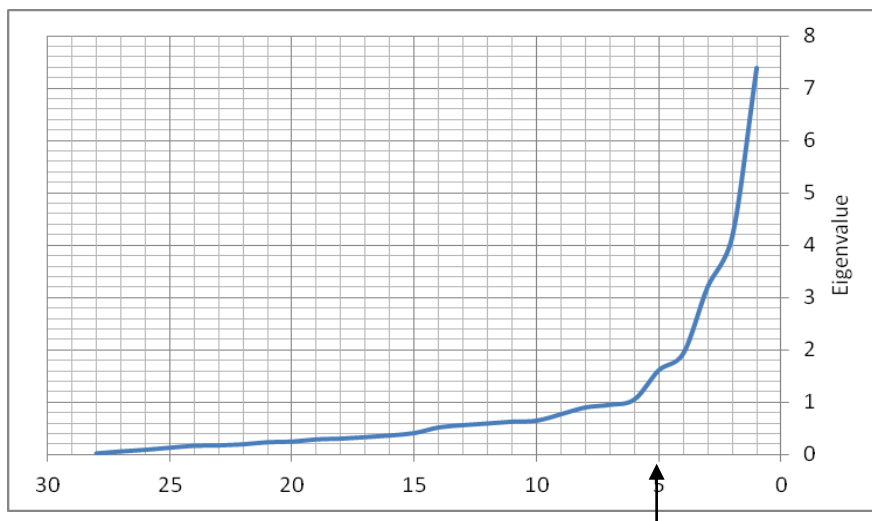
۲-۱۰-۴ استخراج مؤلفه‌های اصلی

پس از محاسبه ماتریس همبستگی که در بخش آنالیز دومتغیره ذکر گردید، اوزان محاسبه شده و مؤلفه‌ها استخراج می‌گردند و باید با استفاده از معیارهای مقدار واریانس تجمعی، مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک و اسکری پلوت^۲ انتخاب گردند (جدول ۴-۳). با توجه به جدول ۴-۳ بیشترین مقدار ویژه در ارتباط با مؤلفه اول و برابر 7.391 و کمترین آن مربوط به مؤلفه بیستم و مساوی 0.024 می‌باشد. حد اعتبار بکارگیری مقادیر ویژه در این منطقه ۱/۰۵ محاسبه شده و از آن برای تعیین مؤلفه‌های اصلی استفاده گردیده است. از طرفی با توجه به نمودار اسکری پلات (شکل ۴-۹)، بعد از ششمین مؤلفه، شکستی بین مؤلفه‌ها بوجود آمده است که این شکست برای انتخاب مؤلفه‌های اصلی بکار گرفته می‌شود. یعنی از سری داده‌ها، مؤلفه اول، دوم، سوم، چهارم، پنجم و ششم با توجه به این نمودار به‌عنوان مؤلفه اصلی انتخاب و معرفی می‌شوند. با توجه به مقادیر ویژه بالای ۱/۰۵ بهتر است شش مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه انتخابی برگزیده شوند. (مؤلفه‌های اصلی با $Eigen\ value > 1$ و توسط نرم افزار انتخاب گردیده است). این شش مؤلفه در حدود ۶۹/۲ درصد واریانس و تغییرات عمومی محیط ژئوشیمیایی مورد مطالعه را پوشش می‌دهند.

Carranza^۱
Scree Plot^۲

جدول ۳-۴: فاکتورهای استخراج شده و درصد واریانس توجیه شده توسط هرکدام از آنها

Factor	Eigenvalue	cum. %
1	7.391	26.4
2	4.169	41.3
3	3.214	52.8
4	1.935	59.7
5	1.615	65.4
6	1.054	69.2
7	0.951	72.6
8	0.902	75.8
9	0.772	78.6
10	0.649	80.9
11	0.629	83.1
12	0.596	85.3
13	0.563	87.3
14	0.52	89.1
15	0.411	90.6
16	0.366	91.9
17	0.333	93.1
18	0.305	94.2
19	0.291	95.2
20	0.249	96.1
21	0.237	97
22	0.197	97.7
23	0.175	98.3
24	0.169	98.9
25	0.131	99.4
26	0.091	99.7
27	0.061	99.9
28	0.024	100



شکل ۴-۹: نمودار اسکری پلوت داده‌های استخراج شده

بعد از انتخاب شش مؤلفه اول، مقادیر خام هر مؤلفه نسبت به عنصر و مقادیر تبدیل یافته هر مؤلفه و ضرایب امتیازی هر مؤلفه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در جدول ۴-۴ به نمایش در آمده است. مقادیر خام تحت بردار خاص واریمکس (Varimax) قرار گرفته اند که این بردار در اثر چرخش محورها بیشترین واریانس را برای هر مؤلفه محاسبه می نماید (جدول ۴-۵). مقادیر عددی چرخش یافته بالای ۰/۵ در هر مؤلفه چرخش یافته (Rotated Component) ملاک انتخاب هر فاکتور می باشد. مقادیر کمتر از ۰/۵ از سطح اعتماد غیر قابل اطمینانی برخوردارند.

۳-۱۰-۴ ماتریس مؤلفه‌ها

مقادیر این ماتریس در حقیقت بار مؤلفه‌ها بر روی متغیرها است. در جدول ترسیم شده (جدول ۴-۴)، ماتریس فاکتورهای دوران نیافته مشاهده می شود که شامل عناصر و فاکتورهای انتخاب شده است. این جدول مقدار تغییرپذیری هر کدام از عناصر به ازای هر یک از مؤلفه‌های انتخابی را نشان می دهد. به عنوان مثال فاکتور ۲، ۶۰٪ تغییرپذیری عنصر نقره را نشان می دهد که مشخص می کند این فاکتور نقش بسیار بالایی در توجیه تغییرپذیری این عنصر دارد. این ماتریس بهترین ترکیب خطی از فاکتورها را برای عناصر As, Co, Rb, Cu, F, Ni, Pb, V, Zn نشان می دهد که این عناصر قسمت عمده‌ای از تغییرپذیری ها را در بر می گیرند و بیانگر عناصر سنگ‌ساز و کانی‌ساز در منطقه هستند.

جدول ۴-۴: ماتریس دوران نیافته مؤلفه‌های انتخابی

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
AG	0.331	0.606	-0.084	0.396	0.082	-0.028
AS	0.431	0.536	0.239	-0.025	-0.108	0.244
AU	0.306	0.43	0.238	-0.266	0.402	-0.099
B	0.291	0.208	0.415	-0.312	-0.506	-0.17
BA	0.302	0.471	-0.1	0.512	-0.179	-0.337
BE	0.781	-0.246	0.027	0.059	-0.097	0.028
BI	0.343	0.579	0.067	-0.236	-0.215	0.357
CO	-0.121	-0.071	0.951	0.159	-0.061	0.019
CR	-0.422	0.049	0.833	0.121	-0.122	0.033
CS	0.626	-0.388	-0.042	0.068	-0.238	-0.016
CU	0.381	-0.178	0.422	0.215	0.393	0.113
F	0.688	-0.062	0.109	-0.249	-0.175	-0.14
HG	0.167	0.423	-0.015	0.548	-0.062	-0.504
LI	0.575	-0.274	0.035	-0.167	-0.474	-0.177
MO	0.559	0.468	0.124	-0.158	0.394	0.124
NB	0.719	-0.307	0.166	0.011	0.243	-0.106
NI	-0.438	0.052	0.85	0.101	-0.14	-0.006
P	0.568	-0.616	-0.035	0.242	0.296	-0.037
PB	0.328	0.568	-0.26	0.488	-0.119	0.222
RB	0.849	-0.111	-0.072	-0.207	-0.193	-0.13
SB	0.34	0.712	0.105	0.061	0.1	0.094
SN	0.59	-0.314	0.201	0.109	0.142	-0.054
SR	0.129	-0.181	-0.264	0.278	-0.336	0.37
TH	0.628	-0.067	-0.181	0.04	-0.14	0.173
U	0.739	0.09	-0.005	-0.28	0.24	-0.127
V	0.572	-0.492	0.299	0.302	0.063	0.12
W	0.602	0.469	0.091	-0.313	0.014	-0.025
ZN	0.503	-0.279	0.151	0.265	-0.079	0.301

۴-۱۰-۴ دوران فاکتورها

چرخش عامل‌ها فرایندی برای تعدیل محور عاملی به منظور دستیابی به عامل‌های معنی‌دار ساده انجام می‌گیرد. ساده‌ترین حالت دوران، یک دوران متعامد است که محورهای جدید باهم زاویه ۹۰ درجه می‌سازند. در حالتی که دوران باعث شود تغییر زاویه کمتر از ۹۰ درجه باشد، دوران صورت گرفته را مورب گویند. دوران واریمکس یک دوران متعامد است که روی بارهای فاکتوری صورت می‌گیرد. این دوران تغییرات مربعات عناصر ستون بارهای فاکتوری را ماکزیمم می‌کند. مقادیر بار فاکتوری دوران واریمکس نسبت به روش‌های دیگر دربردارنده نتایج بهتری است. این روش مقادیر نسبتاً بزرگ عددی یا صفر به ستون‌های ماتریس ضرایب عامل‌ها اختصاص می‌دهد. در نتیجه

فاکتورهایی که ایجاد می‌شوند، یا به متغیرها وابسته‌اند و یا مستقل از آنها هستند. در جدول ماتریس دوران واریمکس داده‌ها نشان داده شده است (جدول ۴-۵). با توجه به این جدول می‌توان بهترین ترکیب خطی از متغیرها را برای هر فاکتور انتخاب کرد. چنانچه ملاحظه می‌شود بارهای فاکتوری از نظر قدر مطلق به صفر و یک نزدیک‌تر شده‌اند و این نشان می‌دهد که دوران واریمکس در مورد داده‌ها موفق عمل کرده است. بر اساس نتایج بدست آمده بهترین ترکیب خطی عناصر به ازای دوران مؤلفه‌های استخراج شده به صورت زیر است:

مؤلفه‌ی اول: Be, Cs, Cu, Nb, P, Sn, Zn, V

مؤلفه‌ی دوم: As, Au, Bi, Mo, Sb, W

مؤلفه‌ی سوم: Ni, Co, Cr

مؤلفه‌ی چهارم: Ag, Ba, Hg, Pb

مؤلفه‌ی ششم: Sr

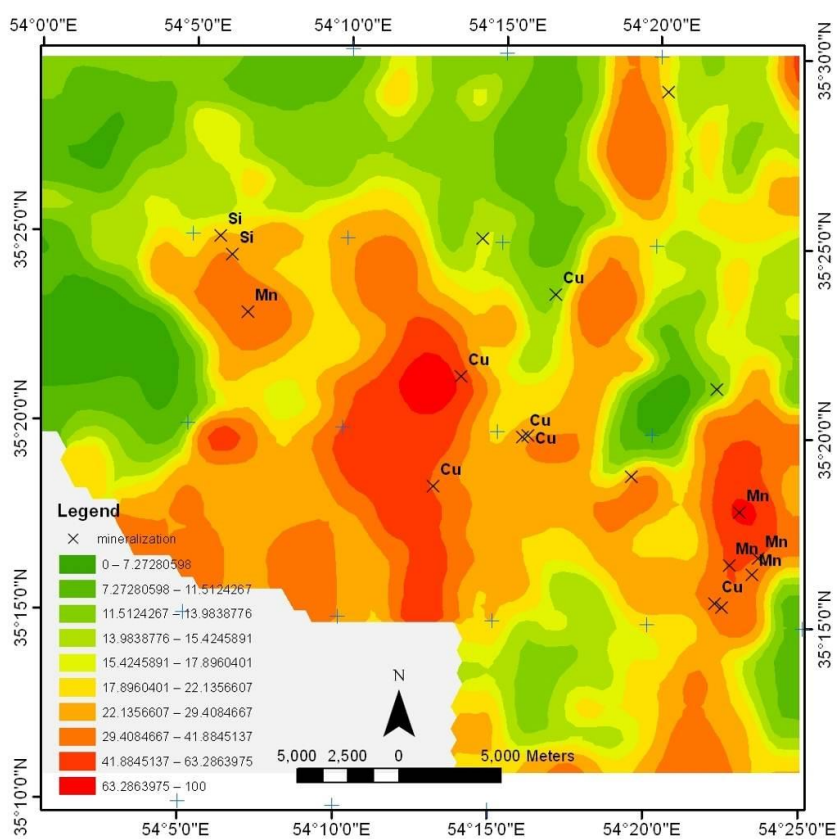
جدول ۴-۵: ماتریس دوران یافته مؤلفه‌های انتخابی

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
AG	0.045	0.475	-0.1	0.628	0.117	0.051
AS	0.057	0.711	0.137	0.175	-0.176	0.118
AU	0.104	0.568	0.017	0.039	0.006	-0.493
B	-0.083	0.274	0.334	0.029	-0.696	-0.05
BA	0.011	0.164	-0.055	0.826	-0.124	0.058
BE	0.655	0.159	-0.179	0.063	-0.416	0.147
BI	-0.158	0.753	-0.008	0.005	-0.234	0.199
CO	0.21	0.022	0.949	-0.036	-0.019	-0.084
CR	-0.118	-0.041	0.936	-0.05	0.088	-0.054
CS	0.555	-0.066	-0.176	0.022	-0.459	0.228
CU	0.662	0.173	0.243	-0.006	0.167	-0.118
F	0.388	0.253	-0.119	-0.004	-0.604	-0.086
HG	0.002	0.023	0.039	0.864	-0.038	-0.124
LI	0.318	-0.044	-0.092	-0.002	-0.75	0.129
MO	0.277	0.756	-0.13	0.082	0.023	-0.267
NB	0.77	0.118	-0.112	0	-0.238	-0.181
NI	-0.141	-0.058	0.955	-0.046	0.059	-0.082
P	0.865	-0.222	-0.228	-0.025	-0.019	0
PB	-0.004	0.469	-0.198	0.596	0.119	0.413
RB	0.487	0.249	-0.323	0.047	-0.656	-0.002
SB	-0.041	0.721	0.016	0.361	0.02	-0.062
SN	0.691	0.045	-0.005	0.027	-0.194	-0.06
SR	0.11	-0.078	-0.158	0.024	-0.036	0.634
TH	0.398	0.243	-0.31	0.06	-0.295	0.28
U	0.454	0.441	-0.316	0.008	-0.324	-0.319
V	0.835	-0.057	0.142	-0.005	-0.126	0.179
W	0.111	0.684	-0.136	0.102	-0.372	-0.204
ZN	0.596	0.103	0.06	-0.002	-0.111	0.371

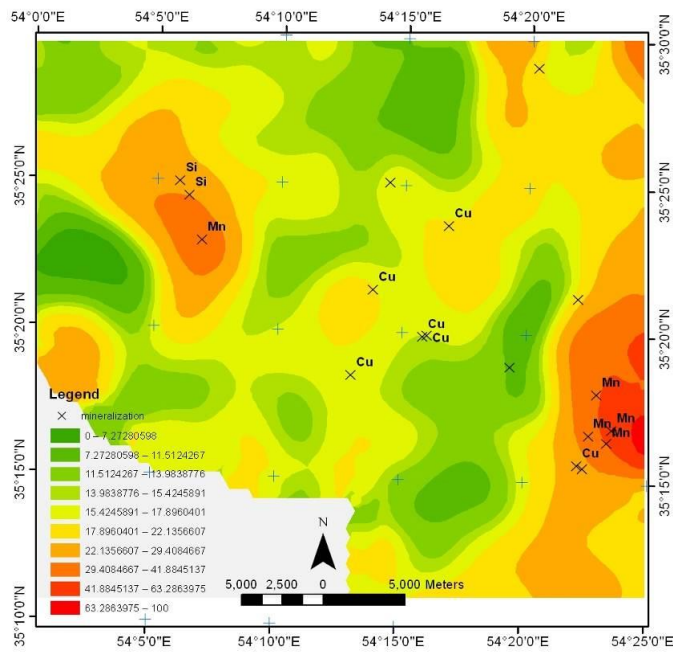
با توجه به این که هدف از تحلیل نقشه‌ها پتانسیل یابی برای اکتشاف منگنز هست، سه مؤلفه اول بر اساس عناصر انتخاب شده و نقشه‌های امتیازدهی فاکتورها رسم شد.

۴-۱۱ تهیه نقشه امتیازدهی مؤلفه‌ها

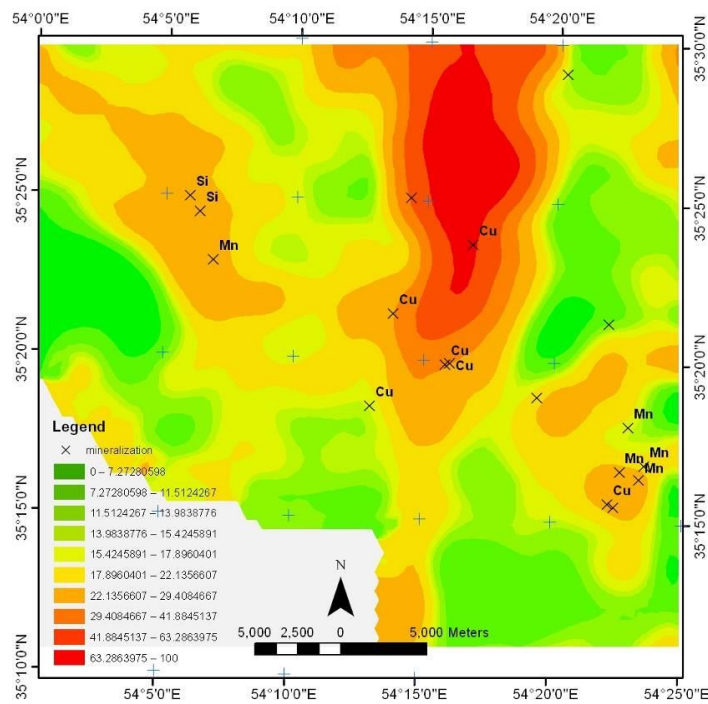
این نقشه‌ها بر اساس امتیازدهی فاکتورهای استخراج‌شده بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اساسی که توسط نرم افزار ژئوسافت محاسبه شده بود ترسیم‌شده است (شکل‌های ۴-۱۰ تا ۴-۱۲). بر طبق نقشه امتیازات فاکتوری، مشاهده می‌شود که سه منطقه از فاکتورها مناطق آنومالی مشترک در هر سه نقشه هستند. همان طور که در هر سه نقشه مشاهده می‌شود اندیس‌های منگنز با هر سه مولفه هم‌خوانی داشته و از هر سه مولفه برای تهیه نقشه نهایی با وزن‌های مشخص شده استفاده شد.



شکل ۴-۱۰: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه‌ی اول



شکل ۴-۱۱: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی دوم



شکل ۴-۱۲: نقشه امتیازات فاکتوری مؤلفه ی سوم

۴-۱۲ جمع بندی

با توجه به این که در داده های منطقه رشم عنصر منگنز مورد آنالیز قرار نگرفته بود. برای استفاده از

لایه ژئوشیمی در تهیه نقشه پتانسیل مطلوب از روش PCA استفاده شد. تحلیل مؤلفه‌های اصلی مانند بسیاری از روش‌های آماری، نسبت به داده‌های غیرنرمال حساس است. بنابراین از تبدیل لگاریتمی برای تبدیل داده‌ها به حالت نرمال استفاده شد و در نهایت عناصر Ag, As, Au, Bi, Cu, Mo, Pb, Sb, W, Hg, Zn, Co, Cr, Ni جهت بررسی روند تغییرات عناصر کانی‌سازی در منطقه و شناسایی جوامع ژئوشیمیایی در محدوده مورد مطالعه انتخاب شدند. بنابراین نقشه امتیازات فاکتوری همبستگی‌های چند عنصر سه فاکتور اول تهیه شد. نقشه‌های حاصل، تغییرات عناصر هم‌پاراژنز را نشان می‌دهد. همچنین این نقشه‌ها با اندیس‌های منگنز شناخته شده منطقه ارزیابی شدند. که فاکتورهای اول و دوم همراهی بهتری با اندیس‌های شناخته شده دارند.

فصل پنجم

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

برای انجام عملیات مکان‌یابی توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی باید اطلاعات و لایه‌ها از منابع مختلف با فرمت‌های قابل شناخت توسط نرم افزار جمع آوری کرد و سپس لایه‌های مناسب را تهیه، تفسیر، تجزیه و تحلیل کرد. با توجه به این‌که میزان تاثیر پارامترهای مختلف در تعیین رخداد هدف متغیر می‌باشند و هر کدام تاثیر متفاوتی نسبت به یکدیگر دارند، در نتیجه بایستی هر کدام از این پارامترها وزن‌دار شود. در این مرحله نقشه‌های رقومی در بازه‌های مختلف امتیازدهی می‌شوند و سپس لایه‌های تولید شده به روش‌های مختلف وزن‌دهی شده و با یکدیگر تلفیق می‌شوند برای آنالیز مکانی در GIS مدل‌های مختلفی وجود دارد که این مدل‌ها براساس توابع و عملگرهای موجود در آن‌ها و نوع عملکردشان بر پایه دانش داده‌ای یا کارشناسی به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند. در مدل‌سازی متکی بر داده‌ها نقشه‌های ورودی گوناگون با استفاده از مدل‌هایی نظیر رگرسیون لجستیکی، وزن‌های نشانگر و یا تجزیه و تحلیل شبکه‌های عصبی ترکیب می‌شوند. از مدل‌های متکی بر دانش نیز می‌توان به استفاده از روش‌های منطق فازی، روش تحلیل سلسله مراتبی و هم پوشانی شاخص اشاره نمود (Bonham- Carter, 1994; Carranza, 2002) در این منطقه از دو روش دانش محور هم‌پوشانی شاخص و فازی در تهیه نقشه نهایی استفاده شده است.

۲-۵ تهیه نقشه پتانسیل مطلوب به روش همپوشانی شاخص و فازی

۱-۲-۵ مدل‌سازی به روش هم پوشانی شاخص

روش برازش اندیس یا آنالیز قابلیت و یا روش هم‌پوشانی شاخص، یکی از ساده‌ترین روش‌های نقشه‌های نشانگر است. در این روش وزن‌های انتخابی (مساوی یا متفاوت) به نقشه‌ها داده می‌شود. همچنین به کلاس‌های هر نقشه نیز می‌توان وزن‌های مساوی یا متفاوت نسبت داد. این روش برای نقشه‌های دوتایی و هم چنین نقشه‌های چند کلاسه قابل اجرا است. در روش برازش اندیس، ترکیب

نقشه‌های نشانگر با انعطاف بیشتری نسبت به روش بولین قابل اجرا است. جداول امتیازها و وزن‌های نقشه‌ها می‌توانند به گونه‌ای تنظیم شوند که قضاوت کارشناس را در قلمرو کاربرد مورد نظر منعکس نمایند. امتیازهای نقشه‌ها می‌توانند به صورت اعداد صحیح مثبت یا اعداد حقیقی، بدون محدودیت در گستره عددی، انتخاب شوند. (Bonham-Carter, 1994).

در این روش هر نقشه شاهد با توجه به هدف مورد نظر به کلاس‌های مختلف تقسیم می‌شود و به هر کلاس در نقشه شاهد مطابق با گزاره مورد بررسی امتیازی اختصاص داده می‌شود. امتیازهای اختصاص داده شده به کلاس‌ها می‌تواند عدد صحیح مثبت یا مقدار حقیقی مثبت باشد. اهمیت نسبی یک نقشه شاهد در مقایسه با هر یک از نقشه‌های شاهد دیگر با تخصیص وزن‌های W_i که معمولاً عدد صحیح مثبت هستند، کنترل می‌شود. سپس نقشه‌های شاهد وزن‌دار شده با استفاده از معادله زیر ترکیب می‌شوند که (S) میانگین امتیازات وزن‌ها را برای هر محل محاسبه می‌کند.

$$S = \frac{\sum_i^n W_i B_i}{\sum_i^n W_i} \quad (5-1)$$

در این رابطه W_i وزن نقشه i ام است. به کلاس B_i عدد یک در صورت حضور شرایط دوتایی و عدد صفر برای عدم حضور آن اختصاص می‌یابد. برای نقشه‌های چند کلاسه که ممکن است امتیازات مختلفی به کلاس هر نقشه نسبت داده شود، مقدار S از رابطه (5-2) محاسبه می‌گردد.

$$S = \frac{\sum_i^n S_{ij} W_i}{\sum_i^n W_i} \quad (5-2)$$

در این رابطه S امتیاز بدست آمده و W_i وزن i امین نقشه ورودی و S_{ij} امتیاز i امین کلاس از i امین نقشه است. (Carranza, 2008; Bonham-Carter, 1994).

۲-۲-۵ مدل سازی به روش منطق فازی

روش منطق فازی، روشی است که در آن لایه‌های مختلف در سطوح مختلف وزن‌دهی شده و دانش کارشناسی در آن دارای بیش‌ترین نقش می‌باشد. در این روش، فاکتورهای مختلف کنترل‌کننده کانی‌سازی از سنگ میزبان، ساختارها، آنومالی ژئوفیزیکی و بررسی‌های دورسنجی و کارهای قدیمی انجام‌شده تعیین می‌گردند و به هر لایه اطلاعاتی (عضو فازی)، وزن خاصی بین صفر تا یک بسته به اهمیت آن، داده می‌شود. عدد یک، نشان‌دهنده‌ی درجه‌ی عضویت فازی کامل و عدد صفر نشان‌دهنده‌ی عدم وجود عضویت فازی می‌باشد. در بعضی از لایه‌ها، باتوجه به شعاع تاثیر آن‌ها، ممکن است تا چندین متر اطراف لایه مورد نظر با توجه به شعاع تاثیر وزن‌دهی شوند (Carranza, 2008; Bonham-Carter, 1994).

بعد از تخصیص وزن به تمام الگوهای (کلاس‌های مختلف) نقشه‌های شاهد، کلیه نقشه‌ها با هم تلفیق می‌شوند. در این خصوص پنج عملگر فازی شامل AND ، OR ، حاصل ضرب جبری فازی، حاصل جمع جبری فازی و گامای فازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. انتخاب نوع عملگر فازی، برای استفاده در تلفیق مجموعه‌های فازی از شواهد فضایی، با در نظر گرفتن این که کدام یک از آن‌ها یا کدام ترکیب از آن‌ها می‌تواند وابستگی بین مجموعه الگوهای شاهد را با کانی‌سازی به تصویر بکشد، صورت می‌گیرد (امیری رودبار، ۱۳۹۲).

۱-۲-۲-۵ عملگر "و"

این عملگر مانند عملگر AND در منطق بولین عمل می‌کند و نقشه خروجی با کوچک‌ترین مقدار عضویت فازی کنترل می‌شود و یک نتیجه محافظه‌کارانه از مجموعه عضویت‌ها ارائه می‌دهد.

$$\mu_{combination} = \text{Min}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad \text{رابطه‌ی ۳-۵}$$

که در آن μ_A مقدار عضویت فازی برای نقشه A می‌باشد. عملیات عملگر "و" در مواقعی که دو یا

چند قسمت از مدارک و شواهد، برای اثبات فرضیه‌ای باید با هم وجود داشته باشند، مناسب است (Carranza,2008; Bonham-Carter, 1994).

۵-۲-۲-۲ - عملگر فازی "یا"

این عملگر نیز مانند عملگر OR در منطق بولین است و نقشه خروجی با بیش‌ترین مقدار از مقادیر نقشه‌های ورودی کنترل می‌شود.

$$\mu_{combination} = Max(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad \text{رابطه‌ی ۴-۵}$$

این عملگر در برخی موارد برای تهیه نقشه‌های پتانسیل به کار می‌رود. در جاهایی که شاخص‌های مورد نظر کمیاب هستند و وجود نشانه می‌تواند برای اظهار مطلوبیت کافی باشد. (Carranza,2008; Bonham-Carter, 1994).

۵-۲-۲-۳ حاصل ضرب جبری فازی

این عملگر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{combination} = \prod_i^n \mu_i \quad (۵-۵)$$

که در آن i مشخصه و شمارنده تعداد نقشه‌ها است. چون در این تابع چندین عدد کوچک‌تر از یک در هم ضرب می‌شوند، مقدار عضویت به دست‌آمده همواره کوچک‌تر یا مساوی کوچک‌ترین مقدار عضویت مشترک می‌باشد. به عبارت دیگر اثر این عملگر کاهنده است (Carranza,2008; Bonham-Carter, 1994). بنابراین این عملگر به طور گسترده‌ای در تلفیق نقشه‌های اکتشافی در مواقعی که دو یا چند قسمت از شواهد برای اثبات فرضیه‌ای توأمان لازم باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند (بونهام کارتر، ۱۳۷۹).

۴-۲-۲-۵ - عملگر حاصل جمع جبری فازی

این عملگر مکمل حاصل ضرب جبری فازی است و به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (5-6)$$

نتیجه خروجی همیشه بزرگ‌تر یا مساوی بزرگ‌ترین مقدار عضویت فازی می‌باشد و برعکس عملگر فازی حاصل ضرب جبری، اثر آن افزایشی است. در واقع شواهد هم‌دیگر را تقویت می‌کنند و تأثیر مثبت بیش‌تری را نسبت به حالت انفرادی خود اعمال می‌کنند (Carranza, 2008; Bonham-Carter, 1994).

۵-۲-۲-۵ - عملگر فازی گاما

این عملگر به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\mu_{combination} = \left(\prod_{i=1}^n -\mu_i \right)^{1-\gamma} \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right)^\gamma \quad (5-7)$$

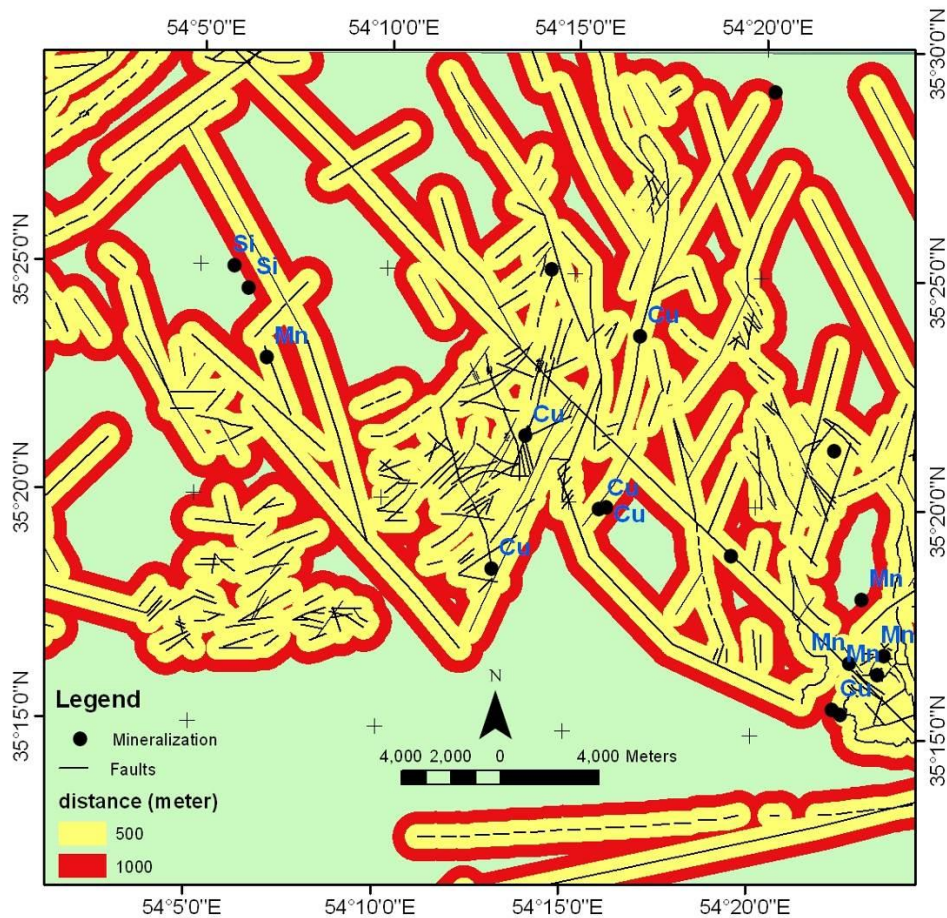
عملگر فازی گاما، ترکیبی از عملگر حاصل ضرب جبری فازی و عملگر حاصل جمع جبری فازی می‌باشد که در آن پارامتر گاما در محدوده صفر تا یک انتخاب می‌گردد. به طوری که اگر گاما یک باشد، ترکیب همان حاصل جمع جبری خواهد بود و اگر گاما صفر باشد، ترکیب مساوی حاصل ضرب جبری است. انتخاب صحیح و آگاهانه گاما، مقدارهایی در خروجی به وجود می‌آورد که نقش فزاینده جمع جبری فازی و نقش کاهنده ضرب جبری فازی در آن عمل می‌کند و کل مجموعه را به حال تعادل می‌رساند. به وسیله عملگر گاما تمامی مجموعه‌هایی که با عملگرهای دیگر به دست آمده‌اند با هم ترکیب و نقشه خروجی حاصل می‌شود. در پروژه‌های اکتشافی مقادیر تابع فازی گامای محاسبه شده، نشان‌دهنده محل‌های مناسب کانی‌زایی و معرف میزان ارتباط بخش‌های کانی‌سازی شده به بخش‌های مختلف منطقه خواهد بود (Carranza, 2008; Bonham-Carter, 1994).

۳-۵- لایه‌های اطلاعاتی

پس از جمع‌آوری اطلاعات برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ رشم که در فصل‌های قبل توضیح داده شده است لایه‌های مورد استفاده برای ورود به مدل شامل نقشه واحدهای سنگی، نقشه گسل‌های موجود، نقشه ژئوشیمی و نقشه دگرسانی است. پس از جمع‌آوری انواع لایه‌های فوق، کلاس‌بندی مجدد بر روی لایه‌ها اعمال گردید که در ادامه به توضیح آن پرداخته شده است.

۱-۳-۵ لایه اطلاعاتی گسل

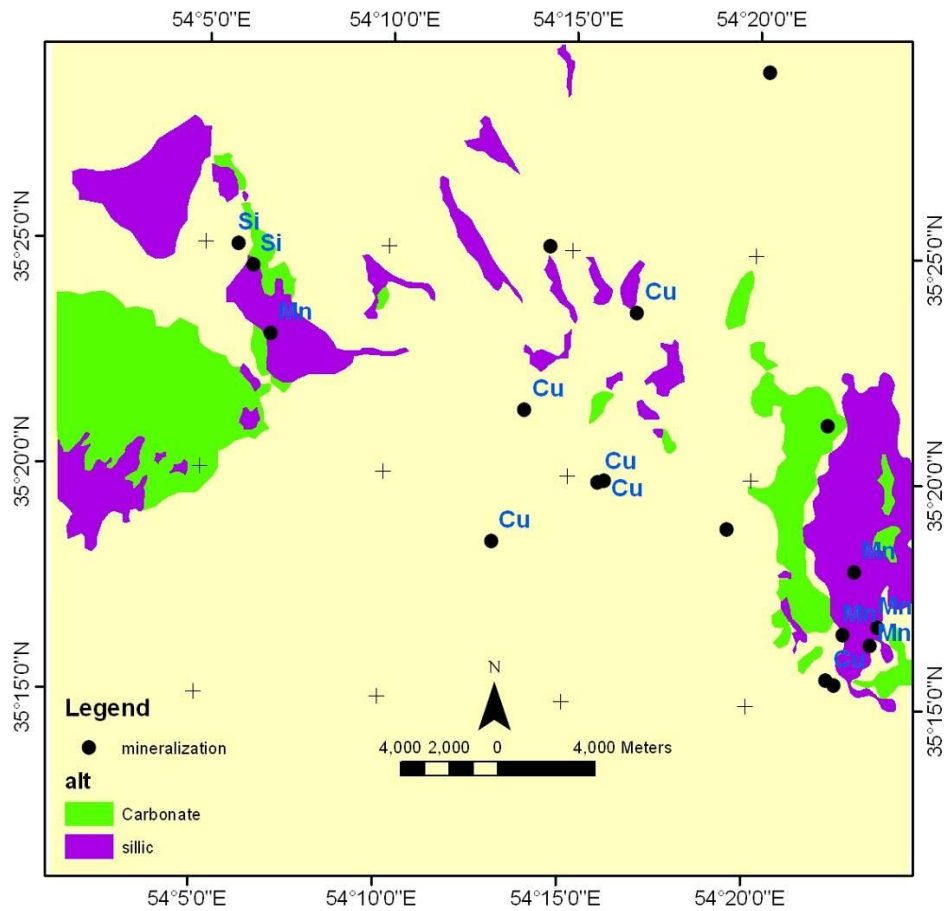
از نظر ساختاری در بسیاری از کانسارها گسل‌ها نقش موثری در جای‌گیری توده نفوذی داشته‌اند زیرا باعث افزایش میزان نفوذپذیری می‌شود که حرکت و نفوذ سیالات هیدروترمال و کانه‌دار را ممکن می‌سازد. به منظور استفاده از گسل‌ها و خطواره‌های نتیجه شده از اطلاعات زمین‌شناسی و دورسنجی، در فواصل ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری بافر زده شدند. این فواصل با اندیس‌های شناخته شده هم مقایسه شدند (شکل ۵-۱)، که فواصل ۵۰۰ متری از اهمیت بیشتری برخوردار است.



شکل ۵-۱ لایه بافرزده اطراف گسل‌ها در دو فاصله ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متری به همراه اندیس‌های معدنی.

۲-۳-۵ لایه اطلاعاتی دگرسانی‌ها

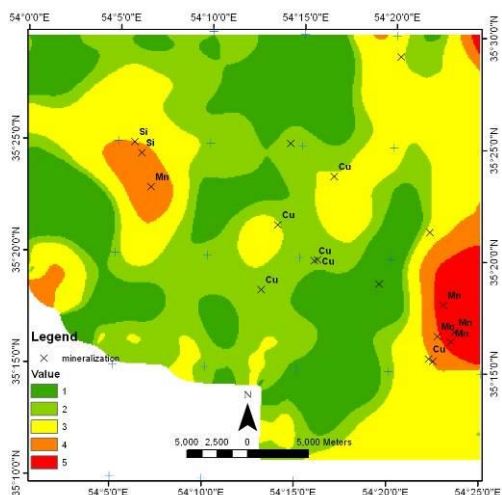
دگرسانی هیدروترمال در منطقه بسیار گسترده است که برای شناسایی آن‌ها از داده‌های ماهواره‌ای استفاده شد. با توجه به بررسی‌های میدانی معدن هلالان بیش‌ترین دگرسانی این مناطق کربناتی و سیلیسی بود که از بین مناطق دگرسان شده این دو نوع برای تهیه نقشه پتانسیل انتخاب شدند. همان‌طور که در (شکل ۵-۲) مشاهده می‌شود همراهی اندیس‌های شناخته شده منگنز بر روی این مناطق بیشتر از دیگر نواحی است.



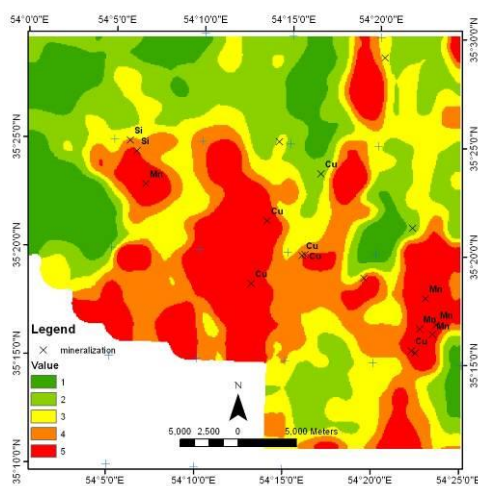
شکل ۲-۵ نقشه دگرسانی منطقه مورد مطالعه (همراهی دگرسانی سیلیسی با اندیس‌های منگنز).

۳-۳-۵ لایه اطلاعاتی ژئوشیمی

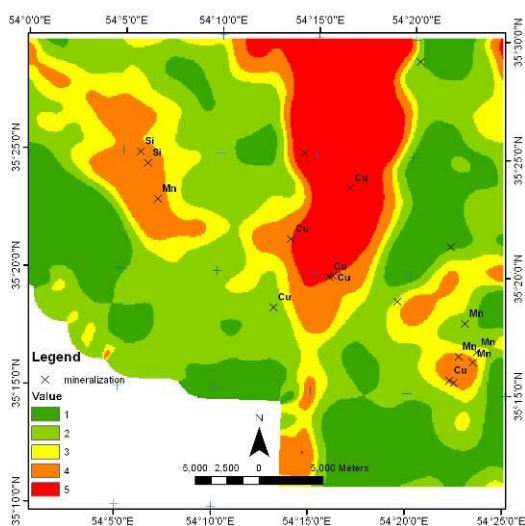
برای تهیه لایه اکتشافی ژئوشیمیایی محدوده، همبستگی بین عناصر با استفاده از روش PCA بررسی و مقادیر مربوط به مولفه‌های اصلی که در آن مقادیر عناصر $Au, Cr, Co, Ni, Mo, Ag, Cu, Zn, Pb$ بالا می‌باشند، به عنوان مناطق دارای توانایی بالای کانی‌سازی انتخاب شدند. بدین ترتیب نقشه‌های حاصل از تحلیل مؤلفه اول (PC1)، مؤلفه دوم (PC2) و مؤلفه سوم (PC3) به عنوان لایه‌های شاهد ژئوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفتند (شکل ۳-۵).



ب



الف



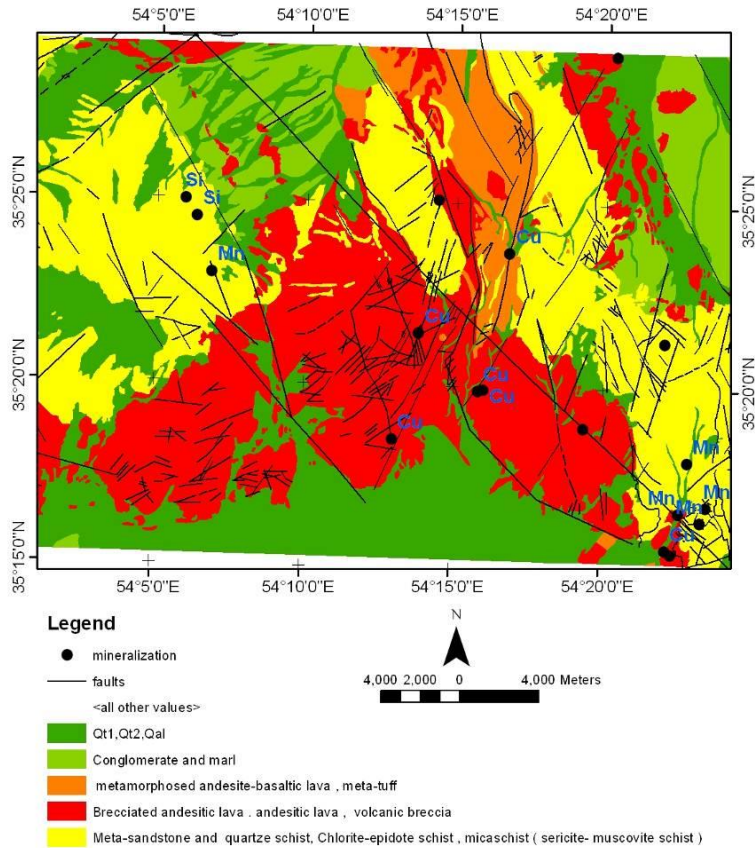
ج

شکل ۳-۵ نقشه لایه‌های کلاسه بندی شده ژئوشیمی. الف) مولفه اول ب) مولفه دوم ج) مولفه سوم.

۴-۳-۵ لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی

برای به دست آوردن اطلاعات زمین‌شناسی از نقشه زمین‌شناسی منطقه استفاده شد. برای تیپ‌های سنگی موجود، تعداد ۵ کلاس کلی ایجاد شد. سپس با توجه به ارتباط آن‌ها با کانی‌سازی به هر یک از کلاس‌ها امتیاز داده شد. بالاترین امتیاز مربوط به تیپ سنگی می‌شود که بیش‌ترین ارتباط را با کانی‌سازی دارد. بازدید صحرایی از منطقه نشان می‌دهد که کانی‌زایی بیشتر در متن یا اطراف شیست‌ها و آهک‌های مجاور صورت گرفته است بنابراین در ارزش‌گذاری واحدهای سنگی به این

واحدها بیشترین ارزش اختصاص داده شد. کمترین وزن در بین واحدها، به رسوبات داده شد. نقشه زمین‌شناسی کلاسه بندی شده در (شکل ۴-۵) نمایش داده شده است.



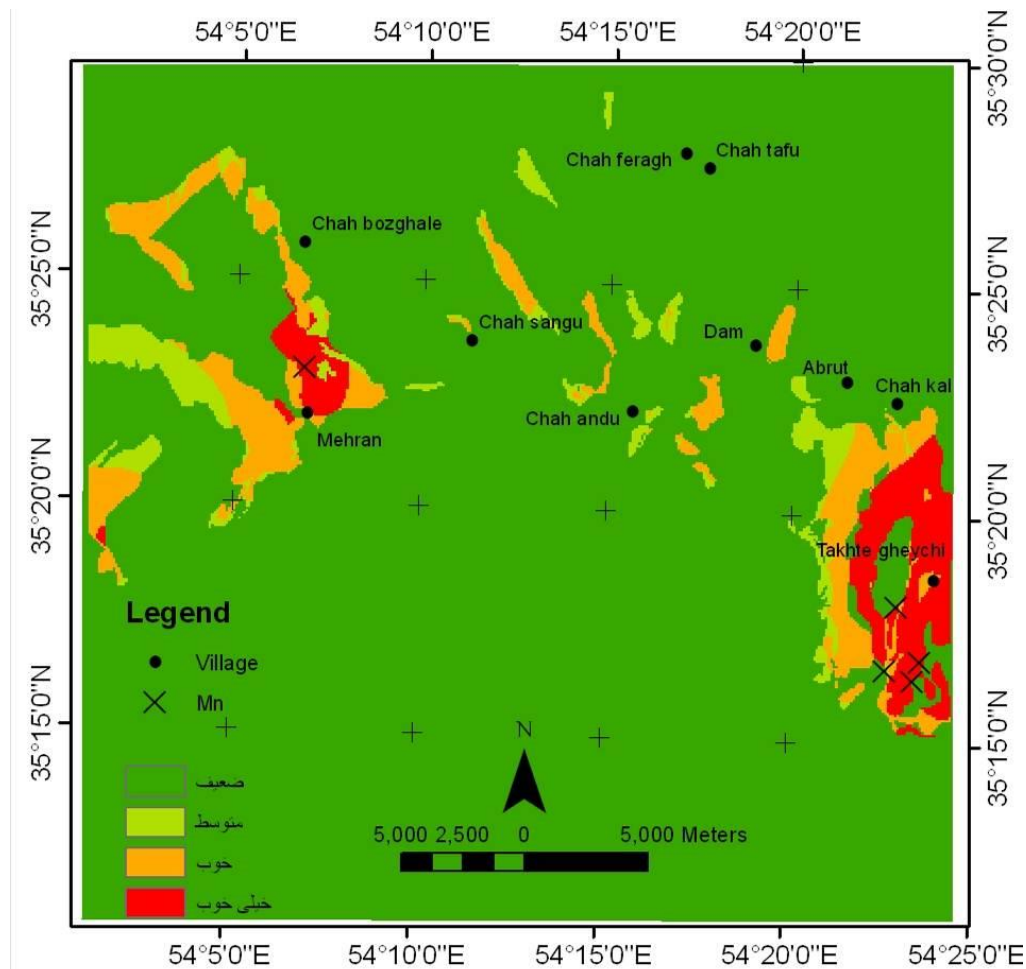
شکل ۴-۵ نقشه زمین‌شناسی کلاسه بندی شده در ۵ کلاس متناسب با کانی زایی منگنز.

۴-۵ نقشه پتانسیل مدل همپوشانی شاخص

در روش همپوشانی نقشه‌ها به صورت دو تایی و چند تایی در مراحل مختلف تلفیق می‌شوند تا نقشه نهایی به دست آید. ابتدا لایه‌های اطلاعاتی ارزش‌گذاری شده (جدول ۵-۱) و سپس با استفاده از همپوشانی شاخص نقشه نهایی به دست آمد. مناطقی که از وزن و شدت بیش‌تری برای وجود منگنز برخوردار است به رنگ قرمز قابل رویت است. (شکل ۵-۵)

جدول ۵-۱ وزن لایه و زیرلایه‌ها برای تلفیق

وزن زیر معیار		وزن معیار	معیار	معیارها
۰/۸	کلاس ۱	۰/۸	Pc1	
۰/۶	کلاس ۲			
۰/۴	کلاس ۳			
۰/۳	کلاس ۴			
۰/۱	کلاس ۵			
۰/۸	کلاس ۱	۰/۷	Pc2	
۰/۶	کلاس ۲			
۰/۴	کلاس ۳			
۰/۳	کلاس ۴			
۰/۱	کلاس ۵			
۰/۸	کلاس ۱	۰/۶	Pc3	
۰/۶	کلاس ۲			
۰/۴	کلاس ۳			
۰/۳	کلاس ۴			
۰/۱	کلاس ۵			
		۰/۷	سیلیسی	
		۰/۵	کربناتی	
		۰/۸	واحدهای شیستی و آهکی	زمین شناسی
		۰/۴	بافر ۵۰۰ متر	
		۰/۲	بافر ۱۰۰۰ متر	



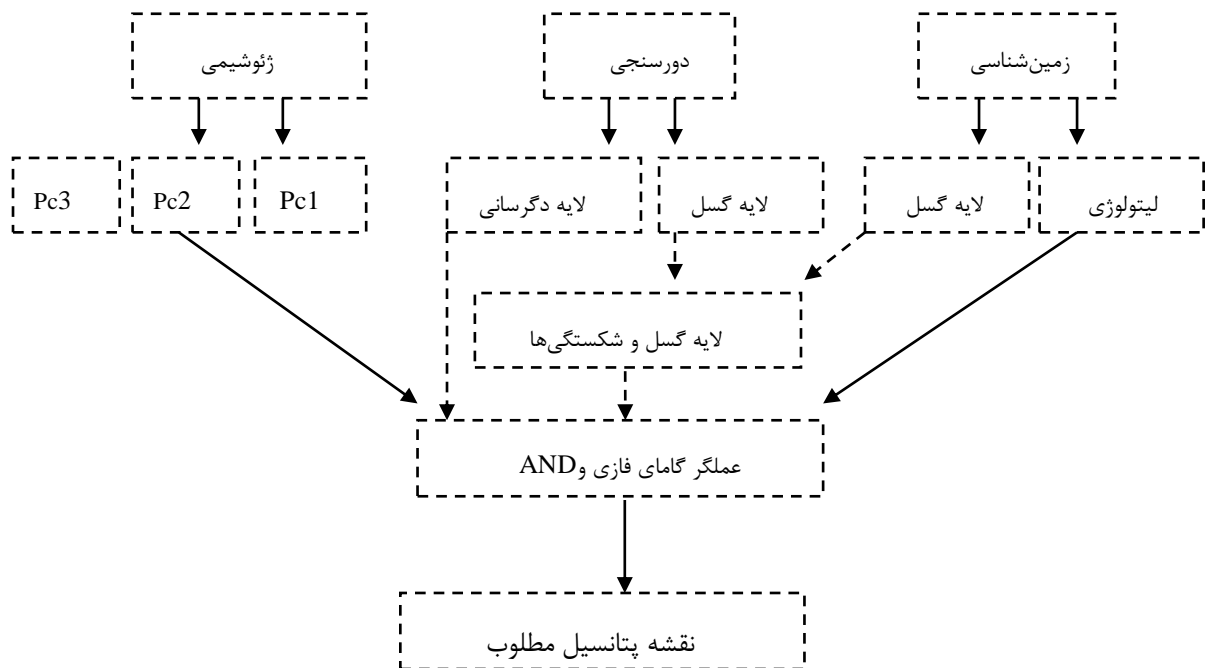
شکل ۵-۵ نقشه تولید شده با استفاده از وزن‌های جدول (۵-۱) به روش همپوشانی شاخص.

۵-۵- نقشه پتانسیل مدل منطق فازی

در روش فازی، نقشه‌ها به صورت دوتایی و چندتایی باهم تلفیق می‌شوند. برای این منظور، ابتدا لایه‌های مختلف کنترل‌کننده‌ی کانی‌سازی شامل انواع لایه‌های مرتبط، مثل ساختارهای زمین‌شناسی، دورسنجی و ژئوشیمی تعیین می‌گردند. برای این منظور باید درجه اهمیت فاکتورهای کنترل‌کننده‌ی کانی‌سازی تعیین گردد. لایه‌های اطلاعاتی با توجه به مطالعات انجام شده وزن‌دهی شده است (جدول ۵-۱). در این مطالعه لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از عملگر AND و عملگر فازی گاما تلفیق شده و نقشه‌ی نهایی، به دست آمده است. مقدار گامای ۰/۸۷ بهترین هم‌پوشانی را نسبت به اندیس‌های منطقه داشته که برای رشم استفاده شده است (شکل ۵-۶). الگوریتم تلفیق

فاکتورهای کنترل کننده ی کانی سازی به همراه مناطق امیدبخش به دست آمده و تلفیق به صورت

مدل های زیر برای شیت رشم ارائه شده است (شکل ۵-۷).



شکل ۵-۶: مدل منطق فازی شیت رشم

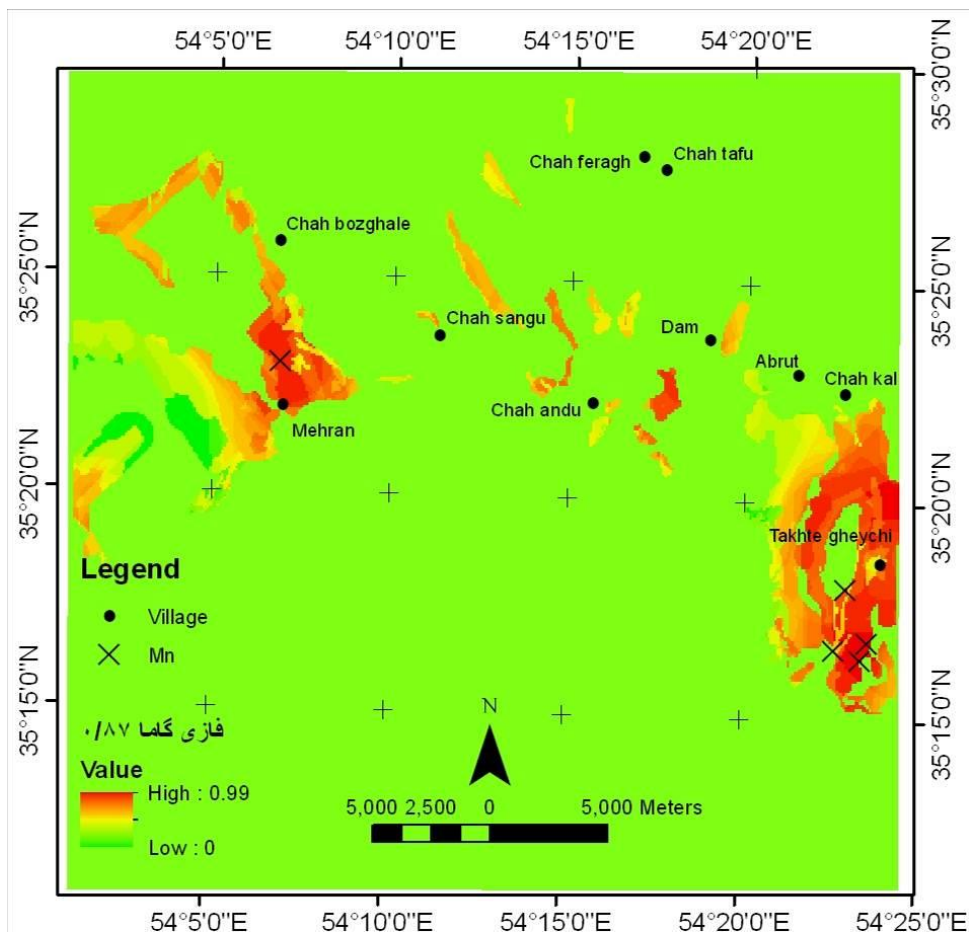
همان طور که در شکل ۵-۷، مشاهده می شود، به قسمت هایی که از شدت بیشتری به لحاظ

حضور منگنز برخوردار است، وزن ۰/۹ تعلق می گیرد که به رنگ قرمز نمایان است و جز اولویت اول

مناطق پتانسیل دار به حساب می آید، در حالیکه از این میزان وزن دهی به مرور کاسته می شود به

گونه ای که مناطق با رنگ زرد و نارنجی جز اولویت دوم مناطق پتانسیل دار به لحاظ کانی سازی منگنز

به حساب می آید تا جایی که این وزن دهی به صفر می رسد که رنگ سبز، معرف آن می باشد.



شکل ۵-۷: نقشه پتانسیل مطلوب مناطق با پتانسیل بالا برای اکتشاف منگنز با رنگ قرمز مشخص شده اند. (با استفاده از روش فازی گاما ۰/۸۷).

۵-۶- صحت‌سنجی مناطق دارای پتانسیل

به منظور صحت‌سنجی اندیس‌های شناخته‌شده‌ی منگنز بر روی نقشه پتانسیل مطلوب که در شکل ۵-۷ نمایش داده شده است، یکی از مناطق دارای پتانسیل منگنز، منطقه هلالان با وسعت ۵ کیلومتر مربع می‌باشد که در ۵ کیلومتری جنوب تخت‌قیچی واقع است. از طریق جاده آسفالت‌ه دامغان - معلمان دسترسی به این ناحیه امکان‌پذیر می‌باشد. جاده خاکی منطقه‌ی هلالان به صورت یک راه فرعی مجاور روستای رشم از این جاده آسفالت‌ه جدا شده و با طی مسافت پنج کیلومتر به منطقه‌ی مذکور منتهی می‌شود. با توجه به نقشه تولید شده منطقه پیمایش شد و اندیس (شکل ۵-۸) که هنوز مورد اکتشاف

قرار نگرفته بود مشاهده شد.



شکل ۵-۸ اندیس منگنز کشف شده با استفاده از نقشه پتانسیل مطلوب.

فصل ششم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱-۶- نتیجه‌گیری

با تلفیق داده‌های اکتشافی با استفاده از روش منطق فازی در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم، مناطق با پتانسیل بالا و مطلوب برای کانی‌سازی منگنز بارزسازی شد. بدیهی است که تمرکز فعالیت‌های اکتشافی بعدی بایستی منطبق بر این مناطق در نظر گرفته شود که این موضوع از صرف هزینه و انرژی در مناطقی که دارای پتانسیل کانی‌سازی نیستند، جلوگیری می‌کند. نتایجی که از تهیه نقشه پتانسیل مطلوب حاصل می‌شود به طور مختصر در ذیل آمده است. این مطالعه به منظور ارزیابی استعدادهای کانی‌سازی و یافتن محدوده‌های مستعد و دارای پتانسیل بالا استفاده شده است. لایه‌های اطلاعاتی که در این مطالعه استفاده شد، شامل داده‌های اکتشافی، زمین‌شناسی، دورسنجی، ژئوشیمی است. پس از پردازش و آماده‌سازی لایه‌های اکتشافی موجود در منطقه و انجام محاسبات مختلف مربوط به روش منطق فازی و تعیین شاخص‌های بااهمیت از نظر اکتشافی، تلفیق این نتایج در محیط GIS صورت گرفته و نقشه پتانسیل مطلوب برای این منطقه مشخص شده است. روش تلفیق فازی به دلیل دارا بودن قالب تئوری قوی و انعطاف‌پذیری بالا از جمله روش‌های تلفیقی است که قابلیت بالایی جهت تلفیق نقشه‌های پیچیده چند کلاسه دارد. در این روش دانش کارشناسی بسیار اهمیت دارد؛ چرا که وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از نظر کارشناسی اعمال می‌گردد. نتایج حاصل از این روش انطباق خوبی با نتایج به دست آمده از اندیس‌های معدنی منگنز داشته که نشان‌دهنده اهمیت و کارایی این روش بوده است. در نقشه پتانسیل مطلوب اولین اولویت منطقه هلالان برای اکتشافات بعدی معرفی شد.

۲-۶- پیشنهادات

با توجه به مطالعات انجام شده در این پایان نامه پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

- ۱- پیشنهاد می گردد در منطقه ای که به عنوان منطقه ی امیدبخش معرفی شده اند، عملیات اکتشافی تمرکز یابد و برداشت زمین شناسی با جزئیات بیشتری انجام گیرد.
- ۲- در مطالعات دورسنجی و تعیین ساختارها، از ماهواره های با قدرت تفکیک مکانی بالا از قبیل Ikonos استفاده شود.
- ۳- علاوه بر به کارگیری این مدل بر روی مناطق مشابه به منظور کانی سازی منگنز، پیشنهاد می شود که این روش ها برای تعیین مناطق پتانسیل دار سایر ذخایر معدنی و فلزات پایه استفاده شود.
- ۴- پیشنهاد می گردد از روش های مغناطیسی در برداشت زمینی، در اکتشافات تفصیلی به منظور اکتشاف منگنز در زون های پیشنهاد شده، استفاده شود.

منابع:

- احمدیان پور غ، (۱۳۸۷)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "تحلیل ساختاری گسل ترود جنوب دامغان"، دانشکده علوم دانشگاه دامغان.
- آقنابتی س. ع. (۱۳۸۳) "زمین‌شناسی ایران" انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران. ص ۵۸۶.
- امیری رودبار ا، (۱۳۹۲)، پایان نامه کارشناسی ارشد، تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت، در ورقه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی میناب در سامانه اطلاعات جغرافیایی"، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۸۱-۱۱۰.
- باباحمدی ع، (۱۳۸۸)، "کاربردهای سنجش از دور (RS) در زمین‌شناسی"، انتشارات آوای قلم، تهران، چاپ اول، ص ۲۲-۵۵.
- برناب، (۱۳۷۰)، گزارش اکتشافی مقدماتی منگنز در ناحیه کاشمر بر روی کانسارهای منگنز زیروقت، سبندو و بند فرا، ص، ۱۰۴
- بونهام کارتر، گریم، ف.، (۱۳۷۹)، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش‌پژوهان علوم زمین، مدل‌سازی به کمک GIS. ترجمه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، گروه اطلاعات زمین مرجع، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بیاتانی ع، (۱۳۹۰) "شناسایی واحدهای کربناتی با استفاده از تصاویر ASTER"، مجله علوم زمین و معدن شماره ۶۱، اردیبهشت، ص ۲۲.
- بئوس، آ.، گریگوریان، س.، (۱۳۷۵)، روش‌های اکتشافات ژئوشیمیایی ذخایر معدنی، ترجمه سیمین پرند، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- پشنگ ع، (۱۳۹۱)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: "تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر کرومیت در شمال تربت حیدریه"، دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود، ص ۵۷-۹۳.
- جعفریان ع.، (۱۳۸۰). "نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم". سازمان زمین‌شناسی و

اکتشافات معدنی کشور.

- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۳)، " اصول اکتشافات ژئوشیمیایی ". انتشارات دانشگاه تهران. چاپ پنجم، ص ۶۰۱.
- حسنی پاک، ع.ا.، شرفالدین، (۱۳۸۰)، " تحلیل داده‌های اکتشافی ". انتشارات دانشگاه تهران، ص ۸۵۰.
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۲)، " ژئوشیمی اکتشافی (محیط سنگی) "، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۹۸.
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۰)، نمونه‌برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۵)، "تحلیل داده‌های اکتشافی"، چاپ سوم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ص ۳۲۰.
- حسنی پاک، ع.ا.، (۱۳۸۵)، "طراحی پروژه‌های اکتشافی"، چاپ اول، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ص ۱۳۳.
- خادمی م، (۱۳۸۶)، رساله دکتری: "ویژگی‌های ساختاری و وضعیت زمین‌شناسی منطقه ترود"، دانشکده علوم، دانشگاه شهید بهشتی.
- رنجبر، حجت ا. . .سنجش از دور در اکتشاف کانسارها. ۱۳۸۶. بخش مهندسی معدن دانشگاه شهید باهنر.
- شمعیان، غ.، (۱۳۸۱)، بررسی ژنز کانسارهای طلای گندی و ابوالحسنی در جنوب دامغان، رساله‌ی دکتری، دانشکده‌ی علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
- شهاب پور، ج.، (۱۳۸۲)، "زمین‌شناسی اقتصادی". انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- طیبی، ف.، (۱۳۸۹)، منگنز و ذخایر آن در ایران، مجله رشد زمین‌شناسی دوره ۱۶ شماره ۲
- علوی‌پناه، (۱۳۸۵)، "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)"، چاپ دوم، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ص ۶۸-۷۵.

- فاطمی، س.، رضایی، ی.، ۱۳۸۹- مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، چاپ ششم، ۲۴۶ صفحه
- قربانی، م. (۱۳۸۱)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- کریم‌پور، م. ح.، سعادت، س.، (۱۳۸۱)، زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، چاپ دانشگاه فردوسی مشهد.
- کریم‌پور، م.، ملک‌زاده، آ.، حیدریان، م.، (۱۳۸۴)، اکتشاف ذخایر معدنی، مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- لرستانی ق، شهریار ع. (۱۳۹۰)، "کاربرد ENVI در سنجش از دور"، چاپ اول، نشر انتخاب، تهران، ص ۱۲-۱۸.
- مر. ف، تنگستانی، ه. (۱۳۸۲)، "سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی"، مرکز نشر دانشگاهی تهران، چاپ اول، ص ۳-۶۵.
- مهدیه مصدق (۱۳۹۴)، "کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و الگوی پیدایش کانسار منگنز هلالان، منطقه معلمان، جنوب دامغان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، فرج‌الله فردوست.
- نوائی تورانی، آ.، عادل‌نیا، م.، (۱۳۸۳)، مقدمه‌ای بر GIS و آموزش نرم‌افزار Arc View، چاپ سوم، مؤسسه‌ی فرهنگی هنری دیباگران تهران.
- هوشمندزاده، (۱۳۵۷)، مقاله بررسی شرایط زمین‌شناسی و ساختاری منطقه ترو-معلمان در استان سمنان به منظور شناسایی کانی‌زایی مس، نوزدهمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران و نهمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور.
- یوسفی، م، کامکار روحانی، ا، ۱۳۸۹، "اصول روش‌های مدل‌سازی پتانسیل معدنی"، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران، ص ۱۷-۴۶.
- <http://mimt.gov.ir> وزارت صنعت و معدن و تجارت ۱۳۹۷.

References

منابع لاتين

- Anjiedd, M., (2008), “Remote sensing and Geographical Information System”, Textbook, pp162-163,
- Abrams, M.J., Brown, D., Lepley, L. and Sadowski, R., (1983) “Remote sensing for porphyry copper deposits in Southern Arizona”, Economic Geology, 78, 591, 605.
- Alex Kalinowski and Simon Oliver, (2004). “ASTER Mineral Index Processing Manual” . Remote Sensing Applications Geosciences Australia. pp. 19-20.
- Andrada de palomera, R. P. 2004. M. S. C Thesis, “Application of Remote Sensing and Geographic information Systems for Mineral predictive Mapping, Deseado Massif, southern Argntina. International for Geo- information Science and Earth Observation Ensechede, the Netherlands, p 75.
- Beiranvand.,A, Hashim.,M. Application of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) data in geological mapping", International Journal of the Physical Sciences Vol. 6(33), pp. 7657 - 7668, 9 December, 2011.
- Blakely R. J. 1996” Potential theory in gravity and magnetic applications” Cambridge University Press,441.
- Bonham – carter G.F. and Agterberg F.P. (1990)” Application of a microcomputer based geographic information system to mineral potential mapping”.
- Carranza, E.J.M., 2009. Geochemical anomaly and minerak prospectivity Mapping in GIS. Handbook of exploration and Enviromental Geochemistry.vol. 11 . Elsevier, Amsterdam. Pp.20-350.
- Clark D.A(1997)” Magnetic properties of ricks and minerals” J ournal of Astralian Geology and Geophysics., 17, 20-37.
- Clark D.A(1999)” Magnetic properties of igneous intrusions : implications for exploration and magnetic interpretation” Geophys., 30, 5-26.
- Clemens J.D. and Mawer C. K. (1992) “Graniticmagma transport by fracture propagation” Tectonophysics., 204 , 339-360.

- Clark, R.N., King, T.V.V., Klejwa, M., and Swayze, G.A., 1990, High spectral resolution reflectance spectroscopy of minerals: *Journal of Geophysical Research*, 95, 12653–12680.
- Crosta, A.P., Filho, C.R.S., (2003). “Searching for gold with ASTER” , *Earth Observation Magazine*, No. 12, pp. 34-41.
- Crosta A. P., De Souza Filho, C. R., Azevedo F. and Brodie, C., (2003) “Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis” *International Journal of Remote Sensing*, 24: pp 4233–4240
- Crosta A., Moore J., 1989. “Enhancement of Landsat Thematic Mapper imagery for residual soil mapping in SW Minas Gerais State, Brazil: a prospecting case history in Greenstone belt terrain. In: *Proceedings of the 7th ERIM Thematic Conference, Remote sensing for exploration geology*”, pp 1173-1187.
- Dobrin, M., & Savite, C. (1988). *Introduction to Geophysical Prospecting* McGrawHill Book Co. New York.
- Ernst W.G. Coleman D.S. and Van de Ven C. (2003)” Petrochemistry of granitic rocks in the Mount Barcroft area, Implications for arc evolution, central white Mountains, easternmost California” *Geological Society of America Bulletin*., 115, 499-512.
- Einaudi M.T., Meinert L.D. and Newberry R.J. (1981),” Skarn deposit”*Economic Geology*., 75th anniversary, pp 317-391.
- Forster H. (1978) “Mesozoic – Cenozoic metallogenesis in Iran” , *J of the geological society*., 135, 443-445.
- Forster H. and Knittel U. (1979), “Petrographic observations on a magnetite deposit at mishdovan, Central iran” *Economic Geology*, 74, pp 1485-1510.
- Gupta, R.P., (2003),”Remote sensing geology”. 2nd Ed. Springer- verlag Berlin Heidebrg, pp. 113-114.
- Geuna S. E. McEnroe S.A. Robinson P. and Escosteguy L.D. (2008) “ Magnetic petrology of the Devonian Achala Batholith, Argentina: Titanohaematite as an indicator of highly oxidized magma during crystallization and cooling” *Geophys. J. Int.*, 175, 925-941.

- Gregoire V. Darrozes J. Gaillot P. Nedelec A. and Launeau P. (1998) "Magnetite grain shape fabric and distribution anisotropy vs rocks magnetic fabric: a three – dimensional case study" *J of Structural Geology*, 20, 937-944.
- Hewson, R.D., Cudahy, T.J., Drake-Brockman, J., Meyers, J., Hashemi, A. (2006). "Mapping geology associated with manganese mineralisation using spectral sensing techniques at Woodie Woodie, East Pilbara". *Exploration Geophysics* (2006) 37, 389–400.
- Hrouda F. (1982) "Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics" *Geophysical Surveys*, 5, 37-82.
- Jensen, J. R., 2003. "Introductory digital image processing". 2nd edition, Prentice Hall, New Jersey, 318pp.
- Kesler S.E. (1994), "Mineral resources, economics and the environment", New York, Macmillan, pp.396.
- Lawrence C. Rowan, John C. (Mars 2002) Litho logic mapping in the Mountain pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data.
- Library of ENVI software 4.8, 2010 - Co, 80301, USA.
- Mars JC, Rowan LC (2006). Regional mapping of phyllic- and argillic altered rocks in the Zagros magmatic arc, Iran, using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data and logical operator algorithms. *Geosphere*, 2(3): 161-186.
- mehrabi et al, (2015), mehrabi et al, 2015 A systematic review and meta-analysis of laparoscopic versus open distal pancreatectomy for benign and malignant lesions of the pancreas: It's time to randomize .
- *Microcomputer Application in Geology*, vol 2, pergamon press oxford, pp 49-74.
- Prost, G. L., 2001- *Remote sensing for geologist, A guide to image interpretation*, Second edition, Gordon and Breach, Switzerland.
- Reimann, C., Filzmoser, P., Garrett, R.G., Dutter, R., (2008), "Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics with R", Chichester: Wiley, pp 343.
- Richards, J, A. Xiuping Jia 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. 4 th Edition Springer – Verlag Berlin Heidelberg 2006 Printed in Germ.

- Rajendran.,S and Nasir.,N. 2013 - Mapping of manganese potential areas using ASTER satellite data in parts of Sultanate of Oman. International Journal of Geosciences and Geomatics ISSN: 2052-5591
-
- Sabins, F. F., 1999- Remote sensing for mineral exploration. Ore Geology Reviews, 14: 157-183.
- Seo, M., Aung Kyaw, T. & Takashima, I., 2005- Application of remote sensing techniques on iron oxide detection from ASTER and Landsat images of Tanintharyi Coastal Area, Myanmar, Akita University, 26: 21-28.
- Sherman, D.M., 1985, The electronic structures of Fe³⁺ coordination sites in iron oxides: application to spectra, bonding and magnetism: Physics and Chemistry of Minerals, 12, 161–175.

Abstract

The studied area is part of the geological sheets of Klatah-Rashm. It is located in the southeast of Damghan and in Semnan province. The purpose of this research is to determine the areas susceptible to manganese by combining different layers of information in the GIS environment. Geological, satellite and geochemical data were used for this purpose. The remote sensing section, the ASTER and ETM + satellite image processing techniques include false color combinations, band ratio, least squares regression, main component analysis of argillic, filice, propylitic, carbonate, silic and iron oxide interactions that can be directly or indirectly Detected and indirectly linked to mineralization, and rock units were also segregated. The lines were also detected using various filters. To integrate the information and the resulting layers, we used the GIS environment. For this work, digital maps of the effective factors were linked and scored on the basis of different weights, and a compilation of information layer was made in the software environment. Then, to determine the best and most suitable areas, we used Index overlay methods, fuzzy method using Sum, Product, and, or, gamma.

Based on the results of the integration of existing information layers, suitable areas were identified using simple Classification and fractal Geometry, then a final map of the Mn potential in the study area was produced, after that Using the Fuzzy operator, the final Mn potential was identified. Finally, the mineralizations of study the area were used to validate the results. Accordingly, more than 90% of indexes are located in proposed locations. So, it can be said that the use of satellite data and determining the correct selection of required information layers and the integration of information in GIS is a suitable method for identifying Mn potential areas.

Keywords: Manganese, Remote Sensing, Geographic Information System, Integration, Index Overlay, Fuzzy Process, Potential Map



Shahrood University of Thchnology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Mineral Exploration

**Mineral potential mapping of Mn deposits using GIS and
Remote sensing method in Rashm 1:100000 sheet**

By: Ali Khalaj

Supervisor:

Dr. Mansour ziaie

Advisor:

Eng. Mehdi ziaie

September 2018