





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده: مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: اکتشاف معدن

عنوان:

ترکیب مدل وزنه‌های نشانگر و زونالیت در محیط GIS برای تهیه نقشه

پتانسیل مطلوب ذخایر طلا در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰: اطهرآباد فردوس

دانشجو: احمد جلایری

استاد راهنما:

دکتر منصور ضیائی

دکتر رضا خالو کاکائی

استاد مشاور: دکتر محمد انصاری

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد

پاییز ۱۳۸۷

دانشکده: مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه: اکتشاف معدن

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/خانم.....

تحت عنوان:

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد (رساله دکتری) 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: |

تقدیم به ...

پدر عزیزم و مادر مهربانم ...

تقدیر و تشکر

اکنون که این پایان نامه به یاری خداوند متعال به پایان رسیده است وظیفه خود می دانم که صمیمانه ترین تشکرات خود را نسبت به تمام کسانی که در طول انجام آن بنده را کمک نموده اند اظهار دارم. از اساتید راهنمای عزیز جناب آقایان دکتر منصور ضیائی و دکتر رضا خالوکاکائی و نیز استاد مشاور جناب آقای دکتر مجید انصاری که از راهنمایی های ارزنده ایشان استفاده نمودم کمال تشکر و امتنان را دارم. از آقایان دکتر کامکار و دکتر صادقیان که زحمت داوری این پایان نامه را کشیده و با توجهات خود بر غنای پایان نامه افزودند متشکرم.

همچنین از دوستان عزیزی که همواره بنده را مورد لطف خود قرار دادند نیز سپاسگزارم. در پایان از پدر و مادر عزیزم که همیشه مشوق من در انجام این پایان نامه و دیگر امور زندگیم بودند کمال تشکر را دارم.

دانشجو تأیید می نماید که مطالب مندرج در این پایان نامه (رساله) نتیجه تحقیقات خودش می باشد و در صورت استفاده از نتایج دیگران مرجع آن را ذکر نموده است.

کلیه حقوق مادی مترتب از نتایج مطالعات، آزمایشات و نوآوری ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

ماه و سال

چکیده

امروزه با وجود فن‌آوری‌های جدید توسعه یافته در تمام علوم از جمله علوم زمین، شاهد تحولاتی در این زمینه هستیم که یکی از این تحولات عظیم استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) است. سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) در رشته‌های زیادی کاربرد پیدا کرده است که یکی از کاربردهای آن در اکتشاف مواد معدنی ترکیب و یکی کردن لایه‌های مختلف به منظور مشخص کردن نقشه پتانسیل‌دار معدنی است. در این پایان‌نامه از سیستم اطلاعات جغرافیائی در تلفیق داده‌های مختلف اکتشافی از جمله زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی و سنجش از دور به منظور پتانسیل‌یابی ذخایر معدنی در منطقه طاهرآباد فردوس استفاده گردید. منطقه مذکور در جنوب غربی استان خراسان رضوی و در حریم شهرستان‌های گناباد و فردوس قرار گرفته است. هدف از مطالعه حاضر شناسایی ذخایر طلا با استفاده از داده‌های متنوعی از قبیل زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، دورسنجی (داده‌های ASTER) و در نهایتاً مشخص نمودن بهترین نواحی امیدبخش به کمک مدل ترکیبی زونالیته-وزن‌های نشانگر (WofE-Zonality) می‌باشد.

به منظور دسترسی به هدف فوق در این تحقیق ابتدا از بررسی‌های دورسنجی و با استفاده از روش‌های پردازش تصاویر، تصاویر سنجنده ASTER، دگرسانی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس با توجه به لایه‌های اطلاعاتی دورسنجی، زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی، با استفاده از روش‌های نشانگر که یکی از روش‌هایی است که در GIS بنا شده است، از ۱۱ اندیس معدنی موجود در طاهرآباد استفاده گردیده

که نتیجه حاصل از این روش نقشه احتمال مطلوب برای کانی‌سازی طلا در ناحیه مورد مطالعه می‌باشد. این نقشه بر اساس کمترین احتمال به بیشترین احتمال تقسیم‌بندی شده است. با توجه به محدودیت‌های مدل ساده وزن‌های نشانگر استفاده از روش زونالیت‌ها که بر پایه روش‌های ژئوشیمیایی سنتی است، برای مشخص نمودن بهترین نواحی امیدبخش انتخاب گردید. در مرحله آخر استفاده از مدل ترکیبی زونالیت‌ها-وزن‌های نشانگر نه تنها محدودیت روش وزن‌های نشانگر را حذف می‌کند، بلکه الگوی تشخیص قوی برای رده‌بندی ارائه نموده که می‌تواند آنومالی‌های ژئوشیمیایی را از نظر سطح فرسایش رده‌بندی نماید. در نقشه حاصله از روش ترکیبی زونالیت‌ها-وزن‌های نشانگر مناطق پتانسیل‌دار در ۳ محدوده قرار گرفته‌اند که منطقه پتانسیل‌دار شمالی در اولویت برای اکتشاف تفصیلی معرفی گردید. ضمناً مشاهدات صحرائی و نمونه برداری از این منطقه نتایج حاصله را تأیید می‌نماید.

واژگان کلیدی:

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سنجش از دور (RS)، داده‌های سنجنده استر، روش زونالیت‌ها-وزن‌های نشانگر، طاهرآباد-فردوس، کانی‌سازی طلا

مقالات مستخرج از پایان‌نامه

۱- مدل بهینه وزن‌های نشانگر و زونالیت‌ها در محیط GIS برای تهیه نقشه پتانسیل مطلوب ذخایر طلا دار ناحیه طاهرآباد فردوس

۲- بارزسازی و تفکیک زونهای دگرسانی طلای هیدروترمال با استفاده از باندهای سنجنده ASTER در برگه ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه طاهرآباد

فصل اول: کلیات

۱

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- مروری بر کارهای گذشته..... ۳
- ۳-۱- تعریف موضوع پایان نامه..... ۴
- ۴-۱- ضرورت انجام تحقیق و اهداف پایان نامه..... ۵
- ۵-۱- سازمان دهی پایان نامه..... ۶

فصل دوم: زمین شناسی منطقه

۷

- ۱-۲- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه..... ۸
- ۲-۲- زمین شناسی منطقه طاهرآباد..... ۸
- ۳-۲- چینه شناسی..... ۱۰
- ۱-۳-۲- پالئوزوئیک..... ۱۰
- ۲-۳-۲- مزوزوئیک..... ۱۳
- ۳-۳-۲- سنوزوئیک..... ۱۴
- ۱-۳-۳-۲- سنگ های آتشفشانی..... ۱۴
- ۲-۳-۳-۲- توده های نفوذی ترشیاری..... ۱۷
- ۴-۳-۲- کواترنر..... ۱۹
- ۴-۲- تکتونیک و زمین شناسی ساختمانی..... ۱۹
- ۵-۲- معادن فعال، اندیس های معدنی و معادن متروکه..... ۲۱

فصل سوم : کلیاتی در مورد GIS و دورسنجی

۲۴

- ۱-۳- مقدمه..... ۲۵
- ۲-۳- GIS چیست؟..... ۲۵
- ۳-۳- مؤلفه ها و اجزاء GIS..... ۲۷
- ۱-۳-۳- سیستم رایانه ای و سخت افزار..... ۲۸
- ۲-۳-۳- داده های مکانی..... ۲۸
- ۱-۲-۳-۳- ساختار داده های رستری..... ۲۹
- ۲-۲-۳-۳- ساختار داده های برداری..... ۳۰
- ۳-۲-۳-۳- مقایسه بردار و رستر..... ۳۲
- ۳-۳-۳- ورودی داده ها..... ۳۲
- ۴-۳-۳- مدیریت داده ها..... ۳۳

| | |
|--|----|
| ۳-۳-۵- پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها..... | ۳۴ |
| ۳-۳-۶- خروجی داده‌ها..... | ۳۴ |
| ۳-۴-۴- منابع اطلاعات جغرافیایی..... | ۳۵ |
| ۳-۴-۱- نقشه..... | ۳۵ |
| ۳-۴-۲- عکس هوایی..... | ۳۵ |
| ۳-۴-۳- تصاویر ماهواره‌ای..... | ۳۵ |
| ۳-۵-۱- روش‌های GIS برای تهیه نقشه پتانسیل دار معدنی..... | ۳۶ |
| ۳-۵-۱- روش وزن‌های نشانگر..... | ۳۸ |
| ۳-۵-۱-۱- فرمول‌بندی احتمالات در روش وزن‌های نشانگر..... | ۴۰ |
| ۳-۵-۱-۲- آزمون‌های استقلال شرطی..... | ۴۴ |
| ۳-۵-۱-۲-۱- آزمون دوبدو..... | ۴۴ |
| ۳-۵-۱-۲-۲- آزمون کلی..... | ۴۵ |
| ۳-۶- مناطق آلتراسیون حاصل از دورسنجی..... | ۴۶ |
| ۳-۶-۱- سنجش از دور | ۴۷ |
| ۳-۶-۱-۱- انرژی الکترومغناطیس..... | ۴۸ |
| ۳-۶-۱-۲- اتمسفر..... | ۴۸ |
| ۳-۶-۱-۲-۱- جذب اتمسفری | ۴۹ |
| ۳-۶-۱-۲-۲- پراکنش اتمسفری..... | ۴۹ |
| ۳-۶-۱-۳- پردازش تصویر..... | ۵۰ |
| ۳-۶-۱-۳-۱- پردازش مقدماتی..... | ۵۰ |
| ۳-۶-۱-۳-۲- بازسازی تصاویر..... | ۵۱ |
| ۳-۶-۲- مهمترین مزایای سنجش از دور..... | ۵۱ |
| ۳-۶-۳- کاربردهای سنجش از دور..... | ۵۲ |
| ۳-۶-۴- پرتوسنج حرارتی تابشی و بازتابشی فضابرد پیشرفته ASTER..... | ۵۲ |

۵۴

فصل چهارم : مقدمه‌ای بر تحلیل داده‌های اکتشافی و زونالیته

| | |
|---|----|
| ۴-۱- مقدمه..... | ۵۵ |
| ۴-۱-۱- مقدمه‌ای بر تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی اکتشافی..... | ۵۵ |
| ۴-۱-۱-۱- نگاشت داده‌ها..... | ۵۷ |
| ۴-۱-۱-۲- کاهش بعد..... | ۵۸ |
| ۴-۱-۲- تشخیص آنومالی پنهان از آنومالی پراکنده(کاذب)..... | ۵۸ |

۶۰..... (سنتی). ۱-۲-۱-۴ روش زونالیته

۶۳ فصل پنجم: استخراج مشخصه های اکتشافی ذخایر طلای منطقه طاهرآباد

۶۴..... ۱-۵-۱ مقدمه

۶۴..... ۱-۱-۵-۱ نقشه ژئوفیزیک هوایی منطقه به روش مغناطیس سنجی

۶۴..... ۱-۱-۱-۵-۱ کاوش های مغناطیسی

۶۵..... ۱-۱-۱-۵-۲ تکنیک های اکتشاف مغناطیسی

۶۷..... ۱-۱-۳-۱ نقشه مغناطیس سنجی منطقه طاهرآباد

۶۸..... ۱-۲-۱-۵ نقشه زمین شناسی منطقه

۷۰..... ۱-۳-۱-۵ نقشه گسل های منطقه

۷۱..... ۱-۴-۱-۵ نقشه مناطق آلتراسیون حاصل از دورسنجی

۷۱..... ۱-۴-۱-۵ تصاویر نسبتی

۷۲..... ۱-۴-۲ تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی به روش کروسا

۷۸ فصل ششم: تهیه نقشه پتانسیل معدنی با روش وزنهای نشانگر و زونالیته

۷۹..... ۱-۶-۱ مقدمه

۷۹..... ۲-۶-۲ تهیه نقشه پتانسیل معدنی با روش وزنهای نشانگر

۷۹..... ۶-۲-۱ تجزیه و تحلیل وزنهای نشانگر بر روی گسل های منطقه

۸۱..... ۶-۲-۲ تجزیه و تحلیل وزنهای نشانگر بر روی مناطق آلتراسیون

۸۲..... ۶-۲-۳ تجزیه و تحلیل وزنهای نشانگر بر روی واحدهای زمین شناسی

۸۴..... ۶-۲-۴ تجزیه و تحلیل وزنهای نشانگر بر روی ژئوفیزیک هوایی

۸۶..... ۶-۲-۵ نقشه پتانسیل نهایی طلای منطقه طاهرآباد

۸۸..... ۳-۶-۳ انتخاب داده ها

۸۹..... ۶-۴-۲ تهیه نقشه پتانسیل معدنی با روش زونالیته

۸۹..... ۶-۴-۱-۱ شرح و کنترل آنومالی های ژئوشیمیایی

۹۲..... ۶-۴-۲ نقشه ژئوشیمیایی منطقه طاهرآباد به روش زونالیته

۹۷..... ۶-۵-۲ تهیه نقشه پتانسیل مطلوب معدنی با روش ترکیبی زونالیته و وزنهای نشانگر

۹۸..... ۶-۶-۱ صحت مناطق امیدبخش به دست آمده

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۱۰۱

۱-۷- نتیجه گیری..... ۱۰۲

۲-۷- پیشنهادات..... ۱۰۴

۱۰۵

فهرست منابع

- شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه طاهرآباد..... ۹
- شکل ۲-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه طاهرآباد..... ۱۱
- شکل ۳-۱- ساختار داده‌های رستری..... ۳۰
- شکل ۳-۲- ساختار داده‌های برداری..... ۳۱
- شکل ۳-۳- ترکیب لایه‌های چندگانه داده‌های علوم زمین..... ۳۷
- شکل ۳-۴- اصول تهیه نقشه پتانسیل‌دار معدنی..... ۳۷
- شکل ۳-۵- محدوده مورد مطالعه (T)..... ۴۰
- شکل ۳-۶- آزمون کلی در استقلال شرطی..... ۴۶
- شکل ۳-۷- انرژی الکترومغناطیس ۴۸
- شکل ۳-۸- اثر پراکنش ری‌لی، طول‌موج‌های کوتاه‌تر بیشتر دچار پراکندگی می‌شوند..... ۴۹
- شکل ۳-۹- پیدایش رنگ قرمز غروب و رنگ آبی آسمان در اثر پراکنش ری‌لی..... ۴۹
- شکل ۳-۱۰- اثر ابر بر روی انرژی الکترومغناطیس و ایجاد پراکنش..... ۵۰
- شکل ۳-۱۱- مقایسه باندهای ASTER, TM..... ۵۳
- شکل ۴-۱- تغییرات میزان فلز در هاله‌های پراکندگی در خاک باقیمانده بر اثر سطح فرسایش خاک..... ۵۹
- شکل ۵-۱- نقشه مغناطیس هوایی منطقه طاهرآباد..... ۶۸
- شکل ۵-۲- نقشه رقومی شده زمین‌شناسی منطقه طاهرآباد..... ۶۹
- شکل ۵-۳- نقشه گسل‌های منطقه طاهرآباد همراه با اندیس‌های طلادار..... ۷۱
- شکل ۵-۴- تصویر ترکیب (RGB=4/2,4/5,5/6) منطقه طاهرآباد مناطق با رنگ سفید مناطق دگرسانی را نشان می‌دهد..... ۷۳
- شکل ۵-۵- تصویر ترکیب (RGB= PC4,PC6,-PC9) منطقه طاهرآباد مناطق با رنگ سبز مایل به زرد مناطق دگرسانی را نشان می‌دهد..... ۷۶
- شکل ۶-۱- نقشه بافر گسل‌ها در فواصل ۲۰۰ تا ۸۰۰ متر..... ۸۰

- شکل ۶-۲- نقشه بافر مناطق آلتراسیون در فواصل ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری..... ۸۲
- شکل ۶-۳- نقشه واحدهای زمین‌شناسی مناسب..... ۸۴
- شکل ۶-۴- نقشه ژئوفیزیک هوایی بر اساس شدت میدان مغناطیسی مناسب..... ۸۵
- شکل ۶-۵- نقشه نهایی پتانسیل معدنی با استفاده از روش وزنه‌های نشانگر..... ۸۷
- شکل ۶-۶- دندوگرام حاصل از تجزیه و تحلیل تطبیقی خوشه‌ای برای عناصر ژئوشیمیایی..... ۸۹
- شکل ۶-۷- هاله‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای..... ۹۲
- شکل ۶-۸- هاله‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای..... ۹۲
- شکل ۶-۹- نقشه تفکیک آنومالی‌های ژئوشیمیایی با استفاده از روش زونالیت‌ها منطقه طاهرآباد..... ۹۶
- شکل ۶-۱۰- طبقه‌بندی مجدد نقشه پتانسیل و معرفی ۳ منطقه امید بخش..... ۹۸
- شکل ۶-۱۱- محل برداشت نمونه‌ها در شرق ابوالخازن (منطقه طاهرآباد)..... ۱۰۰

- جدول ۳-۱- مقایسه برادر و رستر..... ۳۲
- جدول ۳-۲- اطلاعاتی مربوط به باندهای سنجنده ASTER..... ۵۳
- جدول ۵-۱- تحلیل مولفه‌های اصلی روی باندهای سنجنده ASTER منطقه طهرآباد..... ۷۴
- جدول ۵-۲- روش کروستا روی باندهای سنجنده ASTER منطقه طهرآباد..... ۷۵
- جدول ۵-۳- روش کروستا روی باندهای سنجنده ASTER منطقه طهرآباد..... ۷۵
- جدول ۶-۱- نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای گسل‌های منطقه..... ۸۱
- جدول ۶-۲- نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای مناطق آلتراسیون..... ۸۱
- جدول ۶-۳- نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای واحدهای زمین‌شناسی..... ۸۳
- جدول ۶-۴- نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر در نقشه ژئوفیزیک هوایی..... ۸۶
- جدول ۶-۵- جدول نهایی نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای نقشه‌های دوتایی..... ۸۷
- جدول ۶-۶- جدول ضریب همبستگی داده‌های طهرآباد..... ۸۸
- جدول ۶-۷- آنومالی شمالی منطقه طهرآباد..... ۹۴
- جدول ۶-۸- آنومالی جنوب منطقه طهرآباد..... ۹۴
- جدول ۶-۹- ضریب زونالیتة قائم..... ۹۵
- جدول ۶-۱۰- جدول استاندارد ضرایب زونالیتة ۹۵

۱-۱- مقدمه

بهره‌برداری مناسب از منابع و امکانات نیازمند مدیریتی قوی و دانشی نیرومند است تا بر اساس اطلاعات دقیق، تصمیمات مناسب گرفته شود. تولید اطلاعات هم نیاز به ابزار، فناوری و نیروی انسانی متخصص و خبره دارد که بر اساس آنها از داده‌های موجود اطلاعات مورد نظر تولید شود و سپس این اطلاعات به عنوان یک مؤلفه مهم در امر تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار گیرند.

با توجه به اینکه بخش زیادی از این تصمیمات با مکان در ارتباط است لذا داده‌های مکانی در اتخاذ بسیاری از تصمیمات تأثیر زیادی دارند و مناسبترین ابزار برای تحلیل و تولید اطلاعات مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ (GIS) است [نوائی، عادل‌نیا ۱۳۸۳].

یکی از اطلاعات مفید و مورد استفاده در GIS برای اکتشافات معدنی، داده‌های سنجش از دور^۲ می‌باشند. اهمیت استفاده از تکنولوژی سنجش از دور این است که با استفاده از آن می‌توان مجموعه اطلاعات جامع‌تری را در زمان کوتاه‌تر و با هزینه کمتر نسبت به روش‌های مرسوم، پردازش نمود. داده‌های سنجش از دور توان زیادی برای تفکیک واحدهای سنگی، شناخت نواحی دگرسان‌شده و در نتیجه اکتشاف ذخایر معدنی دارند. تصاویر سنجش از دور می‌تواند به عنوان یکی از لایه‌های اطلاعاتی در سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شود.

در فعالیتهای اکتشافی، هدف جدا ساختن نواحی عقیم و تمرکز روی مناطقی است که پتانسیل کانسارزایی دارند در این فعالیتهای اکتشافی داده‌های متنوعی از قبیل زمین‌شناسی، ژئوفیزیکی،

^۱Geographic Information system

^۲Remote Sensing

ژئوشیمیایی، دورسنجی و... حاصل می‌گردد. تلفیق این داده‌ها می‌تواند ما را به انتخاب مناسب مناطق مطلوب رهنمون سازد که امروزه تلفیق داده‌های مختلف با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت می‌پذیرد [آرنف ۱۳۷۵].

روش‌های GIS به طور کامل برای حل مشکلات اکتشافی نیستند بلکه همراه روش‌های سنتی (زونالیتته^۲) ارزیابی بهتر روابط درونی و جزئی بین مجموعه داده‌های مختلف را ممکن ساخته و جستجوی نواحی بهینه‌تری را در زمان کمتر از رهیافت‌های مرسوم امکان‌پذیر خواهد ساخت.

لذا ترکیب مدل‌های زمین شناسی، ژئوشیمیایی، ژئوفیزیکی و ریاضی با استفاده از این ابزار امروزه به سرعت در حال توسعه است و با توجه به اینکه توزیع عناصر شیمیایی ذخایر معدنی صرفاً تابع مدل‌های ریاضی نمی‌باشند، ترکیب روش‌های سنتی (زونالیتته) و مدرن در محیط GIS شرایط لازم و کافی را برای ارائه مدل جامع اکتشافی فراهم نموده است.

۱-۲- مروری بر کارهای گذشته

کارهای انجام شده قبلی در منطقه در حد اکتشافات مقدماتی و یا اکتشافات محلی در اطراف معادن موجود می‌باشد. این مطالعات اکثراً به منظور دریافت گواهی کشف و طرح بهره‌برداری صورت گرفته است. ولی تاکنون هیچ‌گونه مطالعات اکتشافی جامعی در این رابطه در منطقه انجام نشده است. به خاطر وجود آنومالی‌های عناصر طلا و ردیاب طلا در اکتشافات ژئوشیمیایی در این راستا شناسایی این ماده با استفاده از مشخصات اندیس‌های شناخته شده و بهره‌گیری از روش سنجش از دور (داده‌های ASTER) و با توجه به داده‌های زمین‌شناسی، گسل، دگرسانی و ژئوفیزیکی و تلفیق روش وزن‌های نشانگر و زونالیتته در محیط GIS به منظور پتانسیل‌یابی ذخایر طلای اپی‌ترمال برای اولین بار در منطقه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. البته مطالعاتی نیز به صورت طرح اکتشاف و یا مقاله صورت گرفته است که در ذیل به چند مورد از این مطالعات و نتایج حاصل از آنها اشاره خواهد شد.

^۲Zonality

- مطالعاتی توسط عضدی زیر نظر سازمان زمین‌شناسی در سال ۱۳۸۴، تحت عنوان " گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی ناحیه‌ای در محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد فردوس" انجام گرفت که از این مطالعه آنومالی‌های عناصر مختلف از جمله مس، سرب، طلا و عناصر ردیاب طلا نتیجه شده است.
- نتایج حاصل از مقاله قصابیان و رضائی در بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین در سال ۱۳۸۵ با عنوان " شناسایی نواحی امیدبخش معدنی با استفاده از دورسنجی (سنجده TM)" آن است که چند ناحیه امیدبخش معدنی تنها براساس دگرسانی حاصل از پردازش در منطقه وجود دارد.
- نتایج حاصل از مقاله عاشوری، سعادت و قورچی در یازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی مشهد در سال ۱۳۸۶ با عنوان " ژئوشیمی، پتروفیزیک و موقعیت تکتونیکی توده‌های نفوذی و سنگ‌های آتشفشانی شرق بجستان و طاهرآباد" آن است که در منطقه طاهرآباد ترکیبات توده‌های نفوذی، دیوریت، کوارتز مونزونیت، کوارتز دیوریت و لاتیت هستند که در زون فرورانش تشکیل شده‌اند.

۱-۳- ارتباط موضوع پایان‌نامه با کارهای قبلی

نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد در جنوب غرب استان خراسان رضوی و در محدوده شهرستان‌های گناباد و فردوس قرار گرفته است. معادن فعال، اندیس‌های معدنی و معادن متروکه متفاوتی در منطقه وجود دارد که نشان‌دهنده پتانسیل بالای منطقه برای وجود ذخایر فلزی است از این‌رو منطقه مورد مطالعه همین دلیل از دیرباز مورد توجه بوده و معدن‌کاری کماکان در منطقه وجود داشته است.

این پایان‌نامه بر اساس سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و با توجه به داده‌های (زمین‌شناسی، گسل، دگرسانی و ژئوفیزیکی)، تلفیق این لایه‌های اطلاعاتی و تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای تنظیم شده است که در نهایت تلفیق روش وزن‌های نشانگر و زونالیت‌ها در محیط GIS به منظور پتانسیل‌یابی ذخایر طلای اپی‌ترمال در منطقه به عنوان موضوع تحقیق انتخاب شد.

با توجه به اینکه کارهای انجام شده قبلی در حد اکتشافات مقدماتی می باشد و مطالعه آنومالی های عناصر مختلف از جمله مس، سرب، طلا و عناصر ردیاب طلا در منطقه انجام شده است در این تحقیق به بررسی مناطق امیدبخش طلا با روش های مختلف سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیائی پرداخته شده است.

۱-۴- ضرورت انجام تحقیق و اهداف پایان نامه

امروزه اکتشاف نهشته های فلزی در توسعه کشورها از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. با اینکه قیمت برخی از فلزات در سال های اخیر کاهش یافته است، اما افزایش قیمت طلا چشم انداز مناسبی را برای اکتشاف و در نهایت فروش آن ایجاد کرده است. همان طور که اشاره شد به خاطر وجود آنومالی های عناصر طلا و ردیاب طلا در اکتشافات ژئوشیمیایی، شناسایی این ماده مورد بررسی قرار گرفته است.

در این پایان نامه با توجه به معادن و اندیس های فلزی که نشان دهنده پتانسیل بالای این منطقه می باشند اهداف زیر دنبال می شود :

- ۱- رقوم سازی لایه های اطلاعاتی شامل نقشه های زمین شناسی ، ژئوفیزیک هوایی و ساختاری
- ۲- استخراج لایه اطلاعاتی یا نقشه دگرسانی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد فردوس با استفاده از عکس های ماهواره ای ASTER توسط روش کروسا و تجزیه مؤلفه های اصلی
- ۳- استخراج نقشه رقوم شده رده بندی شده آنومالی های ژئوشیمیایی ناحیه ای با استفاده از روش زونالیت
- ۴- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب آنومالی های طلا دار ناحیه ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد فردوس با استفاده از روش ساده وزن های نشانگر برای لایه های زمین شناسی، ژئوفیزیک هوایی، ساختاری و دگرسانی

۵- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب آنومالی‌های طلادار ناحیه ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد فردوس با استفاده از تلفیق روش وزن‌های نشانگر و زونالیت‌ها در محیط GIS

۱-۵- سازمان دهی پایان نامه

پایان نامه حاضر مشتمل بر شش فصل است که به صورت زیر تنظیم گردیده است:

در فصل اول کلیاتی در مورد پایان نامه از قبیل تعریف موضوع پایان نامه، کارهای انجام شده قبلی و هدف از ارائه پایان نامه بیان شده است.

در فصل دوم مطالبی در مورد زمین شناسی منطقه، معادن و اندیس‌های موجود در منطقه بیان می شود.

در فصل سوم کلیاتی در مورد سنجش از دور و GIS ارائه می گردد.

در فصل چهارم مقدمه‌ای بر تحلیل داده‌های اکتشافی و زونالیت‌ها بیان می گردد.

در فصل پنجم استخراج مشخصه‌های اکتشافی ذخایر طلای منطقه طاهرآباد با داده‌های ژئوفیزیکی، ژئوشیمیایی، گسل، زمین شناسی و آلتراسیون بیان می گردد.

در فصل ششم با استفاده از تلفیق روش وزن‌های نشانگر و زونالیت‌ها در محیط GIS نواحی امیدبخش معدنی معرفی می گردند.

و نهایتاً فصل هفتم در بردارنده مواردی از جمله نتیجه‌گیری و پیشنهادات لازم در مورد کار انجام شده است.

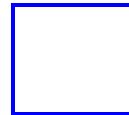
۲-۱- موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی منطقه

منطقه طاهر آباد با وسعت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع در استان خراسان رضوی و در محدوده 30° تا 57° طول شرقی و 34° تا 30° عرض شمالی واقع شده است. این محدوده در جنوب غرب استان خراسان رضوی و در حریم شهرستان‌های گناباد و فردوس قرار گرفته است (شکل ۲-۱).

از نظر آب و هوایی منطقه طاهرآباد جزء مناطق بیابانی و نیمه بیابانی کشور به شمار می‌آید و دارای تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و خشک می‌باشد. این منطقه در حاشیه جنوبی و شرقی کویر نمک واقع گردیده که میزان بارندگی سالیانه در آن تقریباً ۱۱۵ میلیمتر، میانگین دما در زمستان ۱۰ درجه و در تابستان ۴۰ درجه سانتیگراد، پوشش گیاهی در این منطقه ضعیف و غالباً به حالت استپ‌های بیابانی است. بلندترین قله در آن با ۱۸۲۵ متر ارتفاع به کوه نیان تعلق دارد و پست‌ترین نقطه به حاشیه شمال غرب نقشه مربوط می‌شود که ۸۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع دارد [عضدی ۱۳۸۲].

۲-۲- زمین شناسی منطقه طاهرآباد

منطقه مورد نظر در حاشیه میکروپلیت لوت قرار دارد و بخش اعظم رخنمون‌ها را در این منطقه شامل سنگ‌های ولکانیکی و کربناته بوده که از نظر سنی سنگ‌های کربناته غالباً متعلق به کرتاسه پایینی تعلق دارند و در بخش‌هایی به دوره پرمین و تریاس منتسب شده‌اند. ولکانیسم این منطقه غالباً از نوع آندزیتی و داسیتی و ریولیتی که به دوره آئوسن نسبت داده شده است. شکل (۲-۲) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



جغرافیایی منطقه
های ایران، ۱۳۸۰

شکل ۱-۲- موقعیت
طاهراآباد | اطلس راه-

در گستره نقشه طاهرآباد سنگهای پرکامبرین و پالئوزوئیک پیشین رخنمون ندارند. قدیمی ترین واحد سنگی منطقه را سنگهای معادل سازند سردر (کربونیفر) تشکیل می دهد. سازند جمال (پرمین) و سازندهای سرخ شیل و شتری (تریاس) از دیگر واحدهای چینه سنگی شناخته شده در منطقه هستند که به همراه واحدهای K2 و K3 (کرتاسه) و واحد چینه سنگی معادل کنگلومرای کرمان (کرتاسه تا پالئوسن)، مجموعه واحدهای رسوبی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می دهند [عضدی ۱۳۸۲].

توده های نفوذی طاهرآباد دارای طیف ترکیبی دیوریت، کوارتز مونزونیت، کوارتز دیوریت و لاتیت بوده و از نوع اکسیدان هستند. این توده ها در زون فرورانش تشکیل شده و منشأ ماگما پوسته اقیانوسی بوده و دارای کانی سازی بوده و کانی سازی مس - طلا نیز تشکیل شده است.

علاوه بر این حدود ۲/۳ منطقه دارای پوشش نهشته های کواترنری است که رسوبات رودخانه ای، تپه های ماسه های بادی و پهنه های نمکی - رسی را شامل می شود [عضدی ۱۳۸۲].

۳-۲- چینه شناسی

۳-۲-۱- پالئوزوئیک

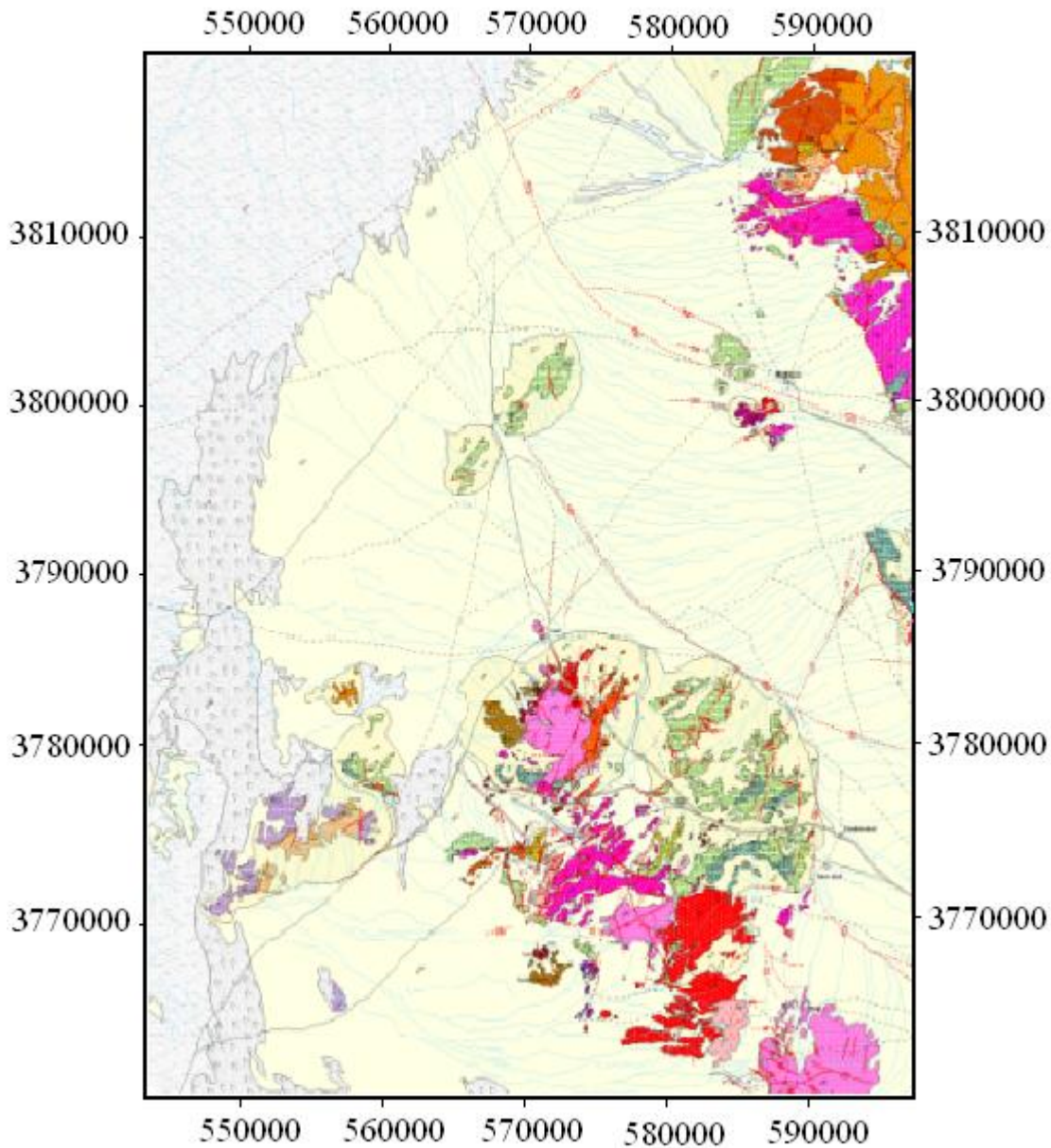
واحدهای منسوب به پالئوزوئیک شامل سازند سردر (Cs) و سازند جمال (Pj) است [کریم پور و همکاران ۱۳۸۵]:

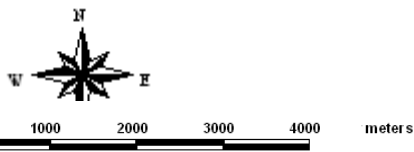
واحد Cs

این واحد شامل شیل های سبز تیره حاوی نودول های آهنی - چرتی لیمونیتی شده، شیل های ارغوانی رنگ حاوی نودول و واحدهای ماسه - سنگی - شیلی به رنگ قرمز ارغوانی می باشد. با توجه به شواهد لیتولوژیکی و قرارگیری این مجموعه در زیر واحدهای آهنی منسوب به پرمین (هم ارز با سازند جمال)، سری واحدهای شیلی - ماسه سنگی مذکور به سازند سردر با سن کربونیفر نسبت داده می شود.

واحد Pz

این واحد در غرب نقشه رخنمون دارد. بخش پایینی این واحد شامل لایه‌های آهکی خاکستری رنگ نازک تا متوسط لایه با ضخامت حدود ۷۰ متر است. بر روی این بخش، لایه‌های آهکی دولومیتی قهوه‌ای رنگ به ضخامت حدود ۸۰ متر قرار می‌گیرند.









شکل ۲-۲- نقشه زمین شناسی منطقه طاهراآباد [کریم پور و همکاران ۱۳۸۵]












| | | LEGEND | | راهنما | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|--|---|------------------------------------|
| C E N O Z O I C | QUATERNARY |  Q ^s | Salt flat | دشت نمکی | | |
| | |  Q ^{sd} | Sand dunes | تپه‌های ماسه‌ای | | |
| | |  Q ^{al} | Alluvial river bedsand channels | آبرفت‌های سست رودخانه‌ها و آبراه‌ها | | |
| | |  Q ^{t2} | Recent alluvial deposits and young gravel fan | نهشته‌های آبرفتی جوان و مخروط افکنه‌های جوان | | |
| | |  Q ^{t1} | Old alluvial deposits and old gravel fan | نهشته‌های آبرفتی قدیمی و مخروط افکنه‌های قدیمی | | |
| | T E R T I A R Y |  T ^{df} | Dacitic tuff | توف داسیتی | | |
| | |  T ^{lf} | Dacitic and andesitic tuff (lapilli & sandy) | توف داسیتی و آندزیتی (لاپیلی توف و توف ماسه‌ای) | | |
| | |  T ^d | Dacite with silica flow bands & lapilli tuff | داسیت با باندهای سیلیس جریان‌ی و لاپیلی توف | | |
| | |  T ^a | Reddish to brownish andesite and minor dacite | آندزیت‌های قرمز تا قهوه‌ای رنگ به همراه کمی داسیت | | |
| | |  T ^{rt} | Rhyolitic tuff, chert, and locally intrusive monzonite | توف ریولیتی، چرت و تپوز محلی مونزونیت | | |
| | |  T ^{ad} | Andesite - dacite, tuff and pyroclastic | آندزیت - داسیت، توف و سنگ‌های پیروکلاستیک | | |
| | |  T ^{da} | Dacite- andesite, rhyolitic - dacitic tuff | داسیت - آندزیت، توف ریولیتی - داسیتی | | |
| | |  T ^r | Rhyolite with silica flow bands | ریولیت با باندهای سیلیس جریان‌ی | | |
| | |  T ^{ba} | Basalt, epiclastic volcanic conglomerate, rhyodacite, dacite and andesite | بازالت، کنگلومرای آتشفشانی اپیکلاستیک، ریوداسیت، داسیت، آندزیت | | |
| | |  F _{gk} | Conglomerate (equal Kerman Formation) | کنگلومرا (مخالف سازند کرمان) | | |
| | | M E S O Z O I C | Late CRETACEOUS |  K ₃ | Massive and bedded limestone | سنگ آهک نودهای و لایه‌ای |
| | | | |  K ₂ | Conglomerate, sandstone, marl and limestone | کنگلومرا، ماسه سنگ، مارل و سنگ آهک |
| | | | TRIASSIC |  TRsh | Dolomite and limestone (Shotori Formation) | دولومیت و سنگ آهک (سازند شتری) |
| | | | |  TRsr | Red shale with some limestone (Sorkh Shale Formation) | شیل قرمز رنگ و آهک (سازند سرخ شیل) |

VOLCANIC ROCKS (Abolkhazen-Motorabad) (سنگ‌های آتشفشانی (موتورآباد- ابوالخازن)

| | | |
|--|---|--|
|  T ^{dt} | Lapilli tuff, andesite- dacite | |
|  T rd | Rhyodacite flow and rhyodacitic crystalline tuff | گدازه و توف پلورین ریوداسیتی |
|  T ^{d-a} | Dacite, andesite and epiclastic volcanic conglomerate | داسیت - آندزیت و کنگلومرای آتشفشانی اپیکلاستیک |
|  T ^b | Basalt - andesite | بازالت - آندزیت |

TERTIARY INTRUSIVE ROCKS

سنگ‌های آذرین نفوذی ترشیری

| | | |
|---|---|----------------------------------|
|  mg | Quartz monzonite & granite | کوارتز مونزونیت و گرانیت |
|  bl | Biotite latite porphyry | بیوتیت لاتیت پورفیری |
|  hl ² | Homblend latite porphyry | هورنبلند لاتیت پورفیری |
|  Mzd | Quartz monzodiorite and quartz monzonite porphyry | |
|  hl ¹ | Quartz latite porphyry | کوارتز لاتیت پورفیری |
|  La | Latite porphyry | لاتیت پورفیری |
|  Mz ⁴ | Monzonite porphyry | مونزونیت پورفیری |
|  Mz ³ | Biotite-hornblend monzonite porphyry | بیوتیت هورنبلند مونزونیت پورفیری |
|  Mz ² | Biotite quartz monzonite porphyry | بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری |
|  Mz ¹ | Homblend quartz monzonite porphyry | هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری |
|  dr | Fine-grain diorite porphyry | دیوریت پورفیری ریز نوس |

۲-۳-۲- مزوزوئیک

واحدهای منسوب به مزوزوئیک عبارتند از: سازند سرخ شیل (TRsr)، سازند شتری (TRsh) و واحدهای چینه سنگی کرتاسه (k2, k3) که بیشتر از سنگ آهک تشکیل شده‌اند [کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۵]:

واحد TRsr

این واحد شامل شیل‌های سرخ تا زرد رنگ با درون لایه‌های آهکی به ضخامت حداکثر ۳۰ متر بوده که در برخی از لایه‌های کربناتی آن، آثار فسیلی از جمله دوکفه ایها به چشم می‌خورد. سازند سرخ شیل به صورت هم شیب بر روی سازند جمال قرار گرفته است.

واحد TRsh

این واحد شامل آهک‌ها و دولومیت‌های زرد تا قهوه ای رنگ، متوسط تا ضخیم لایه می‌باشند که عموماً ارتفاعات منطقه را تشکیل می‌دهند. این مجموعه با ضخامت حدود ۸۰ متر به صورت هم‌شیب سازند سرخ شیل را می‌پوشاند.

واحد K2

این واحد شامل لایه‌های کنگلومرانی و ماسه‌سنگی در قاعده و بخش آهکی - مارنی در قسمت‌های فوقانی می‌باشد. واحدهای ذکر شده در نقاط مختلف، ضخامت‌های متفاوتی دارند. واحد K2 با یک بخش آواری پیش رونده کنگلومرانی شروع شده و دارای تناوبی از ماسه‌سنگ و میکروکنگلومرا است. بیشترین ضخامت این واحد حدود ۷۰ متر است. در این منطقه بر روی واحد کنگلومرایی یک واحد مارنی سبز تا خاکستری با میان لایه‌های آهکی به ضخامت حدود ۱۵ متر قرار گرفته است که خود توسط لایه‌های نازک آهکی پوشیده می‌شود.

واحد K3

این واحد، بیشتر شامل سنگ آهک‌های ضخیم لایه تا متراکم و توده ای، صخره ساز و به رنگ کرم تا خاکستری است که در برخی نقاط با تغییر رخساره به آهک‌های ماسه‌ای و ماسه سنگ‌های آهکی تبدیل می‌شود. واحد مذکور در برخی مناطق، به طور محلی و تحت تأثیر محلول‌های غنی از اکسید آهن، دچار تغییر رنگ شده و به رنگ صورتی تا قرمز مشاهده می‌شود.

۲-۳-۳- سنوزوئیک

واحدهای سنوزوئیک منطقه، بیشتر منسوب به ترشیری هستند و از سنگ‌های رسوبی (معادل سازند کنگلومرای کرمان Pgk) و سنگ‌های آذرین بیرونی و درونی تشکیل شده‌اند [کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۵]:

واحد Pgk

این واحد کنگلومرای که منسوب به اواخر کرتاسه و اوایل ترشیری است، در غرب روستای طاهرآباد مشاهده می‌شود و در واقع فاز پیشرونده رسوب‌گذاری دوره ترشیری است و در بیشترین رخنمون حدود ۴۰ متر ضخامت دارد. این واحد از قله‌های بیشتر آهکی، ماسه سنگی و قطعات فسیلی آواری واحدهای کرتاسه با اندازه‌های مختلف (در حد میلی‌متر تا ۱۵ سانتی‌متر) تشکیل شده است که توسط یک سیمان ماسه‌ای به رنگ قرمز ارغوانی به هم متصل می‌شوند.

کنگلومرای مذکور شباهت زیادی به کنگلومرای قاعده کرتاسه در واحد K2 منطقه دارد، با این تفاوت که پیوستگی قطعات و ماتریکس موجود در آن نسبت به کنگلومرای کرتاسه سست‌تر است. این واحد کنگلومرای، در واقع بر روی واحدهای آهکی کرم رنگ توده ای واحد K3 قرار می‌گیرد و خود توسط سنگ‌های آتشفشانی ترشیری پوشیده می‌شود.

۲-۳-۳-۱- سنگ‌های آتشفشانی

بخش عمده واحدهای سنگی ترشیری از نوع سنگ‌های آذرین است که از قدیم به جدید عبارتند از [عضدی ۱۳۸۲]:

واحد T^{ba}

قدیمی‌ترین سنگ‌های آذرین، سنگ‌های آتشفشانی با طیف ترکیبی آندزیتی و داسیتی است که بطور عمده در جنوب جاده ابراهیم‌آباد به کجه (مرکز منطقه طاهرآباد) رخنمون دارند. این واحدهای سنگی با توجه به ترکیب و قدمت، بیشتر فرسایش یافته و مناطق کم ارتفاع اصولا دارای رنگ سبز متمایل به خاکستری بوده که مجموعه مذکور بصورت گدازه، توف و لاپیلی توف با ضخامتی بین ۲۵ تا ۴۵ متر بر روی واحد معادل کنگلومرای کرمان قرارداد.

در این منطقه یک واحد کنگلومرای اپی کلاستیک با قله‌های آتشفشانی به ضخامت ۳-۴ متر بر روی مجموعه فوق قرار گرفته که قطعات تشکیل دهنده آن از واحدهای ذکر شده قبلی است که معرف خاتمه فعالیت آتشفشانی و شروع سیکل فرسایشی است. بر روی این کنگلومرا، گدازه‌های بازالتی با ضخامت کمتر از ۹ متر مشاهده می‌شود که بیانگر تغییرات فعالیت آتشفشانی از طیف حد واسط به سمت مافیک در مراحل بعدی است.

واحد T^r

این واحد که با ترکیب ریولیتی مشخص می‌شود، بیشتر حالت گدازه‌ای دارد و با نوارهای سیلیسی به صورت جریان‌های همراه است. گدازه‌های ریولیتی مجموعه T^{ba} را می‌پوشاند و در بخش وسیعی در قاعده دیگر سنگ‌های آتشفشانی با گسترش تقریبی شمال شرق - جنوب غرب برونزد دارند. ضخامت این واحد حدود ۳۰ متر است. ریولیت دارای بافت پورفیری بوده و میزان فنوکریست در آن به حدود ۷ درصد می‌رسد. فنوکریستهای کوچک در حد ۲ میلی‌متر (کوارتز) و نوارهای سیلیسی به صورت جریان‌های مشاهده می‌شوند.

واحد T^{da}

گدازه‌هایی با ترکیب داسیت و به طور محدود آندزیت که با تناوبی از توفهای داسیتی همراه هستند، این واحد را تشکیل می‌دهند که در محدوده وسیعی از جنوب روستای کجه در ارتفاعات مشرف به جاده ابراهیم‌آباد به کجه (مرکز منطقه طاهرآباد) رخنمون دارند. واحد T^{da} بر روی واحد ریولیت T^r قرار دارد. مجموعه فوق توسط واحدهای سنگی با ترکیب بیشتر آندزیتی و به طور محدود داسیتی (غالباً به صورت گدازه و بعضاً بصورت پیروکلاستیک و توف) پوشیده شده است.

T^{rt} واحد

این واحد دارای ترکیب ریولیتی (بصورت توف) با میان لایه‌هایی از چرت می‌باشد. آلتراسیون‌های سربستیک، آرژیلیک و سیلیسی (به طور محدود) بخش وسیعی از این واحد سنگی را تحت تأثیر قرار داده است.

 T^a واحد

این واحد بیشتر ترکیب آندزیتی دارد و به رنگ قرمز تا قهوه‌ای منطقه وسیعی را در بخش جنوبی (شمال کوه سمند) و شمال شرق نقشه دربر گرفته است.

 T^d واحد

واحد مذکور دارای ترکیب داسیتی است و به صورت توف و گدازه یافت می‌شود (در بخش‌هایی حاوی لاپیلی توف) در مجموع گستره قابل توجهی در جنوب شرقی محدوده را به خود اختصاص می‌دهد.

 T^{lf} واحد

این واحد آتشفشانی شامل توفهای داسیتی- آندزیتی است که بطور محدود داسیت‌هایی با سیلیس جریانی نیز به همراه دارد و در جنوب شرق روستای طاهرآباد رخنمون دارد.

 T^{df} واحد

واحد مذکور دارای ترکیب داسیتی است و بیشتر به صورت توف مشاهده می‌گردد. این واحد فقط در شرق نقشه طاهرآباد با وسعتی حدود ۷ کیلومتر مربع رخنمون دارد.

 T^b واحد

این واحد شامل بازالت و بازالت - آندزیت است. به شدت اکسیده شده و در سطح زمین به رنگ قرمز دیده می‌شود. به عنوان قدیمی‌ترین واحد آتشفشانی مشخص گردیده است.

واحد T^{d-a}

این واحد شامل مجموعه‌ای از چند مرحله فعالیت آتشفشانی با ترکیب غالب داسیت و بطور محدود آندزیت است. رنگ غالب سنگ‌ها قهوه‌ای تا قرمز روشن است. بافت ریز بلور و متراکم و تخلخل کم، موجب شده تا این مجموعه کمتر دچار فرسایش گردد. این مجموعه بیشتر صخره ساز بوده و ارتفاعات منطقه را به ویژه در گوشه شمال شرقی نقشه طاهرآباد به خود اختصاص می‌دهد. سیکل‌های خاتمه و شروع فعالیت‌های آتشفشانی در این منطقه با حضور کنگلومرای اپی کلاستیک با قله‌های آتشفشانی، کاملاً مشخص و متمایز است. واحد T^{d-a} بر روی واحد T^b قرار دارد.

واحد T^{rd}

این واحد شامل مجموعه ریوداسیت به شکل گدازه و توف است. این مجموعه با روند شمالی-جنوبی در شمال شرق نقشه، همچنین در اطراف روستای عباس آباد در مجموع با وسعتی معادل ۷ کیلومتر مربع رخنمون دارد.

واحد T^{dt}

واحد مذکور دارای ترکیب داسیت - آندزیت است و بیشتر به صورت لاپیلی توف در سطح زمین مشاهده می‌شود. واحد T^{dt} بر روی واحد T^a قرار گرفته و کنتاکت آن با واحد گسلی T^{rd} است.

۲-۳-۳-۲- توده‌های نفوذی ترشیری

توده‌های نفوذی ترشیری عبارتند از [عضدی ۱۳۸۲]:

دیوریت پورفیری dr

واحد دیوریت پورفیری ریز بلور به شکل استوک رخنمون دارد و براساس شواهد صحرایی قدیمی ترین واحد نفوذی در منطقه است. این توده در واحد آتشفشانی T^{da} نفوذ نموده و دارای رخنمونی حدود ۱/۵ کیلومترمربع می‌باشد. رنگ تیره متمایل به قهوه‌ای و ترکیب کانی‌شناسی، این واحد سنگی را از دیگر سنگهای نفوذی منطقه متمایز می‌سازد.

هورنبلند کوارتز مونزونیت پورفیری MZ^1

این توده به شکل استوک در حاشیه شمالی کیلومتر ۱۷ جاده ابراهیم آباد به کجه (مرکز منطقه طاهرآباد) دیده می‌شود و وسعتی حدود ۰/۵ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده‌است. این واحد بیشتر در دامنه‌ها رخنمون دارد و ارتفاع ساز نمی‌باشد.

بیوتیت کوارتز مونزونیت پورفیری MZ^2

رخنمون این واحد در شمال واحد MZ^1 به شکل استوک‌های کوچک، با وسعتی حدود ۰/۵ کیلومترمربع قابل مشاهده است. بافت این سنگ پورفیری بوده و با حضور بیوتیت (۱ تا ۲ درصد) و عدم وجود کوارتز به صورت فنوکریست از واحد قبلی متمایز می‌گردد.

بیوتیت هورنبلند مونزونیت پورفیری MZ^3

این توده بصورت استوک‌های کوچک، در مجموع به وسعت ۰/۴ کیلومترمربع رخنمون دارد. بافت این سنگ‌ها پورفیری با زمینه بسیار ریز بلور است.

هورنبلند مونزونیت پورفیری MZ^4

رخنمون این واحد با وسعتی حدود ۰/۲ کیلومترمربع قابل مشاهده است.

لاتیت La

این واحد با روند تقریباً شمال غرب - جنوب شرق و وسعتی معادل ۰/۶ کیلومترمربع در فاصله حدود ۵ کیلومتری شمال شرقی کوه پتو رخنمون دارد. دارای بافت پورفیری با خمیره ریز بلور و رنگ تیره

بوده و بیشتر ارتفاعات تپه ماهوری حاشیه جاده را تشکیل می‌دهد. فلدسپات کانی قابل شناسایی این سنگ است.

هورنبلند کوارتز لاتیت hl^1

این واحد سنگی که بیشتر به صورت تپه ماهوری رخنمون دارد، مجموعاً در وسعتی حد و $0/7$ کیلومترمربع در جنوب کوه پتو قابل مشاهده است. بافت این سنگ‌ها پورفیری است و با حالت‌هایی از رنگ سبز، از دیگر واحدهای سنگی مجاور متمایز می‌گردد.

کوارتز مونزودیوریت، کوارتز مونزونیت Mzd

در این واحد مجموعه‌ای از سنگ‌های مونزونیتی و مونزودیوریتی مشاهده می‌شود که تمامی آنها دارای بافت پورفیری می‌باشند. در منطقه کله کوه مجموعه توده‌های نفوذی نیمه عمیق تحت تأثیر دگرسانی‌های سریسیتی، پروپیلیتی و آرژیلیکی (به طور محدود) واقع شده‌اند. پیریت به صورت رگچه و افشان تا ۵ درصد در بعضی نقاط مشاهده می‌شود. در این منطقه کانی‌سازی مس نیز مشاهده گردیده است که برای اکتشاف مس – طلا دارای پتانسیل بسیار خوبی می‌باشد.

هورنبلند لاتیت hl^2

رخنمون این واحد به شکل استوک، با وسعتی کمتر از یک کیلومترمربع قابل مشاهده است. بافت این سنگ پورفیری با زمینه خاکستری رنگ است.

بیوتیت لاتیت bl

رخنمون این واحد را به ویژه در جنوب روستای ابوالخازن در وسعتی معادل $0/15$ کیلومترمربع به صورت صخره ساز می‌توان مشاهده نمود. این واحد سنگی با زمینه خاکستری متمایل به سبز که در برخی نقاط کمی قرمز می‌شود، از دیگر واحدهای سنگی متمایز می‌گردد.

واحد mg

این واحد با ترکیب کوارتز مونزونیت و مونزونیت در بخش شرقی روستای ابوالخازن (در شرق منطقه طاهرآباد) در محدوده‌ای به وسعت معادل ۹/۶ کیلومترمربع رخنمون دارد. این توده‌ها غالباً دارای بافت پورفیری هستند. مجموعه سنگ‌های این منطقه تحت تأثیر آلتراسیون سریسیتیک، پروپیلیتیک و آرژیلیک قرار گرفته‌اند. در مجاورت با توده نفوذی سنگ آهک حالت اسکارنی دارد. کانی سازی رگه‌ای حاوی ک الکوپیریت، اسفالریت و گالن در داخل آهک‌های سیلیسی شده و در بخش جنوبی واحد mg رخنمون دارد. این مجموعه قابلیت برای اکتشاف مس - طلا - نقره - سرب و روی پتانسیل دارد.

۲-۳-۴ - کواترنر

نهشته‌های کواترنری در سرتاسر منطقه گسترش داشته و به صورت ناهم‌ساز بر روی واحدهای قدیمی‌تر قرار گرفته‌است. این نهشته‌ها جوانترین رسوبات منطقه بوده و شامل نهشته‌های آبرفتی قدیمی و مخروط افکنه‌های قدیمی (Q^1)، نهشته‌های آبرفتی جوان و مخروط افکنه‌های جوان (Q^2)، آبرفت‌های سخت نشده بستر آبراهه‌ها و رودخانه‌ها (Qal)، رسوبات مخروط افکنه و تپه‌های ماسه‌ای (Q^{sd}) و دشت‌های نمکی (Q^s) شامل رس، مارن، سیلت و گچ به رنگ روشن است. کریم‌پور و همکاران [۱۳۸۵].

۲-۴ - تکتونیک و زمین‌شناسی ساختمانی

از نظر ساختاری، گستره نقشه طاهرآباد، در بخش شمالی بلوک لوت از بلوکهای ایران مرکزی (بلوک لوت- بلوک طبس - بلوک پشت بادام- بلوک یزد) واقع شده بطوری که توسط گسل نهبندان در شرق از کمربند زمین ساختی شرق ایران، توسط گسل نایبند در غرب از بلوک طبس و توسط گسل بزرگ کویر (درونه) در شمال از ایالت زمین شناسی سبزواری جدا می‌گردد. عناصر ساختاری منطقه را چین‌ها و گسل‌هایی تشکیل می‌دهند که هندسه نسبتاً ساده ای دارند.

گسل‌های منطقه بطور عمده از یک سامانه گسل‌های راستالغز و پلکانی یا نردبانی در یک دستگاه برشی ساده و رژیم کنیما تیکی همگرا شکل گرفته‌اند. گسل برشی اصلی و گسل‌های موازی با آن

درمیان سامانه یاد شده بطور عمده روند غرب، شمال غربی تا شرق، جنوب شرقی را (N 80 – 85 W) داشته و مؤلفه اصلی حرکت آن راستالغز چپ رو می‌باشد.

در اثر جابجائی گسل برشی اصلی و گسل‌های موازی با آن، سامانه گسل‌های مرتبط با پهنه برشی به صورت شکستگی‌های مزدوج در دو سری گسل اصلی شکل گرفته به‌طوریکه در منطقه حداقل تا نسل سوم توسعه دارند و در برخی موارد پیشروی شکستگی‌های نسلهای مختلف طی مراحل دگرشکلی، ارتباط هندسی پیچیده‌ای را بین آنها موجب شده است به‌طوریکه تشخیص نسل شکستگی‌ها را مشکل ساخته است.

از دیگر گسل‌های منطقه می‌توان به گسل راندگی با مؤلفه راستالغز راسترو در شمال روستای ابوالخازن، واقع در شمال شرقی منطقه اشاره نمود که سبب جاگیری واحدهای $K3$ در مقابل T^a شده است و جهت حرکتی از شمال شرق به سمت جنوب غرب دارد.

از گسل‌های جوان (کواترنری) منطقه می‌توان به گسل‌های واقع در مرکز و شمال منطقه اشاره نمود که سبب قطع رسوبات کواترنری و تغییر شکل و جابجایی پادگانه‌های آبرفتی شده اند. از دیگر عناصر ساختاری می‌توان به چین‌خوردگی در منطقه اشاره نمود که بصورت چین‌های ملایم و باز، بصورت تاقدیس و ناودیس‌های پی در پی در کل منطقه (در اثر فاز کوهزایی لارامید و جوانتر) ایجاد شده است.

آغاز فعالیت‌های آتشفشانی منطقه در آغاز ترشیری در محیط دریائی کم‌ترفا و گاهی خشکی انجام گرفته و ترکیب گدازه‌های آنها اغلب مربوط به محیط آبی کم عمق است. با توجه به تجزیه‌های شیمیایی انجام شده و اطلاعات مندرج در گزارش شماره 51 سازمان زمین‌شناسی و نیز ورقه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، ماهیت کلی سنگ‌های آتشفشانی این منطقه در سری کالکوالکالنی با پتاسیم بالا است که از نظر زمین‌ساختی می‌تواند مربوط به زونهای فرورانشی و یا مناطق درون صفحه‌ای باشد [عضدی ۱۳۸۲].

آخرین رخداد چین‌خوردگی ناحیه در فاصله زمانی پلیوسن- پلیستوسن بوقوع پیوسته و سبب چین‌خوردگی رسوبات و قطع رسوبگذاری در حوضه‌های رسوبی شده است، بطوریکه دربرگه‌های اطراف سبب نهشته شدن کنگلومرای پلیوسن- پلیستوسن شده است.

در حال حاضر نیز این همگرایی هنوز ادامه دارد به طوری که فعالیت گسل‌های جوان و کواترنری که سبب قطع و جابجایی سیستم زهکشی تراسهای آبرفتی کواترنری شده، جملگی بیانگر فعالیت‌های جوان و نئوزمین ساختی در منطقه می‌باشد.

۲-۵- معادن فعال، اندیس‌های معدنی و معادن متروکه

معادن فعال، اندیس‌های معدنی و معادن متروکه عبارتند از [کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۵]:

آهن

در بخش شمال شرقی منطقه (شمال غرب کلاته منجی، $20^{\circ} 54' 57''$ طول شرقی و $28^{\circ} 22'$ عرض شمالی) فعالیت‌های معدن کاری جهت استخراج و بهره برداری از ترکیبات آهن (اکسید و هیدروکسیدهای آهن) در حال انجام است. این ذخیره معدنی در افق‌های خاصی از سنگ‌های کربناته کرتاسه رخنمون دارد.

سیلیس

در بخش شمال غرب طاهرآباد فعالیت‌های معدن کاری جهت استخراج و بهره برداری سیلیس در حال انجام است. این ذخیره معدنی همراه با سنگ‌های کربناته کرتاسه رخنمون دارد و از گسترش و خلوص بسیار بالایی برخوردار است. در حال حاضر از این ذخیره جهت ساخت گلوله‌های سیلیسی با کاربرد در صنایع سرامیک استفاده می‌شود.

مس

شواهد کانی‌سازی و آثار بهره برداری‌های قدیمی از اندیس‌های مس در چند نقطه در وره طاهرآباد شناسایی گردیده است که مهمترین آنها عبارتند از:

معادن متروکه حیدری

معادن متروکه حیدری در جنوب روستای کجه (مرکز منطقه طاهرآباد) واقع شده است. فعالیت‌های معدنی شدادی به صورت حفاری‌های بسیار محدود و سرباره‌های حاصل از ذوب کانسنگ در منطقه دیده می‌شود. معادن متروکه حیدری به صورت رگه‌ای با سنگ میزبان پیروکلاستیک می‌باشد.

رگه اصلی از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و با امتداد N50E طولی در حدود ۲/۵ کیلومتر دارد که بر روی آن چاه اصلی و ترانشه‌ها حفر گردیده است. با توجه به این که کانی‌سازی مس در امتداد زون گسلی بوده، ترانشه‌های حفر شده نیز همین امتداد را تعقیب می‌کنند. دگرسانی سیلیسی حامل کانی‌سازی می‌باشد به طوری که ماده معدنی درون سنگهای سیلیسی شده دیده می‌شود.

رگه فرعی به موازات رگه اصلی قرار گرفته و طولی حدود ۱/۵ کیلومتر دارد. حفاری‌ها در این رگه نسبت به رگه اصلی بسیار کمتر بوده و به صورت ترانشه‌های منقطع می‌باشد. ترانشه‌های حفر شده در این رگه ضخامتی حدودی کمتر و عمق ۱ تا ۳ متر دارند.

معادن متروکه مس کجه (رحیمی)

معادن متروکه مس کجه (رحیمی) کانساری رگه‌ای است. آثار معدنکاری شامل عملیات وسیع بهره‌برداری سطحی و زیرزمینی از رگه‌هاست. علاوه بر کارهای معدنی متروکه، آثار کارهای معدنی شدادی نیز در این معدن به سختی قابل تشخیص است.

کانی‌سازی در سنگ‌های پیروکلاستیکی داسیتی و گدازه‌های آندزیتی ائوسن صورت گرفته است. واحدهای توفی عمدتاً دارای ترکیب داسیتی بوده و گدازه‌ها عمدتاً آندزیتی هستند. امتداد عمومی طبقات شمال شرق - جنوب غرب و شیب عمومی آنها ملایم و بسوی شمال غرب می‌باشد. کانی‌سازی در قالب دو رگه اصلی در منطقه وجود دارد. امتداد رگه‌ها شمال شرق - جنوب غرب و تقریباً بموازات لایه‌بندی طبقات است و شیب لایه‌ها نزدیک به قائم بوده و لایه‌های سنگ میزبان بوسیله رگه‌ها قطع می‌شوند.

آثار کانی‌سازی در سطح زمین بصورت رگچه‌های موازی از کوارتز و اکسید آهن دیده می‌شود. فاصله رگه‌های سیلیسی و اکسید آهن را سنگ میزبان آتره تشکیل می‌دهد. لکه‌های کانسنگ اکسیدی مس در سطح رگه تقریباً فراوان است. وجود اکسید آهن و آثار سطحی مس اکسیدی نشان از حضور کانسنگ سولفیدی مس و آهن (کالکوپیریت) در عمق است. شواهد سطحی نشان می‌دهد که ذخیره استخراج شده توسط بهره‌بردار قبلی دارای عیار اقتصادی بوده است. این عیار در گزارشات موجود حدود ۳ درصد اعلام شده است.

دیگر اندیس‌های مس

شواهد کانی‌سازی دیگری در جنوب تا جنوب شرق محدوده وجود دارد (مثلاً در شمال کله کوه و در شمال غرب چاه پالان) که بعضاً تا ۲/۵ درصد مس و حدود ۰/۵ گرم در تن طلا در آنها گزارش شده است.

سرب

کانی‌سازی سرب به صورت گالن همراه با برخی از کانی‌سازی‌های مس و آهن به ویژه در شمال شرق ورقه مورد مطالعه گزارش شده است.

۳-۱- مقدمه

امروزه شاهد گسترش روزافزون سیستم‌های اطلاعاتی در سطح جهان می‌باشیم. از جمله سیستم‌های اطلاعاتی که در دهه اخیر توسعه چشمگیری یافته‌اند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد که تعداد و تنوع آنها در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه در حال افزایش است.

GIS تحولی چشمگیر در بسیاری از رشته‌های کاربردی پدید آورده است زیرا پردازش و تجزیه و تحلیل لایه‌های مجزایی از داده‌های فضایی را امکان‌پذیر می‌کند و ابزارهایی برای تجزیه و تحلیل و مدل‌سازی روابط متقابل میان لایه‌ها را فراهم می‌آورد [هيام، ۱۳۸۳].

همچنین یکی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات علوم زمین استفاده از فن‌آوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. استفاده از فناوری دورسنجی و بکارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در وقت و افزایش دقت و سرعت می‌گردد و لذا روز به روز بر اهمیت این فناوری افزوده می‌شود. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر از این روش‌ها استفاده شده در ادامه مختصری از کلیات این روش‌ها ذکر می‌گردد.

۳-۲- GIS چیست؟

چند سالی است که سیستم اطلاعات جغرافیایی در جهان رونق فراوانی پیدا کرده است و در دنیای صنعت مبالغ گزافی برای تهیه سیستم اطلاعات جغرافیایی هزینه می‌گردد، همچنین کاهش سریع قیمت سخت‌افزارهای کامپیوتری باعث شده که GIS در عرض چند سال استفاده، چنین رواج و رونقی پیدا کند [نوائی و عادل‌نیا، ۱۳۸۳].

تلاش‌های گسترده‌ای به منظور تعریف GIS صورت گرفته است که انتخاب یک تعریف قطعی برای آن را دشوار می‌سازد. هر تعریفی برای GIS به این امر بستگی دارد که زمینه و دیدگاه آن از سوی چه کسی ارائه شود. یک تعریف عام از GIS به این صورت است:

ذخیره‌سازی، طبقه‌بندی، پردازش، تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه و نتیجه‌گیری داده‌های مکانی با استفاده از نرم‌افزارهای مناسب، به کمک رایانه و متناسب با نیاز کاربر. و یک تعریف ساده برای GIS به این صورت است:

یک سیستم اطلاعات جغرافیایی یا ساده‌تر GIS، یک سیستم رایانه‌ای برای مدیریت داده‌های فضایی است [Andrada, 2004].

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی از سه بخش تشکیل شده‌اند:

الف- جغرافیایی: گویای آن است که موقعیت‌های موضوع داده‌ها، برحسب مختصات جغرافیایی (طول و عرض)، شناخته شده‌اند یا می‌توانند شناخته شوند. به عبارتی هر پدیده‌ای در GIS باید در یک فضای سه بعدی یا دوبعدی نمایش داده شود. پدیده‌ها را با مختصات جغرافیایی در نقشه‌ها نشان می‌دهند.

ب- اطلاعات: نشان دهنده آن است که داده‌ها در GIS برای ارائه دانسته‌های مفید، نه فقط به صورت نقشه‌ها و تصاویر رنگی بلکه به صورت گرافیک‌های آماری، جداول و پاسخ‌های نمایشی متنوعی به منظور جستجوهای تعاملی سازماندهی می‌شوند. نوع اطلاعات کاربرد سیستم GIS را نشان می‌دهد. بنابراین GIS می‌تواند کاربردهای متفاوتی داشته باشد.

ج-سیستم: نشان‌دهنده این است که GIS از چندین قسمت متصل و وابسته به یکدیگر با کارکردهای گوناگون ساخته می‌شود. از آنجا که اطلاعات با استفاده از نرم‌افزار و رایانه ذخیره‌سازی، پردازش و تحلیل می‌شوند، از سامانه یا سیستم استفاده می‌شود.

بدین‌سان، GIS توانمندی‌های کاری را برای جمع‌آوری، ورود، پردازش، اصلاح، به تصویر درآوردن، ترکیب، جستجو، تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی و خروج داده‌ها دارد. یک GIS شامل یک بسته نرم‌افزاری از برنامه‌های رایانه‌ای با یک واسطه کاربر است که دستیابی به عملیات ویژه را فراهم می‌آورد. [Burrough, 1986]

اداره محیط زیست آمریکا در سال ۱۹۸۷ فهرستی از امکاناتی را که یک GIS خوب طراحی شده ارائه می‌دهد به شرح زیر بیان کرده است [Bonham-Carter, 1994].

الف- دسترسی آسان و سریع به حجم وسیعی از داده‌ها

ب- توانائی انجام فعالیت‌های زیر:

- انتخاب جزئیات با توجه به ناحیه یا موضوع

- ارتباط یا ادغام یک مجموعه از داده‌ها با سایر مجموعه داده‌ها

- مدل‌سازی داده‌ها و ارزیابی گزینه‌ها

- تحقیق برای ویژگی‌ها یا عوارض ویژه در یک ناحیه

- تحلیل ویژگی‌های مکانی داده‌ها

- به هنگام‌سازی سریع و ارزان داده‌ها

ج- امکانات خروجی (نقشه‌ها، نمودارها، فهرست‌نشانی‌ها و خلاصه‌آمار) که به منظور رویائی با نیازهای ویژه طراحی شده‌اند.

برای مثال، اکتشافات معدنی مستلزم در نظر گرفتن همزمان چندین نوع نشانگر فضایی برای ذخایر معدنی نظیر زمین‌شناسی، ساختار، ویژگی‌های ژئوشیمیائی و ژئوفیزیکی منطقه و همچنین محل، موقعیت و نوع اکتشافات معدنی گذشته است [Bonham-Carter, 1994].

۳-۳- مؤلفه‌ها و اجزاء GIS

سیستم اطلاعات جغرافیائی مانند دیگر سیستم‌های اطلاعاتی از سیستم‌های فرعی تشکیل یافته‌اند. سیستمی را می‌توان GIS دانست که شامل تمامی عملکردهای زیر باشد. به همان اندازه که تعریف GIS بحث برانگیز است در مورد مؤلفه‌های GIS نیز جای صحبت وجود دارد. مؤلفه‌های GIS مشتمل است بر [هایوود و کورنیوس، ۱۳۸۱]:

۱- سیستم رایانه‌ای (سخت افزار و سیستم عامل)

۲- داده‌های مکانی

۳- ورودی داده‌ها^۴

۴- مدیریت داده‌ها که عبارتست از ذخیره و بازیابی داده‌ها^۵

۵- پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها^۶

۶- خروجی داده‌ها^۷

۳-۳-۱- سیستم رایانه‌ای (سخت افزار و سیستم عامل)

GIS در تمام طیف‌های سیستم رایانه‌ای، از رایانه‌های شخصی تا ابر رایانه‌های چندکاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد در تمام موارد استفاده از GIS عناصر سخت‌افزاری وجود دارد که در کارائی عملیات GIS ضروری‌اند که عبارتند از [Bonham-Carter, 1994]:

- حافظه کافی جهت ذخیره سازی حجم وسیعی از داده‌ها

^۴Data Input

^۵ Data Management

^۶ Manipulation and Analysis

^۷ Output Data

- حضور یک پردازشگر با قدرت کافی برای اجرای نرم افزار

- دستگاه‌های ورودی و خروجی داده‌ها (برای نمونه: رقوم‌سازی‌ها^۱، اسکنرها^۲، صفحه کلید،

چاپگرها و.....)

- صفحه گرافیکی رنگی با قدرت تفکیک بالا و کیفیت مطلوب

همچنین تعدادی از عناصر نرم افزاری وجود دارد که باید امکان ورود، ذخیره‌سازی، مدیریت، تبدیل تحلیل و خروجی داده‌ها را برای کاربر فراهم آورد. در GIS نرم‌افزارهای متعددی استفاده می‌شوند که با نام‌های تجاری متفاوت ارائه می‌گردند. مهمترین آنها عبارتند از [Burrough, 1986]:

ArcView, ArcGIS, ArcInfo, Idrisi, MapInfo,.....

۳-۲-۳- داده‌های مکانی

داده‌های مکانی عبارتند از اطلاعاتی که مربوط به یک نقطه یا یک ناحیه مشخص و دارای مختصات باشند یا به عبارت دیگر داده‌ها و اطلاعاتی که دارای مختصات جغرافیائی مختص به خود باشند. تمام نرم‌افزارهای GIS برای اداره داده‌های مکانی طراحی شده‌اند (که با عنوان داده‌های جغرافیائی نیز از آنها یاد می‌شود) داده‌های مکانی اطلاعاتی را دربارهٔ موقعیت، شکل و اطلاعات توصیفی عوارض واقعی ذخیره می‌کند. داده‌های مکانی که به صورت لایه‌ها یا اشیاء ارائه می‌شوند، قبل از ذخیره‌سازی در رایانه، ساده‌سازی می‌شوند. یکی از شیوه‌های رایج برای انجام این کار، تجزیه تمام عوارض جغرافیائی به سه نوع عارضه اصلی است. این سه عارضه اصلی عبارتند از: مؤلفه‌های نقاط، خطوط و نواحی (۶).

بطور مثال برای نمایش عوارضی مانند ساختمان‌ها، معادن فعال و غیر فعال، اندیس‌ها و نشانه‌های معدنی و..... از نقاط برای نمایش عوارضی مانند جاده‌ها، رودخانه‌ها، گسل‌ها و ساختارهای خطی و..... از خطوط و برای نمایش عوارضی مانند نواحی دارای دگرسانی نواحی دارای ترکیب سنگی مشابه و.... از نواحی استفاده می‌شود.

^۲ Digitizer
^۱ Scanner

با استفاده از نرم‌افزارهای GIS می‌توان داده‌ها و عوارض مکانی را با دو مدل اصلی نشان داد این دو مدل عبارتند از: مدل رستری و برداری [Bonham-Carter, 1994].

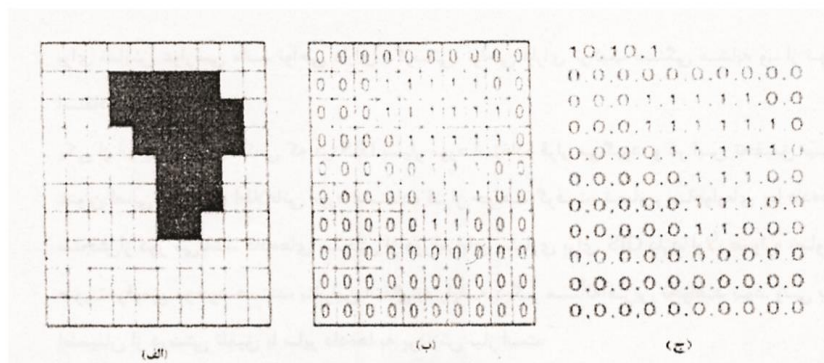
۳-۳-۱- ساختار داده‌های رستری^{۱۰}

در داده‌های رستری تمام سطح به شبکه‌ای از سلول‌های کوچک تقسیم می‌شوند [هيام ۱۳۸۳]. در حالت رستری، نقاط به صورت پیکسل‌های مجزا و خطوط به صورت رشته‌هایی از پیکسل‌های متصل ارائه می‌شوند. در مدل رستری هر تصویر به شکل مجموعه‌ای از سلول‌ها در نظر گرفته می‌شود. این موضوع اغلب ناخوشایند است زیرا اندازه پیکسل بزرگتر از آن است که بتواند عوارض بسیار نزدیک به هم را از یکدیگر تفکیک کند. با ثابت نگاه داشتن اندازه پیکسل در زمان ایجاد یک رستر، ترازهای جزئی و دقیق که مستلزم تفکیک بیشتری‌اند کم می‌شوند. در نقشه‌های زمین‌شناسی واحدهای چینه شناسی نازک مانند دایک یا سازندهای رسوبی کم ضخامت ممکن است به تفکیک رنگی نیاز داشته باشند که یک رستر را به مقدار غیرمجازی بزرگ کند.

شکل (۳-۱) آسانترین روش برای کدگذاری داده‌های رستری را نشان می‌دهد. در این نمونه ارزش ۱ برای سلول‌های دارای عارضه و ارزش ۰ برای سلول‌های فاقد عارضه منسوب می‌گردد. لذا داده‌های رستری را می‌توان به عنوان ماتریسی از مقادیر در نظر گرفت. سلول‌های موجود در هر خط تصویر به وسیله یک ردیف مساوی از ارقام در ساختار فایل منعکس می‌گردند. هر لایه از سلول‌های شبکه در یک مدل رستری یک خصوصیت جداگانه را ثبت می‌کند. سلول‌ها از نظر اندازه ثابت و معمولاً چهارگوش هستند اگر چه مستطیل، شش ضلعی و مثلث متساوی الاضلاع نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند. موقعیت-های سلول‌ها به کمک شماره ردیف و ستون آدرس‌دهی می‌شوند. مختصات فضایی به طور معمول آشکارا برای هر سلول ذخیره نمی‌شوند زیرا ترتیب ذخیره این عمل را به طور مستقیم انجام می‌دهد. اطلاعات درباره شماره ردیف‌ها و ستون‌ها به اضافه موقعیت جغرافیائی منشأ با هر لایه ذخیره می‌شود [هایوود و کورنیلوس، ۱۳۸۱].

^{۱۰} Raster

یکی از مزایای مدل رستری این است که داده‌های فضایی انواع مختلف می‌تواند بدون نیاز به محاسبات هندسی پیچیده لازم برای همپوشاندن نقشه‌های گوناگون در مدل برداری، روی هم قرار گیرند. کاربرد عمده داده‌های رستری ذخیره‌سازی اطلاعات نقشه به صورت تصاویر رقومی است که در آن مقادیر سلول‌ها با رنگ‌های پیکسل‌های تصویر در ارتباط هستند [هیام، ۱۳۸۳].



شکل ۳-۱- ساختار داده‌های رستری. الف- مدل عارضه‌ای ب- ارزش‌های سلولی

ج- ساختار فایل‌های [هایوود و کورنیوس، ۱۳۸۱]

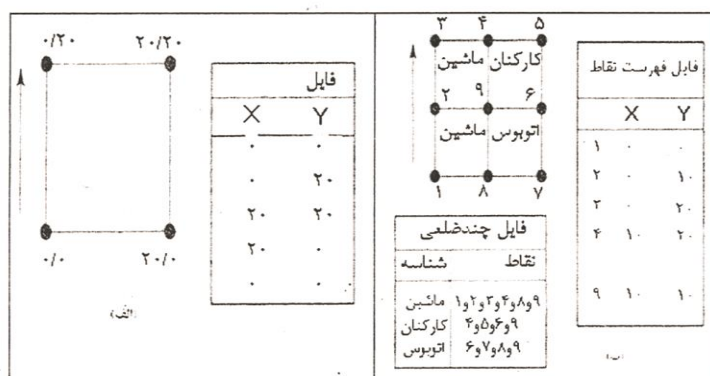
۳-۲-۲- ساختار داده‌های برداری^{۱۱}

نوع اصلی و اولیه مدل برداری به نام مدل اسپاگتی شناخته شده است [Bonham-Carter 1994]. ساده-ترین ساختار داده‌های برداری که می‌تواند برای باز تولید یک تصویر جغرافیایی در رایانه به کار رود فایل مشتمل بر جفت‌های مختصاتی (x, y) است که موقعیت عوارض نقطه‌ای منفرد (یا نقاط به کار رفته در ساختار خطوط یا نواحی) را نشان می‌دهد. در این ساختار نقاط با وسیله مقادیر یک زوج مختصات فضایی، خطوط به صورت دنباله‌ای از جفت‌های مختصات تعریف می‌شود که هر زوج مختصات تعریف کننده نقطه‌ای است که از اتصال آن نقطه‌ها خط ترسیم می‌گردد. نواحی به صورت خطوطی که حلقه‌های بسته یا پلی‌گون‌ها را تشکیل می‌دهند، نشان داده می‌شوند و مشابه با خط تعریف می‌شود با این تفاوت

^{۱۱} Vector

که فقط نقاط ابتدا و انتها برای تشکیل سطح بسته کامل بهم وصل می شوند [هیام، ۱۳۸۳].

شکل (۲-۳) ساختار داده‌های برداری را به عنوان نمونه در یک پارکینگ ماشین نشان می‌دهد چنانچه ساختار ساده داده‌ها که در شکل (۲-۳) نشان داده شده برای ثبت این عارضه به کار رود در این صورت خط مرزی مشترک میان چند ضلعی‌های همجوار دوباره ذخیره‌سازی می‌شود. این امر برای بعضی نمونه‌ها مشکل‌ساز می‌شود و داده‌های تکراری باید مدنظر قرار گیرند. به این منظور تمام نقاط در ساختار داده‌ها باید شماره‌گذاری شوند تا به این ترتیب نقاط مرتبط با چند ضلعی‌ها ثبت شوند [نوائی و عادل‌نیا، ۱۳۸۳]. این مدل سر راست و مستقیم و ساختار داده‌ای معادل برای سیستم های گرافیک ارزان و ایده‌آل است [Bonham-Carter, 1994].



شکل ۲-۳- ساختار داده‌های برداری الف- ساختار ساده داده‌ها

ب- فهرست نقاط [نوائی و عادل‌نیا، ۱۳۸۳]

۳-۳-۳-۳- مقایسه بردار و رستر

هر دو نوع داده رستری و برداری تفاوت‌های مهمی با هم دارند که عبارتند از [هيام، ۱۳۸۳]:

جدول ۳-۱- مقایسه بردار و رستر [هيام، ۱۳۸۳]

| رستری | برداری |
|--|--|
| حجم داده‌ها نسبتاً زیاد است | حجم داده‌ها نسبتاً کم است |
| نمایش داده‌ها کندتر است | نمایش داده‌ها سریعتر است |
| هیچ اطلاعات توصیفی ندارند | امکان ذخیره‌سازی اطلاعات توصیفی وجود دارد |
| جذابیت بیشتری برای چشم دارند | جذابیت کمتری برای چشم دارند |
| بطور ذاتی نحوه نمایش داده‌ها را در GIS ذخیره می‌کنند | در مورد نحوه نمایش داده‌ها در GIS چیزی را دیکته نمی‌کنند |

۳-۳-۳- ورودی داده‌ها (Data Input)

مؤلفه ورودی داده‌ها، آنها را از شکل موجودشان به شکل قابل استفاده در GIS تبدیل می‌کند. این فرایند مشتمل است بر روش‌های تأیید صحت داده‌ها و روش‌های تبدیل برای اینکه داده‌های به دست آمده از منابع متفاوت مورد استفاده قرار گیرند. GIS باید بتواند از عهده اداره دو نوع داده یعنی داده های مکانی و داده‌های توصیفی غیرمکانی برآید.

داده‌های مکانی ویژگی‌های مکانی عارضه جهان واقع مدل‌سازی را توصیف می‌کند و داده‌های توصیفی غیرمکانی آنچه را که عوارض نشان می‌دهد، توصیف می‌کنند آنها آنچه را که مجموعه‌ای خاص از عوارض ارائه می‌دهند، در اختیار رایانه می‌گذارند. داده‌های زمین مرجع معمولاً به شکل نقشه‌های کاغذی و جداولی از اطلاعات توصیفی فایل‌های الکترونیک از نقشه‌ها و اطلاعات توصیفی مربوط به آنها، عکس‌های

هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای می‌باشند. ایجاد پایگاه‌های بزرگ داده‌ها ممکن است ۵ تا ۱۰ برابر سخت-افزار و نرم‌افزار GIS هزینه دربرداشته باشد [هایوود و کورنیلوس، ۱۳۸۱].

به طور کلی مرحله وارد نمودن داده‌ها بسیار وقت‌گیر و پرهزینه بوده و ممکن است ماه‌ها و یا حتی سال‌ها به طول انجامد. قبل از اینکه مرحله وارد نمودن داده‌ها آغاز شود، روش‌های وارد کردن این داده‌ها و استانداردهای کیفیت باید دقیقاً مورد توجه قرار گیرند. روش‌های مختلف وارد نمودن داده‌ها باید براساس پردازش‌هایی که قرار است روی داده‌ها انجام گیرند، استانداردهای مورد نظر برای دقت و خروجی‌هایی که قرار است تهیه گردند مورد ارزیابی قرار گیرند. مهمترین شیوه‌های واردسازی داده‌ها در GIS عبارتند از: ورود از طریق صفحه کلید، رقوم‌سازی دستی، رقوم‌سازی خودکار و انتقال الکترونیکی داده‌ها [Bonham-Carter, 1994].

۳-۳-۴- مدیریت داده‌ها (management data)

مدیریت داده‌ها یکی از مولفه‌های GIS بوده و شامل توابعی برای ذخیره، نگهداری و بازیابی اطلاعات موجود در پایگاه داده‌ها می‌باشد [آرنف ۱۳۷۵]. ساختار داده‌ها روشی است که داده‌ها براساس آن سازماندهی می‌شوند و چگونگی ارتباط فایل‌ها با یکدیگر (سازماندهی پایگاه داده‌ها)، تعیین‌کننده محدودیت‌های موجود در بازیابی اطلاعات و سرعت عملیات بازیابی می‌باشند. داده‌ها می‌توانند به راه‌های گوناگون مرتب شوند و اگر طرح کلی سازماندهی برای کاربرد عملی مناسب نباشد، اطلاعاتی مفید را نمی‌توان به آسانی به دست آورد. روش‌های گوناگون برای سازماندهی داده‌ها به صورت فایل‌هایی که کامپیوتر بتواند آنها را بخواند وجود دارند.

ویژگی اصلی برای سازماندهی داده‌های GIS موقعیت فضایی است. جدولی از داده‌های ژئوشیمیایی می‌تواند برای تجزیه و تحلیل روابط میان عناصر ژئوشیمیایی بر روی نمودارهای پراکندگی جالب باشد، اما بدون در دست داشتن موقعیت نمونه‌ها، تفسیر الگوهای فضایی و روابط آنها با سایر داده‌های فضایی، نظیر جنس سنگ، نمی‌تواند انجام گیرد. همچنین داده‌های GIS بر طبق ویژگی‌های غیرفضایی سازماندهی می‌شوند. برای مثال، تفسیر داده‌های ژئوشیمیایی ممکن است به شناسایی الگوهای فضایی از نسبت‌های عناصر یا به گروهی از مشاهدات مبتنی بر روش تجزیه و تحلیل یا سال جمع‌آوری داده‌ها

بستگی داشته باشد. بنابراین مدل‌های داده‌ای باید مشاهدات انجام شده توسط خصوصیات فضایی و هم غیر فضایی را سازماندهی کند [Bonham-Carter, 1994].

۳-۳-۵- پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها (manipulation and analysis)

این بخش بدنه اصلی یک پروژه GIS را تشکیل می‌دهد. تجزیه و تحلیل فرآیند استنباط یا دریافت مفهوم از داده‌هاست. تجزیه و تحلیل اغلب در یک GIS به صورت بصری انجام می‌شود. توابع مربوط به تجزیه و تحلیل و کار با داده‌ها در یک GIS، تعیین‌کننده اطلاعاتی هستند که می‌تواند توسط این سیستم ایجاد شود. لیستی از قابلیت‌های مورد نیاز به عنوان جزئی از نیازمندی‌های سیستم باید تعریف شوند. تجزیه و تحلیل فضایی در محیط GIS، تنها به معنی تجزیه و تحلیل داده‌های فضایی است. برای مثال، جدول بندی سراسری دو نقشه ممکن است به نتایج سودمندی درباره رابطه میان دو نقشه پایان پذیرد، اگر چه مختصات فضایی نقش مستقیمی در خلاصه آماری ایفا نکند. برای پیش بینی روش تجزیه و تحلیل داده‌ها در یک GIS نیاز به دخالت کاربران در مشخص نمودن توابع و عملکردهای لازم برای سیستم می‌باشد [آرنف ۱۳۷۵]. همچنین تجزیه و تحلیل در GIS به کمک اندازه‌گیری، محاسبات آماری به کمک رایانه، تطبیق مدل‌ها با مقادیر داده‌ها و سایر عملیات می‌تواند اجرا شود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌توان از عملیات مختلف و متفاوتی روی مجموعه داده‌ها استفاده کرد که عبارتند از اندازه‌گیری در GIS، جستجو، رده‌بندی مجدد، عملکردهای بافرینگ و ترکیب داده‌ها [Bonham-Carter, 1994].

۳-۳-۶- خروجی داده‌ها (data output)

داده‌های خروجی در GIS های مختلف از لحاظ کیفیت، دقت و سهولت استفاده، بسیار متنوع‌تر از قابلیت‌های این سیستم‌ها می‌باشند [آزموده، بحیرایی ۱۳۷۸]. فرم خروجی داده‌های مورد استفاده به محدودیت‌های هزینه افرادی که از نتایج بهره‌مند می‌شوند و تسهیلات خروجی موجود بستگی دارد. داده‌های خروجی ممکن است به اشکالی از قبیل نقشه، جدولی از مقادیر و یا نوشتار بوده و بصورت کاغذی و یا بصورت رقومی ارائه گردند. به هر حال اکثر خروجی‌های GIS به صورت نقشه است. این خروجی‌ها ممکن است در صفحه نمایش ارائه شود تا برای ارتباط فوری با افراد یا گروه‌های کوچک به طور رقومی ذخیره، عکس‌برداری یا ترسیم شوند و نسخه چاپی دائمی به دست دهند. توابع خروجی مورد نیاز بر اساس نیازهای کاربران تعیین می‌شوند لذا دخالت کاربران در مشخص نمودن خروجی‌های مورد نیاز بسیار مهم می‌باشد [Bonham-Carter, 1994].

۳-۴- منابع اطلاعات جغرافیایی

۳-۴-۱- نقشه

یکی از منابع اصلی که در شناخت محیط و مطالعات مختلف توسعه و عمران کارایی دارد نقشه است. بنا به وسعت و حجم کار و نیاز هر یک از مراحل مطالعه و برنامه و طرح تا اجرا و نظارت در مقیاس‌های مختلف نقشه‌هایی با اطلاعات مناسب مورد بهره‌برداری می‌باشد. به عبارتی دیگر از مطالعه اجمالی و شناخت کلی منطقه تا طرح‌های تفصیلی و در مقیاس اجرائی همه مستلزم نقشه است [آزموده و بحیرایی، ۱۳۷۸].

۳-۴-۲- عکس‌های هوایی

منبع دیگر عکس‌های هوایی می‌باشد که سال‌ها در سیستم شهرسازی و فعالیت‌های عمرانی مورد استفاده قرار گرفته است. عکس‌های هوایی به دلیل اینکه حاوی اطلاعات زیادی از زمین هستند به کمک آنها می‌توان بدون تماس و کار گسترده میدانی به شناخت نسبتاً جامعی از منطقه مورد مطالعه دست یافت. از جمله کارهایی که با عکس‌های هوایی انجام‌پذیر است عبارتند از: تشخیص ساختمان‌ها و کاربری‌ها، مطالعه حمل و نقل شهری، پدیده‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی ساختمانی، مطالعه

مناطق کوهستانی، بررسی و تشخیص تجانس بین مناطق مختلف شهری است [آزموده و بحیرایی، ۱۳۷۸].

۳-۴-۳- تصاویر ماهواره‌ای

در سال‌های اخیر اطلاعات ماهواره‌ای و تکنولوژی جدید سنجش از دور پیشرفت‌های چشمگیری داشته و بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای در بررسی‌های مختلف زمین هر روز از وسعت بیشتری برخوردار است. این تکنولوژی از ویژگی‌هایی برخوردار است که در بسیاری از موارد جایگزین عکس‌های هوایی می‌گردد. در دانش سنجش از دور می‌توان اطلاعات مفیدی از اشیاء و پدیده‌های مختلف روی زمین را بدون تماس به دست آورد. سنجش از دور دارای دو فرایند اصلی تصویربرداری و تجزیه و تحلیل تصاویر می‌باشد که روش‌های مختلف تصویربرداری عامل تفاوت‌ها و خصوصیات گوناگون اطلاعات ماهواره‌ای است [آزموده و بحیرایی، ۱۳۷۸].

۳-۵- روش‌های GIS برای تهیه نقشه پتانسیل دار معدنی

روش‌های GIS برای تهیه نقشه پتانسیل دار معدنی به دو مرحله اصلی تقسیم می‌شوند [آرنف ۱۳۷۵]:

۱- استخراج داده‌ها

۲- طبقه‌بندی

استخراج داده‌ها شامل موارد زیر است:

۱- گردآوری اطلاعات و داده‌های اولیه و ایجاد پایگاه داده از کلیه داده‌های موجود

۲- رقومی کردن و آماده‌سازی برای محیط GIS داده‌ها به عبارت دیگر داده‌ها باید به طور

صحیح ژئورفرنس شوند که شامل انتخاب یک اطلاعات مناسب و یک نقشه برای نمایش داده‌ها است.

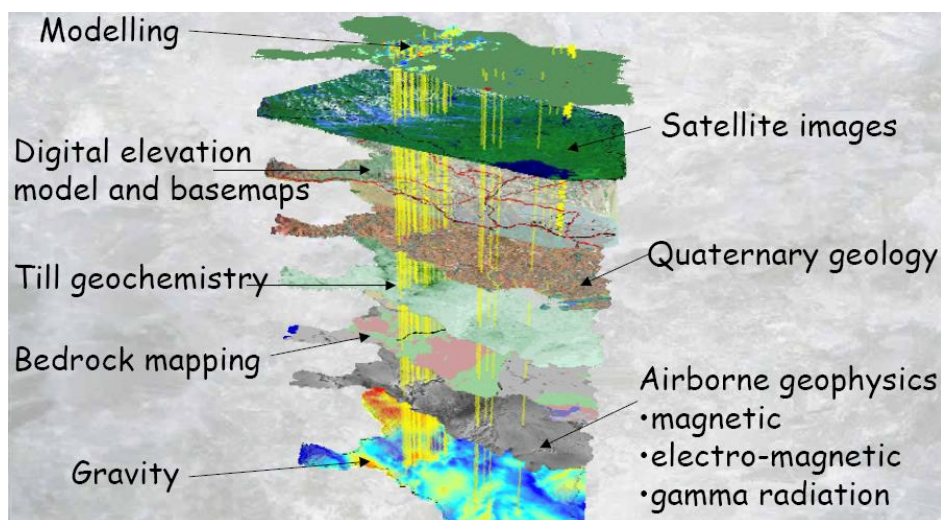
طبقه‌بندی عمدتاً بر پایه بیش از یک خصیصه صورت می‌گیرد. هر اندازه‌گیری از یک موضوع یک بردار از چند خصیصه را شامل می‌شود و بعد آن نیز فضای خصوصیات را شکل می‌دهد.

در طبقه‌بندی تعیین خصوصیتی که بیشترین اطلاعات را به ما می‌دهند، بسیار مهم می‌باشد که شامل موارد زیر است [Haris et al, 2001]:

۱- پردازش داده‌ها برای بیرون کشیدن الگوهای فضایی مربوط به اهداف طرح

۲- ترکیب شواهد بدست آمده به منظور پیش‌بینی پتانسیل معدنی

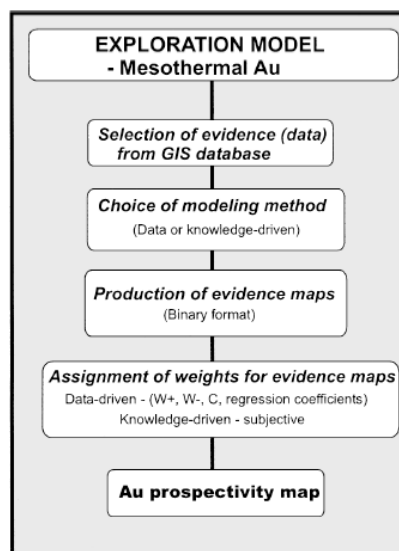
توانایی‌های اصلی GIS توانایی جمع‌آوری و ترکیب لایه‌های چند گانه داده‌های علوم زمین در نقشه‌های پتانسیل‌دار معدنی که نشان‌دهنده مناطق مورد دلخواه برای اکتشاف مواد معدنی است، می‌باشد. هدف نهایی اغلب پروژه‌های GIS ترکیب و تلفیق داده‌های فضایی از منابع گوناگون با هم است تا به این ترتیب اثرات متقابل، توصیف و تجزیه و تحلیل شود، و با کمک مدل‌ها پیش‌بینی‌هایی صورت گیرد و برای تصمیم‌گیرندگان تکیه‌گاهی فراهم شود (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳- ترکیب لایه‌های چند گانه داده‌های علوم زمین

عملکردهای مدل‌سازی متنوعی در GIS برای تهیه نقشه‌های پتانسیل دار معدنی وجود دارد. بسیاری از عملکردهای تحلیلی به کاررفته در GIS وقتی با عملکردهای ارائه شده به وسیله سایر نرم‌افزارهای مدل سازی تکمیل شوند محیطی برای ساخت مدل‌هایی که کاربرد ویژه‌ای دارند فراهم می‌آورند.

شکل (۳-۴) خلاصه روش مدل‌سازی است که این متدلوژی شامل انتخاب یک مدل اکتشافی، انتخاب و آماده‌سازی نقشه‌های نشانگر و جمع‌آوری نقشه‌های نشانگر برای ایجاد کردن نقشه‌های پتانسیل دار طلا با استفاده از روش‌های مدل‌سازی متکی بر داده یا دانش است [Andrada, 2004].



شکل ۳-۴- اصول تهیه نقشه پتانسیل دار معدنی [Andrada, 2004]

روش‌های مدل‌سازی متکی بر دانش کارشناسی

روش‌های مدل‌سازی متکی بر دانش کارشناسی عبارتند از [Harris et al, 2001]:

۱- روش بولین (Boolean logic)

۲- همپوشانی شاخص (Index Overlay)

۳- منطق فازی (Fuzzy logic)

۴- منطق شبکه‌ای و ساختار داده‌ای تصمیم‌گیری (Inference networks and decision trees)

۵- نظریه دمپستر- شفر (Demster-Shafer)

۶- روش تحلیلی سلسله مراتبی (Analytical hierarchy process (AHP))

روش‌های مدل‌سازی متکی بر داده

روش‌های مدل‌سازی متکی بر داده عبارتند از [Harris et al, 2001]:

۱- مدل وزن‌های نشانگر (Weights of evidence (WofE))

۲- مدل رگرسیون لجستیکی (Logistic regression)

۳- تجزیه و تحلیل شبکه عصبی (Neural networks)

فنون طبقه‌بندی به دو گروه وسیع عددی و غیر عددی تقسیم می‌شوند. فنون عددی شامل اندازه‌گیری قطعی و آماری است که در فضای هندسی شکل‌ها صورت می‌گیرد که از جمله روش‌های عددی که در مدل‌های متکی بر داده استفاده می‌کنیم مدل WofE است. فنون غیر عددی فنونی است که در حوضه پردازش نمادها صورت می‌گیرد و با روش‌هایی چون مجموعه‌های فازی ارتباط می‌یابد.

۳-۵-۱- روش وزن‌های نشانگر^{۱۲}

برای به حداقل رساندن تاثیر یک موضوع در تعیین وابستگی فضائی بین ذخایر معدنی و مشخصات زمین‌شناسی باید یک روش کمی مورد استفاده قرار گیرد. روش وزن‌های نشانگر یک روش کمی است

^{۱۲}Weight of evidence

که به منظور کمی کردن همراهی کننده‌های مکانی و چندین نوع متفاوت ویژگی‌های زمین شناختی به کار می‌رود [Asadi, Hale 2001]. روش وزن‌های نشانگر برای تهیه نقشه‌های پتانسیل کانی‌سازی استفاده می‌شود. این روش در سرتاسر جهان برای کانسارهای مختلف انجام شده است از جمله الف) ذخایر طلای رگه‌ای در نوااسکاتیا در کانادا ب) ذخایر طلای اپی ترمال تیپ کارلین نوادا در آمریکا و می‌توان اشاره کرد [Bonham-Carter, 1994].

مجموعه نقشه‌های نشانگر از داده‌های ژئوفیزیک، ژئوشیمی و زمین‌شناسی نتیجه می‌شود که برای ایجاد نقشه‌های پتانسیل دار طلا با استفاده از آمار بیسین ترکیب می‌شوند. وابستگی فضایی هر نقشه نشانگر با مراجعه محل منظرهای طلای مشخص تعیین می‌شود. یک جفت از وزن‌ها W^+, W^- از درجه همپوشانی بین مکان‌های (منظرهای) طلای مشخص و نقشه نشانگر دوتایی تعیین می‌شود که برای هر نقشه نشانگر دوتایی حساب می‌شود. اگر وابستگی فضایی بین مکان‌های (منظرهای) طلا و نقشه‌های نشانگر دوتایی وجود نداشت سپس $W^+ = W^-$ مقدار مثبت W^+ و وابستگی مثبت بین منظرهای طلا و نقشه نشانگر را نشان می‌دهد. مقدار کنتراست $C = W^+ - W^-$ درجه وابستگی فضایی بین منظرها و نقشه نشانگر را منعکس می‌کند. مقدار بزرگتر C یک وابستگی قویتر بین منظرهای طلا و نقشه نشانگر را نشان می‌دهد

این روش از یک شکل خطی از مدل احتمال بیسین برای تخمین اهیت نسبی نشانگرها به وسیله میانگین‌های آماری استفاده می‌کند. رویکرد بیسین به مسائل ترکیب مجموعه داده‌ها از چارچوب احتمالات استفاده می‌کند یکی از مفاهیم اصلی در رویکرد بی‌سین ایده تقدم و تأخر احتمالات است.

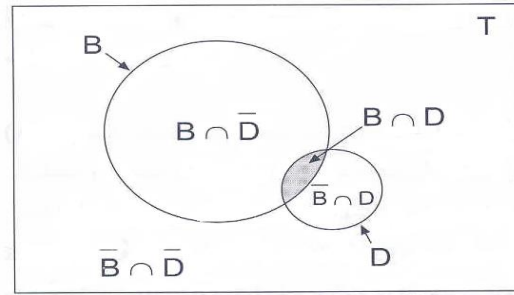
در یک ناحیه مورد مطالعه که شامل تعداد معینی ذخیره معدنی می‌باشد، احتمال متقدم عبارتست از احتمال وجود یک ذخیره در هر واحد از ناحیه، که برابر است با نسبت تعداد ذخایر به کل ناحیه مورد مطالعه. این ارزیابی اولیه ممکن است در مراحل بعدی و در نواحی مختلف با استفاده از سایر نشانگرها کم یا زیاد شود. احتمال متقدم می‌تواند در یک فاکتور ضرب شود تا احتمال متاخر به دست آید. این فاکتور از وجود یک ذخیره به عنوان نشانگر به دست می‌آید. اگر احتمال متاخر در فاکتور دیگری ضرب شود در این روش از احتمال متقدم برای به دست آوردن یک احتمال متاخر دوم استفاده می‌شود [آزموده و بحیرایی، ۱۳۷۸].

در طی تبدیل نقشه چند کلاسه به نقشه دوتایی تعداد زیادی از اطلاعات کانی‌سازی از دست می‌روند یا اضافه می‌شوند به علت اینکه تعمیم کلاس در فاصله تجمعی به صورت شکل خطی مبنی بر کنتراست ماکزیمم است که با یک فاصله تجمعی منطبق است. به علاوه، بعضی داده‌های نشانگر (شاهد) توسط این روش نمی‌تواند تولید شود به علت اینکه کنتراست ماکزیمم وجود ندارد. در این مدل $(W^+ - W^-)$ بزرگتر یا کوچکتر از صفر، به عنوان یک معیاری برای طبقه‌بندی مجدد کلاس‌های مشابه نسبت به حضور یا عدم حضور کلاس‌ها برای تبدیل نقشه چند کلاسه به نقشه‌های دوتایی استفاده می‌شود. این مدل می‌تواند در دو داده پی‌درپی (متوالی) و قطعی کاربرد داشته باشد $(W^+ - W^-)$ از نقشه‌های دوتایی ایجاد می‌شود و می‌تواند دوباره حساب شوند، و چندین نقشه دوتایی که می‌تواند جمع شوند و نشانگرهای (شواهد) دوتایی مجدداً طبقه‌بندی شوند از همدیگر مستقل شرطی هستند. این روش به طور موثر داده‌های مصنوعی را کاهش می‌دهد و هر دو داده واقعی و غیر واقعی را به کار می‌برد [Zhiqing and Qiuming 2005].

۳-۵-۱-۱- فرمول‌بندی احتمالات در روش وزن‌های نشانگر

یک منطقه مورد مطالعه در شکل (۳-۵) نشان داده شده است، $N\{T\}$ متشکل از تعدادی واحد سطح منطقه (سلول‌های واحد سطح منطقه) و $N\{D\}$ شامل تعدادی کانسار می‌باشد [Burrough, 1986]. فرض بر این است که هر ذخیره یک واحد سطح (یک سلول واحد) را اشغال می‌کند. احتمال اینکه یک سطح یا سلول واحد تصادفاً انتخابی در نقشه شامل کانسار باشد در صورتیکه هیچ اطلاعات دیگری در دسترس نباشد برابر است با:

$$P(D) = N(D) / N(T) \quad (۱-۳)$$



شکل ۳-۵- محدوده مورد مطالعه (T) [Bonham-Carter, 1994]

رابطه (۱-۳) به عنوان احتمال متقدم یک کانسار به کار می‌رود. اگر یک نقشه دوتایی یک نشانگر جدید را معرفی کند و B این نشانگر جدید باشد احتمال یافتن کانسار جدیدی با فرض حضور نشانگر جدید به عنوان احتمال شرطی متاخر بیان می‌گردد.

$$P(D|B) = \frac{P(D \cap B)}{P(B)} = P(D) \frac{P(B|D)}{P(B)} \quad (۲-۳)$$

از طرف دیگر احتمال متاخر کانساری با فرض غیاب نشانگر جدید می‌تواند به صورت زیر بیان شود.

$$P(D|\bar{B}) = \frac{P(D \cap \bar{B})}{P(\bar{B})} = P(D) \frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B})} \quad (۳-۳)$$

احتمال (P) می‌تواند به صورت احتمال وقوع (O) یا اتفاقات یک ذخیره معدنی با استفاده از معادله بیان گردد:

$$O = \frac{P}{1-P} \quad (۴-۳)$$

بنابراین با توجه به روابط (۴-۳) اتفاقات یک ذخیره معدنی به ترتیب با حضور و عدم حضور نشانگر B برابر است با:

$$O(D|B) = O(D) \frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})} \quad (5-3)$$

$$O(D|\bar{B}) = O(D) \frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B}|\bar{D})} \quad (6-3)$$

که $O(D|B)$ و $O(D|\bar{B})$ در رابطه‌های (5-3) و (6-3) به ترتیب اتفاقات مشروط (متأخر) D با معلوم بودن B ، و اتفاقات مشروط D با عدم حضور B هستند.

$\frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})}$ تحت عنوان نسبت کفایت (LS) و $\frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B}|\bar{D})}$ تحت عنوان نسبت لزوم (LN) گفته می‌شود.

LS و LN تحت عنوان نسبت‌های احتمال نیز نامیده می‌شوند [Bonham-Carter, 1994].

روش وزن‌های نشانگر از لگاریتم طبیعی احتمالات که به لوجیت (Logit) معروفند استفاده می‌کند، اما از سوی دیگر مدل گفته شده بسیار شبیه فرمول‌های اتفاقات استفاده شده برای کاوشگر است. در این روش لگاریتم‌های طبیعی به هر دو طرف روابط (5-3) و (6-3) اعمال شده و در این صورت روابط بعدی عبارتند از:

$$\text{Logit}(D|B) = \text{Logit}(D) + W^+ \quad (7-3)$$

$$\text{Logit}(D|\bar{B}) = \text{Logit}(D) + W^- \quad (8-3)$$

که W^+ ، مقدار لگاریتم طبیعی مربوط به LS که همان وزن نشانگر مثبت است و W^- ، مقدار لگاریتم طبیعی مربوط به LN که همان وزن نشانگر منفی است، به کمک داده‌ها و با استفاده از به کارگیری لگاریتم‌های طبیعی LS و LN محاسبه می‌شوند.

$$W^+ = \log_e \frac{P(B|D)}{P(B|\bar{D})} \quad (9-3)$$

$$W^- = \log_e \frac{P(\bar{B}|D)}{P(\bar{B}|\bar{D})} \quad (10-3)$$

چند نکته مهم در روابط بالا باید مدنظر قرار گیرد که عبارتند از [Bonham-Carter, 1994]:

۱- اگر مقدار LS بزرگتر از یک باشد و LN در محدوده صفر و یک قرار داشته باشد، این امر خاطر

نشان می‌کند که حضور الگوی دوتایی B نشانگر مثبت و مهم برای ذخایر و انباشته‌های

معدنی است با این حال اگر الگو به طور منفی با ذخایر تطبیق داده شود، LN بزرگتر از یک و

LS در محدوده صفر و یک قرار می‌گیرد. اگر الگو تطبیقی با ذخایر نداشته باشد در این

صورت LN=LS=1 و احتمال متقدم با احتمال متأخر برابر می‌شود و احتمال یک ذخیره

معدنی مستقل از حضور یا عدم حضور الگوی دوتایی خواهد بود.

۲- به همین ترتیب W^+ مثبت و W^- منفی است که به علت تطابق مثبت بین نقاط و الگوی

جفت است. بر عکس در موردی که به طور تصادفی انتظار می‌رود نقاط کمتری در آن بر

روی الگو وجود داشته باشد W^- مثبت و W^+ منفی خواهد بود اگر انباشته‌ها از حضور یا

عدم حضور الگو مستقل و بی‌نیاز باشد در این صورت $W^- = W^+ = 0$ و مانند بالا متقدم

مساوی متأخر خواهند بود.

زمانی که نشانگرها از چندین نقشه ترکیب می‌شوند مقادیر وزن‌ها برای هر نقشه محاسبه شده و سپس

در فرمول واحدی ترکیب می‌گردند البته این مستلزم فرض استقلال شرطی است [Bonham-Carter,

1994].

احتمال متأخر (مشروط) کانسار با فرض حضور دو طرح پیش‌بینی‌کننده B_1 , B_2 می‌تواند با قانون

بیزین بیان گردد:

$$P(D|B_1 \cap B_2) = \frac{P(D \cap B_1 \cap B_2)}{P(B_1 \cap B_2)} = \frac{P(B_1 \cap B_2|D)P(D)}{P(B_1 \cap B_2)} = \frac{P(B_1 \cap B_2|D)P(D)}{P(B_1 \cap B_2|D)P(D) + P(B_1 \cap B_2|\bar{D})P(\bar{D})}$$

(11-3)

اگر B_1 و B_2 نسبت به مجموعه کانسارهای معدنی مستقل شرطی از یکدیگر باشند معادله بالا (۱۱-۳) به صورت زیر ساده می‌شود، زیرا $P(B_1 \cap B_2 | D) = P(B_1 | D)P(B_2 | D)$ برقرار می‌باشد:

$$P(D | B_1 \cap B_2) = P(D) \frac{P(B_1 | D)}{P(B_1)} \frac{P(B_2 | D)}{P(B_2)} \quad (12-3)$$

معادله (۱۲-۳) شبیه معادله (۲-۳) با این تفاوت که عوامل ضرب کننده برای دو نقشه برای به روز کردن احتمال متقدم به منظور ارائه احتمال متأخر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در حال حاضر چهار راه برای ترکیب دو الگوی نقشه‌ای جفت وجود دارد با استفاده از فرمول‌بندی تساوی نشان داده می‌شود که:

$$\log_e O(D | B_1 \cap B_2) = \log it(D) + W_1^+ + W_2^+ \quad (13-3)$$

$$\log_e O(D | B_1 \cap \bar{B}_2) = \log it(D) + W_1^+ + W_2^- \quad (14-3)$$

$$\log_e O(D | \bar{B}_1 \cap B_2) = \log it(D) + W_1^- + W_2^+ \quad (15-3)$$

$$\log_e O(D | \bar{B}_1 \cap \bar{B}_2) = \log it(D) + W_1^- + W_2^- \quad (16-3)$$

عبارت کلی برای ترکیب $i=1,2,3,\dots,n$ نقشه عبارتست از:

$$\log_e O(D | B_1^k \cap B_2^k \cap B_3^k \cap \dots \cap B_n^k) = \log it(D) + \sum_{j=1}^n W_j^k \quad (17-3)$$

k بر حسب اینکه طرح رقومی پیش بینی کننده حاضر یا غایب باشد به ترتیب (+) و (-) است.

۳-۵-۱-۲- آزمونهاى استقلال شرطى

برای اینکه اطمینان از فرض استقلال شرطی بین شواهد نسبت به متغیرهای هدف حاصل شود، آزمون‌هایی باید انجام گیرد. بدین منظور دو آزمون انجام می‌شود. ابتدا آزمونی می‌تواند بین نقشه‌های شاهد اجرا گردد، قبل از اینکه نقشه‌های پیش‌بینی‌کننده نهایی با هم ترکیب شوند، سپس آزمونی کلی می‌تواند بین نقشه‌های ورودی پس از ترکیب نقشه‌های پیش‌بینی‌کننده صورت گیرد.

۳-۵-۱-۲-۱- آزمون دوتایی^{۱۳}

چنانچه دو طرح رقومى نسبت به مجموعه‌ای از کانسارها به طور شرطی مستقل باشند:

$$N(B_1 \cap B_2 \cap D) = \frac{N(B_1 \cap D)N(B_2 \cap D)}{N(D)} \quad (18-3)$$

که سمت چپ معادله، تعداد کانسارهای مشاهده شده واقع در محدوده همپوشانی است و هنگامی است که هر دو طرح رقومى B_1 و B_2 رخ دهند. سمت راست معادله تعداد کانسارهای پیش‌بینی‌شده در محدوده همپوشانی است [Debba, 2006].

حال به منظور فهمیدن اینکه هیچگونه ارتباطی بین یک جفت نقشه پیش‌بینی‌کننده وجود ندارد، عامل آماری که کل مجموع فراوانی مشاهده شده را با مجموع فراوانی‌های مورد انتظار مقایسه می‌کند می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این عامل مجذور کای، χ^2 ، بوده و اینکه چه تعداد از فراوانی‌های سلول‌های مشاهده شده در جدول (نقشه رقومى) از فراوانی‌های سلول‌های مورد انتظار (پیش‌بینی شده) منحرف شوند را نشان می‌دهد. این عامل آماری به صورت زیر محاسبه می‌شود.

(۱۹-۳)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^4 \frac{(Observed_i - Expected_i)^2}{(Expected_i)}$$

^{۱۳} Pair test

اگر مقدار محاسبه شده χ^2 بیشتر از مقدار بحرانی با درجه آزادی در سطح اطمینان مشخص باشد، فرضیه صفر می‌تواند در آن سطح اطمینان مردود گردد و باید یکی از نقشه‌ها رد یا اصلاح شود.

۳-۵-۱-۲-۲-آزمون کلی :

آزمون ساده دوم که پس از ترکیب نقشه‌های پیش‌بینی کننده صورت می‌گیرد می‌تواند با آزمون کلی (NOT) انجام گیرد. آزمون کلی (NOT) تعداد کانسارهای مشاهده شده با تعداد کانسارهای پیش‌بینی شده در نقشه احتمال نهایی مقایسه می‌کند [Debba, 2006].

تعداد کانسارهای پیش‌بینی شده به صورت زیر محاسبه می‌شود :

$$N(D)_{\text{PRED}} = \sum_{J=1}^{2^K} P_J(N(A))_K \quad (20-3)$$

$$NOT = \frac{N(D)_{\text{PRED}} - N(D)}{S[N(D)_{\text{PRED}}]} \quad (21-3)$$

واریانس تعداد رخدادهای معدنی پیش‌بینی شده توسط رابطه زیر تخمین زده می‌شود:

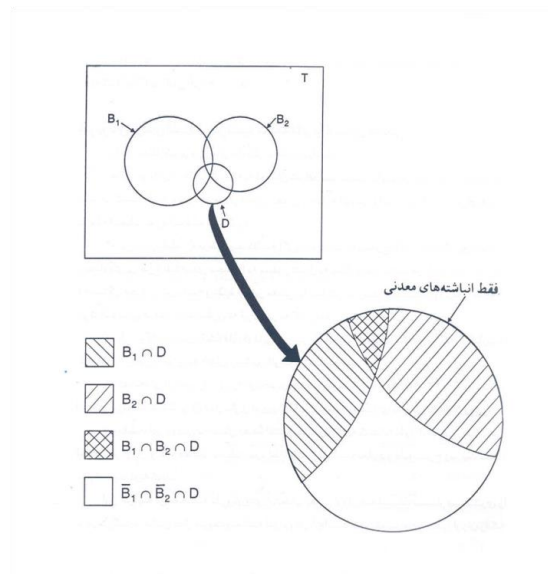
$$(22-3)$$

$$S^2[N(D)_{\text{PRED}}] = \sum_{J=1}^{2^K} [N(A)]_K^2 * S^2(P_J)$$

واریانس احتمال متأخر مبنی بر واریانس وزن‌ها است که به صورت زیر به دست می‌آید :

$$S^2(P_J) = \frac{1}{N(D)} + \sum_{I=1}^K S^2(W_I^J) * P^2_K \quad (23-3)$$

که $k=1,2,3,\dots,m$ پیکسل‌های نقشه و $N(A)_k$ مساحت هر سلول واحد است. اگر تعداد کانسارهای پیش‌بینی‌شده از تعداد کانسارهای مشاهده شده از حدود ۱۵-۱۰٪ تجاوز کند فرض استقلال شرطی منحرف شده است و باید برخی تغییرات به منظور اصلاح وضعیت صورت گیرد شکل (۳-۶).



شکل ۳-۶- آزمون کلی در استقلال شرطی [Bonham-Carter, 1994]

نسبت پیش‌بینی نقشه احتمال متاخر به عنوان نسبت کانسار پیش‌بینی کشف نشده در مجموعه مورد تأیید تخمین زده می‌شود، که احتمال متاخر بیشتر از احتمال متقدم در مدل WOFE، که از مجموعه کانسارهای کشف شده ایجاد می‌شود، است. اگر دو مجموعه کانسارهای مواد معدنی آموزشی و مورد تأیید را با هم عوض کنیم مدل WOFE با نسبت پیش‌بینی بالاتر برای تعیین اهداف اکتشافی انتخاب می‌شود [Debba, 2006].

۳-۶- مناطق دگرسانی حاصل از دورسنجی

به کلیه تغییرات شیمیایی و کانی‌شناسی که تحت تأثیر آب‌های ماگمایی و یا گرمایی در سنگ‌ها ایجاد می‌شود آلتراسیون گویند. عوامل کنترل‌کننده نوع تغییرات شیمیایی و کانی‌شناسی عبارتند از: ترکیب شیمیایی، محلول گرمایی یا ماگمایی، دما، عمق، شرایط EH, PH و.....

شدت و گسترش آلتراسیون حکایت از گسترش کانی‌سازی در منطقه دارد. گسترش و شدت آلتراسیون به عوامل مختلفی از جمله حجم محلول‌های گرمایی و ماگمایی، میزان ساختمان‌های اولیه و ثانویه مفید، واکنش‌پذیری سنگ‌ها، دما و فشار محلول بستگی دارد. آلتراسیون‌ها با استفاده از فن‌سنجش از دور به دست می‌آید. قبل از به دست آوردن منطقه اکتشافی به کلیاتی در مورد سنجش از دور پرداخته می‌شود [کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۴].

۳-۶-۱- سنجش از دور

سنجش از دور پردازش و تفسیر تصاویری است که حاصل ثبت تعامل انرژی الکترومغناطیس و اشیاء می‌باشد. همچنین سنجش از دور را می‌توان برداشت سطح زمین از فضا توسط امواج الکترومغناطیس از سطح اشیاء دانست. به عبارت دیگر اطلاعاتی درباره یک شیء منطقه بوسیله یک دستگاه بدون تماس مستقیم با شیء از طریق پردازش و آنالیز داده‌های اخذ شده بدست آورد.

داده‌های سنجش از دور که به شکل تصاویر، عکس‌ها، داده‌های ارتفاعی و نظایر آن ارائه می‌شوند از

چهار عنصر اصلی تشکیل شده‌اند: ۱- منبع انرژی ۲- اتمسفر ۳- اشیاء و پدیده‌ها ۴- سنجنده‌ها

منبع انرژی که اغلب موارد خورشید است موج الکترومغناطیس را تولید می‌کند و آن را از طریق اتمسفر به سمت اشیاء گسیل می‌دارد. اتمسفر اثراتی را بر روی موج ارسالی از منبع انرژی اعمال می‌کند که اثرات مهم آن عبارتند از: جذب و تفرق. سنجنده‌ها طوری طراحی می‌شوند که امواج دریافتی در محدوده جذب اتمسفری قرار نگیرند [فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵].

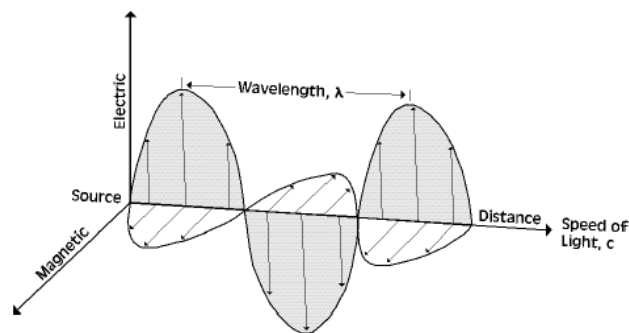
قسمتی از موج الکترومغناطیس پس از تعامل با اتمسفر بالاخره به اشیاء می‌رسد و پس از برخورد با شیء قسمتی از آن انعکاس، قسمتی جذب و قسمتی از شیء عبور می‌کند. قسمت انعکاس یافته دوباره از طریق اتمسفر به سمت فضای بیرون هدایت می‌شود. قسمت جذب شده توسط سنجنده قابل دریافت

و اندازه‌گیری است و قسمتی از انرژی که از جسم عبور می‌کند بسته به موقعیت شیئی ممکن است توسط اشیاء مجاور جذب یا به سمت سنجنده منعکس شوند.

حاصل تعامل چهار مؤلفه یاد شده تصویر است که در بخش استخراج اطلاعات به کار گرفته می‌شود. در این مرحله تصویر تحت یک سری پردازش و تصحیح قرار می‌گیرد تا برای آنالیز آماده شود که در بخش آنالیز اطلاعات مورد نیاز از تصویر استخراج می‌شود. این اطلاعات نیاز به یک سری پس پردازش دارند تا علاوه بر بالا رفتن دقت آنها آماده ورود به سیستم های اطلاعات جغرافیایی شوند. اطلاعات سنجش از دور ماهیت تصویری یا رقومی دارند که در صورت دارا بودن ماهیت تصویری بازتاب‌های امواج الکترومغناطیسی از اجسام بر صفحه فیلم اثر گذاشته و پس از عملیات ظهور و چاپ به عکس تبدیل می‌شود. اطلاعاتی که ماهیت رقومی دارند با انجام عملیات لازم روی آنها می‌توان آنها را به تصاویر و در نهایت نقشه‌هایی تبدیل کرد که کاربردهای گوناگون در علوم زمین داشته باشند. بخش آنالیز قلب یک سیستم سنجش از دور است و مهمترین و شاخص‌ترین قسمت یک سیستم سنجش از دور محسوب می‌شود [فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵].

۳-۶-۱-۱- انرژی الکترومغناطیس

اساس سیستم‌های سنجش از دور بر اندازه‌گیری نوعی از انرژی که انرژی الکترومغناطیس نامیده می‌شود. انرژی الکترومغناطیس از طرف اشیاء به سمت سنجنده حرکت می‌کند و توسط سنجنده دریافت اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. عمده‌ترین انرژی الکترومغناطیس خورشید است که این انرژی را در طول موج‌های مختلف تولید کرده و به اطراف گسیل می‌دارد. شکل (۳-۷) انرژی الکترومغناطیس را به صورت موجی نشان می‌دهد [فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵].



شکل ۳-۷- انرژی الکترومغناطیس [فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵]

۳-۶-۱-۲- اتمسفر

موج الکترومغناطیس در مسیر خود از منبع انرژی به سمت اشیاء از اتمسفر می‌گذرد. امواج تحت تأثیر مولکول‌ها و ذرات معلق در اتمسفر قرار گرفته و دچار تغییراتی می‌شوند. اتمسفر از دو طریق بر امواج الکترومغناطیس اثر می‌گذارد. جذب و پراکنش.

۳-۶-۱-۲- جذب اتمسفری

بخشی از انرژی الکترومغناطیس است که توسط اتمسفر جذب می‌شوند. جذب انرژی در برخی از بخش‌های طیف الکترومغناطیس زیاد بوده و در برخی دیگر پایین است به آن قسمت‌هایی که جذب اتمسفری در آنها پایین است پنجره‌های اتمسفری گفته می‌شود. مهمترین پنجره اتمسفری بخش مرئی و مادون قرمز انعکاسی نام دارد.

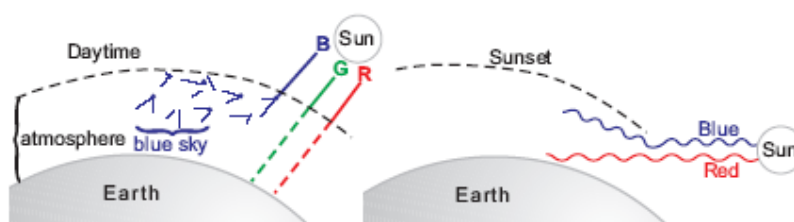
۳-۶-۱-۲- پراکنش اتمسفری

پراکنش اتمسفری هنگامی اتفاق می‌افتد که انرژی الکترومغناطیس با ذرات موجود در اتمسفر برخورد کرده و از مسیر اصلی خود منحرف گردد. مقدار پراکنش به عوامل متعددی بستگی دارد که مهمترین آنها عبارتند از: طول موج مقدار و غلظت مولکول‌ها و اجزاء پراکنده در اتمسفر و میزان فاصله‌ای که انرژی از مبدأ تا مقصد در اتمسفر طی می‌کند [فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵].

پراکنش اتمسفری به دو دسته انتخابی و غیرانتخابی تقسیم می‌شود. پراکنش انتخابی در اثر تعامل انرژی الکترومغناطیس با ذراتی است که از طول موج برخورد کرده کوچکتر باشند و تنها بر روی دسته خاصی از طول موجها اثر قابل توجه دارد. پراکنش انتخابی به دو دسته مهم تقسیم می‌شوند: ۱- پراکنش ری لی ۲- پراکنش می [ITC 2001].

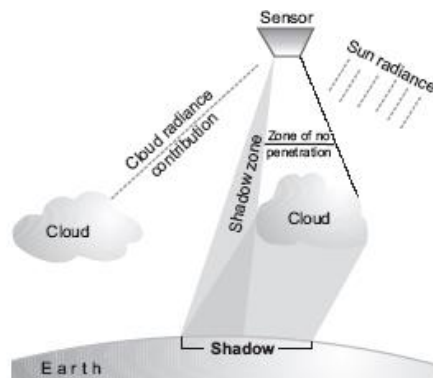


شکل ۳-۸- اثر پراکنش ری لی، طول موج‌های کوتاه‌تر بیشتر دچار پراکندگی می‌شوند [ITC 2001]



شکل ۳-۹- پیدایش رنگ قرمز غروب و رنگ آبی آسمان در اثر پراکنش ری لی [ITC 2001]

پراکنش غیر انتخابی در اثر ذراتی از اتمسفر اتفاق می‌افتد که از طول موجهای معمول بسیار بزرگتر (بزرگتر از 10μ) هستند و وابستگی خاصی به طول موج نخواهد داشت.



شکل ۳-۱۰- اثر ابر بر روی انرژی الکترومغناطیس و ایجاد پراکنش [ITC 2001]

۳-۶-۱-۳- پردازش تصویر

امروزه اکثر داده‌های سنجش از دور به صورت رقومی ارائه می‌گردند به مجموعه عملیاتی که بر روی تصاویر اعمال می‌شود پردازش رقومی تصویر می‌گویند. پردازش رقومی تصویر نگاشتی از فضای تصویر به فضای تصویر است. هر جزء از تصویر که پیکسل نامیده می‌شود را با یک سطر و ستون می‌شناسیم بنابراین تصویر را شبکه‌ای منظم از اعداد می‌توان در نظر گرفت که این اعداد نشان دهنده میزان انرژی الکترومغناطیس ثبت شده توسط سنجنده می‌باشند بسته به اینکه تصویر چند باند داشته باشد هر پیکسل نیز به تعداد باندها مقدار خواهد داشت. مجموعه عملیاتی که برای تجزیه و تحلیل رقومی اطلاعات ماهواره‌ای صورت می‌گیرد عبارتند از [کریستوفر، ۱۳۸۲]:

- پردازش مقدماتی

- بازسازی تصویر

- تفسیر

۳-۶-۱-۳-۱- پردازش مقدماتی

در مرحله پردازش مقدماتی با یک سری عملیات روی داده‌های خام خطاهای رادیومتری، اتمسفری، هندسی و غیره مورد تصحیح قرار می‌گیرند. بسته به نوع سنجنده، کیفیت داده‌های رقومی در دست در مراحل مختلف و نوع کاربرد از تصویر، مقدار پردازش متفاوت است.

۳-۶-۱-۲-۳- بارزسازی تصویر

یک سری عملیات بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌شوند که سبب بارزسازی عوارض و استخراج اطلاعات می‌گردند. مهمترین روش‌های بارزسازی عبارتند از:

- هیستوگرام و بهبود کنتراست

- محاسبات تصویری

- فیلترها

- تحلیل مؤلفه‌های اصلی^{۱۴}

- کروستا

در این تحقیق از میان روش‌های مختلف پردازش تصاویر، روش‌های تصاویر نسبتی، تبدیل مؤلفه‌های اصلی و کروستا انجام شده که در فصل ۵ توضیح داده خواهد شد.

۳-۶-۲- مهمترین مزایای سنجش از دور

داده‌های سنجش از دور به دلیل یکپارچه و وسیع بودن، ارزان بودن، تهیه پوشش‌های تکراری، تنوع طیفی در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات مانند نقشه‌برداری زمینی، عکس‌برداری هوایی از قابلیت‌های ویژه‌ای برخوردار است. سنجش از دور علاوه بر اینکه مشکل دسترسی به محل و حضور فیزیکی در آن را که لازمه روش‌های سنتی و زمینی است مرتفع ساخته و آنرا به حداقل می‌رساند با ایجاد

^{۱۴} Principal Component Analysis

پوشش خوبی از منطقه مورد مطالعه امکان دید کلی و عامتر از آن را فراهم می‌سازد. با توجه به سطحی که یک تصویر ماهواره‌ای پوشش می‌دهد به دلیل استفاده از نیروی انسانی کم و عملیات زمینی بسیار محدود هزینهٔ انجام کار پایین آمده و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. [علوی‌پناه، ۱۳۸۲].

۳-۶-۳- کاربردهای سنجش از دور

امروزه سنجش از دور کاملاً در اختیار علوم مختلف قرار گرفته و کاربردهای گوناگونی پیدا کرده است. این فن‌آوری در دنیای پیشرفته امروزی به عنوان یکی از مهمترین و عمده‌ترین منابع داده‌های مکانی و موضوعی قلمداد می‌شود. اهم کاربردهای تصاویر ماهواره‌ای عبارتند از [علوی‌پناه، ۱۳۸۲]:

- تخمین تولید و وسعت اراضی کشاورزی
- طبقه‌بندی پوشش و نوع جنگل
- تهیه نقشه‌های مختلف از جمله کاربری ارضی
- نظارت و کنترل توسعهٔ شهری
- شناسایی معادن و مطالعهٔ تغییرات حوزه‌های معدنی
- مطالعه و بررسی آلودگی آب
- تنظیم شبکهٔ جاده‌ها و دسترسی
- کاربردهای نظمی و امنیتی
- مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافات مواد معدنی

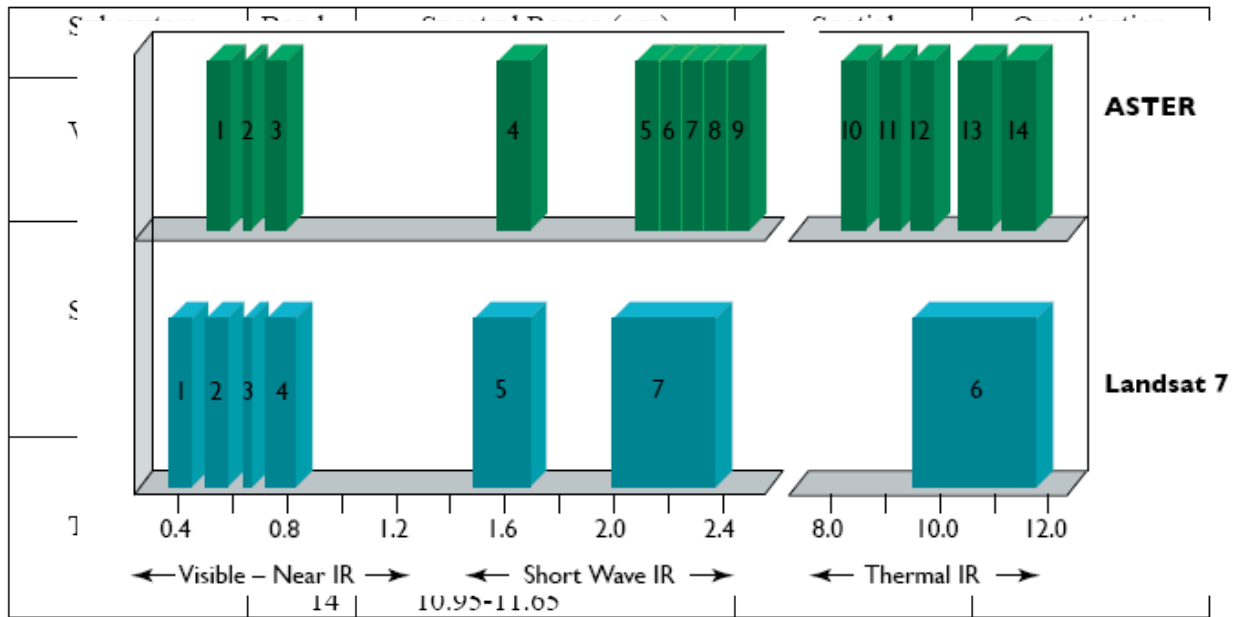
- تهیه و تدارک اطلاعات مورد نیاز سیستم اطلاعات جغرافیایی

۳-۶-۴- پرتوسنج حرارتی تابشی و بازتابشی فضابرد پیشرفته ASTER

طیف سنج بازتابی و گرمایی فضابرد پیشرفته (آستر) تصویر بردار چند طیفی پیشرفته‌ای که بر ماهواره Terra سوار شده که در سال ۱۹۹۹ در مدار زمین قرار گرفت و اطلاعات آن را در اختیار کاربران قرار می‌دهد. این دوربین توانایی گرفتن ۶۰۰ عکس با قدرت تفکیک بالا در یک روز را دارد هر عکس منطقه‌ای به وسعت 60×60 کیلومتر را پوشش می‌دهد. این دستگاه اطلاعات طیفی منابع زمینی را در ۱۴ باند مجزا از محدوده فرورسرخ تا فرورسرخ گرمایی گردآوری می‌کند. اندازه هر پیکسل آن برای باندهای ۱-۳ (VNIR) برابر ۱۵ متر و برای باندهای ۴-۹ (SWIR) برابر ۳۰ متر و برای باندهای (TIR) برابر ۹۰ متر است. توان تفکیک این سنجنده نسبت به سنجنده‌های ETM, TM بیشتر است. همچنین امکان نقشه‌برداری دقیق زون‌های مختلف با این داده‌ها وجود دارد در حالیکه داده‌های لندست تنها بارزسازی هاله‌های دگرسانی را به عنوان یک واحد یکپارچه ممکن می‌سازد. در جدول (۳-۲) دامنه طیفی باندهای ASTER را مشاهده می‌کنید همچنین شکل (۳-۱۱) به مقایسه باندهای

Aster, Tm می‌پردازد [Aleks and Simon, 2004].

جدول ۳-۲- اطلاعاتی مربوط به باندهای سنجنده ASTER [Michael and Simon, 2005]



شکل ۳-۱۱- مقایسه باندهای ASTER, TM [Michael and Simon, 2005]

هدف از مطالعه در فصل حاضر ابتدا تحلیل داده‌های اکتشافی به منظور تجزیه و تحلیل عناصر ژئوشیمیایی و تشخیص کانی‌سازی اصلی می‌باشد. در ادامه کلیاتی در مورد روش زونالیته به منظور تشخیص آنومالی‌های ژئوشیمیایی و شناسایی کانی‌سازی پنهان از پراکنده مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۴-۱-۱- مقدمه‌ای بر تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی اکتشافی

جان توکی^{۱۵} (۱۹۷۷) اولین کسی بود که توصیف جزئی تحلیل داده‌های ژئوشیمی اکتشافی^{۱۶} (EDA) را آغاز کرد. فلسفه تحلیل داده‌ها این است که بدون محقق بودن هیچ ایده پیش‌فرضی، داده‌ها را برای کشف آنچه که داده‌ها می‌توانند به ما در مورد پدیده‌های مورد مطالعه بگویند، را بیازماید. توکی این را با تحلیل داده‌های اثبات شده^{۱۷} (CDA)، محدوده‌ای از تحلیل داده‌ها که بیشتر بر روی امتحان کردن فرضیه‌های آماری، حدود اطمینان، تخمین و غیره متمرکز می‌شود، مقایسه کرد. او بیان می‌دارد که، «تحلیل داده‌های اثبات شده به طور طبیعی قطعی یا شبه قطعی هستند». روش‌های CDA به طور ویژه شامل پردازش برای تخمین یا تهیه یک استنتاج از مشخصات جامعه و سپس تلاش برای ارزیابی میزان دقت وابسته به نتایج می‌شود. روش‌های EDA و CDA را بهتر است به صورت مکمل هم استفاده کرد تا اینکه هر کدام به طور جداگانه استفاده گردد. تحلیل‌گر، داده‌ها را برای یافتن الگوها و ساختار آنها کنکاش می‌کند که منجر به یافتن فرضیه‌ها و مدل‌ها می‌گردد [Cheng, Agterberg 1999].

توکی ایده خود را که مبتنی بر تطبیق تحلیل داده‌های اثبات شده و اکتشافی با هم بود را تعمیم داد؛ او مراحل زیر را برای روش CDA ارائه داد :

تعیین پرسش‌هایی که بایستی بررسی شوند،

طراحی آزمایشی برای حل پرسش‌ها،

جمع‌آوری داده در ارتباط با طراحی آزمایش،

^{۱۵} -John W. Tukey
^{۱۶} -Exploratory Data Analysis
^{۱۷} -Confirmatory Data Analysis

انجام دادن تحلیل آماری داده‌ها،

تولید یک پاسخ.

این فرآیند قلب پردازش اثبات شده متداول است. برای ترکیب با EDA، دو مرحله ابتدائی به صورت زیر تصحیح می‌شود:

آغاز با چند ایده،

تکرار بین پاسخ دادن به یک پرسش و ایجاد یک طرح،

قالب پرسش شامل این موارد است: چگونه می‌توان یا بهتر است پرسیده شود؟ چه طرحی، ممکن است؟ چه میزان طرح، یک پاسخ مفید را ارائه می‌دهد؟ ایده‌ها و روش‌ها در روش EDA در پردازش داده‌ها نقش دارند [Cheng and Agterberg, 1999].

هارتوینگ و دیرینگ^{۱۸} (۱۹۷۹) شرح دادند که نوع CDA به سوالاتی نظیر «آیا داده‌ها فرضیه XYZ را تأیید می‌کنند؟» پاسخ می‌دهند. در حالی که، نوع EDA به سوالاتی نظیر «چگونه داده‌ها می‌توانند در مورد روابط بین XYZ اطلاعات دهند؟» ایشان دو اصل را برای EDA تبیین کردند: شکاکی^{۱۹} و آزادی^{۲۰}. این شامل به تصویر درآوردن داده‌ها برای یافتن آنومالی‌ها و الگوها، استفاده از آمار کلاسیک برای خلاصه‌سازی داده‌ها، آزادی برای نگاشت داده‌ها برای دست یافتن به دید بهتر، و ایجاد مدل‌ها می‌گردد.

هوگلین^{۲۱} (۱۹۸۲) EDA را به عنوان جستجو قابل انعطاف برای راهنما و شواهد و CDA را به عنوان ارزیابی شواهد موجود معرفی می‌کند. به طور خلاصه، او EDA را در برگیرنده چهار مرحله تعیین می‌کند: مقاومت^{۲۲}، باقیمانده^{۲۳}، بیان مجدد^{۲۴} و نمایش^{۲۵}.

^{۱۸} -Hartwing and Dearing
^{۱۹} -skepticism
^{۲۰} -openness
^{۲۱} -Hoaglin
^{۲۲} -resistance
^{۲۳} -residual
^{۲۴} -re-expression
^{۲۵} -display

تحلیل داده‌های مقاوم متعلق به آن روش‌هایی است که با تغییری دلخواه در یک نقطه داده‌ای یا زیر مجموعه کوچکی از داده‌ها تغییر کوچکی در نتیجه حاصل می‌گردد.

باقیمانده‌ها چیزهایی هستند که بعد از خلاصه کردن و تطبیق کردن مدل‌ها از دست داده می‌شوند. و اینگونه می‌توان آنرا نوشت:

باقیمانده = داده - مدل تطبیقی.

ایده آزمایش باقیمانده‌ها عموماً امروزه انجام می‌شود. باقیمانده‌ها به دقت کمبود تطبیق، ناهمگنی واریانس، غیر جمع پذیری، و دیگر خصوصیات جالب داده‌ها را جستجو می‌کند.

بیان مجدد نگاشت داده‌ها به دیگر مقیاس‌ها صورت می‌گیرد که ممکن است واریانس ثابت را تولید کند، باقیمانده‌های قرینه را حاصل گرداند، می‌تواند داده‌ها را خطی سازد یا برخی دیگر از اثرات را اضافه کند. هدف از بیان مجدد برای EDA این است که یافتن ساختار، الگوها یا دیگر اطلاعات آسان گردد.

در نهایت، اهمیت نمایش و یا به تصویر درآوردن تکنیک‌ها را برای EDA خواهیم داشت. اکثراً به نمایش درآوردن EDA در گذشته شامل نمودار درختی و یا نمودار جعبه‌ای می‌شود. استفاده از به تصویر درآوردن‌های علمی و آماری برای EDA اساسی است، زیرا اغلب تنها راه کشف الگوها و ساختار داده‌ها و یا تولید فرضیه‌ها، نگاشت تصویری داده‌ها است [Cheng and Agterberg, 1999].

۴-۱-۱-۱- نگاشت داده‌ها

در بسیاری از کاربردهای داده‌های واقعی، تحلیل داده‌ها عموماً شامل کار با داده‌های خامی می‌شود که دارای شکل مناسبی نیستند. داده‌ها نیاز به بیان مجددی دارند تا تصویر مؤثری یا یک تحلیل ساده و با اطلاعات کافی را مهیا سازد. می‌توان با استفاده از یک تابع ریاضی برای تمام مشاهدات، داده‌ها را نگاشت داد.

۴-۱-۱-۲- کاهش بعد

کاهش بعد فرآیندی است برای یافتن کمترین بعد فضای داده‌ها که شامل خصوصیات مهم داده‌های اصلی باشد. این عمل به ما کمک می‌کند تا:

جست و جو در داده‌هایی با بعد بزرگ برای این هدف که ساختار و الگوهایی که منجر به شکل‌گیری فرضیات آماری کشف گردد.

به نمایش در آوردن داده‌ها وقتی که بعد آنها کاهش یافته است، در فضای دو یا سه بعدی. تحلیل داده‌ها با استفاده از روش‌های آماری نظیر: خوشه‌بندی، طبقه‌بندی، تخمین چگالی احتمال و هموارسازی.

فرآیند کاهش بعد به دو صورت خطی یا غیر خطی صورت می‌گیرد. که روش‌های تحلیل اجزای اصلی^{۲۶}، تجزیه مقادیر منفرد^{۲۷} و تحلیل فاکتور^{۲۸} در فرآیندهای کاهش بعد خطی قرار می‌گیرند. روش‌های مقیاس‌بندی چندبعدی^{۲۹}، آموزش متنوع^{۳۰} و شبکه‌های عصبی جزء فرآیندهای کاهش بعد غیرخطی قرار می‌گیرند [Cheng and Agterberg, 1999].

۴-۱-۲- تشخیص آنومالی پنهان از آنومالی پراکنده (کاذب)

یک نکته مهم در بررسی هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه، سطح فرسایش کانسار معدنی است، زیرا آن اندازه و گسترش آنومالی در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (شکل ۴-۱) این نکته را به خوبی نشان می‌دهد. این شکل چهار نوع از فرسایش در یک توده معدنی نشان می‌دهد: (۱) کانسار پنهان به همراه هاله اولیه‌اش را به تنهایی نشان می‌دهد؛ (۲) کانسار کمی فرسایش یافته؛ (۳) کانسار نیمه فرسایش یافته؛ و (۴) کانسار کاملاً فرسایش را نشان می‌دهند. آنومالی‌های خاک نوع ۲ و ۳ (رخنمون‌دار) قوی‌تر از نوع اولی است، و ممکن است به غلط این‌گونه فرض شود که آن دو از نوع اولی امیدبخش‌ترند، بدون اینکه سطح فرسایش در نظر گرفته شود. نوع چهارم به لحاظ شدت آنومالی مشابه نوع اول (کانی‌سازی پنهان) به نظر می‌رسد، و اگر به درستی تفسیر نگردد، ممکن است این آنومالی کاذب منجر به اکتشاف بی‌ثمر

^{۲۶} - principal component analysis

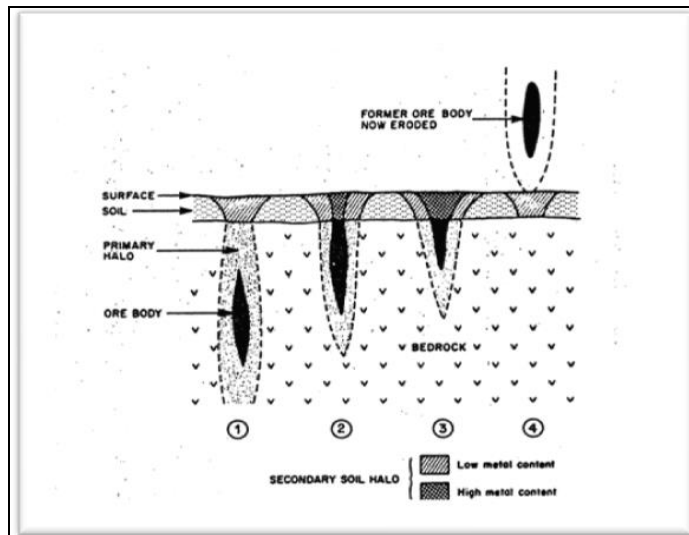
^{۲۷} -singular value decomposition

^{۲۸} - factor analysis

^{۲۹} - multidimensional scaling

^{۳۰} - manifold learning

گردد. ناحیه تحت کانساری به لحاظ فلزات محتوی از ناحیه فوق کانساری متفاوت می‌باشد، و این نکته می‌تواند در تشخیص ارتباط بین آنومالی خاک و کانی‌سازی متمر ثمر باشد.



شکل ۴-۱- تغییرات میزان فلز در هاله‌های پراکندگی در خاک باقیمانده بر اثر فرسایش خاک [Beus, Grigorian 1977]

مشخص کردن افق‌های سطوح فرسایش برای کانسارهای شیب‌دار عمیق و هاله اولیه آن‌ها در سنگ میزبان، یک مشکل شناخته شده و بدون راه‌حل مستقیم می‌باشد. امروزه تنها دو روش عمومی معتبر برای جمع‌آوری اطلاعات از شناسایی آنومالی‌های ژئوشیمیایی وجود دارد. آن دو عبارتند از: آزمایشات آزمایشگاهی و تفسیر ضریب زونالیته قائم. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی بر روی مغزه‌های به‌دست آمده از منطقه و یا انبار ذخیره و ضریب دقیق زونالیته قائم (با فرض تجهیزات کافی) این امکان را مهیا می‌سازد.

این روش‌ها در مطالعات شبیه‌سازی ژئوشیمیایی به خوبی سایر روش‌ها برای مطالعات طراحی و توسعه‌ای در عمل به کار می‌رود. سایر روش‌ها برای تشخیص آنومالی‌های ژئوشیمیایی یک مدل ژئوشیمیایی از کانی‌سازی در سنگ بستر و خاک است [Beus and Grigorian, 1977].

۴-۱-۲-۱- روش زونالیته

روش‌های سنتی اکتشاف ژئوشیمیایی بر پایه تحلیل آماری چند متغیره، متالومتری، زونالیته ژئوشیمیایی و معیار اتحادهای ژئوشیمیایی معادن طبیعی استوار است. اندیس‌های ژئوشیمیایی برای ارزیابی آنومالی‌های جدید از مطالعات هاله‌های اولیه ژئوشیمیایی از کانسارهای معدنی استاندارد خاص استنتاج می‌گردد. هاله‌های ثانویه خاک بازمانده در بیشتر موارد دارای همبستگی بالایی با ترکیب و ساختار کانسنگ و هاله اولیه دارند که توسط آنها ایجاد شده‌اند. در روش متالومتری سالووف مشابه روش‌های اکتشافی معمول در زمین‌شناسی و تحلیل متالوژنی، ابتدا در مقیاس کوچک و سپس در مقیاس محلی نمونه‌برداری و تحلیل صورت می‌گیرد درحالی‌که در روش زونالیته ابتدا بر اساس نتایج متالوژی ناحیه، مهمترین کانسار در حال استخراج با عمق‌های متفاوت مدل‌سازی شده (برعکس روش متالومتری) در مقیاس ناحیه‌ای داده‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرند [Ziaii et al 2008].

روش زونالیته یک روش سنتی است که برای اکتشاف کانی‌سازی پنهان و تعیین درجه فرسایش به کمک آنومالی‌های ژئوشیمیایی و همپوشانی هاله‌های اولیه بیان می‌گردد.

زونالیته به ترازهای (روبه بالا و روبه پائین) ذخایر معدنی و هاله‌های یک سازند کانسار معین دلالت دارد.

اساس روش زونالیته محوری در ژئوشیمی کاربردی بر مهاجرت عناصر (تشکیل زونهای سوپرژن و هیپوژن) استوار است. تشخیص مهاجرت به کمک ضرایب شاخص عنصری کاربرد وسیعی در علم ژئوشیمی دارد. برای مثال از نسبت Si/Mg و Fe/Mg در سنگ‌های اولترابازیک می‌توان اطلاعاتی از عمق تشکیل سنگ به دست آورد [Solovov, 1987].

زونالیته هاله‌های اطراف محوری یک منطقه حاوی آنومالی ژئوشیمیایی در یک سیستم سه بعدی معمولاً در سه جهت محوری (قائم)، طولی (به موازات امتداد توده کانسار) و عرضی (در جهت عمود بر امتداد توده کانسار) تعریف می‌شوند. عملاً مهمترین منطقه‌بندی هاله‌ها در جهت محوری (قائم) در نظر گرفته می‌شود که برای انواع مختلف کانسارهای فلزی توالی استاندارد عناصر به دست آمده و از نظر کاربردی بسیار حائز اهمیت است.

مدل‌های مهم ریاضی به کار برده شده برای تفکیک هاله‌های عناصر فوق کانساری و تحت کانساری در یک ردیف زونالیته عناصر معرف عبارتند از:

۱- مدل حاصلضرب عناصر (ضربی): همانند شاخص عنصری $\frac{Ag \times As}{Cu \times Sn}$ برای ذخایر جیوه تیپ

لیستونیتی و $\frac{As \times B}{Ni \times Co}$ برای ذخایر طلا و ولکانیکی.

۲- مدل حاصل جمع عناصر: همانند شاخص عنصری $\frac{Pb + Zn + Ag}{Cu + Bi + Co}$ برای ذخایر پلی متال.

۳- مدل ترکیبی حاصل جمع و حاصل ضرب عناصر: همانند شاخص عنصری $\frac{Zn + Pb}{100(Au \times 10 + Bi)}$ برای

ذخایر طلا و ولکانیکی و ساب ولکانیکی.

ملاک شناسایی و انتخاب بهترین شاخص عنصری براساس ردیف زونالیته و عناصر فوق و تحت کانساری عبارتند از [Solovov 1987]:

الف- گرادیان مقدار آن از سطح به طرف عمق به طور تدریجی باید کاهش یابد .

ب - نسبت شاخص عنصری در سطح و انتهای کانسار باید حداکثر اختلاف را داشته باشند معمولاً در مدل‌های ریاضی حاصلضربی اختلاف نسبت شاخص عنصری در سطح و انتهای کانسار بیشتر از مدل حاصل جمع عنصری می‌باشد لذا کاربرد شاخص‌های حاصل ضربی بیشتر از شاخص‌های حاصل جمع است.

مدل‌های زونالیته آنومالی‌های ژئوشیمیایی و خصوصیات هاله‌های اولیه همپوشانی شده بر مبنای معیارهای زیر می‌باشند [Solovov 1987]:

۱- در مواردی که شدت آنومالی‌های طلا پایین باشد، آنومالی قوی از عناصر فوق کانساری از قبیل Hg, As, Sb, F و Ba حضور کانی‌سازی ناپیدا را در عمق نشان می‌دهد .

۲- در مواردی که شدت آنومالی‌های طلا خیلی پایین باشد، آنومالی قوی از عناصر جانبی از قبیل Ni و Mo, Bi, Mn, Co کانی‌سازی تهی را در عمق نشان می‌دهد .

۳- معیار زونالیته معکوس : زونالیته معکوس در توالی زونالیته قائم عناصر شاخص ذخایر طلا رخ می‌دهد از قبیل: Hg, As, Sb, F, I, B, Ba و دیگر تیپ‌های عناصر فوق کانساری در بخش پایین‌تری از توالی زونالیته قائم رخ می‌دهند .

۴- معیار همزیستی : این مورد هم با آنومالی‌های قوی فوق کانساری از قبیل: Ba و As, Hg, Sb, F, I, B و هم با آنومالی‌های قوی عناصر جانبی از قبیل Bi, Mo, Mn, Co, Ni مرتبط است که هاله‌های اولیه و کانسار طلا را نشان می‌دهند.

۵- معیار برگشتی.

توسط روش‌های سنتی چندین خصوصیت زمین‌شناسی قابل تعریف نمی‌باشد و می‌بایستی آن‌ها را به صورت نیمه کمی یا حتی کیفی تعیین کرد. و به طور کلی در طی فرآیند اکتشافات ژئوشیمیائی توسط روش‌های سنتی می‌بایستی برخی از فرآیندهای اکتشافی را مستثنی کرد و این باعث از دست دادن اطلاعات مفید می‌گردد.

تکنیک‌های GIS برای توسعه روش‌های سنتی هستند که ارزیابی بهتر روابط درونی و جزئی بین مجموعه داده‌های مختلف را ممکن ساخته و جستجوی نواحی بزرگتری را در زمان کمتر از رهیافت‌های مرسوم امکان‌پذیر خواهد ساخت که در فصل ۶ ترکیب یکی از تکنیک‌های GIS (وزن‌های نشانگر) با روش سنتی زونالیته بررسی شده است.

۵-۱- مقدمه

در این فصل رقومی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئوفیزیک هوایی و ساختاری و استخراج نقشه دگرسانی ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ طهرآباد فردوس با استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای ASTER توسط روش کروستا و تجزیه مولفه‌های اصلی برای تلفیق تمام لایه‌ها در محیط GIS بررسی شده است.

۵-۱-۱- نقشه ژئوفیزیک هوایی منطقه به روش مغناطیس‌سنجی

بکارگیری داده‌های ژئوفیزیک هوایی در امر اکتشاف مواد معدنی و بررسی ساختمان‌های زیرسطحی زمین‌شناسی امروزه به امری متداول در بررسی پتانسیل‌های ناحیه‌ای تبدیل گردیده است. پی‌جویی مغناطیسی از قدیمی‌ترین متدهای ژئوفیزیکی اکتشافی بوده که در پی‌جویی نفت، کانی‌های اقتصادی، حتی برای مقاصد باستان‌شناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱-۱-۱- کاوش‌های مغناطیسی

کاوش‌های مغناطیسی مانند هر کاوش ژئوفیزیکی دیگری می‌تواند به دو صورت مورد استفاده قرار گیرد [کلاگری ۱۳۷۱]:

الف- استفاده مستقیم برای کشف منابع زیرزمینی

ب- کاوش غیر مستقیم برای مواردی که همراه با کانسارهای مورد تجسس می‌باشند.

تعقیب ساختمان‌های زمین‌شناسی و مطالعه ساختارهایی که می‌تواند محل تجمع مواد معدنی باشد نیز در دسته دوم جای می‌گیرند. در مواقعی که کار زمین‌شناسی سطحی به واسطه غیر قابل دسترس بودن، پوشش گیاهی و یا پوشش رسوبی، فقط به چند برونزد پراکنده محدود می‌گردد، نقشه‌های مغناطیسی می‌توانند تسهیلاتی جهت ارتباط یافته‌های حاصل از برونزدهای پراکنده فراهم نمایند. بعلاوه شکل کلی ناهنجاری مغناطیسی می‌تواند در تعیین شکل توده‌های مغناطیسی زیر سطحی کمک نماید. در بعضی موارد اشکال خطی منحنی‌های میزان مغناطیسی می‌تواند منعکس کننده امتداد اشکال طویل نفوذی و یا وجود گسل‌های بزرگ در پی‌سنگ باشد.

در واقع هدف ما از بررسی نقشه مغناطیس هوایی منطقه، یک ارزیابی کلی از ویژگی‌های ساختمان‌های زمین‌شناسی در سطح ناحیه و بررسی امکان وجود گسل‌ها و یا احیاناً توده‌های آذرینی است که در زیر سطح پنهان مانده‌اند. چرا که این امر نهایتاً می‌تواند در کارهای اکتشافی ما را یاری دهد.

در مقیاس کوچک (۱:۱۰۰۰۰۰۰) نقشه‌های مغناطیسی اطلاعات سودمندی از منطقه وسیع را آشکار ساخته و ساختارهای زمین‌شناسی بزرگ را مشخص می‌کنند.

در مقیاس متوسط (۱:۱۰۰۰۰۰) نقشه‌های مغناطیسی مفید هستند و می‌توان مناطق با پتانسیل معدنی را برای اکتشاف بیشتر انتخاب کرد. برای بدست آوردن اطلاعات منطقه‌ای در مقیاس بزرگ (۱:۲۵۰۰۰) نیز برای تعیین محل گسل‌های بزرگ و زون‌های خردشده و شکسته که اغلب در رابطه با کانی‌سازی هستند مفید واقع می‌گردد. همچنین برای کارهای تفصیلی و مشخص کردن نقاط حفاری می‌توان از نقشه‌های مغناطیسی در مقیاس بزرگ استفاده کرد.

اگر نقشه مغناطیس‌سنجی و نقشه‌های معدنی یک منطقه را با هم مقایسه کنیم اکثر معادن یا همراه ناهنجاری‌های مغناطیسی و یا در مجاورت آنها قرار دارند. قبل از به دست آوردن منطقه اکتشافی کلیاتی در مورد روش مغناطیس‌سنجی ذکر می‌گردد [کلاگری، ۱۳۷۱].

۵-۱-۱-۲- روش‌های اکتشاف مغناطیسی

متد مغناطیسی به طور وسیع در کارهای اکتشافی مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارهای مغناطیسی را می‌توان در زمین، دریا و هوا انجام داد. در مناطق کم وسعت که فاصله ایستگاه‌های اندازه‌گیری کم می‌باشند مگنتومتر زمینی مناسبتر خواهد بود. برداشت زمینی معمولاً به کندی پیش می‌رود و اغلب با مشکلاتی از قبیل دسترسی به محل اندازه‌گیری همراه می‌باشد. در کارهای زمینی انتخاب فواصل ایستگاه‌ها و همچنین محل ایستگاه‌ها را نیز می‌توان دقیقاً مشخص نمود. بنابراین مگنتومتری زمینی معمولاً برای کارهای اکتشافی نیمه تفصیلی و تفصیلی به کار می‌رود.

همچنین ایستگاه‌های قرائت باید در یک فاصله امنی از تمام اشیاء مغناطیسی از قبیل سیم‌های برق پل‌ها و دیگر سازه‌های ساخته شده دست بشر قرار داشته باشند [کلاگری، ۱۳۷۱].

قبل از اینکه یافته‌های مغناطیسی بصورت نقشه درآیند باید تصحیحاتی روی آنها انجام داد البته کارهای مغناطیسی در خشکی نیاز به تصحیحات پیچیده ندارند.

در مناطقی که وسعت زیادی دارند از مگنتومتری هوایی استفاده می‌شود زیرا کارهای مغناطیس هوابرد خیلی سریعتر و با دقت زیادتر انجام می‌گیرد. بدون کمک کامپیوتر فراوری برداشت‌های هوایی بسیار مشکل است. در برداشت‌های هوایی میدان کل اندازه می‌گیرند از این رو تعبیر و تفسیر یافته‌های هوایی پیچیده‌تر از یافته‌های زمینی می‌باشند. در مگنتومتری اکتشافی مسائلی از قبیل انتخاب دستگاه اندازه‌گیری، میزان نمونه سنگی، جهت و فاصله بین ایستگاه‌های قرائت، انتخاب طرح مسیر و ارتفاع پرواز در کارهای هوایی باید معین گردند.

در ایران سازمان زمین‌شناسی در دهه ۱۹۶۰ از تمامی کشور نقشه‌های مغناطیسی هوایی تهیه نموده است این داده‌ها به دلیل کیفیت پایین (فواصل خطوط برداشت ۷/۵ کیلومتر و در ارتفاع ۲ تا ۳

کیلومتر) فقط برای تفکیک زون‌های زمین‌شناسی و ساختارهای وسیع قابل استفاده هستند. سازمان انرژی اتمی طی سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۷۹ اقدام به تهیه نقشه مغناطیس هوایی با کیفیت متوسط (فواصل خطوط برداشت ۱۰۰۰ متر و ارتفاع پرواز ۱۲۰-۱۸۰ متر) نموده است که اگر داده‌ها در دسترس باشند برای انتخاب منطقه اکتشافی مناسب است

روش‌های مغناطیس‌سنجی برای اهداف زیر به کار می‌روند [عضدی، ۱۳۸۲]:

- ۱- تعیین و تحلیل منابع ناهنجاری خاص مانند تعیین موقعیت ذخایر پنهان، شکل، گسترش، عمق و... کانساری که دارای کانی‌های فرومغناطیس است.
- ۲- کشف امتدادهای ساختمانی و روندهای گسلی.

۵-۱-۱-۳- نقشه مغناطیس‌سنجی منطقه طاهرآباد

در این تحقیق براساس اطلاعات حاصل از نقشه مغناطیس هوایی سازمان زمین‌شناسی (فواصل خطوط برداشت ۷/۵ کیلومتر و در ارتفاع ۲ تا ۳ کیلومتر)، موارد زیر را می‌توان نتیجه گرفت:

الف- گسل‌های احتمالی با روند شمالی- جنوبی، با روند شمال غربی- جنوب شرقی و با روند شمال غرب- جنوب شرق بر روی نقشه مغناطیس هوایی طاهرآباد مشخص است و باعث جابجایی خطوط میزان مغناطیسی گردیده است [عضدی، ۱۳۸۲].

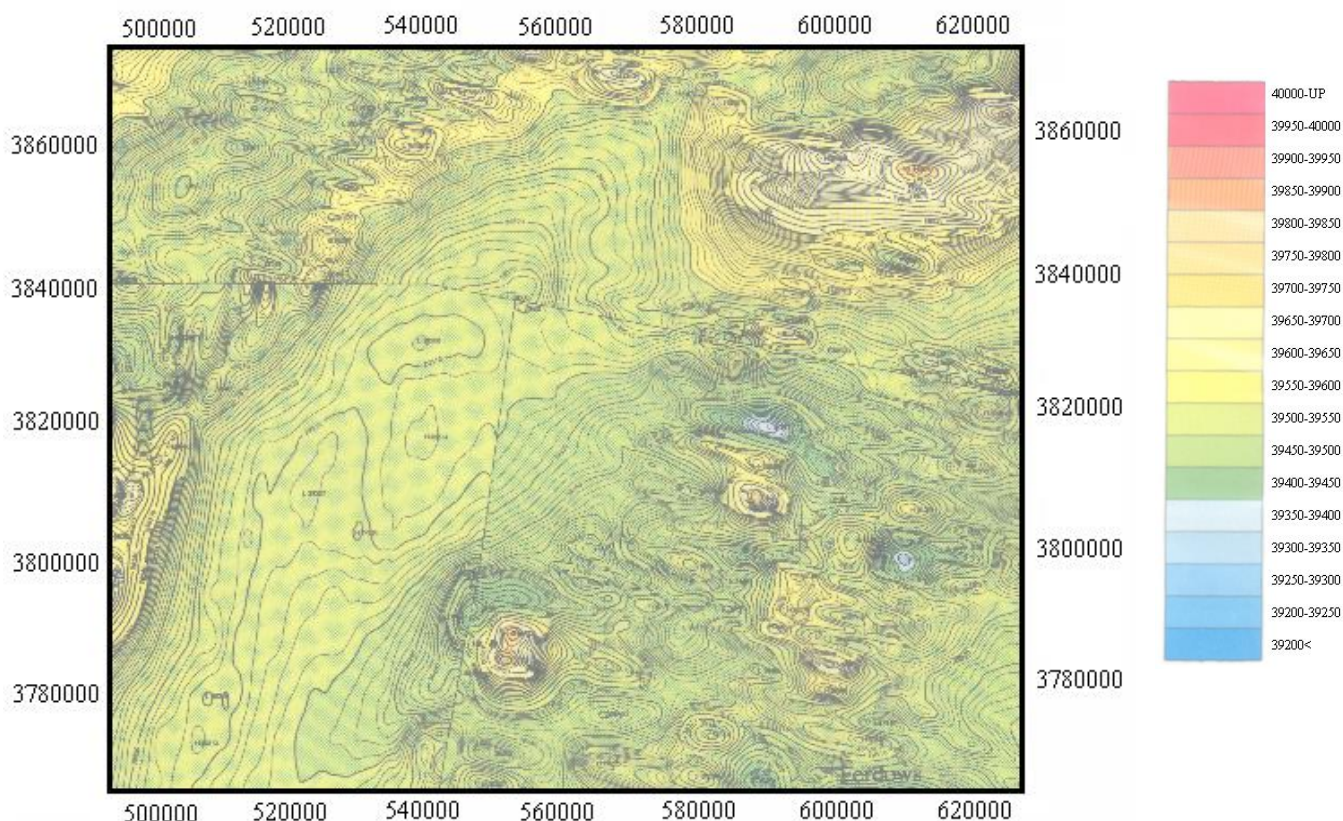
ب- براساس اطلاعات مغناطیس هوایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، عمق محاسبه شده برای پی سنگ در نواحی شمال شرق تا جنوب شرق ورقه ۱۰۰۰ متر بالای سطح دریا را نشان می‌دهد که حاکی از بالا آمدگی و عمق کم پی سنگ در منطقه است (بیشترین ارتفاعات موجود در این منطقه حدود ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار گرفته‌اند) هرچند در بعضی مواقع وجود توده‌های نفوذی و یا سنگ‌های ساب ولکانیک که در اعماق کم جایگزین شده‌اند نیز ممکن است به عنوان پی سنگ تفسیر شود.

ج- بیشترین تغییرات در خطوط شدت مغناطیسی که به صورت دایره‌وار در بخش‌هایی از شمال شرق و همچنین مرکز و جنوب غرب محدوده مشاهده می‌شوند با رخنمون سنگ‌های ولکانیکی، گرانیته و گرانودیوریت‌های ائوسن منطبق می‌باشد. لیکن در بخش جنوب غربی و جنوب ورقه طاهرآباد

ناهنجاری‌های مغناطیسی در مناطقی مشاهده می‌شود که توسط آبرفت و یا سنگ‌های رسوبی (عمدتاً کربناته) پوشیده شده است (حوالی کوه مظفری و کوه آونج). شایان ذکر است اکثر کانی‌سازی‌های فلزی که در منطقه گزارش شده است همخوانی معینی با جایگاه ناهنجاری‌های مغناطیسی در عمق نشان می‌دهد [عضدی، ۱۳۸۲].

شکل (۵-۱) نقشه مغناطیس‌های منطقه طاهرآباد است که به صورت رقومی تهیه شده است. مناطق پتانسیل‌دار در منطقه در مجاورت مناطقی با بالاترین مقادیر شدت میدان مغناطیسی کل واقع شده است.

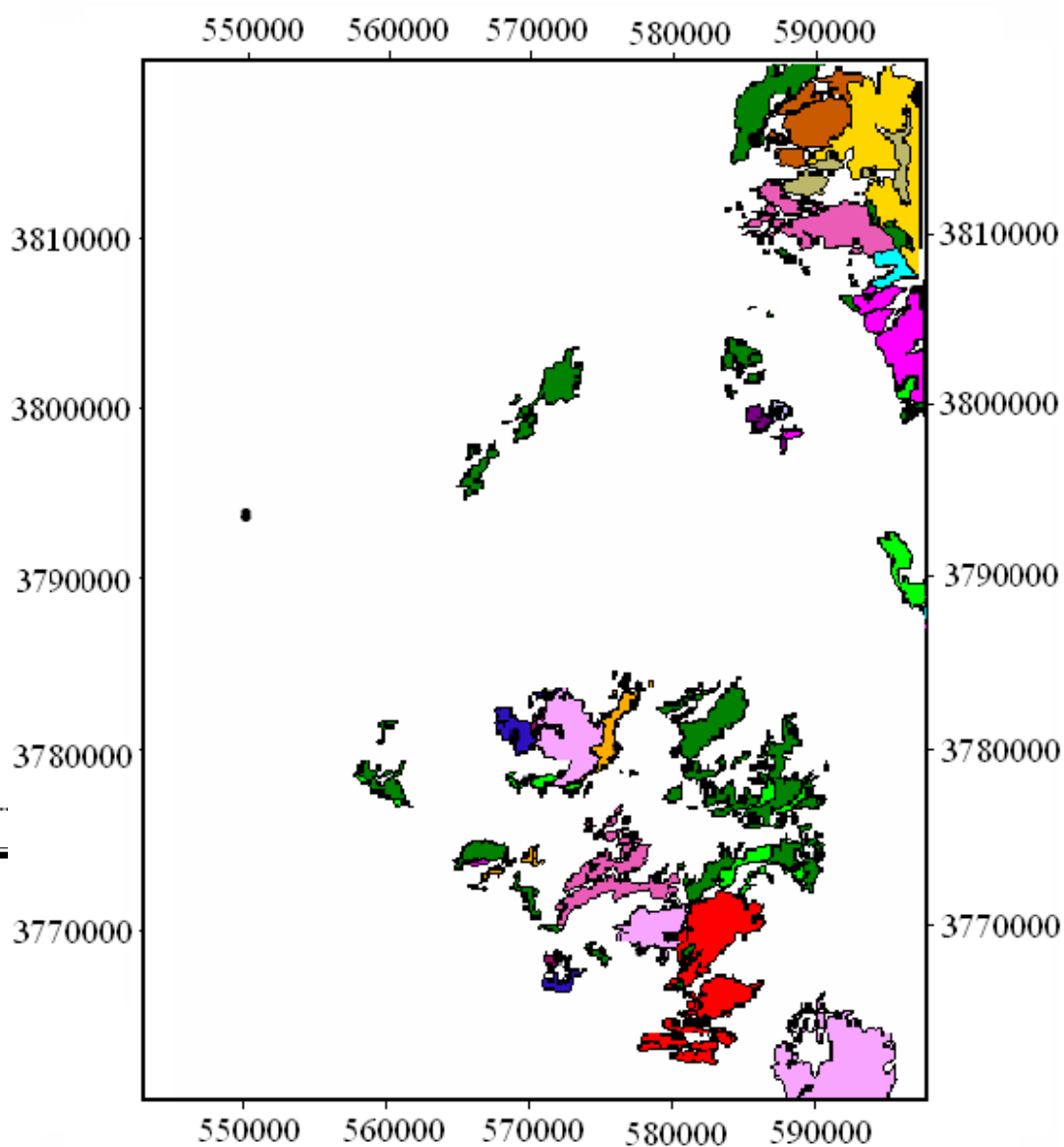
بررسی‌های مغناطیسی دقیق‌تر توأم با اطلاعات زمین‌شناسی، کانی‌سازی و دگرسانی اطلاعاتی راجع به موقعیت دقیق ذخیره، شکل کانی‌سازی، گسترش، شیب، امتداد و حتی عمق می‌تواند در اختیار بگذارد.



شکل ۵-۱- نقشه مغناطیس هوایی منطقه طاهرآباد

۵-۱-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه

اختصاصات زمین‌شناسی و ساختمانی یک ناحیه تعیین‌کننده میزان نفوذپذیری اولیه و ثانوی سنگ هائی است که در آنها سیالات هیدروترمال جریان می‌یابند. در فصل ۲ در مورد زمین‌شناسی منطقه یادآوری شد بطوریکه در گستره نقشه طاهرآباد سنگ‌های پرکامبرین و پالئوزوئیک پیشین رخنمون ندارند. قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه را سنگ‌های معادل سازند سردر (کربونیفر) تشکیل می‌دهد. سازند جمال (پرمین) و سازندهای سرخ شیل و شتری (تریاس) از دیگر واحدهای چینه سنگی شناخته شده در منطقه هستند که به‌مراه واحد های K2 و K3 (کرتاسه) و واحد چینه سنگی معادل کنگلومرای کرمان (کرتاسه تا پالئوسن)، مجموعه واحدهای رسوبی منطقه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. علاوه بر این حدود ۲/۳ منطقه دارای پوشش نهشته‌های کواترنری است که رسوبات رودخانه‌ای، تپه‌های ماسه‌های بادی و پهنه‌های نمکی - رسی را شامل می‌شود. واحدهایی از زمین‌شناسی که دارای کانی‌زایی هستند مشخص شده است که بتوان از تلفیق این واحدها با لایه‌های دیگر مناطقی با پتانسیل کانی‌سازی طلا را به دست آورد. همان‌طور که در شکل (۵-۲) مشاهده می‌کنید نقشه واحدهای سنگی منطقه طاهرآباد رقومی گردیده است.



شکل ۵-۲- نقشه واحدهای سنگی منطقه طهرآباد

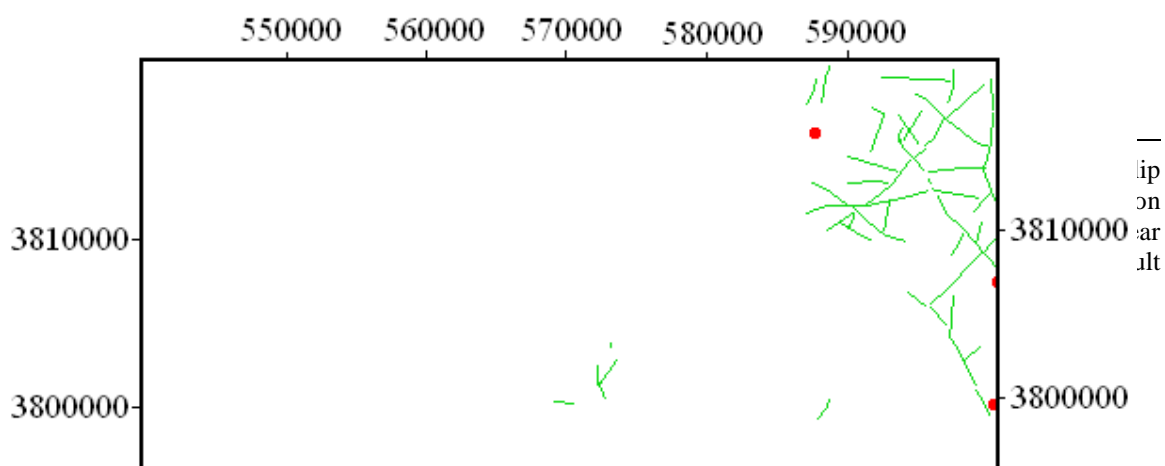
۵-۱-۳- نقشه گسل‌های منطقه

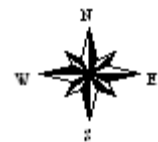
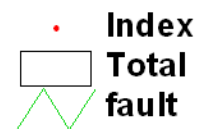
گسل‌ها محل‌های مناسبی برای عبور و راه‌یابی محلول‌های کانه‌دار به سطح زمین هستند. ترکیب محلول‌های طبیعی که در شکاف‌ها و خلل و فرج بین دانه‌ای سنگ‌ها در سطوح مختلف پوسته زمین حرکت می‌کند کاملاً پیچیده است. این پیچیدگی به ویژه شامل حال محلول‌های هیدروترمال و فوق بحرانی می‌شود. بسته به شرایط مختلف دما و فشار این محلول‌ها مهاجرت می‌کنند و انواع مختلف

کانی‌سازی‌های رگه‌ای سرب روی طلا نقره و در شکاف‌ها و گسل‌ها تشکیل می‌شوند [کریم‌پور و همکاران، ۱۳۸۴].

گسل‌های منطقه بطور عمده از یک سامانه گسل‌های راستالغز^{۳۱} و پلکانی یا نردبانی^{۳۲} در یک دستگاه برشی ساده^{۳۳} و رژیم کنیماژیکی همگرا شکل گرفته‌اند. گسل برشی اصلی^{۳۴} و گسل‌های موازی با آن بطور عمده روند غرب، شمال غربی تا شرق، جنوب شرقی به‌طور متوسط دارای امتداد **N 80 – 85 W** است و مؤلفه اصلی حرکت آن راستالغز چپ رو می‌باشد [عضدی، ۱۳۸۲].

با بررسی گسل‌های منطقه و ساختارهای تکتونیکی مرتبط با کانی‌سازی طلا، گسل‌های منطقه رقومی گردید که به عنوان یک لایه اطلاعاتی مناسب برای تهیه نقشه پتانسیل‌یابی کانسارهای طلا با دیگر لایه‌ها تلفیق گردد. همان‌طور که در شکل (۵-۳) مشاهده می‌کنید نقشه گسل‌های منطقه همراه با اندیس‌های معدنی مشخص شده است.





شکل ۵-۳- نقشه گسل های منطقه طاهرآباد همراه با اندیس های طلا دار

۵-۱-۴- نقشه مناطق آلتراسیون حاصل از دورسنجی

۵-۱-۴-۱- تصاویر نسبتی

تصاویر نسبتی بر اساس ویژگی‌های بازتابی کانی‌های دگرسانی و با تقسیم ارزش‌های رقومی (DN)^{۳۵} یک باند طیفی بر باند دیگر ساخته می‌شوند و در تشخیص زون‌های دگرسان شده نقش بسزائی دارند. دو علت عمده باعث استفاده از این نوع محاسبات شده است اولین دلیل قابلیت بالای نسبت‌گیری در بارسازی خواص طیفی عوارض مختلف و میزان تفاوت آنها با یکدیگر می‌باشد.

دومین مزیت تصاویر نسبتی این است که خصوصیات طیفی یا رنگی پدیده‌های تصویر را بدون توجه به تغییرات شرایط تابشی وابسته نظیر توپوگرافی و رویه سطح زمین آشکار می‌سازند. برای تشخیص مناطق دگرسان شده در سنگ‌های آتشفشان-رسوبی منطقه طاهرآباد از داده‌های سنجنده ASTER مشتمل بر باندهای ۲□۴□۵□۶ استفاده شد. تصویر نسبتی (RGB=4/2,4/5,5/6) سبب بارسازی آلتراسیون پروپلتیک و آرژلیک و سلیسی به رنگ سفید در ناحیه مورد مطالعه شده است. در شکل (۴-۵) آلتراسیون منطقه که با تصاویر نسبتی کار شده مشخص شده است.

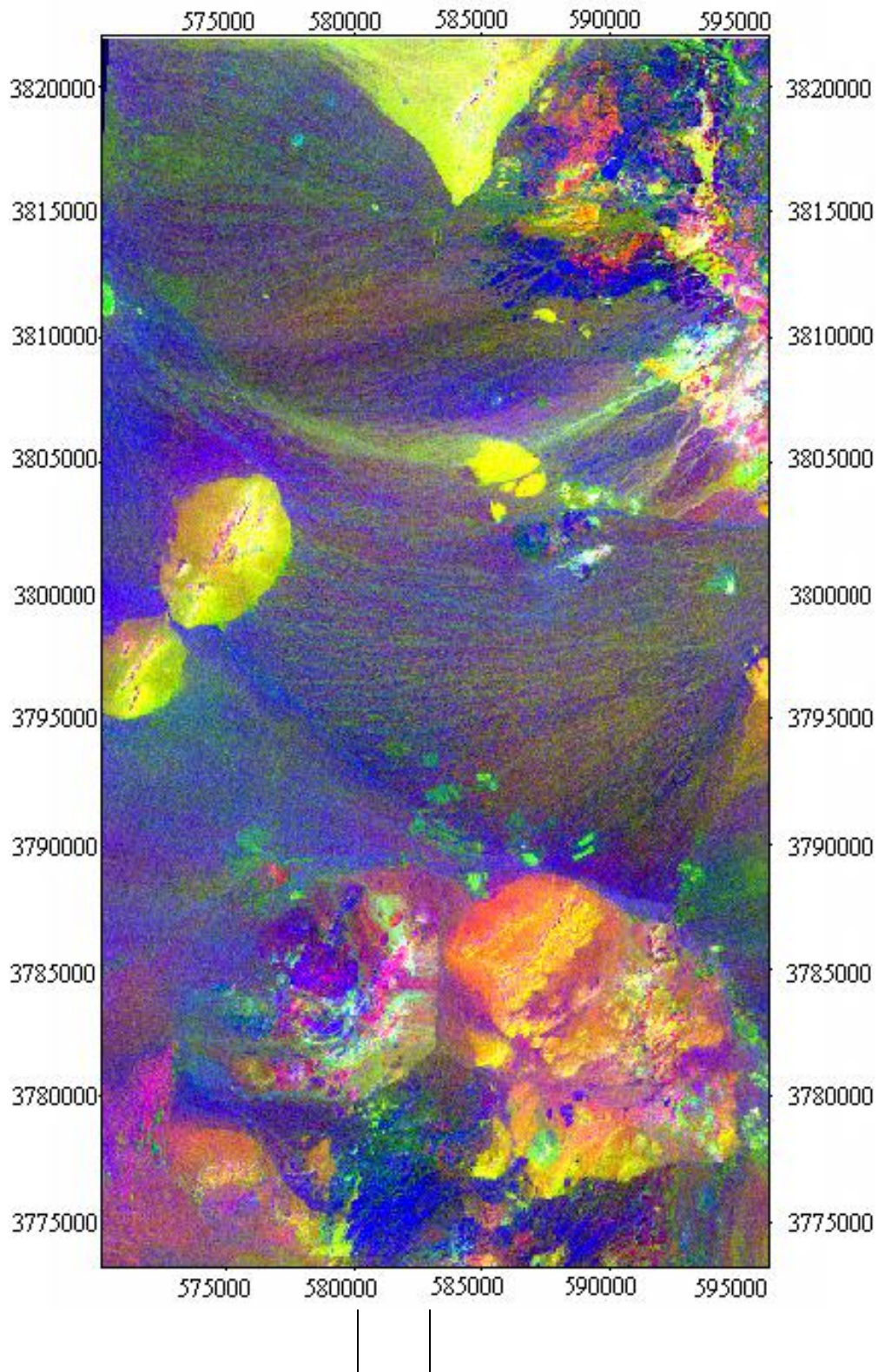
۵-۱-۴-۲- تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی به روش کروستا

تبدیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) وسیلهٔ بارزشی برای تراکم داده‌ها و تولید مجموعه‌ای از تصاویر ناهمبسته از مجموعه داده‌هایی است که در ابتدا بسیار همبسته بوده‌اند. PCA می‌تواند برای متراکم ساختن اطلاعات موجود در تعدادی از باندها به دو یا سه باند تبدیل شده به کار رود. به عبارت دیگر تلاش برای ایجاد دسته داده جدیدی است که همبستگی میان داده‌ها وجود نداشته باشد.

اگر باندها را جداگانه بررسی کنیم تشابه زیادی بین آنها وجود دارد که این ارتباط زیاد بین باندها در تحلیل داده‌های تصویر چند طیفی دشوار است. وابستگی بین باندها باعث ازدیاد اطلاعات وابسته و تکراری و بالارفتن زمان پردازش و پایین آمدن دقت پردازش می‌شود. انتقال مؤلفه‌های اصلی روشی برای خارج کردن یا کاهش چنین اطلاعات زائدی که با فشرده کردن مجموعه داده‌های چند طیفی در

^{۳۵} Digit number

یک دستگاه مختصات جدید صورت می‌گیرد. محورهای دستگاه مختصات جدید در جهتی که بیشترین واریانس ارزش‌های طیفی را دارند ایجاد می‌شوند.





شکل ۵-۴- تصویر ترکیب (RGB=4/2,4/5,5/6) منطقه طاهرآباد مناطق با

رنگ سفید مناطق دگرسانی را نشان می دهد

اگر همبستگی اولیه بین داده‌ها وجود نداشته باشد دلیلی برای به کارگیری روش PCA وجود ندارد لذا به دست آوردن ماتریس همبستگی و ماتریس کواریانس ضروری است. در داده‌های چند طیفی اولین مؤلفه اصلی (PC1) شامل بیشترین درصد واریانس کلی تصویر است و مؤلفه‌های بعدی (PC2, PC3, ..., PCn) هر یک دربرگیرنده درصد واریانس کمتری از واریانس تصویر می‌باشند. همچنین PCA از نظر صرف وقت و احیانا هزینه حائز اهمیت است [حسنی‌پاک، ۱۳۸۰]. جدول (۵-۱) نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی که بر روی ۶ باند سنجنده ASTER منطقه مطالعاتی انجام شده را نشان می‌دهد.

جدول ۵-۱- تحلیل مؤلفه‌های اصلی روی باندهای سنجنده ASTER منطقه طاهرآباد

| | Band 4 | Band 5 | Band 6 | Band 7 | Band 8 | Band 9 |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Pc4 | ۰/۴۰۸۰۰۷ | ۰/۴۰۸۸۵۴ | ۰/۴۲۷۴۱۶ | ۰/۴۰۷۶۷۴ | ۰/۴۱۰۷۴۱ | ۰/۳۸۵۷۱۷ |
| Pc5 | ۰/۱۷۲۹۳۱ | ۰/۳۸۳۲۱۷ | ۰/۵۶۰۰۶۵ | -۰/۵۲۵۵۴۶ | -۰/۴۵۰۴۰۶ | -۰/۱۷۶۵۲ |
| Pc6 | ۰/۶۰۹۱۸۷ | ۰/۰۵۴۹۹۴ | -۰/۵۴۱۰۸۰ | -۰/۳۹۵۵۲۰ | -۰/۰۸۹۸۴۴ | ۰/۴۱۰۵۹۹ |
| Pc7 | ۰/۴۶۴۵۹۵ | ۰/۰۹۴۶۵۴ | -۰/۱۹۰۲۲۲ | ۰/۵۴۷۱۲۱ | -۰/۴۱۵۷۰۶ | -۰/۵۱۶۵۸۰ |

| | | | | | | |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Pc8 | -۰/۳۲۱۹۳۳ | ۰/۸۰۶۹۶۳ | -۰/۴۱۶۲۳۵ | -۰/۰۵۳۰۸۶ | ۰/۱۸۱۱۹۶ | -۰/۱۹۰۴۴۰ |
| Pc9 | ۰/۳۳۶۱۹۵ | -۰/۱۵۱۰۲۸ | ۰/۰۳۷۹۳۶ | -۰/۳۱۴۶۵۵ | ۰/۶۴۳۹۸۱ | -۰/۵۹۰۷۶۷ |

روش کروسستا که بر اساس بزرگی و علامت بردارهای ویژه مؤلفه‌های اصلی استوار است و به صورت پیکسل‌های تیره و روشن در تصاویر PC بیان می‌گردد. روش کروسستا افزون بر آشکارسازی مناطق آلتیره، به طور مؤثری از اختلاط مناطق دگرسان شده با مناطق غیرآلتیره جلوگیری می‌کند. در این روش نواحی دگرسانی بر اساس تجزیه مؤلفه‌های اصلی ۴ باند سنجنده آستر یعنی باندهای ۵، ۱، ۶، ۴ می‌باشد. همه باندها در pc4 دارای وزن مثبت می‌باشد که جهت بارزسازی توپوگرافی حائز اهمیت است. کانی‌های رسی مثل کائولینیت، مونتموریلونیت (زون‌های دگرسانی آرژیلیک) در باند ۴ بازتاب بالایی دارند و در باند ۶ جذب بالایی دارند و با توجه به اینکه باند ۴ در pc6 وزن مثبت بالایی دارد و باند ۶ وزن منفی بالایی دارد که نشان می‌دهد نواحی دگرسان شده آرژیلیکی در تصویر با پیکسل‌های روشن و به رنگ زرد مایل به سبز مشخص می‌شوند که در جدول (۵-۲) نشان داده شده است.

همچنین کانی‌های کلریت، اپیدوت، کلسیت (زون دگرسانی پروپیلتیک) در باند ۹ بازتاب بالایی و در باند ۸ جذب بالایی دارند و با توجه به اینکه باند ۹ در pc9 وزن منفی بالایی دارد و باند ۸ وزن مثبت دارد که نواحی دگرسان شده پروپیلتیک با پیکسل‌های تیره مشخص می‌شوند این جدول (۵-۳) بایستی معکوس شود تا نواحی دگرسان شده با پیکسل‌های روشن مشخص شوند.

هر سه تصویر مؤلفه اصلی (pc4, pc6, -pc9) را برای ایجاد یک تصویر رنگی در سیستم RGB با هم ترکیب می‌کنیم تصویر نهایی ترکیب تصاویر pc6 (برای به نقشه در آوردن دگرسانی آرژیلیکی) pc9 (برای به نقشه در آوردن دگرسانی پروپیلتیک) در رنگ‌های قرمز- سبز- آبی می‌باشد مناطق زرد مایل به سبز در شکل (۵-۵) نشان‌دهنده مناطق دارای دگرسانی می‌باشند.

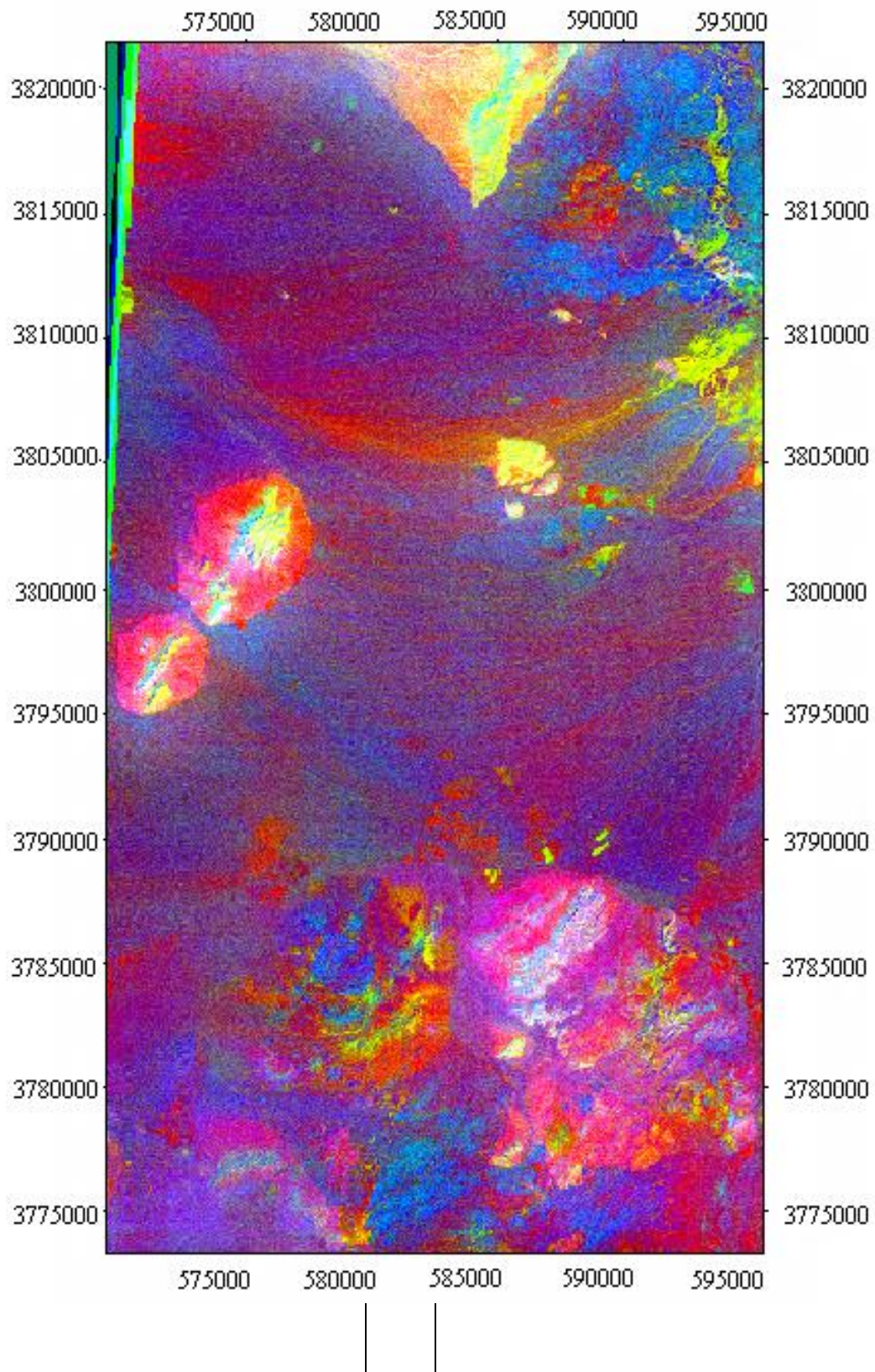
جدول ۵-۲- روش کروسستا روی باندهای سنجنده ASTER منطقه طاهرآباد

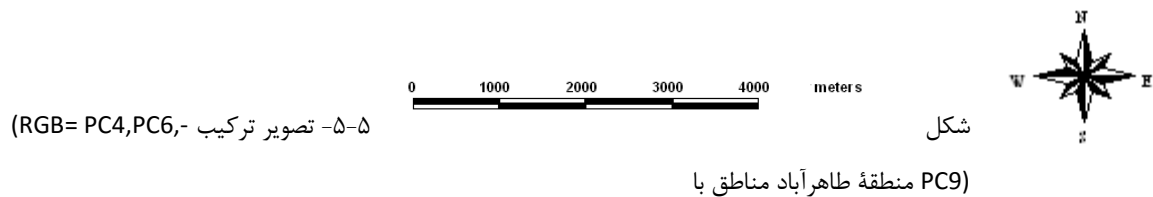
| | | | |
|--------|--------|--------|-------|
| Band 1 | Band 4 | Band 5 | Band6 |
|--------|--------|--------|-------|

| | | | | |
|------|-----------|----------|----------|-----------|
| Pc 1 | ۰/۴۳۷۸۰۰ | ۰/۲۸۳۶۸۹ | ۰/۲۸۹۴۵۷ | ۰/۳۰۴۸۵۳ |
| Pc 4 | ۰/۰۲۳۷۲۳ | ۰/۴۰۸۰۰۷ | ۰/۴۰۸۸۵۴ | ۰/۴۲۷۴۱۶ |
| Pc 6 | -۰/۳۳۷۷۸۷ | ۰/۶۰۹۱۸۷ | ۰/۰۵۴۹۹۴ | -۰/۵۴۱۰۸۰ |
| Pc 7 | -۰/۲۶۳۶۲۴ | ۰/۴۶۴۵۹۵ | ۰/۰۹۴۶۵۴ | -۰/۱۹۰۲۲۲ |

جدول ۵-۳- روش کروسستا روی باندهای سنجنده ASTER منطقه طاهرآباد

| | Band 1 | Band 7 | Band 8 | Band 9 |
|-------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Pc 1 | ۰/۴۳۷۸۰۰ | ۰/۲۸۳۶۸۹ | ۰/۲۸۹۴۵۷ | ۰/۳۰۴۸۵۳ |
| Pc 4 | ۰/۰۲۳۷۲۳ | ۰/۴۰۷۶۷۴ | ۰/۴۱۰۷۴۱ | ۰/۳۸۵۷۱۷ |
| Pc 8 | -۰/۳۳۷۷۸۷ | -۰/۰۵۳۰۸۶ | ۰/۱۸۱۱۹۶ | -۰/۱۹۰۴۴۰ |
| -Pc 9 | -۰/۲۶۳۶۲۴ | -۰/۳۱۴۶۵۵ | ۰/۶۴۳۹۸۱ | -۰/۵۹۰۷۶۷ |





رنگ سبز مایل به زرد مناطق دگرسانی را نشان می‌دهد

مناطق که در شکل (۵-۴) و (۵-۵) مشخص شده به عنوان مناطق امیدبخش معدنی طاهرآباد معرفی شده است.

- ۱- محدوده دگرسانی در شرق ابوالخازن (شرق منطقه طاهرآباد) که در این محدوده به طرف شمال توده‌های مونزونیتی به شدت دگرسان شده که از نوع پروپیلتیک، آرژیلیک می‌باشد
- ۲- محدوده دگرسانی در شرق کوه رحیمی که سنگ‌های ریولیتی داسیتی آندزیتی به شدت دگرسان شده و زون‌های دگرسانی پروپیلتیک را تشکیل می‌دهد
- ۳- محدوده دگرسانی در جنوب ابوالخازن که دگرسانی پروپیلتیکی را تشکیل می‌دهد.

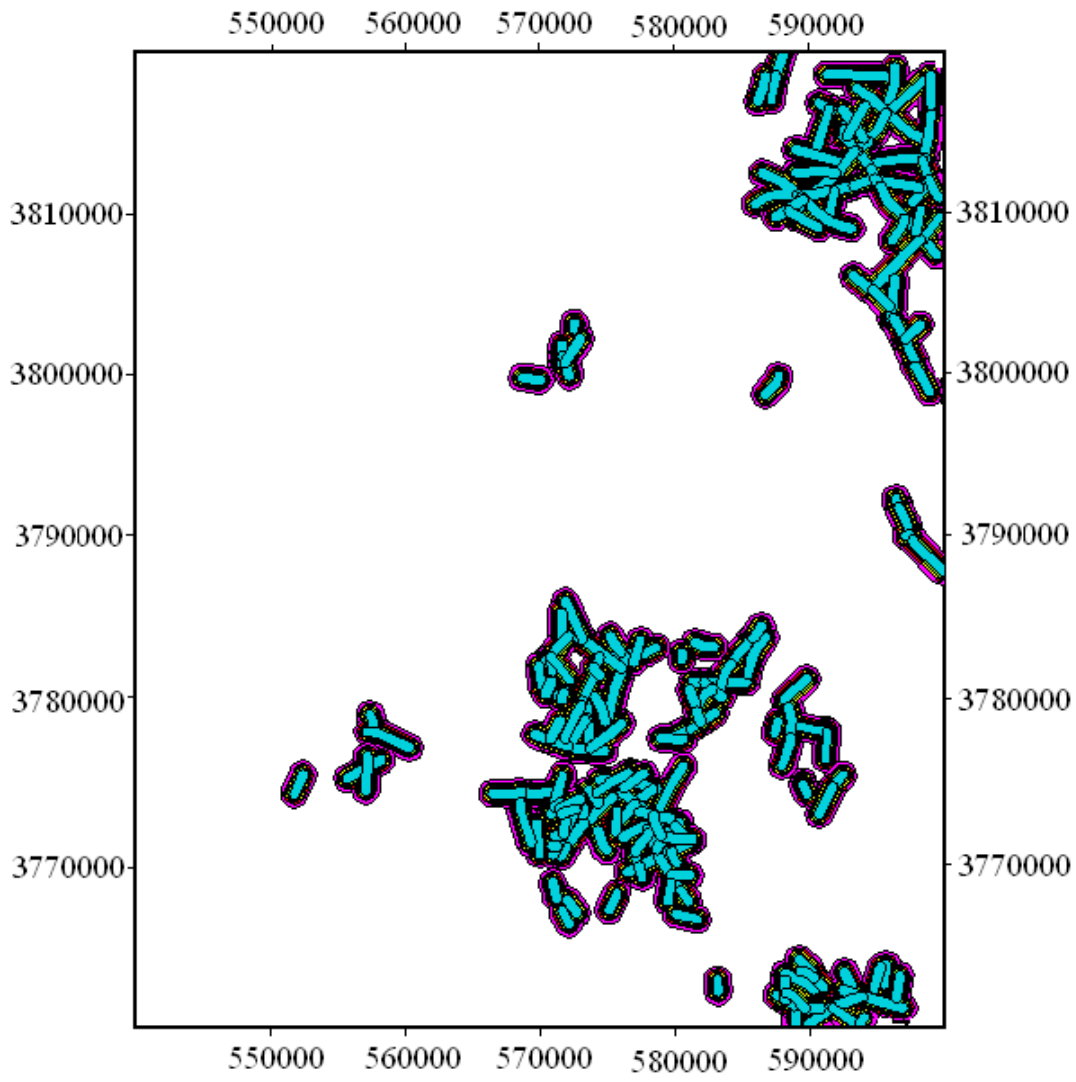
هدف از مطالعه در فصل حاضر تعیین مناطق امیدبخش اکتشافی طلا با استفاده از دو روش وزن های نشانگر و زونالیته می باشد. به این منظور ابتدا از روش وزن های نشانگر به عنوان یک روش داده محور استفاده شده و با بهره گیری از چهار لایه (لیتولوژی و گسل ها و آلتراسیون و ژئوفیزیک) اقدام به تهیه نقشه مناطق امیدبخش شده است. سپس از روش زونالیته استفاده شده و نقشه مناطق آنومالی دار از داده های ژئوشیمیایی تهیه شده است. در نهایت با ترکیب روش وزن های نشانگر- زونالیته (Zonality-WofE) نقشه پتانسیل کانی سازی طلا در منطقه طاهرآباد به دست آمده است که در ادامه تشریح خواهد شد.

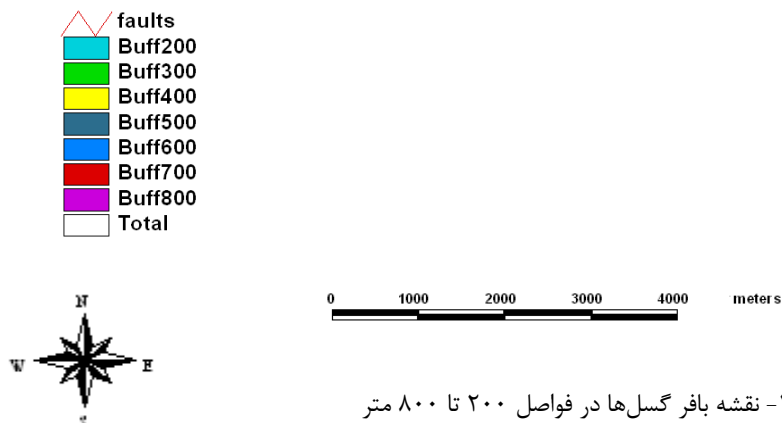
۲-۶- تهیه نقشه پتانسیل معدنی با روش وزن های نشانگر

۲-۶-۱- تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر بر روی گسل های منطقه

بعد از اینکه نقشه رقومی گسل های منطقه در فصل قبل تهیه گردید، از تجزیه و تحلیل وزن های نشانگر، به علت وابستگی های فضایی بین اندیس های معدنی شده، برای به دست آوردن ارتباط گسل ها با کانی سازی استفاده می شود.

به منظور آماده سازی برای تحلیل وزن های نشانگر روی نقشه شکستگی ها و گسل های منطقه عملیات بافرینگ انجام شده است. مقادیر فاصله داری از گسل ها به فواصل ۱۰۰ متر به ۱۰۰ متر تقسیم شده اند. بافر منطقه از فاصله ۲۰۰ تا ۸۰۰ متر انجام شده است. شکل (۱-۶) نقشه بافر گسل های منطقه را نشان می دهد. پس از این مرحله روی نقشه شکل (۱-۶) عملیات وزن دهی به فواصل مختلف از طریق محاسبات وزن های نشانگر با توجه به پراکندگی اندیس های شناخته شده در منطقه انجام شد. نتایج محاسبات وزن های نشانگر برای گسل ها در جدول (۱-۶) نشان داده شده است. مهمترین پارامترهای انجام گرفته در نرم افزار Arcview، مساحت هریک از بافرها، تعداد اندیس ها در هر بافر، مقادیر اوزان و کنتراست و استیودنت های محاسبه شده می باشد.





همانطور که در جدول (۶-۱) مشاهده می‌شود کانی‌سازی در فواصل ۵۰۰ تا ۶۰۰ و ۶۰۰ تا ۷۰۰ متری از گسل‌ها دارای بالاترین کنتراست است. با توجه به خروجی این مرحله نقشه دوتایی گسل‌های ناحیه در نرم‌افزار ArcGIS مورد بررسی قرار گرفت و به فواصل ذکر شده دارای کانی‌سازی ارزش ۱ و به بقیه مناطق ارزش ۰ داده شده است که از همپوشانی این فواصل کانی‌سازی با دیگر معیارهای اکتشافی، مناطق پتانسیل‌دار مشخص گردد.

جدول ۶-۱- نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای گسل‌های منطقه

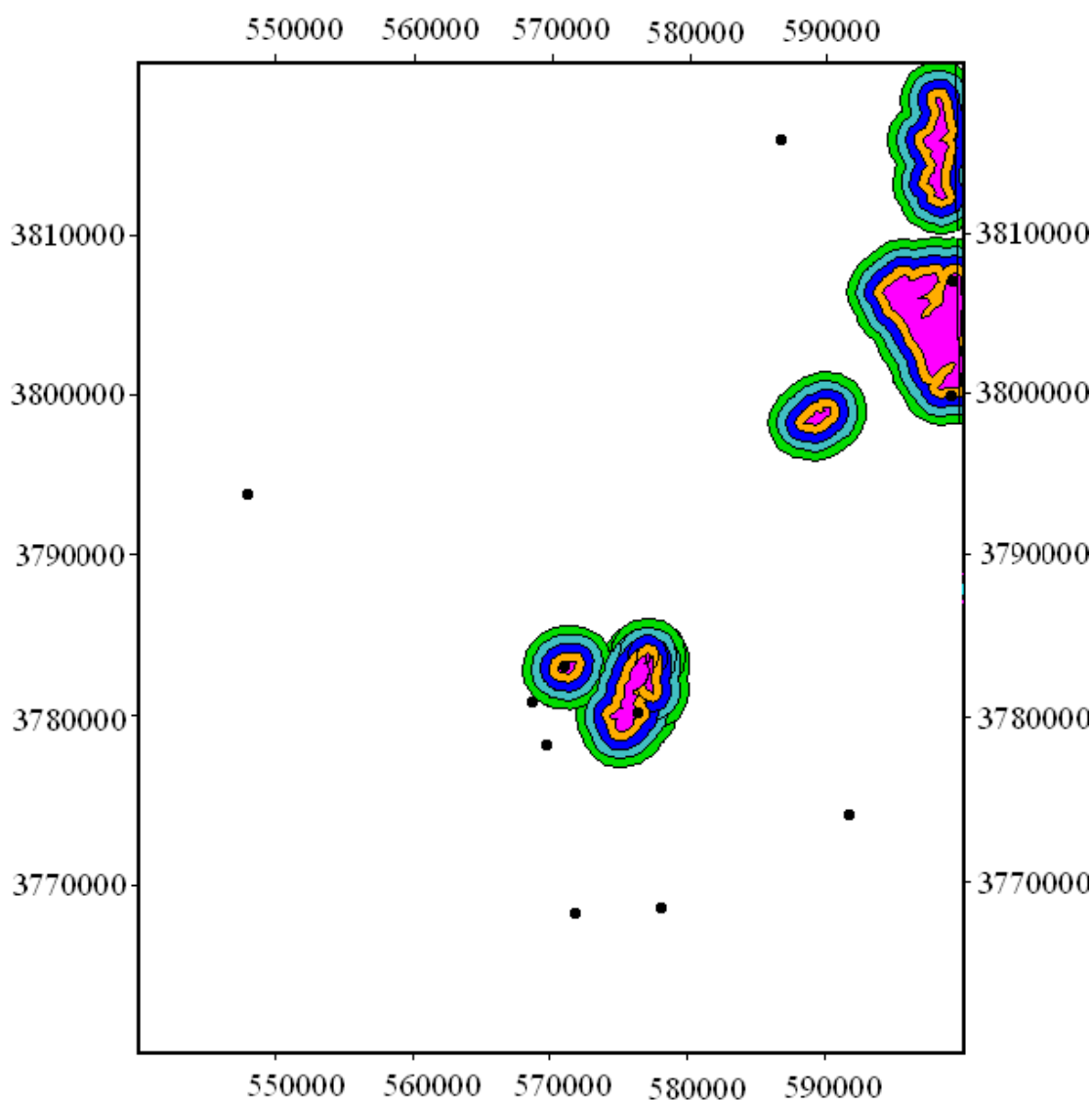
| fault | Area(km2) | nb | Nbd | w+ | w- | C | Sig |
|-------|-----------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|-------------------|
| 200 | 74.436 | 298 | 1 | 1.117612355 | -0.065126495 | 1.18273885 | 1.13724889 |
| 300 | 85.218 | 341 | 1 | 0.982398876 | -0.060679975 | 1.04307885 | 1.00296043 |
| 400 | 96.02 | 384 | 0 | 0 | 0.039200691 | -0.03920069 | 0 |
| 500 | 106.808 | 427 | 1 | 0.756905147 | -0.051727178 | 0.80863233 | 0.77753108 |
| 600 | 117.595 | 470 | 2 | 1.356023378 | -0.152686093 | 1.50870947 | 2.03879658 |
| 700 | 128.388 | 513 | 2 | 1.268122084 | -0.148159531 | 1.41628162 | 1.91389408 |
| 800 | 139.186 | 557 | 1 | 0.490576199 | -0.038039872 | 0.52861607 | 0.50828468 |

۶-۲-۲- تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر بر روی مناطق آلتراسیون

بعد از اینکه نقشه مناطق آلتراسیون رقومی شد، مناطق دگرسانی هم مانند گسل‌ها بافر زده شد تا ارتباط کانی‌سازی و آلتراسیون مشخص گردد. برای تهیه نقشه نشانگر آلتراسیون‌ها، از نقشه دوتایی آلتراسیون‌ها استفاده گردید. برای این منظور عملیات رستری کردن این نقشه شاهد در ArcGIS صورت گرفت. همانطور که در شکل (۶-۲) دیده می‌شود محدوده فواصل بافر ۵۰۰ متر به ۵۰۰ در نظر گرفته شده‌است که از ۱۱ اندیس معدنی تنها ۵ اندیس معدنی شناخته شده در آن فواصل جای گرفته است. سپس روی مناطق آلتراسیون عملیات وزن‌دهی از طریق محاسبات وزن‌های نشانگر صورت می‌پذیرد و طبق جدول (۶-۲) مشاهده می‌شود که فاصله ۰ تا ۵۰۰ متر دارای بیشترین کنتراست و استیودنت بوده و این فاصله بهترین پیش بینی کننده دوتایی نقاط پیدایش کانسارهای طلا خواهد بود. در مرحله آخر نقشه امیدبخش دوتایی از لحاظ دگرسانی به منظور تلفیق با دیگر داده‌ها در عملیات وزن‌های نشانگر تهیه شده است.

جدول ۶-۲- نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای مناطق آلتراسیون

| altration | Area(km2) | nb | nbd | w+ | w- | C | Sig |
|-----------|-----------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|------------|
| 500 | 56.723 | 227 | 3 | 2.498310731 | -0.295773808 | 2.79408454 | 4.65680756 |
| 1000 | 104.258 | 417 | 1 | 0.780659233 | -0.052772328 | 0.83343156 | 0.8013765 |
| 1500 | 158.729 | 635 | 1 | 0.359295539 | -0.029736652 | 0.38903219 | 0.37406941 |
| 2000 | 223.452 | 894 | 0 | 0 | 0.093759676 | -0.09375968 | 0 |



شکل ۶-۲- نقشه بافر مناطق آلتراسیون در فواصل ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری

۶-۲-۳- تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر بر روی واحدهای زمین‌شناسی

در مقیاس اکتشافات ناحیه‌ای جدایش محیط‌های زمین‌شناسی می‌تواند موجب افزایش نسبت موفقیت تکنیکی شود. منطقه مورد مطالعه از واحدهای سنگی آذرین رسوبی تشکیل شده است که نقشه پراکندگی این واحدهای سنگی در فصل ۲ ذکر گردید. واحدهای زمین‌شناسی مساعد (شکل ۶-۳)

برای کانی‌سازی و دارای ارزش بالا که از نقشه رقومی شده زمین‌شناسی انتخاب شدند عبارتند از: واحدهای mg (کوارتز مونزونیت و گرانیت)، Tda (داسیت و آندزیت)، Trt (توف ریولیتی و به طور محلی مونزونیت)، mzd (کوارتز مونزودیوریت)

بعد از این مرحله با توجه به اندیس‌های موجود در منطقه مورد مطالعه عملیات وزن‌دهی به واحدهای مختلف صورت می‌پذیرد. در جدول (۳-۶) پارامترهای مربوط به تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر برای هر واحد زمین‌شناسی که در آن اندیس معدنی وجود دارد نشان داده شده‌است. وزن‌های محاسبه شده (W^+, W^-) از این روش ملاکی برای همراهی مکانی بین اندیس‌های معدنی و واحدهای نقشه می‌باشد. تفاضل این دو وزن کنتراست (C) نامیده می‌شود. کنتراست پارامتری است که معرف وضعیت کلی همراهی نقاط مورد نظر با واحد نقشه یا عدم همراهی ارتباط مورد نظر با واحد خاص از نقشه است.

واحدهای ذکر شده که به عنوان بهترین واحدها شناخته شدند، دارای بالاترین کنتراست (C) و استیودنت (Sig) هستند.

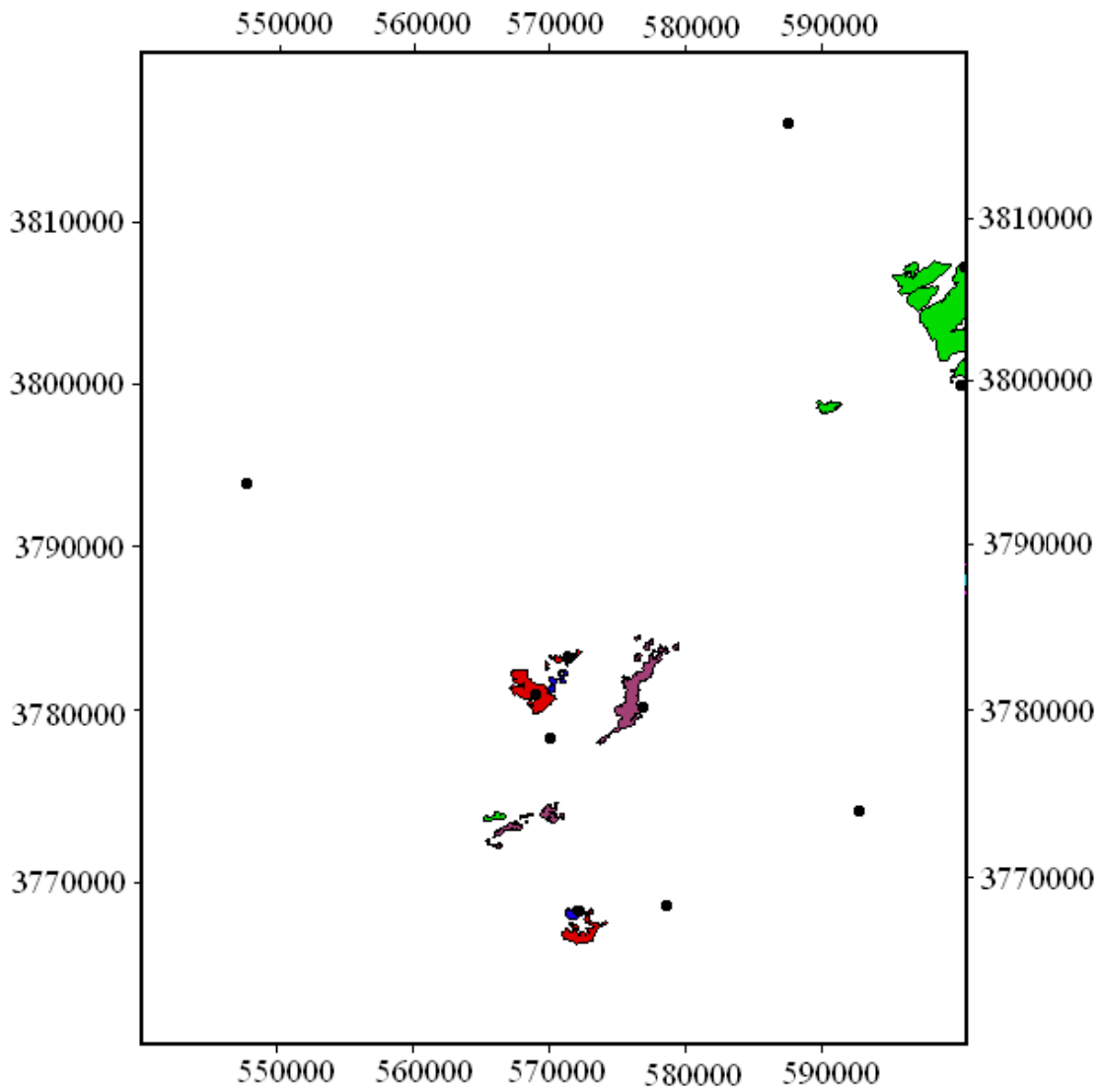
پس از آنالیز روش وزن‌های نشانگر به تمامی واحدهایی که بیشترین ارتباط را با اندیس‌های معدنی نشان می‌دهند یک ارزش بالای یکسان (ارزش ۱) و به سایر واحدها یک ارزش پایین (ارزش ۰) داده شده است.

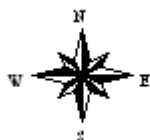
در مرحله آخر نقشه دوتایی نشان دهنده نواحی مناسب در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد که با تلفیق این واحدها با دیگر داده‌ها نقشه پتانسیل‌یابی منطقه طاهرآباد به دست آید.

جدول ۳-۶ - نتایج محاسبات وزن های نشانگر برای واحدهای زمین شناسی

| geology | Area(km2) | nb | nbd | w+ | w- | C | Sig C |
|---------|-----------|-----|-----|-------------|-------------|--------------|-------------|
| mg | 13.6777 | 55 | 2 | 3.534199761 | 2.257361281 | 1.276838479 | 1.77338678 |
| Tda | 5.481 | 22 | 1 | 3.766822056 | 2.325982119 | 1.440839937 | 1.38542302 |
| Tad | 42.0208 | 168 | 1 | 1.693350681 | 2.505806285 | -0.812455603 | -0.78120731 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|-----|---|-------------|-------------|-------------|------------|
| K2 | 13.688 | 55 | 1 | 2.822360447 | 2.363891948 | 0.458468499 | 0.4408351 |
| mzd | 3 | 12 | 2 | 3.405879386 | 1.20053368 | 2.205345705 | 3.46148793 |
| Trt | 4.677 | 19 | 1 | 3.920972736 | 2.322605984 | 1.598366752 | 1.53689111 |
| k3 | 62.115 | 248 | 3 | 2.408698572 | 2.393873937 | 0.014824635 | 0.02470773 |





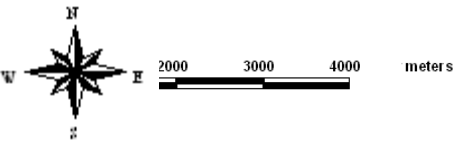
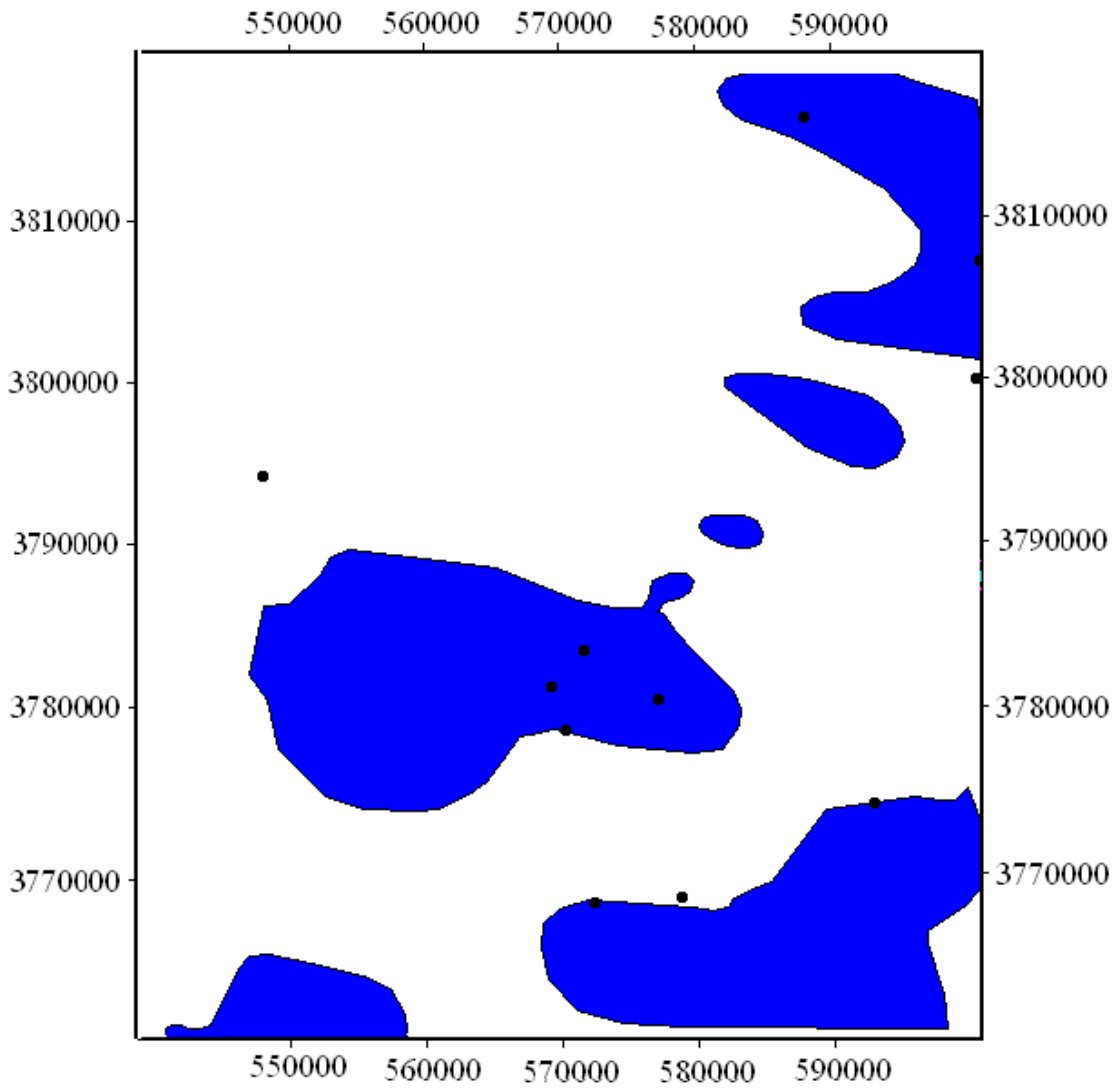
شکل ۳-۶- نقشه واحدهای زمین شناسی مناسب

۴-۲-۶- تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر بر روی ژئوفیزیک هوایی

در نقشه ژئوفیزیک هوایی نیز مانند سایر نقشه‌ها، تجزیه و تحلیل وزن‌های نشانگر، براساس تغییرات مقادیر شدت میدان مغناطیسی کل پس از رقومی‌سازی و انجام محاسبات نرم‌افزاری اعمال گردید. همان‌طور که در جدول (۴-۶) مشاهده می‌شود مساحت هریک از مقادیر شدت میدان مغناطیسی، تعداد اندیس‌ها، مقادیر اوزان، کنتراست و استیودنت محاسبه گردید.

منطقه مورد مطالعه از نظر شدت میدان مغناطیسی به ۵ قسمت تقسیم‌بندی شد که از بین آنها شدت میدان مغناطیسی ۳۹۵۵۰-۳۹۵۰۰ دارای کنتراست (C) و استیودنت (Sig) بالاتری است و منطقه بهینه‌ای است که انتخاب شد.

در شکل (۴-۶) شدت میدان مغناطیسی بهینه برای تلفیق با دیگر داده‌ها نشان داده شده است.



شکل ۴-۶- نقشه ژئوفیزیک هوایی بر اساس شدت میدان مغناطیسی مناسب

جدول ۴-۶ - نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر در نقشه ژئوفیزیک هوایی

| jeophysics | Area(km2) | nb | nbd | w+ | w- | C | Sig C |
|-------------|-----------|-----|-----|-------------|--------------|-------------|------------|
| 39600..... | 71.02 | 284 | 1 | 1.165897596 | -0.066569943 | 1.23246754 | 1.18506494 |
| 39550-39600 | 65.85 | 263 | 0 | 0 | 0.026681776 | -0.02668178 | 0 |

| | | | | | | | |
|-------------|---------|------|---|--------------|--------------|------------|-------------|
| 39500-39550 | 721.6 | 2886 | 7 | 0.792056352 | -0.671618668 | 1.46367502 | 3.85177637 |
| 39450-39500 | 1578.19 | 6312 | 2 | -1.245399281 | 0.798172816 | -2.0435721 | -2.76158392 |
| 39400-39450 | 74.23 | 297 | 1 | 1.120985039 | -0.065229668 | 1.18621471 | 1.14059106 |

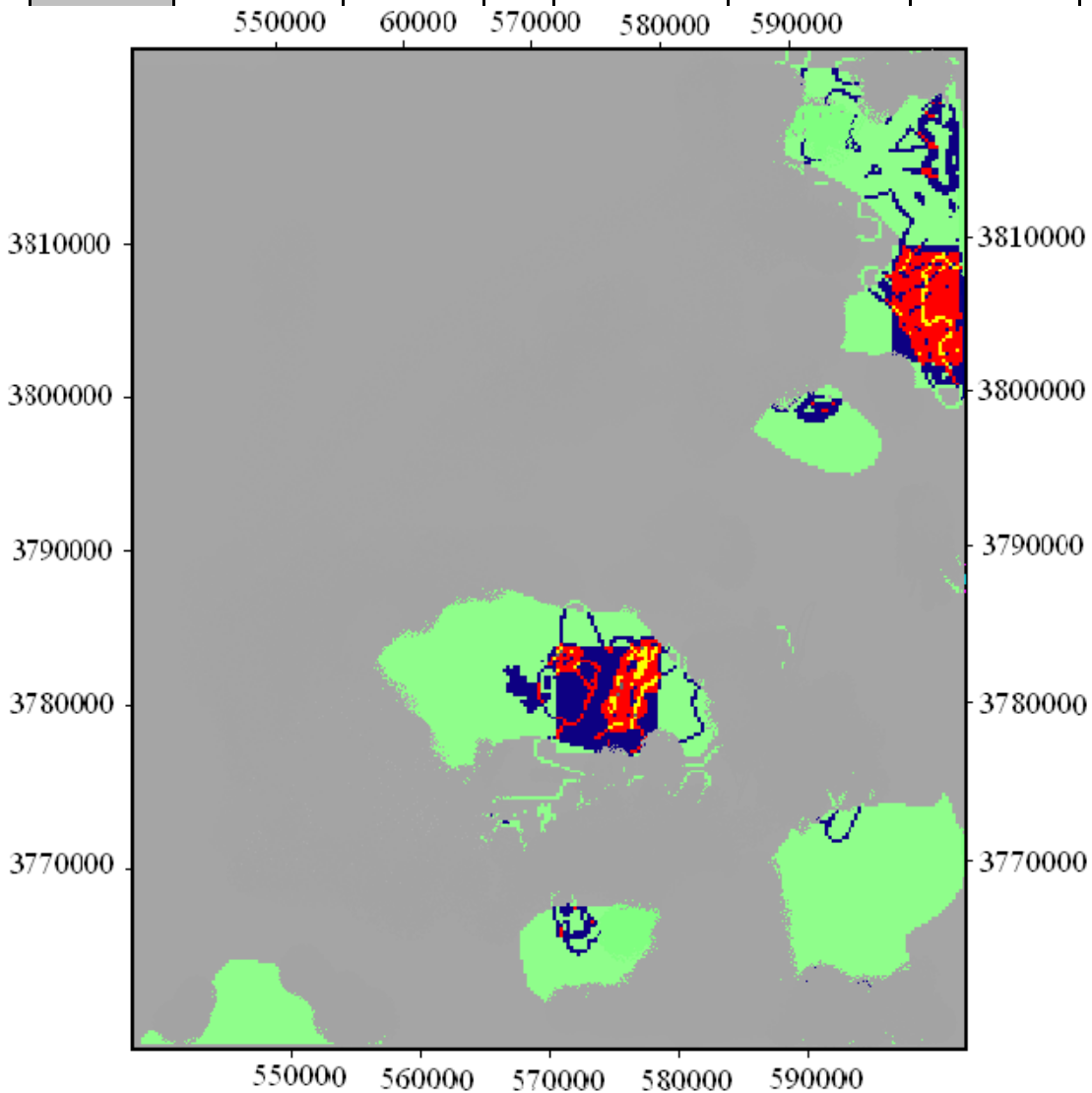
۶-۲-۵- نقشه پتانسیل نهایی طلای منطقه طاهرآباد

در روش شواهد وزنی با محاسبه مساحت‌های دارای ارزش بالا (ارزش ۱) و ارزش پایین (ارزش ۰) بر حسب سلول واحد و محاسبه تعداد اندیس‌های مورد نظر در داخل محدوده مورد مطالعه، وزن‌هایی محاسبه می‌شود که معرف همراهی مکانی بین اندیس‌های معدنی با کلاس‌های خاص نقشه هستند و با وزن‌های W^+ , W^- و اختلاف آنها $(W^+ - W^-)$ مشخص می‌شوند. بعد از اینکه نقشه‌های دوتایی واحدهای زمین‌شناسی، آلتراسیون، گسل، نقشه مغناطیس‌هوایی و نقشه آنومالی ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه تهیه گردید، از همپوشانی تمام نقشه‌های دوتایی، نقشه پیش‌بینی کننده کانی‌سازی منطقه طاهرآباد بدست آمد. نقشه پیش‌بینی کننده نهایی از مطابقت دادن اوزان مثبت با مناطقی که در آنها الگوهای نواحی مطلوب حضور داشت و انطباق اوزان منفی با مناطقی که در آنها الگوهای نواحی مطلوب دیده نمی‌شدند فراهم گردید.

جدول نقشه‌های دوتایی برای به دست آوردن نقشه پیش‌بینی کننده نهایی در جدول (۶-۵) آمده است. همانطور که در شکل (۶-۵) مشاهده می‌کنید نقشه پتانسیل نهایی طلای منطقه طاهرآباد توسط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. مناطق مشخص شده بر حسب احتمال کانی‌زایی طلا از بیشترین احتمال به رنگ زرد تا کمترین احتمال به رنگ خاکستری نشان داده شده‌اند. از کل مساحت منطقه مورد مطالعه، در حدود ۲۵۰۰ کیلومتر مربع، مساحتی در حدود ۷۲۰ کیلومتر مربع یعنی ۲۸ درصد آن به عنوان مناطق پتانسیل‌دار برای کانی‌سازی تشخیص داده شدند.

جدول ۶-۵- جدول نهایی نتایج محاسبات وزن‌های نشانگر برای نقشه‌های دوتایی

| Name | Selected | Area(km2) | nbd | w+ | w- | C | Sig C |
|------------|-------------|-----------|-----|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Alteration | 0-500 | 56.723 | 3 | 2.498310731 | -0.295773808 | 2.79408454 | 4.65680756 |
| Geology | mg | 13.6777 | 2 | 1.77338678 | 2.257361281 | 1.276838479 | 3.534199761 |
| | Tda | 5.481 | 1 | 3.766822056 | 2.325982119 | 1.440839937 | 1.38542302 |
| | mzd | 3 | 2 | 3.405879386 | 1.20053368 | 2.205345705 | 3.46148793 |
| | Trt | 4.677 | 1 | 3.920972736 | 2.322605984 | 1.598366752 | 1.53689111 |
| Jeophysics | 39500-39550 | 721.6 | 7 | 0.792056352 | -0.671618668 | 1.46367502 | 3.85177637 |
| | | | | | | | 2.03879658 |
| | | | | | | | 1.91389408 |



| | | |
|--|---------|---------|
| | 0.92384 | 0.98887 |
| | 0.64523 | 0.92384 |
| | 0.31349 | 0.64523 |
| | 0.15045 | 0.31349 |
| | 0.00024 | 0.15045 |



شکل ۶-۵- نقشه نهایی پتانسیل معدنی با استفاده از روش وزن‌های نشانگر

۶-۳- انتخاب داده‌ها

همان‌طور که در فصل چهارم اشاره شد تحلیل داده‌ها یعنی نمایش ساده‌تر داده‌ها و کاهش بعد داده‌ها به منظور تجزیه و تحلیل عناصر ژئوشیمیایی و تشخیص کانی‌سازی اصلی در منطقه صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های تحلیل داده‌ها خوشه‌بندی است. شکل (۶-۶) دندروگرام ضریب همبستگی داده‌های طاهرآباد را برای ۶۶ نمونه نشان می‌دهد. همان‌طور که از این شکل پیداست، عناصر دو به دو دارای همبستگی به هم هستند.

همانگونه که مشاهده می‌شود تمام عناصر را می‌توان به دو خوشه اصلی (A,B) تقسیم کرد. خوشه B

شامل: عناصر Cu, Sn و خوشه A شامل A1, A2 می‌باشد خوشه A1 شامل: عناصر Pb, Zn, W

شامل: عناصر Bi, Co, Hg, Au, Ag, Ba و خوشه A2 شامل: عناصر Mo, As, Sb می‌باشد. گروه A1 بیشتر آنومالی‌های

طلادار را نشان می‌دهد که به وسیله عناصر مهم طلا و نقره مشخص شدند و سایر عناصر Hg, Pb, Zn,

Ba به صورت ردیاب برای طلا هستند که در این گروه قرار دارند. این گروه برای اکتشاف ذخایر طلا

ارزیابی و رده‌بندی آنومالی استفاده می‌شوند.

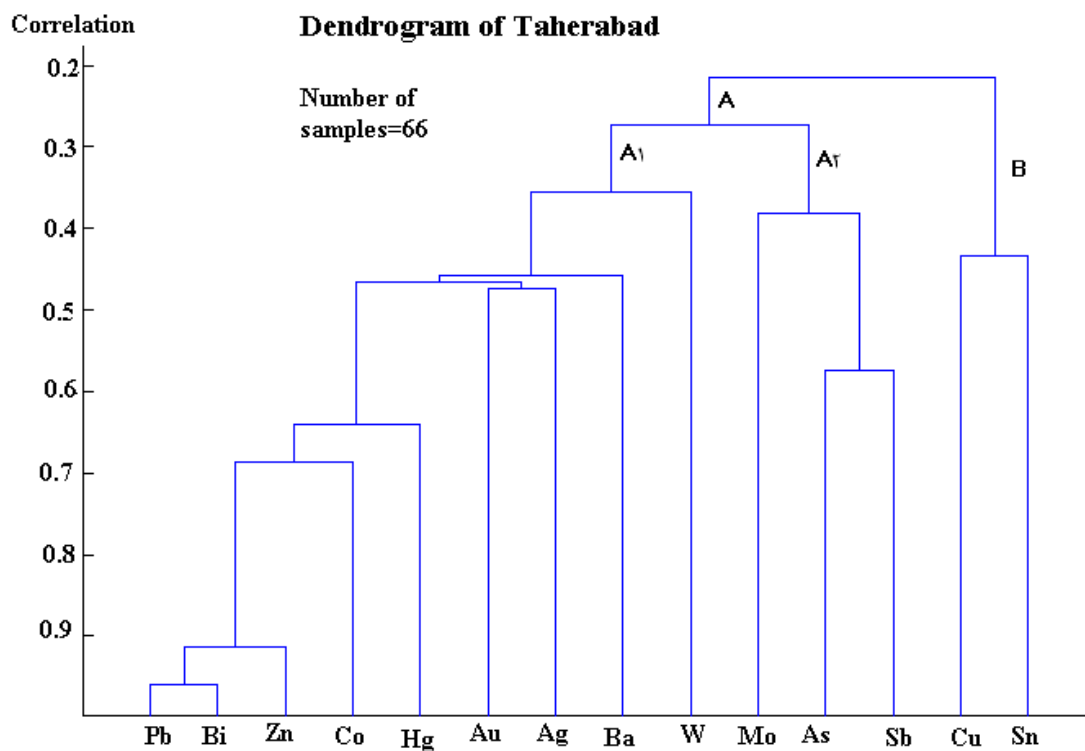
با توجه به تحلیل نمودار دندوگرام و جدول ضریب همبستگی آنها (۶-۶) و نتایج کارهای کانی

شناسی، زمین‌شناسی، ایزوتوپی و ترمومتری سیالات درگیر، کانی‌سازی اصلی این ناحیه مس-طلا

بوده و توده‌های نفوذی طاهرآباد دارای طیف ترکیبی دیوریت، کوارتز مونزونیت، کوارتز دیوریت، لایتیت

بوده و از نوع اکسیدان هستند این توده‌ها در زون فرورانش تشکیل شده و منشأ ماگما پوسته اقیانوسی بوده است.

جدول ۶-۶- ضریب همبستگی داده‌های طاهرآباد



شکل ۶-۶- دندوگرام حاصل از تجزیه و تحلیل تطبیقی خوشه‌ای برای عناصر ژئوشیمیایی در ناحیه طاهرآباد

| Correlation Coefficient | AU | CU | Pb | zn | Ag | sn | Mo | w | co | Ba | Hg | As | Sb | Bi |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AU | 1.000 | -0.039 | -0.007 | -0.011 | 0.473 | -0.049 | -0.042 | -0.049 | -0.071 | 0.010 | 0.276 | -0.061 | 0.000 | -0.017 |
| CU | -0.039 | 1.000 | 0.027 | 0.093 | 0.150 | 0.433 | 0.075 | -0.034 | 0.215 | 0.082 | 0.170 | -0.036 | -0.002 | 0.019 |
| Pb | -0.007 | 0.027 | 1.000 | 0.909 | 0.466 | -0.055 | 0.041 | -0.055 | 0.480 | 0.047 | 0.202 | -0.075 | 0.006 | 0.959 |
| zn | -0.011 | 0.093 | 0.909 | 1.000 | 0.382 | -0.056 | -0.019 | -0.046 | 0.686 | 0.222 | 0.326 | -0.066 | 0.011 | 0.913 |
| Ag | 0.473 | 0.150 | 0.466 | 0.382 | 1.000 | -0.009 | -0.002 | -0.094 | 0.170 | 0.089 | 0.257 | -0.092 | 0.011 | 0.420 |
| sn | -0.049 | 0.433 | -0.055 | -0.056 | -0.009 | 1.000 | 0.184 | -0.044 | -0.004 | -0.097 | -0.103 | 0.143 | 0.014 | -0.016 |
| Mo | -0.042 | 0.075 | 0.041 | -0.019 | -0.002 | 0.184 | 1.000 | 0.086 | 0.005 | -0.013 | 0.271 | 0.382 | 0.254 | -0.049 |
| w | -0.049 | -0.034 | -0.055 | -0.046 | -0.094 | -0.044 | 0.086 | 1.000 | 0.356 | 0.016 | 0.204 | 0.273 | 0.206 | -0.046 |
| co | -0.071 | 0.215 | 0.480 | 0.686 | 0.170 | -0.004 | 0.005 | 0.356 | 1.000 | 0.459 | 0.639 | 0.034 | 0.064 | 0.431 |
| Ba | 0.010 | 0.082 | 0.047 | 0.222 | 0.089 | -0.097 | -0.013 | 0.016 | 0.459 | 1.000 | 0.367 | -0.049 | -0.017 | -0.022 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Hg | 0.276 | 0.170 | 0.202 | 0.326 | 0.257 | -0.103 | 0.271 | 0.204 | 0.639 | 0.367 | 1.000 | -0.005 | 0.068 | 0.052 |
| As | -0.061 | -0.036 | -0.075 | -0.066 | -0.092 | 0.143 | 0.382 | 0.273 | 0.034 | -0.049 | -0.005 | 1.000 | 0.574 | -0.061 |
| Sb | 0.000 | -0.002 | 0.006 | 0.011 | 0.011 | 0.014 | 0.254 | 0.206 | 0.064 | -0.017 | 0.068 | 0.574 | 1.000 | -0.012 |
| Bi | -0.017 | 0.019 | 0.959 | 0.913 | 0.420 | -0.016 | -0.049 | -0.046 | 0.431 | -0.022 | 0.052 | -0.061 | -0.012 | 1.000 |

۴-۶- تهیه نقشه پتانسیل معدنی با روش زونالیته

۴-۶-۱- شرح و کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی

در بررسی‌های اکتشافی در مقیاس ناحیه‌ای که به منظور کشف هاله‌های ثانویه کانسار انجام می‌پذیرد معمولاً ابتدا منطقه وسیعی تحت پوشش اکتشاف ژئوشیمیایی قرار می‌گیرد. تکنیک هاله‌های ثانویه بر مطالعه هاله‌های پراکندگی ثانویه عناصر در مواد سطحی مانند خاک‌ها، آبرفت‌ها، شیب‌رفت‌ها، بادرفت‌ها، رسوبات آبره‌ای و غیره که ضمن هوازدهی سوپرژن نهشته‌های کانساری تشکیل می‌شوند استوار می‌باشد. روش رسوبات آبره‌ای در بررسی مقدماتی اکتشافی در حوضه‌های آبریز انجام می‌شود. امتیاز این روش این است که در محیط‌های هوازده بسیاری از کانی‌ها ناپایدار بوده و در اثر اکسیداسیون سایر واکنش‌های شیمیایی تجزیه می‌شوند. این امر در پراکندگی هر چه بیشتر کانی‌ها و عناصر معرف آنها در محلول‌ها نقش با اهمیتی را ایفا می‌کند. روش‌های اکتشاف ژئوشیمیایی طلا مستلزم کشف مناطق آنومالی برای عناصر ردیاب طلا مانند آرسنیک، آنتیموان، جیوه و..... است علت این امر تا حد زیادی به فقدان دقت لازم برای اندازه‌گیری خود طلا برمی‌گردد.

استفاده از عناصر ردیاب در اکتشافات ژئوشیمیایی طلا وقتی مفید واقع می‌شود که:

۱- اطلاعات و داده‌های زمین‌شناسی در سطح بالایی در دسترس باشد

۲- تیپ ذخایر طلا از نوعی باشد که با کانی‌ها و عناصر ردیاب شناخته شده‌های همراه باشد.

در منطقه طاهرآباد اکتشافات لیتوژئوشیمیایی ناحیه‌ای توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی انجام شده و کشف آنومالی‌های طلا، مس، سرب، روی و عناصر ردیاب طلا بررسی شده است. با توجه به اینکه در بررسی رسوبات آبره‌ای در مناطق خشک، شرایط آب و هوایی و ژئومورفولوژیکی خاصی حاکم است که باعث ناهمگنی ژئوشیمیایی محیط می‌گردند و هاله‌های ثانوی کشف شده نمی‌تواند همیشه معرف کانی‌سازی باشند، به موازات بررسی‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبره‌ای، برداشت نمونه از هاله‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبره‌ای (Au, Ag, Ni, Co, Bi, Cu, Hg, Zn,...) همانطور که در

شکل (۶-۷) و (۶-۸) مشاهده می‌کنید، انجام شده است که در جدول (۱-۱) آنالیز نمونه‌های برداشت شده و در جدول (۱-۲) حد حساسیت قابل قبول برای ۴۴ عنصر آنالیز شده در پیوست آمده است.

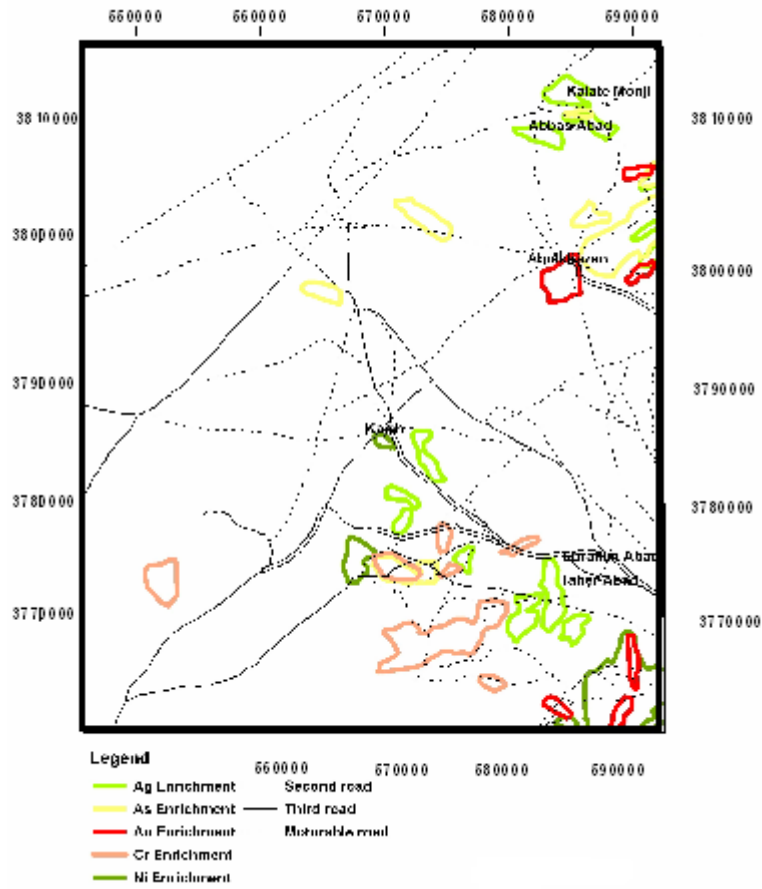
شرایطی که باعث ناهمگنی محیط ژئوشیمیایی می‌گردند عبارتند از [عضدی ۱۳۸۲]:

الف) ناهمگنی در ریزش‌های جوی در مناطق خشک که می‌تواند منشأ خطای ارزیابی پتانسیل معدنی این مناطق گردد. در این مناطق بخش قابل ملاحظه‌ای از ریزش‌های جوی به صورت رگبارهای پراکنده صورت می‌پذیرد که ممکن است همه یک حوضه آبریز را با شدت یکسان نپوشاند.

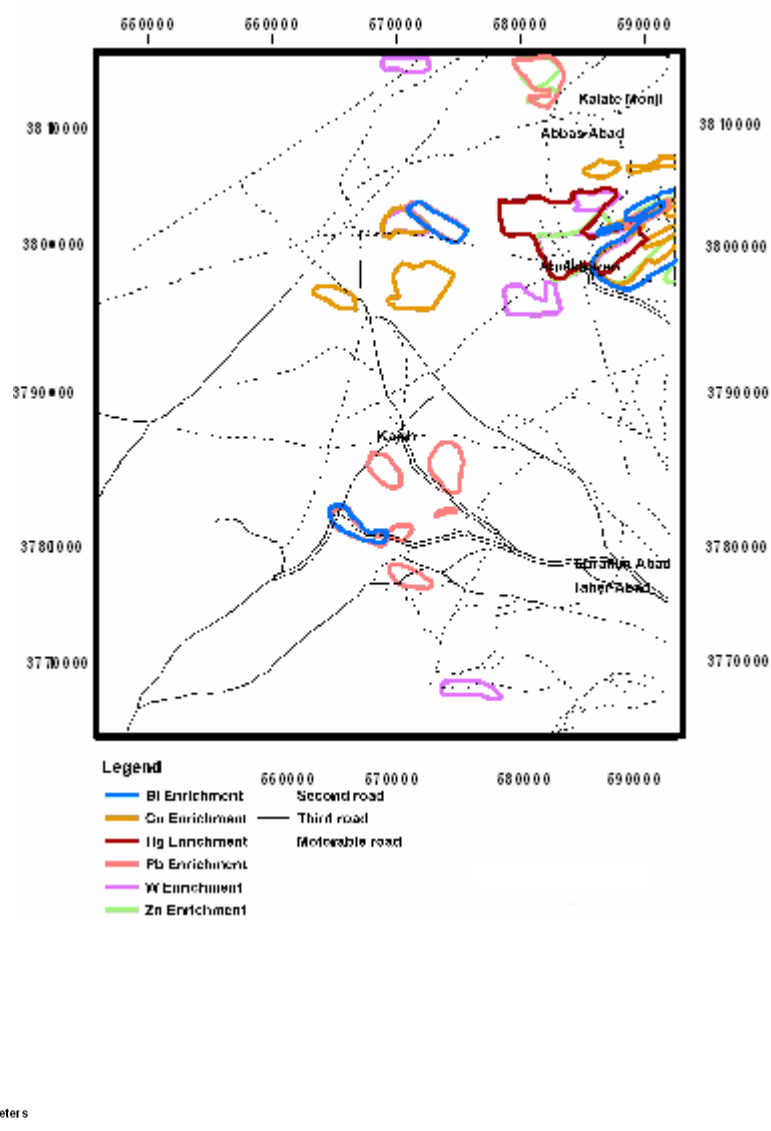
ب) ناهمگنی در اندازه ذرات تخریبی که خود معلول تغییر مقدار شدت شستشوی (فرسایش شیمیایی) ذرات سازنده رسوب رودخانه‌ای از بخش‌های مرتفع حوضه آبریز به بخش‌های میانی و بخش‌های کم‌ارتفاع نزدیک دشت‌ها است. نتیجه چنین ناهمگنی احتمال ثبت آنومالی‌های ژئوشیمیایی در بخش‌های مرتفع‌تر با فرسایش مکانیکی شدیدتر بیشتر می‌باشد.

ج) اختلاط در احتمال رقیق شدگی حاصل از تخریب مناطق کانی‌سازی شده از طریق اختلاط با رسوبات حاصل از فرسایش مناطق عقیم در دو بخش فوقانی و تحتانی یک حوضه آبریز نیز می‌تواند موجب خطا در ارزیابی مناطق امیدبخش گردد.

با توجه به اینکه تشکیل کانی‌سازی طلا پارامترهای ترمودینامیکی، دما، فشار، PH و EH تیپ کانی‌سازی متفاوتی تشکیل می‌دهند و بطوریکه در یک کانسار حضور بیش از یک تیپ کانسار را داریم که اکتشافات ذخایر طلا دار را پیچیده ساخته است در مقیاس ناحیه‌ای، کاوش‌های ژئوشیمیایی مقدماتی طلا در تعیین محل زون‌های پر پتانسیل حائز اهمیت است [کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۴].



شکل ۶-۷- هاله‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای [کریم‌پور و همکاران ۱۳۸۵].



شکل ۶-۸- هاله های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای [کریم پور و همکاران ۱۳۸۵].

۶-۴-۲- نقشه ژئوشیمیایی منطقه طاهرآباد به روش زونالیته

در این پروژه از طریق برداشت ۶۶ نمونه از نمونه‌های کانی سنگین، نمونه‌های مینرالیزه احتمالی، آلتراسیون و نیز نمونه‌های سنگی از شکستگی‌های محل عبور محلول‌های کانی‌سازی در محدوده

آنومالی‌های ژئوشیمیایی به کنترل آنومالی‌های ظاهری اولیه اقدام گردیده است. این نمونه‌ها در محدوده زون‌های آنومالی یا در اطراف آنها از رگه‌های سیلیسی آلتزه شده هماتی و لیمونیتی و کلا زون‌های مینرالیزه برداشت گردیده است. تمامی ۶۶ نمونه جهت آنالیز شیمیایی به آزمایشگاه فرستاده شده که نتایج آن در جدول (۱-۱) پیوست آورده شده است.

۲ منطقه برای آنومالی‌های طلا دار طبق روش زونالیته مشخص گردید. این آنومالی‌ها از بهینه‌ترین حاصلضرب عناصر فوق کانساری و تحت کانساری (بر حسب نسبت اختلاف ماکزیمم آنها) محاسبه شد. مقادیر نقشه کنوری بر حسب حضور در ماکزیمم آنومالی ژئوشیمیایی فوق کانساری و تحت کانساری به عنوان بهترین زون‌ها انتخاب و بر حسب تصاویر نسبت شاخص زونالیته آنها رده‌بندی شدند که همانطور در شکل (۶-۹) مشاهده می‌کنید دو منطقه دارای آنومالی مشخص شده است که به دو آنومالی شمالی و جنوبی تقسیم شده‌اند. سپس برای اینکه مشخص شود کدام یک از آنومالی‌های شمالی و جنوبی برای ما حائز اهمیت است، ابتدا مقادیر کمتر از حد زمینه (اثر سنژنتیک) در هر یک از آنومالی‌ها حذف گردید و در مرحله بعد پس از محاسبه ضرایب زونالیته، این ضرایب با مقادیر استاندارد مقایسه شد. جداول آنالیز نمونه‌های هر یک از آنومالی‌های شمالی (۶-۷) و جنوبی (۶-۸) برای محاسبه روش زونالیته مشخص شده است.

همان‌طور که در جدول (۶-۹) مشاهده می‌کنید ضرایب زونالیته برای آنومالی شمالی و جنوبی به دست آمده است و مقایسه آنومالی شمالی و جنوبی در جدول (۶-۹) مشاهده می‌شود. مقادیر استاندارد فوق کانساری و تحت کانساری و میان کانساری در جدول (۶-۱۰) موجود می‌باشد. در آنومالی شمالی اکثر شاخص‌ها نسبت به آنومالی جنوبی بیشتر است. K53, K51, K6, K7 بهترین شاخص‌هایی هستند که مشخص‌کننده گسترش برتری آنومالی شمالی از آنومالی جنوبی است. همین‌طور سایر شاخص‌ها برتری آنومالی شمالی را نشان می‌دهد. بعضی از شاخص‌های زونالیته استاندارد مشابه K8, K9 در جدول (۶-۱۰) که نتوانستند این برتری را نشان بدهند به دلیل این است که این شاخص‌ها از ذخایر طلا دار شمال شرق روسیه با منظر ژئوشیمیایی سردسیری نتیجه‌گیری شدند و با منظر ژئوشیمیایی ایران متفاوت می‌باشند. از مقایسه جدول محاسبه (۶-۹) با جدول استاندارد (۶-۱۰) نتیجه می‌شود که آنومالی شمالی عمق کانی‌سازی بهتری دارد.

جدول ۶-۷- آنالیز نمونه‌های اخذ شده آنومالی جنوب منطقه طاهرآباد

| x | y | CU | Ag | Pb | zn | Hg | Mo | Sb | As | co | AU | Bi | Ni |
|--------|---------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------------|----------|
| 572203 | 3782536 | 680 | 96.3 | 2130 | 860 | 0.3 | 5.72 | 23.6 | 128 | | 1.65 | 0.075 | 5 |
| 573105 | 3780437 | 310 | 25 | 1215 | 1050 | 0.09 | 2.82 | 8.5 | 250 | 12.5 | 0.21 | 11 | 3.5 |
| 572592 | 3780064 | 440 | 1.4 | 273 | 188 | | 18.9 | 8.3 | 530 | | 0.117 | 20 | 3.7 |
| 571966 | 3779620 | 4570 | 10.9 | 115 | 935 | | 23.2 | 22.3 | 1305 | | 0.26 | 30.3 | 2.7 |
| 571966 | 3779620 | 89000 | 36 | 340 | 200 | 0.15 | 14.5 | 15.9 | 147 | 7.2 | 0.067 | 11.3 | 6.2 |
| 573618 | 3780270 | 1400 | 2.7 | 1400 | 728 | | 5.37 | 5.7 | 422 | 16 | 0.14 | 9.95 | 4.3 |
| 573804 | 3783479 | 90 | 2.4 | 4710 | 8030 | | 3.39 | 3.85 | 56.6 | | 0.12 | 0.15 | 3.3 |
| 573567 | 3782647 | 98 | 2.1 | 388 | 1415 | | 4.22 | 1.15 | 47.8 | 14.8 | 0.03 | 0.35 | 2 |
| 573591 | 3780668 | | 35.7 | 245 | 390 | | 4.87 | 9.9 | 147 | | 0.041 | 0.075 | 6.4 |
| 573993 | 3781129 | | 0.35 | | | | 5.31 | 0.8 | 78.1 | 7.8 | | 0.075 | 4.5 |
| 573957 | 3782827 | 82 | 96.3 | 3750 | 1490 | 2.33 | 2.77 | 18.6 | 67.4 | | 13.08 | 0.075 | 4.8 |
| 571016 | 3779453 | 78.7 | 1.08 | 422 | 344 | 0.7 | 105 | 49.6 | 1270 | 16.2 | 0.016 | 0.8 | 3 |
| 572220 | 3779913 | 76.8 | 1.43 | 345 | 305 | 0.15 | 141 | 31.5 | 1240 | | 0.017 | 0.8 | 5 |
| 571931 | 3779594 | 25200 | 10.2 | 286 | 723 | | 32.7 | 16.4 | 162 | 16.1 | 0.019 | 5.1 | 4 |
| | | 122025 .5 | 321. 86 | 15619 | 16658 | 3.72 | 369.77 | 216.1 | 5850.9 | 90.6 | 15.767 | 90.05 | 58.4 |

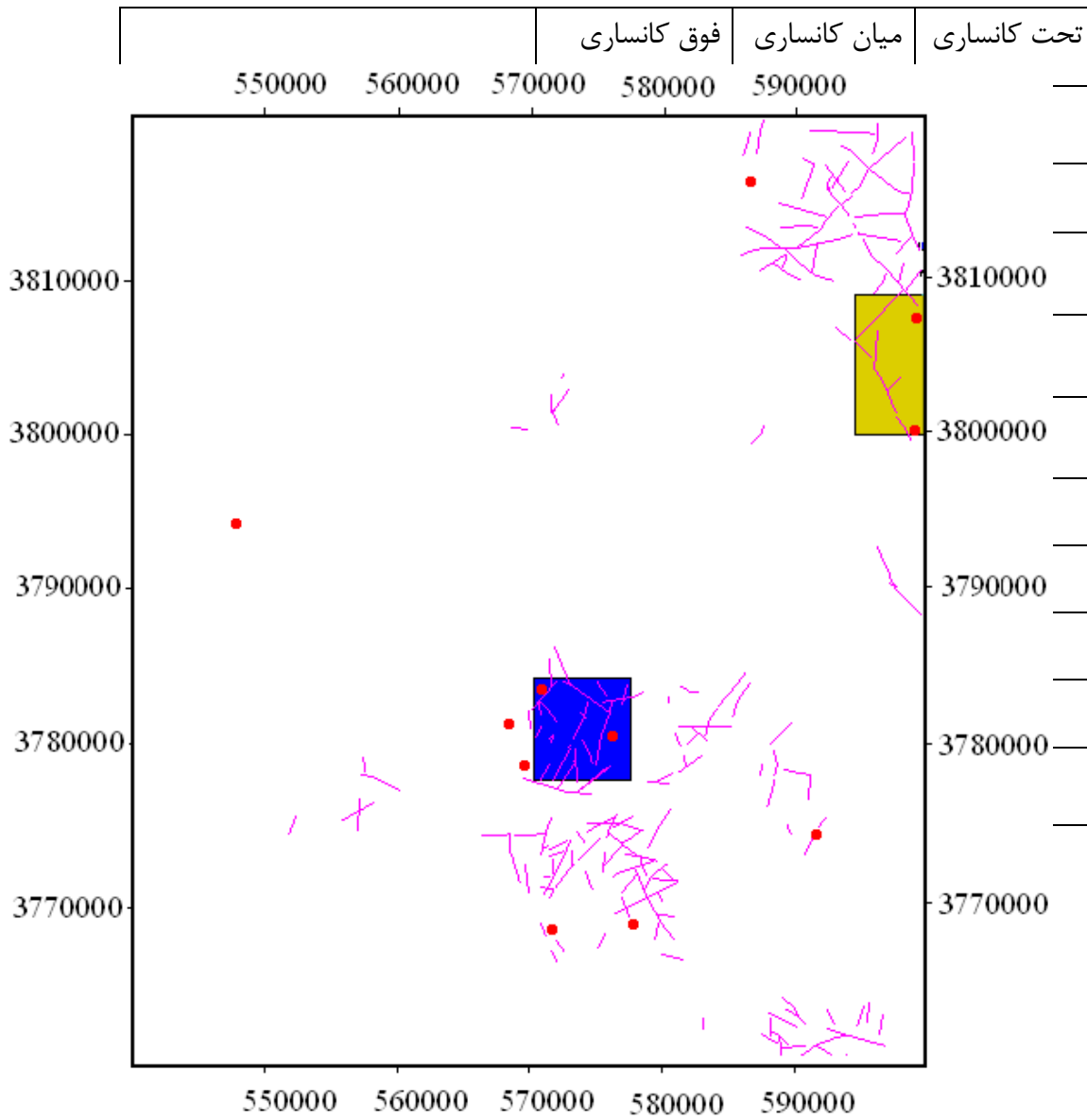
جدول ۶-۸- آنالیز نمونه‌های اخذ شده آنومالی شمالی منطقه طاهرآباد

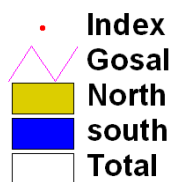
جدول ۶-۹- ضریب زونالیتة قائم

| x | y | Pb | As | co | Hg | Ag | CU | Sb | Mo | zn | AU | Bi | Ni |
|--------|---------|--------|------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-----|
| 590639 | 3799392 | 770 | 108 | 24 | 0.28 | 1.2 | 40 | 8.55 | 2.82 | 894 | 0.053 | 0.075 | 6.4 |
| 591496 | 3800223 | 189 | 43.2 | 7.2 | | 0.38 | | 2.1 | | 185 | 0.0076 | 0.1 | 3.2 |
| 591496 | 3800223 | 3280 | 239 | | 0.3 | 9.6 | 290 | 5.9 | 5.12 | 1140 | 0.19 | 0.075 | 6.4 |
| 591159 | 3799977 | 3280 | 116 | | | 0.84 | 290 | 43 | 3.61 | 768 | 0.08 | 0.075 | 3.6 |
| 591159 | 3799995 | 1280 | 76.7 | | 0.86 | 30.2 | 81.25 | 5.5 | 5.25 | 20000 | 0.19 | 0.85 | 9.4 |
| 591159 | 3799995 | 6170 | 183 | | 0.09 | 1.5 | 237 | 9.9 | 7.56 | 746 | 0.61 | 0.55 | 10 |
| 590702 | 3799852 | 3800 | 101 | 18 | 0.35 | 49.1 | 4290 | 13.1 | 3.99 | 2330 | 0.24 | 59 | 5.8 |
| 591785 | 3803131 | | 10.7 | | 0.09 | 0.08 | | 0.375 | 4.29 | | | 1.65 | 2 |
| 592054 | 3803917 | | 52.8 | 12.4 | | | | 0.55 | 2.82 | | 0.0045 | 0.35 | 7.8 |
| 588589 | 3804542 | 3960 | 15 | | 0.27 | 2.8 | 690 | 3.45 | 24.2 | 4450 | 2.8 | 0.075 | 6.4 |
| 588270 | 3804417 | 3280 | 45.6 | | 0.65 | 5 | 1130 | 15.9 | 18.07 | 1000 | 0.15 | 0.075 | 7.8 |
| 588465 | 3804820 | 1620 | 41 | | 0.34 | 55.7 | 550 | 14.9 | 4.89 | 1315 | 2.15 | 0.075 | 7 |
| 588810 | 3806004 | 217 | 8.6 | 8.2 | 0.48 | 0.22 | | 0.375 | 1.81 | | 0.021 | 0.075 | 6.4 |
| 588733 | 3805989 | 94 | 6.4 | | 0.1 | 0.15 | | 0.375 | | | 0.12 | 0.075 | 4.2 |
| 588890 | 3806001 | | 14.1 | | 0.1 | 0.16 | | 1.05 | | 132 | 0.0039 | 0.075 | 3.3 |
| 591240 | 3806143 | 93 | 3.7 | | | 0.33 | 155 | 0.55 | 1.69 | | 0.0049 | 1.75 | 2 |
| 591351 | 3806772 | 4590 | 26 | 7.2 | 0.7 | 87.4 | 3500 | 3.7 | 3.16 | 11000 | 0.22 | 54.8 | 5.8 |
| 591351 | 3806772 | 267000 | 5.9 | 77 | 0.34 | 82 | 1045 | 15.3 | 2.07 | 167000 | 0.26 | 760 | 3.3 |
| 591245 | 3806741 | 93 | 17.4 | | | 0.27 | | 0.5 | 4.29 | | 0.0032 | 0.075 | 4 |
| 591992 | 3805503 | 718 | 7.35 | | | 1.6 | | 0.55 | | 751 | 0.0038 | 1.95 | 2.7 |
| 591992 | 3805503 | | 202 | 20 | | 0.07 | | 12.1 | | 234 | 0.007 | 0.075 | 13 |
| 591074 | 3806276 | | 4.75 | | | 1.4 | | 0.6 | 7.75 | | 0.0065 | 0.075 | 2.2 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------------|--------|--------|-------|------|---------|---------------|---------|--------|---------------|--------|-------|-------|
| 591313 | 3806548 | 78000 | 25.4 | | 0.1 | 94 | 86 | 7.3 | 3.27 | | 0.092 | 77.9 | 3.2 |
| 588270 | 3804417 | 42800 | 109 | | 3.86 | 16.1 | 5340 | 22.4 | 106 | 1920 | 0.209 | 0.4 | 5 |
| 590067 | 3806419 | | | 9.9 | 0.43 | 3.69 | | | 3.8 | | 0.001 | | |
| | | | | | | | North anomaly | | | South anomaly | | | |
| | | 421234 | 1462.6 | 183.9 | 9.34 | 443.79 | 17724.25 | 188.025 | 216.46 | 213865 | 7.4274 | 960.2 | 130.9 |
| | $k1 = pb.Hg.Ba/Cu.Co.As$ | | | | | 15.95 | | | 0.73 | | | | |
| | $k2 = pb.Ag/Cu^2$ | | | | | 0.59 | | | 0.0003 | | | | |
| | $k31 = As.Sb/Mo.Sn.10^2$ | | | | | 0.32 | | | 0.04 | | | | |
| | $k32 = As.Zn/Mo.Sn.10^4$ | | | | | 3.73 | | | 0.03 | | | | |
| | $k4 = As.Sb.Pb.Ba/Cu.Co.Bi.Zn$ | | | | | 0.04 | | | 0.2 | | | | |
| | $k51 = pb.Ag.Zn/Co^2.Cu$ | | | | | 40706 | | | 83.6 | | | | |
| | $k52 = pb.Ag.Zn/Cu^2.Co$ | | | | | 692 | | | 0.062 | | | | |
| | $k53 = pb.Ag.Zn/Cu.Co.Mo$ | | | | | 56663 | | | 20.48 | | | | |
| | $k6 = pb.Ag.Zn/Ni.Co.Mo$ | | | | | 7672583 | | | 42802 | | | | |
| | $k7 = pb.Ag/W.Be$ | | | | | 7595 | | | 2448 | | | | |
| | $k8 = Au.Ag.Sb/Ni.Co.W$ | | | | | 0.094 | | | 0.744 | | | | |
| | $k9 = As.Cu.Ba/Pb.Co.Mo$ | | | | | 33.92 | | | 13629 | | | | |

جدول ۶-۱۰- جدول استاندارد ضرایب زونالیتته [Beus and Grigorian, 1997]





شکل ۶-۹- نقشه تفکیک آنومالی‌های ژئوشیمیایی با استفاده از روش

زونالیته منطقه طاهرآباد

۶-۵- تهیه نقشه پتانسیل مطلوب معدنی با روش ترکیبی زونالیته و وزن‌های

نشانگر

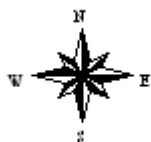
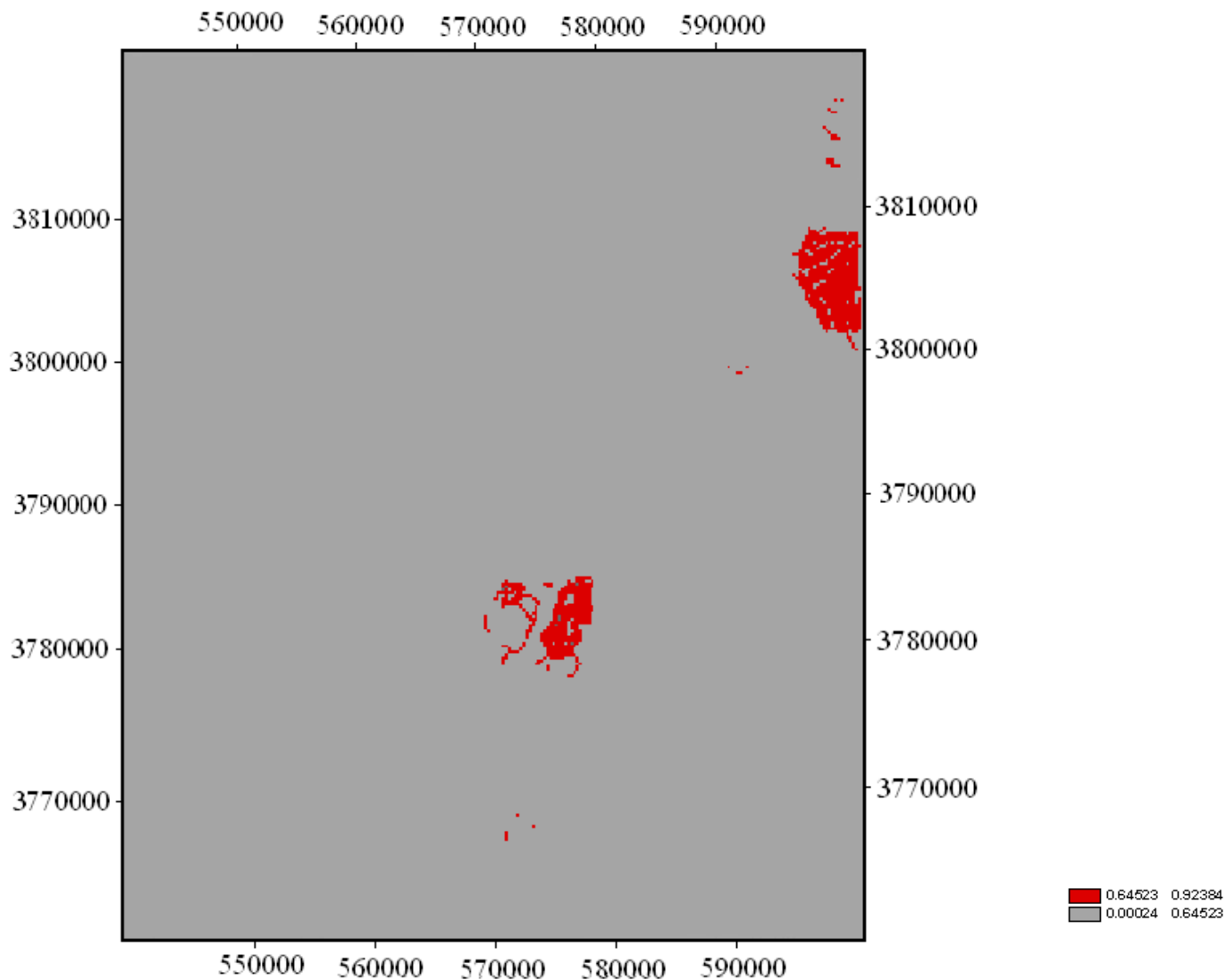
بازشناسی الگو در دو مرحله استخراج مشخصه‌ها و طبقه‌بندی آنها خلاصه می‌شود. در این تحقیق هدف ارائه یک روش تشخیص الگو برای تفکیک آنومالی‌های ذخایر فلزی در مقیاس ناحیه‌ای است که این روش ترکیب زونالیته و وزن‌های نشانگر است.

مدل وزن‌های نشانگر، معیاری آماری است که برای اکتشاف ناحیه‌ای استفاده می‌شود. مهمترین روش برای تلفیق محیط GIS برای اکتشاف ناحیه‌ای روش وزن‌های نشانگر (WOFE) هست اما به دلیل کمپلکس بودن داده‌ها بسیاری از اطلاعات حذف می‌شود. لذا برای تکمیل روش تلفیقی وزن‌های نشانگر (WOFE) یا باید از روش‌های توسعه یافته آن استفاده کنیم یا با روش‌های سنتی به نحوی

تلفیق نماییم که این کمبود محدودیت آن برطرف گردد. گرچه اخیراً ترکیب روش وزن‌های نشانگر با روش‌های مدرن از جمله فرکتال انجام شده است، اما اجرای عملی این روش‌ها پیچیده و مشکل است.

در این تحقیق ابتدا با روش وزن‌های نشانگر (مبنی بر GIS)، مناطق دارای احتمال پتانسیل به دست آمد. سپس با استفاده از روش زونالیت (مبنی بر روش‌های سنتی ژئوشیمیایی)، دو منطقه آنومالی‌دار تشخیص داده شد و در نهایت طبقه‌بندی مجدد از ترکیب نقشه پتانسیل نهایی توسط وزن‌های نشانگر در شکل (۶-۵) و نقشه ژئوشیمیایی توسط زونالیت در شکل (۶-۹) انجام گرفت که حاصل آن نقشه شکل (۶-۱۰) است و احتمال وجود کانی‌سازی طلا در ۳ منطقه امیدبخش A, B, C معرفی گردید. منطقه A به دلیل برتری آنومالی شمالی از آنومالی جنوبی نسبت به دو منطقه B, C در اولویت قرار دارد و می‌توان اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی را روی این ناحیه متمرکز کرد.

نتیجه مدل حاصله از وزن‌های نشانگر و زونالیت این است که در مساحت حدود ۶۱۰ کیلومتر مربع اکتشافات ناحیه‌ای صورت گرفته است و مساحتی حدود ۶۰ کیلومتر مربع به عنوان مناطق مساعد برای کانی‌سازی تشخیص داده شدند یعنی کمتر از ۱۰٪ این ناحیه نیاز به اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی دارد.



شکل ۶-۱۰- طبقه‌بندی مجدد نقشه پتانسیل و معرفی ۳ منطقه امید بخش

۶-۶- صحت مناطق امیدبخش به دست آمده

بعد از اینکه نقشه پتانسیل مطلوب معدنی با روش ترکیبی زونالیته و وزن‌های نشانگر تهیه شد، طی بازدید به عمل آمده از مناطق پتانسیل‌دار معرفی شده، نتایج بدست آمده مورد بررسی قرار گرفتند که صحت مناطق پیش‌بینی شده مورد تأیید قرار گرفت.

برای برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد در محدوده مناطق امیدبخش که از نتایج تحقیق به دست آمد، اقدام به برداشت ۹ نمونه کانی سنگین گردید که مختصات آن در زیر آمده است. نقشه شکل (۶-۱۱) محل برداشت نمونه‌های کانی سنگین را نشان می‌دهد.

برداشت نمونه‌های کانی سنگین جهت کنترل نتایج بدست آمده صورت گرفته است که به علت صرف هزینه و زمان زیاد، برداشت نمونه از منطقه امیدبخش شمالی واقع در شرق ابوالخازن (شرق منطقه طاهرآباد) که در نتایج تحقیق به دست آمد و اهمیت بیشتری داشت، انجام شده است شکل (۶-۱۱).

شرق ابوالخازن از نظر لیتولوژی، آلتراسیون و مشاهدات صحرایی آنومالی مربوطه دارای ریولیت، داسیت و مونزونیت توف‌های سبز آلتراسیون‌های سیلیسی-لیمونیتی و سیلیسی-هماتیتی و در سر شاخه همراه با آثار گالن و مالاکیت و آزوریت واقع بر معادن متروکه سرب و مس است [عضدی ۱۳۸۲].

مشخصات و مختصات نمونه‌های برداشت شده در شرق ابوالخازن به شرح زیر است:

۱- آنومالی مس-سرب و روی با مختصات

A $\left\{ \begin{array}{l} ۵۹۰۷۰۶,۳۶ \\ ۳۷۹۹۸۶۴,۶۳ \end{array} \right.$

B $\left\{ \begin{array}{l} ۵۹۰۸۰۷,۶۷ \\ ۳۷۹۹۹۵۸,۰۳ \end{array} \right.$

C $\left\{ \begin{array}{l} ۵۹۱۲۱۶,۲۰۵۵ \\ ۳۷۹۹۹۲۱,۸۲ \end{array} \right.$

۲- رگه سیلیسی حاوی PPM ۰,۵ طلا با مختصات

D $\left\{ \begin{array}{l} ۵۸۹۱۲۷,۶۴ \\ \end{array} \right.$

E $\left\{ \begin{array}{l} ۵۹۰۵۲۳,۳۲ \\ \end{array} \right.$

$\setminus 38.4624,31$
 $\setminus 38.5561,92$

۳- توده سیلیسی- هماتیسی با مختصات

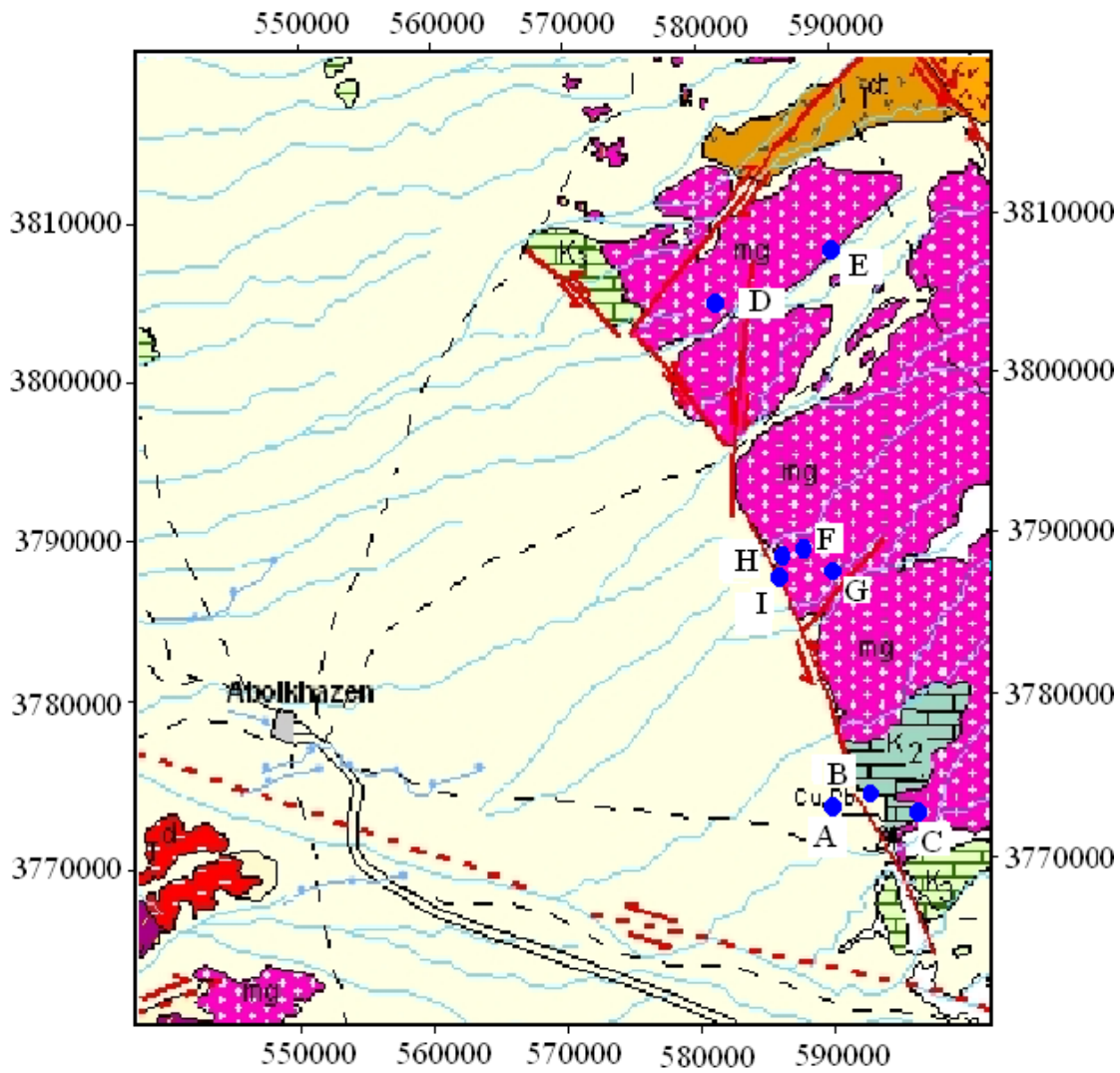
$$F \left[\begin{array}{l} 59.417,5921 \\ \end{array} \right.$$

$$G \left[\begin{array}{l} 59.366,52 \\ \end{array} \right.$$
 $\setminus 38.5993,5$
 $\setminus 38.5930,08$

۴- توده سیلیسی- هماتیسی سولفیددار حاوی طلا با مختصات

$$H \left[\begin{array}{l} / \\ 59.103,4532 \\ \end{array} \right.$$

$$I \left[\begin{array}{l} / \\ 589633,24 \\ \end{array} \right.$$
 $\setminus 38.5675,52$
 $\setminus 38.5204,32$



شکل ۶-۱۱- محل برداشت نمونه ها در شرق ابوالخازن (منطقه طاهر آباد)

۷-۱- نتیجه‌گیری

در این تحقیق از روش دورسنجی و وزن‌های نشانگر و زونالیته برای به دست آوردن مناطق امید بخش معدنی استفاده شده است. در هر یک از روش‌های ذکر شده نتایجی برای اکتشاف عناصر فلزی حاصل گردید.

در بررسی‌های دورسنجی مناطقی در شمال شرقی منطقه (شرق ابوالخازن)، شرق منطقه به طرف مرکز (جنوب ابوالخازن)، و مرکز منطقه به طرف جنوب (شرق کوه رحیمی) به عنوان مناطق مستعد از نظر دگرسانی ساختارهای خطی، گسل‌ها، تشکیلات زمین‌شناسی تعیین شدند.

در روش وزن‌های نشانگر با استفاده از اندیس‌های موجود در منطقه، نقشه پتانسیل‌دار کانی‌سازی نهشته‌های طلا در طاهرآباد مشخص شد. شواهد و نشانگرهای مربوط به واحدهای زمین‌شناسی، ساختاری، دگرسانی، ژئوفیزیکی و تطابق خوبی را با اندیس‌های معدنی در منطقه داشتند. همچنین مناطق آنومالی به دست آمده از مطالعات ژئوشیمیایی با استفاده از روش زونالیته این تطابق را به خوبی آشکار نموده است.

در مرحله آخر با ترکیب روش‌های وزن‌های نشانگر و زونالیته مناطق پتانسیل‌دار در ۳ منطقه به دست آمد که این ۳ منطقه A, B, C واقع شده‌اند به طوریکه از ۶۱۰ کیلومتر مربع مساحت منطقه تنها ۶۰ کیلومتر مربع به عنوان مناطق کانی‌سازی معرفی شدند.

روش وزن‌های نشانگر همانند دیگر تکنیک‌های مدل‌سازی معایب و مزایایی دارد که مواردی از معایب آن عبارتند از:

۱- وزن‌های نشانگر مانند سایر روش‌های متکی بر داده‌ها فقط در مناطقی قابل استفاده است که تمامی متغیرهای واکنشی به طور مثال در این مورد (پراکندگی مکان‌های معدنی شناخته شده) به طور کامل شناخته باشند.

۲- نیاز به یک مجموعه از نشانگرها است.

۳- این روش در اکتشاف ذخایر معدنی در مرحله تفصیلی قابل اجرا نیست اما برای اکتشاف در مقیاس کوچک روش مناسبی است.

۴- در ترکیب نقشه‌های ورودی فرض بر این است که نقشه‌ها به طور شرطی و با توجه به متغیر واکنشی مستقل از یکدیگرند. آزمون استقلال مشروط فقط هنگامی امکان‌پذیر است که روش مزبور در وضعیت متکی بر داده‌ها به کار رود. آزمون‌های CI مستلزم همپوشانی داده‌های واقع در میان زوج‌های نقشه‌های دوتایی (و روی هم قرارگیری مکان‌های معدنی) است.

روش‌های متعددی برای اکتشاف ذخایر مواد معدنی وجود دارد. روش‌های مدرن ترکیبی برای ارزیابی آنومالی‌ها از مقیاس ناحیه‌ای به مقیاس محلی ارائه شده است. اخیراً با وجود محدودیت‌های روش وزن‌های نشانگر، ترکیب روش وزن‌های نشانگر با روش‌های مدرن از جمله فرکتال انجام شده است اما اجرای عملی این روش‌ها پیچیده و مشکل است. در این تحقیق روش ترکیبی بین روش سنتی زونالیت‌ها و وزن‌های نشانگر بررسی شده است که برای اولین بار در منطقه انجام شده است. این روش هم محدودیت‌های روش وزن‌های نشانگر به تنهایی را برطرف می‌کند و هم نسبت به روش ترکیبی مدرن و وزن‌های نشانگر ساده‌تر قابل اجرا است.

۷-۲- پیشنهادات

طبق نتایجی که از پایان نامه حاصل شد به منظور اکتشافات آینده در منطقه طاهرآباد پیشنهاداتی ارائه می‌گردد:

۱- به علت اکتشافات انجام گرفته در رده اکتشافات مقدماتی مناطق آنومالی معرفی شده در

پایان نامه به منظور اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی پیشنهاد می‌گردد.

۲- برای انجام اکتشافات نیمه تفصیلی و تفصیلی در منطقه نقشه‌هایی با مقیاس بزرگتر

۱:۵۰۰۰ تهیه گردد.

۳- مطالعات کامل ژئوفیزیکی از قبیل مغناطیس‌سنجی در مقیاس بزرگتر در محدوده مناطق

آنومال صورت گیرد.

۴- به منظور نتایج بهتر در نقشه امید بخش معدنی تلفیق لایه‌ها با روش‌های دیگر مدل‌سازی

مقایسه شود.

نتایج آنالیز ۶۶ نمونه مینرالیزه شده در منطقه طاهرآباد فردوس (طلا ppb و بقیه عناصر ppm)

| AU | CU | Pb | zn | Ag | sn | Mo | w | co | Mn | Ba | Be | cr | Ni | Hg | As | Sb | Bi |
|--------|-------|------|-------|----------|-----|------|-----------|----------|-----|----------|----------|-----|-----|--------|------|-----------|-------|
| 0.053 | 40 | 770 | 894 | 1.2 | 1.5 | 2.82 | 113. 9 | 24 | 727 | 526 5 | 2.2 | 86 | 6.4 | 0.28 | 108 | 8.55 | 0.075 |
| 0.0076 | 10 | 189 | 185 | 0.3 8 | 1.8 | 0.82 | 9.4 | 7.2 | 218 | 144 3 | 0.7 1 | 157 | 3.2 | 0.05 | 43.2 | 2.1 | 0.1 |
| 0.19 | 290 | 3280 | 1140 | 9.6 | 1 | 5.12 | 2.58 | 2 | 24 | 128 | 10 | 222 | 6.4 | 0.3 | 239 | 5.9 | 0.075 |
| 0.08 | 290 | 3280 | 768 | 0.8 4 | 4.3 | 3.61 | 5.14 | 5.5 | 410 | 128 | 1.4 | 255 | 3.6 | 0.0375 | 116 | 43 | 0.075 |
| 0.19 | 81.25 | 1280 | 20000 | 30. 2 | 1 | 5.25 | 3.57 | 5.5 | 186 | 118 | 7.5 | 851 | 9.4 | 0.86 | 76.7 | 5.5 | 0.85 |
| 0.61 | 237 | 6170 | 746 | 1.5 | 1.2 | 7.56 | 8.43 | 2 | 23 | 97 | 15. 5 | 802 | 10 | 0.09 | 183 | 9.9 | 0.55 |
| 0.24 | 4290 | 3800 | 2330 | 49. 1 | 1 | 3.99 | 16.8 | 18 | 218 | 100 | 2.4 | 140 | 5.8 | 0.35 | 101 | 13.1 | 59 |
| 0.0041 | 30 | 28 | 27 | 0.1 | 1 | 6.02 | 2.78 | 2 | 28 | 164 | 1.3 | 567 | 3.2 | 0.0375 | 48.3 | 0.37 5 | 0.45 |
| 0.0021 | 11 | 54 | 23 | 0.0 8 | 1 | 4.29 | 3.73 | 3 | 20 | 281 | 0.8 7 | 20 | 2 | 0.09 | 10.7 | 0.37 5 | 1.65 |
| 0.0045 | 25 | 19 | 80 | 0.0 5 | 1 | 2.82 | 0.95 | 12. 4 | 50 | 77 | 0.8 | 412 | 7.8 | 0.0375 | 52.8 | 0.55 | 0.35 |
| 2.8 | 690 | 3960 | 4450 | 2.8 | 4 | 24.2 | 2.15 | 4.2 | 323 | 304 | 3.7 | 592 | 6.4 | 0.27 | 15 | 3.45 | 0.075 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|--------|--------|----------|----------|-----------|-----------|----------|------|----------|----------|-----|----------|--------|----------|-----------|-------|
| 0.15 | 1130 | 3280 | 1000 | 5 | 1.3 | 18.0 7 | 2.58 | 1.7 | 33 | 835 | 1.5 | 755 | 7.8 | 0.65 | 45.6 | 15.9 | 0.075 |
| 2.15 | 550 | 1620 | 1315 | 55. 7 | 1 | 4.89 | 4.47 | 1.7 | 40 | 666 7 | 43. 5 | 222 | 7 | 0.34 | 41 | 14.9 | 0.075 |
| 0.0273 | 5 | 62 | 40 | 0.1 7 | 3 | 0.82 | 0.69 | 2.5 | 655 | 714 | 3.3 | 58 | 2.4 | 0.1 | 3.8 | 0.5 | 0.075 |
| 0.021 | 15 | 217 | 78 | 0.2 2 | 5.7 | 1.81 | 0.65 | 8.2 | 276 | 780 | 2 | 254 | 6.4 | 0.48 | 8.6 | 0.37 5 | 0.075 |
| 0.12 | 6 | 94 | 65 | 0.1 5 | 6.4 | 0.5 | 2.48 | 4.4 | 276 | 300 | 3 | 205 | 4.2 | 0.1 | 6.4 | 0.37 5 | 0.075 |
| 0.0039 | 25 | 34 | 132 | 0.1 6 | 2.5 | 1.09 | 2.19 | 2 | 100 | 832 | 3.7 | 115 | 3.3 | 0.1 | 14.1 | 1.05 | 0.075 |
| 0.0049 | 155 | 93 | 56 | 0.3 3 | 10. 2 | 1.69 | 1.19 | 2.6 | 53 | 998 | 0.8 5 | 72 | 2 | 0.0375 | 3.7 | 0.55 | 1.75 |
| 0.22 | 3500 | 4590 | 11000 | 87. 4 | 2 | 3.16 | 0.81 | 7.2 | 1990 | 190 | 1.6 | 670 | 5.8 | 0.7 | 26 | 3.7 | 54.8 |
| 0.26 | 1045 | 267000 | 167000 | 82 | 1.6 | 2.07 | 0.5 | 77 | 1050 | 118 | 0.7 1 | 25 | 3.3 | 0.34 | 5.9 | 15.3 | 760 |
| 0.0032 | 10 | 93 | 60 | 0.2 7 | 5 | 4.29 | 2.72 | 2 | 78 | 384 | 1.4 | 86 | 4 | 0.05 | 17.4 | 0.5 | 0.075 |
| 0.0038 | 23 | 718 | 751 | 1.6 | 1 | 0.5 | 0.5 | 5.8 | 1147 | 567 | 1.4 | 412 | 2.7 | 0.0375 | 7.35 | 0.55 | 1.95 |
| 0.007 | 11 | 27 | 234 | 0.0 7 | 1 | 0.5 | 0.5 | 20 | 2600 | 150 | 0.6 2 | 60 | 13 | 0.0375 | 202 | 12.1 | 0.075 |
| 0.0065 | 23 | 35 | 52 | 1.4 | 3.1 | 7.75 | 0.91 | 2.6 | 45 | 954 | 1.2 | 73 | 2.2 | 0.05 | 4.75 | 0.6 | 0.075 |
| 0.092 | 86 | 78000 | 70 | 94 | 2 | 3.27 | 2.32 | 4.2 | 1056 | 109 | 0.5 7 | 60 | 3.2 | 0.1 | 25.4 | 7.3 | 77.9 |
| 0.002 | 35 | 35 | 60 | 0.2 7 | 4.1 | 1.79 | 2.73 | 6.8 | 1010 | 260 | 2 | 158 | 2.7 | 0.05 | 20.3 | 0.85 | 0.075 |
| 0.0054 | 16 | 62 | 27 | 0.1 3 | 2.4 | 5.98 | 11.9 | 2.6 | 32 | 77 | 1.2 | 324 | 4.3 | 0.0375 | 153 | 0.37 5 | 0.075 |
| 0.0091 | 3 | 157 | 820 | 0.1 1 | 1 | 1.36 | 28.1 1 | 3.3 | 35 | 94 | 2.9 | 173 | 4.2 | 0.0375 | 444 | 192 | 0.075 |
| 0.0024 | 46 | 60 | 46 | 0.1 6 | 1.6 | 1.78 | 1.15 | 13. 2 | 112 | 190 | 0.8 5 | 165 | 2 | 1.5 | 8.1 | 0.65 | 0.075 |
| 0.0016 | 53 | 62 | 70 | 0.1 | 6.8 | 2.6 | 3.69 | 4.3 | 456 | 370 | 2 | 225 | 2 | 0.05 | 21.1 | 0.37 5 | 0.075 |
| 0.003 | 21 | 36 | 53 | 0.1 3 | 1.7 | 1.21 | 2.72 | 19 | 612 | 90 | 2.4 5 | 592 | 7.8 | 0.0375 | 55.1 | 0.85 | 0.075 |
| 1.65 | 680 | 2130 | 860 | 96. 3 | 1.3 | 5.72 | 9.82 | 2 | 400 | 112 | 5 | 280 | 5 | 0.3 | 128 | 23.6 | 0.075 |
| 0.021 | 10 | 113 | 200 | 0.1 8 | 1.3 | 2.95 | 1.94 | 5.8 | 623 | 464 | 0.8 2 | 248 | 4.3 | 0.0375 | 75.5 | 10.2 | 0.075 |
| 0.0036 | 5.5 | 26 | 43 | 0.1 5 | 3.1 | 1.46 | 4.01 | 2.3 | 135 | 658 | 4.1 | 112 | 5 | 0.0375 | 20.1 | 2.9 | 0.075 |
| 0.0199 | 5.5 | 32 | 18 | 0.1 | 2.4 | 1.37 | 3.27 | 2 | 68 | 590 | 2.4 | 65 | 2.1 | 0.07 | 7.1 | 0.37 5 | 0.15 |
| 0.0044 | 13 | 18 | 23 | 0.1 6 | 2 | 0.82 | 5.69 | 2.9 | 50 | 503 | 3 | 83 | 6.8 | 0.06 | 37 | 0.37 5 | 0.075 |
| 0.0043 | 7 | 15 | 28 | 0.1 7 | 2.3 | 0.71 | 2.23 | 2 | 44 | 590 | 2 | 32 | 2.5 | 0.0375 | 10.5 | 0.5 | 0.075 |
| 0.025 | 12 | 17 | 25 | 0.1 1 | 1.7 | 0.5 | 3.6 | 5 | 307 | 280 | 2 | 112 | 4 | 0.2 | 9.55 | 1.55 | 0.075 |
| 0.023 | 55 | 24 | 27 | 2.4 | 2 | 3.21 | 4.69 | 3.5 | 97 | 107 7 | 2.6 | 307 | 7 | 0.0375 | 755 | 16.1 | 0.075 |
| 0.21 | 310 | 1215 | 1050 | 25 | 11 | 2.82 | 20.9 | 12. 5 | 230 | 220 | 1.7 | 80 | 3.5 | 0.09 | 250 | 8.5 | 11 |
| 0.117 | 440 | 273 | 188 | 1.4 | 166 | 18.9 | 12.8 | 5.9 | 69 | 140 | 1.2 | 146 | 3.7 | 0.0375 | 530 | 8.3 | 20 |
| 0.26 | 4570 | 115 | 935 | 10. 9 | 281 | 23.2 | 4.31 | 6.5 | 65 | 163 | 1.9 | 106 | 2.7 | 0.0375 | 130 5 | 22.3 | 30.3 |
| 0.067 | 89000 | 340 | 200 | 36 | 141 | 14.5 | 7.61 | 7.2 | 1366 | 110 | 1.7 | 125 | 6.2 | 0.15 | 147 | 15.9 | 11.3 |
| 0.14 | 1400 | 1400 | 728 | 2.7 | 3.3 | 5.37 | 3.29 | 16 | 1338 | 115 3 | 1.3 | 525 | 4.3 | 0.0375 | 422 | 5.7 | 9.95 |
| 0.0021 | 66 | 13 | 51 | 0.1 5 | 1.6 | 0.5 | 2.43 | 9.3 | 212 | 365 | 0.8 9 | 172 | 14. 2 | 0.07 | 9.05 | 0.37 5 | 0.075 |
| 0.023 | 30 | 5 | 58 | 0.1 5 | 1.8 | 0.61 | 1.28 | 14 | 315 | 256 | 1.2 | 103 | 17 | 0.0375 | 7.9 | 0.37 5 | 0.075 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|----------|-----|-----------|------|----------|------|----------|----------|-----|-----|--------|----------|------|-------|
| 0.12 | 90 | 4710 | 8030 | 2.4 | 2 | 3.39 | 3.39 | 2 | 38 | 395 6 | 2.4 | 187 | 3.3 | 0.0375 | 56.6 | 3.85 | 0.15 |
| 0.03 | 98 | 388 | 1415 | 2.1 | 3 | 4.22 | 3.96 | 14. 8 | 350 | 576 | 0.9 | 177 | 2 | 0.0375 | 47.8 | 1.15 | 0.35 |
| 0.041 | 29 | 245 | 390 | 35. 7 | 1.9 | 4.87 | 3.69 | 5.8 | 712 | 106 6 | 1 | 366 | 6.4 | 0.0375 | 147 | 9.9 | 0.075 |
| 0.0047 | 7 | 40 | 33 | 0.3 5 | 2.1 | 5.31 | 3.49 | 7.8 | 32 | 181 3 | 0.8 | 300 | 4.5 | 0.0375 | 78.1 | 0.8 | 0.075 |
| 13.08 | 82 | 3750 | 1490 | 96. 3 | 3.1 | 2.77 | 5.31 | 3.2 | 2343 | 190 | 1.8 | 153 | 4.8 | 2.33 | 67.4 | 18.6 | 0.075 |
| 0.0005 | 183 | 16500 | 1045 | 33. 5 | 98 | 109. 3 | 7.3 | 2 | 65 | 157 5 | 2.7 | 147 | 4.2 | 0.15 | 820 | 75 | 1.3 |
| 0.93 | 212 | 930 | 4848 | 1.4 | 1.6 | 6.79 | 4.69 | 4.5 | 737 | 598 | 2.5 | 390 | 28 | 0.36 | 565 | 38 | 0.075 |
| 0.0025 | 2 | 6 | 107 | 0.1 4 | 1.2 | 0.5 | 0.84 | 6 | 42 | 101 | 0.6 2 | 280 | 2.5 | 0.48 | 5.2 | 10.9 | 0.075 |
| 0.012 | 93.4 | 176 | 311 | 1.2 3 | 3 | 6.8 | 5.3 | 12. 2 | 229 | 407 | 3 | 211 | 17 | 0.14 | 58.4 | 8.9 | 0.5 |
| 0.016 | 78.7 | 422 | 344 | 1.0 8 | 4.9 | 105 | 161 | 16. 2 | 742 | 149 | 1.3 | 13 | 3 | 0.7 | 127 0 | 49.6 | 0.8 |
| 0.01 | 26700 | 57400 | 84800 | 36 | 7 | 24.8 | 13.5 | 158 | 1570 | 741 0 | 3 | 72 | 14 | 5.12 | 159 | 24.4 | 71.1 |
| 0.054 | 83.1 | 948 | 2280 | 3.1 6 | 1.3 | 6 | 11.8 | 8.2 | 1400 | 200 | 3.3 | 200 | 14 | 0.28 | 165 | 94.4 | 0.1 |
| 0.011 | 14800 | 67.6 | 102 | 3.2 2 | 288 | 18.6 | 15.5 | 19 | 1360 | 246 | 2.3 | 98 | 3 | 0.14 | 80 | 6 | 1 |
| 0.209 | 5340 | 42800 | 1920 | 16. 1 | 1.4 | 106 | 3.3 | 2.3 | 208 | 134 | 1.5 | 183 | 5 | 3.86 | 109 | 22.4 | 0.4 |
| 0.0005 | 8.2 | 39.4 | 39.8 | 3.6 9 | 0.6 | 3.8 | 81.7 | 9.9 | 4900 | 987 | 3.6 | 17 | 1 | 0.43 | 3.4 | 0.3 | 0.05 |
| 0.019 | 51.8 | 210 | 155 | 2.5 9 | 0.9 | 8.4 | 5.4 | 1.2 | 132 | 210 | 2.2 | 303 | 6 | 0.15 | 254 0 | 52.5 | 0.05 |
| 0.005 | 32.7 | 410 | 1800 | 5.5 4 | 0.9 | 23.2 | 158 | 27. 3 | 92 | 106 0 | 3.5 | 20 | 18 | 0.56 | 291 0 | 140 | 0.05 |
| 0.0005 | 40.2 | 31.6 | 44.1 | 0.2 | 0.1 | 1.6 | 535 | 71. 5 | 34 | 83.2 | 1.4 | 7 | 6 | 1.73 | 468 | 23.2 | 0.05 |
| 0.017 | 76.8 | 345 | 305 | 1.4 3 | 4.1 | 141 | 17.8 | 2.8 | 594 | 138 | 1.3 | 156 | 5 | 0.15 | 124 0 | 31.5 | 0.8 |
| 0.019 | 25200 | 286 | 723 | 10. 2 | 217 | 32.7 | 20.1 | 16. 1 | 3400 | 203 | 2.2 | 118 | 4 | 0.025 | 162 | 16.4 | 5.1 |

حد حساسیت های قابل قبول برای ۴۴ عنصر

| Element | Detection | Element | Detection | Element | Detection |
|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| Au(ppb) | ۰/۰۰۱ | P | ۵ | Sb | ۰/۱ |
| Ag(ppm) | ۰/۰۱ | V | ۲ | Zn | ۰/۲ |
| Cr(ppm) | ۲ | Mg | ۱۰ | Sn | ۰/۲ |
| Mn(ppm) | ۲ | K | ۰ | W | ۰/۱ |
| Ni(ppm) | ۲ | Na | ۱۰ | Cs | ۰/۱ |
| Sr(ppm) | ۰/۱ | S | ۵۰ | Nb | ۰/۵ |
| Ba(ppm) | ۰/۲ | Zr | ۵ | U | ۰/۰۲ |
| Be(ppm) | ۰/۲ | Hg | ۰/۰۵ | Te | ۰/۲ |
| Ti(ppm) | ۱۰ | As | ۰/۵ | Cd | ۰/۱ |
| Fe(ppm) | ۱۰۰ | B | ۰/۵ | Rb | ۰/۱ |
| Al(ppm) | ۱۰ | Bi | ۰/۱ | Th | ۰/۰۲ |
| La(ppm) | ۱۰ | Co | ۰/۲ | Y | ۰/۰۵ |
| Sc(ppm) | ۱ | Cu | ۰/۲ | Ce | ۰/۵ |
| Ca(ppm) | ۱۰ | Mo | ۰/۱ | Ti | ۰/۱ |
| Li(ppm) | ۰/۵ | Pb | ۰/۲ | | |

آرنف ا. (۱۳۷۵)، "سیستم های اطلاعات جغرافیائی"، ترجمه مدیریت سیستم های اطلاعات جغرافیائی سازمان نقشه برداری کشور، چاپ اول، انتشارات اطلس ملی، ۳۱۳ صفحه.

آزموده ع. و بحیرایی ح، (۱۳۷۸)، "مقالاتی درباره سیستم اطلاعات جغرافیائی GIS". انتشارات سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح، ۲۲۷ صفحه.

اطلس راههای ایران، (۱۳۸۰)، مؤسسه جغرافیایی، کارتوگرافی و گیتاشناسی.

حسنی پاک ع، (۱۳۸۰)، "تحلیل داده های اکتشافی"، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

کریم پور م. و ملک زاده آ. و حیدریان م، (۱۳۸۴)، "اکتشاف ذخایر معدنی، مدل های زمین شناسی ژئوشیمی، ماهواره ای و ژئوفیزیکی". چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۶۳۲ صفحه.

کریم پور م. ح. و عاشوری ع، سعادت س، (۱۳۸۵)، "نقشه زمین شناسی و ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهر آباد"، مرکز تحقیقات ذخایر معدنی شرق ایران، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

کریستوفر ای لگ، ترجمه مر ف. و هاشمی تنگستانی م، (۱۳۸۲)، "سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیائی"، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

کلاگری ع، (۱۳۷۱)، "اکتشافات ژئوفیزیکی". چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

فاطمی س.ب. و رضایی ی.(۱۳۸۵)، "مبانی سنجش از دور"، تهران، انتشارات آزاده، ۲۶۸ صفحه.

عضدی ر، (۱۳۸۲)، "گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک ناحیه‌ای در محدوده ۱:۱۰۰۰۰۰ طاهرآباد فردوس"، مدیریت زمین شناسی و اکتشافات معدنی منطقه شمال شرق، ۳۴۰ صفحه.

علوی پناه ک، (۱۳۸۲)، "کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)"، دانشگاه تهران، موسسه انتشارات و چاپ، ۴۷۸ صفحه.

هیام د، (۱۳۸۳)، "سامانه‌های اطلاعات مکانی". ترجمه فلاحی غ. و احمدیه ر، سازمان نقشه برداری کشور □ ۶۴ صفحه.

هایوود ی. و کورنیوس س. و کارور ا.(۱۳۸۱)، "مقدمه‌ای بر سیستم اطلاعات جغرافیایی"، ترجمه تجویدی گ، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۳۱۳ صفحه.

نوائی تورانی آ. و عادل‌نیا م.(۱۳۸۳)، "مقدمه‌ای بر GIS و آموزش نرم افزار ArcView"، چاپ سوم، موسسه فرهنگی دیباگران تهران، ۲۹۸ صفحه.

Agterberg, F.P. , (1989)."Computer programs for Mineral exploration".Science, 245: 76-81.

Aleks,K.and simon,o.,(2004),"ASTER mineral Index Processing Manual", remote sensing applications geoscience Australia.

Andrada de palomera R.P.(2004)."Application of remote Sensing and Geographic Information System for Mineral Predictive Mapping",Deseado Massif ,Southern Argentina .M.S.c thesis

,International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, theNetherland.

Asadi,H,Hale,M.(2001),"A predictive GIS model for mapping Potential gold and base metal mineralization in Takab area", Iran.Computers & Geosciences 27,pp 901-912

Beus,A.A .and Grigorian,S.V. "Geochemical Exploration Methods for Mineral Deposits ". Illinois : Wilmette, 1977

Bonham-Carter ,G.F.,(1994)."Geographic information systems for geoscientists. Modeling with GIS" .Computer Methods in the Geosciences ,Vol .13. Pergamon.

Burrough,P.A.(1986)."principles of geographical information system for land resource assessment". Clarendon press, Oxford.

Carranza, E.J.M. van Ruitenbeek, F.J.A. Hecker, C. van der Meijde, M. van der Meer F.D."Knowledge-guided data-driven evidential belief modeling of mineral Prospectivity in Cabo de Gata" , SE Spain ,14 Pages .

Carranza,E.J.M.,(2002)."Geologically-constrained mineral potential mapping (examples from the Philippines)". Ph.D Thesis. Delft, University of Technology, Delft, The Netherlands, pp: 480.

Cheng, Q. and F.P. Agterberg, (1999)."Fuzzy weights of evidence method and its application in mineral potential mapping". Nat. Resour. Res.,8: 27-35

Debba , P .(2006),"Sampling Scheme Optimization From hyperspectral data", the Netherlands , 188 pages .

Harris,j.R. Wilkinson,L. Heather,K .Fumerton,S .Bernier,M.A. Ayer,j. and Dahn, R, "Application of GIS Processing Techniques for Producing Mineral Prospectivity Maps"-A Case Study: Mesothermal Au in the Swayze Greenstone Belt , Ontario, Canada .(2001)

ITC,(2001),"principles of remote sensing", ITC Core Module,version 2, Enschede, the Netherlands,p.410

Malczewski,J.,(1999)."GIS and Multicriteria Decision Analysis".John Wiley and Sons, NewYork.

Michael, A. And Simon, H,(2005),"ASTER User Handbook", Jet Propulsion Laboratory, Version 2, pp.135

Parwal,G.L.(1999)."Evaluation of Weights of Evidence to Predict Epithermal-Gold Deposits in the Great Basin of the Western United States".Natural Resouces Research,Vol.8,No.4.

Sadeghi,M.Carranza, E.J.M. (2007)."Preliminary GIS-based analysis of regional-scale VMS prospectivity in the Skellefte region" , Sweden .

Solovov,A.P. (1987)."Geochemical prospecting for mineral deposits .Moscow" : Mir

Tangestani, M.H. and F. Moore, "Porphyry copper potential mapping using the weights-of-evidence model in a GIS", Northern Shahr-e-Babak, Iran .Aust . J. Earth

Sci ., 48: 695-702.

Wei,Z.Gang,C.Hui,L. Huayang L. (2007)."GIS application in mineral resource analysis".A case study of offshore marine placer gold at Nome,Alaska.Computer &Geosciences,pp 37-78

Zhijing,W.Qiuming,C.(2005)."GIS-Based Weight of Evidence Model and Its Application to Gold Resources Assessment in Abitibi ,Canada"

Ziaii,M. Pouyan,A. Ziaei,M.(2008)."A Computational Optimized Extended Model for Mineral Potential Mapping Based on WofE Method"

Ziaii,M.Pouyan,A.Ziaii,M., (2008)."Neuro-Fuzzy modelling in mining geochemistry":
Identification of geochemical anomalies. Journal of Geochemical Exploration.



Shahrood University of technology

Faculty of Mining Engineering and Geophysics

**A GIS Based Weight-of-Evidence and Zonality Model Hybrid
Mineral Potential Mapping of gold mineralization in map of
1:100000 Taherabad**

This thesis submitted in part fulfillment of the degree of Master of
Engineering in Mining Exploration

A.Jalayernia

Supervisors:

Dr. M. Ziayii Dr. R. Kakaei

Consultant:

M. Ansari

October 2008