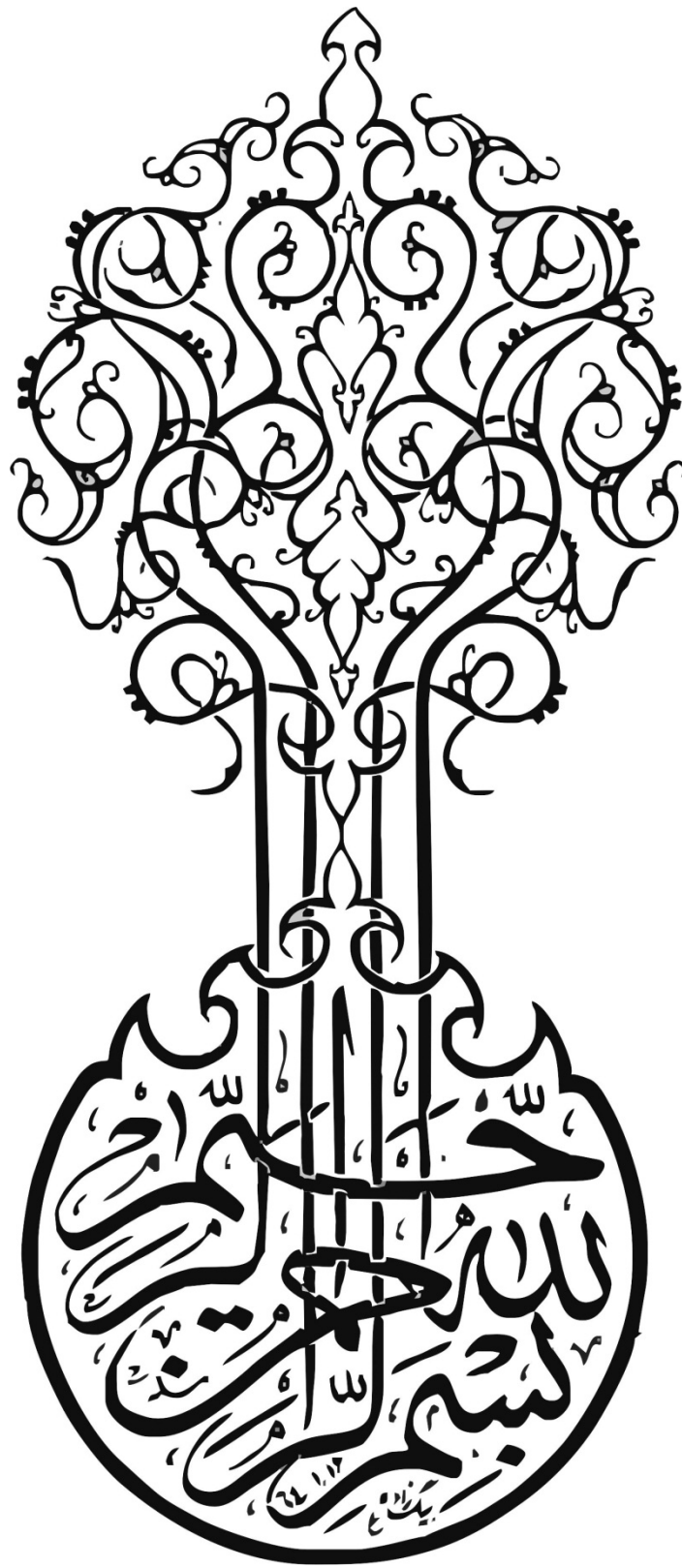
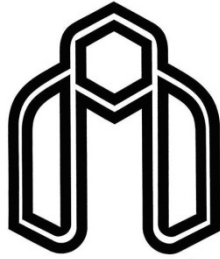






دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

کرایش اکتشاف معدن

مدل سازی و تلفیق داده های اکتشافی در محیط GIS جهت تهیه نقشه
پتانسیل مطلوب ذخایر مس پورفیری در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ جبال بارز

دانشجو: امیر سلیمی

اساتید راهنما :

دکتر رضا خالوکاکائی

دکتر منصور ضیائی

استاد مشاور :

محمد نصیری

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ۱۳۸۸



دانشگاه صنعتی مازندران

دانشکده مهندسی معدن نفت و ژئوفیزیک

گروه اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای / امیر سلیمی

تحت عنوان: مدل سازی و تلفیق داده های اکتشافی در محیط GIS جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر مس پورفیری در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن مورد ارزیابی و با درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی:		نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:
			نام و نام خانوادگی:

خدای راسی مگر کم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه دخت پر بار وجودشان بیایم و از ریشه آنها شاخ و برگ کرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند وستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم به پدر و مادر عزیزتر از جانم...

تقدیر و تشکر

سپاس خدای عزوجل را که همواره بندگان را مورد لطف و عنایتش قرار داده است، خدایی که بار دیگر مرا تحت الطاف بیکرانیش قرار داد تا بتوانم قدمی دیگر در مسیر اعتلا و پیشرفت تحصیلی به پیش بردارم.

بی شک در ابتدا بایستی قدردان پدر و مادر مهربانم باشم که یک بار دیگر با فراهم نمودن اسباب رفاه و آسایش، در گذر از این مرحله زندگانی نیز یاریم نمودند و البته امیدوار به روزی که تنها بتوانم گوشه‌ای بسیار کوچک از زحماتشان را جبران نمایم. در ادامه مراتب سپاس و قدردانی خویش را نثار اساتید راهنمای عزیزم آقایان دکتر رضا خالوکاکائی و دکتر منصور ضیائی نموده و از خداوند متعال سلامتی، موفقیت و بهروزی را برای ایشان خواستارم.

همچنین وظیفه خویش می دانم که از راهنمایی‌های بی دریغ و گرانقدر استاد مشاور عزیزم جناب آقای مهندس محمد نصیری تشکری ویژه داشته و از درگاه خداوند متعال سلامتی و موفقیت ایشان را خواستار باشم.

در خاتمه سپاسگذار کلیه دوستان و عزیزانی می‌باشم که مرا در به پایان رسانیدن این پایان نامه یاری نمودند، مطمئناً موفقیت و سلامتی ایشان آرزوی قلبی این حقیر خواهد بود.

تعهد نامه

اینجانب **امیر سلیمی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد / دکتری رشته **مهندسی اکتشاف معدن**
دانشکده **معدن، نفت** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه / رساله **مدل سازی و تلفیق داده های اکتشافی**
و ژئوفیزیک
در محیط GIS جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب تحت راهنمایی دکتر کاکائی و ضیایی متعهد می شوم .
ذخایر مس پورفیری در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز

- تحقیقات در این پایان نامه / رساله 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 / رساله 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 صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه / رساله تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه / رساله رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه / رساله ، 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 / رساله ، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ :

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد .

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه / رساله وجود داشته باشد .

چکیده

منطقه جبال بارز با قرارگیری در کمربند متالوژنی بزمان - سهند و با داشتن مساحتی بالغ بر ۹۵۰ کیلومتر مربع در جنوب شرق ایران واقع شده است. تشکیلات گرانودیوریتی این کمربند حاوی ذخایر مس پورفیری از جمله معادن مهمی همچون سرچشمه، سونگون و میدوک می باشد. هدف از این تحقیق، تهیه نقشه پتانسیل مطلوب در منطقه جبال بارز جهت اکتشاف ذخایر مس پورفیری با استفاده از تلفیق روش های سنتی و مدرن در محیط GIS می باشد.

کاربرد روش های اکتشافی سنتی از قبیل زونالیت، متالومتری و ... و همچنین بعضی از روش های مدرن اکتشافی از قبیل وزن های نشانگر در محیط GIS با محدودیت هایی مواجه هستند لذا برای ارائه مدل یا تشخیص الگویی مناسب جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب از ترکیب روش های سنتی زونالیت و نوین وزن های نشانگر و منطق فازی در محیط GIS استفاده شده و نقشه پتانسیل مطلوب برای منطقه جبال بارز تهیه گشت.

برای استخراج شاخصه های اکتشافی، مطالعه و پردازش بر روی داده های زمین شناسی، ساختارهای خطی، داده های ژئوشیمیایی و تصاویر دورسنجی انجام گرفت. بررسی داده های دورسنجی، با پردازش تصاویر ETM+ و ASTER منطقه در محیط نرم افزار ENVI 4.2، با هدف جداسازی و تفکیک دگرسانی های مرتبط با ذخایر مس پورفیری انجام پذیرفت. پردازش داده های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای نیز با در نظر گرفتن ماهیت برداری نمونه های برداشت شده از رسوبات آبراهه ای و همچنین با استفاده از روش زونالیت انجام گرفت. در استفاده از روش زونالیت، اصل همراهی حاصل ضرب آنومالی های عناصر شاخص تحت کانساری و فوق کانساری به عنوان معیار برای شناسایی آنومالی های مس پورفیری مدنظر قرار گرفت. در نهایت نیز با تلفیق داده های اکتشافی توسط روش های وزن های نشانگر و منطق فازی که در محیط نرم افزار ArcGIS 9.2 انجام گرفت نقشه پتانسیل مطلوب برای منطقه تحت بررسی ارائه شد. بر اساس نقشه های پتانسیل مطلوب بدست آمده توسط دو روش مذکور، سرانجام دو منطقه مستعد شناسایی شده و جهت انجام مطالعات تکمیلی تر

معرفی گردید. در ادامه دو منطقه یاد شده خود بر اساس روش سنتی زونالیتة ژئوشیمیایی اولویت بندی شدند، بر این اساس اولویت اول اکتشافی به منطقه‌ای تعلق گرفت که تقریباً در بخش جنوبی برگه جبال بارز و در کنار روستای کرور قرار دارد. منطقه مذکور با داشتن مساحتی در حدود ۱۷/۵ کیلومتر مترمربع، در حدود ۲٪ از منطقه تحت مدل‌سازی را تحت پوشش خود قرار می‌دهد. اولویت دوم اکتشافی نیز با قرارگیری در بخش مرکزی برگه جبال بارز و با وسعتی در حدود ۴ کیلومتر مربع، پوشش دهنده ۵/۰٪ از منطقه تحت مطالعه می‌باشد.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- امیر سلیمی، رضا خالوکاکائی و منصور ضیائی "مطالعات دورسنجی و شناسایی و تفکیک آلتراسیون های منطقه جبال بارز با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM+ و ASTER" دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، اسفند ۸۷.

۲- امیر سلیمی، منصور ضیائی و رضا خالوکاکائی "مطالعات ژئوشیمیایی در برگه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز به منظور شناسایی مناطق آنومال مرتبط با ذخایر مس پورفیری با استفاده از روش سنتی زونالیت" دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، اسفند ۸۷.

۳- امیر سلیمی، رضا خالوکاکائی و منصور ضیائی "مدل سازی و تلفیق لایه های اکتشافی در محیط GIS با هدف تهیه نقشه پتانسیل مطلوب برای ذخایر مس پورفیری در منطقه جبال بارز" دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، اسفند ۸۷.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۲-۱- مروری بر کارها و مطالعات اخیر انجام گرفته در منطقه جبال بارز
۵	۳-۱- تعریف مسأله و بیان سؤال‌های اصلی تحقیق
۶	۴-۱- اهداف پایان نامه
۷	۵-۱- مراحل انجام پروژه
۸	۶-۱- سازماندهی پایان نامه
۱۰	فصل دوم: موقعیت جغرافیایی و شرایط زمین شناسی منطقه
۱۱	۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه
۱۳	۲-۲- ژئومورفولوژی و ارتفاعات
۱۴	۳-۲- آب و هوا و بارندگی
۱۴	۴-۲- منابع آب
۱۴	۵-۲- پوشش گیاهی
۱۵	۶-۲- زمین شناسی عمومی و شرایط تکتونیکی منطقه
۱۵	۲-۶-۱- وضعیت واحدهای آذرین، رسوبی و دگرگونی منطقه
۱۶	۲-۶-۱-۱- سنگ‌های آذرین
۱۷	۲-۶-۱-۲- سنگ‌های رسوبی
۱۷	۲-۶-۱-۳- آذرآواریها
	۲-۶-۲- خلاصه‌ای در رابطه جنس و موقعیت جغرافیایی واحدهای
۲۰	زمین شناسی منطقه
۲۲	۲-۶-۳- وضعیت توده‌های نفوذی منطقه
۲۲	۲-۶-۴- وضعیت واحدهای زمین شناسی جوان در منطقه
۲۲	۲-۶-۵- تکتونیک جبال بارز
	فصل سوم: مقدمه‌ای بر GIS همراه با معرفی روشهای مختلف مدلسازی و تلفیق
۲۵	داده‌ها
۲۶	۳-۱- مقدمه
۲۷	۳-۲- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی
۲۸	۳-۳- بخش‌های تشکیل دهنده GIS
۲۸	۳-۳-۱- کاربران

۲۹	 ۲-۳-۳- سخت افزارها
۲۹	 ۳-۳-۳- نرم افزارها
۲۹	 ۴-۳-۳- اطلاعات و روش‌ها
۲۹	 ۴-۳- مؤلفه‌های GIS
۳۰	 ۱-۴-۳- مؤلفه ورودی
۳۰	 ۲-۴-۳- مؤلفه مدیریت
۳۰	 ۳-۴-۳- مؤلفه تحلیل
۳۰	 ۴-۴-۳- مؤلفه خروجی
۳۱	 ۵-۳- کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در علوم مربوط به زمین
	 ۱-۵-۳- تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی با استفاده از سامانه اطلاعات
۳۲	 جغرافیایی
۳۴	 ۶-۳- معرفی انواع روشهای تهیه نقشه‌های پتانسیل‌دار معدنی در محیط GIS
	فصل چهارم: مطالعات دورسنجی در منطقه جبال بارز جهت شناسایی
۳۹	 آلتراسیون‌های هیدروترمالی
۴۰	 ۱-۴- مقدمه
۴۳	 ۲-۴- تاریخچه
۴۴	 ۳-۴- پردازش تصاویر ماهواره‌ای جهت شناسایی زون‌های آلتراسیونی هیدروترمالی
۴۵	 ۱-۳-۴- آشنایی با تعدادی از روشهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای
۴۵	 ۱-۱-۳-۴- تصاویر رنگی مرکب کاذب
۴۷	 ۲-۱-۳-۴- تصاویر نسبتی
۴۸	 ۳-۱-۳-۴- تصاویر نسبتی ترکیبی
۴۸	 ۴-۱-۳-۴- آنالیز مؤلفه‌های اصلی
	 ۲-۳-۴- پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه جبال بارز جهت شناسایی
۴۹	 آلتراسیون‌های هیدروترمالی
	 ۱-۲-۳-۴- کاربرد تصاویر ETM+ به منظور شناسایی آلتراسیون‌های
۵۰	 منطقه جبال بارز
۵۰	 ۱-۱-۲-۳-۴- تصاویر نسبتی
۵۴	 ۲-۱-۲-۳-۴- تصاویر نسبتی ترکیبی
۵۵	 ۳-۱-۲-۳-۴- آنالیز مؤلفه‌های اصلی

۴-۳-۲- کاربرد تصاویر ASTER به منظور شناسایی آلتراسیونهای

۶۰ منطقه جبال بارز.....

۶۰ ۴-۳-۲-۱- شناسایی آلتراسیونهای آرژیلیکی منطقه تحت مطالعه...

۶۴ ۴-۳-۲-۲- شناسایی آلتراسیونهای سرسیتیک منطقه تحت مطالعه..

۶۴ ۴-۳-۲-۳- نتیجه گیری.....

۶۶ **فصل پنجم: اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه‌ای در برکه جبال بارز.....**

۶۷ ۵-۱- مقدمه.....

۶۸ ۵-۲- آشنایی با رسوبات آبراهه‌ای.....

۶۹ ۵-۲-۱- رسوبات رودخانه‌ای و کاربرد آنها در اکتشافات ژئوشیمیایی.....

۷۰ ۵-۲-۲- بررسی رسوبات رودخانه‌ای در مناطق خشک.....

۷۱ ۵-۳-۳- اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه‌ای در منطقه جبال بارز.....

۷۲ ۵-۳-۱- نمونه‌های برداشت شده از منطقه جبال بارز.....

۷۲ ۵-۳-۲- جدایش جوامع سنگی.....

۷۴ ۵-۳-۳- تخمین مقدار زمینه و حد آستانه‌ای برای عناصر مورد نیاز.....

۷۵ ۵-۳-۴- اکتشافات ژئوشیمیایی با استفاده از روش سنتی زونالیت.....

۵-۳-۵- شناسایی نواحی آنومال ژئوشیمیایی بر اساس مطالعه حوزه آبریز

۸۱بالادست نمونه‌ها

فصل ششم: تلفیق لایه‌های اکتشافی شاهد و تهیه نقشه پتانسیل مطلوب

۸۳به روش وزندهای نشانگر.....

۸۴ ۶-۱- آشنایی با روش وزندهای نشانگر.....

۸۴ ۶-۱-۱- کلیات.....

۸۷ ۶-۱-۲- روابط و محاسبات مربوط به وزندهای نشانگر.....

۹۱ ۶-۱-۲-۱- آزمونهای سنجش استقلال شرطی.....

۹۴ ۶-۱-۳- محدودیت‌های روش وزندهای نشانگر.....

۹۶ ۶-۲- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب مس پورفیری برای منطقه جبال بارز.....

۹۷ ۶-۲-۱- تهیه نقشه‌های شاهد زمین شناسی.....

۹۹ ۶-۲-۱-۱- نقشه شاهد واحدهای زمین شناسی.....

۱۰۰ ۶-۲-۱-۲- نقشه شاهد گسلهای منطقه.....

۱۰۱ ۶-۲-۲- تهیه نقشه شاهد ژئوشیمیایی و دورسنجی.....

۱۰۱ ۶-۲-۳- نتایج آزمون اول استقلال شرطی.....

۴-۲-۶	تلفیق نقشه‌های شاهد و تهیه نقشه پتانسیل مطلوب با استفاده از
۱۰۳	متد وزنهای نشانگر
۱۰۴	۵-۲-۶- نتایج آزمون دوم استقلال شرطی
۱۰۵	۶-۲-۶- نتیجه‌گیری
	فصل هفتم: تلفیق لایه‌های اکتشافی و تهیه نقشه پتانسیل مطلوب به روش
۱۰۷	منطق فازی
۱۰۸	۱-۷- آشنایی با روش منطق فازی
۱۰۹	۱-۱-۷- تلفیق توابع عضویت گنگ
۱۱۲	۲-۷- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب مس پورفیری برای منطقه جبال بارز
	۱-۲-۷- نحوه کلاس‌بندی لایه‌های مورد استفاده جهت تلفیق و امتیازدهی
۱۱۲	به هر کلاس
۱۱۶	۲-۲-۷- تلفیق لایه‌های امتیاز بندی شده جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب
۱۱۸	۳-۷- نتیجه‌گیری
۱۱۹	 فصل هشتم: نتیجه‌گیری
۱۲۰	۱-۸- نتیجه‌گیری
۱۲۱	۲-۸- اعتبارسنجی نتایج
۱۲۲	۳-۸- پیشنهادات
۱۲۴	 منابع و مأخذ
۱۲۵	منابع فارسی
۱۲۷	منابع لاتین

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

فصل دوم

۱۲	شکل (۱-۲) - موقعیت جغرافیایی برگه جبال بارز.....
۱۳	شکل (۲-۲) - تصویر ماهواره‌ای منطقه جبال بارز.....
۱۸	شکل (۳-۲) - نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز.....
۱۹	شکل (۴-۲) - راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز.....
۲۴	شکل (۵-۲) - موقعیت گسل‌های منطقه جبال بارز.....

فصل چهارم

	شکل (۱-۴) - فرآیند سنجش از راه دور از مرحله تابش امواج الکترومغناطیس تا دریافت.
۴۱	توسط کاربر.....
۴۸	شکل (۲-۴) - بازتاب طیفی کانیهای رسی و اکسیدهای آهن.....
۵۱	شکل (۳-۴) - تصویر نسبتی ۵/۷ جهت شناسایی کاهی‌های رسی.....
	شکل (۴-۴) - الف: تصویر نسبتی ۵/۷، ب: شاخص NDVI برای شناسایی پوشش گیاهی ج: تصویر رنگی ترکیبی با (4,6,7) RGB برای شناسایی مناطق همراه با پوشش گیاهی.....
۵۲	شکل (۵-۴) - تصویر نسبتی ۳/۱ جهت شناسایی کانیهای اکسیدی آهن‌دار.....
۵۳	شکل (۶-۴) - تصویر حاصل از ترکیب باندی نسبتی با (۵/۷-۳/۱-۵/۴) RGB.....
۵۴	شکل (۷-۴) - تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۱، ۴، ۵، ۷).....
۵۶	شکل (۸-۴) - تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۱، ۳، ۴، ۵).....
۵۸	شکل (۹-۴) - تصویر رنگی ترکیبی با (4/3, PC4(1457), PC4(1345) RGB.....
۵۹	شکل (۱۰-۴) - تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۱، ۳، ۵، ۶).....
۶۲	شکل (۱۱-۴) - مناسب بودن کانی آلونیت جهت شناسایی آلتراسیون آرژیلیکی.....
	شکل (۱۲-۴) - تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹).....
۶۳	شکل (۱۳-۴) - تصویر رنگی ترکیبی با RGB:(4,6,5) جهت شناسایی آلتراسیون سرسیتیک

فصل پنجم

- شکل (۵-۱) - جدایش جوامع سنگی و محاسبه جداگانه مقادیر زمینه و حد آنومالی در هر منطقه ۷۳
- شکل (۵-۲) - موقعیت نمونه‌های آنومال مربوط به هر عنصر در نواحی ۹ گانه ۷۹
- شکل (۵-۳) - آنومالی‌های ژئوشیمیایی بدست آمده با در نظر گرفتن حوزه آبریز بالادست نمونه‌های آنومال ۸۲

فصل ششم

- شکل (۶-۱) - نمودار ون جهت نمایش محاسبات روش وزنهای نشانگر ۸۸
- شکل (۶-۲) - نقشه رقومی شده مربوط به موقعیت اندیس‌های معدنی شناسایی شده در منطقه ۹۸
- شکل (۶-۳) - نقشه‌های شاهد تهیه شده جهت تلفیق توسط متد وزنهای نشانگر ۱۰۲
- شکل (۶-۴) - نقشه پتانسیل مطلوب (نقشه احتمال متأخر) ۱۰۴

فصل هفتم

- شکل (۷-۱) - نمودار عضویت گنگ ۱۱۳
- شکل (۷-۲) - نحوه کلاس بندی و امتیازدهی فازی به نقشه‌های دورسنجی، آنومالیهای ژئوشیمیایی و گسلها ۱۱۵
- شکل (۷-۳) - فلوچارت تلفیق لایه‌های اکتشافی برای تهیه نقشه نهایی ۱۱۶
- شکل (۷-۴) - نقشه پتانسیل مطلوب ۱۱۷

فصل هشتم

- شکل (۸-۱) - مناطق مستعد کانی‌زایی ($A =$ اولویت اول ، $B =$ اولویت دوم) ۱۲۳

فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل سوم

- جدول (۱-۳) - تعدادی از مدل‌های متداول موجود برای تلفیق داده‌ها در GIS ۳۸

فصل چهارم

- جدول (۱-۴) - تعدادی از ترکیب‌های باندی مناسب برای مطالعه پدیده‌های مختلف
توسط تصاویر ماهواره‌ای ۴۶
- جدول (۲-۴) - تعدادی از نسبت‌های ترکیبی ارائه شده در همایش‌های مختلف جهت
شناسایی آلتراسیون‌ها ۴۸
- جدول (۳-۴) - مقادیر ویژه حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی به روش کروستا برای
باندهای (۱، ۴، ۵، ۷) ۵۵
- جدول (۴-۴) - مقادیر ویژه حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی به روش کروستا برای
باندهای (۱، ۳، ۴، ۵) ۵۷
- جدول (۶-۴) - مقادیر ویژه حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی به روش کروستا برای
باندهای (۱، ۳، ۵، ۶) ۶۱

فصل پنجم

- جدول (۱-۵) - محاسبه مقادیر زمینه و آنومالی برای عناصر مورد نیاز در استفاده از
روش زونالیت ۷۷
- جدول (۲-۵) - مقادیر میانگین نمونه‌های آنومال در نواحی ۹ گانه ۷۸
- جدول (۳-۵) - محاسبه ضرایب زونالیت برای نواحی ۹ گانه بر اساس نتایج جدول (۲-۵) ۷۸

فصل ششم

- جدول (۱-۶) - جدول وابستگی برای نشان دادن چهار موقعیت ممکن همپوشانی بین
دو الگوی دوتایی پیش‌بینی کننده و ذخایر معدنی ۹۲
- جدول (۲-۶) - کلیه روابط مورد نیاز برای انجام محاسبات مربوط به وزنهای نشانگر ۹۵
- جدول (۳-۶) - مقادیر محاسبه شده برای واحدهای زمین شناسی توسط روابط
جدول (۲-۶) ۹۹
- جدول (۴-۶) - مقادیر محاسبه شده برای تک تک بافرهای زده شده در اطراف
گسل‌های منطقه ۱۰۰
- جدول (۵-۶) - مقادیر χ^2 محاسبه شده برای جفت نقشه‌های شاهد ۱۰۳

جدول (۶-۶) - اوزان مثبت و منفی محاسبه شده برای ۴ لایه شاهد با استفاده از روابط

۱۰۳ جدول (۶-۲)

۱۰۵ جدول (۶-۷) - نتایج آزمون دوم استقلال شرطی

فصل هفتم

۱۱۴ جدول (۷-۱) - نحوه امتیازدهی فاز۱ به نقشه آنومالی‌های ژئوشیمیایی

۱۱۴ جدول (۷-۲) - نحوه امتیازدهی فاز۱ به نقشه مناطق آلتراسیونی

۱۱۴ جدول (۷-۳) - نحوه امتیازدهی فاز۱ به نقشه گسلها

فصل اول :

کلیات

۱-۱- مقدمه

امروزه مسئله صرفه‌جویی در صرف هزینه و زمان چنان به امری مهم بدل گشته و آنچنان در زندگی بشر کنونی رسوخ نموده است که وی را ناگزیر به دست‌یازی به هر وسیله و ابزاری نموده است تا به هر نحو ممکنه به این مهم نائل گردد. یکی از موارد بسیار مهم و تأثیرگذاری که بشر امروزی به شکلی گسترده و وسیع در زندگی خویش بکار گرفته است، کامپیوتر و علوم مربوط به آن می‌باشد. به موازات پیشرفت‌های نرم افزاری و سخت افزاری صورت گرفته در صنعت کامپیوتر و فناوری اطلاعات، شاخه‌های مختلف علوم بشری نیز بیش از پیش نیاز به کامپیوتر در زمینه‌های کاری مربوط به خود را احساس نموده‌اند.

پیشرفت‌های شکل گرفته در زمینه کامپیوتر و تکنولوژی‌های سخت افزاری و نرم افزاری وابسته به آن منجر شده است که کامپیوتر نقش بسیار مهم و روزافزونی نیز در شاخه اکتشافات و ارزیابی ذخایر معدنی داشته باشد [Luo, 2002]. سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱ (GIS) که در چند دهه اخیر و در نتیجه همین پیشرفت‌های پدید آمده در علوم کامپیوتری، ایجاد شده است توسط بخش‌های گوناگون و در زمینه‌های مختلفی بکار گرفته شده است که بخش معدن و اکتشافات مواد معدنی نیز در زمره استفاده کنندگان از آن قرار داشته و مکرراً برای ارزیابی و شناسایی ذخایر معدنی جدید از فناوری مذکور بهره برده است [بونهام-کارتز، ۱۳۷۹]. سامانه اطلاعات جغرافیایی سیستمی کامپیوتری برای مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی^۲ می‌باشد که قابلیت جمع‌آوری،

1- Geographic Information System
2- Spatial data

ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی را دارد، به زبانی دیگر GIS مجموعه‌ای کامل از امکانات و قابلیت‌های ویرایشی و به هنگام‌سازی سریع داده‌ها است به طوری که روش‌های سنتی و قدیمی به دلیل حجم زیاد داده‌ها فاقد آن هستند. به زبانی ساده‌تر می‌توان گفت که با بهره‌گیری از توانایی‌های کامپیوتری، سرعت پردازش داده‌ها در محیط GIS افزایش یافته و توانایی انجام تحلیل‌های بی‌شمار در مدت زمان کوتاه توسط فناوری GIS فراهم شده است [تی‌تی‌دژ، ۱۳۸۵].

امروزه ارزش بالای داده‌های زمین‌شناسی و اکتشافی در عملیات اکتشافی و نیز اهمیت بررسی همه جانبه و بهره‌گیری هر چه بهتر از این داده‌ها برکسی پوشیده نیست. لذا با در نظر گرفتن این نکته و نیز توانایی‌های GIS، حرفه معدن‌کاری نیز به منظور بهره‌مندی از امکانات و توانایی‌های فناوری مذکور و با دنباله روی از سایر علوم به تلفیق علم اکتشاف و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی پرداخته و با عنوان بررسی پتانسیل‌های معدنی، امکان اولویت‌بندی اکتشافی را برای عناصر و مواد معدنی فراهم آورده است. این تلفیق نه تنها امکان ایجاد و برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی اکتشافی را به ارمغان می‌آورد بلکه ایجاد پایگاه داده و جمع‌آوری اطلاعاتی جامع از منطقه تحت پی‌جویی از دیگر فواید آن به شمار می‌آید و در نهایت نتیجه بسیار مهمتری که در نتیجه استفاده از GIS در کارهای اکتشافی حاصل می‌شود همانا صرفه‌جویی در زمان و هزینه و طراحی بهترین برنامه اکتشافی می‌باشد.

در پایان‌نامه حاضر سعی بر تهیه نقشه پتانسیل دار مس پورفیری برای ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز در راستای نیل به اهداف فوق می‌باشد. اکتشافات ناحیه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در زمره فعالیت‌های اکتشافی زیربنایی بشمار می‌آید که با هدف شناخت نواحی پتانسیل‌دار معدنی انجام می‌پذیرد و از ابزارهای اکتشافی مختلفی چون روش‌های ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، دورسنجی و ... بهره می‌جوید، اما آنچه که در این پایان‌نامه مدنظر می‌باشد بکارگیری تعدادی از این روش‌های اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای و در نهایت ترکیب و تلفیق نتایج حاصله از آنها در محیط GIS است، بدین‌صورتکه ضمن گردآوری و ورود کلیه داده‌ها (یعنی داده‌های زمین‌شناسی، گسل‌ها، داده‌های ژئوشیمیایی و تصاویر ماهواره‌ای) پردازش و مطالعات لازمه بر روی آنها انجام پذیرفته و در نهایت برای تعیین

اولویت‌های اکتشافی، اطلاعات حاصل از داده‌های پردازش شده با یکدیگر تلفیق گشته‌اند که ماحصل آنها معرفی مناطقی با عنوان مناطق امیدبخش معدنی می‌باشد.

۱-۲- مروری بر کارها و مطالعات اخیر انجام گرفته در منطقه جبال بارز

به طور کلی می‌توان گفت ورقه جبال بارز از جمله مناطقی است که اخیراً مورد اکتشاف و بررسی‌های اکتشافی قرار گرفته و در نتیجه شناخت کامل و جامعی از منابع معدنی آن در دسترس نمی‌باشد. این ورقه به دلیل موقعیت خاص قرارگیری خود در یکی از زون‌های مهم اکتشافی یعنی زون ارومیه - دختر و وجود شواهدی که در مطالعات اخیر به دست آمده، از جمله مناطق دارای اهمیت از نظر اکتشاف ذخایری نظیر مس- مولیبدن پورفیری و رگه‌ای، طلا و سرب و روی می‌باشد [ارحیمی، ۱۳۸۰].

با توجه به اهمیت بالای منطقه جبال بارز از نظر کانی‌زایی، منطقه مذکور تحت مطالعات و بررسی‌های متعددی قرار گرفته است. مطالعات اولیه در منطقه در سال ۱۹۷۳ میلادی و توسط گروهی از زمین‌شناسان کشور یوگسلاوی انجام شد که طی آن طرح زمین‌شناسی- معدنی ناحیه کرمان اجرا گشته و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز نیز در همان زمان و توسط همین گروه تهیه گشت. پروژه اکتشاف سیستماتیک در کمربند ارومیه - دختر توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، از دیگر مطالعات انجام گرفته در منطقه است که در راستای اجرای طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی در کل کشور صورت پذیرفته است. تهیه نقشه‌های مقدماتی پتانسیل مواد معدنی در گستره ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز با بهره‌گیری از GIS عنوان گزارشی اکتشافی می‌باشد که در راستای اجرای طرح مذکور، توسط شرکت توسعه علوم زمین تهیه شده است. این گزارش که در سال ۱۳۸۰ تهیه شده است شامل مطالعات مفصل و مجتمعی پیرامون ژئوفیزیک هوایی، دورسنجی، سنگ‌شناسی، تکتونیک و ژئوشیمی است که در قالب فاز یک اکتشافی منطقه انجام شده است.

گزارش زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز با مجری‌گری سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و تهیه‌کنندگی حمید نظری در سال ۱۳۷۹ یکی دیگر از کارهای انجام شده قبلی در منطقه جبال بارز می‌باشد. بر اساس این گزارش گستره مورد بررسی بخشی از بلندی‌های جبال بارز در جنوب بم را در بر می‌گیرد و بر اساس تقسیمات ساختاری در بخش جنوبی کمان ماگمایی ارومیه - دختر و حاشیه جنوب باختری بلوک لوت قرار دارد. ناحیه فوق شامل نهشته‌های رسوبی آتشفشانی از دوره کرتاسه تا عصر حاضر می‌باشد. از دیدگاه ساختاری وجود سیستم غالب از گسله‌های شمال باختری- جنوب خاوری، از نکات آشکار این گستره است [ارحیمی، ۱۳۸۰].

گزارش دیگر اکتشافی در ارتباط با منطقه جبال بارز در زمستان ۱۳۷۹ توسط آقای محمدجواد واعظی‌پور و با عنوان گزارش پردازش و تفسیر ژئوفیزیک هوایی به روش مغناطیس‌سنجی در برگه جبال بارز تهیه شده است. جداسازی آنومالی‌های ژئوشیمیایی از طریق روش‌های فرکتالی و چندمتغیره یکی دیگر از مطالعات موردی در ارتباط با برگه جبال بارز می‌باشد که توسط آقایان علی رفیعی و فیروز علی‌نیا ارائه گشته است [سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹].

۱-۳- تعریف مسأله و بیان سؤال‌های اصلی تحقیق

توده نفوذی گرانودیوریتی تا مونزوگرانیتی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز از زون سنندج - سیرجان مشتمل بر ۲۵ اندیس کانی‌سازی مس در پیریت و کالکوپیریت در کنار دگرسانی‌های آرژیلیکی، سیلیسی، سربیتی و کلریتی تشکیل شده است. مهمترین لایه اطلاعاتی قابل تحلیل و تفسیر در این ناحیه، نقشه زمین شناسی و داده‌های ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ به اضافه داده‌های سنجش از دور است. به منظور تهیه نقشه پتانسیل بهینه، از روش‌های منطق فازی^۱ و وزن‌های نشانگر^۲ در محیط GIS استفاده خواهد شد. با توجه به بانک داده‌های ژئوشیمیایی،

1- Fuzzy Logic

2- Weight of Evidence (WofE)

دورسنجی و زمین شناسی در مقیاس ناحیه‌ای جبال بارز و استفاده از دو روش مذکور برای تحلیل این لایه‌های اطلاعاتی، می‌توان به پرسش‌های اساسی زیر پاسخ داد:

- با توجه به محدودیت‌های خاص روش‌های سنتی و مدرن چگونه می‌توان با استفاده از داده‌های زمین شناسی، ژئوشیمیایی و دورسنجی مناطق پتانسیل دار کانی‌سازی شده را با استفاده از GIS به صورت نقشه ارائه کرد؟

- چگونه می‌توان با اطلاعات موجود، نقشه پتانسیل مطلوب برای ذخایر مس پورفیری در منطقه جبال بارز ارائه داد؟

۱-۴- اهداف پایان‌نامه

اجرای پروژه‌های اکتشافی از دیرباز به صورت سنتی و عملیات صحرایی مداوم، مرسوم بوده درحالیکه امروزه بکارگیری تکنولوژی نوین ژئوماتیکس در استفاده از لایه‌های اطلاعاتی دورسنجی، زمین شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک هوایی و ... در زمینه اکتشاف ذخایر معدنی تحولی چشم‌گیر ایجاد کرده است. همانطور که شناسایی علل مؤثر در کانه زایی در بدست آوردن نواحی امید بخش حائز اهمیت است نحوه تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و چگونگی وزن‌دهی به این پارامترها نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که استفاده از روش‌های پیچیده تلفیق در محیط GIS، تأثیر بسزایی در دقت و سرعت اجرای پروژه دارد.

نقشه محدوده‌های پتانسیل دار معدنی برای ورقه جبال بارز توسط شرکت توسعه علوم زمین تهیه شده است، ولی به دلیل بکارگیری روشهای متداول و عدم توجه به محدودیت‌های این روش‌ها نتایج رضایت‌بخشی از مطالعات مذکور حاصل نگردیده است. لذا در پایان‌نامه حاضر قصد بر آن است تا با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های پتانسیل دار و مناطق امیدبخش معدنی از نظر وجود کانی‌های مس‌دار برای بر گه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز تهیه و مشخص گردند. بطور کلی اهدافی که از اجرای این پروژه مدنظر می‌باشد را می‌توان بدین‌شکل بیان نمود:

۱- گردآوری، سازمان‌دهی و تشکیل پایگاه داده از اطلاعات منطقه

۲- تلفیق و مدل‌سازی لایه‌های اطلاعاتی موجود در محیط GIS با حذف محدودیت‌های

روش‌های سنتی و مدرن

۳- شناسایی و ارائه توان متالوژنی و معدنی منطقه جهت سرمایه‌گذاری بخش‌های دولتی و

خصوصی

در نهایت با توجه به مطالب گفته شده، می‌توان دلایل انجام این پایان نامه را در بندهای زیر خلاصه

نمود:

- تلفیق و ترکیب چندین نوع داده اکتشافی به دلیل داشتن نتایج معتبرتر و البته خطای کمتر

نسبت به استفاده از یک نوع داده

- استفاده از روش‌های نوین اکتشافی برای تلفیق داده‌های اکتشافی بدست آمده از منابع مختلف

- حذف محدودیت روش وزن‌های نشانگر در نتیجه تلفیق این روش با روش سنتی زونالیته جهت

کسب نتایج معتبرتر

۱-۵- مراحل انجام پروژه

برای ارائه یک مدل اکتشافی مدرن یا همان بازشناسی الگو^۱ استفاده یا مدنظر قرار دادن دو

تئوری زیر حیاتی می‌باشد:

۱. استخراج مشخصه‌ها از قبیل زمین شناسی، ساختاری، ژئوشیمیایی و دورسنجی با استفاده از

تحلیل گر فضایی^۲.

۲. طبقه‌بندی مشخصه‌ها و تلفیق با استفاده از روش‌های وزن‌های نشانگر و فازی در محیط GIS.

در راستای محقق ساختن اهداف دو تئوری مذکور در هر پروژه GIS، عموماً اجرای سه مرحله زیر ضروری می‌باشد که در این پایان‌نامه نیز از همین روال کاری معمول استفاده خواهد شد.

۱. گردآوری، سازمان‌دهی و تشکیل پایگاه داده از اطلاعات منطقه

۲. تجزیه و تحلیل و پردازش داده‌ها و تولید لایه‌ها و نقشه‌های نشانگر^۱

۳. تلفیق و مدل‌سازی لایه‌های اطلاعاتی تولید شده در مرحله قبل در محیط GIS

هرچند چگونگی انجام هر یک از مراحل فوق با جزئیات و توضیحات مفصل‌تر در بخش‌های مربوط به خود ارائه خواهند گشت، با این حال در بخش حاضر نیز ارائه شرحی کوتاه در رابطه با هر یک از مراحل سه‌گانه خالی از لطف نخواهد بود.

جمع‌آوری داده‌ها و انجام کارهای کتابخانه‌ای، رقومی سازی داده‌ها در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، ارسال به کامپیوتر و زمین مرجع^۲ نمودن داده‌ها از جمله مراحل مهمی می‌باشند که معمولاً در مرحله نخست اجرای هر پروژه GIS بایستی اجرا گردند. در مرحله دوم نیز عموماً کارهای مربوط به پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی، تفسیر داده‌های متالوژنی، زمین شناسی و ساختاری و نیز پردازش و تفسیر داده‌های دورسنجی و در نهایت تولید لایه‌ها و نقشه‌های نشانگر انجام می‌گردند. استفاده از یک یا چند مدل برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی تولید شده در مرحله دوم از جمله کارهایی می‌باشد که بایستی در مرحله سوم انجام پذیرد.

۱-۶- سازماندهی پایان‌نامه

بطور کلی مابقی فصول پایان‌نامه حاضر در ساختاری به شرح ذیل سازماندهی شده‌اند:

- شرایط جغرافیایی و زمین شناسی برگه جبال بارز در فصل دوم گنجانده شده است.

1- Evidence maps
2- Georeference

- مقدمه‌ای جهت آشنایی با فن‌آوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در فصل سوم آورده شده است.

- چگونگی پردازش داده‌های دورسنجی و ژئوشیمیایی جهت شناسایی آنومالی‌ها و مناطق مرتبط با ذخایر پورفیری مس به ترتیب در فصول چهارم و پنجم گردآوری شده‌اند.

- نتایج تلفیق داده‌های بدست آمده از منابع مختلف اکتشافی توسط روش‌های وزن‌های نشانگر و منطق فازی نیز به ترتیب در فصول ششم و هفتم آورده شده‌اند.

- در نهایت نیز نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات و راهکارها که در فصل هشتم بیان شده‌اند.

فصل دوم:

موقعیت جغرافیایی و شرایط

زمین شناسی منطقه

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه*

ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ جبال بارز در جنوب شرق ایران واقع شده و بخشی از زون جبال بارز می‌باشد. این ورقه بخشی از چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ سبزواران بوده و چهار برگه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ آن کنگرو^۱، کروک^۲، امجز^۳ و نیستان^۴ می‌باشد. (شکل ۲-۱)

ورقه جبال بارز از نظر تقسیمات استانی در استان کرمان واقع بوده و دارای مختصات جغرافیایی 58° تا $30'$ طول شرقی و 28° تا $30'$ عرض شمالی است. این محدوده بخشی از کمربند آتشفشانی بزمان - سهند را تشکیل می‌دهد که مابین سرزمین کوهستانی حناء از سمت جنوب و جلگه بم از جانب شمال واقع گشته است.

راه‌های ارتباطی این منطقه با توجه به شرایط آب و هوایی نامناسب به سه راه خاکی جیپ رو محدود بوده و ایجاد ارتباط با سایر بخش‌های منطقه از طریق جاده‌های روستایی به صورت پیاده یا با استفاده از چهارپایان امکان‌پذیر است. در گوشه شمال شرقی ورقه که دارای توپوگرافی پست و کم ارتفاع می‌باشد، در راستای دامنه‌های شمالی بلندی‌های جبال بارز چند راه خاکی نسبتاً مناسب احداث شده است. مهمترین مرکز تجمع انسانی در این برگه شهرستان جیرفت در ۲۵ کیلومتری مرز غربی و شهرستان بم در ۱۰ کیلومتری مرز شمالی می‌باشد.

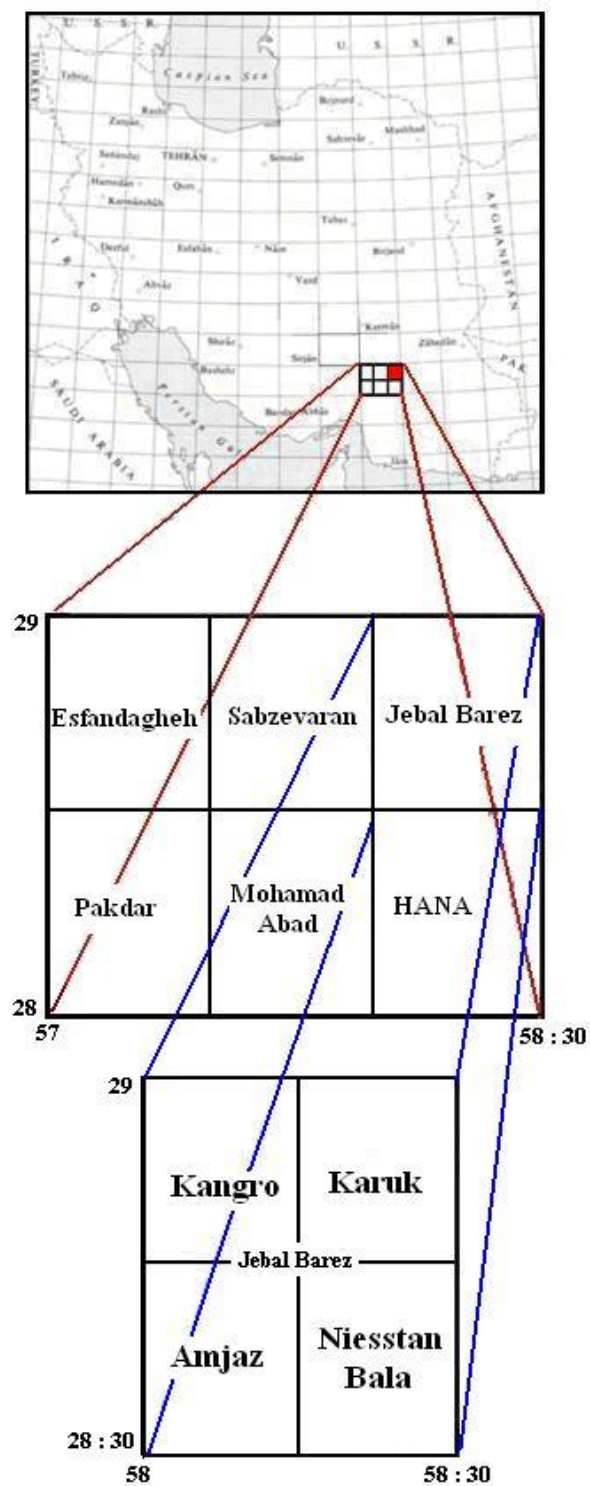
* مطالب این فصل عمدتاً از گزارش اکتشافی تهیه شده توسط شرکت توسعه علوم زمین اخذ شده است.

1- Kangro

2- Karuk

3- Amjaz

4- Niesstan Bala

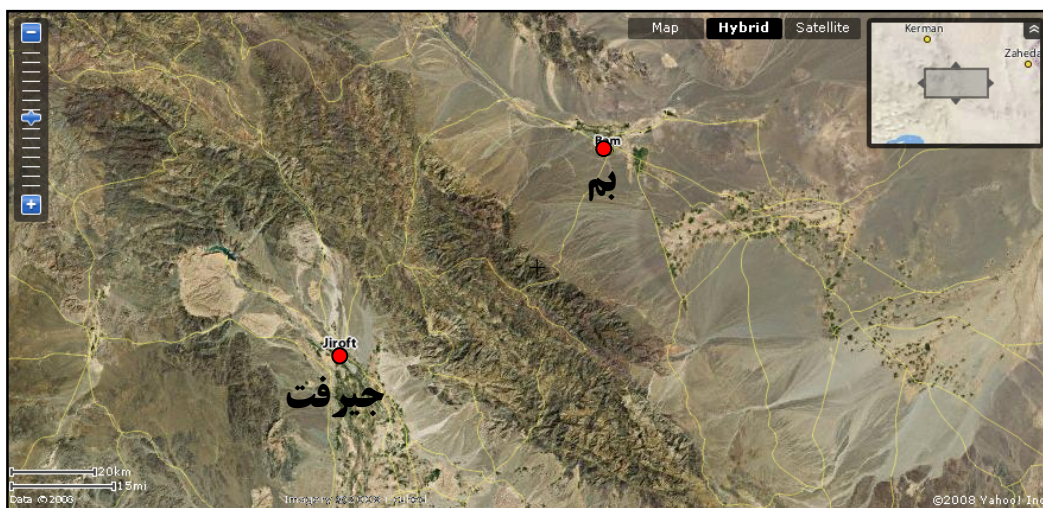


شکل (۲-۱) - موقعیت جغرافیایی برگه جبال بارز

۲-۲- ژئومورفولوژی و ارتفاعات

ورقه جبال بارز از نظر ژئومورفولوژی دارای دو چهره متفاوت است. مناطق کوهستانی آن در غرب، شرق و جنوب ورقه قرار دارند که از روندی شمال غربی - جنوب شرقی برخوردار می‌باشند. گسل بزرگ نساء کوهستان را به دو قسمت تقسیم کرده است. رشته کوه جبال بارز با طولی برابر با ۱۵۶ کیلومتر و عرضی مابین ۱۰ تا ۴۰ کیلومتر و با روندی شمال غربی - جنوب شرقی، جدا کننده شهرستان جیرفت از شهرستان بم می‌باشد که از قله و کوه‌های متعددی نیز تشکیل شده است. قله‌های اصلی این ورقه عبارتند از: فاش کوه (۲۵۳۰ متر)، کوه گشار (۳۹۶۲ متر)، کوه چفشک (۳۵۰۰ متر)، کوه سنگ راه (۳۰۱۰ متر) و کوه شکرک (۳۰۷۰ متر).

منطقه هموار و دشت گونه‌ای که بخش دیگر ورقه جبال بارز را دربر می‌گیرد، در جنوب شهرستان بم دشتی را پدید می‌آورد که در آن آبراهه‌ها و تپه ماهورهایی دیده می‌شود. یک گسل جوان در این بخش فرورفتگی قابل ملاحظه‌ای را بوجود آورده است. در مجموع می‌توان گفت که ارتفاعات جبال بارز محصور بین دو دشت به نسبت گسترده بم و جیرفت می‌باشند. (شکل ۲-۲)



شکل (۲-۲) - تصویر ماهواره‌ای منطقه جبال بارز که کوه‌های جبال بارز در مرکز تصویر به خوبی نمایان هستند [http://maps.yahoo.com].

۳-۲- آب و هوا و بارندگی

در کوهستان‌های این منطقه تابستان‌ها معتدل و زمستان‌ها سرد و خشک می‌باشد. بارش در بخش کوهستانی نسبتاً زیاد بوده و به صورت برف و باران می‌باشد. دمای هوا در زمستان به چندین درجه زیر صفر می‌رسد و در تابستان عموماً دمای هوا بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. در بخش‌های صاف و هموار منطقه تابستان‌ها گرم و خشک بوده و زمستان‌ها معتدل و گاه سرد می‌باشد. در این بخش حتی در زمستان‌ها نیز نزولات جوی قابل ملاحظه‌ای دیده نمی‌شود. دمای هوا در تابستان حدود ۴۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده و در زمستان به ندرت به زیر صفر می‌رسد.

۴-۲- منابع آب

حوضه آبریز شمالی و شرقی که از بخش‌های شمالی و مرکزی ارتفاعات جبال بارز سرچشمه می‌گیرد به دشتهای شمالی و شرقی مجاور در ورقه سرازیر می‌شود. رودخانه‌های این حوزه گاه دارای مسیل‌های عریضی چون تنگه چغوت و تنگه چتوک می‌باشند. رودخانه نساء نیز یکی از رودخانه‌های پرآب منطقه است. حوضه آبریز جنوبی و غربی، از بخش‌های جنوبی و غربی ارتفاعات جبال بارز سرچشمه می‌گیرد و به دشتهای جنوبی و غربی ورقه‌های مجاور سرازیر می‌شوند. رود فرخ و دهنه کمرکان نمونه‌هایی از رودخانه‌های منطقه هستند که هر دو پر از آب می‌باشند.

۵-۲- پوشش گیاهی

پوشش گیاهی منطقه در بخش‌های هموار از نوع بیابانی می‌باشد. در روستاها با استفاده از آب قنات، خرما و دیگر محصولات مناطق گرم کشت می‌شود. منطقه کوهستانی ارتفاعات فاقد پوشش گیاهی بوده ولی در دره‌ها و مسیر رودخانه‌ها محصولات کشاورزی شامل گندم، جو، حبوبات، بادام، گردو و مرکبات می‌باشد. همچنین در این بخش درختچه‌های خودرو نظیر تمشک، بادام‌کوهی و زال زالک به وفور مشاهده می‌شود.

۲-۶- زمین شناسی عمومی و شرایط تکتونیکی منطقه

۲-۶-۱- وضعیت واحدهای آذرین، رسوبی و دگرگونی منطقه

پهنه ایران زمین به لحاظ تقسیمات زمین شناسی از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

- ۱- کمربند چین خورده البرز ۲- توده ایران مرکزی ۳- کمربند دگرگونی سنندج - سیرجان
- ۴- کمربند آتشفشانی ارومیه - دختر ۵- زون لوت ۶- کمربند چین خورده زاگرس
- ۷- زون روراندگی زاگرس ۸- زون مکران و شرق ایران ۹- زون کپه داغ

منطقه تحت بررسی که نقشه زمین شناسی آن در شکل (۲-۳) نشان داده شده است، دنباله قسمت انتهایی بیرون زدگی‌های آذرین ایران مرکزی بوده و در عین حال بخشی از کمربند آتشفشانی بزمان - سهند را نیز تشکیل می‌دهد. کمربند مذکور که به صورت کمربند طولی به موازات زون سنندج - سیرجان با طول تقریبی ۱۶۰۰ - ۱۷۰۰ کیلومتر و عرض ۱۰۰ - ۱۵۰ کیلومتر از قله سهند تا قله بزمان کشیده شده است، با توجه به تقسیم‌بندی فوق، خود جزئی از کمربند آتشفشانی ارومیه دختر محسوب می‌گردد. زون ارومیه - دختر که یکی از بهترین و مهمترین نمونه‌های زون فرورانش حاشیه قاره می‌باشد، به صورت نوار طولی موازی با روراندگی زاگرس قرار گرفته است. زون مذکور از بخش غربی دریاچه ارومیه آغاز و در یک راستای شمال غرب - جنوب شرق تا گسل میناب در شمال بندرعباس ادامه می‌یابد. این زون بخشی از کمربند کوهزایی آلپ- هیمالیا است. کمربند مذکور از سمت شمال غربی وارد کشور شده و بصورت دو شاخه جدا از هم از کشور خارج شده است، شاخه نخست روندی شرقی- غربی داشته و از بخش شمال شرقی کشور خارج شده است ولی شاخه دوم که دارای روندی شمال غربی- جنوب شرقی می‌باشد همان زون ارومیه - دختر می‌باشد که از جانب جنوب شرقی از کشور خارج می‌گردد [سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹]. اما نکته مهم در رابطه با این زون وجود کانی‌سازیهایی فراوان مرتبط با زون فرورانش حاشیه قاره در امتداد آن می‌باشد که از میان آن‌ها می‌توان به کانسارهای مس پورفیری مهم ایران همچون سرچشمه، سونگون، میدوک و ... اشاره نمود [کریم‌پور، ۱۳۸۴]. این کمربند در واقع بزرگترین کمربند

مس شناخته شده در ایران است که کانسارهای مهم مس پورفیری ایران یعنی سرچشمه کرمان و سونگون اهر در دو سوی خاوری و باختری آن قرار گرفته‌اند. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹]. گستره‌ای خطی از سنگهای دیوریت تا گرانودیوریت در زون ارومیه - دختر به موازات زاگرس کشیده شده که دارای نشانه‌های فراوان مس در قالب رگه‌ای، اسکارن و بخصوص مس پورفیری است [کریم‌پور، ۱۳۸۴].

آغاز فعالیتهای آتشفشانی در منطقه مربوط به اواخر دوره کرتاسه می‌باشد که در دوره ائوسن به اوج خود رسیده است که البته این فعالیتهای آتشفشانی ادامه یافته و در دوره الیگوسن نیز وجود داشته است. سن سنگ‌های آتشفشانی از روی تشابه موجود بین آنها و سنگ‌های آتشفشانی سازند کرج در البرز، ائوسن تعیین شده است. در نگاهی کلی و جامع می‌توان سنگ‌های موجود در منطقه را به صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

۲-۶-۱-۱- سنگ‌های آذرین

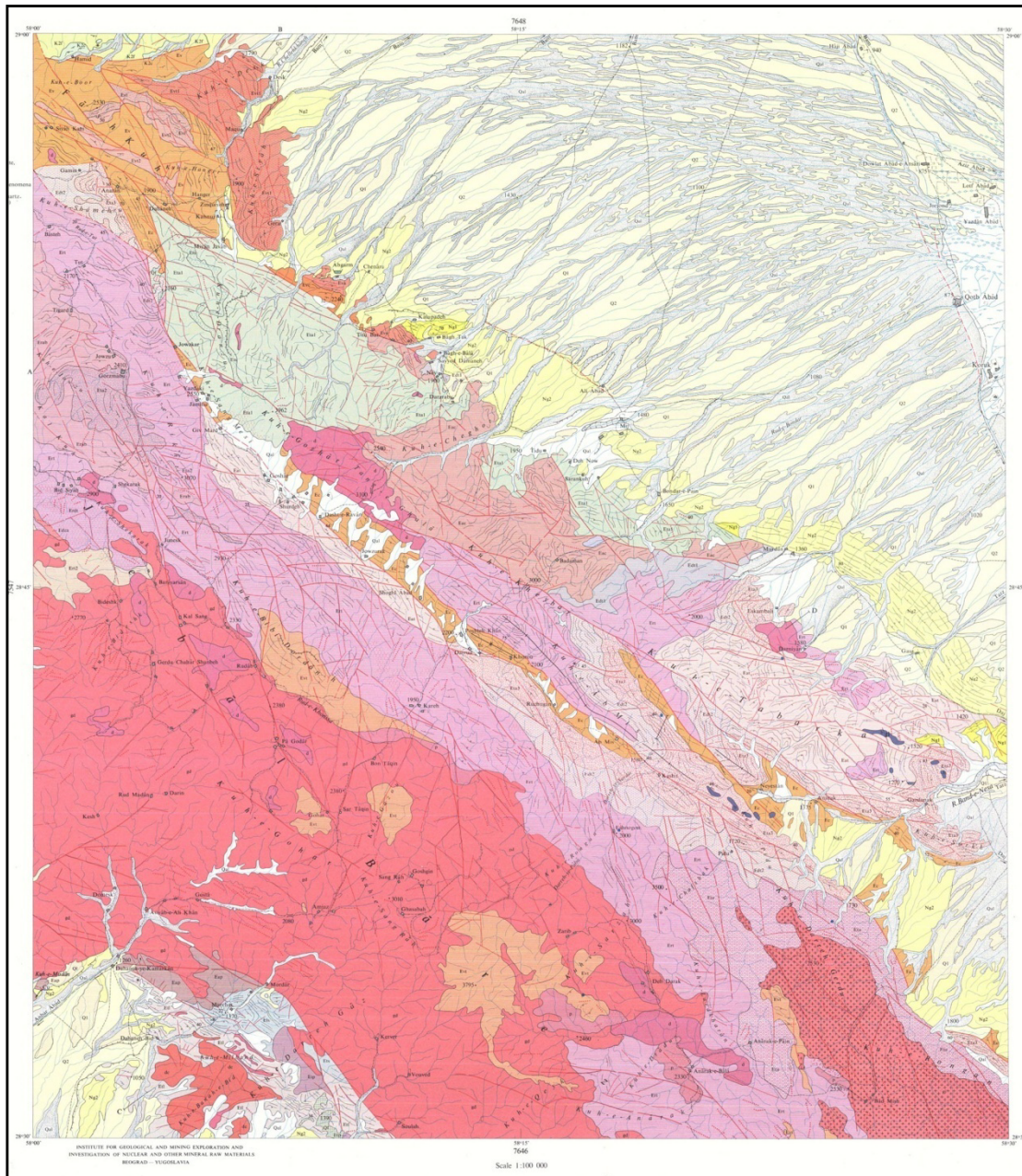
در گوشه جنوب غربی نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز سنگ‌های متعلق به ائوسن رخنمون خوبی از خود نشان می‌دهند. در غرب روستای دهنه کمرکان لایه‌های پایینی بیشتر شامل آندزیت سیلیسی شده با خردشدگی و شکستگی زیاد و توف آندزیتی است که قطعات (پورفیرها) در زمینه‌ای از پلاژیوکلاز، کلریت، شیشه آتشفشانی و اکسید آهن جای گرفته‌اند. سنگ‌های یاد شده توسط گرانیت جبال بارز و دایک‌های بازیک تا دیوریتی قطع شده‌اند. در منطقه فاش کوه سنگ‌های ولکانیکی ائوسن مثل داسیت به چشم می‌خورد. در کوه هنگر ردیفی از داسیت‌های توده‌ای سفید رنگ با دانه‌های بی‌شکل و بافت پورفیری وجود دارد. در بخش جنوبی کوه بدر یک توده ریولیت بیوتیت دار با بافت اسفرولیتی و فنوکریست کوارتز، بیوتیت و پلاژیوکلاز دیده می‌شود.

۲-۱-۶-۲ - سنگ‌های رسوبی

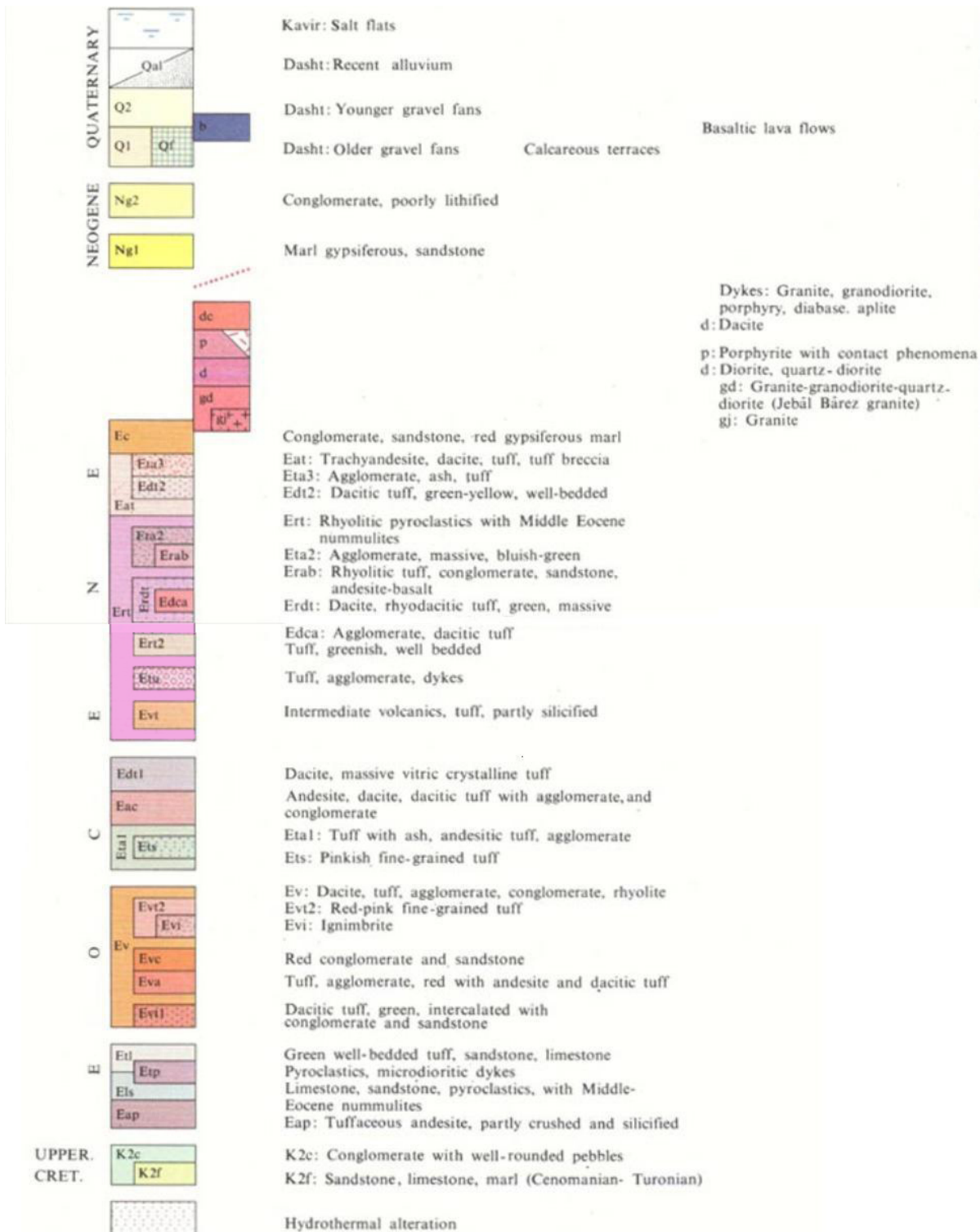
قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه که دارای چین‌خوردگی هستند شامل ماسه سنگ‌های آهکی تیره تا خاکستری و سبز مایل به قهوه‌ای با میان لایه‌های شیل و مارن زیتونی تا سبزرنگ و کنگلومرا است. این طبقات از ضخامت زیادی برخوردار بوده و با توجه به فسیل‌های موجود سن آنها اشکوب سنومانین - تورنین گزارش شده است که در بخش شمال ورقه قرار دارند. یک لایه ماسه سنگ و سنگ‌های آهکی در کوه میل‌بند رخنمون داشته که دارای لایه‌بندی ضخیم بوده و غنی از دولومیت می‌باشد. سن این لایه ائوسن میانی تعیین شده است.

۲-۱-۶-۳ - آذرآواریه‌ها

سنگ‌های متعلق به ائوسن عمدتاً آذرآواری می‌باشند که هم ارز سازند کرج در رشته‌کوه‌های البرز می‌باشد. در غرب روستای دهنه کمرکان یک لایه توفی با ضخامت ۱۰۰۰ متر روی آندزیت‌ها را پوشانده است. در فاش کوه لایه‌های پیچیده و نامنظم توف و آگلومرا وجود دارد.



شکل (۲-۳)- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز



شکل (۲-۴) - راهنمای نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز

۲-۶-۲- خلاصه‌ای در رابطه با جنس و موقعیت جغرافیایی واحدهای زمین شناسی منطقه

بخش اعظمی از برگه جبال بارز توسط واحدهای سنگی گرانیته تا گرانودیوریتی جبال بارز پوشیده شده است. آذرآواریه‌ها و گدازه‌های میان لایه‌ای موجود در شمال و شرق توده جبال بارز را می‌توان به چهار بخش به شرح زیر تقسیم نمود:

الف) بخش فاش کوه که خود به ۵ زیرگروه تقسیم می‌شود و واحدهای سازنده آن عبارتند از:

- Evt1 : توف داسیتی بیوتیت‌دار توده‌ای همراه با آندزیت و ولکانیک‌های اسیدی.

- Evc : کنگلومرای قرمز رنگ با میان لایه‌های مارن - ژئپس‌دار قرمز رنگ.

- Evt2 : توف‌های صورتی با لایه‌بندی خوب و ریزدانه.

- Evi : لایه‌های ایگمبیریتی که شیشه‌ای و صاف بوده و دارای پلاژیوکلاز سریسیتی شده همراه با مقدار کمی بلورهای کوارتز و قطعاتی از سنگ‌های با ترکیب متوسط در زمینه‌ای از شیشه فلسیک دارای زنجیره‌ای از جنس اکسید آهن همراه با میان لایه‌های کنگلومرا می‌باشد.

- Eva : در این لایه توف‌های بلورین شیشه‌ای و گدازه‌های آندزیتی پیروکسن‌دار دیده می‌شود. گدازه‌ها دارای فنوکریست‌های آندزین - لابرادوریت و همچنین اوژیت در یک زمینه گدازه‌ای از جنس پلاژیوکلاز، میکرولیت، فلدسپات پتاسیک و مقدار کمی از کوارتز و دانه‌های کدر است. در بخش‌های بالایی آن آندزیت پیروکسن‌دار با میان لایه‌های توف شیشه‌ای و آگلومرا وجود دارد.

ب) در شمال گرانیته جبال بارز واحدی وجود دارد که در آن چهار عضو به شرح زیر تشخیص داده شده است:

- Eta1 : در پایین‌ترین بخش بوده و شامل توف داسیتی توده‌ای و ضخیم لایه سبزرنگ با بافت ویتروکلاستیک است.

- Eac : در شرق و به صورت لایه‌هایی از توف داسیتی و آندزیت داسیتی به رنگ صورتی تا بنفش دیده می‌شود.

- Ets : توف قرمز رنگی در داخل Eta1 می باشد.

- Edt1 : روی Eac قرار گرفته و از نوع توف های بلورین داسیتی بوده و ۲۰۰۰ متر ضخامت دارد که به رنگ قرمز بخوبی روی زمین قابل تشخیص است.

پ) واحدی به نام Ert که شامل آذرآواریه ها، کنگلومرا و گدازه با ضخامت بیش از ۲۰۰۰ متر است از کوه تبارکان تا مرز شمال غربی نقشه گسترش دارد. میان لایه هایی از جنس آندزیت بازالتی، بطور عمده در بخش غربی رخنمون دارد که دارای بافت پرفیریتیک است. با توجه به فسیل های موجود که در سیمان میکریتی و اسپاریتی یافت شده است، سن این واحد ائوسن میانی می باشد. این واحد شامل چند زیرگروه به شرح زیر است:

- Erab : در بخش غربی نقشه قرار دارد، از جنس آگلومرا، توف ریولیتی، ماسه سنگ و آندزیت بازالت بوده و یک ساخت ناودیزی را تشکیل داده است.

بخش بالای Erab محتوی کنگلومرای آبی مایل به سبز درشت دانه و توف و بخش پایینی آن با کمک سنگهای ریولیتی و آندزیتی قابل تشخیص است.

واحد Ert از آندزیت و آندزیت توف هایی که خیلی کم دگرگون شده اند و کمی سیلیسی می باشند تشکیل شده است.

در جنوب بیدسیاه نزدیک مرز غربی نقشه سه واحد وجود دارد:

- Ert2 : بخش پایینی با توف های سبز ضخیم لایه

- Erdt : توف با میان لایه های کنگلومرای (دارای قلوهای آندزیتی) و ماسه سنگ دانه ریز

- Edca : توف های داسیتی و آگلومرای

ج) در قسمت شمال شرقی روستای آب میس یک واحد با ضخامت ۱۵۰۰ متر وجود دارد که قابل

تقسیم شدن به سه بخش به شرح زیر است:

- بخش پایینی: توف داسیتی همراه با آندزیت و ریولیت با چند لایه نازک آهن.

- بخش میانی (Eta3) : شامل توف و آگلومرا می باشد که در افق های پایینی دارای گدازه و در بخش های بالایی از جنس توف، خاکستر و کنگلومرا با ضخامت ۶۰۰ متر است.

- Ec : روی Eca3 را می پوشاند و توسط لایه های کنگلومرا و ماسه رنگ قرمز رنگ پوشیده شده است.

۲-۶-۳- وضعیت توده های نفوذی منطقه

توده ای بزرگ از گرانیت و گرانودیوریت در جنوب و جنوب شرقی ورقه رخنمون دارد. سنگ های دیوریتی منطقه مربوط به مراحل پایانی گرانیته شدن توده اصلی می باشند. علاوه بر این توده ها چند گنبد داسیتی نیز در منطقه مشاهده می شود. این داسیت ها سنگ های آذرآواری ائوسن را پوشش می دهند.

۲-۶-۴- وضعیت واحدهای زمین شناسی جوان در منطقه

گدازه های بازالتی جوان در بخش شرقی کوه تبارکان رخنمون خوبی دارند. در بخش شمال شرقی کوه تبارکان چندین صد متر ماسه سنگ، سیلت استون و گل سنگ های قرمز رنگ همراه چند لایه مارن قرمز رنگ و ژئپس، رخنمون دارند. در روستای مردان در منطقه اطراف کوه سرخ، یک واحد کنگلومرای نامستحکم لایه های قدیمی را می پوشاند. رسوبات کواترنر، منطقه وسیعی را در بخش شمال و شمال شرقی ورقه می پوشانند. همچنین واحدهای تراورتنی هم در نزدیکی روستای جوزکر و همچنین در حدود ۱۰ کیلومتری شرق روستای سلاح به خوبی رخنمون پیدا نموده اند.

۲-۶-۵- تکتونیک جبال بارز

طبق پژوهش قمیان (۱۳۷۹) سیستم گسله عمده ای با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی از کوه سرخ تا کوه تبارکان در ناحیه فاش کوه ایجاد شده است. گسل های با امتداد شمال شرقی در محدوده مورد بررسی خیلی کم هستند. به دلیل اینکه دو سیستم گسله یاد شده همدیگر را کنترل می کنند، می توان نتیجه گرفت که هر دو در یک زمان و با هم پدید آمده باشند.

وضعیت ساختاری در این منطقه به دلیل چین خوردگی‌ها و گسل خوردگی‌های متعدد و در اثر توده نفوذی جبال بارز بسیار پیچیده است.

با توجه به روند ناحیه‌ای و وضعیت بلندی‌ها، منطقه به ۵ بلوک اصلی به شرح زیر تقسیم شده است: (قمیان - ۱۳۷۹)

۱- نهشته‌های فلیش مربوط به کرتاسه بالایی که بر روی رسوبات ائوسن رانده شده و یک سیستم گسله و چین خوردگی با روند شمال غرب پدید آورده‌اند.

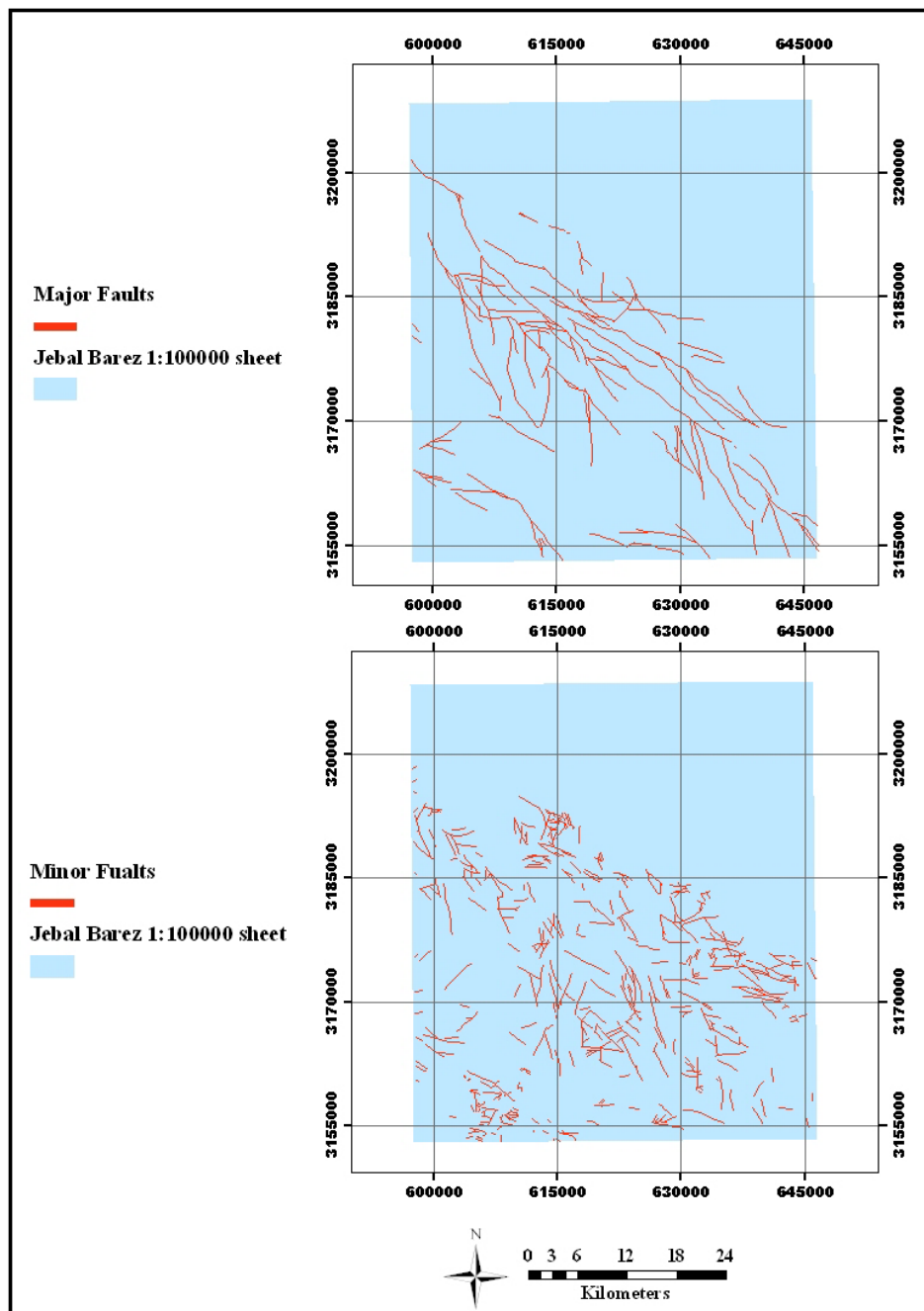
۲- بلوک کوه تبارکان تا فاش کوه که در بخش جنوبی توسط گسل اصلی انجیرک محدود می‌شود.

۳- بلوک کوه سرخ - گشار مابین گسل‌های انجیرک و آب میس که منطقه‌ای با ساختارهای تاقدیسی و ناودیسی منظم است. امتداد محور این چین خوردگی‌ها شمال غربی می‌باشد (موازی با گسل‌های اصلی).

۴- منطقه میان توده گرانیته و گسل آب میس که در شرق روستای جونسک به سبب داشتن ساخت‌های پله‌ای ناشی از گسل‌های موازی قابل تشخیص است. انتهای غربی این بلوک در شمال روستای بیدسیاه، دارای یک ساخت ناودیسی است.

۵- ناودیس گوشه جنوب غرب نقشه با نهشته‌های دریایی و آذرآواری. گسلی که از جنوب روستای سلاح تا روستای مردار کشیده شده است، مرز این لایه‌ها با توده گرانیته را نشان می‌دهد. در غرب روستای مردار گسل یاد شده به چندین شکستگی فرعی تبدیل می‌گردد.

شکل (۲-۵) موقعیت گسل‌های برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز را نشان می‌دهد.



شکل (۲-۵)- موقعیت گسل‌های منطقه جبال بارز

فصل سوم:

مقدمه ای بر GIS همراه با معرفی روشهای

مختلف مدل سازی و تلفیق داده ها

۳-۱- مقدمه

تا مدت‌های مدیدی، انسان تنها قادر به مطالعه جهان از طریق مدل‌هایی همچون نقشه‌ها و کره‌های جغرافیایی بود اما در ۳۰ سال اخیر (یا کمی بیشتر) این امکان فراهم گشته است که این مدل‌ها وارد کامپیوترها گردند و هرساله مدل‌هایی پیشرفته‌تر و پیچیده‌تر در کامپیوترهای کوچکتر ذخیره گردند. مدل‌های کامپیوتری مذکور همراه با ابزارهای تجزیه و تحلیل آنها تشکیل یک سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) را می‌دهند [تی‌تی‌دژ، ۱۳۸۵].

برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ و در ایالات متحده، کار بر روی اولین سیستم اطلاعات جغرافیایی آغاز شد. در این سیستم‌ها، عکس‌های هوایی، اطلاعات کشاورزی، جنگلداری، خاک، زمین‌شناسی و نقشه‌های مربوطه مورد استفاده قرار گرفتند. در دهه ۱۹۷۰ با پیشرفت علم و امکان دسترسی به فناوری‌های کامپیوتری و تکنولوژی‌های لازم برای کار با داده‌های مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی یا همان GIS برای فراهم آوردن قدرت تجزیه و تحلیل حجم‌های بزرگی از داده‌های جغرافیایی شکل گرفت. در دهه‌های اخیر به سبب گسترش تکنولوژی‌های کامپیوتری، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی امکان نگهداری به روز داده‌های زمین مرجع و نیز امکان ترکیب مجموعه داده‌های مختلف را بطور مؤثر فراهم ساخته‌اند به گونه‌ای که با بهره‌گیری از این توانایی‌های کامپیوتری، سرعت پردازش داده‌ها در محیط GIS افزایش یافته و توانایی انجام تحلیل‌های بی‌شمار در مدت زمان کوتاه توسط فناوری مذکور فراهم شده است.

۳-۲- سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی یا GIS یک سیستم کامپیوتری برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی بوده که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات مکانی را دارد. GIS مجموعه‌ای کامل از امکانات و قابلیت‌های ویرایشی و به هنگام‌سازی سریع داده‌ها می‌باشد به‌طوری‌که روش‌های سنتی و قدیمی به دلیل حجم زیاد داده‌ها فاقد آن هستند [تی‌تی‌دژ، ۱۳۸۵].

GIS بر خلاف روش‌های سنتی، داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف را به شکل رقومی^۱ ذخیره می‌نماید. تکنولوژی GIS با جمع‌آوری و تلفیق اطلاعات پایگاه داده‌های معمولی، به وسیله تصویرسازی و استفاده از آنالیزهای جغرافیایی، اطلاعاتی را برای تهیه نقشه‌ها فراهم می‌سازد. این اطلاعات به منظور واضح‌تر جلوه دادن رویدادها، پیش‌بینی نتایج و تهیه نقشه‌ها به کار گرفته می‌شوند [تی‌تی‌دژ، ۱۳۸۵].

در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، واژه جغرافیایی (Geographical) عبارت است از موقعیت داده‌های مکانی بر حسب مختصات جغرافیایی و بیان‌گر این نکته است که هر پدیده‌ای در GIS بایستی در یک فضای دو بعدی یا سه بعدی نمایش داده شود. واژه اطلاعات (Information) نشان می‌دهد که داده‌ها در GIS برای ارائه دانسته‌های مفید، نه تنها به صورت نقشه‌ها و تصاویر رنگی بلکه به صورت گرافیک‌های آماری، جداول و پاسخ‌های نمایشی متنوعی به منظور جستجوهای علمی سازماندهی می‌شوند. واژه سیستم (System) نیز نشان‌دهنده این است که GIS از چندین قسمت متصل و وابسته به همدیگر برای کارکردهای گوناگون، ساخته شده است [کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۴].

مهم‌ترین قابلیت GIS را باید توانایی آن در انجام تحلیل‌های پیچیده بر روی داده‌های مکانی و داده‌های غیرمکانی^۲ دانست، یعنی GIS نه تنها قادر به ترکیب و تحلیل همزمان داده‌های مکانی و

1- Digital

2- Spatial data and Non Spatial data

توصیفی و نمایش آنها می‌باشد بلکه توانایی بازیابی هر یک از انواع داده‌ها را نیز از طریق دیگری داراست. قابلیت دیگر GIS را می‌توان انعطاف‌پذیری آن دانست، بدین‌صورتکه مسائلی همچون تبدیل سریع نقشه‌ها، تبدیل و انتقال داده‌ها به فرمت‌های مختلف، تهیه گزارش‌ها به اشکال متعدد و بسیاری از کارهای دیگر که در گذشته به عنوان مسائلی لاینحل مطرح بودند امروزه به راحتی توسط GIS انجام‌پذیر می‌باشند [تی‌تی‌دژ، ۱۳۸۵].

مقصود نهایی از بکارگیری هر سیستم اطلاعات جغرافیایی، ترکیب و تلفیق داده‌های مکانی و توصیفی بدست آمده از منابع مختلف جهت کمک برای اتخاذ تصمیم‌های بهتر می‌باشد. انجام عمل تلفیق داده‌ها را مدل‌های مختلف ترکیب کننده امکان‌پذیر می‌سازند [Ziaei et al, 2009].

۳-۳- بخش‌های تشکیل‌دهنده GIS

یک سیستم GIS شامل یک بسته کامپیوتری (متشکل از سخت‌افزار و نرم‌افزار) از برنامه‌های رایانه‌ای با یک واسطه کاربر می‌باشد که دستیابی به عملیات و اهداف ویژه‌ای را فراهم می‌سازد. بخش‌های سازنده چنین سیستمی به ترتیب عبارتند از [کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۴]:

۱. کاربران^۱
۲. سخت افزارها^۲
۳. نرم افزارها^۳
۴. داده^۴ و روشها^۵

۳-۳-۱- کاربران

مهارت در انتخاب و استفاده از ابزارها در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی و شناخت کافی از اطلاعاتی که استفاده می‌شوند، یکی از موارد اساسی برای موفقیت در استفاده از تکنولوژی GIS است که همگی در حیطه وظایف کاربران قرار می‌گیرند.

1- User
2- Hardware
3- Software
4- Data
5- Methods

۳-۳-۲- سخت‌افزارها

بخش سخت‌افزار از قسمت‌های رایانه، دیجیتایزر، اسکنر، چاپگر و پلاتر تشکیل می‌شود. نوع رایانه را معمولاً حجم اطلاعات و داده‌ها مشخص می‌کنند، یعنی بایستی با توجه به حجم اطلاعات موجود و نیز با در نظر گرفتن آنچه که در آینده تولید و ذخیره‌سازی خواهد شد برای انتخاب رایانه مطلوب اقدام کرد. البته در انتخاب رایانه بایستی به نوع داده‌هایی که قرار است پردازش شوند نیز توجه کرد چراکه قدرت و توانایی رایانه برای پردازش داده‌های مختلف بستگی به نوع داده‌ها نیز دارد.

۳-۳-۳- نرم‌افزارها

به منظور استفاده بهتر از یک سیستم اطلاعات جغرافیایی، استفاده از نرم‌افزارهای به روز و توانمند توصیه می‌شود. نرم‌افزارها برای ایجاد، ویرایش و تحلیل داده‌های مکانی و توصیفی ضروری می‌باشند. برخی از نرم‌افزارهای مرتبط با GIS عبارت هستند از:

Geomatica ، Autocad map ، Arc Tool box ، CAI5 ، EthernetLAN ، Arc/Info ، ArcView
ArcMap ، Map Objects ، ArcSDE ، ArcCatalog ، ArcIMC ، Geomedia ، ERmapper ، ELWIS

۳-۳-۴- اطلاعات و روش‌ها

قلب و هسته هر GIS پایگاه‌های اطلاعاتی آن است، به طوری که می‌توان گفت نوع اطلاعاتی که در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند، کاربرد سامانه GIS را تعریف و مشخص می‌نماید. شیوه‌های صحیح بکارگیری اطلاعات در جهت رسیدن به اهداف ویژه در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی از مهمترین مؤلفه‌های آن است.

۳-۴- مؤلفه‌های GIS

هر سامانه اطلاعات جغرافیایی از چهار مؤلفه به شرح زیر تشکیل می‌گردد [مدیری، ۱۳۸۴]:

۱- مؤلفه ورودی ۲- مؤلفه مدیریت ۳- مؤلفه تحلیل ۴- مؤلفه خروجی

۳-۴-۱- مؤلفه ورودی

این مؤلفه تمام مراحل مربوط به انتقال داده‌های جمع‌آوری شده به درون کامپیوتر را شامل می‌گردد، یعنی داده‌های ورودی را به صورتی که قابل استفاده توسط GIS باشند تبدیل می‌نماید. به عبارتی این مؤلفه از دستگاه‌هایی تشکیل می‌شود که داده‌های مکانی و توصیفی را به شکلی که قابل استفاده توسط GIS باشد، تبدیل می‌نمایند.

۳-۴-۲- مؤلفه مدیریت

مدیریت یعنی سازماندهی داده‌ها به گونه‌ای که کاربر بتواند به سادگی با داده‌ها کار نماید و کارهای مربوط به تصحیح و به‌هنگام سازی داده‌ها را با سرعت و دقت مطلوبی انجام دهد. این مؤلفه از توابع مختلفی به منظور نگهداری داده‌ها، بازیابی، به‌هنگام سازی و ... تشکیل می‌شود.

۳-۴-۳- مؤلفه تحلیل

بطور کلی برنامه‌های رایانه‌ای که داده‌های توصیفی موجود در پایگاه داده‌ها را استخراج و آنها را تبدیل به عوارض گرافیکی بر روی نقشه‌ها می‌نمایند، سازنده مؤلفه تحلیلی GIS می‌باشند. همچنین دسترسی به پایگاه داده‌های توصیفی و انجام محاسبات منطقی به کمک ایجاد ارتباط با داده‌های مکانی از دیگر توانایی‌های این دسته از نرم‌افزارها می‌باشند.

۳-۴-۴- مؤلفه خروجی

خروجی یا ارائه داده‌ها، عبارت است از نمایش تمام یا بخشی از داده‌های پایگاه‌های اطلاعاتی یا خروجی مدل‌های مکانی به صورت جدول، نقشه و یا نمودار. تهیه گزارش از نتایج یک عملیات مکانی یکی از مهمترین مؤلفه‌های GIS می‌باشد که طی آن نتایج عملکرد مؤلفه‌هایی که تا کنون معرفی شدند، در اختیار کاربران قرار می‌گیرد.

۳-۵- کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی در علوم مربوط به زمین

در این بخش به سه نمونه از مواردی که در ارتباط با علوم زمین بوده و می‌توان از سامانه اطلاعات جغرافیایی برای اجرای آنها استفاده کرد اشاره شده است.

- تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی^۱:

هدف تلفیق اطلاعات حاصل از لایه‌های اطلاعاتی زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ژئوفیزیک، دورسنجی و زمین‌شناسی اقتصادی (پراکندگی کانسارها و اندیس‌های معدنی منطقه) در جهت تهیه نقشه‌ای می‌باشد که معرف مناطقی با بیشترین احتمال کانی‌سازی در منطقه است.

- تهیه نقشه‌های حوادث و بلایای طبیعی:

به پایداری شیب‌ها، زمین‌لغزه‌ها، منطقه بندی خسارت زمین‌لرزه، فوران‌های آتشفشانی، خسارات ناشی از طغیان رودخانه‌ها، فرسایش محلی، خطرات آلودگی ناشی از فعالیت‌های معدنی و ... می‌پردازد.

- تهیه نقشه‌های مکان‌یابی^۲:

در این بخش، هدف انتخاب محل‌های مناسب جهت اجرای پروژه‌های مهندسی نظیر دفن مواد زائد، انتخاب مسیرها و مکان‌های مناسب برای خطوط لوله، جاده و مسیر راه آهن، سدها و گسترش و توسعه ساختمان‌سازی می‌باشد.

شاید بتوان گفت که مهمترین کاربردی که سامانه اطلاعات جغرافیایی در علوم مربوط به زمین داشته است همان رسم نقشه‌های پتانسیل معدنی می‌باشد که در مراحل انجام اکتشافات مقدماتی و ناحیه‌ای توسط کارشناسان امور اکتشافی انجام می‌گیرد. در بخش آتی به این کاربرد مهم پرداخته می‌شود.

1- Mineral potential mapping

2- Site selection

۳-۵-۱- تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

بدلیل فقدان ایده‌ای سیستماتیک در جمع‌آوری، مدیریت و ترکیب داده‌های زمین مکانی^۱ بدست آمده از منابع گوناگون و در مقیاس‌های مختلف، همواره فرآیند اکتشاف ذخایر معدنی با مشکلاتی مواجه بوده است. از آنجاییکه اغلب فعالیت‌های مرتبط با اکتشاف ذخایر معدنی از ماهیت زمین مکانی برخوردار می‌باشند لذا GIS قادر خواهد بود به تجزیه و تحلیل برهمکنش‌های^۲ موجود بین آنها پرداخته و با استفاده از مدل‌های تلفیق‌گر، پیش‌بینی‌هایی را نیز برای حمایت از تصمیم‌گیرنده‌ها^۳ انجام دهد. شناسایی معیارها و ویژگی‌های ذخیره تحت پی‌جویی، گردآوری و پردازش داده‌ها، تولید نقشه‌های فاکتور^۴ و در نهایت ترکیب این نقشه‌ها مراحل هستند که در تهیه هر نقشه‌های پتانسیل دار معدنی بایستی یک به یک انجام پذیرند [Karimi et al, 2005].

مهمترین هدف GIS، تلفیق داده‌های مکانی و ارزیابی نهایی آنها است. سیستم اطلاعات جغرافیایی امکان استفاده از روش‌های مختلف ترکیب و تفسیر داده‌ها و به نقشه درآوردن متغیرهای جدید را فراهم می‌آورد که از آنها می‌توان در تهیه نقشه‌های پتانسیل کانی‌سازی استفاده نمود و از نتایج بدست آمده در عملیات پی‌جویی و اکتشاف بهره گرفت.

معمولاً یک برنامه اکتشافی برای ذخیره‌ای به صورت یک عملیات چند مرحله‌ای انجام می‌پذیرد، بدین‌صورت که هر برنامه اکتشافی در گام نخست از مقیاسی کوچک شروع شده و با پیشرفت در کار وارد مراحل بزرگ مقیاس‌تر می‌گردد بطوریکه در هر مرحله، داده‌های توپوگرافی، زمین شناسی، ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی و ... گردآوری، پردازش و ترکیب می‌گردند تا پس از آنالیز هر مرحله نقشه پتانسیل نهایی مطلوب برای آن مرحله تهیه گشته و منطقه تحت مطالعه نیز کوچکتر گردد [Karimi et al, 2005]. بطور کلی روال کار بدین صورت می‌باشد که ابتدا در مقیاسی کوچک و بر اساس شواهد زمین شناسی و نیز با در نظر گرفتن خصوصیات و ویژگی‌های ذخیره تحت پی‌جویی،

1- Geo-spatial
2- Interactions
3- Decision-makers
4- Factor maps

مناطق که احتمال وجود ذخیره در آنها وجود دارد را انتخاب می‌نمایند. سپس تحت عنوان اکتشافات با مقیاس متوسط، بخش‌هایی از این مناطق به منظور انجام اکتشافات با جزئیات بیشتر انتخاب می‌گردند که البته این انتخاب بر اساس شواهد حاصل شده از نقشه‌های زمین‌شناسی، گسل‌ها و ساختارهای خطی موجود در منطقه، بررسی آنومالی‌های ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی، مطالعات و بررسی‌های دورسنگی و ... انجام می‌پذیرد. در گام آخر یعنی در مرحله اکتشافات تفصیلی و بزرگ مقیاس، مناطق پتانسیل‌دار انتخاب شده در مرحله قبل تحت بررسی‌های اکتشافی با جزئیات بیشتر قرار گرفته و در نهایت نقاط مناسب برای حفاری مشخص می‌گردند. البته ذکر این نکته نیز ضروری می‌باشد که اقدام به انجام عمل حفاری نیز خود نیازمند احراز شرایطی همچون عوامل اقتصادی، راه‌های دسترسی و ... می‌باشد.

آنچه که در مرحله دوم گفته شد یعنی اکتشاف در مقیاس متوسط برای انتخاب مناطق پتانسیل‌دار بر اساس شواهد زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و ... توسط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی نیز انجام پذیر می‌باشد. GIS این کار را با تلفیق نمودن شواهد حاصل از منابع مختلف (زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و ...) انجام می‌دهد. GIS جهت انجام عمل تلفیق لایه‌ها و شواهد موجود از روش‌های مختلفی سود می‌جوید که در بخش‌های بعدی به تفصیل در مورد آنها صحبت خواهد شد. معمولاً یک سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه‌های پتانسیل‌دار معدنی از سه مرحله زیر بهره می‌جوید:

- مرحله اول: جمع‌آوری، طبقه‌بندی و ورود داده‌ها و تشکیل بانک اطلاعاتی لایه‌های مختلف:

در مرحله اول ساختن پایگاه داده مهمترین هدف قبل از شروع به انجام هر کاری می‌باشد. معمولاً از نظر زمانی این مرحله وقت‌گیرترین قسمت هر پروژه GIS می‌باشد و زمانی این مسئله بیش از پیش به چشم خواهد آمد که بخش عمده‌ای از داده‌های ورودی نظیر نقشه‌های زمین‌شناسی و ... به صورت چاپ نشده موجود باشند. این مرحله شامل شناسایی منابع داده‌های موردنظر، برداشت و جمع‌آوری داده‌ها، رقومی کردن آنها، ورود آنها به کامپیوتر، سازماندهی و تفسیر ساختار و

زمین مرجع نمودن برخی از داده‌های اولیه است. کوچکترین اشتباه در این مرحله منجر به ایجاد خطا در نقشه نهایی می‌شود.

– مرحله دوم: تجزیه، تحلیل و تفسیر داده‌ها

پس از ورود داده‌ها و آماده‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، نوبت به ایجاد لایه‌های اکتشافی و نقشه‌های نشانگر می‌رسد. هدف اصلی در این مرحله پردازش داده‌های موجود می‌باشد تا بدین وسیله شواهدی که دال بر وجود ذخایر می‌باشند از داده‌های مختلف موجود استخراج گشته و در مرحله سوم با یکدیگر تلفیق گردند.

– مرحله سوم: ترکیب و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی

همان‌طور که گفته شد در این بخش نقشه‌های مختلف تولید شده در مرحله دوم با استفاده از مدل‌های مختلف با یکدیگر ترکیب می‌شوند. برای ترکیب لایه‌های اطلاعاتی می‌توان از یک یا چند روش استفاده کرد. انتخاب روش ترکیب و پارامترهای آن تنها توسط سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی انجام‌پذیر نیست بلکه کارشناس یا مسئول پروژه در این مورد تصمیم‌گیری می‌نماید و این انتخاب یکی از پارامترهای مهم در تهیه نقشه‌های پتانسیل کانی‌سازی است. پس از انتخاب مدل و انجام عملیات تلفیق، در نهایت نقشه پتانسیل مطلوب بدست خواهد آمد که منطقه تحت مطالعه را به نواحی با مقادیر احتمالی مختلف از لحاظ دارا بودن استعداد کانی‌زایی تقسیم می‌نماید [Agterberg et al, 1990].

۳-۶- معرفی انواع روش‌های تهیه نقشه‌های پتانسیل‌دار معدنی در محیط GIS

اولین گام در هر پروژه‌ای اکتشافی که با هدف تهیه نقشه‌های پتانسیل مطلوب برای یک یا چند عنصر مشخص و در منطقه‌ای خاص انجام می‌پذیرد، تهیه و ارائه مدلی اکتشافی برای کانسارهای احتمالی موجود در منطقه می‌باشد. این فرآیند در مراحل بعدی با استخراج داده‌ها و اطلاعات مفید از بطن داده‌های مختلف موجود در پایگاه داده ادامه می‌یابد که این کار بر اساس خصوصیات عناصر

تحت پی‌جویی و مدل اکتشافی مربوطه انجام می‌گیرد. اما مرحله نهایی که موضوع بحث این بخش نیز می‌باشد، تلفیق این نقشه‌ها و لایه‌های شاهد بر اساس مدل‌های مختلف می‌باشد.

در حالتی بسیار کلی یک مدل GIS را می‌توان به صورت فرآیند ترکیب یک سری نقشه‌های ورودی با کمک گرفتن از تابعی برای تهیه یک نقشه خروجی فرض نمود یعنی:

Output map = f (2 or more input maps)

تابع f می‌تواند شکل‌های مختلفی داشته باشد و روابط بیان شده توسط این تابع نیز یا بر اساس درک نظری اصول فیزیکی و شیمیایی بوده یا بر اساس مشاهدات داده‌های تجربی و یا در نهایت ترکیبی از تئوری و تجربه می‌باشد.

برای نمونه، مدل‌های تفاوت محدود^۱ یا عناصر محدود^۲ در زمره مدل‌های صرفاً تئوریکی قرار می‌گیرند که از جریان‌های سیال بر اساس معادلات حرکت مشتق شده از اصول مکانیکی استفاده کرده و در زمینه‌هایی همچون جریان آبهای زیرزمینی و چرخه‌های اقیانوسی و جوی بطور گسترده‌ای بکار گرفته می‌شوند. همچنین روابط نیمه تجربی در بسیاری از شاخه‌های علوم زمین مثل مدل‌های مراحل شیب^۳ و مدل‌های شبیه‌سازی رسوب‌گذاری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما مدل‌هایی که برای پیش‌بینی پتانسیل‌های معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارای عملکردی بر اساس روابط آماری یا روابط تجربی می‌باشند، نمونه‌هایی از مدل‌های تجربی هستند چراکه اصول فیزیکی و شیمیایی حاکم بر تشکیل انباشته‌های معدنی در بیشتر موارد پیچیده‌تر از آن می‌باشند که بتوانند برای پیش‌بینی مستقیم از یک نظریه بیان شده بر اساس معادلات و روابط ریاضی بهره جویند [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

1- Finite-difference
2- Finite-element
3- Slope processes

برطبق نظر بونهام - کارتر مدل‌های تلفیق کننده داده‌ها در GIS با توجه به روش‌های متفاوت و جداگانه‌ای که برای تخمین اوزان نقشه‌های نشانگر بکار می‌برند به دو دسته روش‌های متکی بر داده^۱ و روش‌های متکی بر دانش^۲ تقسیم می‌گردند. روش‌های متکی بر داده برای محاسبه یا تخمین میزان همبستگی موجود میان نقشه‌های شاهد و نقاط آموزش^۳ (اندیس‌های معدنی) تنها از متدهای آماری سود می‌جویند درحالی‌که اوزان اختصاص یافته به نقشه‌ها و لایه‌های شاهد توسط روش‌های متکی بر دانش، بر اساس نظرات کارشناسان خبره می‌باشد [Ziaii et al, 2009].

روش‌های متکی بر داده نیازمند یک دانش قبلی می‌باشند که این دانش می‌تواند شامل رخنمون‌ها و ذخایر معدنی شناخته شده موجود در منطقه تحت پی‌جویی باشد. این دانش قبلی و اولیه بوسیله احتمال اولیه یا متقدم بیان شده و به صورت کمی ارائه می‌گردد. روش‌های متکی بر داده با بهره‌گیری از ارتباط فضایی موجود بین داده‌های ورودی (نقشه‌های شاهد) و موقعیت فضایی اندیس‌ها و رخنمون‌های مواد معدنی، اقدام به محاسبه درجه و میزان همبستگی هر کدام از نقشه‌های شاهد با اندیس‌های معدنی می‌نمایند [Harris et al, 2001]. مدل‌های متکی بر داده به قرار زیر می‌باشند:

۱- وزنهای نشانگر

(Bonham-Carter, Agterberg and Wright 1988; Wright and Bonham-Carter, 1996; Agterberg, 1992; Wilkinson, Harris and Kjarsgaard, 1999a)

۲- رگرسیون لجستیکی^۴

(Chung and Agterberg, 1980; Reddy and Bonham Carter, 1991)

۳- شبکه‌های عصبی^۵

(Harris and Pan, 1999; Singer and Kouda, 1999; Brown and others, 2000)

1- Data driven
2- Knowledge driven
3- Training points
4- Logistic reression
5- Neural networks

در مورد روش‌های فوق می‌توان گفت که اساس کار متدهای وزن‌های نشانگر و رگرسیون لجستیکی یکسان و مشابه هم می‌باشند درحالی‌که مدل‌سازی توسط شبکه‌های عصبی در شرایطی کاربرد دارد که رخنمون‌ها و اندیس‌های معدنی فراوانی در منطقه وجود داشته باشند. اما در روش‌های متکی بر دانش کارشناسی، تخصیص اوزان به هر یک از لایه‌ها و نقشه‌های شاهد، بر اساس نظرات متخصص و کارشناس اکتشافی و با در نظر گرفتن خصوصیات هدف اکتشافی انجام می‌پذیرد. روش‌های متکی بر دانش کارشناسی عبارت هستند از: [Harris et al, 2001]

۱- روش بولین^۱ (Harris et al, 2001)

۲- شاخص همپوشانی^۲ (Rencz and others, 1994)

۳- منطق فازی (An, Moon and Rencz, 1991)

۴- شبکه‌های منطقی و نمودارهای درختی تصمیم‌گیری^۳

(Duda and others, 1978; An, Moon and Bonham-Carter, 1992; Reddy and Bonham-Carter, 1991)

۵- نظریه دمپستر- شفر^۴ (Moon, 1990)

۶- روش تحلیلی سلسله مراتبی^۵ (Harris, Wilkinson and Broome, 1990)

از میان روش‌های مذکور نیز روش‌های منطق فازی و همپوشانی شاخص از عملکرد یکسانی برخوردار بوده و اساس کار مشابهی دارند چراکه وزن‌دهی هر دو روش بر اساس مدل اکتشافی و با نظر کارشناس انجام می‌گیرد. دیگر روش‌های معرفی شده کمتر در تهیه نقشه‌های پتانسیل مطلوب معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ویژگی‌ها و پارامترهای روش‌هایی که تاکنون معرفی شدند به صورت یکجا در جدول (۱-۳) آورده شده است.

1- Boolean logic

2- Index Overlay

3 - Inference networks and decision trees

4- Demster-Shafer

5- Analytical hierarchy process (AHP)

جدول (۳-۱) - تعدادی از مدل‌های متداول برای تلفیق داده‌ها در GIS [Harris et al, 2001]

روش		پارامترهای مدل	معیارهای داده‌های ورودی برای ترکیب
روش‌های مبتنی بر داده	شواهد وزنی	مناطق آموزش یعنی آگاهی از وجود ذخایر معدنی در منطقه	برقراری ارتباط فضایی بین رخنمون‌های شناخته شده و داده‌های ورودی با استفاده از قوانین احتمالات بیسین
	مدل رگرسیونی		
	شبکه عصبی		
روش‌های مبتنی بر دانش	منطق بولین	تخمین بر اساس نظر کارشناسی	ترکیب نقشه‌های دوتایی
	شاخص همپوشانی		ترکیب نقشه‌های دوتایی وزن داده شده
	شبکه‌های منطقی و نمودارهای درختی تصمیم‌گیری		تخمین با استفاده از نظر کارشناسی
	نظریه دمپستر - شفر		تخمین با استفاده از نظر کارشناسی
	منطق فازی		هر نقشه شاهد ورودی یک عضویت فازی در محدوده ۰ تا ۱ را شامل می‌شود و همه نقشه‌های شاهد با استفاده از عملگرهای فازی با هم ترکیب می‌شوند.
	روش تحلیلی سلسله مراتبی		ترکیب نقشه‌های مورد دلخواه وزن داده شده

فصل چهارم :

مطالعات دور سنجی در منطقه جبال بارز جهت

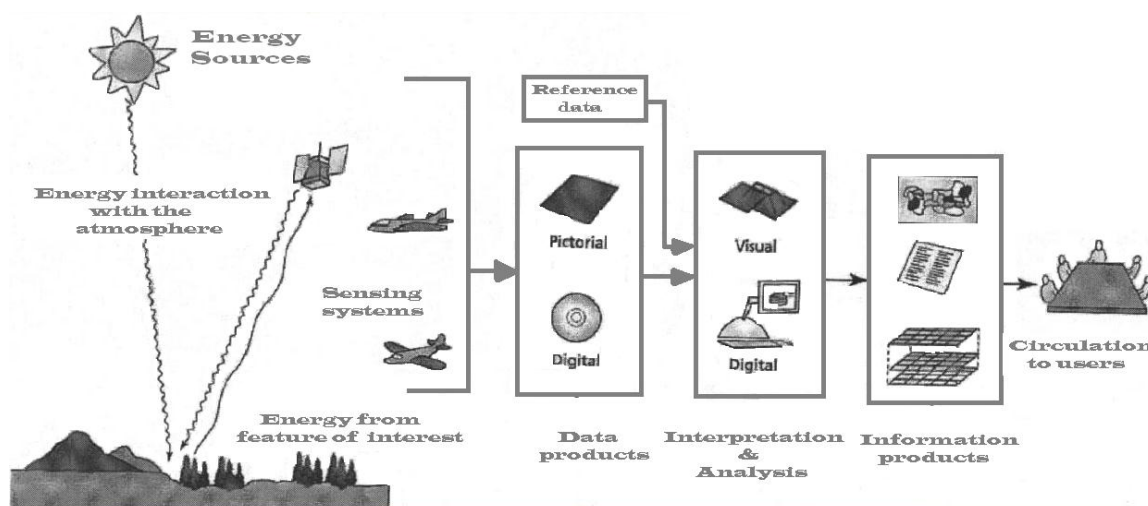
شناسایی آتشفشان های پدید و ترمالی

۴-۱- مقدمه

سنجش از راه دور یا دورسنجی^۱ به فرآیند دریافت، پردازش و تفسیر داده‌ها و تصاویر بدست آمده از هواپیماها و ماهواره‌ها اطلاق می‌گردد [Sabins, 1999]. اولین مرحله این فرآیند یعنی کسب داده‌ها، بصورت اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی یا منتشر شده امواج الکترومغناطیسی از سطح پدیده‌های موجود بر روی سطح زمین توسط سنجنده‌هایی که بر روی ماهواره‌ها یا هواپیماها تعبیه شده‌اند انجام می‌پذیرد. داده‌های ماهواره‌ای دورسنجی دارای ماهیت تصویری یا ماهیت رقومی می‌باشند. در نوع اول بازتابش امواج الکترومغناطیسی از سطح پدیده‌ها و عارضه‌های زمینی بر صفحه فیلم اثر می‌گذارد که در نهایت پس از انجام مراحل مربوط به ظهور و چاپ، تبدیل به عکس می‌گردد. ولی داده‌هایی که ماهیت رقومی دارند حاصل ثبت رقومی بازتاب‌ها توسط سنجنده‌های تعبیه گشته بر روی ماهواره‌ها هستند که با ارسال این داده‌ها به ایستگاه‌های زمینی و با انجام پردازش‌های لازم بر روی داده‌های رقومی در این ایستگاه‌ها، آن‌ها را به شکل تصاویر مطلوب و قابل استفاده تبدیل می‌نمایند [علوی پناه، ۱۳۸۵]. البته بایستی خاطرنشان ساخت که دورسنجی قادر به شناسایی مستقیم عارضه‌ها و پدیده‌های زمینی نمی‌باشد بلکه با بررسی و مطالعه انرژی اندازه‌گیری شده ناشی از بازتابش امواج الکترومغناطیسی از سطح پدیده‌های زمینی، اقدام به شناسایی ماهیت اجسام و پدیده‌ها می‌نماید [علوی پناه، ۱۳۸۵]. در برخورد امواج الکترومغناطیسی با هر پدیده زمینی سه حالت انعکاس، جذب و عبور رخ می‌دهد که مقدار هر کدام از این سه حالت به طول موج انرژی تابشی و همچنین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن پدیده وابسته است [مدیری، ۱۳۸۴] و از آنجاییکه

1- Remote Sensing

عارضه‌های زمینی به لحاظ خصوصیات شیمیایی و فیزیکی یکسان نبوده و متفاوت از یکدیگر می‌باشند لذا در نتیجه وجود همین اختلافات، پدیده‌های مختلف نیز خصوصیات طیفی متفاوتی داشته و در نهایت علم دورسنجی قادر به شناسایی و تمایز آنها از یکدیگر خواهد گشت. بنابراین مفسران داده‌های دورسنجی نه تنها بایستی شناخت کافی از خصوصیات امواج الکترومغناطیسی داشته باشند بلکه شناخت خود پدیده‌ها و عارضه‌های مختلف موجود بر روی زمین نیز توسط مفسران امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌نماید [علوی پناه، ۱۳۸۵]. شکل (۴-۱) یک فرآیند دورسنجی از مرحله ارسال داده‌ها تا دریافت توسط کاربر را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۱)- فرآیند سنجش از راه دور از مرحله تابش امواج الکترومغناطیس از خورشید تا دریافت توسط کاربر [Lillesand et al,2004]

سنجش از دور در مقایسه با روش‌های دیگر به علت داشتن هزینه‌های پایین و در عین حال بازدهی بالا، می‌تواند در تعیین اهداف اکتشافی اولیه نقش بسیار مهمی را از خود بروز دهد [کریم پور، ۱۳۸۱]. متدهای معمول اکتشافی نیازمند سرمایه‌گذاری‌های عظیم بوده و در عین حال وقتگیر نیز می‌باشند درحالی‌که استفاده از دورسنجی در عین حال که منجر به کاهش و صرفه‌جویی در هزینه‌ها و زمان نسبت به دیگر روش‌های اکتشافی همچون ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و زمین شناسی می‌گردد،

امکان پی‌جویی‌های مقدماتی و اولیهٔ کانسارها را نیز فراهم می‌آورد. در این رابطه دراری^۱ (۲۰۰۱) هزینه متوسط و بازدهی روش‌های اکتشافی مختلف را تخمین زده است. به عنوان مثال، وی تخمین زده است که هزینه و بازدهی اکتشافات مبتنی بر روش‌های زمین‌شناسی به ترتیب $\frac{\$}{km}$ ۱۶۰ و $\frac{km^2}{day}$ ۱۰ می‌باشد درحالی‌که ارقام فوق با استفاده از متد دورسنجی به $\frac{\$}{km}$ ۰/۰۲ و $\frac{km^2}{day}$ ۱۰۶ تبدیل می‌گردند [Amera, 2007].

در سال‌های اخیر اطلاعات ماهواره‌ای و تکنولوژی سنجش از دور پیشرفت‌های چشمگیری را به خود دیده است به طوری که بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای توسط شاخه‌های مختلف علمی به منظور بررسی و انجام مطالعات مختلف بر روی پدیده‌های زمینی از افزایش روزافزونی برخوردار گشته است [مدیری، ۱۳۸۴]. دانش معدن‌کاری و اکتشافات مواد معدنی نیز یکی از این شاخه‌های علمی می‌باشد که از فناوری دورسنجی جهت شناسایی و اکتشاف کانی‌های اقتصادی سود جسته است و موفقیت‌های چشمگیر و روزافزون استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و دورسنجی در تعیین مناطق دگرسانی، مطالعات ساختاری و تهیه نقشه‌های لیتولوژی در بکارگیری بیش از پیش این تکنولوژی در فعالیت‌های اکتشافی تاثیر بسزایی داشته است. تحقیقات فراوانی وجود دارند که بر اهمیت استفاده از دورسنجی در اکتشافات معدنی تأکید دارند. به طور کلی در استفاده از دورسنجی در پروژه‌های اکتشافی دو روش معمول وجود دارد. اولین روش شناسایی شکستگی‌ها و گسل‌های موجود و روش دوم شناسایی و تشخیص زون‌های آلتراسیونی هیدروترمال می‌باشد [Sabins, 1999]. اگرچه استفاده از هر دو نوع تصاویر ETM⁺ و استر^۳ در شناسایی شکستگی‌ها و ساختارهای خطی و همچنین زون‌های آلتراسیونی هیدروترمال کاربرد دارند ولی آنچه که مشخص است توانایی‌های بیشتر تصاویر استر در تفکیک نوع آلتراسیون‌ها و همچنین تشخیص نوع کانیهای آلتراسیونی می‌باشد. دلیل این برتری

1- Drury

2- Enhanced thematic mapper plus (ETM+)

3- ASTER (Advanced Space-born Thermal Emission and Reflection)

تصاویر استر را می‌توان در بیشتر بودن تعداد باندهای تصاویر استر نسبت به تصاویر ETM+ در بازه طول موجی (۲-۲/۵) میکرومتر دانست [Amera, 2007].

۲-۴- تاریخچه

بسیاری از متخصصان زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و جغرافیا کار با عکس‌های هوایی را از سال ۱۹۳۴ و در پی انتشار مجله مهندسی فتوگرامتری در آمریکا شروع کردند. در دهه پنجاه عکس‌برداری مادون قرمز برای مطالعات پوشش گیاهی رونق گرفت و در آوریل ۱۹۶۰ و بدنبال پرتاب ماهواره مطالعاتی بدون سرنشین TIROS دورسنجی فضایی وارد مرحله جدیدی گشت [علوی پناه، ۱۳۸۵]. اولین ماهواره جهت مطالعه منابع زمینی در ۲۳ ژوئیه ۱۹۷۲ توسط سازمان ناسا و با نام ERTS به فضا پرتاب شد که بعدها به لندست ۱ تغییر نام داد. این ماهواره مجهز به سنجنده مالتی اسپکترال اسکنر^۱ بود و به همین جهت به آن MSS نیز اطلاق می‌شد. پس از پرتاب لندست ۱، نسل‌های بعدی لندست نیز به فضا پرتاب شدند به طوری که تاکنون ۷ ماهواره از سری ماهواره‌های لندست به فضا پرتاب شده‌اند. از نسل‌های بعدی لندست که دارای باندهای اطلاعاتی بیشتر و دقیقتری می‌باشند بدلیل داشتن سنجنده‌هایی به نام تماتیک مپ^۲ با عنوان TM یاد می‌کنند. آخرین ماهواره از این سری با نام لندست ۷ و با سنجنده‌ای به نام ETM+ در سال ۱۹۹۹ توسط کشور آمریکا به فضا پرتاب شد [کریم پور، ۱۳۸۴]. می‌توان گفت که با پرتاب ماهواره اسپات^۳ که توسط فرانسه و با همکاری کشورهای سوئد و بلژیک و به سال ۱۹۸۶ صورت گرفت، انحصار ماهواره‌های سنجش از دور توسط کشورهای آمریکا و شوروی شکسته شد. در حال حاضر بسیاری از کشورها همچون ژاپن، هند، چین و کانادا با طراحی ماهواره‌های پیشرفته و پرتاب آنها به فضا خود را در زمره کشورهایی که دارای این تکنولوژی می‌باشند، قرار داده‌اند [علوی پناه، ۱۳۸۵].

1- Multi-Spectral-Scanner (MSS)

2- Thematic Mapper (TM)

3- SPOT

۴-۳- پردازش تصاویر ماهواره‌ای جهت شناسایی زون‌های آلتراسیون هیدروترمالی

از آنجاییکه دگرسانی‌های موجود در هر منطقه‌ای در ارتباط نزدیک با رخداد‌های تکتونیکی و فعالیت‌های ماگمایی آن منطقه می‌باشند لذا شناخت مناطق آلتراسیونی در ردیابی کانی‌سازی فلزی و بویژه مس پورفیری از اهمیت بسزایی برخوردار است. بسیاری از نهشته‌های معدنی همراه با مناطق گسترده دگرسانی می‌باشند که گاهی این مناطق حجمی دو یا سه برابر بزرگتر از خود نهشته دارند و به همین دلیل نیز می‌توانند به عنوان راهنما جهت اکتشاف مواد معدنی بکار می‌روند. مناطق دگرسانی خود انواع مختلفی دارند، در برخی از آنها هیچ‌گونه تغییری در ساختمان شیمیایی و کانی‌شناسی سنگ‌ها حاصل نمی‌گردد اما در انواعی دیگر از دگرسانی‌ها که مطلوب برای مطالعات دورسنجی نیز می‌باشند، تغییرات کانی‌شناسی مهم و بارزی رخ می‌دهد. سریشیتی شدن فلدسپات‌ها یا پدید آمدن آهن در ترکیبات اکسیدها و سولفیدها از جمله تغییرات کانی‌شناسی مهمی هستند که در مناطق آلتراسیونی دیده می‌شوند و همانطور که گفته شد بسیار مناسب جهت شناسایی توسط تکنیک‌های دورسنجی می‌باشند [لگ، ۱۳۸۱].

تکنیک‌های پردازش تصاویر دیجیتال بطور گسترده‌ای جهت پردازش تصاویر دورسنجی چندطیفی و ابرطیفی^۱ به منظور دستیابی به اهداف اکتشافی به کار برده شده‌اند. (برای مثال توسط Van der Meer، 1997؛ Torres Vera و Prol-Ledesma، 2000؛ Drury، 2001؛ Owusu و همکاران، 2006). همچنین مطالعات متعددی نیز بر امکان پذیری شناسایی مناطق آلتراسیونی هیدروترمالی بر اساس بررسی تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی و ابرطیفی وجود دارد که همگی بر پایه این واقعیت می‌باشند که کانی‌های همراه با دگرسانی‌های هیدروترمالی از خصوصیات طیفی متمایزی بهره می‌برند که امکان شناسایی آنها را فراهم می‌آورد [Galvao، 2005]. اطلاعات طیفی مربوط به کانی‌هایی که در زمره اهداف اکتشافی می‌باشند، در صورت عدم پردازش فقط بخش کوچکی از کل اطلاعات موجود در یک تصویر دورسنجی را تشکیل می‌دهند، لذا استخراج این اطلاعات و در نتیجه

1- Multispectral and hyperspectral remote sensing images

شناسایی هدف‌های اکتشافی جز با پردازش صحیح این تصاویر امکان‌پذیر نخواهد بود [Amera, 2007].

در این بخش نخست بصورت گذرا به خلاصه‌ای از اصول و مبانی روش‌های مختلفی که جهت شناسایی زون‌های آلتراسیونی بکار می‌روند اشاره خواهیم نمود و در ادامه نتایج حاصله از بکارگیری روش‌های مذکور را بر روی تصاویر ماهواره‌ای منطقه جبال بارز نمایش خواهیم داد.

اجرا نمودن ترکیبات باندی به صورت تصاویر رنگی کاذب، نسبت‌های باندی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر روی تصاویر ماهواره‌ای در شناسایی هیدروکسیل‌ها و زون‌های آلتراسیونی اکسیدی بسیار سودمند می‌باشد. مطالعه و آنالیز خصوصیات جذب و انعکاس طیفی میکاهای سفید در طول موج حدوداً 2200 nm نیز در تفکیک و شناسایی زون‌های آلتراسیونی هیدروترمالی مفید می‌باشد. همچنین ساخت تصاویر ترکیبی کاذب و نسبت‌های باندی با استفاده از باندهای SWIR^1 سنجنده استر نیز در شناسایی زون‌های آلتراسیونی سودمند می‌باشند [Amera, 2007].

۴-۳-۱- آشنایی با تعدادی از روش‌های پردازش تصاویر ماهواره‌ای

۴-۳-۱-۱- تصاویر رنگی مرکب کاذب^۲

بدلیل اینکه اکثر تصاویر ماهواره‌ای به صورت چند باندی تهیه و عرضه می‌گردند لذا تجزیه و تحلیل‌هایی که تنها بر روی یک باند انجام می‌گیرند بی‌شک قادر به استخراج حداکثر اطلاعات موجود در تصاویر نخواهند بود و در چنین مواقعی است که تولید تصاویر چند باندی بسیار سودمند خواهد بود. با اختصاص جداگانه هر یک از سه رنگ اصلی یعنی قرمز، سبز و آبی که به اختصار RGB نامیده می‌شوند به سه باند انتخابی از تصویر ماهواره‌ای، تصاویر رنگی کاذب بدست می‌آیند. اگر تصاویر رنگی ترکیبی بطور مناسب و صحیحی انتخاب گردند و هیستوگرام باندهای استفاده شده نیز تشابه ظاهری داشته باشند، در نتیجه تصاویر حاصله نیز خوش ترکیب و از قابلیت تفسیر بالایی برخوردار خواهند

1- Short wave infrared

2- Falsecolor composite image

بود. پس انتخاب باندهای مناسب برای ساخت تصاویر رنگی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشند و به همین خاطر است که محققان مختلف در این زمینه مطالعات فراوانی انجام داده و روش‌هایی را نیز که مبتنی بر روش‌های آماری می‌باشند جهت انتخاب باندهای مناسب ارائه نموده‌اند. انتخاب باندهای مناسب برای ساختن تصاویر رنگی در جهت به حداقل رساندن داده‌های کم ارزش و استفاده حداکثر از اطلاعات مفید می‌باشند. روشهای فاکتور شاخص مطلوب^۱ (OIF)، تعیین ماتریس حداکثر واریانس و کوواریانس^۲ و تجزیه مؤلفه‌های اصلی^۳ از جمله روش‌هایی هستند که برای انتخاب ترکیب‌های باندی مناسب جهت ساخت تصاویر رنگی کاذب بکار می‌روند [علوی پناه، ۱۳۸۵].

بر اساس مطالعات صورت گرفته، ترکیبات باندی مختلفی جهت مطالعه و بررسی موضوعات خاصی ارائه شده‌اند که تعدادی از این دسته ترکیبات باندی همراه با پدیده‌هایی که توسط این باندها شناسایی می‌گردند در جدول (۴-۱) آورده شده است.

جدول (۴-۱)- تعدادی از ترکیب‌های باندی مناسب برای مطالعه پدیده‌های مختلف
توسط تصاویر ماهواره‌ای ETM+ [علوی پناه، ۱۳۸۵] و [Amera, 2007]

پدیده یا خصوصیت تحت بررسی	RGB
جداسازی لیتولوژی در مناطق خشک	۷-۴-۱
جداسازی لیتولوژی در مناطق محتوی کانیهای هیدروکسیل‌دار	۷-۵-۱
جداسازی خاکهای غنی از اکسید آهن در مناطق با تخریب بالا	۱-۳-۴
جداسازی لیتولوژی	۵-۳-۱
تفسیر زمین‌شناسی	۳-۴-۵
جداسازی انواع پوشش گیاهی	۲-۳-۴
مشاهده زمین آنگونه که با چشم دیده می‌شود	۳-۲-۱
تفکیک سریع مناطق با پوشش گیاهی از مناطق فاقد آن	۷-۴-۳
تفکیک واحدهای زمین‌شناسی	۱-۴-۵
شناسایی واحدهای زمین‌شناسی	۲-۴-۷

1- Optimum Index Factor (OIF)

2- Maximum variance-covariance matrix determination

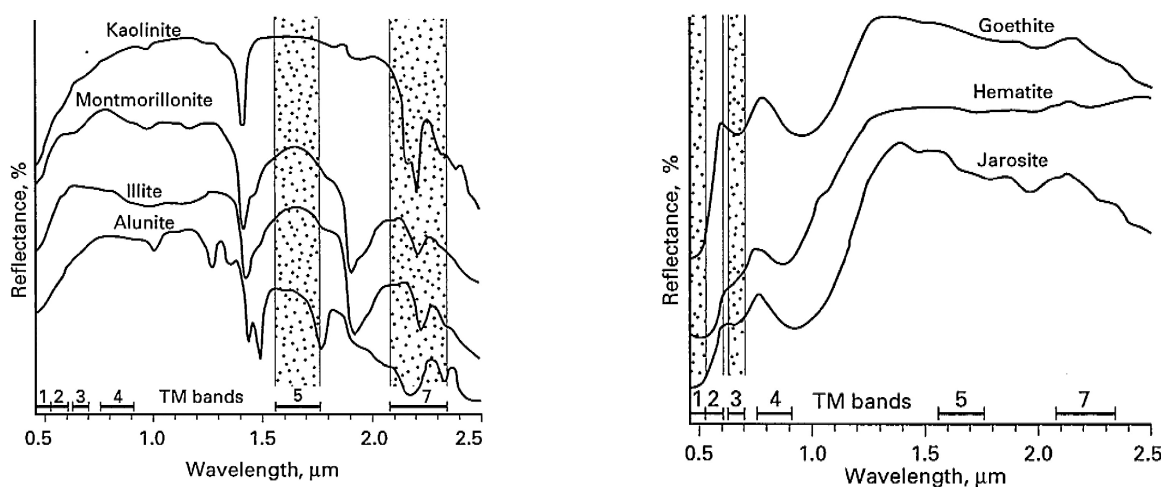
3- Principal component analysis (PCA)

۴-۳-۱-۲- تصاویر نسبتی

از تقسیم مقادیر درجه روشنایی (DN) یک باند طیفی بر باند طیفی دیگر و یا به عبارتی بهتر با استفاده از نسبت‌های باندی^۱، تصاویر نسبتی بدست می‌آیند [علوی پناه، ۱۳۸۵]. این نسبت‌های باندی در بارزسازی اختلافات طیفی و همچنین کاهش تأثیرات توپوگرافی نقش بسزایی دارند یعنی اینکه با نسبت‌گیری باندی می‌توان بعضی از جنبه‌های نمودار انعکاس طیفی انواع پوشش‌های متفاوت سطح زمین را آشکار و همچنین به کاهش آثار ناخواسته همچون تأثیرات توپوگرافی بر روی بازتابش ثبت شده کمک نمود [میدر، ۱۳۷۷]. بی‌تردید تصاویر نسبتی حاصل از این نسبت‌های باندی نیز به سبب حذف عوامل و پارامترهای نامطلوب اختلافات موجود مابین باندها را با شدت بیشتری نشان خواهند داد و تغییرات ظریف طیفی پدیده‌ها را نسبتاً بهتر از تصاویر خام به تصویر خواهند کشید. اساس کار در ساخت تصاویر نسبتی برای شناسایی پدیده‌ای خاص، بر وجود اختلاف در بازتابش طیفی آن پدیده در دو باندی که بر هم تقسیم می‌شوند استوار است، بدین شکل که با قرار دادن باندی که دارای بیشترین بازتابش طیفی است در صورت کسر و در مقابل اختصاص باندی که دارای کمترین بازتابش است به مخرج کسر، نسبتی باندی بدست خواهد آمد که در نهایت تصویر نسبتی حاصل از این نسبت باندی به بارزسازی هرچه بهتر پدیده در مقایسه با حالت تک باندی خواهد انجامید.

از نام‌آشنا‌ترین نسبت‌های باندی مورد استفاده در تصاویر ETM+ جهت بارزسازی کانی‌های مختلف می‌توان به نسبت‌های باندی ۵/۷، ۳/۱ و ۵/۴ که به ترتیب جهت شناسایی کانی‌های رسی، اکسیدهای آهن و کانی‌های آهن دو ظرفیتی بکار می‌روند، اشاره کرد. دلیل استفاده از این نسبت‌های باندی برای شناسایی کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن را در شکل (۴-۲) می‌توان جست.

1- Band ratio



شکل (۲-۴) - بازتاب طیفی کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن [Sabins, ۱۹۹۹]

۳-۱-۳-۴- تصاویر نسبتی ترکیبی

از ترکیب روش‌های گفته شده در قسمت‌های (۱-۱-۳-۴) و (۲-۱-۳-۴) تصاویر نسبتی ترکیبی بدست می‌آیند. تاکنون نسبت‌های ترکیبی مختلفی جهت شناسایی و بارزسازی آلتراسیون‌ها ارائه گشته‌اند. جدول (۲-۴) تعدادی از این نسبت‌های ترکیبی را نشان می‌دهد [کریم پور، ۱۳۸۴].

جدول (۲-۴). تعدادی از نسبت‌های ترکیبی ارائه شده در همایش‌های مختلف جهت شناسایی آلتراسیونها

R	۵/۷	۴/۵	۵/۷	۵/۷	۵/۷
G	۵/۴	۳/۱	۴/۳	۴/۲	۴/۲
B	۳/۱	۵/۷	۳/۱	۲/۱	۲/۱

۴-۱-۳-۴- آنالیز مؤلفه‌های اصلی

وجود همبستگی در اطلاعات موجود در باندهای مجاور و نزدیک به هم تصاویر چندطیفی، یکی از ویژگی‌های این تصاویر می‌باشد [امیدر، ۱۳۷۷] که علت این پدیده را نیز می‌توان در وجود تشابه مابین بازتابش طیفی پدیده‌ها جست [کریم پور، ۱۳۸۴]. وجود اطلاعات مشترک در باندهای طیفی و یا به عبارتی بهتر تکرار اطلاعات در این باندها، خود را به صورت همبستگی مابین باندها نشان می‌دهند. در چنین شرایطی استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی می‌تواند سودمند واقع گردد. آنالیز

مؤلفه‌های اصلی روشی است مبتنی بر آمار چند متغیره که به منظور ایجاد تقلیل در حجم داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهمترین فایده PCA جمع‌آوری و متراکم ساختن اطلاعات موجود در باندهای مختلف در تعدادی باند یا مؤلفه می‌باشد. از طرفی PCA با حذف اطلاعات زائد موجود در داده‌های ماهواره‌ای از لحاظ صرفه‌جویی در وقت و احیاناً هزینه نیز می‌تواند حائز اهمیت باشد [علوی پناه، ۱۳۸۵].

متد تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در دو حالت قابل اجراست:

۱. PCA استاندارد

۲. PCA انتخابی یا روش کروسستا^۱ [کریم پور، ۱۳۸۴]

اساس کار این دو روش کمی متفاوت از یکدیگر می‌باشد. در روش اول کلیه باندهای طیفی ولی در روش دوم تعدادی از باندهای مناسب و شناخته شده که دارای اطلاعات مناسبی می‌باشند جهت انجام آنالیز مورد استفاده قرار می‌گیرند [کریم پور، ۱۳۸۴]. به عبارتی دیگر انتخاب باندهای مناسب در روش کروسستا بصورت انتخابی و بر اساس طیف کانیهای مورد نظر انجام می‌پذیرد. به عنوان مثالی از روش کروسستا، باندهای طیفی ۱، ۴، ۵ و ۷ تصاویر ETM+ ماهواره لندست برای شناسایی کانی‌های هیدروکسیلی پیشنهاد شده‌اند [Amara, 2007]. همانگونه که ملاحظه می‌گردد به منظور اجتناب از تأثیرگذاری کانیهای اکسیدی آهن، از باندهای ۲ و ۳ جهت انجام آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده نگردیده است.

۴-۳-۲- پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه جبال بارز جهت شناسایی آلتراسیون‌های هیدروترمالی

فعالیت محلول‌های گرمابی مرتبط با گرمای حاصله از توده‌های نفوذی، باعث ایجاد دگرسانی در سنگ‌های منطقه جبال بارز شده است. ساختارهای تکتونیکی و بویژه شکستگی‌های اصلی موجود در منطقه در هدایت سیالات و تبادل یونی با تشکیل‌دهنده‌های سنگ‌های منطقه، از نقش بسزایی برخوردار می‌باشند [رحیمی، ۱۳۸۰].

1- Crosta method

۴-۳-۲-۱- کاربرد تصاویر ETM+ به منظور شناسایی آلتراسیون‌های منطقه جبال بارز

۴-۳-۲-۱-۱- تصاویر نسبتی

تصاویر نسبتی جهت شناسایی کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن در منطقه مورد استفاده قرار گرفتند که نتایج حاصله به شرح زیر می‌باشد:

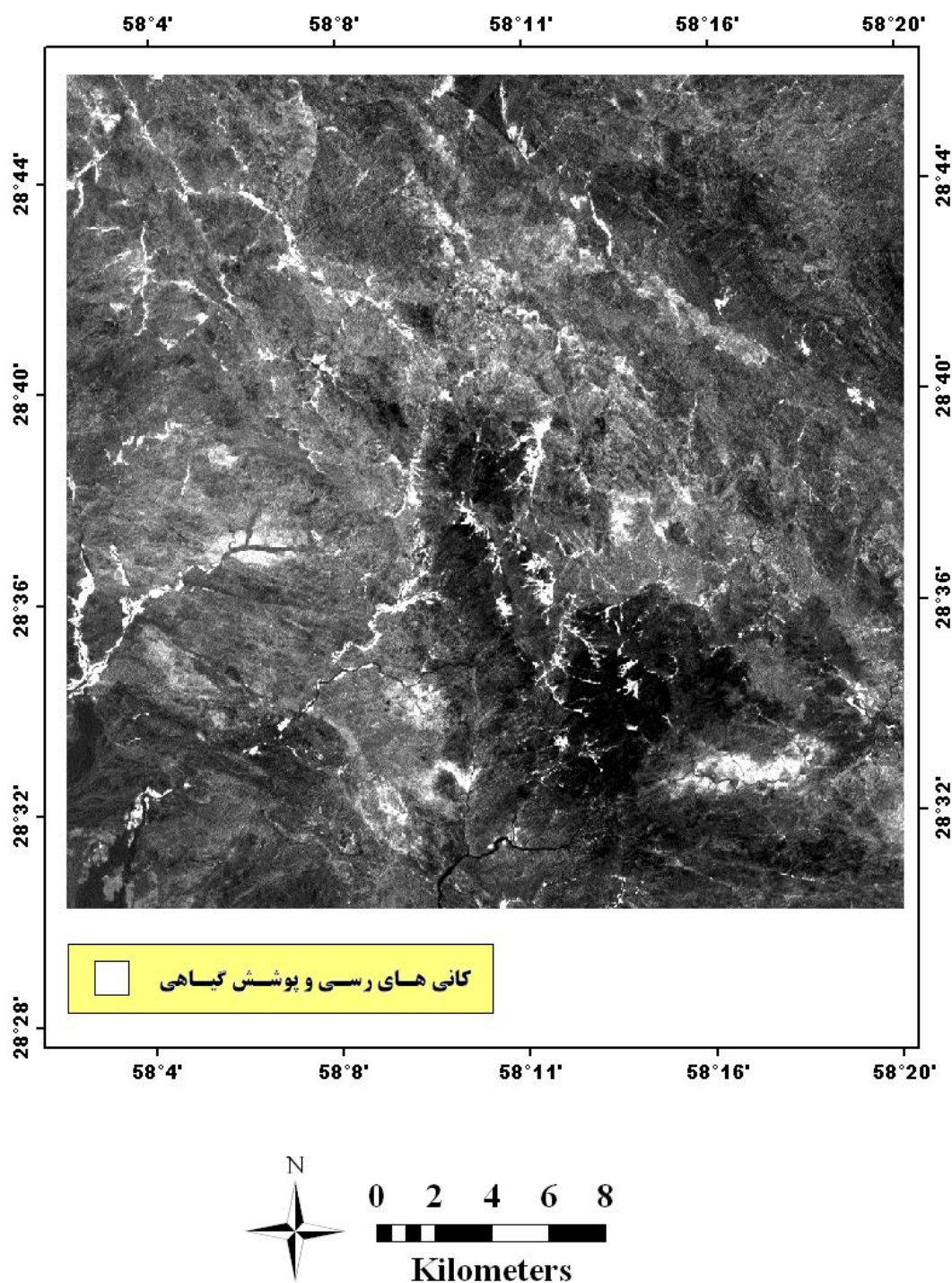
(۱) کانیهای رسی :

تصویر نسبتی حاصل از نسبت باندی ۵/۷ در شکل (۳-۴) آورده شده است. در این شکل مناطق با پیکسل‌های روشن نشان دهنده کانی‌های رسی می‌باشند. البته گیاهان نیز در نسبت باندی ۵/۷ خود را با پیکسل‌های روشن نشان می‌دهند که جهت متمایز ساختن آنها از کانی‌های رسی، شاخص NDVI^۱ و تصویر رنگی ترکیبی با RGB (۳-۴-۷) مورد استفاده قرار گرفت. (شکل ۴-۴)

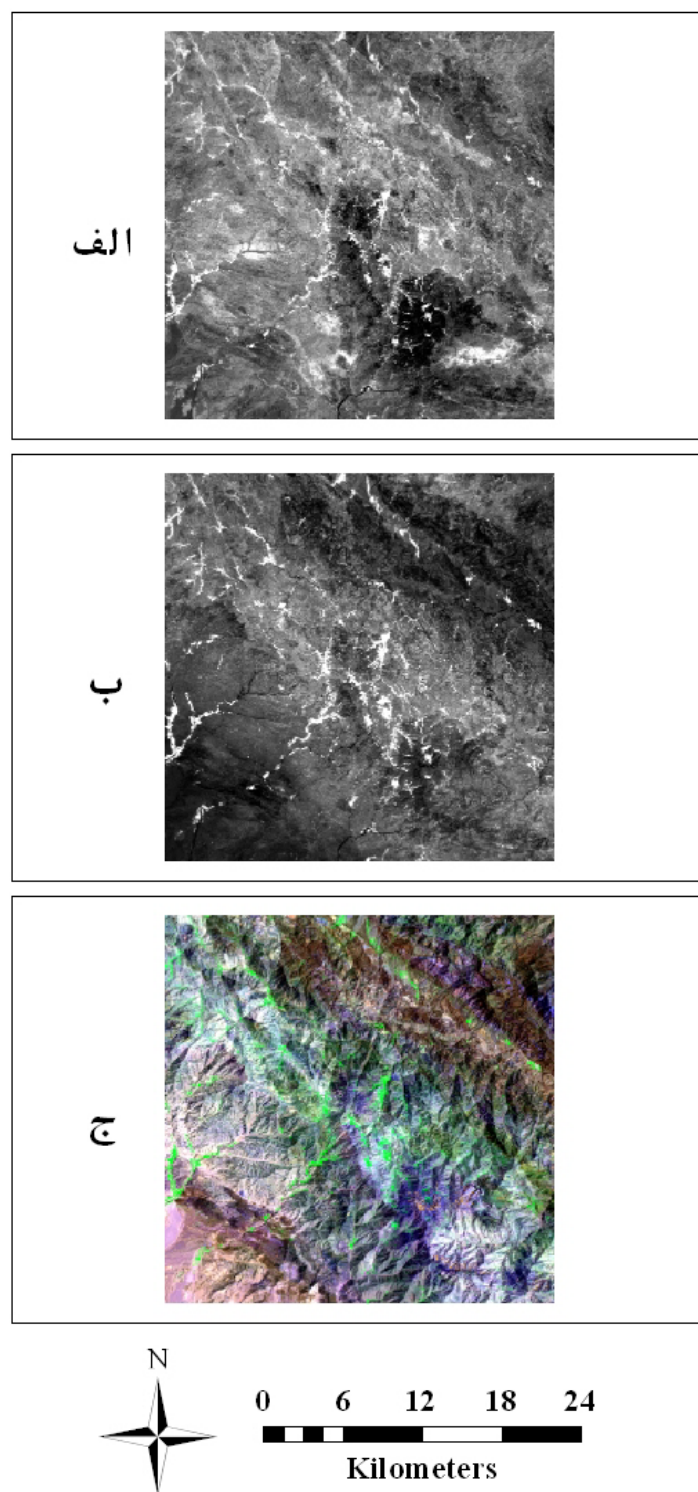
(۲) اکسیدهای آهن :

تصویر حاصل از نسبت باندی ۳/۱ به منظور بارزسازی اکسیدهای آهن در شکل (۵-۴) نشان داده شده است. پیکسل‌های سفید رنگ ناشی از حضور اکسیدهای آهن در منطقه می‌باشند.

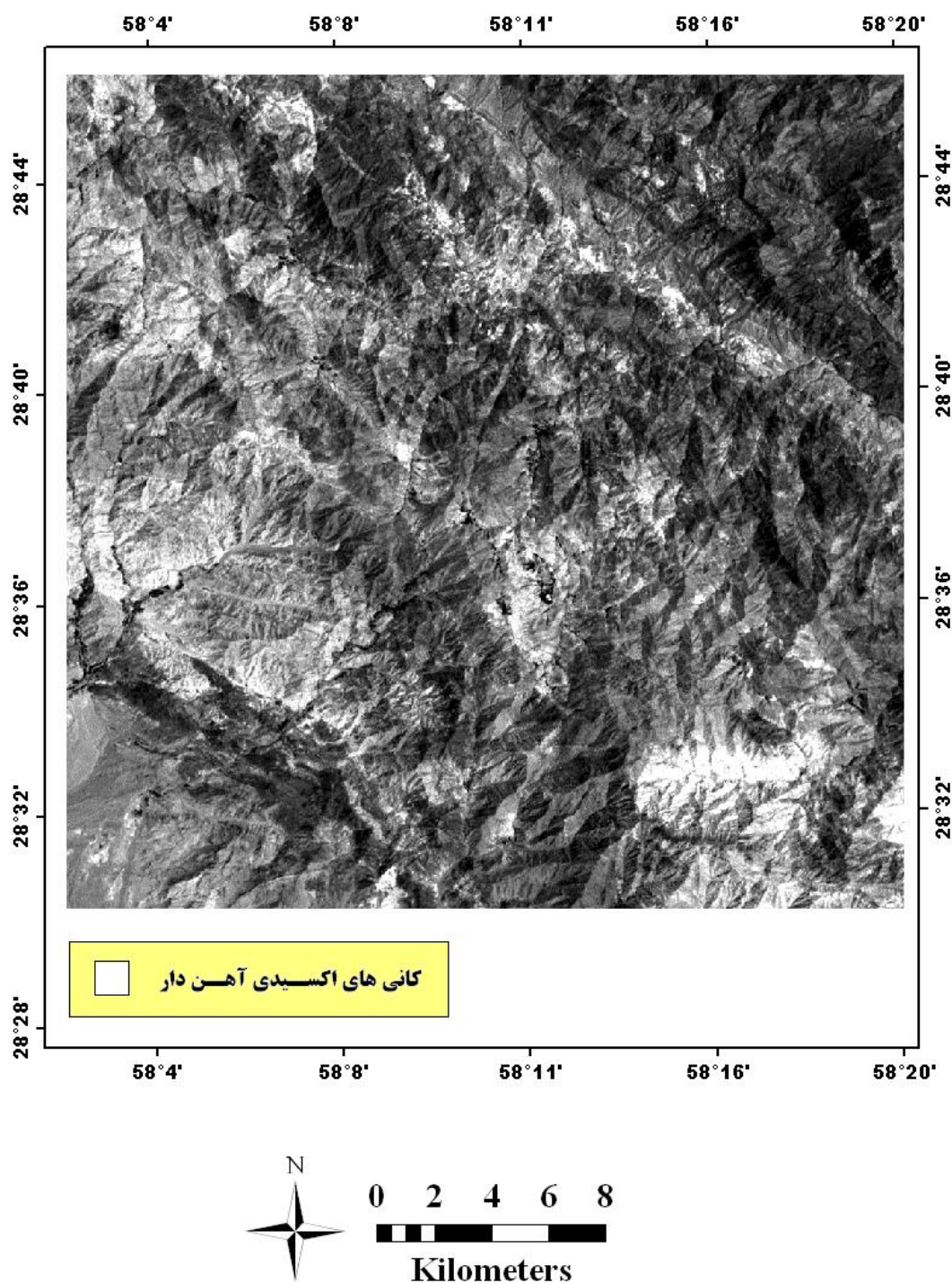
1- Normalized Difference Vegetation Index



شکل (۴-۳) - تصویر نسبتی ۵/۷ جهت شناسایی کانیهای رسی



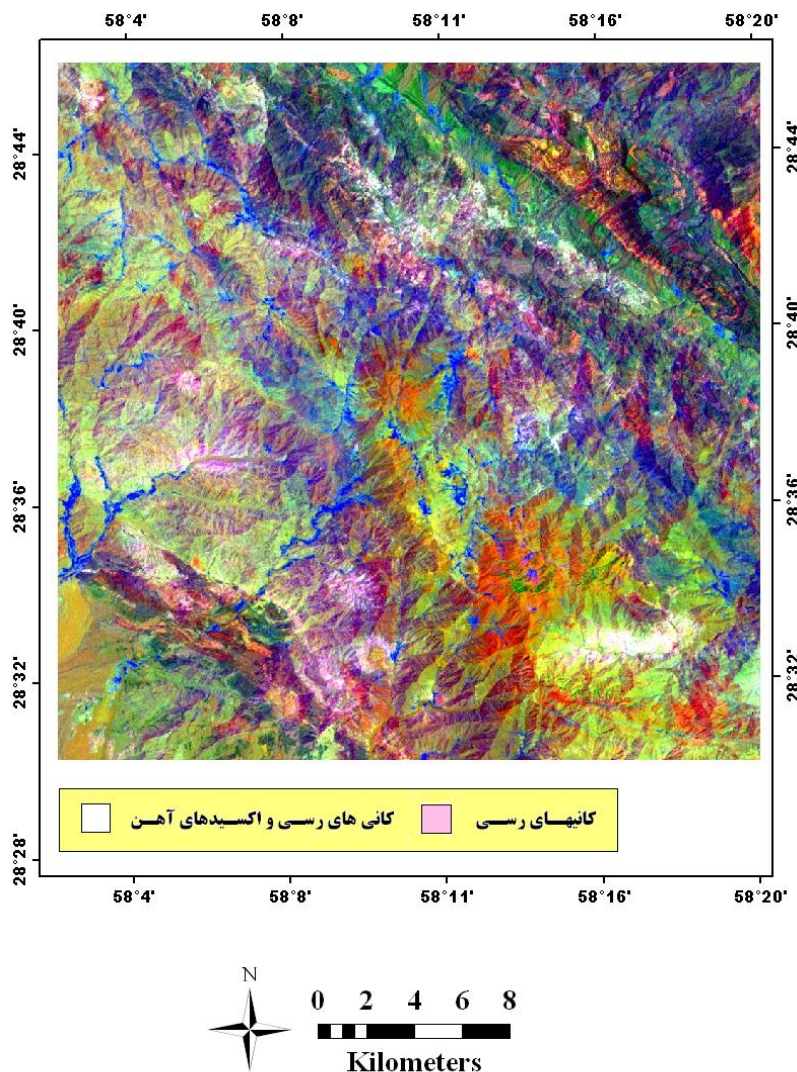
شکل (۴-۴) - الف: تصویر نسبتی ۵/۷ (پیکسل‌های سفید رنگ نمایانگر کانی‌های رسی و پوشش گیاهی می‌باشند)
 ب: شاخص NDVI برای شناسایی پوشش گیاهی (پیکسل‌های سفید رنگ) ج: تصویر رنگی ترکیبی با (4,6,7) RGB
 برای شناسایی مناطق همراه با پوشش گیاهی (پیکسل‌های سبز روشن)



شکل (۴-۵) - تصویر نسبتی ۳/۱ جهت شناسایی کانی‌های اکسیدی آهن‌دار

۴-۳-۲-۱-۲- تصاویر نسبیتی ترکیبی

نسبت‌های باندی استفاده شده جهت ساخت تصاویر رنگی ترکیبی برای منطقه جبال بارز که با نتایج نسبتاً مطلوبی نیز همراه می‌باشند ترکیب‌های مختلف نسبت‌های باندی ۵/۷، ۵/۴ و ۳/۱ هستند. به عنوان مثال ترکیب نسبیتی (۵/۷-۳/۱-۵/۴) که در شکل (۴-۶) نیز نشان داده شده است، مناطق همراه با کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن را با رنگ سفید و مناطقی که دارای کانی‌های رسی هستند ولی فاقد اکسیدهای آهن می‌باشند را با رنگ صورتی روشن نشان می‌دهد.



شکل (۴-۶). تصویر حاصل از ترکیب باندی نسبیتی با (۵/۷-۳/۱-۵/۴) RGB

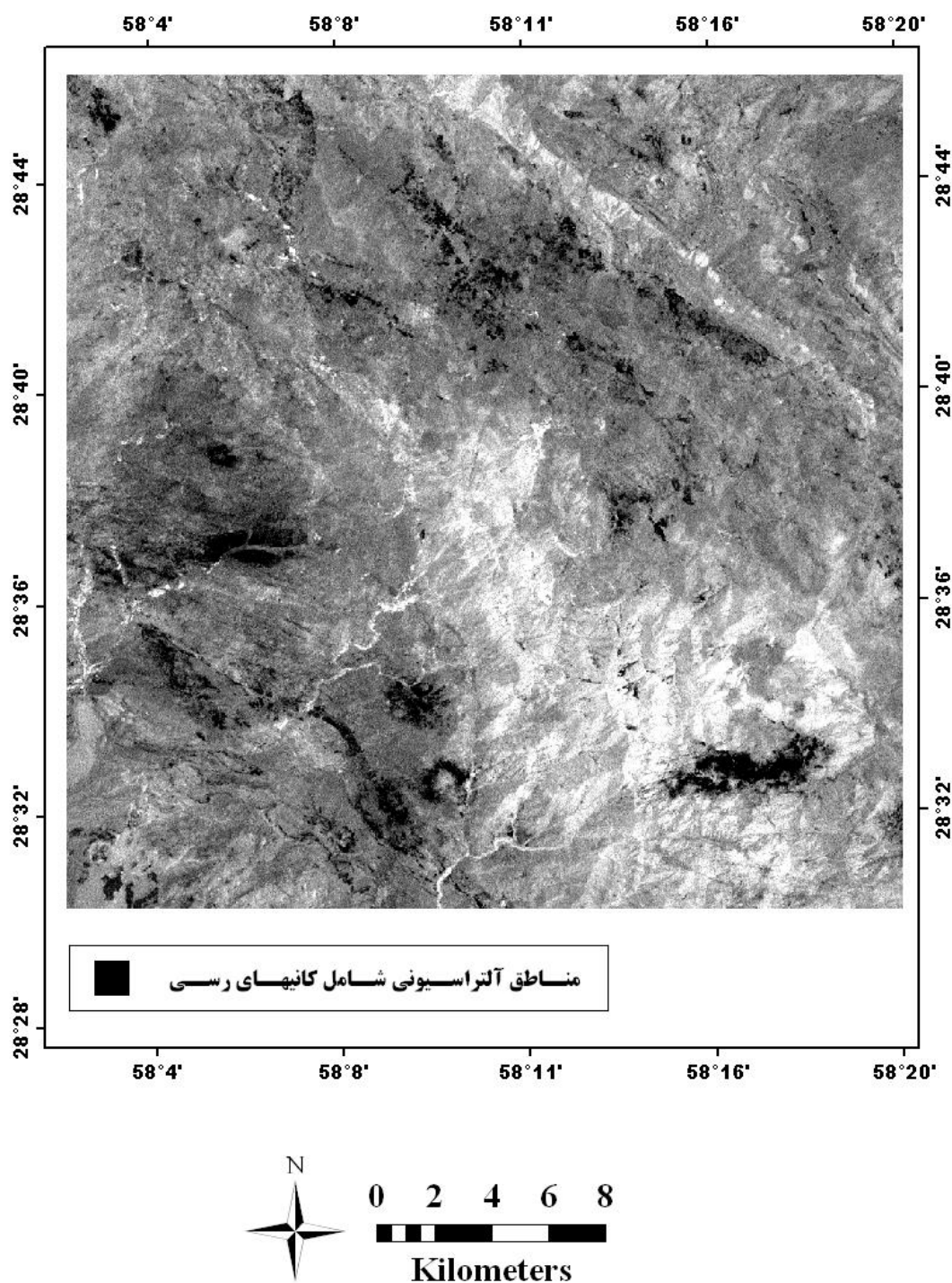
۳-۱-۲-۳-۴- آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA)

متد آنالیز مؤلفه‌های اصلی در منطقه جبال بارز با بکارگیری روش کروستا انجام پذیرفت. برای شناسایی کانی‌های رسی از باندهای انتخابی (۱، ۴، ۵ و ۷) و به منظور شناسایی مناطق دارای کانی‌های اکسیدی آهن باندهای (۱، ۳، ۴ و ۵) مورد استفاده قرار گرفتند. دلیل استفاده از این باندها را نیز می‌توان بدین شکل بیان داشت که در حالت اول و به منظور جلوگیری از اثرگذاری اکسیدهای آهن، باندهای ۲ و ۳ و در حالت دوم یعنی برای شناسایی مناطق دارای اکسید آهن و در جهت کاهش اثرگذاری کانیهای رسی باند ۷ حذف شد.

نتایج مربوط به مقادیر ویژه حاصله از بکارگیری روش PCA برای شناسایی مناطق رسی در جدول (۴-۴) آورده شده است. با توجه به ردیف آخر جدول مذکور که نمایشگر مقادیر ویژه مؤلفه اصلی چهارم می‌باشد و با در نظر گرفتن مقادیر مثبت و منفی مربوط به باندهای ۷ و ۵ نتیجه‌ای که بی‌درنگ به ذهن خطور خواهد نمود تفکیک مطلوب مناطق دارای کانی‌های رسی توسط این مؤلفه اصلی است. شکل (۴-۷) گواهی بر این ادعاست به طوری که مناطق با پیکسل‌های تیره رنگ مشخص کننده نواحی دارای کانی‌های رسی می‌باشند. دلیل تیره بودن پیکسل‌ها نیز در ارتباط با علامات جبری مربوط به مقادیر ویژه باندهای ۷ و ۵ می‌باشد، جایی که این علامت برای باند ۷ مثبت، ولی برای باند ۵ منفی می‌باشد.

جدول (۴-۳) - مقادیر ویژه حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۱، ۴، ۵، ۷)

Eigenvectors	باند ۱	باند ۴	باند ۵	باند ۷
PC 1	۰/۲۳۷۳۳۷	۰/۳۰۲۰۷۸	۰/۷۰۷۲۷۹	۰/۵۹۳۴۴۴
PC 2	۰/۹۵۵۵۱۵	۰/۰۰۰۰۳۷	-۰/۲۹۳۱۱۰	-۰/۰۳۲۸۲۵
PC 3	-۰/۰۰۶۷۳۱	-۰/۸۴۴۴۰۱	-۰/۰۸۱۳۴۲	۰/۵۲۹۴۵۷
PC 4	-۰/۱۷۴۹۷۷	۰/۴۴۲۴۲۰	-۰/۶۳۸۱۴۳	۰/۶۰۵۳۲۷



شکل (۴-۷). تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی
به روش کروستا برای باندهای (۱، ۴، ۵، ۷)

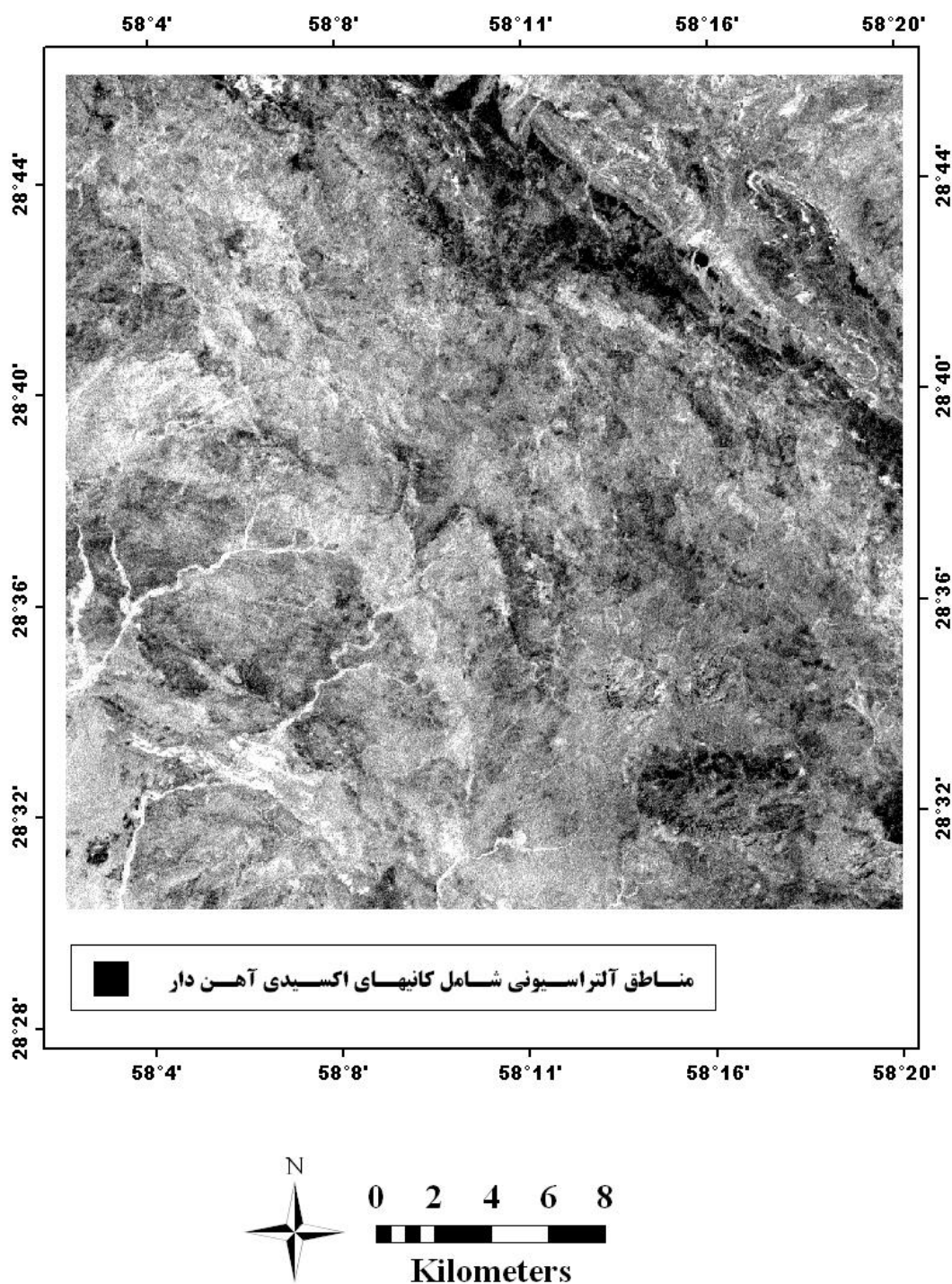
نتایج آنالیز مؤلفه اصلی برای شناسایی و تفکیک کانی‌های اکسیدی آهن نیز مطابق با آنچه که در قسمتهای بالا ذکر گشت، انجام پذیرفت با این تفاوت که این بار مقادیر بردار ویژه مربوط به باندهای ۱ و ۳ بایستی مدنظر قرار می‌گرفتند. جدول (۴-۵) و تصویر (۴-۸) نشان‌دهنده مناسب بودن مؤلفه اصلی چهارم برای شناسایی و تفکیک مناطق دارای کانیهای اکسیدی آهن می‌باشد.

جدول (۴-۴) - مقادیر ویژه حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۱، ۳، ۴، ۵)

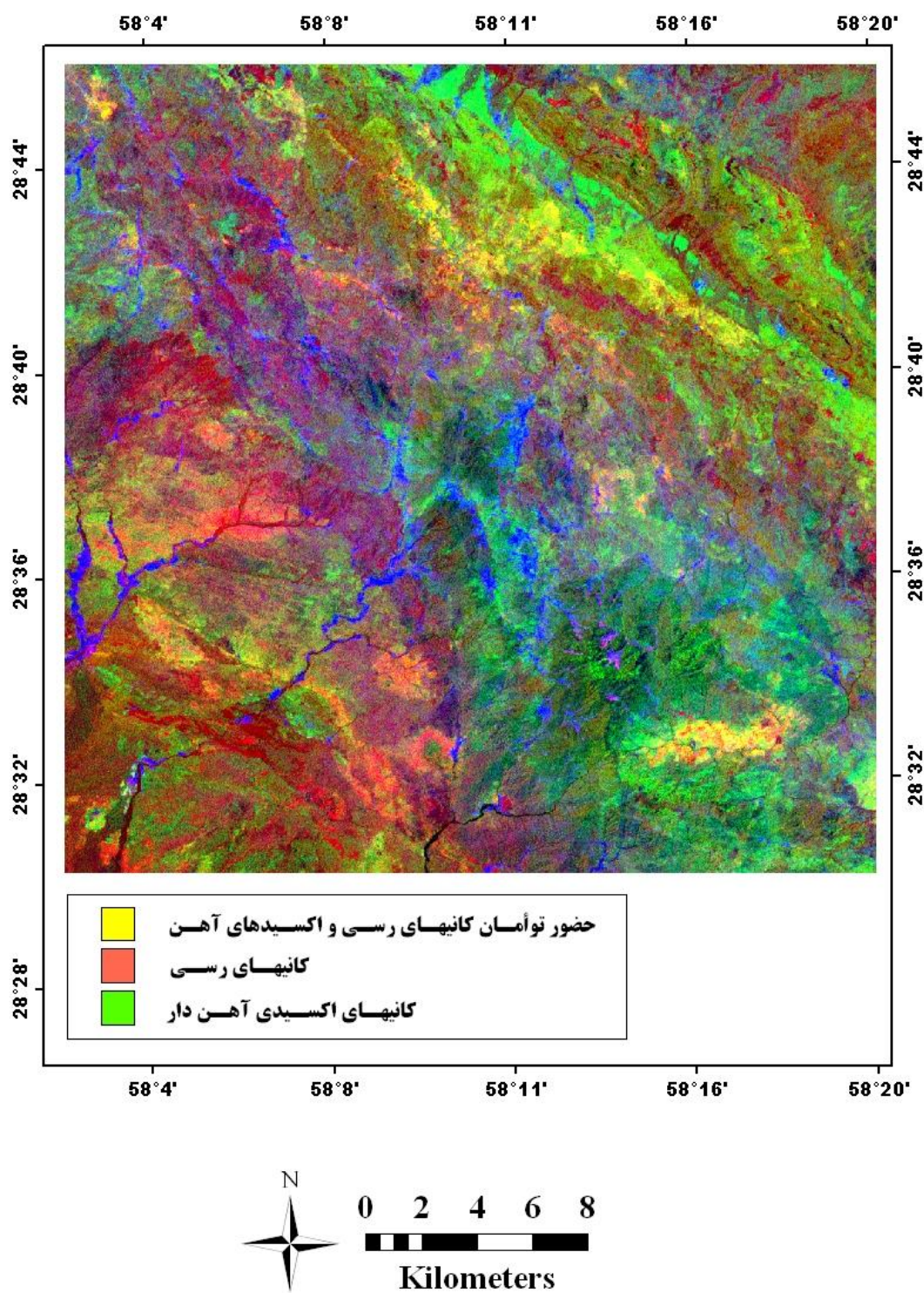
Eigenvectors	باند ۱	باند ۳	باند ۴	باند ۵
PC 1	۰/۲۷۳۸۸۴	۰/۵۵۳۱۸۸	۰/۳۱۷۶۷۶	۰/۷۱۹۷۵۸
PC 2	۰/۵۷۹۰۴۱	۰/۵۵۷۷۶۴	-۰/۲۰۹۹۹۰	-۰/۵۵۶۳۴۰
PC 3	-۰/۰۶۹۹۲۹	۰/۰۸۹۴۵۶	-۰/۹۲۳۸۲۱	۰/۳۶۵۵۹۸
PC 4	۰/۷۶۴۷۲۸	-۰/۶۱۲۲۷۴	-۰/۰۳۹۲۵۰	۰/۱۹۶۹۰۶

همانطور که مشاهده می‌شود استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی، مناطق آلتراسیونی مربوط به کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن‌دار را به خوبی و با وضوح بیشتری نسبت به روش‌های قبلی شناسایی می‌کند. حال برای مشاهده انواع دگرسانی‌ها در یک نقشه واحد بگونه‌ای که هر یک از مناطق مربوط به دگرسانی‌های مختلف و نیز مناطقی که از حضور توأمان کانی‌های مربوط به هر دو نوع دگرسانی‌ها بهره می‌برند با رنگ‌های جداگانه‌ای به نمایش درآیند مجدداً استفاده از تصاویر ترکیبی رنگی می‌تواند مفید واقع شود، بدین ترتیب که با اختصاص رنگ قرمز به مؤلفه اصلی چهارم مربوط به PCA(۱-۴-۵-۷)، رنگ سبز به مؤلفه اصلی چهارم مربوط به PCA(۱-۳-۴-۵) و رنگ آبی به باند نسبتی ۴/۳ و با انجام عمل Inverse، در نهایت تصویری (شکل ۴-۹) بدست می‌آید که مناطق مختلف آن دارای ویژگی‌هایی به شرح زیر می‌باشند:

- ۱) مناطق با پیکسل‌های ارغوانی رنگ = مناطق دارای کانی‌های رسی
- ۲) مناطق با پیکسل‌های سبز رنگ = مناطق دارای کانی‌های اکسیدی آهن
- ۳) مناطق با پیکسل‌های زرد رنگ = مناطق دارای توأمان کانی‌های رسی و اکسیدی آهن



شکل (۴-۸)- تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی
به روش کروستا برای باندهای (۱، ۳، ۴ و ۵)



شکل (۴-۹) - تصویر رنگی ترکیبی با (4/3), PC4(1457), PC4(1345) : RGB

۴-۳-۲- کاربرد تصاویر ASTER به منظور شناسایی آلتراسیون‌های منطقه جبال بارز

همانطور که در بخش قبل نیز مشاهده شد، تصاویر ماهواره‌ای ETM+ تنها قادر به شناسایی و تشخیص گروهی از کانی‌های مشابه مثل کانی‌های آبدار رسی یا اکسیدها و هیدروکسیل‌های آهن دار می‌باشند و بالطبع توانایی تشخیص و تفکیک انواع آلتراسیون‌ها را که هر یک از کانی‌های شاخصی بهره می‌برند را نخواهند داشت، ولی تصاویر استر بدلیل داشتن ۱۴ باند اطلاعاتی در محدوده‌های خاص و مناسب امواج الکترومغناطیسی بی‌شک در مقایسه با تصاویر ETM+ که از ۸ باند طیفی بهره می‌برند، از قابلیت و توانایی‌های بیشتری برخوردار بوده و امکان شناسایی نوع کانی‌های آلتراسیونی را نیز به صورت دقیق‌تر و جزئی‌تری فراهم می‌آورند [کریم پور، ۱۳۸۴]. تصاویر استر به این دلیل که در محدوده باندی^۱ VNIR از باندهای طیفی بیشتر و در نتیجه از تفکیک پذیری طیفی^۲ بالاتری نیز نسبت به تصاویر ETM+ برخوردار می‌باشند در نتیجه قادر به تمیز دادن کانی‌های آهن‌دار آلتراسیونی از یکدیگر مثل هماتیت، ژاروسیت، گوتیت و ... خواهند بود. همچنین تصاویر استر باز به دلیل دارا بودن محدوده باندی^۳ SWIR توانایی تفکیک کانی‌های رسی مثل کائولینیت، اسمکتیت و ایلیت را از کانی‌های هیدروکسیلی سولفات‌های همچون آلونیت و ژاروسیت دارند [Moghtaderi et al, 2006]. در ادامه نتایج روش‌های بکار رفته جهت پردازش تصویر استر منطقه جبال بارز آورده شده است.

۴-۳-۲-۱- شناسایی آلتراسیون‌های آرژیلیکی منطقه تحت مطالعه

کانی‌های شاخص زون آرژیلیکی کائولینیت، ایلیت، هالوزیت و دیکیت می‌باشند [کریم پور، ۱۳۸۴]. برای شناسایی این زون در دو حالت از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی انتخابی (کروستا) استفاده شده است.

1- visible near infrared
2- spectral resolution
3- short wave infrared

– حالت اول: استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۴ باندى يا PCA (1,3,5,6)

از آنجاییکه ایلیت یکی از کانی‌های شاخص آلتراسیون آرژیلیکی می‌باشد جهت شناسایی زون مذکور از این کانی استفاده شد. کانی ایلیت به ترتیب دارای بیشترین جذب و بازتابش در باندهای ۵ و ۶ تصویر استر می‌باشد [بلوکی، ۱۳۸۷] و با توجه به نتایج مربوط به مقادیر ویژه گردآوری شده در جدول (۴-۶) مشاهده می‌شود که مؤلفه اصلی چهارم برای شناسایی آلتراسیون آرژیلیکی مناسب می‌باشد که تصویر مربوط به این مؤلفه نیز در شکل (۴-۱۰) نشان داده شده است.

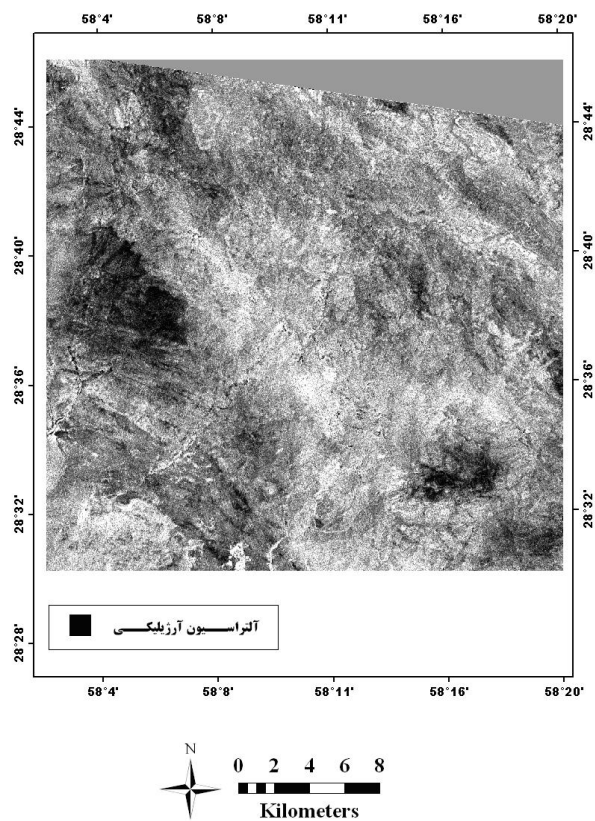
جدول (۴-۵) - مقادیر ویژه حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروسا برای باندهای (۱، ۳، ۵، ۶)

Eigenvectors	باند ۱	باند ۳	باند ۵	باند ۶
PC 1	۰/۷۶۵۹۳۹	۰/۶۳۹۶۲۵	۰/۰۴۷۱۶۹	۰/۰۴۴۶۲۳
PC 2	۰/۶۴۲۴۵۳	-۰/۷۶۵۲۸۳	-۰/۰۲۶۶۹۲	-۰/۰۲۹۷۳۰
PC 3	-۰/۰۲۴۱۷۹	-۰/۰۷۲۲۵۰	۰/۷۱۱۹۱۴	۰/۶۹۸۱۲۱
PC 4	۰/۰۰۲۵۲۳	-۰/۰۰۱۱۹۷	-۰/۷۰۰۱۷۲	۰/۷۱۳۹۶۹

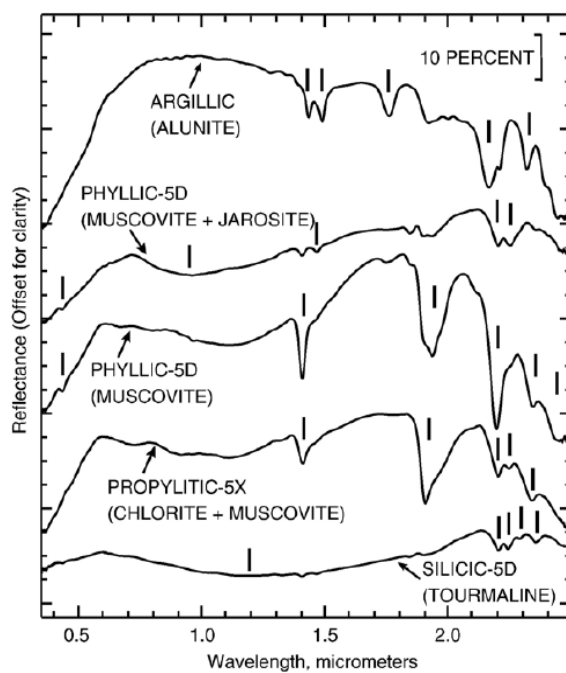
– حالت دوم: استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۶ باندى يا PCA (4,5,6,7,8,9)

با توجه به شکل (۴-۱۱) برای شناسایی آلتراسیون آرژیلیکی می‌توان از کانی آلونیت نیز استفاده نمود [Rowan et al. 2006]. کانی‌های هیدروکسیدی آلومینیوم دار مثل آلونیت دارای بیشترین جذب طیفی در باند ۸ تصویر استر یعنی محدوده طیفی (۲/۳۰ تا ۲/۲۵) میکرومتر هستند و مؤلفه اصلی پنجم مناسب‌ترین گزینه برای شناسایی آلونیت می‌باشد [Amera, 2007].

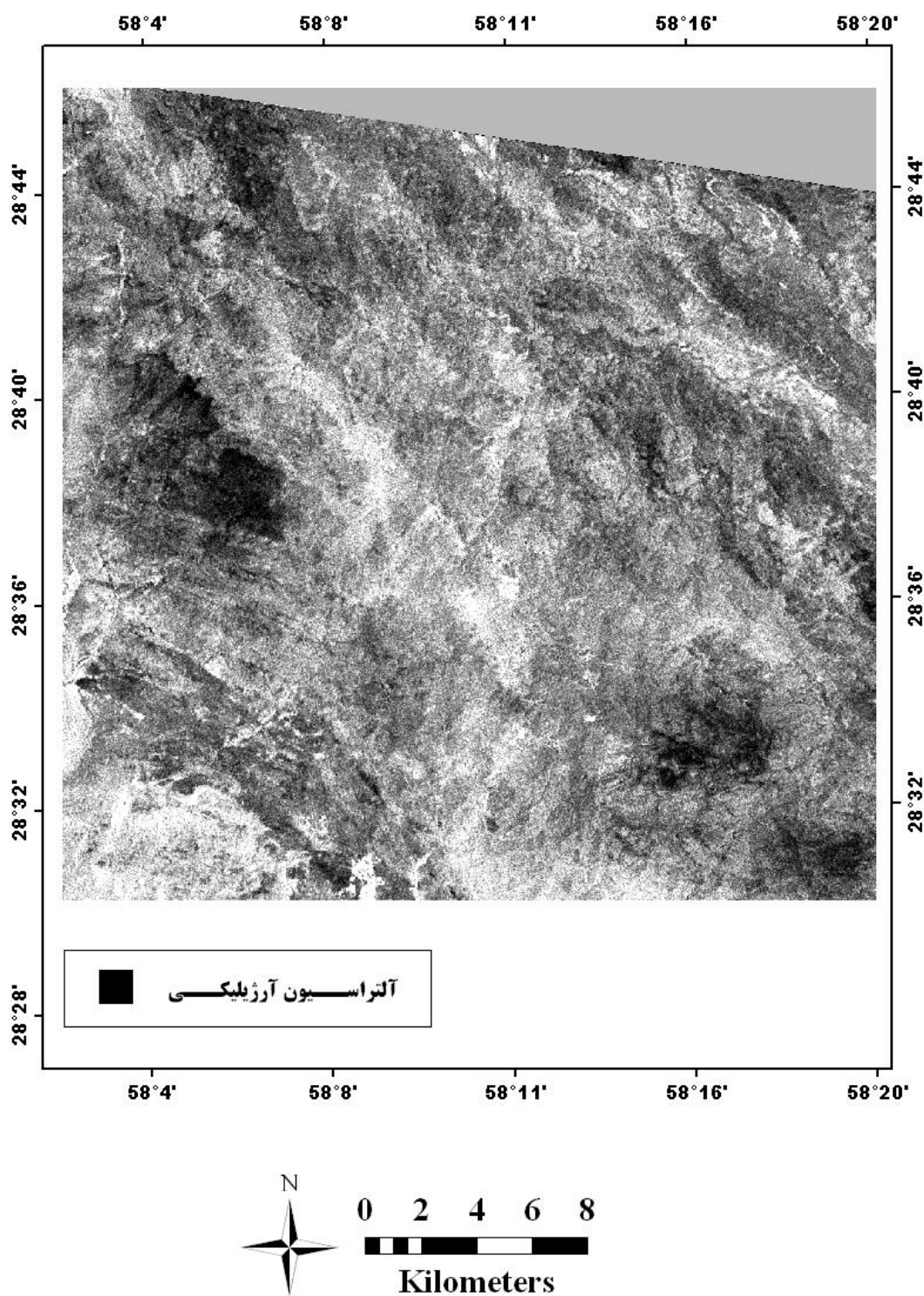
در شکل (۴-۱۲) تصویر مربوط به مؤلفه اصلی پنجم حاصل از آنالیز مؤلفه‌های اصلی ۶ باندى نشان داده شده است. مقایسه تصاویر این تصویر با تصویر (۴-۱۰) حاکی از آن است که هر دو روش مناطق مشابهی را به عنوان زون آرژیلیکی معرفی نموده‌اند.



شکل (۴-۱۰) - تصویر مربوط به مؤلفه اصلی چهارم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی به روش کروستا برای باندهای (۱، ۳، ۵ و ۶)



شکل (۴-۱۱) - مناسب بودن کانی آلونیت جهت شناسایی آلتراسیون آرژیلیکی [Rowan et al, 2006]



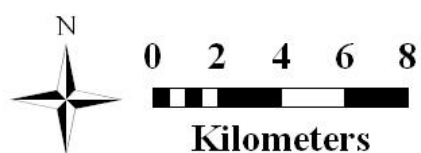
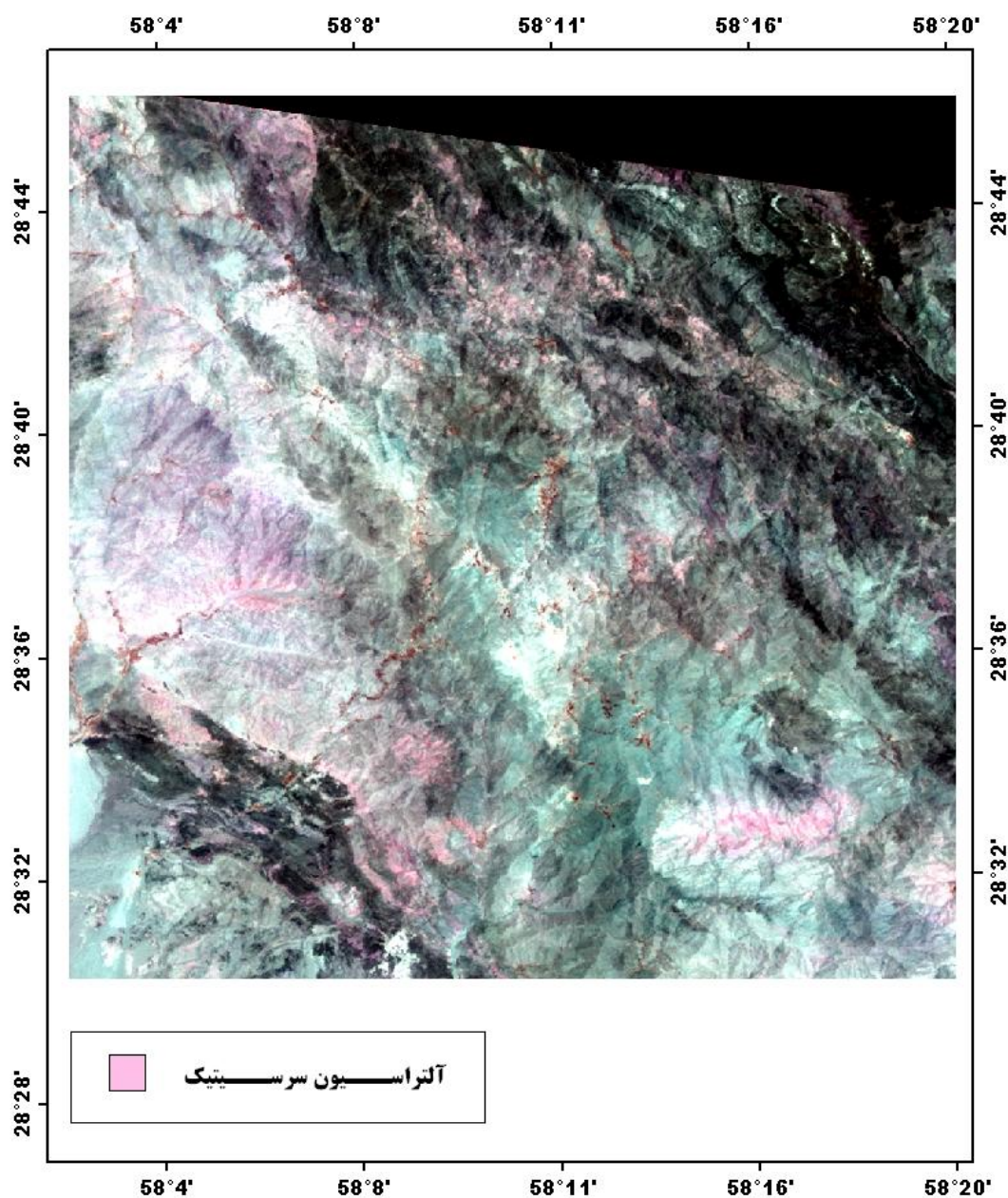
شکل (۴-۱۲) - تصویر مربوط به مؤلفه اصلی پنجم حاصل از آنالیز مؤلفه اصلی
به روش کروستا برای باندهای (۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹)

۴-۳-۲-۲- شناسایی آلتراسیون‌های سرسیتیک منطقه تحت مطالعه

کانیهای شاخص آلتراسیون سرسیتیک یا فیلیک عبارت هستند از سرسیت، کوارتز، پیریت، پیروفیلیت و ... که از میان این کانی‌ها مقدار درصد سرسیت از بقیه کانی‌ها بیشتر می‌باشد. نوع کانی‌های تولید شده در زون فیلیک به شدت هیدرولیز، مقاومت شیمیایی کانی اولیه و دمای محلول بستگی دارد بدین ترتیب که ابتدا فلدسپات پتاسیم به سرسیت (موسکویت ریزدانه) آلتره شده و با ادامه عمل هیدرولیز و در دماهای مختلف بقیه کانیها نیز تشکیل می‌گردند [کریم پور و همکاران، ۱۳۸۱]. کانی سرسیت یا همان موسکویت ریزدانه دارای میزان بازتابش طیفی بالایی در باندهای ۴ و ۵ تصویر استر بوده و در باند ۶ از بازتابش پایینی برخوردار می‌باشد. این کانی در تصویر مرکب رنگی با (RGB: 4,6,5) خود را به رنگ صورتی کم رنگ نشان داده (شکل ۴-۱۳) و برای شناسایی زون سرسیتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد [Moghtaderi et al, 2006].

۴-۳-۲-۳- نتیجه‌گیری

جهت شناسایی آلتراسیون‌های منطقه جبال بارز از تصاویر ETM+ و استر استفاده شد. برای پردازش این تصاویر از روش‌های مختلفی چون تصاویر نسبتی، تصاویر رنگی ترکیبی و آنالیز مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. در نتیجه پردازش تصویر ETM+، مناطق آلتراسیونی شامل کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن بطور جداگانه شناسایی شدند. همچنین شناسایی و تفکیک دو نوع از آلتراسیون‌های رسی منطقه یعنی دگرسانی‌های آرژیلیکی و سرسیتیک نیز با پردازش تصویر استر منطقه میسر گشت.



شکل (۴-۱۳) - تصویر رنگی ترکیبی با (5, 6, 4) RGB : جهت شناسایی آتراسیون سرسیتیک

فصل پنجم:

اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه ای

در برکه جبال بارز

۵-۱- مقدمه

اکتشافات ناحیه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ از جمله فعالیت‌های اکتشافی زیربنایی محسوب می‌گردد که هدف آن شناخت نواحی پتانسیل‌دار معدنی است که در راستای نیل به این هدف می‌توان از روش‌های مختلفی همچون روشهای ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی، مطالعات دورسنجی و غیره بهره جست. یکی از بهترین متدهای اکتشافی ژئوشیمیایی که در اکتشافات کوچک مقیاس ناحیه‌ای بسیار مفید بوده و معمولاً در مراحل اکتشافی مقدماتی و نیمه تفصیلی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بررسی و مطالعه نمونه‌های آبراهه‌ای می‌باشد که در آن محیط‌های دربرگیرنده هاله‌های ثانویه نظیر رسوبات رودخانه‌ای که ضمن هوازدهی سوپرژن کانسارها تشکیل می‌شوند، تحت پوشش عملیات اکتشافی قرار می‌گیرند [یوسفی، ۱۳۸۵]. بدلیل وسعت و گسترش هاله‌های ثانویه، این روش در مراحل اکتشافات اولیه که معمولاً در این مراحل بودجه‌های تعلق یافته به پروژه بسیار ناچیز می‌باشد یک روش کاملاً کاربردی است، چراکه این روش بسیار کم هزینه بوده و اجرای آن نیز ساده می‌باشد، لذا در کشورهای مثل ایران که هزینه‌های ریسک‌پذیر در مراحل اکتشافات مقدماتی بسیار پایین است و از طرفی نیز از مناطق کوهستانی فراوان و همچنین نزولات جوی مناسبی بهره‌مند می‌باشند، روشی سودمند می‌باشد [انصیری گنجینه کتاب، ۱۳۸۲]. نتایج حاصل از این نوع بررسی‌های اکتشافی نه تنها در شناسایی و کشف مناطق پتانسیل‌دار معدنی مورد استفاده قرار می‌گیرند بلکه در تحلیل ایالت‌های ژئوشیمیایی و شناخت الگوهای ژئوشیمیایی ناحیه‌ای نیز می‌توان از آنها بهره جست.

۵-۲- آشنایی با رسوبات آبراهه‌ای

بطور کلی علم ژئوشیمی اکتشافی، مبتنی بر مطالعه، بررسی و کشف هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه و ثانویه رسوبات آبراهه‌ای می‌باشد. هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه به هنگام تشکیل کانسارها در اثر نفوذ سیالات کانی‌دار در یک منطقه ایجاد می‌شوند. این هاله‌ها ارتباط فضایی نزدیکی با کانسار دارند و با روش‌های ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی قابل ثبت‌اند. یافتن چنین هاله‌هایی اغلب مشکل است ولی دقیقاً محل کانی‌سازی را مشخص می‌نماید یا به عبارتی دیگر کشف یک هاله اولیه هم ارز با کشف خود کانسار خواهد بود. ولی در مقابل هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه حاصل فرسایش و توزیع دوباره هاله‌های اولیه و یا حتی خود توده کانساری است که تحت تاثیر عوامل شیمیایی، فیزیکی و یا بیولوژیکی قرار گرفته‌اند. هاله‌های ثانویه، هاله‌هایی هستند که از هوازدگی، فرسایش و حمل و نقل نهشته‌های کانساری اولیه یا هاله‌های اولیه مربوط به آنها ایجاد می‌شوند، لذا هاله‌های ثانویه که بعد از تشکیل توده کانساری تشکیل می‌شوند، بسیار وسیع‌تر و گسترده‌تر از هاله‌های اولیه بوده و در نتیجه احتمال کشف این هاله‌ها نیز بالاست ولی به دلیل ضعف فضایی با منبع خود، تفسیر آنها به مراتب دشوارتر و ریسک تخمین‌های وابسته به آنها بیشتر خواهد بود. بنابراین می‌توان گفت که به دلیل وسیع بودن هاله‌های ثانویه یافتن آنها آسان است ولی ربط دادن صحیح آن به مناطق بالادست خود بسیار مشکل و حساس می‌باشد.

بسته به نحوه حمل و نقل هاله‌های اولیه و نیز محیطی که رسوبات حمل و نقل یافته در آن قرار

می‌گیرند هاله‌های ثانویه به انواع زیر طبقه‌بندی می‌شوند: [انصیری گنجینه کتاب، ۱۳۸۲]

- هاله‌های ثانویه در محیط خاک

- هاله‌های ثانویه مربوط به رسوبات آبراهه‌ای

- هاله‌های ثانویه مربوط به رسوبات یخچالی

- هاله‌های ثانویه مربوط به رسوبات دریاچه‌ای

- هاله‌های ثانویه مربوط به رسوبات بادرفت‌ها

۵-۲-۱- رسوبات رودخانه‌ای و کاربرد آنها در اکتشافات ژئوشیمیایی

نخستین توجه مکتشفین و زمین شناسان به رسوبات آبراهه‌ای، با پیدایش فلزاتی چون طلا، مس و کانی‌هایی چون سینابر و گاهاً بعضی از سنگ‌های قیمتی مثل یاقوت در رسوبات فوق، به عمل آمد. سپس بحث پیدایش کانی‌های سنگین در رسوبات رودخانه‌ای مطرح شد که به نوبه خود نقش بسزائی در پیدا کردن کانی‌سازی‌های احتمالی واقع در بالادست رودخانه داشت. دلیل این امر هم جدایش فلزات سنگین از باطله‌های سنگ درونگیر خود، در طی حرکت در بستر رودخانه می‌باشد که بدلیل وزن مخصوص بالای کانی‌های سنگین، در مناطقی که از قدرت آب کاسته شده و شرایط برای ته نشست وزنی فراهم می‌آید، بلافاصله ته‌نشین می‌گردند.

امروزه با پیشرفت‌هایی که در اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای بوجود آمده است یک مکتشف خوب و ماهر می‌تواند با داشتن آگاهی و مهارت لازم، اقدام به برداشت نمونه‌هایی بکند که پس از آماده سازی، آنالیز و تعبیر و تفسیر آگاهانه او را به سوی کانی سازی احتمالی واقع در بالادست سیستم زهکشی (آبراهه‌ای) که خود رودخانه و آبراهه‌ها، آثاری از کانی سازی واقع در بالادست را به پایین آورده و پخش نموده‌اند، رهنمون سازد. یعنی رسوبات رودخانه‌ای موجود در پایین دست رودخانه، به منزله نمونه‌هایی است که خود رودخانه یا آبراهه‌ها، مستقیماً از توده کانی سازی یا هاله‌های اولیه مربوطه برداشت نموده و ضمن حرکت و حمل به سمت پایین، موجب خردایش و مخلوط کردن آن با سایر اجزاء نیز گشته و نهایتاً در قسمت‌های مناسب رها ساخته است. لذا با برداشت صحیح نمونه و نیز تعبیر و تفسیر دقیق، می‌توان این نمونه‌های پخش شده در پایین رود را به لیتولوژی‌های بالادست مرتبط ساخت و بدین ترتیب به توده کانساری یا هاله اولیه مربوط به آن نزدیک شد [نصیری گنجینه کتاب، ۱۳۸۲].

۵-۲-۲- بررسی رسوبات رودخانه‌ای در مناطق خشک

از آنجاییکه منطقه تحت بررسی در بخشی از کشور قرار گرفته است که از آب و هوای گرم و خشک برخوردار می‌باشد، لذا ممکن است این شبهه ایجاد گردد که بررسی رسوبات رودخانه‌ای در این منطقه کاری عبث و بیهوده است. به منظور برطرف ساختن هر گونه شک و شبهه بایستی این نکته را خاطرنشان ساخت که محیط‌های کویری بر اساس خصوصیات ساختمانی - ریخت شناسی به دو دسته تقسیم می‌گردند:

۱- مناطق کویری توسعه یافته در سپرها و سکوها مانند مناطق وسیع آفریقا، عربستان، استرالیا و بخش‌های از ایران مرکزی که از لحاظ ساختمانی و ریخت شناسی سرزمینهای وسیع و مسطحی می‌باشند که بوسیله حوضه‌های کم ارتفاع از یکدیگر جدا می‌گردند. در چنین مناطقی حوضه‌های آبریز از توسعه بسیار کمی برخوردار بوده و فرسایش در آنها به علت پایین بودن پتانسیل مکانیکی محدود می‌باشد. پر واضح است که بررسی رسوبات رودخانه‌ای نیز در چنین مناطقی عملاً غیرممکن می‌باشد.

۲- مناطق کویری توسعه یافته در فلات‌ها مانند بخشهایی از زون زاگرس، ارومیه - دختر و زون سندج - سیرجان. در شکل‌گیری و پیدایش چنین مناطقی که در آنها نواحی کوهستانی و دشتهای بین آنها متناوباً تکرار می‌گردند، فعالیتهای تکتونیکی که عمدتاً با مؤلفه‌های در جهت قائم عمل می‌کنند، نقش بسزایی دارند. در این نوع از مناطق کویری بر خلاف مناطق معرفی شده در قسمت قبل، آب و هوا از تنوع بیشتری برخوردار می‌باشد بطوریکه ریزش‌های جوی در بعضی مناطق آن اندک و در بعضی مناطق آن نیز بطور قابل ملاحظه و محسوسی زیاد می‌باشد که این فراوانی در میزان ریزش‌های جوی در تشکیل و توسعه حوضه‌های آبریز نقش مهمی را ایفا می‌نماید. بی‌شک فرسایش مکانیکی در چنین مناطقی و بخصوص در بخش‌های مرتفع‌تر از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار می‌باشد.

قسمت عمده‌ای از محدوده منطقه تحت مطالعه در زمره مناطق کویری از نوع دوم قرار می‌گیرد که وجود حوضه‌های آبریز فراوان در سطح منطقه، کاربرد مؤثر روش بررسی رسوبات رودخانه‌ای را به عنوان یک روش اکتشافی ناحیه‌ای در منطقه مذکور امکان‌پذیر می‌سازد.

۵-۳- اکتشافات ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه‌ای در منطقه جبال بارز

روش سنتی زونالیت‌ها ژئوشیمیایی متدی است که برای مطالعه شرایط ژئوشیمیایی حاکم بر منطقه جبال بارز مورد استفاده قرار گرفته است تا بر اساس آن شناختی کلی از منطقه حاصل گردد. اما شناخت مناطق آنومال منطقه با جزئیات بیشتر نیازمند روشی می‌باشد که ماهیت برداری نمونه‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای را نیز مورد توجه قرار دهد. داده‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای به لحاظ طبیعی که دارند فقط می‌توانند معرف بخشی از حوضه آبریز باشند که در بالادست آنها واقع شده است، بنابراین از ماهیتی برداری برخوردار خواهند بود که دارای جهتی به سمت بالای حوضه آبریز می‌باشد و در نتیجه تنها در تخمین بخش بالادست خود می‌تواند مؤثر واقع گردد. بنابراین روش یا تکنیکی که جهت رسم نقشه آنومالی‌های منطقه بایستی اتخاذ گردد باید بگونه‌ای باشد که حتماً ماهیت برداری نمونه‌های مربوط به رسوبات رودخانه‌ای را نیز مورد توجه قرار دهد [حسنی‌پاک، ۱۳۸۴].

با توجه به هندسه رسوبات آبراهه‌ای مطالعه حوزه آبریز بالادست نمونه‌ها نسبت به دیگر روش‌های تخمینی از بسیاری از خطاهای ناشی از تخمین مبرا خواهد بود چراکه بکارگیری روش‌هایی همچون مجذور عکس فاصله، کریجینگ و ... به علت ماهیت خاصی که جهت انجام تخمین بکار می‌برند، برای محیط‌های برداری مانند رسوبات آبراهه‌ای که داده‌ها تنها منعکس کننده محیط‌های بالا دست خود هستند کاملاً اشتباه می‌باشد [نصیری گنجینه کتاب، ۱۳۸۲]. بنابراین از این روش نیز در کنار متد زونالیت‌ها جهت شناسایی نواحی آنومال ژئوشیمیایی مرتبط با ذخایر مس پورفیری در برگه جبال بارز استفاده شده است.

۵-۳-۱- نمونه‌های برداشت شده از منطقه جبال بارز

تعداد نمونه‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای منطقه جبال بارز ۶۷۰ نمونه می‌باشد که تحت آنالیز ۲۰ عنصری قرار گرفته‌اند. همانطور که در بخش قبل نیز گفته شد نمونه‌های مذکور که جهت رسم نقشه‌های آنومالی منطقه مورد استفاده قرار گرفته‌اند تنها داده‌های ژئوشیمیایی مربوط به منطقه می‌باشند که در این پایان نامه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

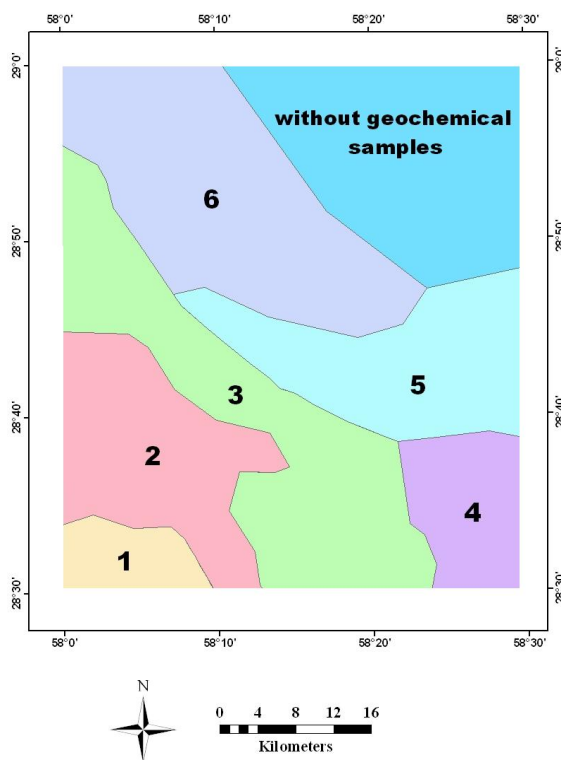
۵-۳-۲- جدایش جوامع سنگی

دارا بودن خاصیت همگنی و یا همان تعلق داشتن به یک جامعه آماری یکی از مهمترین شروطی می‌باشد که در صورت احراز توسط هر دسته از داده‌های ژئوشیمیایی بی‌گمان بر میزان صحت و درستی نتایج پردازش‌های انجام گرفته بر روی آنها خواهد افزود و در مقابل، عدم احراز شرط فوق خود می‌تواند یکی از عوامل ایجاد خطا و اشتباه در نتایج حاصله تلقی گردد.

یکی از عواملی که می‌تواند موجب ایجاد ناهمگنی آماری در جوامع ژئوشیمیایی نمونه‌های برداشت شده از رسوبات آبراهه‌ای گردد، وجود تنوع در سنگ‌های بالادست رخنمون‌دار نمونه‌ها در منطقه است که البته این تنوع در جنس سنگهای هر منطقه‌ای فارغ از علل دیگر، خود می‌تواند ناشی از وسعت منطقه نیز باشد. از آنجاییکه سنگ بستر نقش منشاء را برای رسوبات فرسایش یافته بازی می‌کند لذا وجود تغییرات فراوان لیتولوژیکی در هر منطقه‌ای می‌تواند بر روی مقدار زمینه عناصر شیمیایی تأثیر گذار بوده و در نهایت منجر به تشکیل چندین جامعه آماری گردد. بنابراین به نظر می‌رسد فاکتور تغییرات لیتولوژی در ناحیه منشاء رسوبات، یکی از مهمترین عوامل ایجاد ناهمگنی در جامعه نمونه‌های ژئوشیمیایی می‌تواند باشد. برای از بین بردن این عامل ناهمگن‌ساز و دستیابی به جوامع همگن‌تری که بتوان از طریق آنها به مقدار زمینه واقعی‌تری دست یافت بایستی اقدام به جداسازی نمونه‌ها بر اساس سنگ بستر رخنمون‌دار در محدوده حوضه آبریز بالادست هر نمونه نمود. بر این اساس تقسیم بندی منطقه به جوامع کوچکتر و همگن‌تر با استفاده از نقشه زمین شناسی منطقه و با در نظر گرفتن موقعیت نمونه‌های برداشت شده انجام پذیرفت. در خلال این تقسیم بندی

سعی گشت مناطق تفکیکی به گونه‌ای انتخاب شوند که نمونه‌های آبراهه‌ای برداشت شده تا حد امکان متعلق به سنگ یا سنگ‌های رخنمون‌دار مشابهی باشند که در بالادست آنها قرار گرفته‌اند. در نتیجه انجام این تقسیم بندی، کل منطقه به شش ناحیه کوچکتر و تقریباً همگن‌تر تفکیک گشته و بدین ترتیب امکان انجام بررسی‌های آماری بر روی نمونه‌های همگن‌تر که تا حد امکان متعلق به یک جامعه آماری واحد می‌باشند فراهم گشت. سپس بررسی‌های آماری بر روی نمونه‌های مربوط به هر یک از این بخش‌های شش‌گانه به صورت جداگانه انجام پذیرفت. (شکل ۵-۱)

البته بایستی یادآور شد که مقادیر حد زمینه و آنومالی محاسبه شده برای ۶ منطقه یاد شده در شناسایی آنومالی‌ها با استفاده از روش مطالعه حوزه آبریز بالادست نمونه‌های آنومال در بخش (۵-۳-۵) مورد استفاده قرار گرفتند و برای اکتشافات ژئوشیمیایی به روش زونالیت (بخش ۵-۳-۴)، از کلیه نمونه‌ها استفاده شده و تنها یک مقدار زمینه و آنومالی برای کل منطقه تحت مطالعه محاسبه گشت.



شکل (۵-۱)- جدایش جوامع سنگی و محاسبه جداگانه مقادیر زمینه و حد آنومالی در هر منطقه

۵-۳-۳- تخمین مقدار زمینه و حد آستانه‌ای برای عناصر مورد نیاز

تخمین مقدار زمینه و حد آستانه‌ای بایستی برای عناصری انجام گیرد که از لحاظ ژنتیکی با کانسار تحت پی‌جویی در ارتباط باشند تا بتوان با رسم نقشه‌های آنومالی این عناصر به محل احتمالی مناطق پتانسیل‌دار رهنمون شد. عناصر مذکور همان عناصر ردیاب و معرف کانسارهای تحت پی‌جویی می‌باشند که جهت دستیابی به نتایج مطلوب بایستی بدرستی شناخته شوند. گرچه عناصر ردیاب و معرف ممکن است فراوانی ناچیزی داشته باشند ولی می‌توانند به عنوان معرف‌های حساسی برای تعیین حدود شرایط فیزیکی و شیمیایی که تحت آن شرایط، کانی‌سازی اتفاق افتاده است بکار روند. حضور عناصر ردیاب و معرف نه تنها راهنمایی می‌باشند برای تعیین شرایط محیطی که کانسار در آن تشکیل یافته بلکه می‌توانند اطلاعاتی را از حضور نوع خاصی از کانسار نیز در اختیار بگذارند.

جهت پردازش داده‌های ژئوشیمیایی در گام نخست بایستی مؤلفه سینژنتیک مربوط به هر عنصر که خود را در قالب مقدار زمینه مربوط به آن عنصر نشان می‌دهد را جدا نماییم. بر اساس مطالعات و بررسی‌های انجام گرفته مشخص گردیده است که توزیع آماری نرمال در مدل‌سازی بسیاری از پدیده‌های علمی نقش داشته است. همچنین ثابت شده است که توزیع نرمال خود را تحت شرایطی نشان می‌دهد که تغییرات یک متغیر مشاهده‌ای همچون X تأثیرپذیر از تعدادی عامل و فاکتورهای مختلف قابل اندازه‌گیری و مستقل از هم می‌باشد. فاکتورهای مختلفی چون زمین شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوشیمیایی، اقلیمی و بسیاری از عوامل دیگر از جمله مواردی هستند که بر روی مقدار زمینه اندازه‌گیری شده عناصر در خاک یا سنگ‌های موجود در هر منطقه‌ای تأثیرگذار می‌باشند. رابطه مربوط به تابع توزیع نرمال به قرار زیر می‌باشد: [Solovov, 1987]

$$y = Q(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} \quad \text{رابطه (۱-۵)}$$

$\bar{x}$: میانگین حسابی داده‌ها

s : انحراف معیار داده‌ها از میانگین

s^2 : واریانس داده‌ها

مسئله مهم دیگر در رابطه با توزیع نرمال، تبعیت لگاریتم غلظت عناصر مربوط به تیپ‌های خاصی از ذخایر معدنی از این توزیع می‌باشد. داده‌هایی که لگاریتم آنها از توزیع نرمال برخوردار می‌باشند، خود دارای توزیع لاگ نرمال هستند. همچنین بایستی به این نکته نیز اشاره نمود که اکثر کانسارهای فلزی و پورفیری دارای توزیع فراوانی لاگ نرمال می‌باشند که بر این اساس روابط (۲-۵)، (۳-۵) و (۴-۵) جهت محاسبه مقادیر زمینه (C_ϕ)، انحراف معیار (ε) و حد آستانه آنومالی (C_A) برای ذخایری که از توزیع لاگ نرمال بهره می‌برند، استفاده می‌شوند [Solovov, 1987].

$$C_\phi = \text{ant} \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log C_i \right) \quad \text{رابطه (۲-۵)}$$

$$\varepsilon = \text{ant} \log \text{std} (d_1 : d_n) \quad \text{رابطه (۳-۵)}$$

$$C_A = C_\phi \times \varepsilon^{\frac{3}{\sqrt{m}}} \quad m = 1, 2, \dots, 9 \quad \text{رابطه (۴-۵)}$$

در روابط فوق داریم:

C_ϕ : مقدار زمینه C_A : مقدار آنومالی

ε : انحراف معیار داده‌ها d_i : مقدار مربوط به آنالیز داده i ام

$\text{std} (d_1 : d_n)$: انحراف معیار داده‌ها m : تعداد نمونه‌ها با غلظتی بیشتر از $\bar{C}_x \varepsilon$

۵-۳-۴- اکتشافات ژئوشیمیایی با استفاده از روش سنتی زونالیت‌ه ژئوشیمیایی

برای تشخیص الگوی اکتشافی، جداسازی و طبقه‌بندی داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای از روش زونالیت‌ه استفاده شد. با توجه به اینکه منطقه جبال بارز در کمربند ذخایر مس پورفیری واقع شده است، جهت تشخیص الگو مراحل زیر اجرا گشت:

۱- استخراج مؤلفه سنزنتیک داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای و محاسبه مقادیر آنومالی

برای عناصر معرف و شاخص کانی‌سازی مس پورفیری

۲- تهیه نقشه حاصل ضرب هاله‌های فوق‌کانساری و تحت‌کانساری مخصوص ذخایر مس پورفیری

۳- استفاده از اصل همراهی^۱ هاله‌های فوق‌کانساری و تحت‌کانساری جهت شناسایی آنومالی‌های

ژئوشیمیایی

استفاده از معیار همراهی در روش زونالیت‌ها ژئوشیمیایی به ما کمک می‌کند تا زون‌های کانی‌سازی خاص ذخایر پورفیری مس را تفکیک و جدا نماییم زیرا بر اساس متد زونالیت‌ها، همراهی عناصر در قسمت‌های تحتانی یک کانسار با عناصر فوقانی آن متفاوت می‌باشد. وجود چنین تفاوتی در همراهی عناصر تحت‌کانساری و فوق‌کانساری می‌تواند برای شناسایی رابطه بین کانی‌سازی و آنومالی در هاله ثانویه مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به رابطه موجود بین عناصر تحت‌کانساری و فوق‌کانساری، شاخص زونالیت‌ها برای کانسارهای مختلف بدست می‌آید [Ziaii et al, 2009].

از دهه ۱۹۷۰ میلادی، روش زونالیت‌ها جهت تعیین آنومالی‌های ژئوشیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است: [Levinson, 1980], [Ovchinnikov et al, 1978], [Beus and Grigorian, 1977].

[Solovov, 1987] و [Grigorian and Ziaei, 1997].

در اکتشافات ژئوشیمیایی به روش زونالیت‌ها، نخست مقادیر زمینه (C_ϕ)، انحراف معیار (ε) و حد آستانه آنومالی (C_A) برای عناصر مورد نیاز محاسبه شد. بر این اساس آن دسته از عناصری که در روابط مربوط به ضرایب زونالیت‌ها (ضرایب K) شرکت دارند در زمره عناصر مورد نیاز می‌باشند که مقادیر مذکور را برای تک تک این عناصر با استفاده از روابط (۵-۲)، (۵-۳) و (۵-۴) محاسبه گشته و در جدول (۵-۱) نشان داده شده‌اند. لازم به ذکر می‌باشد که روابط یاد شده با عنوان ضرایب K روابطی هستند که در شناسایی مناطق آنومال بر اساس متد زونالیت‌ها ژئوشیمیایی از آنها استفاده

خواهیم نمود. همچنین شناسایی و خارج کردن داده‌های خارج از رده قبل از انجام محاسبات نیز لحاظ شده و توسط نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت.

جدول (۱-۵) - محاسبه مقادیر زمینه و آنومالی برای عناصر مورد نیاز در استفاده از روش زونالیت (مقادیر طلا بر حسب ppb می‌باشند)

	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ag</i>	<i>Au</i>	<i>Co</i>	<i>W</i>	<i>Ba</i>	<i>Sn</i>	<i>V</i>
$C_{\phi}(ppm)$	۴۰/۹۷	۲۱/۱۸	۱۰۱/۱۳	۱/۱۴	۱/۵۲	۲۶/۸۳	۳/۳	۴۴۴/۰۳	۵/۱۷	۵۱/۲۶
$\varepsilon(ppm)$	۱/۵۲	۱/۳۸	۱/۱۱	۱/۶۷	۴/۶	۱/۶۵	۱/۵۱	۱/۵۹	۱/۱۹	۱/۹۷
$C_A(ppm)$	۶۲/۵۴	۲۹/۳۱	۱۱۳/۲۲	۱/۹۱	۷/۰۵	۴۴/۳۴	۵/۰۱	۷۰۶/۳۷	۶/۱۹	۱۰۱

برای شناسایی نواحی آنومال بدین صورت عمل شد که ابتدا نمونه‌هایی که با توجه به مقادیر محاسبه شده در جدول (۱-۵) در محدوده آنومال قرار دارند، جدا گشتند. در ادامه با نمایش این نقاط در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9.2 و بر اساس معیار همراهی عناصر فوق کانساری و تحت کانساری، ۹ محدوده شناسایی شده و برای انجام بررسی‌های بیشتر توسط ضرایب زونالیت یاد شده معرفی گشتند. در گام بعد مقدار میانگین داده‌های آنومال مربوط به هر عنصر در محدوده‌های ۹ گانه محاسبه شدند که مقادیر محاسبه شده در جدول (۲-۵) آورده شده است. همچنین موقعیت و تعداد نمونه‌های آنومال مربوط به هر عنصر در نواحی ۹ گانه نیز در شکل (۲-۵) نشان داده شده است.

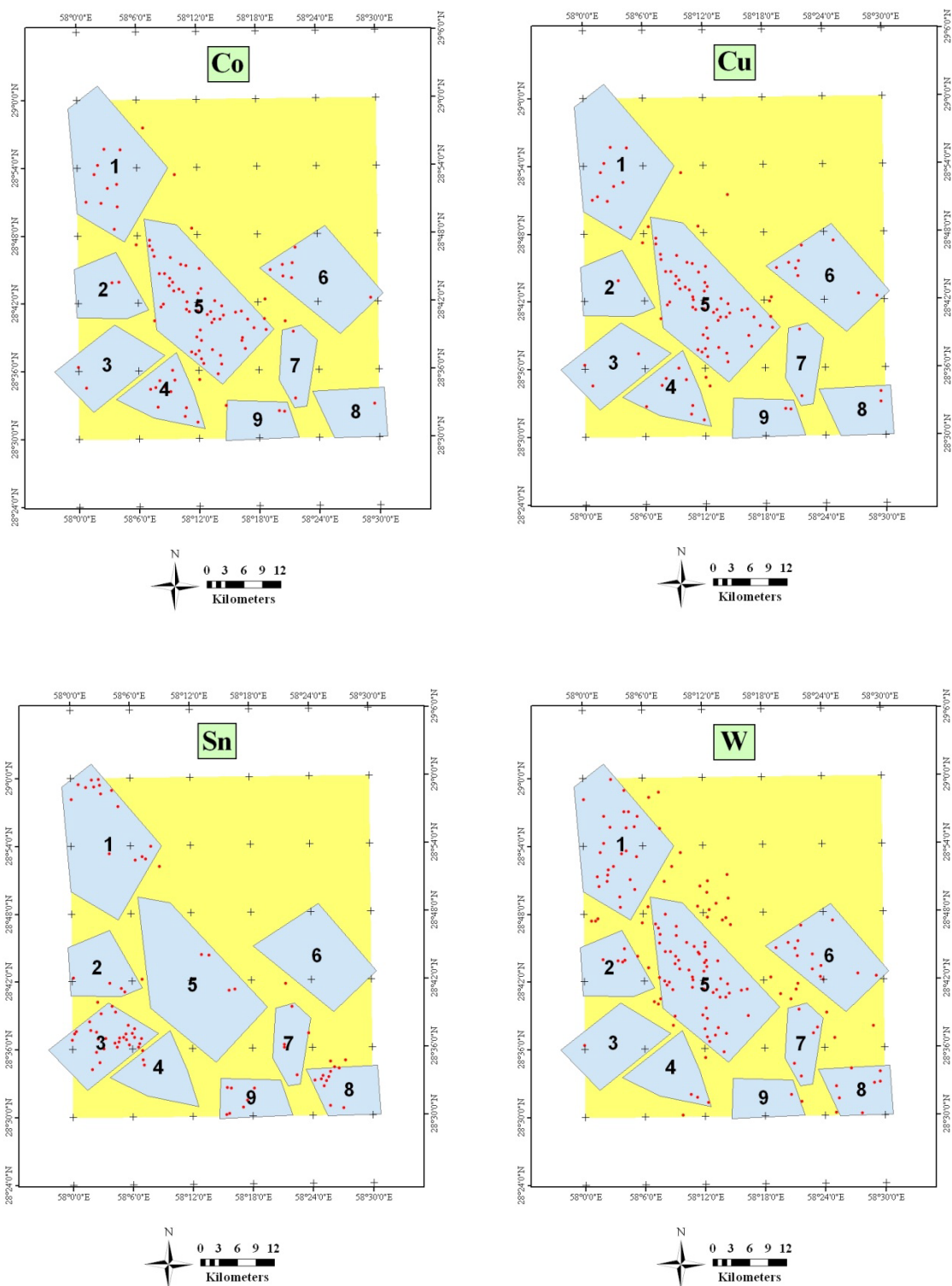
آخرین مرحله کار اختصاص دارد به محاسبه مقادیر مربوط به ضرایب K برای هر یک از نواحی ۹ گانه با استفاده از مقادیر جدول (۲-۵) که نتایج این محاسبات که ملاک ما نیز در انتخاب نواحی آنومال می‌باشند در جدول (۳-۵) نمایش داده شده است.

جدول (۲-۵) - مقادیر میانگین نمونه‌های آنومال در نواحی ۹ گانه

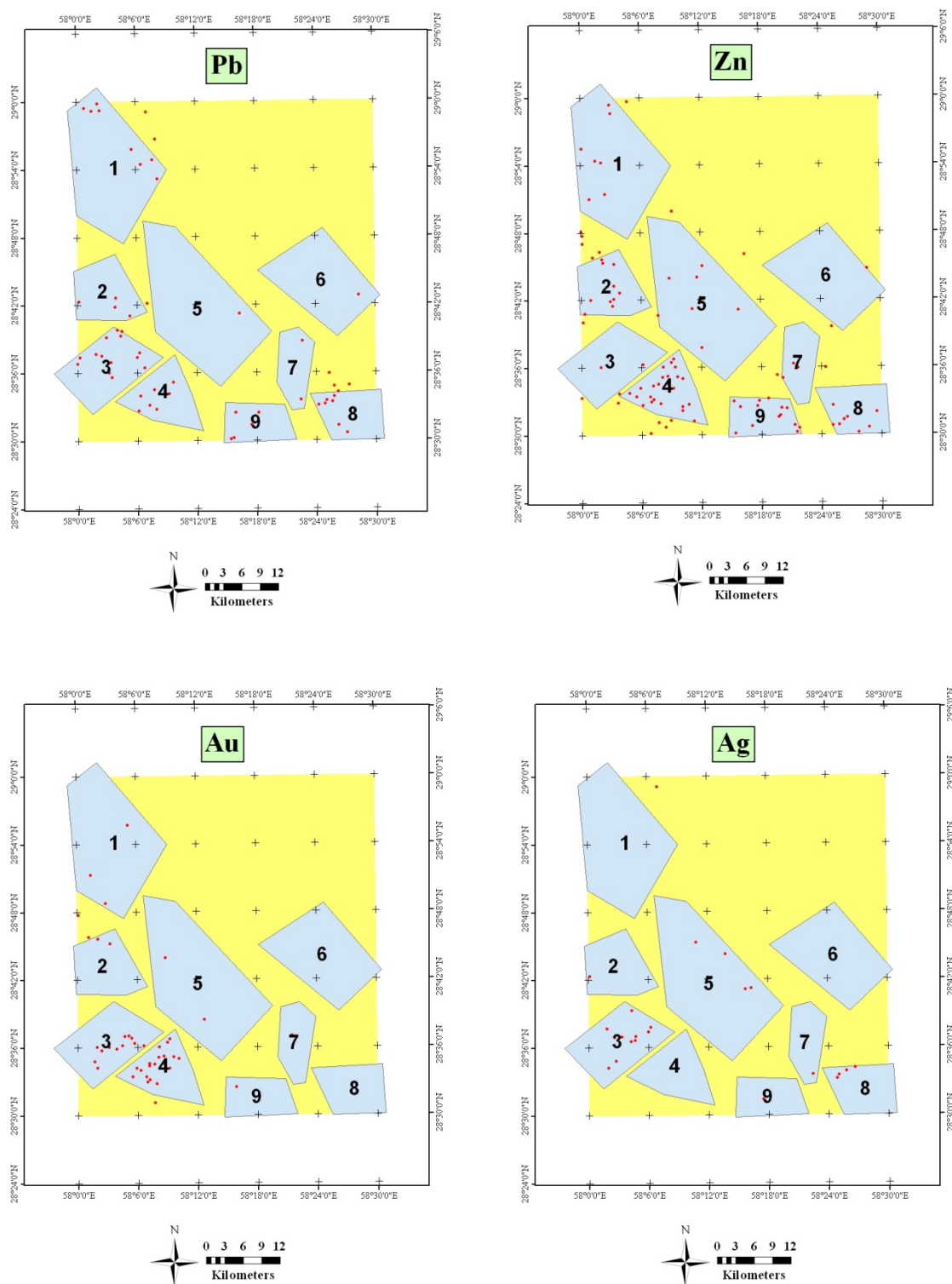
Anomaly (Nom)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	Au (ppb)	Co (ppm)	W (ppm)	Ba (ppm)	Sn (ppm)	V (ppm)
۱	۷۲/۴۸	۳۰/۰۳	۱۱۸/۶	-	۵۱/۸۶	۵۱/۲۴	۵/۹۸	۷۲۹/۷	۶/۴۲	۱۱۵/۸
۲	۷۰/۸۸	۳۱/۵۰	۱۲۳/۵	۱/۹۷۶	۳۳	۴۵/۸۵	۶/۱۸۱	۷۵۷/۴	۶/۵۱۵	-
۳	۶۸/۴۶	۳۲/۰۱	۱۱۷/۲	۲/۱۰۴	۴۵/۹۱	۴۷/۹۵	۵/۶۶۷	۷۵۹/۶	۶/۵۳۷	-
۴	۷۱/۶۶	۳۴/۱۱	۱۳۲/۶	-	۷۶/۳۳	۵۴/۰۹	۵/۳۳۲	۹۰۶/۵	۶/۳۳	۱۱۴/۹
۵	۸۸/۲۵	۳۲/۰۱	۱۱۶/۷	۲/۷۵۷	۱۳/۴۵	۶۰/۷۴	۶/۰۲۸	-	۸/۷۷	۱۱۱/۴
۶	۷۷/۶۱	۳۰/۲۱	۱۱۷/۴	-	-	۵۱/۸۴	۵/۹۷۴	-	-	۱۲۴/۴
۷	۶۵/۷۹	۳۲/۲۱	۱۱۵	۱/۹۷۹	۹/۶	۵۲/۶۲	۵/۷۴۹	۸۰۴/۷	۶/۵۹۷	۱۱۳/۳
۸	۶۶/۳۷	۳۲/۰۷	۱۱۷/۶	۲/۰۶۱	-	۴۹/۵۷	۵/۵۱۶	۷۷۵/۹	۶/۵۶۹	-
۹	۷۴/۰۴	۳۱/۲۹	۱۱۹	۱/۹۷۳	۸/۷	۵۴/۵۱	۵/۹۴۷	۷۵۱/۸	۶/۵۴۳	-
حد آنومالی	۶۲/۵۴	۲۹/۳۱	۱۱۳/۲	۱/۹۱۸	۷/۰۵۶	۴۴/۳۴	۵/۰۱	۷۰۶/۳	۶/۱۹۴	۱۰۱
کلارک در گرانودیوریت	۲۶	۱۲	۵۶	۰/۰۵۱	۰/۰۰۱	۷	۱/۲	۴۵۰	۲/۵	۸۸

جدول (۳-۵) - محاسبه ضرایب زونالیتته برای نواحی ۹ گانه بر اساس نتایج جدول (۲-۵)

	$\frac{Zn \times Pb}{Cu \times Ag}$	$\frac{Ag \times Pb \times Zn}{Cu^2 \times Co}$	$\frac{Ag \times Pb \times Zn}{Co^2 \times Cu}$	$\frac{Ag \times Pb}{Zn \times V}$	$\frac{Ag \times Pb \times Zn}{Co^2 \times V}$	$\frac{Pb \times Zn}{W^2}$	$\frac{Ba}{W}$	$\frac{Ag \times Pb \times Zn \times Ba}{W^2 \times Sn \times Co}$
۱	۹۶۳/۷	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۹۹/۶۰	۱۲۲/۰۲	۱۱/۲۵
۲	۲۷/۸	۰/۰۳۳۳	۰/۰۵۱۶	۰/۰۰۵۷	۰/۰۴۱۵	۱۰۱/۸۹	۱۲۲/۵۳	۵۱۰/۴۷
۳	۲۶	۰/۰۳۵۱	۰/۰۵۰۱	۰/۰۰۶۵	۰/۰۳۹۰	۱۱۶/۸۵	۱۳۴/۰۴	۵۹۵/۸۱
۴	۱۲۳۷	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۱۵۹/۰۹	۱۶۹/۹۹	۲۱/۴۷
۵	۱۵/۳	۰/۰۲۱۷	۰/۰۳۱۶	۰/۰۰۶۷	۰/۰۲۵۰	۱۰۲/۸۹	۷۴/۶۵	۲۳۹/۵۰
۶	۸۹۶/۸	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۹۹/۴۴	۷۵/۳۱	۱۷/۶۰
۷	۲۸/۴۵	۰/۰۳۲۱	۰/۰۴۰۲	۰/۰۰۴۸	۰/۰۲۳۳	۱۱۲/۱۰	۱۳۹/۹۸	۵۱۴/۲۴
۸	۲۷/۵۸	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۴۷۶	۰/۰۰۶۳	۰/۰۳۵۹	۱۲۳/۹۸	۱۴۰/۶۵	۶۰۸/۹۲
۹	۲۵/۴۹	۰/۰۲۴۵	۰/۰۳۳۳	۰/۰۰۵۸	۰/۰۲۸۰	۱۰۵/۳۱	۱۲۶/۴۲	۴۳۷/۹۳



شکل (۵-۲)- موقعیت نمونه‌های آنومال مربوط به هر عنصر در نواحی ۹ گانه



ادامه شکل (۵-۲)

بر اساس نتایج جدول (۳-۵)، هر یک از ضرایب مناطقی را به عنوان مناطق آنومال معرفی می‌نمایند ولی طبق شرایط متالورژی و تیپ کانی شناسی - ژئوشیمیایی ذخایر پورفیری جبال بارز که از نوع طلادار هستند لذا از بین شاخصهای زونالیت‌ه جدول فوق، بهترین شاخص با توجه به متالورژی مشابه در قزاقستان، شاخص $K = \frac{Pb.Zn}{Cu.Ag}$ خواهد بود. بنابراین این شاخص به عنوان شاخص مناسب انتخاب می‌گردد. با توجه به مقادیر محاسبه شده برای این شاخص سه زون ۱، ۴ و ۶ بعنوان بهینه ترین زونها انتخاب و به عنوان مناطق مستعد کانی‌زایی معرفی می‌گردند.

۵-۳-۵- شناسایی نواحی آنومال ژئوشیمیایی بر اساس مطالعه حوزه آبریز بالادست نمونه‌ها

مشابه با روش زونالیت‌ه، در استفاده از این روش نیز ابتدا مقادیر زمینه و آنومالی برای عناصر مورد نیاز و بر اساس روابط (۲-۵)، (۳-۵) و (۴-۵) محاسبه گشتند با این تفاوت که در این روش محاسبه مقادیر مذکور برای ۶ جامعه سنگی مشخص شده در شکل (۱-۵) به صورت جداگانه انجام پذیرفت. همانطور که قبلاً نیز اشاره شد شناسایی نواحی آنومال با استفاده از این روش بر اساس توجه به ماهیت برداری رسوبات آبراهه‌ای بوده و با در نظر گرفتن حوزه آبریز بالادست هر نمونه بایستی انجام گیرد که این مهم برای شناسایی آنومالی‌های منطقه جبال بارز نیز مدنظر قرار گرفت، بدین صورت که ابتدا حوزه آبریز مربوط به بالادست نمونه‌های آنومال مس شناسایی شد. از میان نواحی مشخص شده، مناطقی به عنوان آنومالی انتخاب گشتند که حداقل دو مورد از سه شرط زیر در مورد آنها صدق می‌نمود:

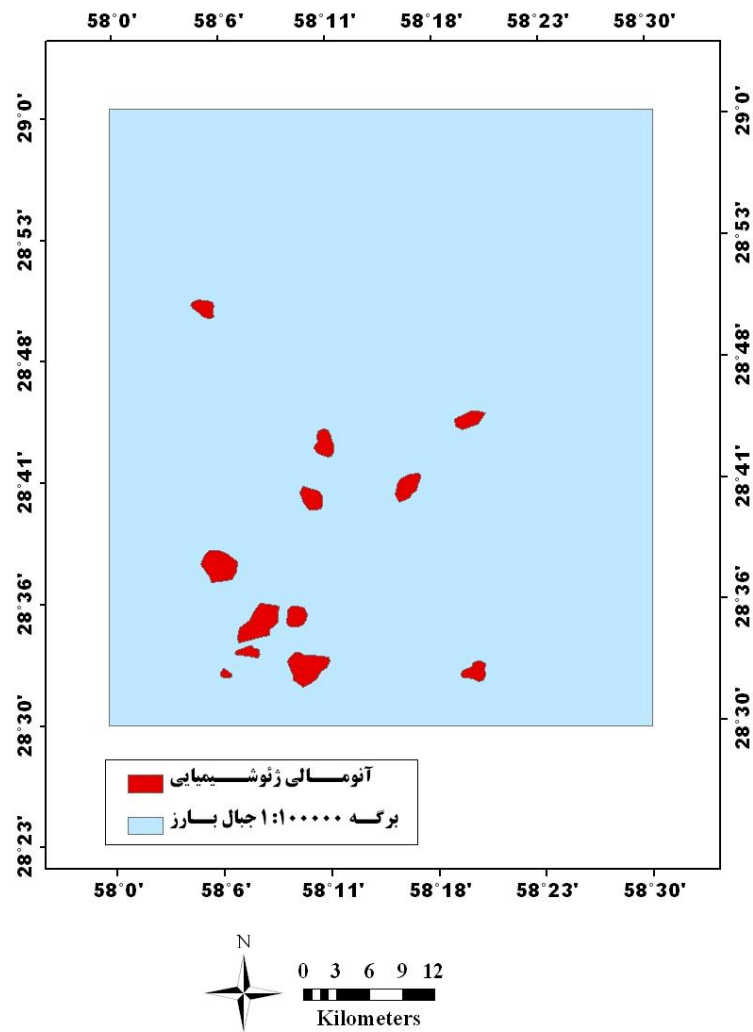
۱- همراهی عناصر ردیاب و معرف به صورت حضور آنومالی‌های عناصر مذکور در منطقه

۲- قرار داشتن در یکی از ۳ منطقه شناسایی شده با استفاده از روش زونالیت‌ه

۳- حضور در مجاورت آلتراسیونهای هیدروترمالی منطقه

پس از بررسی‌های انجام گرفته در نهایت ۱۲ منطقه به عنوان مناطق آنومال شناسایی شدند.

شکل (۳-۵) مناطق آنومال مذکور را نشان می‌دهد.



شکل (۵-۳) - آنومالی‌های ژئوشیمیایی شناسایی شده بر اساس مطالعه

حوزه آبریز بالادست نمونه‌های آنومال

فصل ششم :

تلفیق لایه های اکثافی و تهیه نقشه پتانسیل

مطلوب به روش وزنه های نشانگر

۶-۱- آشنایی با روش وزن‌های نشانگر

۶-۱-۱- کلیات

در راستای ایجاد کاهش در بکارگیری نظرات کارشناسی در تعیین همبستگی‌های فضایی^۱ مابین اندیس‌های معدنی و شاخصه‌های زمین‌شناسی، روشهایی که مبتنی بر کمی‌سازی و تولید نتایج کمی می‌باشند، می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. متد وزن‌های نشانگر یکی از این روشها می‌باشد که جهت کمی‌سازی همبستگی فضایی موجود مابین اندیس‌های معدنی و شواهد اکتشافی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاید بتوان گفت یکی از مزایای روش مذکور که یک نسخه لگاریتم خطی^۲ از مدل کلی بیسین^۳ است، بدست آوردن اوزانی است که مستقیماً در وزن‌دهی به نقشه‌های نشانگر بکار می‌روند [Palomera, 2004]. اما نسخه‌ای لگاریتمی بودن از مدل بیسین بی‌درنگ این نکته را خاطرنشان می‌سازد که متد وزن‌های نشانگر از مفاهیم احتمال برای ترکیب نقشه‌ها سود می‌جوید چراکه رویکرد مدل بیسین در رابطه با ترکیب مجموعه داده‌ها بر اساس تئوری احتمالات می‌باشد. روش وزن‌های نشانگر که انجام مدل‌سازی با آن مفروض به مستقل بودن نقشه‌های شاهد می‌باشد در زمره روش‌های متکی بر داده بوده و در نتیجه در مواقعی که داده‌های کافی برای تخمین اهمیت نسبی شواهد از طریق وسایل آماری موجود باشند بکار می‌رود. همچنین این روش بطور طبیعی در جاهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نقشه‌های نشانگر به صورت دوتایی^۴ موجود باشند [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

1- Spatial relationship

2- Log-linear

3- Bayesian

4- Binary

مدل وزن‌های نشانگر برای پیش‌بینی احتمال رخداد هر فرضیه یا رویداد مفروضی از تلفیق شواهد و نشانه‌های شناخته شده در ناحیه تحت مطالعه که در ارتباط با آن رویداد می‌باشند، بهره می‌جوید. در کارهای معدنی و اکتشافی این متد روشی بسیار سودمند برای تولید نقشه‌های پتانسیل مطلوب در مقیاس اکتشافات ناحیه‌ای می‌باشد [زنده دل، ۱۳۸۶]، یعنی این روش در اکتشافات تفصیلی از کارایی مناسبی برخوردار نبوده ولی از قابلیت خوبی در اکتشافات کوچک مقیاس برخوردار می‌باشد [Karimi et al, 2005].

در پروژه‌های اکتشافی شواهد مجموعه‌ای از نقشه‌ها (همچون نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی، آلتراسیون‌های هیدروترمالی، نقشه ساختارها و گسل‌های موجود در منطقه، نقشه زمین‌شناسی و ...) می‌باشند که مدل مذکور از آنها برای پیش‌بینی رخداد نوع خاصی از ذخایر در منطقه تحت بررسی استفاده می‌نماید [Ziaei et al, 2009]. در این روش اوزان متناسب با میزان همبستگی یا همراهی نقاط یا رخداد‌های شناخته شده معدنی (مثل معادن فعال، اندیس‌هایی از عناصر مختلف بصورت کانی‌سازی و یا معادن متروکه [یوسفی، ۱۳۸۳] با نقشه‌های شاهد، محاسبه شده و در نهایت با ترکیب این نقشه‌های نشانگر، نقشه پتانسیل مطلوب نهایی که میزان احتمال حضور ذخیره تحت پی‌جویی در هر یک از سلول‌های واحد آن محاسبه شده است، بدست می‌آید، یعنی این مدل آماری با در نظر گرفتن مفاهیم احتمالات اولیه و ثانویه، وزن‌دهی به نقشه‌های شاهد و در نهایت ترکیب آنها، نقشه‌های پتانسیل احتمالات ثانویه را تولید می‌نماید [Zhijing et al, 2006].

در روش احتمالی بیسین، احتمالات متقدم^۱ و متأخر^۲ از مفاهیم مهمی برخوردار می‌باشند، برای منطقه‌ای که دارای تعدادی ذخیره یا اندیس قطعی و شناخته شده است، احتمال متقدم برای هر سلول واحد از نسبت مساحت کل اندیس‌های موجود به کل مساحت منطقه تحت بررسی بدست می‌آید، حال خود این تخمین اولیه برای قسمت‌های مختلف منطقه و در نتیجه تأثیر شواهد اکتشافی دیگر می‌تواند افزایش یا کاهش یابد یعنی حاصل ضرب این احتمال متقدم در عاملی منجر به بدست

1- Prior Probability

2- Posterior Probability

آمدن احتمال متأخر می‌گردد که دوباره خود این احتمال متأخر می‌تواند به عنوان یک احتمال متقدم با ضرب شدن در عامل دوم که نشانگر تأثیر شاهد اکتشافی دیگری می‌باشد، برای محاسبه احتمال متأخر دیگری بکار رود [بونهام-کارتز، ۱۳۷۹].

متد وزنه‌ای نشانگر به عنوان پشتیبان در تصمیم‌گیری‌ها^۱، در بسیاری از شاخه‌ها کاربرد داشته است، به عنوان نمونه این مدل بارها در شاخه پزشکی و برای پیش‌بینی احتمال مبتلا شدن یک بیمار جدید به بیماری خاصی بکار گرفته شده است. همچنین چنگ^۲ (۲۰۰۴) برای ارزیابی جریان آب منطقه کریتر^۳ در تورنتو کانادا از این مدل استفاده کرده است [Ziaei et al, 2009].

در زمینه اکتشافات معدنی نیز این متد به وفور مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال این مدل به شکل گسترده‌ای برای تهیه نقشه‌های پتانسیل مطلوب تپه‌های متنوعی از کانسارها بکار رفته است [Zhijing et al, 2006] از جمله ذخایر طلای رگه‌ای در نوا اسکوتیای^۴ کانادا، ذخایر طلای اپی‌ترمال تیپ کارلین نوادای^۵ آمریکا، ذخایر طلای اپی‌ترمال گریت بیسین^۶ در غرب آمریکا، منطقه باگویو^۷ در فیلیپین و ذخایر فلزات پایه تیپ سدکس در منطقه آراوال^۸ هند مثالهای متعددی از کاربرد این روش در سال‌های اخیر می‌باشند [Porwal, 2006]. همچنین نقشه‌های پتانسیل مطلوب ذخایر مس پورفیری در منطقه بنگوئ^۹ فیلیپین [Carranza et al, 2002]، بریتیش کلمبیا^{۱۰} کانادا و شمال شهر بابک ایران [Tangestani et al, 2001] نیز توسط روش تلفیقی وزن‌های نشانگر تهیه گشته‌اند.

1- Decision-making support

2- Cheng

3- Creater

4- Nova Scotia

5- Nevada

6- Great Basin

7- Baguio

8- Aravalli province

9- Benguet province

10- British Columbia

۶-۱-۲- روابط و محاسبات مربوط به وزن‌های نشانگر*

با توجه به شکل (۱-۶) اگر تعداد سلول‌های با مساحت واحد موجود در ناحیه T را با $N(T)$ و تعداد ذخایر شناخته شده در منطقه را (با این فرض که هر ذخیره دارای وسعتی برابر با مساحت یک سلول واحد^۱ باشد) با $N(D)$ نمایش دهیم در این صورت و در شرایطی که اطلاعات یا شواهد دیگری موجود نباشد احتمال اینکه هر سلول واحد که به صورت تصادفی انتخاب می‌شود همراه با ذخیره معدنی باشد برابر خواهد بود با:

$$P(D) = N(D) / N(T) \quad \text{رابطه (۱-۶)}$$

در رابطه فوق $P(D)$ ، احتمال اولیه یا احتمال متقدم نام دارد.

همین احتمال یعنی احتمال یافتن ذخیره‌ای جدید در منطقه ولی با حضور یک شاهد اکتشافی که به صورت نقشه‌ای دوتایی^۲ ارائه می‌گردد با استفاده از رابطه شرطی زیر بدست می‌آید:

$$P(D/B) = \frac{P(D \cap B)}{P(B)} = P(D) \frac{P(B/D)}{P(B)} \quad \text{رابطه (۲-۶)}$$

در رابطه فوق نیز از $P(D/B)$ با عنوان احتمال متأخر یاد می‌شود.

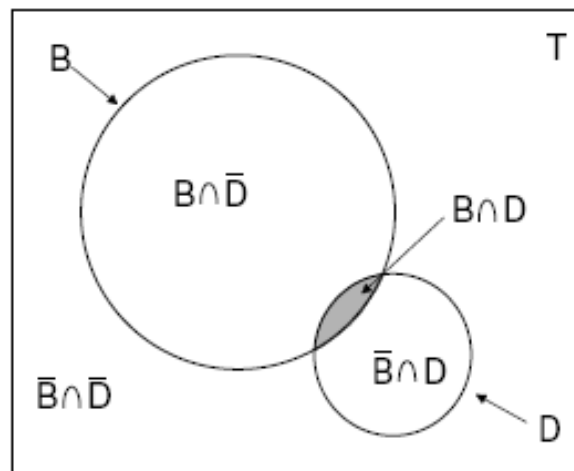
چانگ و همکاران (۱۹۹۲) بیان داشته‌اند که اطلاعات درباره صورت کسر اغلب از مطالعه آماری ذخایر و همچنین اطلاعات در رابطه با مخرج کسر نیز بطور معمول از دانش محل وجود ذخایر مورد انتظار الگوی شاخص برای مثال از نقشه برداری منطقه‌ای بدست می‌آیند [بونهام-کارتز، ۱۳۷۹].

به صورت مشابه، احتمال متأخر یافتن ذخیره ولی این‌بار در شرایطی که الگوی اکتشافی شاهد حضور نداشته باشد با رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$P(D/\bar{B}) = \frac{P(D \cap \bar{B})}{P(\bar{B})} = P(D) \frac{P(\bar{B}/D)}{P(\bar{B})} \quad \text{رابطه (۳-۶)}$$

* بخش عمده‌ای از مطالب این بخش برگرفته از منبع [Palomera, 2004] می‌باشد.

1- Unit cell
2- Binary map



شکل (۶-۱) - نمودار ون جهت نمایش محاسبات روش وزن‌های نشانگر

احتمالات (P) را می‌توان بر حسب اتفاقات^۱ (O) توسط فرمول زیر بیان نمود: (اتفاقات به صورت نسبت احتمال اتفاق یک رویداد به احتمال عدم اتفاق همان رویداد تعریف می‌شود).

$$O = \frac{P}{1-P} \quad \text{رابطه (۶-۴)}$$

با این توضیح روابط (۶-۲) و (۶-۳) می‌توانند بر حسب اتفاقات، فرمول‌بندی شوند:

$$O(D/B) = O(D) \frac{P(B/D)}{P(B/\bar{D})} \quad \text{رابطه (۶-۵)}$$

$$O(D/\bar{B}) = O(D) \frac{P(\bar{B}/D)}{P(\bar{B}/\bar{D})} \quad \text{رابطه (۶-۶)}$$

در روابط فوق $O(D/B)$ و $O(D/\bar{B})$ به ترتیب عبارت هستند از اتفاقات (در مقابل

احتمالات) متأخر حضور ذخیره معدنی در شرایط حضور و عدم حضور الگوی اکتشافی شاهد. رابطه

$P\{B/D\} / P\{B/\bar{D}\}$ ، نسبت کفایت^۲ (LS) و عبارت $P\{B/D\} / P\{B/\bar{D}\}$ نیز نسبت لزوم^۳

(LN) نامیده شده‌اند. همچنین به LS و LN نسبت‌های احتمال نیز گفته می‌شود [ابونهام-کارتر،

.۱۳۷۹].

1- Odds
2- Sufficiency ratio
3- Necessity ratio

لوجیت^۱ها عبارت هستند از لگاریتم طبیعی اتفاقات که در مدل‌سازی با استفاده از متد وزن‌های نشانگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. با اعمال لگاریتم طبیعی به هر دو سمت عبارات (۶-۵) و (۶-۶) روابط زیر حاصل خواهند گشت:

$$\text{Logit}(D/B) = \text{Logit}D + W^+ \quad \text{رابطه (۶-۷)}$$

$$\text{Logit}(D/\bar{B}) = \text{Logit}D + W^- \quad \text{رابطه (۶-۸)}$$

در روابط فوق، W^+ لگاریتم طبیعی LS بوده و وزن نشانگر مثبت است وقتی که شاهد B حضور داشته باشد و بطور مشابه W^- نیز لگاریتم طبیعی LN و وزن نشانگر منفی می‌باشد در شرایطی که الگوی B حضور نداشته باشد یعنی:

$$W^+ = \log_e \frac{P(B/D)}{P(\bar{B}/D)} \quad \text{رابطه (۶-۹)}$$

$$W^- = \log_e \frac{P(\bar{B}/D)}{P(B/D)} \quad \text{رابطه (۶-۱۰)}$$

مقدار کنتراست که با C نمایش داده می‌شود در حقیقت بیان‌کننده میزان یا شدت^۲ همبستگی فضایی است که مابین الگوهای نشان‌گر دوتایی و ذخایر معدنی وجود دارد:

$$C = W^+ - W^- \quad \text{رابطه (۶-۱۱)}$$

استیودنت کنتراست^۳ (Sig C) که بیانگر نسبت کنتراست به انحراف معیار آن می‌باشد، معیاری مفید برای نشان دادن قطعیتی است که کنتراست با آن سنجیده می‌شود، یعنی زمانی که این نسبت بطور نسبی زیاد می‌باشد دال بر این نکته است که مقدار کنتراست در مقایسه با انحراف معیارش بالا بوده و در نتیجه کنتراست محاسبه شده به واقعیت نزدیک‌تر است. مقادیر ۱/۵ و حتی ۲ مقادیری ایده‌آل برای Sig C می‌باشند (بونهام-کارتر، ۱۹۹۴). Sig C با رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

1- Logit
2- Strength
3- Studentized contrast

$$\text{SigC} = \frac{C}{\sqrt{s^2(W^+) + s^2(W^-)}} \quad \text{رابطه (۱۲-۶)}$$

زمانی که قرار باشد چندین نقشه شاهد با یکدیگر ترکیب شوند در این صورت مقادیر اوزان برای هر نقشه محاسبه شده و سپس در فرمول واحدی ترکیب می‌گردند که البته این کار مستلزم تحقق فرض استقلال شرطی^۱ این شواهد نسبت به یکدیگر می‌باشد، معمولاً داده‌های مکانی کلیه فرضیات مربوط به داده‌های مکانی و علی‌الخصوص استقلال را دارا نمی‌باشند با این حال مدل‌ها با فرض برقرار بودن استقلال شرطی تولید شده و با وجود اینکه به طور کامل منطبق بر داده‌ها نمی‌گردد ولی ساده‌سازی موردنیاز جهت پیش‌بینی را تأمین نموده و اطلاعاتی را درباره سهم نسبی هر یک از لایه‌های شاهد در اختیار قرار می‌دهند.

زمانی که دو شاهد اکتشافی نسبت به مجموعه‌ای از ذخایر معدنی از استقلال شرطی برخوردار باشند رابطه زیر در مورد آنها صدق خواهد نمود: [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹]

$$P(B_1 \cap B_2 / D) = P(B_1 / D) \times P(B_2 / D) \quad \text{رابطه (۱۳-۶)}$$

روابط مربوط به احتمالات متأخر برای یافتن ذخایر معدنی وقتی که دو شاهد اکتشافی به عنوان راهنما برای یافتن ذخایر، موجود می‌باشند با روابط زیر محاسبه می‌گردند:

$$\begin{aligned} P(D / B_1 \cap B_2) &= \frac{P(D \cap B_1 \cap B_2)}{P(B_1 \cap B_2)} = \frac{P(B_1 \cap B_2 / D)P(D)}{P(B_1 \cap B_2)} = \\ &= \frac{P(B_1 \cap B_2 / D)P(D)}{P(B_1 \cap B_2 / D)P(D) + P(B_1 \cap B_2 / \bar{D})P(\bar{D})} \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۴-۶)}$$

حال اگر B_1 و B_2 نسبت به مجموعه اندیس‌های معدنی موجود در منطقه از استقلال شرطی برخوردار باشند، معادله (۱۳-۶) بدلیل برقراری رابطه (۱۲-۶) می‌تواند به صورت زیر ساده‌تر گردد:

$$P(D / B_1 \cap B_2) = P(D) \frac{P(B_1 / D)}{P(B_1)} \times \frac{P(B_2 / D)}{P(B_2)} \quad \text{رابطه (۱۵-۶)}$$

1- Conditional independence

معادله (۶-۱۵) در حقیقت همان معادله (۶-۲) می‌باشد که عوامل ضرب شده در هر دو رابطه مذکور به منظور بروز نمودن احتمالات متقدم و تولید احتمالات متأخر بکار رفته‌اند. با استفاده از فرمول‌بندی اتفاقات می‌توان روابط زیر را تولید کرد:

$$\text{رابطه (۶-۱۶)} \quad \text{Log}_e O(D / B_1 \cap B_2) = \text{Logit}(D) + W_1^+ + W_2^+$$

$$\text{رابطه (۶-۱۷)} \quad \text{Log}_e O(D / B_1 \cap \overline{B_2}) = \text{Logit}(D) + W_1^+ + W_2^-$$

$$\text{رابطه (۶-۱۸)} \quad \text{Log}_e O(D / \overline{B_1} \cap B_2) = \text{Logit}(D) + W_1^- + W_2^+$$

$$\text{رابطه (۶-۱۹)} \quad \text{Log}_e O(D / \overline{B_1} \cap \overline{B_2}) = \text{Logit}(D) + W_1^- + W_2^-$$

در نهایت عبارتی کلی برای ترکیب n نقشه، رابطه‌ای به ترتیب زیر خواهد بود:

$$\text{رابطه (۶-۲۰)} \quad \text{Log}_e O(D / B_1^k \cap B_2^k \cap B_3^k \cap \dots \cap B_n^k) = \sum_{j=1}^n W_j^k + \text{Log}_e O(D)$$

در عبارت مذکور مقادیر k زمانی (+) و (-) خواهند بود که الگوهای دوتایی پیش‌بینی کننده به ترتیب حاضر یا غایب باشند. اتفاقات متأخر بر اساس رابطه (۶-۴) می‌توانند به احتمالات متأخر تبدیل گردند که در نهایت نیز احتمالات متأخر هستند که درجه پتانسیل یا مطلوبیت کانی‌سازی مورد نظر را مشخص می‌نمایند.

۶-۱-۲-۱-۶ آزمونهای سنجش استقلال شرطی

از آنجاییکه عدم احراز فرض استقلال شرطی می‌تواند بر روی صحت مقادیر اوزان مثبت و منفی محاسبه شده تأثیرگذار بوده و در نتیجه نقشه احتمال متأخری دور از واقعیت تولید نماید [Debba, 2006] لذا جهت اطمینان از وجود استقلال شرطی مابین الگوهای اکتشافی شاهد نسبت به متغیرهای هدف انجام آزمونهایی توصیه شده است. در این رابطه ۲ نوع آزمون قابل اجراست، آزمون اول قبل از ترکیب نقشه‌های نشانگر که بین جفت نقشه‌های نشانگر اجرا می‌گردد و آزمون

دوم که پس از ترکیب نقشه‌های نشان‌گر و به شکل یک آزمون کلی بر روی کلیه نقشه‌های ورودی قابل اجراست.

همانطور که در بخش قبلی نیز اشاره گشت اگر ۲ الگوی دوتایی نسبت به مجموعه ذخایر معدنی از استقلال شرطی برخوردار باشند در این صورت رابطه (۶-۱۳) برقرار خواهد بود که با توجه به تعریف احتمال و با اعمال تغییری جزئی در رابطه مذکور معادله زیر بدست خواهد آمد:

$$N(B_1 \cap B_2 \cap D) = \frac{N(B_1 \cap D)N(B_2 \cap D)}{N(D)} \quad \text{رابطه (۶-۲۱)}$$

قسمت سمت چپ معادله مذکور تعداد ذخایر یا اندیس‌های شناخته شده واقع در ناحیه مشترک الگوهای B_1 و B_2 را نشان می‌دهد درحالی‌که قسمت سمت راست معادله بیانگر تعداد ذخایر پیش‌بینی شده در ناحیه همپوشانی دو الگو را نشان می‌دهد. بر اساس رابطه فوق وقتی دو الگو دارای استقلال شرطی هستند بایستی تعداد ذخایر پیش‌بینی شده برابر با تعداد اندیس‌های B_1 ضرب در تعداد اندیس‌های B_2 ، تقسیم بر تعداد کل اندیس‌ها باشد [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

روابط مربوط به وضعیت همپوشانی دو الگوی B_1 و B_2 که از وجود اندیس‌ها و کانسارهای شناخته شده بهره می‌برند، در جدول (۶-۱) نشان داده شده است که در آن چهار خانه مرکزی چهار موقعیت ممکن همپوشانی را تحت شرایط مشاهده شده یا مورد انتظار (پیش‌بینی شده) با فرض استقلال نشان می‌دهند.

جدول (۶-۱) - جدول وابستگی برای نشان دادن چهار موقعیت ممکن همپوشانی (خانه‌های مشخص شده) بین دو الگوی دوتایی پیش‌بینی کننده و ذخایر معدنی [Palomera, 2004]

	Pattern B1 Present	Pattern B1 Absent	Total
Pattern B2 Present	$N\{B_1 \cap B_2 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_1 \cap B_2 \cap D\}$	$N\{B_2 \cap D\}$
Pattern B2 Absent	$N\{B_1 \cap \bar{B}_2 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_1 \cap \bar{B}_2 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_2 \cap D\}$
Total	$N\{B_1 \cap D\}$	$N\{\bar{B}_1 \cap D\}$	$N\{D\}$

در راستای آزمودن فرضیه صفر^۱ که بر اساس آن هیچ گونه ارتباطی بین یک جفت نقشه پیش‌بینی کننده وجود ندارد، رابطه‌ای آماری به نام مجذور خی^۲ (χ^2) جهت مقایسه تعداد ذخایر مشاهده شده با تعداد ذخایر پیش‌بینی شده ارائه گشته است. عامل χ^2 معیاری برای نشان دادن میزان اختلاف در تعداد ذخایر مشاهده شده (موجود در منطقه یا شناخته شده) با تعداد ذخایر پیش‌بینی شده می‌باشد. عامل آماری χ^2 با رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^4 \frac{(observed_i - expected_i)^2}{expected_i} \quad \text{رابطه (۶-۲۲)}$$

با استفاده از معادلات (۶-۲۱) و (۶-۲۲)، می‌توان مقدار χ^2 را برای هر جفت نقشه یا الگوی نشان‌گر محاسبه نمود.

مجذور خی تا حد زیادی وابسته به واحدهای اندازه‌گیری بوده و متناسب با اندازه واحد سطح می‌باشد. البته به دلیل اینکه کانسارهای معدنی به عنوان سلول‌های واحد فرض می‌شوند، واحدهای اندازه‌گیری χ^2 را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند و مقادیر بدست آمده از آزمون می‌تواند با مقادیر بحرانی χ^2 با یک درجه آزادی مقایسه گردد. مقدار بحرانی χ^2 با یک درجه آزادی در سطح اطمینان ۹۵٪، ۳/۸۴ است. بنابراین اگر مقدار محاسبه شده χ^2 بیشتر از ۳/۸۴ باشد، فرضیه صفر در آن سطح اطمینان می‌تواند مردود تلقی شود یعنی مقادیر بیشتر از این آستانه بیان می‌کنند که استقلال شرطی بطور جدی منحرف گردیده است و بنابراین یکی از نقشه‌ها باید رد، اصلاح و یا با نقشه‌ای دیگر ترکیب شود تا مشکل کمتر گشته و کاهش یابد.

پس از ترکیب کلیه نقشه‌های نشانگر و پس از انجام تست اول مربوط به احراز استقلال شرطی، آزمون ساده و دومی نیز جهت انجام مقایسه تعداد ذخایر مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده در نقشه پتانسیل نهایی قابل اجرا می‌باشد. بر اساس این آزمون مجموع احتمالات متأخر محاسبه شده برای هر سلول نقشه متأخر، یعنی تعداد ذخایر پیش‌بینی شده بایستی برابر با تعداد ذخایر مشاهده‌ای

1- Null hypothesis
2- Chi-square

باشد [Agterberg et al, 2002]. در این آزمون تعداد ذخایر پیش‌بینی شده با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$N(D)_{calc} = \sum_{k=1}^m P_k \times N(A)_k \quad \text{رابطه (۶-۲۳)}$$

در عبارت فوق $k = 1, 2, \dots, m$ پیکسل‌های نقشه و $N(A)_k$ برابر با مساحت هر سلول واحد می‌باشد. اگر تعداد ذخایر پیش‌بینی شده در حدود (۱۵-۱۰)٪ با تعداد ذخایر مشاهده‌ای اختلاف داشته باشد، در این صورت فرض وجود استقلال شرطی مابین نقشه‌های نشانگر با خطری جدی مواجه خواهد شد و تغییراتی در راستای جبران و اصلاح آن بایستی صورت پذیرد. بطور معمول احتمال وجود استقلال شرطی میان الگوها یا نقشه‌های نشانگر با افزایش تعداد این الگوها، افزایش خواهد یافت [Agterberg et al, 1990]. جدول (۶-۲) کلیه روابط موجود که در استفاده از مدل وزن‌های نشانگر مورد استفاده قرار می‌گیرند را بصورت یکجا در خود جای داده است.

۶-۱-۳- محدودیت‌های روش وزن‌های نشانگر

عدم نیاز به نظرات کارشناسی و همچنین بیان کمی میزان همبستگی مابین لایه‌های شاهد و نقاط آموزشی، دو مورد از امتیازات روش وزن‌های نشانگر برای تلفیق داده‌ها می‌باشند. اما روش مذکور در کنار این مزایا از محدودیت‌هایی نیز برخوردار می‌باشد.

در بخش (۶-۱-۱) اشاره گشت که اساس متد وزن‌های نشانگر استفاده از نقشه‌های دوتایی می‌باشد، اما از آنجایی که داده‌های مکانی بطور طبیعی از ماهیتی چند کلاسی^۱ برخوردار می‌باشند لذا طبقه‌بندی مجدد^۲ آنها از حالت چند کلاسی به نقشه‌های دوتایی با خطا همراه بوده و ممکن است منجر به از دست دادن بخشی از اطلاعات داده‌های مکانی گردد. دیگر محدودیتی که به روش وزن‌های نشانگر وارد است عدم توانایی این روش در تفکیک و جداسازی ذخایر پنهان از ذخایر فرسایش یافته

1- Multi-class
2- Reclassification

می‌باشد، به عبارتی دیگر می‌توان گفت که روش یا الگویی مناسب برای جداسازی آنومالی‌های پنهان از آنومالی‌های فرسایش یافته توسط روش وزن‌های نشانگر وجود ندارد.

جدول (۶-۲) - کلیه روابط مورد نیاز برای انجام محاسبات مربوط به وزن‌های نشانگر؛ Std: انحراف معیار، npixt: تعداد پیکسل‌های مربوط به کل منطقه تحت بررسی، npixd: تعداد پیکسل‌های مربوط به ذخایر معدنی (برابر با تعداد اندیس‌های موجود در منطقه)، npixb: تعداد پیکسل‌های مربوط به الگوهای دوتایی موجود، npixbd: تعداد پیکسل‌های مشترک بین الگوهای دوتایی موجود و ذخایر معدنی، $(m_1, m_2, \dots, m_n)$: اوزان محاسبه شده برای الگوهای دوتایی موجود، postpro: نقشه احتمال متأخر، $N\{D\}_{pred}$: تعداد ذخایر پیش‌بینی شده، P_p : احتمال متأخر هر پیکسل در نقشه احتمال متأخر، npix: تعداد پیکسل‌ها در نقشه احتمال متأخر که از احتمال کافی برای معرفی شدن به عنوان ذخیره معدنی برخوردار می‌باشند [Palomera, 2004].

کاربرد	برای محاسبه	معادله
محاسبه اوزان نشانگر	وزن مثبت	$W^+ = \log_e \frac{npixbd \times (npixt - npixd)}{(npixb - npixbd) \times npixd}$
محاسبه اوزان نشانگر	وزن منفی	$W^- = \log_e \frac{(npixd - npixbd) \times (npixt - npixd)}{(npixt - npixd - (npixb - npixbd)) \times npixd}$
ارزیابی همراهی مکانی	کنتراست اوزان مثبت و منفی	$C = W^+ - W^-$
ارزیابی همراهی مکانی بهینه	حساسیت C	$SigC = \frac{C}{\sqrt{(Std W^+)^2 + (Std W^-)^2}}$
آزمون استقلال شرطی دوگانه	مجذور خی	$\chi^2 = \sum_{i=1}^4 \frac{(observed_i - expected_i)^2}{expected_i}$
محاسبه نقشه احتمال متأخر	احتمال متقدم ذخیره	$P(D) = N(D) / N(T)$
محاسبه نقشه احتمال متأخر	تبدیل به احتمال اتفاقات	$PriorOdds = Prior Prob. / (1 - Prior Prob.)$
محاسبه نقشه احتمال متأخر	محاسبه لوجیت‌ها	$Logit(D) = \log_e(PriorO) = \log_e O(D)$
نقشه پیش‌بینی کننده	محاسبه نقشه احتمال متأخر	$Post Pro = \frac{e^{(Logit(D) + m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n)}}{1 + e^{(Logit(D) + m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n)}}$
آزمون استقلال شرطی کلی	محاسبه ذخایر پیش‌بینی شده نهایی	$N(D)_{pred} = \sum (P_p \times npix)$

۶-۲- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب مس پورفیری برای منطقه جبال بارز

استفاده از داده‌های اکتشافی بدست آمده از منابع مختلف و تلفیق آنها در محیط GIS، هدفی است که در این پایان‌نامه دنبال می‌شود. برای مدل سازی پروژه‌های اکتشافی در محیط GIS وجود داده‌های اکتشافی مختلف امریست اجتناب‌ناپذیر، به طوری که هر چه تعداد منابعی که داده‌های اکتشافی خود را در جهت تلفیق با یکدیگر در اختیار GIS قرار می‌دهند، بیشتر باشد می‌توان به صحت نتایج حاصل از انجام مدل‌سازی اطمینان بیشتری نمود، ولی مسئله‌ای که از اهمیت بالاتری نسبت به تعداد منابع عرضه کننده داده‌های اکتشافی می‌تواند برخوردار باشد، گردآوری و پردازش صحیح یا مبتنی بر اصول این داده‌ها می‌باشد، چه بسیار اتفاق افتاده است که علی‌رغم وجود داده‌های اکتشافی متنوع و مختلف، پردازشهای نادرست و غیراصولی منجر به شکست بسیاری از پروژه‌های اکتشافی گشته‌اند. منظور از پردازش داده‌ها، همان نگاه علمی و مبتنی بر اصول اکتشافی به داده‌ها می‌باشد به گونه‌ای که بتوان از بطن داده‌های موجود، مناطقی که در ارتباط با ذخایر مس پورفیری می‌باشند را جدا کرده و هر یک را به صورت نقشه و لایه اطلاعاتی جداگانه‌ای ذخیره کرد. به زبانی دیگر منظور از پردازش داده‌ها، نگاهی جهت‌دار به آنهاست و هدف آن نیز استخراج بخش سودمند موجود در داده‌ها با توجه به نوع هدف اکتشافی (در اینجا مس پورفیری) می‌باشد. اگرچه پردازش هر دسته از داده‌ها، خود منجر به شناسایی مناطق امیدبخشی از لحاظ حضور ذخایر مس پورفیری خواهند شد ولی آنچه که مسلم است این واقعیت می‌باشد که تلفیق و ترکیب نتایج حاصل از چند منبع مختلف همواره با نتایج دقیق‌تر و معتبرتری همراه خواهد بود و این هدفی است که GIS دنبال می‌نماید.

همانطور که در بخش (۱-۵) نیز اشاره شد داده‌های زمین شناسی، ژئوشیمیایی، گسل‌ها و تصاویر ماهواره‌ای عبارت هستند از چهار منبع داده‌های اکتشافی که در این پایان‌نامه جهت تهیه

نقشه پتانسیل مطلوب مس پورفیری در برگه جبال بارز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مشاهده گشت که پردازش داده‌های ژئوشیمیایی و دورسنجی برای استخراج نواحی آنومال مرتبط با ذخایر مس پورفیری به ترتیب در فصول چهارم و پنجم انجام گرفت که نتایج حاصله به اضافه داده‌های زمین شناسی و گسله‌ها برای تولید نقشه‌های شاهد مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در نهایت نیز نقشه‌های مزبور وزن‌دهی شده و توسط روشهای اوزان نشانگر (فصل حاضر) و فازی (فصل ۷) تلفیق خواهند گشت. البته باید به این نکته نیز اشاره گردد که تهیه نقشه پتانسیل برای محدوده‌ای از برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز که منطبق بر تصاویر ماهواره‌ای منطقه می‌باشد، انجام پذیرفته است چراکه در صورت انجام مدل‌سازی برای کل منطقه، دومین آزمون استقلال شرطی با خطایی در حدود ۵۰ درصد مواجه می‌گردد که این مقدار خطای تولیدی با مقدار مجاز آن (۱۰ تا ۱۵ درصد) فاصله زیادی خواهد داشت.

برای انجام محاسبات مربوط به وزن‌دار کردن لایه‌های شاهد و همچنین محاسبه احتمالات مربوط به نقشه متأخر بایستی در ابتدا مساحت سلولهای واحد مشخص گردند. بدین‌منظور رابطه استاندارد زیر (برگرفته از راهنمای اکستنشن^۱ Arc-SDM ارائه شده برای نرم افزار ArcView 3.2) جهت محاسبه این مساحت پیشنهاد شده است که بر اساس این رابطه مقدار $\frac{1}{3}$ کیلومتر مربع برای منطقه تحت بررسی بدست آمد. در نهایت نیز با توجه به اختلاف کم این مقدار با عدد ۱، سلولهای واحدی با مساحت ۱ کیلومتر مربع برای منطقه تحت بررسی در نظر گرفته شد.

$$۴۰ / (\text{تعداد اندیس‌های شناخته شده منطقه} / \text{مساحت کل منطقه تحت مطالعه}) = \text{مقدار پیشنهادی}$$

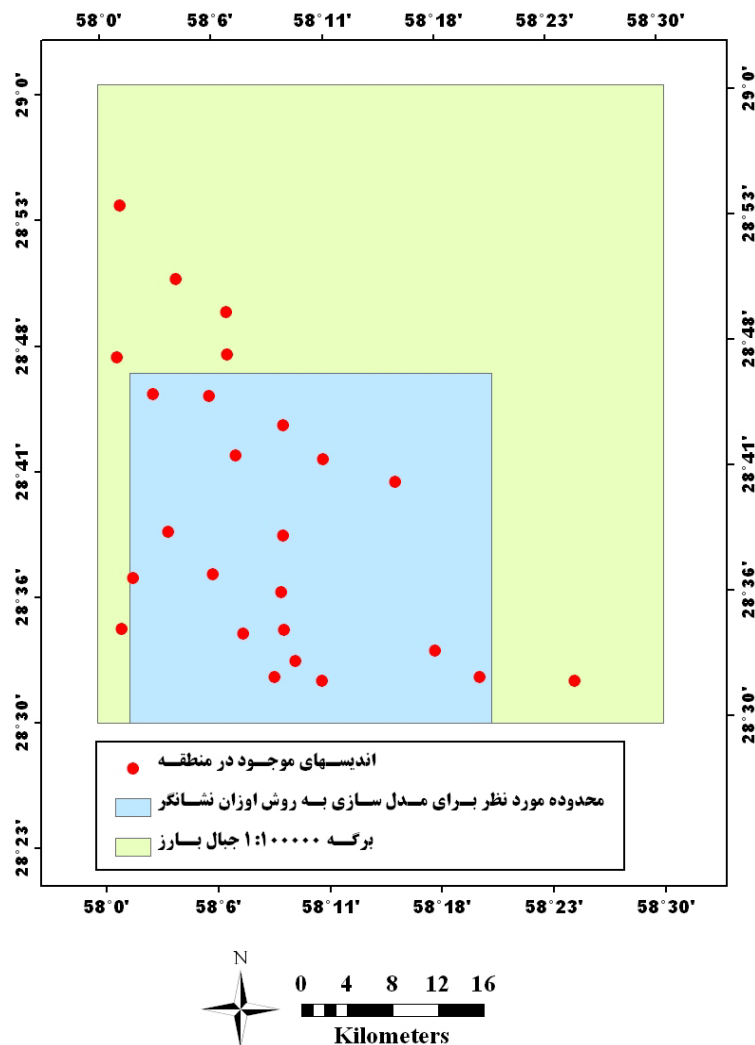
۶-۲-۱- تهیه نقشه‌های شاهد زمین شناسی

پردازش داده‌های زمین شناسی مشتمل بر دو بخش زیر می‌باشد:

۱- انتخاب واحدهای زمین شناسی مناسب

۲- شناسایی فاصله یا محدوده‌های مناسب در اطراف گسلها

نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه جبال بارز تنها منبعی می‌باشد که ما را در راه رسیدن به اهداف دوگانه مذکور یاری نموده است. اساس کار در هر دو بخش استفاده از روش وزن‌های نشانگر و محاسبه اوزان مثبت و منفی توسط روابط بیان شده در جدول (۶-۲) می‌باشد. همانطور که در بخش معرفی روش وزن‌های نشانگر نیز بیان گشت اساس این روش بر پایه اندازه‌گیری کمی همراهی شاخصه‌های اکتشافی با اندیس‌های موجود در منطقه می‌باشد، لذا رقومی سازی نقشه مربوط به ۲۵ اندیس موجود در منطقه جبال بارز نیز از ملزومات خواهد بود که این کار انجام پذیرفته و در شکل (۶-۲) نمایش داده شده است.



شکل (۶-۲) - نقشه رقومی شده مربوط به موقعیت اندیسهای معدنی شناسایی شده در منطقه (۱۸ اندیس در محدوده مورد نظر مدل سازی به روش وزن‌های نشانگر قرار گرفته‌اند)

۶-۲-۱-۱- نقشه شاهد واحدهای زمین‌شناسی

همانطور که در بخش (۶-۲) نیز گفته شد منطقه جبال بارز از واحدهای زمین‌شناسی متنوع و گوناگونی تشکیل یافته است که موقعیت و وسعت هر یک در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز به خوبی دیده می‌شوند. به منظور شناسایی و انتخاب واحدهای زمین‌شناسی مطلوب از لحاظ همراهی آنها با اندیس‌های معدنی، ابتدا نقشه زمین‌شناسی منطقه رقومی گشته و در ادامه بر اساس متد وزن‌های نشانگر عملیات وزن‌دهی برای تک تک واحدها انجام پذیرفته و پارامترهای لحاظ شده در روش مذکور برای کلیه واحدها (واحدهایی که حداقل شامل یک اندیس معدنی بودند) محاسبه شد. در گام آخر نیز با مقایسه نتایج حاصله، واحدهای زمین‌شناسی مطلوب از لحاظ دارا بودن همراهی بالا با اندیس‌های معدنی موجود در منطقه، انتخاب گشتند که بر این اساس واحدهای Erdt، Ets و P بدلیل داشتن مقادیر کنتراست در حد قابل قبول (جدول ۶-۳) به عنوان واحدهای زمین‌شناسی مناسب انتخاب گشتند.

جدول (۶-۳) - مقادیر محاسبه شده برای واحدهای زمین‌شناسی توسط روابط جدول (۶-۲)
(فقط واحدهایی که دارای حداقل یک اندیس معدنی می‌باشند در جدول آورده شده‌اند)

عنوان واحد زمین‌شناسی	مساحت (Km ²)	تعداد اندیس‌های موجود در واحد	W+	W-	(C) کنتراست	(Sig C)
Erdt	۳/۹۰۱	۱	۲/۹۱۱	-۰/۰۵۴	۲/۹۶۵	۲/۵۰۲
Ert	۲۰۹/۲۲	۴	۰/۰۳۹	-۰/۰۱۱	۰/۰۵۰	۰/۰۸۷
Eta3	۲۹/۶۰۵	۱	۰/۶۲۳	-۰/۰۲۷	۰/۶۵۰	۰/۶۲۱
Ets	۹/۴۴۲	۱	۱/۸۴۳	-۰/۰۴۸	۱/۸۹۱	۱/۷۴۳
Evt	۵۱/۶۴۰	۱	۰/۰۵۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۵۵	۰/۰۵۳
gd	۴۴۱/۳۸۶	۹	۰/۱۰۴	-۰/۰۹۴	۰/۱۹۸	۰/۴۱۸
p	۱۱/۵۱۶	۱	۱/۶۲۴	-۰/۰۴۶	۱/۶۷۰	۱/۵۵۴

۶-۲-۱-۲- نقشه شاهد گسل‌های منطقه

از آنجاییکه گسل‌های موجود در منطقه جبال بارز بصورت کاملاً دقیق در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه نشان داده شده‌اند، لذا ما نیز به همین گسل‌ها به عنوان ساختارهای خطی موجود در منطقه بسنده کرده و از آنها برای تولید نقشه دوتایی و شاهد مربوط به گسله‌ها استفاده نمودیم. مشابه با کارهای انجام شده در انتخاب واحدهای زمین‌شناسی، در این بخش نیز ابتدا گسل‌های موجود در منطقه رقومی گشته و در ادامه به روش بافرزنی، ۱۰ محدوده با فواصل ۱۰۰ متر به ۱۰۰ متر در اطراف گسل‌های موجود در منطقه مشخص گشت، در خاتمه پارامترهای مورد نیاز برای ۱۰ محدوده موردنظر محاسبه شد که در جدول (۶-۴) نشان داده شده‌اند. با توجه به نتایج گردآوری شده در جدول مذکور مشاهده می‌شود که اولین محدوده یعنی منطقه‌ای که در فاصله ۱۰۰ متری گسلها می‌باشد از لحاظ همراهی با نشانه‌های معدنی در شرایط مطلوبتری بوده و لذا به عنوان لایه شاهد مربوط به گسل‌ها انتخاب می‌گردد.

جدول (۶-۴) - مقادیر محاسبه شده برای تک تک بافرهای زده شده در اطراف گسل‌های منطقه

(فقط محدوده‌هایی که دارای حداقل یک اندیس معدنی می‌باشند در جدول آورده شده‌اند)

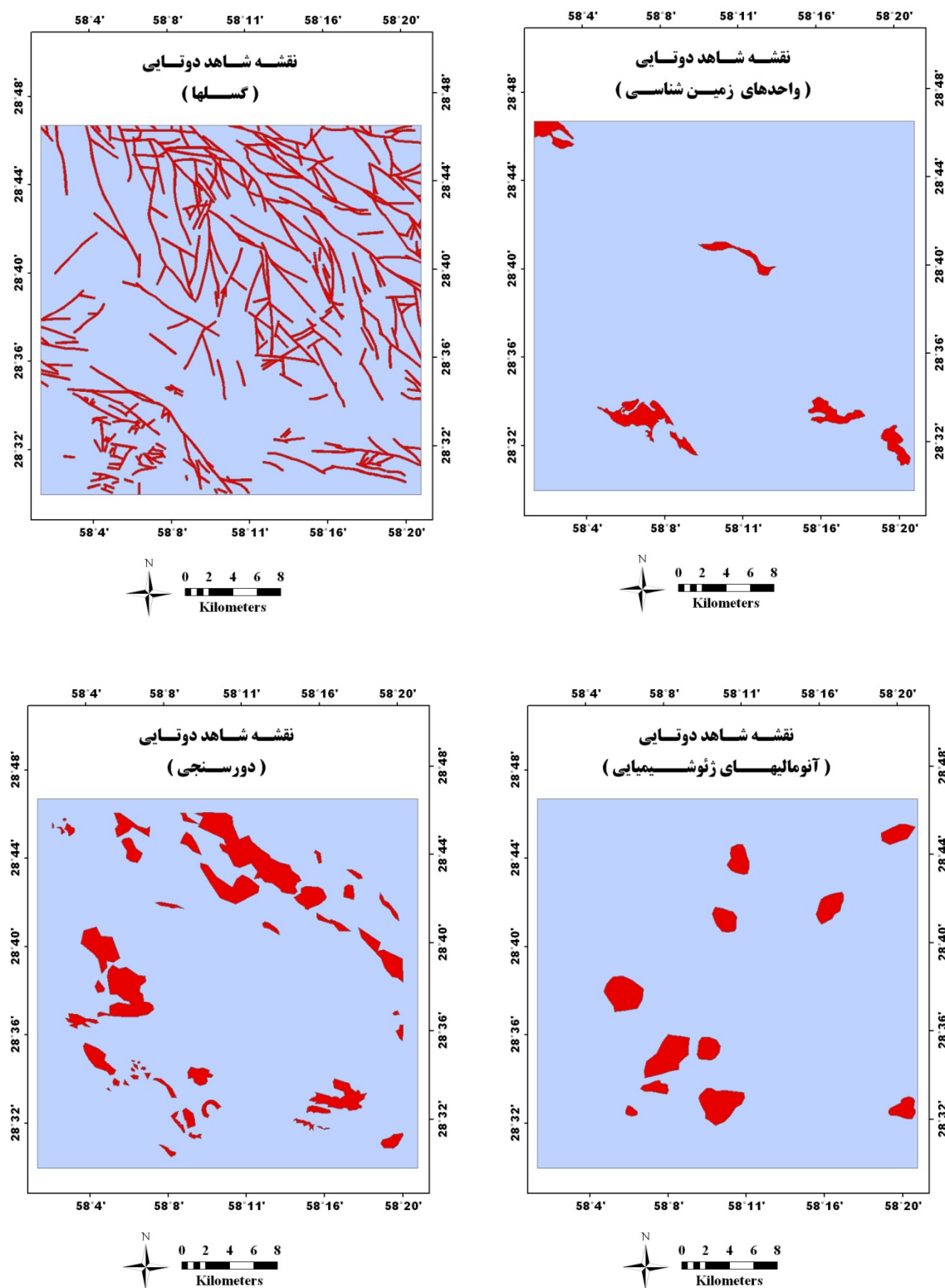
فاصله (m)	مساحت (Km ²)	تعداد اندیس‌های موجود در واحد	W+	W-	(C) کنتراست	(Sig C)
۰ - ۱۰۰	۱۵۰/۹۵۶	۵	۰/۶۰۳	-۰/۱۶۰	۰/۷۶۳	۱/۴۲۹
۱۰۰ - ۲۰۰	۱۳۴/۰۳۹	۳	۰/۲۰۰	-۰/۰۳۵	۰/۲۳۵	۰/۳۶۸
۲۰۰ - ۳۰۰	۱۱۲/۸۷۹	۱	-۰/۷۴۱	۰/۰۶۷	-۰/۸۰۸	-۰/۷۸۱
۳۰۰ - ۴۰۰	۹۴/۳۴۹	۲	۰/۱۴۴	-۰/۰۱۷	۰/۱۶۱	۰/۲۱۲
۴۰۰ - ۵۰۰	۷۸/۵۶۱	۱	-۰/۳۷۴	۰/۰۲۷	-۰/۴۰۱	-۰/۳۸۸
۵۰۰ - ۶۰۰	۶۵/۰۴۷	۱	-۰/۱۸۳	۰/۰۱۲	-۰/۱۹۵	-۰/۱۸۸
۶۰۰ - ۷۰۰	۵۳/۵۱۲	۱	۰/۰۱۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶

۶-۲-۲- تهیه نقشه‌های شاهد ژئوشیمیایی و دورسنجی

نقشه‌های شاهد ژئوشیمیایی و دورسنجی بر اساس نتایج حاصله شده در فصول چهارم و پنجم تهیه شدند که در آنها بترتیب مناطق دگرسانی و آنومالی‌های مرتبط با ذخایر مس پورفیری شناسایی شده بودند. در تهیه نقشه شاهد ژئوشیمیایی از نتایج بخش (۵-۳-۵) استفاده نموده و بخشی از شکل (۵-۳) را که منطبق بر ناحیه موردنظر جهت تلفیق (منطبق بر تصویر ماهواره‌ای) می‌باشد به عنوان لایه شاهد ژئوشیمیایی در نظر گرفته شد. همچنین کلیه مناطق آلتراسیونی شناسایی شده در فصل چهارم نیز رقومی گشته و به عنوان لایه شاهد دورسنجی جهت تلفیق با لایه‌های دیگر مورد استفاده قرار گرفتند. در شکل (۶-۳) چهار لایه شاهد تهیه شده بمنظور تلفیق با یکدیگر بصورت یکجا نشان داده شده‌اند.

۶-۲-۳- نتایج آزمون اول استقلال شرطی

همانطور که در بخش (۶-۱-۳) نیز اشاره شد، دو آزمون جهت سنجش استقلال شرطی نتایج مدل‌سازی به روش وزن‌های نشانگر ارائه گشته است. در بخش مذکور گفته شد که آزمون اول قبل از انجام عمل تلفیق و آزمون دوم بعد از مدل‌سازی و تهیه نقشه متأخر بایستی اجرا گردند. بنابراین در این بخش نتایج آزمون اول که نشان‌دهنده وجود استقلال شرطی مابین ۴ نقشه شاهد تولیدی می‌باشد در جدول (۶-۵) گردآورده شده است. همچنین نتایج آزمون دوم نیز بعد از تهیه نقشه متأخر حاصل از ترکیب لایه‌های شاهد در بخش جداگانه‌ای ارائه خواهد شد. نتایج بدست آمده حاکی از وجود استقلال شرطی مابین نقشه‌های نشانگر می‌باشند چراکه مقادیر χ^2 محاسبه شده برای کلیه جفت نقشه‌های نشانگر از عدد ۳/۸۴ که برابر با مقدار بحرانی χ^2 در سطح اطمینان ۹۵٪ است، کمتر می‌باشند و لذا فرض استقلال شرطی پذیرفته است.



شکل (۶-۳) - نقشه‌های شاهد تهیه شده جهت تلفیق توسط متد وزن‌های نشانگر

جدول (۵-۶) - مقادیر χ^2 محاسبه شده برای جفت نقشه‌های شاهد

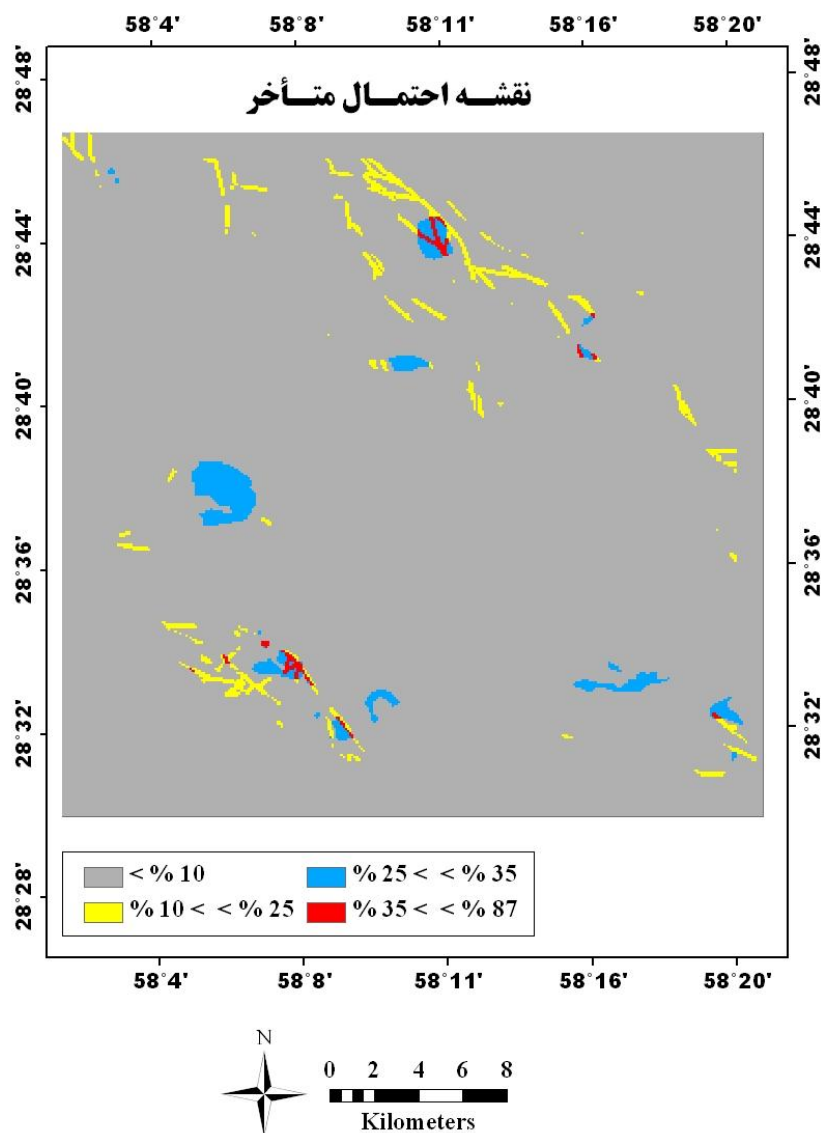
واحد‌های زمین‌شناسی	گسل	ژئوشیمی	دورسنجی
۱/۸۸	۰/۳۸	۰/۶۵	۱/۸۸
گسل		۱/۱۹	۰/۱۸
ژئوشیمی			۰/۷۱

۴-۲-۶ - تلفیق نقشه‌های شاهد و تهیه نقشه پتانسیل مطلوب با استفاده از متد وزنهای نشانگر

نتایج تلفیق نقشه‌های شاهد تولیدی توسط مدل وزنهای نشانگر در این بخش ارائه شده است. جهت انجام عملیات تلفیق، ۴ نقشه شاهد تولید شده یعنی نقشه‌های شاهد زمین‌شناسی، گسلها، دورسنجی و ژئوشیمی وزن‌دار شده و در ادامه با یکدیگر تلفیق شده و نقشه متأخر نهایی بدست آمد. لازم به ذکر است که کلیه محاسبات مربوط به وزن‌دار نمودن لایه‌های نشانگر و تولید نقشه مطلوب نهایی با استفاده از روابط جدول (۲-۶) و در محیط نرم افزار Microsoft Office Excel 2003 انجام گرفتند. همچنین بمنظور اختصاص اوزان محاسبه شده به نقشه‌های مربوطه و اجرای گرافیکی روابط موردنیاز، نرم‌افزار ArcGIS 9.2 مورد استفاده قرار گرفت. اوزان محاسبه شده برای لایه‌های شاهد و نقشه پتانسیل مطلوب نهایی به ترتیب در جدول (۶-۶) گردآوری شده و در شکل (۴-۶) به نمایش در آمده‌اند.

جدول (۶-۶) - اوزان مثبت و منفی محاسبه شده برای ۴ لایه شاهد با استفاده از روابط جدول (۲-۶)

نقشه شاهد	مساحت (Km2)	تعداد اندیس‌های موجود در واحد	W+	W-	(C) کنتراست	(Sig C)
زمین‌شناسی	۲۴/۸۶۰	۳	۱/۹۹۰	-۰/۱۵۹	۲/۱۴۹	۳/۲۱۶
گسل	۱۵۰/۹۵۶	۵	۰/۶۰۳	-۰/۱۶۰	۰/۷۶۳	۱/۴۲۹
دورسنجی	۸۴/۹۵۳	۸	۱/۷۱۳	-۰/۵۰۴	۲/۲۱۷	۴/۵۳۳
ژئوشیمی	۴۷/۳۶۰	۴	۱/۵۹۳	-۰/۲۰۵	۱/۷۹۸	۳/۰۵۹



شکل (۴-۶)- نقشه پتانسیل مطلوب (نقشه احتمال متأخر)

۵-۲-۶- نتایج آزمون دوم استقلال شرطی

همانطور که در بخش (۳-۱-۶) نیز اشاره شد زمانی آزمون دوم استقلال شرطی مورد قبول خواهد بود که اختلاف موجود مابین تعداد ذخایر پیش‌بینی شده توسط روش وزن‌های نشانگر و ذخایر مشاهده شده موجود در منطقه کمتر از (۱۵ - ۱۰) درصد باشد. بدین منظور جهت انجام این آزمون، ابتدا تعداد اندیس‌های پیش‌بینی شده با استفاده از رابطه (۲۳-۶) محاسبه گشتند. نتایج حاصله نشان‌دهنده وجود اختلاف ۵/۲۸٪ مابین تعداد ذخایر مشاهده‌ای (۱۸ ذخیره) و پیش‌بینی شده

(۱۸/۹۵ ذخیره) می‌باشند و لذا آزمون دوم استقلال شرطی نیز مورد قبول می‌باشد. جدول (۶-۷) نحوه محاسبه تعداد ذخایر پیش‌بینی شده را نشان می‌دهد.

جدول (۶-۷) - نتایج آزمون دوم استقلال شرطی (ستون چهارم حاصل ضرب ۳ ستون اول می‌باشد)

تعداد ذخایر پیش‌بینی شده	مساحت هر پیکسل (Km^2)	تعداد پیکسل‌ها	مقادیر احتمال در نقشه متأخر
۴/۹۶	۰/۰۱	۷۰۹۱۵	۰/۰۰۷
۱/۸۴	۰/۰۱	۱۳۱۸۳	۰/۰۱۴
۰/۹۷	۰/۰۱	۲۴۹۳	۰/۰۳۹
۰/۷۹	۰/۰۱	۱۴۴۰	۰/۰۵۵
۳/۵۴	۰/۰۱	۶۱۱۳	۰/۰۵۸
۰/۱۹	۰/۰۱	۲۳۸	۰/۰۷۹
۰/۴۵	۰/۰۱	۴۱۲	۰/۱۱۰
۱/۳۴	۰/۰۱	۱۱۱۶	۰/۱۲۰
۰/۷۴	۰/۰۱	۲۸۴	۰/۲۶۰
۲/۲۹	۰/۰۱	۸۴۸	۰/۲۷۰
۰/۹	۰/۰۱	۲۶۱	۰/۳۴۵
۰/۱۹	۰/۰۱	۴۴	۰/۴۲۵
۰/۴۹	۰/۰۱	۱۱۱	۰/۴۴۰
۰/۱۹	۰/۰۱	۳۶	۰/۵۳۰
۰/۰۲	۰/۰۱	۳	۰/۷۶۰
۰/۰۵	۰/۰۱	۶	۰/۸۷۰
۱۸/۹۵	-	۹۷۵۰۳	مجموع

۶-۲-۶- نتیجه‌گیری

نقشه پتانسیل مطلوب برای ذخایر مس پورفیری با استفاده از متد وزن‌های نشانگر تهیه گشت. بدین منظور نخست چهار لایه شاهد واحدهای زمین‌شناسی، گسل‌ها، آنومالی‌های ژئوشیمیایی و مناطق آلتراسیونی در نتیجه پردازش داده‌های اکتشافی موجود، تهیه شده و در ادامه اولین آزمون استقلال شرطی بر روی جفت نقشه‌های نشانگر اعمال شد. پس از مثبت بودن نتایج این آزمون، لایه‌های نشانگر توسط متد وزن‌های نشانگر وزن‌دهی شده و با یکدیگر تلفیق گشتند. نتیجه تلفیق چهار لایه شاهد مذکور، نقشه پتانسیل مطلوب نشان داده شده در شکل (۶-۴) می‌باشد که مناطق

مختلف آن از لحاظ احتمال رخداد ذخایر مس پورفیری طبقه‌بندی شده است. بر اساس این نقشه مناطقی که احتمال کانی‌زایی در آنها بیشتر از ۲۵٪ بوده و در شکل با رنگ‌های آبی و قرمز دیده می‌شوند، می‌توانند جهت اکتشافات تفصیلی‌تر معرفی گردند. مناطق مذکور با داشتن وسعتی برابر با ۱۶ کیلومتر مربع، در حدود ۲٪ از کل منطقه تحت مطالعه را پوشش می‌دهند. اجرای آزمون دوم استقلال شرطی نیز پس از تهیه نقشه پتانسیل مطلوب انجام پذیرفت که با نتایج قابل قبولی همراه شد.

فصل هفتم :

تلفیق لایه های اکثانی و تهیه نقشه پتانسیل

مطلوب به روش منطق فازی

۷-۱- آشنایی با روش منطق فازی

بر اساس تئوری مجموعه فازی^۱، بازه‌ای از مقادیر مابین صفر و یک می‌توانند برای بیان درجه یا میزان ارزش اعضای یک مجموعه بکار روند [Novriadi, 2006] بطوریکه مقدار صفر به معنای عدم عضویت کامل و در مقابل مقدار یک به معنای عضویت کامل اعضای مجموعه می‌باشد. به همین ترتیب دیگر اعضای مجموعه نیز می‌توانند مقادیری را بین صفر تا یک و بر اساس درجه قطعیت عضویشان^۲ به مجموعه، به خود اختصاص دهند، لذا مقادیر عضویت گنگ بایستی در محدوده (۰,۱) باشند اما هیچ مانع و محدودیتی در رابطه با انتخاب مقادیر عضویت گنگ وجود نداشته و مقادیر مذکور تنها برای انعکاس میزان عضویت اعضای یک مجموعه و بر اساس قضاوت ذهنی^۳ کارشناس انتخاب می‌گردند. پس می‌توان گفت در بحث اکتشافات معدنی، مقادیر عضویت برای نشان دادن اهمیت نسبی هر نقشه و همچنین اهمیت نسبی هر کلاس از یک نقشه منفرد بکار می‌روند. مقادیر اختصاص یافته به هر عضو یک مجموعه را توابع عضویت^۴ فازی مشخص می‌نمایند. شکل توابع مذکور لزوماً خطی نبوده و می‌توانند هر شکل تجزیه‌ای یا اختیاری را متناسب با مشکل موردنظر به خود بگیرند [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

لایه‌های تولید شده اکتشافی در GIS (مشابه با لایه‌های نشانگر در فصل قبل)، در بخش تئوری فازی در نقش مجموعه‌های فازی ظاهر شده و توسط عملگرهای فازی با یکدیگر ترکیب می‌گردند. در بخش بعدی به این موضوع پرداخته شده است.

1- Fuzzy set theory

2- Degree of certainty of membership

3- Subjective

4- Membership function

۷-۱-۱- تلفیق توابع عضویت گنگ

با در دست داشتن دو یا چند نقشه با توابع عضویت گنگ، عملگرهای متنوعی را می‌توان برای ترکیب نمودن مقادیر عضویت بکار گرفت. برای مثال زیمرمان^۱ (۱۹۸۵) درباره قوانین مختلف ترکیب بحث کرده است. آن و همکاران^۲ (۱۹۹۱) نیز درباره ۵ عملگری که برای ترکیب مجموعه داده‌های اکتشافی سودمند می‌باشند صحبت کرده است. روش کار این عملگرها به شرح زیر می‌باشد [بونهام-کارتز، ۱۳۷۹]:

۱- عملگر گنگ AND

این عملگر از عبارت زیر برای انجام عمل تلفیق استفاده می‌نماید:

$$\mu_{Combine} = \text{Min}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad \text{رابطه (۷-۱)}$$

در رابطه فوق μ_A, μ_B, μ_C و ... به ترتیب عبارت هستند از مقادیر عضویت گنگ برای نقشه‌های A، B، C و ... در یک موقعیت بخصوص از هر نقشه. واضح است که تأثیر این قانون منجر به تولید نقشه خروجی با کوچکترین مقدار عضویت گنگ در هر موقعیت می‌گردد، به عبارتی دیگر استفاده از این عملگر با تمایل به ایجاد مقادیر کوچک به پدید آمدن تخمینی محافظه کارانه کمک خواهد نمود. عملگر گنگ AND در شرایطی که دو یا چند قسمت از مدارک یا شواهد برای اثبات فرضیه‌ای بایستی با هم وجود داشته باشند کارایی داشته و مورد استفاده قرار می‌گیرد [بونهام-کارتز، ۱۳۷۹].

۲- عملگر گنگ OR

عملگر گنگ OR به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{Combine} = \text{Max}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots) \quad \text{رابطه (۷-۲)}$$

1- Zimmermann
2- An et al

در رابطه فوق μ_A, μ_B, μ_C و ... به ترتیب عبارت هستند از مقادیر عضویت گنگ برای نقشه‌های A, B, C و ... در یک موقعیت بخصوص از هر نقشه. در نتیجه استفاده از این عملگر، مقادیر عضویت خروجی توسط مقدارهای حداکثر عضویت گنگ نقشه‌ها در هر موقعیت کنترل می‌شوند. با استفاده از این عملگر مقدار عضویت ترکیب شده در هر محل تنها توسط مناسب‌ترین نقشه‌های نشانگر محدود می‌شوند.

در برخی موارد عملگر ترکیبی گنگ OR می‌تواند برای تهیه نقشه‌های پتانسیل معدنی مورد استفاده قرار بگیرد یعنی در جاهایی که شاخص‌های موردنظر کانی زایی کمیاب بوده و حضور هر نشانگر مثبت می‌تواند برای اظهار مطلوبیت مفید و کافی باشد [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

۳- ضرب جبری گنگ^۱

نتیجه عمل تلفیق توسط دو عملگر معرفی شده در دو قسمت قبلی فقط متأثر از یکی از نقشه‌های مورد استفاده برای انجام عمل تلفیق می‌باشند، درحالی‌که عملگرهایی که از این بخش به بعد معرفی خواهند شد، اثرات کلیه شواهد بکار رفته برای تلفیق را در نظر گرفته و نقشه خروجی مختلط^۲ تولید می‌نمایند.

حاصلضرب جبری گنگ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{Combine} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad \text{رابطه (۷-۳)}$$

در رابطه مذکور μ_i تابع عضویت گنگ برای i امین نقشه و $i = 1, 2, 3, \dots, n$ تعداد نقشه‌هایی است که قرار است با یکدیگر ترکیب گردند. مقدارهای عضویت گنگ ترکیب شده با این عملگر به مقادیر بسیار کوچک میل نموده و خروجی همواره کوچکتر یا مساوی کوچکترین مقدار عضویت خواهد بود. پس می‌توان گفت عملگر مذکور از اثری کاهشی^۳ برخوردار میباشد [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

1- Fuzzy algebraic product

2- Blended

3- Decreasing effect

۴- جمع جبری گنگ^۱

این عملگر مکمل حاصلضرب جبری گنگ بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{Combine} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad \text{رابطه (۴-۷)}$$

بر خلاف حاصلضرب جبری گنگ که از اثری کاهشی برخوردار بود، این عملگر دارای اثر افزایشی^۲ بوده و نتیجه آن همیشه بزرگتر یا مساوی بزرگترین مقدار عضویت گنگ خواهد بود، بدین ترتیب که دو قسمت از شواهد که هر دو تأیید کننده فرضیه واحدی می‌باشند، یکدیگر را تقویت می‌نمایند. بایستی توجه داشت اگرچه حاصل ضرب جبری گنگ واقعاً عمل ضرب جبری می‌باشد ولی در مقابل جمع جبری گنگ یک جمع جبری نخواهد بود [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

۴- عملگر گاما

عملگر گاما برحسب دو عملگر اخیر معرفی شده یعنی ضرب و جمع جبری گنگ بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\mu_{Combine} = \left(\prod_{i=1}^n \mu_i^{1-\gamma} \right) \times \left(1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)^\gamma \right) \quad \text{رابطه (۵-۷)}$$

در عبارت مذکور γ پارامتری در محدوده (۰, ۱) است. در صورتی که مقدار γ برابر با یک انتخاب گردد نتیجه ترکیب، همان جمع جبری گنگ و در صورتی که صفر باشد حاصل، ضرب جبری گنگ خواهد بود. بی‌شک انتخاب صحیح و آگاهانه γ مقادیری در خروجی به وجود خواهند آورد که یک سازگاری قابل انعطافی مابین گرایشات افزایشی جمع جبری گنگ و اثرات کاهشی حاصل ضرب جبری گنگ ایجاد گردد. تأثیر انتخاب مقادیر مختلفی برای γ در شکل (۱-۷) نشان داده شده است. در این نمودار اثر نوسانات γ برای دو مقدار $\mu_A = ۰/۷۵$ و $\mu_B = ۰/۵$ نشان داده شده است بطوریکه

1- Fuzzy algebraic sum
2- Increasive effect

حاصل ترکیب μ_A و μ_B وقتی γ برابر با صفر است همان حاصل ضرب جبری گنگ و زمانی که مقدار آن یک می‌باشد برابر با جمع جبری گنگ می‌باشد. حال وقتی $0/8 < \gamma < 1$ است، حاصل ترکیب از بزرگترین مقدار عضویت ورودی ($0/75$) بزرگتر بوده بنابراین اثری افزایشی دارد ولی زمانی که $0/35 < \gamma < 0$ می‌باشد نتیجه عمل ترکیب از کوچکترین مقدار عضویت ورودی ($0/5$) کوچکتر بوده و در نتیجه اثر کاهنده خواهد داشت و در نهایت وقتی که $0/8 < \gamma < 0/35$ می‌باشد نتیجه ترکیب نه افزایشی و نه کاهشی بوده بلکه مقداری مابین مقادیر عضویت ورودی ($0/75$ و $0/5$) خواهد داشت.

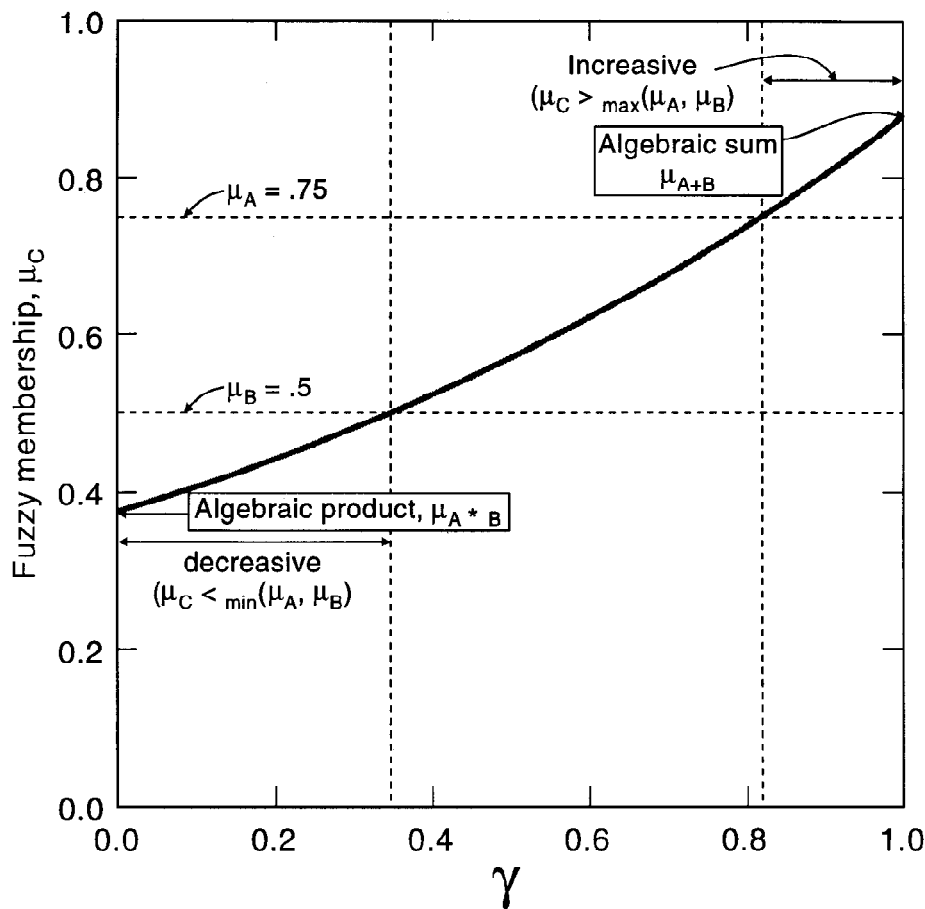
آن و همکاران (۱۹۹۱) از $\gamma = 0/975$ برای ترکیب مجموعه داده‌های ژئوفیزیکی و زمین‌شناسی برای آهن و نهشته‌های فلزی کم بها در مانی‌توبا^۱ استفاده کردند زیرا ظاهراً اثرات افزایشی مقادیر بزرگ γ ، تصمیم‌گیری ذهنی مهندسان اکتشافی را به بهترین وجه ممکنه منعکس می‌نمایند [بونهام-کارتر، ۱۳۷۹].

۷-۲- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب مس پورفیری برای منطقه جبال بارز

۷-۲-۱- نحوه کلاس‌بندی لایه‌های مورد استفاده جهت تلفیق و امتیازدهی به هر کلاس

بمنظور تهیه نقشه پتانسیل مطلوب به کمک روش فازی از ۳ لایه دورسنجی، آنومالی‌های ژئوشیمیایی و گسل‌ها به شرح زیر استفاده شد:

۱- برای طبقه‌بندی لایه دورسنجی، از نوع آلتراسیون‌های شناسایی شده در منطقه استفاده شد. بدین شکل که ۴ کلاس بصورت مناطق آلتراسیونی فیلیکی، مناطق آرژیلیکی، مناطق دارای اکسیدهای آهن و همچنین مناطقی که از حضور توأمان کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن بهره می‌برند، جداگانه رقومی گشته و در ادامه بر مبنای ارزش یا میزان اهمیت‌شان، تحت امتیازدهی فازی قرار گرفتند.



شکل (۷-۱) - نمودار عضویت گنگ، μ_C حاصل ترکیب دو عضویت گنگ μ_A و μ_B به ازای مقادیر مختلف γ می‌باشد.

۲- لایه مربوط به آنومالی‌های ژئوشیمیایی نیز بر اساس نتایج حاصله در بخش‌های (۴-۳-۵) و (۵-۳-۵) به ۳ کلاس تقسیم شدند با این توضیح که آنومالی‌هایی که بر اساس مطالعه حوزه بالادست نمونه‌های آنومال شناسایی شده بودند، اولین کلاس را تشکیل داده و به دلیل اینکه در انتخاب آنها مطالعات دقیق‌تری انجام گرفته بود، بالاترین امتیاز یعنی ۰/۷۵ را بخود اختصاص دادند. مناطق شماره ۴ و ۶ شناسایی شده توسط روش زونالیت به عنوان کلاسهای دوم و سوم شناخته شده و با توجه به مقادیر شاخص‌های زونالیت محاسبه گشته برای نواحی مذکور، بترتیب مقادیر ۰/۵ برای منطقه ۴ با شاخص زونالیت بزرگتر و ۰/۴ برای منطقه ۶ با شاخص زونالیت کوچکتر اختصاص یافت. پس از

امتیازدهی، ۳ کلاس مذکور با اعمال عملگر فازی OR، با یکدیگر ترکیب شده و آماده تلفیق با لایه‌های دیگر گشتند.

۳- محدوده‌های ۱ کیلومتری از اطراف گسل‌های اصلی منطقه نیز با بافرزنی به فواصل ۲۰۰ متر به ۵ کلاس تقسیم شده و در ادامه با امتیازدهی خطی، لایه گسل‌ها نیز ساخته شد. در جداول (۱-۷) تا (۳-۷) و شکل (۲-۷)، نحوه امتیاز دهی به لایه‌های مذکور نشان داده شده است.

جدول (۱-۷) - نحوه امتیازدهی فازی به نقشه آنومالی‌های ژئوشیمیایی

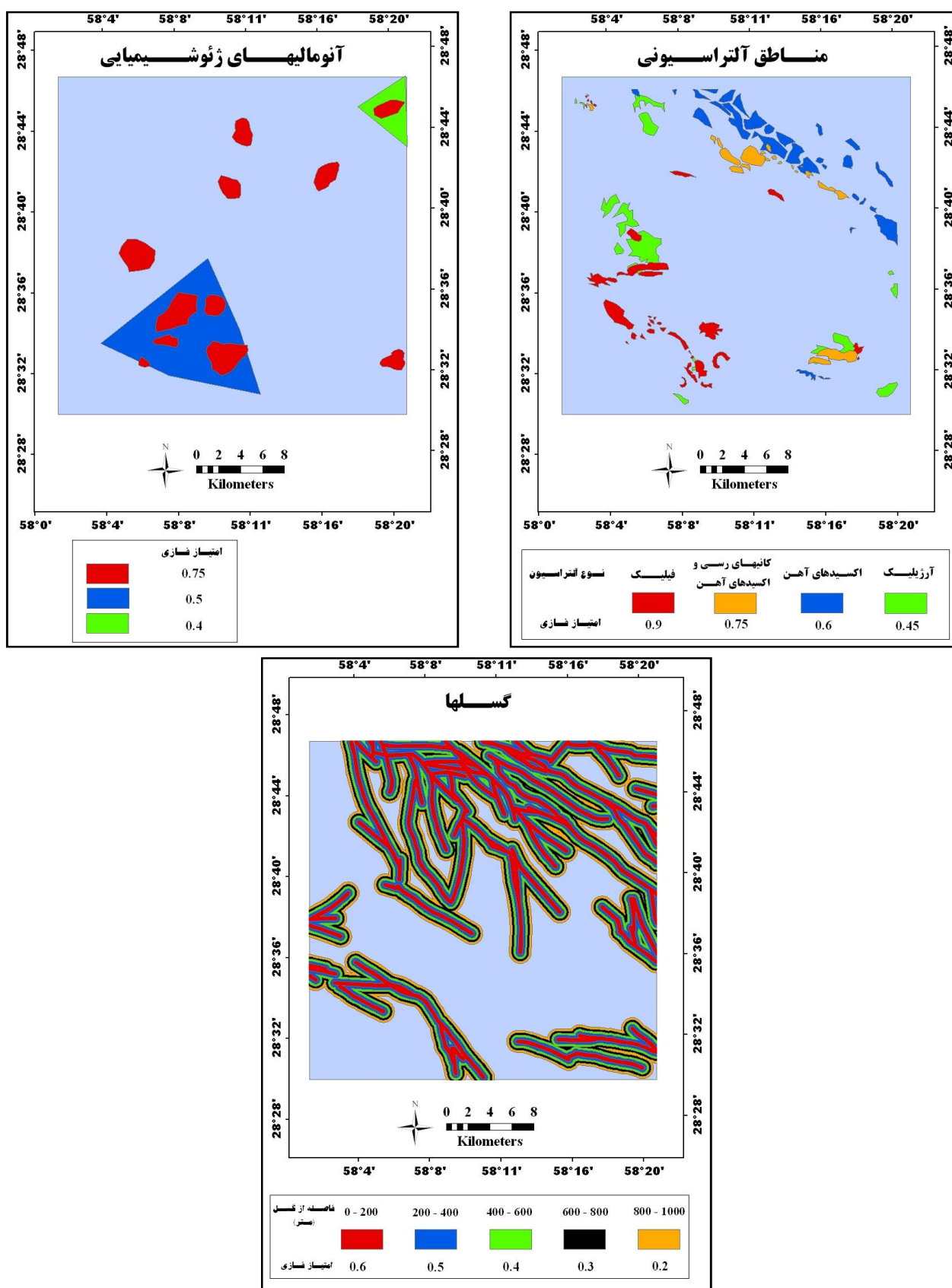
امتیاز فازی	آنومالی‌های ژئوشیمیایی
۰/۷۵	شناسایی شده با مطالعه حوزه بالادست نمونه‌های آنومال
۰/۵	شناسایی شده به روش زونالیت (با شاخص زونالیت بزرگتر)
۰/۴	شناسایی شده به روش زونالیت (با شاخص زونالیت کوچکتر)

جدول (۲-۷) - نحوه امتیازدهی فازی به نقشه مناطق آلتراسیونی

امتیاز فازی	دورسنجی
۰/۹	فیلک
۰/۷۵	کانیهای رسی و اکسیدهای آهن
۰/۶	اکسیدهای آهن
۰/۴۵	آرژیلیک

جدول (۳-۷) - نحوه امتیازدهی فازی به نقشه گسل‌ها

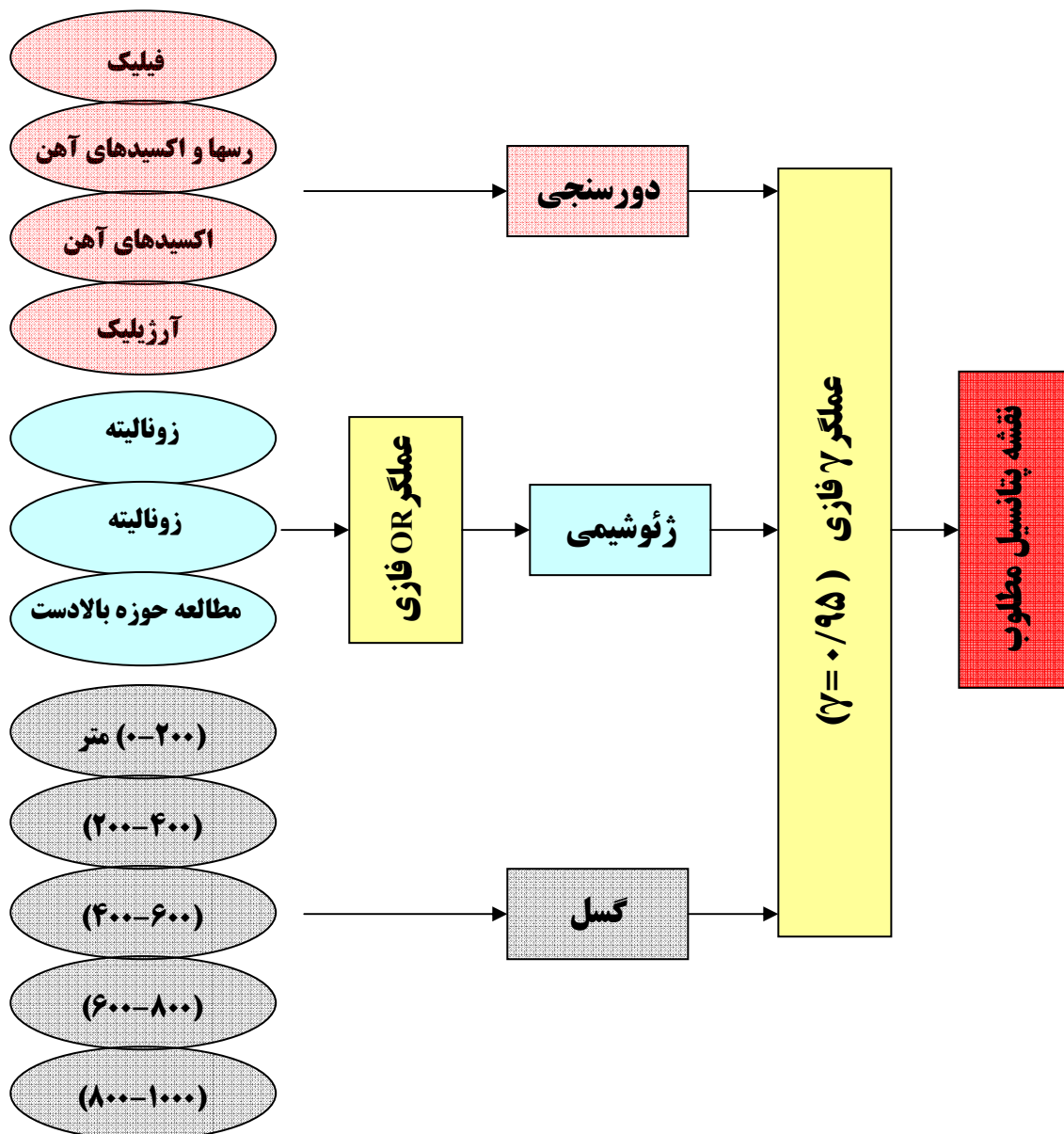
امتیاز فازی	گسل (متر)
۰/۶	۰-۲۰۰
۰/۵	۲۰۰-۴۰۰
۰/۴	۴۰۰-۶۰۰
۰/۳	۶۰۰-۸۰۰
۰/۲	۸۰۰-۱۰۰۰



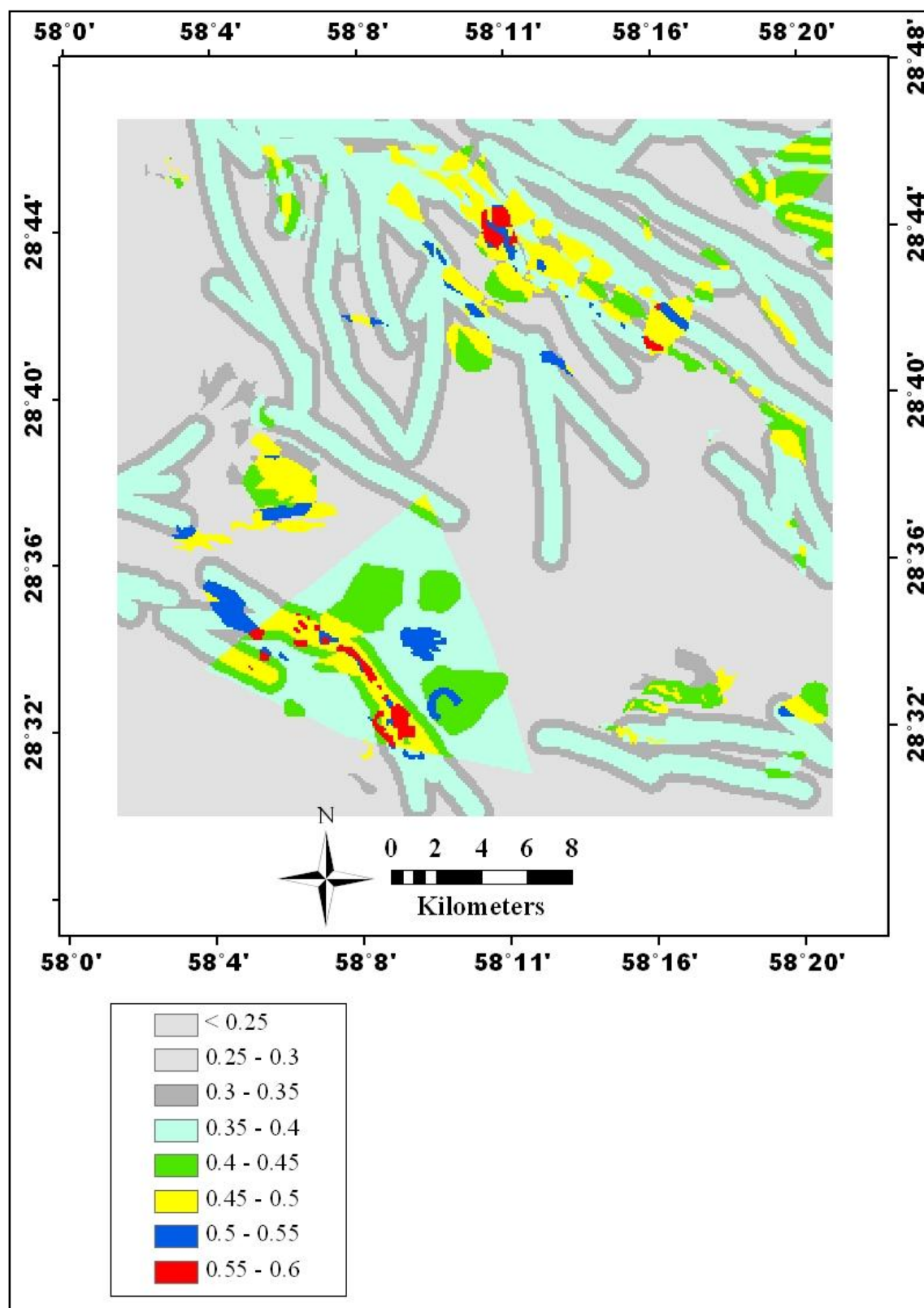
شکل (۷-۲) - نحوه کلاس بندی و امتیازدهی فازی به نقشه‌های دورسنجی، آنومالی‌های ژئوشیمیایی و گسل‌ها

۲-۲-۷- تلفیق لایه‌های امتیاز بندی شده جهت تهیه نقشه پتانسیل مطلوب

پس از امتیازدهی به نقشه‌های تلفیقی، لایه‌های مذکور توسط عملگر گامای فازی با در نظر گرفتن $\gamma = 0/95$ تلفیق شدند (شکل ۳-۷). کلیه مراحل انجام کار اعم از تولید نقشه‌ها، امتیاز دهی به آنها و در نهایت تلفیق لایه‌ها به کمک نرم افزار ArcGIS 9.2 و در محیط این نرم افزار انجام پذیرفت. در شکل (۴-۷) نقشه پتانسیل مطلوب حاصل از تلفیق آورده شده است.



شکل (۳-۷) - فلوچارت تلفیق لایه‌های اکتشافی برای تهیه نقشه نهایی



شکل (۷-۴) - نقشه پتانسیل مطلوب

۷-۳- نتیجه‌گیری

روش منطق فازی یکی از روش‌های بر پایه دانش کارشناسی می‌باشد که در این فصل جهت تلفیق داده‌های اکتشافی بکار گرفته شد. مزیت روش منطق فازی نسبت به وزن‌های نشانگر را می‌توان در مقید نبودن آن به استفاده از نقشه‌های دوتایی دانست. امتیاز مذکور این فرصت را برای روش منطق فازی فراهم می‌آورد تا بتواند خود را با ماهیت طبیعی چند کلاسی بودن داده‌های مکانی سازگار نماید. بر این اساس برای منطقه تحت مطالعه نیز امتیازات فازی برای کلاس‌های مختلف لایه‌های اکتشافی و بر اساس ارزش هر کلاس داده شد. در نهایت با تلفیق داده‌ها توسط مدل منطق فازی، نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر مس پورفیری بدست آمد. مقایسه نقشه پتانسیل مطلوب حاصله از روش منطق فازی با نقشه بدست آمده از روش وزن‌های نشانگر حاکی از شناسایی مناطق یکسانی توسط هر دو روش به عنوان مناطق پتانسیل‌دار می‌باشد.

فصل هشتم

نتیجه گیری

۸-۱- نتیجه‌گیری

مطالعات اکتشافی جهت پی‌جویی مناطق مستعد کانی‌زایی از لحاظ وجود ذخایر مس پورفیری در برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز با استفاده از تلفیق داده‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمیایی و دورسنجی در محیط GIS انجام گرفت. جهت تلفیق داده‌ها از روشهای وزنهای نشانگر و منطق فازی استفاده شد که به منظور احراز آزمونهای استقلال شرطی، عمل تلفیق تنها برای محدوده‌ای از برگه جبال بارز انجام پذیرفت که منطبق بر محدوده تصاویر ماهواره‌ای منطقه بود. قبل از انجام تلفیق، پردازش داده‌های ژئوشیمیایی و دورسنجی انجام گرفت که نتایج حاصله همراه با مطالعات صورت گرفته بر روی داده‌های زمین‌شناسی، برای تولید لایه‌ها و نقشه‌های مورد نیاز جهت انجام تلفیق در محیط GIS، بکار گرفته شدند. پس از مدل‌سازی و تلفیق داده‌ها، نقشه پتانسیل مطلوب توسط هر دو روش تلفیق‌گر وزنهای نشانگر و منطق فازی تهیه گشتند. با توجه به شکل (۸-۱) مشاهده می‌شود که نتایج هر دو روش مذکور بسیار مشابه هم بوده و هر دو تقریباً مناطق یکسانی را به عنوان مناطق مستعد کانی‌زایی معرفی نموده‌اند.

با توجه به هر دو نقشه پتانسیل مطلوب بدست آمده که در شکل (۸-۱) نمایش داده شده‌اند، دو منطقه A و B جهت انجام مطالعات تفصیلی‌تر معرفی می‌گردند. بمنظور برطرف ساختن محدودیت روش وزنهای نشانگر (اشاره شده در بخش ۶-۱-۳)، نتایج حاصله از روش‌های وزنهای نشانگر و منطق فازی با نتایج روش سنتی زونالیت تلفیق گشتند. بر این اساس، منطقه A بدلیل قرارگیری در یکی از نواحی شناسایی شده توسط روش زونالیت ژئوشیمیایی نسبت به منطقه B از اعتبار بیشتری

برخوردار می‌باشد. بدین ترتیب با تلفیق نتایج روشهای مدرن وزن‌های نشانگر و سنتی زونالیت‌ه ژئوشیمیایی علاوه بر غلبه بر محدودیت روش‌های مدرن،

امکان اولویت بندی اکتشافی بین دو منطقه مستعد شناسایی شده نیز فراهم گشت. در نتیجه منطقه A به عنوان اولویت اکتشافی اول معرفی گشته و منطقه B نیز در اولویت بعدی قرار می‌گیرد.

اولویت اول اکتشافی (منطقه A):

این منطقه در کنار روستای کرور در نزدیکی مرز جنوبی ورقه قرار گرفته است و سنگهای ولکانیکی ائوسن مشتمل بر توف‌های سبز مایل به خاکستری و آندزیت‌های پورفیری با درشت بلورهایی از پلاژیوکلازها آن را پوشش می‌دهند. توده بزرگ گرانودیوریتی جبال بارز نیز در این منطقه رخنمون دارد. دگرسانی‌های قابل مشاهده در این منطقه، دگرسانی‌های سیلیسی، آرژیلیکی، سریسیتی، لیمونیتی، پیریتی، کلریتی و اپیدوتی می‌باشند. کانه‌زایی در منطقه شامل کانی‌هایی چون پیریت و کالکوپیریت در رگچه‌های سیلیسی است. همچنین در درزه‌ها و شکستگی‌های این منطقه، کانه‌های ثانویه مس مانند مالاکیت، آزوریت و گاه کالکوسیت به وفور به چشم می‌خورند.

اولویت دوم اکتشافی (منطقه B):

این محدوده در بخش مرکزی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز و در حدود ۴۵ کیلومتری شهر سبزواران و ۴۲ کیلومتری جنوب بم قرار گرفته است. از دیدگاه زمین شناختی شامل سنگ‌های رسوبی-ولکانیکی وابسته به ائوسن است که توسط استوک‌های گرانودیوریتی، دیوریتی و دیوریت پورفیری بریده شده‌اند.

۸-۲- اعتبارسنجی نتایج

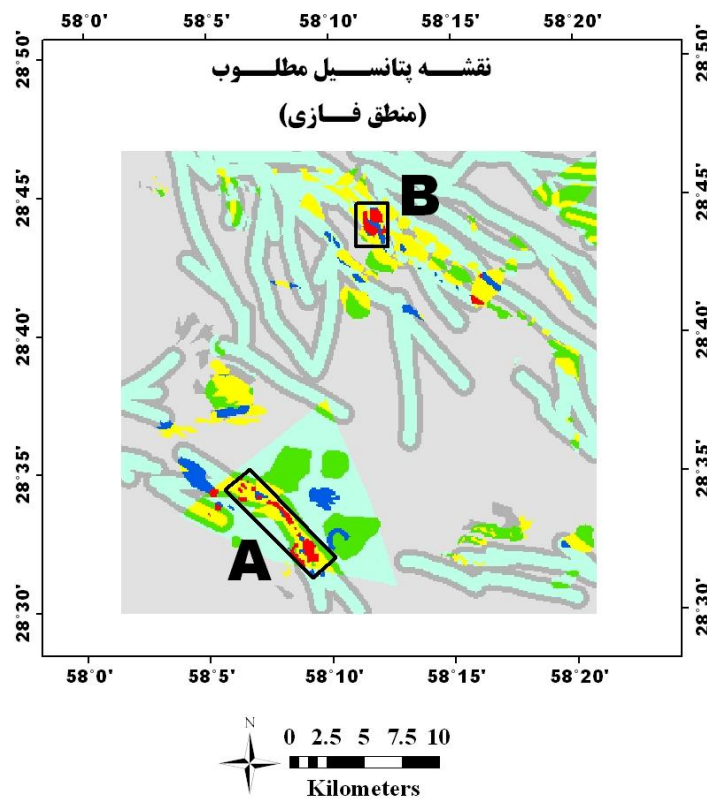
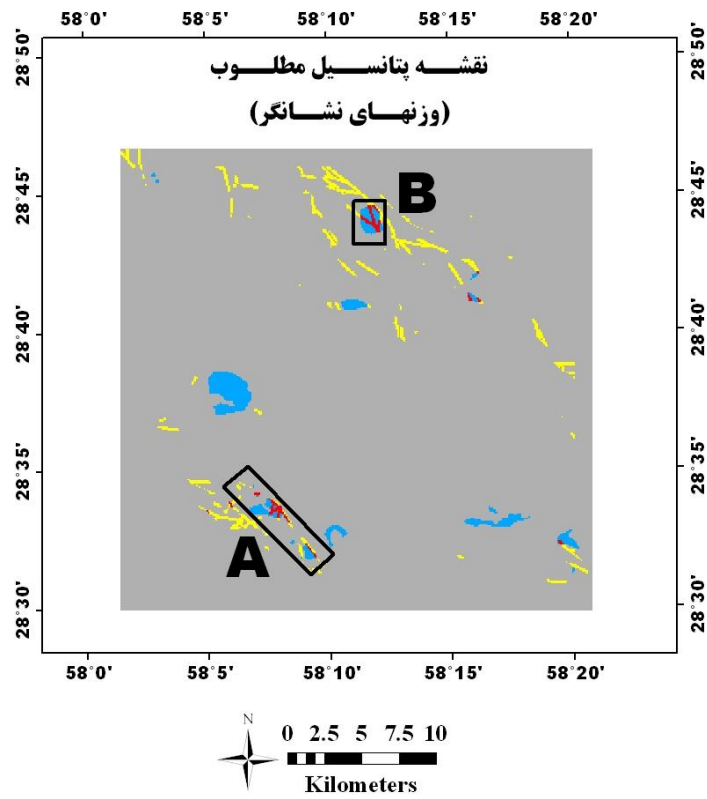
از میان دو منطقه شناسایی به عنوان مناطق پتانسیل‌دار، منطقه‌ای که بر اساس تلفیق نتایج روشهای نوین وزن‌های نشانگر و فازی با نتایج روش سنتی زونالیت‌ه به عنوان اولویت اول اکتشافی معرفی شد، هم اکنون به عنوان یکی از مناطق بسیار مستعد مورد توجه سازمان زمین‌شناسی و

اکتشافات معدنی کشور قرار گرفته است. این سازمان در اکتشافات سطحی اخیر خود در زون‌های بیست‌گانه تحت اکتشاف، در منطقه جبال بارز و ناحیه کرور کرمان به ذخایر مس پورفیری دست پیدا کرده و منطقه مذکور را در اختیار شرکت ملی مس گذارده است. این شرکت نیز حفاری‌هایی در این منطقه انجام داده که نتایج بسیار امیدوارکننده‌ای داشته و عملیات حفاری همچنان ادامه دارد [http://imidro.org/news].

۸-۳- پیشنهادات

در رابطه با اولویت‌های اکتشافی شناسایی شده، انجام مطالعات زیر پیشنهاد می‌گردند:

- ۱- در مناطق مذکور مطالعات اکتشافی تفصیلی و نیمه تفصیلی در مقیاس‌های بزرگتر ۱:۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰ انجام گیرد.
- ۲- مطالعات ژئوشیمیایی به صورت نمونه برداری سنگی با شبکه نمونه برداری متراکم‌تر و همچنین نمونه برداری از کانی‌های سنگین در ۲ منطقه مذکور انجام گیرد.
- ۳- استفاده از روش‌های مختلف ژئوفیزیکی در مناطق امیدبخش معرفی شده نیز می‌تواند سودمند واقع گردد.
- ۴- استفاده از روش‌های تلفیق‌گر دیگری همچون همپوشانی شاخص و شبکه‌های عصبی نیز جهت مقایسه با نتایج روش‌های استفاده شده در این پایان نامه توصیه می‌گردند.



شکل (۸-۱) - مناطق مستعد کانی زایی (A = اولویت اول ، B = اولویت دوم)

منابع و مأخذ

منابع فارسی:

- بلوکی م.، شکوئی ح.، سامانی ب. و نصیری گنجینه کتاب م. (۱۳۸۷) "تفسیر و پردازش داده‌های ماهواره‌ای ASTER و ETM+ بمنظور اکتشاف عناصر فلزی در ناحیه سیه رود آذربایجان شرقی" دومین کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تهران، تهران.
- بونهام-کارتر گ.ا.، (۱۳۷۹) "سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی برای دانش پژوهان علوم زمین، مدل سازی به کمک GIS" ترجمه گروه اطلاعات زمین مرجع سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- تی‌تی‌دژ ا.، (۱۳۸۵) "خود آموز ArcGIS 9.x و مفاهیم پایه GIS" چاپ سوم، انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری شمال پایدار- دانشگاه شمال، آمل.
- حسنی‌پاک ع.ا. و شرف‌الدین م.، (۱۳۸۴) "تحلیل داده‌های اکتشافی" چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- رحیمی م.، (۱۳۸۰)، گزارش اکتشافی: "تهیه نقشه‌های مقدماتی پتانسیل مواد معدنی در گستره ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ جبال بارز با بهره‌گیری از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)" طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی، پروژه اکتشاف سیستماتیک در کمربند ارومیه - دختر، مجری طرح: محمدجواد واعظی پور، مشاور: شرکت توسعه علوم زمین، وزارت صنایع و معادن.
- زنده دل ا.، (۱۳۸۶)، پایان نامه کارشناسی ارشد: "تلفیق داده‌های اکتشافی با استفاده از GIS بمنظور ارزیابی آنومالی‌های طلا دار اندیس گندی در ناحیه معلمان، استان سمنان" دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۷۹)، گزارش اکتشافی: "گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جبال بارز" سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، وزارت صنایع و معادن.
- علوی پناه س.ک.، (۱۳۸۵) "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)" چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- کریم پور م. و ملک زاده آ. و حیدریان م.، (۱۳۸۴)، "اکتشاف ذخایر معدنی، مدل‌های زمین‌شناسی، ژئوشیمی، ماهواره‌ای و ژئوفیزیکی" چاپ اول، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.
- کریم پور م. و سعادت س.، (۱۳۸۱) "زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی" چاپ اول (ویرایش جدید)، مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.
- لگ کریستوفر آ.، (۱۳۸۱) "دورسنجی و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، اکتشاف و معدن" ترجمه دکتر بهروز فرهت چاه، چاپ اول، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.
- مدیری م. و خواجه خ.، (۱۳۸۴) "اشاره‌ای به سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)" چاپ چهارم، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، تهران.
- میذر پل ام.، (۱۳۷۷) "پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور" ترجمه دکتر محمد نجفی دیسفانی، چاپ اول، انتشارات علمی و فرهنگی، تهران.
- نصیری گنجینه کتاب م.، (۱۳۸۲)، سمینار کارشناسی ارشد: "رسوبات آبراهه‌ای به عنوان یک ابزار اکتشافی" دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی سهند.

یوسفی م. و خالوکائی ر.، (۱۳۸۳) "مدلسازی پتانسیل معدنی طلا و فلزات پایه در ناحیه ماهنشان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی" اولین کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

یوسفی م. و خالوکائی ر.، (۱۳۸۵) "کاربرد کامپیوتر در معدن (اکتشاف، استخراج، زمین‌شناسی و نقشه برداری)" چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، تهران.

منابع لاتین:

- Agterberg F.P., Bonham-Carter G.F. and Wright D.F., (1990), Statistical Pattern Integration for Mineral Exploration, pp. 1-21, In: **"Computer Applications in Resource Estimation Prediction and Assessment for Metals and Petroleum"** Gall, Gabor and Merriam F., Daniel F., (eds.), Pergamon Press, Oxford.
- Agterberg F.P. and Cheng Q., (2002) "Conditional Independence Test for Weight of Evidence Modeling" **Natural Resources Research**, Vol. 11, No. 4, pp. 249-255.
- Amera S.A., (2007), PhD Thesis: **"Spectral Remote Sensing of Hydrothermal Alteration associated with Volcanogenic Massive Sulphide Deposits, Gorob-Hope area, Namibia"** International institute for Geo information science and earth observation Enschede, the Netherlands.
- Beus A.A. and Grigorian S.V., (1977) **"Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits"** Applied Publishing Ltd, Wilmette, Illinois, pp. 287.
- Carranza E.J.M. and Hale M., (2002) "Where are porphyry copper deposits spatially localized? a case study in Benguet province, Philippines" **Natural Resources Research**, Vol. 11, No. 1, pp. 45-59.
- Debba P., (2006), PhD Thesis: **"Sampling scheme optimization from hyperspectral data"** International institute for Geo information science and earth observation Enschede, the Netherlands.
- Galvao L.S., Almeida-Filho R. and Vitorello I., (2005) "Spectral discrimination of hydrothermally altered materials using ASTER short-wave infrared bands: Evaluation in a tropical savannah environment" **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Vol. 7, pp. 107-114.

- Grigorian S.V. and Ziaei M., (1997) **"Computing methods for determination of geochemical haloes background"** International Symposium, Proceedings of Applied Geochemistry in CIS. IMGRE, Vol. 7, Moscow.
- Harris J.R., Wilkinson L., Heather K., Fumerton S., Bernier M.A., Ayer J. and Dahn R., (2001) "Application of GIS Processing Techniques for Producing Mineral Prospectivity Maps - A Case Study: Mesothermal Au in the Swayze Greenstone Belt, Ontario, Canada" **Natural Resources Research**, Vol. 10, No. 2, pp. 3-13.
- Karimi M. and Valadan Zoej M.J., (2005) **"Mineral Potential Mapping of Copper Minerals with GIS"** Commission WG, Vol. 4.
- Levinson A.A., (1980) **"Introduction to Exploration Geochemistry"** Applied publishing Ltd, Wilmette, USA, pp. 924.
- Lillesand T.M., Kiefer R.W. and Chipman J.M., (2004) **"Remote Sensing and Image Interpretation"** fifth edition, Wiley and Sons.
- Luo X. and Dimitrakopoulos R., (2002) "Data-driven fuzzy analysis in quantitative mineral resource assessment" **Computers & Geosciences**, Vol. 29, pp. 3-13.
- Moghtaderi A., Moore F. and Mohammadzadeh A. (2006) "The application of advanced space-borne thermal emission and reflection (ASTER) radiometer data in the detection of alteration in the Chadormalu, Bafq region, Central Iran" **Journal of Asian Earth Sciences**, Vol. xx, pp. xxx-xxx.
- Novriadi, Hilman P.M. and Darijanto T., (2006) **"Applying Fuzzy Logic Method in Mineral Potential Mapping for Epithermal Gold Mineralization in the Island Of Flores, East Nusa Tenggara Using Geographical Information Systems (GIS)"** Proceeding of 9th International Symposium on Mineral Exploration, pp. 62-68.
- Ovchinnikov L.N. and Grigorian S.V., (1978) "Geochemical prospecting for ore deposits" **Geology Review**, Vol. 20, No. 12, pp. 44-54.
- Palomera R.P., (2004), M.Sc Thesis: **"Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems for Miineral Predictive Mapping, Deseado Massif, Southern Argentina"** International institute for Geo information science and earth observation Enschede, the Netherlands.
- Porwal A.K., (2006), PhD Thesis: **"Mineral potential mapping with mathematical geological models"** International institute for Geo information science and earth observation Enschede, the Netherlands.

- Rowan L.C., Schmidt R.G. and Mars J.C., (2006) "Distribution of hydrothermally altered rocks un the Reko Diq, Pakistan mineralized area based on spectral analysis of ASTER data" **Remote Sensing of Environment**, Vol. 104, pp. 74-87.
- Sabins F.F., (1999) "Remote sensing for mineral exploration" **Ore Geology Reviews**, Vol. 14, pp. 157-183.
- Solovov A.P., (1987) **"Geochemical Prospecting for Mineral Deposits"** Mir, Moscow, pp. 288.
- Tangestani M.H. and Moore F., (2001) "Porphyry copper potential mapping using the weight-of-evidence model in a GIS, Northern Shahr-e-Babak, Iran" **Australian Journal of Earth Sciences**, Vol. 48, No. 5, pp. 695-702.
- Zhijing W. and Qiuming C., (2006) "GIS-Based (W^+ - W^-) Weight of Evidence Model and Its Application to Gold Resources Assessment in Abitibi, Canada" **Journal of China University of Geosciences**, Vol. 17, No. 1, pp. 71-78.
- Ziaii M., Pouyan A. and Ziaii M., (2009) "A Computational Optimized Extended Model for Mineral Potential Mapping Based on WofE Method" **American Journal of Applied Sciences**, Vol. 6, No. 2, pp. 200-203.